

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KỸ THUẬT GIAO THÔNG
BỘ MÔN KỸ THUẬT Ô TÔ - MÁY ĐỘNG LỰC**



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

**THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN
DÙNG TRÊN XE ÉP RÁC BẰNG PHẦN MỀM
MATLAB/SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH**

**GVHD: TS. Trần Đăng Long
ThS. Vũ Việt Thắng**

**SVTH: Cao Minh Nghĩa - 1810743
Lê Trọng Tín - 1814338**

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 06 năm 2022

NHIỆM VỤ LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT Ô TÔ - MÁY ĐỘNG LỰC

HỌ VÀ TÊN SVTH: **Cao Minh Nghĩa**
Lê Trọng Tín

MSSV: **1810743**
MSSV: **1814338**

HỌ VÀ TÊN CBHD: **TS. TRẦN ĐĂNG LONG**
Th.S VŨ VIỆT THẮNG

ĐỀ TÀI LUẬN VĂN: **THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG
TRÊN XE ÉP RÁC BẰNG PHẦN MỀM MATLAB/
SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH**

1. NHIỆM VỤ VÀ NỘI DUNG LUẬN VĂN

- Khảo sát cấu tạo, thông số kích thước, khối lượng, nguyên lý hoạt động của cơ cấu ép - xả - cuộn rác, nâng hạ thùng phụ và các thông số áp suất, lưu lượng, kích thước đường ống của hệ thống thuỷ lực trên xe ép rác HINO FM8JN7A-R.
- Xây dựng mô hình 3D các chi tiết trong hệ thống chuyên dùng bằng phần mềm Autodesk Inventor.
- Phân tích động học cơ cấu chuyên dùng của xe ép rác (cơ cấu điều khiển bàn xả rác, cơ cấu nâng hạ thùng phụ, cơ cấu nâng hạ máng xúc và cơ cấu điều khiển cuộn - ép rác) và phân tích lực tác dụng lên bu lông liên kết giữa xe cơ sở với thùng chuyên dùng bằng phương pháp tính toán cổ điển.
- Xây dựng mô hình mô phỏng hoạt động của xe ép rác bằng Matlab/Simscape (Simscape Multibody kết hợp với Simscape Hydraulics và Simulink) để tính toán kiểm nghiệm các thông số áp suất, hiệu suất năng lượng của hệ thống thuỷ lực và lực đẩy/kéo của xy lanh thuỷ lực và lực tác dụng lên các chốt của xy lanh thuỷ lực trong cơ cấu chuyên dùng.

- Xây dựng mô hình mô phỏng các mối ghép bu lông giữa xe cơ sở và thùng chuyên dùng, mối ghép chốt xy lanh bằng Ansys Workbench để tính toán hệ số an toàn của chúng.

2. THỜI GIAN THỰC HIỆN

- Ngày giao nhiệm vụ luận văn: Ngày 02 tháng 01 năm 2022.
- Ngày hoàn thành luận văn: Ngày ... tháng ... năm 2022.
- Nội dung và yêu cầu LVTN đã được thông qua Bộ môn.

Ngày ... tháng ... năm 2022

CHỦ NHIỆM BỘ MÔN

(Ký và ghi rõ họ tên)

Ngày ... tháng ... năm 2022

GV HƯỚNG DẪN

(Ký và ghi rõ họ tên)

Phần dành cho Khoa, Bộ môn:

- Người duyệt (chấm sơ bộ):
- Đơn vị:
- Ngày bảo vệ:
- Điểm tổng kết:
- Nơi lưu trữ luận văn:

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN PHẢN BIỆN

LỜI CẢM ƠN

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 6 năm 2022.

Nhìn lại khoảng thời gian 4 năm học tập tại Trường Đại học Bách Khoa - ĐHQG TP.HCM, tuy không quá dài nhưng đối với từng thành viên trong nhóm là quãng thời gian vô cùng quý giá. Chúng em nhận được sự giảng dạy tận tình, được truyền lửa từ sự nhiệt huyết của quý thầy, cô tại trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP.HCM nói chung và Khoa Kỹ thuật Giao thông nói riêng.

Trong quãng đời của mỗi sinh viên, có thể nói quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp là giai đoạn quan trọng nhất. Luận văn tốt nghiệp là dấu mốc để sinh viên chúng em tổng hợp lại toàn bộ kiến thức trong suốt khoảng thời gian học tập tại trường, vận dụng lý thuyết vào thực tiễn, nhằm trang bị thêm những kỹ năng thực tế và kỹ năng giải quyết tình huống vào nghề nghiệp sau này.

Đầu tiên, chúng em xin trân trọng cảm ơn quý thầy cô Khoa Kỹ thuật Giao thông và Bộ môn Kỹ thuật Ô tô - Máy động lực đã truyền đạt tận tình và hết lòng hướng dẫn giúp chúng em hoàn thành luận văn tốt nghiệp một cách tốt nhất. Cùng với đó, chúng em cũng xin gửi lời cảm ơn đến quý Thầy trong Bộ môn đã phản biện và truyền đạt những kiến thức, đưa ra những nhận xét, đánh giá cũng như góp ý cho nhóm để nhóm có thể hoàn thiện luận văn tốt nghiệp này.

Nhóm xin đặc biệt gửi lời cảm ơn chân thành đến TS. Trần Đăng Long và Th.S Vũ Việt Thắng, người đã luôn sát cánh, hỗ trợ và giúp đỡ tận tình nhóm chúng em trong suốt quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp. Nhóm cũng chân thành cảm ơn TS. Vương Như Long, cùng các anh chị nhân viên, bác bảo vệ của Công ty cổ phần VT-TM-XD-CN Đức Long (DuclongAuto) đã tạo điều kiện cho chúng em được học hỏi, thực tập, khảo sát thực tế và nhiệt tình hỗ trợ, tư vấn trong thời gian thực hiện luận văn.

Hơn hết, chúng em xin gửi lời cảm ơn đến gia đình và người thân – những người dù không trực tiếp giúp đỡ, nhưng đã luôn là hậu phương vững chắc, âm thầm động viên, ủng hộ về mọi mặt để chúng em có thể đi đến ngày hôm nay. Nhóm cũng xin gửi lời cảm ơn đến toàn thể các bạn trong lớp GT18OTO, đã cùng với nhóm trải qua những tháng năm khó quên ở Đại học Bách Khoa TP.HCM.

Cuối lời, chúng em xin kính chúc gia đình, quý công ty, quý thầy cô Trường Đại học Bách Khoa nói chung và Khoa Kỹ thuật Giao thông, Bộ môn Kỹ thuật Ô tô - Máy

động lực nói riêng luôn mạnh khỏe, tâm huyết với nghề để dù dắt các thế hệ sinh viên tiếp theo. Thân chúc toàn thể các bạn sinh viên lớp GT18OTO bảo vệ thành công luận văn tốt nghiệp.

Nhóm sinh viên thực hiện

Cao Minh Nghĩa

Lê Trọng Tín

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay nguồn rác thải, ô nhiễm môi trường là vấn đề nhức nhói cả thế giới đang cần phải có những biện pháp khắc phục. Hiện nay ở Việt Nam vấn đề rác thải đang là một trong những vấn đề cấp bách cần được ưu tiên xử lý hàng đầu. Lượng rác thải mỗi ngày mà người dân thải ra ngày càng nhiều và cần phải có phương tiện thu gom rác đến nơi xử lý. Nhất là khi những chiếc túi nylon, những đồ nhựa polymer cùng những sản phẩm vô cơ khác khó có thể phân hủy một cách dễ dàng, trôi nổi trên đường phố làm mất mỹ quan đô thị và ô nhiễm môi trường.

Từ đó, nhu cầu về việc chế tạo và sử dụng xe ép rác ngày càng được nâng cao nhằm giúp cho môi trường thêm xanh, sạch, đẹp. Tại Việt Nam, có rất nhiều công ty chuyên sản xuất ô tô chuyên dùng như Samco, DucLongAuto, ... đã và đang cung cấp cho xã hội rất nhiều loại hình xe ép rác từ lớn đến nhỏ. Bởi vì tính đặc thù trong hoạt động, kết cấu và vận hành của xe ép rác khá phức tạp, đòi hỏi quá trình sản xuất các chi tiết, cơ cấu phải được lắp đặt với nhau một cách tỉ mỉ và các thông số kỹ thuật phải được tính toán một cách chính xác nhằm để đảm bảo khả năng hoạt động của xe ép rác trong điều kiện làm việc một cách thật hiệu quả và nhanh chóng.

Sau quá trình tìm hiểu ở ngoài thực tế và trong công ty Đức Long (DucLongAuto), nhóm đã quyết định lựa chọn đề tài “**THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG TRÊN XE ÉP RÁC BẰNG PHẦN MỀM MATLAB/SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH**” nhằm để kiểm nghiệm các thông số kỹ thuật trong quá trình hoạt động của xe. Từ đó, có thể dự đoán trước được các trường hợp có thể xảy ra trong lúc chế tạo sản xuất cũng như là vận hành hoạt động.

Sau thời gian tìm hiểu, nghiên cứu và thực hiện, nhóm đã hoàn thành đề tài luận văn tốt nghiệp. Bên cạnh đó, do sự thiếu sót về kinh nghiệm cũng như là thời gian thực hiện còn hạn chế, nên khó tránh khỏi những sai sót có trong luận văn. Chúng em rất mong nhận được sự đóng góp từ quý thầy, cô để đề tài của chúng em có thể được hoàn thiện hơn.

Một lần nữa, nhóm chúng em xin chân thành cảm ơn thầy Trần Đăng Long đã hỗ trợ, giúp đỡ cũng như là góp ý, chỉ dẫn chúng em trong suốt quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp để chúng em có thể hoàn thành luận văn tốt nghiệp một cách tốt nhất.

MỤC LỤC

NHIỆM VỤ LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP.....	i
NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN.....	iii
NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN PHẢN BIỆN.....	iv
LỜI CẢM ƠN.....	v
LỜI NÓI ĐẦU.....	vii
MỤC LỤC.....	viii
DANH MỤC HÌNH.....	xv
DANH MỤC BẢNG.....	xxiv
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU.....	1
1. Giới thiệu về công ty Đức Long.....	1
2. Tổng quan về đề tài luận văn.....	2
2.1. Giới thiệu chung.....	2
2.2. Thực trạng của xã hội về nhu cầu sử dụng xe ép rác.....	3
2.3. Cơ cấu chuyên dùng của xe ép rác.....	4
2.4. Khái quát về đặc thù công việc và yêu cầu đặc trưng của xe ép rác.....	5
2.5. Mục tiêu của đề tài luận văn.....	6
2.6. Giải pháp/Phương pháp thực hiện.....	7
2.7. Các vấn đề kỹ thuật cần giải quyết và kết quả cần đạt được.....	7
2.8. Yêu cầu kỹ thuật của đề tài luận văn.....	7
2.9. Giới hạn nội dung thực hiện của luận văn tốt nghiệp.....	8
3. Giới thiệu phần mềm.....	8
3.1. Phần mềm MATLAB/Simscape.....	8
3.2. Phần mềm Ansys Workbench.....	13
4. Quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp.....	15
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	16
1. Hệ thống thuỷ lực.....	16
1.1. Tổng quan.....	16
1.2. Các định nghĩa và định luật cơ bản.....	17
1.3. Một số chi tiết quan trọng trong hệ thống.....	18
1.4. Khảo sát hệ thống thuỷ lực của xe ép rác HINO.....	22
2. Bài toán động học của cơ cấu.....	33

2.1. Cấu tạo cơ cấu.....	33
2.2. Động học cơ cấu.....	34
2.3. Động lực học cơ cấu.....	35
3. Mối ghép bu lông.....	37
3.1. Định nghĩa, các ưu nhược điểm của mối ghép bu lông.....	37
3.2. Tính toán mối ghép bu lông.....	37
3.3. Tính toán mối ghép nhóm bu lông.....	39
4. Cơ sở lý thuyết của phương pháp mô phỏng Matlab Simscape và Ansys Workbench.....	42
4.1. Phương pháp mô phỏng Matlab Simscape.....	42
4.2. Phương pháp mô phỏng Ansys Workbench.....	45
5. Điều kiện biên áp dụng cho bài toán.....	54
5.1. Matlab Simscape.....	54
5.2. Ansys Workbench.....	58
CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG MÔ HÌNH 3D XE ÉP RÁC.....	64
1. Giới thiệu xe ép rác máng xúc 18 khối HINO FM8NJ7A-R.....	64
2. Xây dựng mô hình 3D xe ép rác bằng phần mềm INVENTOR.....	66
2.1. Xe cơ sở.....	66
2.2. Thùng chính.....	68
2.3. Xy lanh tầng.....	70
2.4. Bàn xả rác.....	70
2.5. Thùng phụ.....	71
2.6. Máng xúc.....	71
2.7. Bàn cào.....	72
2.8. Bàn ép.....	72
2.9. Xy lanh thuỷ lực điều khiển cơ cấu chuyên dùng.....	73
2.10. Xe ép rác HINO.....	74
2.11. Mô hình xe cơ sở và thùng ép.....	75
2.12. Mô hình cơ cấu xả rác.....	77
2.13. Mô hình cơ cấu nâng hạ thùng phụ.....	80
2.14. Mô hình cơ cấu cào - ép rác.....	82
2.15. Mô hình cơ cấu xúc rác.....	85

3. Kiểm tra mô hình 3D xe ép rác.....	86
4. Các bản vẽ bố trí chung của mô hình 3D xe ép rác.....	90
CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM: KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU THỦY LỰC TRÊN XE ÉP RÁC HINO FM8JN7A-R BẰNG MATLAB/SIMSCAPE.....	94
1. Kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ.....	95
1.1. Mô hình động lực học cơ cấu nâng thùng phụ.....	96
1.2. Mô hình thủy lực cơ cấu nâng thùng phụ.....	98
1.3. Mô hình Simulink của cơ cấu nâng thùng phụ.....	103
2. Kiểm nghiệm cơ cấu xả rác.....	106
2.1. Mô hình động lực học cơ cấu xả rác.....	107
2.2. Mô hình thủy lực cơ cấu xả rác.....	108
2.3. Mô hình Simulink cơ cấu xả rác.....	117
3. Kiểm nghiệm cơ cấu cào - ép rác.....	122
3.1. Mô hình động lực học cơ cấu xả rác.....	122
3.2. Mô hình thủy lực cơ cấu cào - ép rác.....	123
3.3. Mô hình Simulink của cơ cấu cào - ép rác.....	126
4. Kiểm nghiệm cơ cấu xúc rác.....	129
4.1. Mô hình động lực học cơ cấu xúc rác.....	130
4.2. Mô hình thủy lực cơ cấu xúc rác.....	131
4.3. Mô hình Simulink cơ cấu xúc rác.....	133
5. Kết quả thu được.....	136
CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM: KIỂM NGHIỆM LỰC TÁC DỤNG LÊN BU LÔNG LIÊN KẾT GIỮA THÙNG CHUYÊN DÙNG VÀ XE CƠ SỞ TRÊN XE ÉP RÁC HINO BẰNG MATLAB/SIMSCAPE.....	138
1. Quy trình tổng quát cách thực hiện mô phỏng mối ghép bu lông bằng Matlab/Simscape.....	138
2. Quy trình thực hiện mô phỏng mối ghép bu lông trường hợp xe phanh gấp..	139
2.1. Lưu đồ quy trình thực hiện.....	139
2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng bằng phần mềm Autodesk Inventor.....	139
2.3. Chuyển đổi mô hình 3D Inventor sang Matlab Multibody.....	140
2.4. Xây dựng bộ tín hiệu điều khiển liên kết để tạo chuyển động cho mô hình và trích xuất kết quả mô phỏng.....	144

2.5. Kết quả mô phỏng.....	148
2.6. Đánh giá và kết luận kết quả mô phỏng.....	152
3. Tính toán lực tác động lên bu lông trùm hợp xe đầy tải quay vòng ở vận tốc giới hạn.....	154
3.1. Tính ổn định ngang của ô tô khi chuyển động quay vòng trên đường băng.....	154
3.2. Tính toán lực ly tâm của thùng chuyên dùng (đầy tải) khi vào cua với tốc độ v_n	155
3.3. Phân tích và xác định lực tác dụng lên mối ghép bu lông.....	155
4. Kết luận.....	161
CHƯƠNG 6: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM KIỂM NGHIỆM HỆ SỐ AN TOÀN CỦA LIÊN KẾT BU LÔNG GIỮA THÙNG CHUYÊN DÙNG VÀ XE CƠ SỞ TRÊN XE ÉP RÁC HINO BẰNG ANSYS WORKBENCH.....	162
1. Nhập vật liệu dùng cho mô phỏng.....	163
2. Nhập mô hình vào Ansys.....	164
3. Kiểm tra mô hình lắp, thực hiện các hiệu chỉnh về hình dạng của chi tiết.....	165
4. Xác định tiếp xúc cho các chi tiết.....	166
5. Xác định Mesh control.....	168
6. Xác định các thiết lập mô phỏng, đưa ra hai bước tải trọng cho mô hình tính toán.....	169
7. Tạo lực xiết cho bu lông.....	170
8. Truy xuất lực tác dụng lên bu lông từ Matlab Simscape.....	171
9. Thiết lập điều kiện biên và thực hiện tính toán.....	171
10. Thực hiện tính toán theo lối hội tụ với độ sai số $<10\%$	172
11. Truy xuất kết quả và đánh giá.....	172
12. Kết quả mô phỏng mối ghép bu lông tại pat đứng trùm hợp xe vào cua bằng phần mềm Ansys.....	174
13. Kết quả mô phỏng mối ghép quang bu lông rùm trùm hợp xe vào cua bằng phần mềm Ansys.....	176
CHƯƠNG 7: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM HỆ SỐ AN TOÀN CHỐT NỐI GIỮA XY LANH VÀ CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG BẰNG ANSYS.....	178
1. Nhập vật liệu dùng cho mô phỏng.....	179

2. Nhập mô hình vào Ansys.....	180
3. Kiểm tra mô hình lắp, thực hiện các hiệu chỉnh về hình dạng của chi tiết.....	181
4. Xác định tiếp xúc cho các chi tiết.....	182
5. Xác định Mesh control.....	184
6. Thiết lập các cài đặt cho bộ giải.....	186
7. Truy xuất lực tác dụng lên chốt nhờ Matlab Simscape.....	186
8. Thiết lập điều kiện biên cho tính toán.....	187
9. Thực hiện tính toán theo lưới hội tụ với độ sai số <10%.....	188
10. Truy xuất kết quả và đánh giá.....	189
CHƯƠNG 8: KẾT LUẬN.....	195
1. Kết quả đạt được.....	195
2. Hạn chế của luận văn.....	195
3. Hướng phát triển của đề tài.....	196
PHỤ LỤC I: KÝ HIỆU VÀ CHỨC NĂNG CỦA CÁC KHỐI DÙNG TRONG MATLAB SIMSCAPE.....	197
PHỤ LỤC II: ỨNG DỤNG STATEFLOW TRONG ĐIỀU KHIỂN THÚ TỰ LÀM VIỆC CỦA XY LANH TẦNG.....	215
1. Logic đóng mở van chính.....	217
2. Logic đóng mở các tầng.....	219
PHỤ LỤC III: THIẾT LẬP TÍN HIỆU NGOẠI LỰC TÁC DỤNG LÊN CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG THÔNG QUA TRUY XUẤT DỮ LIỆU TỪ MATLAB.....	225
1. Xác định các thông số đầu vào.....	225
2. Xây dựng tín hiệu ngoại lực.....	228
PHỤ LỤC IV: TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC CÁC CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP CÔ ĐIỀN.....	231
1. Tính toán động học nâng hạ thùng phụ.....	231
1.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu nâng hạ thùng phụ về bài toán động học nguyên lý máy.....	231
1.2. Tính toán lực nâng thùng phụ ứng với hành trình xy lanh.....	232
2. Tính toán động học cấu xà rác.....	234
2.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu xy lanh tầng đầy bàn xả rác về bài toán động học nguyên lý máy.....	234

2.2. Tính toán lực đẩy bàn xả rác ứng với hành trình xy lanh.....	235
3. Tính toán động học nâng hạ bàn cào.....	237
3.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu nâng hạ bàn cào về bài toán động học nguyên lý máy.....	237
3.2. Tính toán lực xy lanh để bàn cào cuốn rác ứng với hành trình xy lanh	239
4. Tính toán động học nâng hạ bàn ép - bàn cào.....	241
4.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu điều khiển bàn ép về bài toán động học nguyên lý máy.....	241
4.2. Tính toán lực xy lanh để di chuyển bàn ép ứng với hành trình xy lanh	242
5. Tính toán động học nâng hạ máng xúc.....	243
5.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu nâng hạ máng xúc về bài toán động học nguyên lý máy.....	243
5.2. Tính toán lực nâng máng xúc ứng với hành trình xy lanh.....	244
PHỤ LỤC V: TÍNH TOÁN SỨC KÉO CỦA XE ÉP RÁC.....	247
1. Xác định trọng lượng toàn bộ của xe.....	247
2. Lốp xe.....	247
3. Công suất cực đại của động cơ tại vận tốc lớn nhất.....	248
4. Xây dựng đường đặc tính động cơ.....	249
5. Tính toán tỷ số truyền cho cầu chủ động.....	250
6. Tỷ số truyền hộp số.....	250
7. Đồ thị cân bằng lực kéo.....	251
8. Đồ thị cân bằng công suất.....	252
9. Đồ thị đặc tính động lực học.....	253
10. Đồ thị đặc tính tăng tốc, gia tốc của ô tô.....	254
11. Đồ thị quãng đường và thời gian tăng tốc của ô tô.....	255
12. Bảng thông số tính toán trong file excel.....	257
PHỤ LỤC VI: TÍNH TOÁN BỀN MÓI GHÉP CHỐT GIỮA XY LANH VÀ CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG.....	268
1. Chốt xy lanh bàn xả.....	268
2. Chốt xy lanh thùng phụ.....	269
3. Chốt xy lanh bàn ép.....	270
4. Chốt nối xy lanh bàn cào.....	271

5. Chốt xy lanh máng xúc.....	272
PHỤ LỤC VII: TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT MỐI GHÉP BU LÔNG TẠI PAT ĐÚNG TRƯỜNG HỢP XE PHANH GẤP.....	274
1. Giả thiết bài toán.....	274
2. Tính toán lực tác dụng lên mối ghép.....	275
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	277

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1	Một số loại xe chuyên dùng mà công ty Đức Long sản xuất.....	2
Hình 1.2	Hoạt động của xe ép rác trên đường (<i>Nguồn: Internet</i>).....	4
Hình 1.3	Các module Simscape trong thư viện Simulink.....	10
Hình 1.4	Hướng dẫn liên kết Matlab Simulink và Inventor.....	11
Hình 1.5	Thực hiện liên kết Matlab và Inventor.....	11
Hình 1.6	Kiểm tra liên kết trong mục Add-Ins.....	11
Hình 1.7	Mở thư mục lưu file .xml.....	12
Hình 1.8	Xe chở rác HINO được biểu diễn bằng các Khối (Block) trong Simulink.	13
Hình 1.9	Kiểm tra chuyển động của các khối đã mô phỏng.....	13
Hình 1.10	Giao diện của Ansys Workbench (bao gồm các module khác nhau ở cột bên trái (Toolbox) và giản đồ dự án ở cửa sổ Project Schematic).....	14
Hình 1.11	Lưu đồ quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp.....	15
Hình 2.1	Logic thiết kế hệ thống thuỷ lực.....	18
Hình 2.2	Sơ đồ nguyên lý hệ thống thuỷ lực của xe ép rác HINO.....	22
Hình 2.3	Sơ đồ mạch thuỷ lực chạy không tải.....	24
Hình 2.4	Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh tầng đầy rác ra khỏi thùng chính.....	25
Hình 2.5	Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh tầng thu bàn xả rác về.....	25
Hình 2.6	Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh nâng thùng phụ.....	26
Hình 2.7	Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh hạ thùng phụ.....	27
Hình 2.8	Sơ đồ thuỷ lực xy lanh hạ máng xúc.....	28
Hình 2.9	Sơ đồ thuỷ lực xy lanh nâng máng xúc.....	28
Hình 2.10	Sơ đồ thuỷ lực xy lanh hạ bàn ép.....	29
Hình 2.11	Sơ đồ thuỷ lực xy lanh nâng bàn ép.....	30
Hình 2.12	Sơ đồ xy lanh thuỷ lực bàn càu cuốn rác trong thùng phụ.....	31
Hình 2.13	Sơ đồ thuỷ lực xy lanh di chuyển bàn càu về vị trí ban đầu.....	31
Hình 2.14	Thông số kích thước đường ống trong hệ thống thuỷ lực xe ép rác HINO32	32
Hình 2.15	Mối ghép nhóm bu lông chịu tải trọng có phương bất kỳ.....	41
Hình 2.16	Lưu đồ quy trình thực hiện mô phỏng Matlab Simscape.....	42
Hình 2.17	Các bộ giải của Matlab Simscape.....	42
Hình 2.18	Ví dụ về truy cập STEP file cho Matlab Simscape.....	43
Hình 2.19	Độ chính xác khi chia lưới	49

Hình 2.20	Sự xâm nhập của vật thể khi dựng bằng mô hình 3D.....	49
Hình 2.21	Tiếp xúc của vật liệu dưới dạng phần tử hữu hạn.....	50
Hình 2.22	Mô hình vật lý theo điều kiện tiếp xúc.....	51
Hình 2.23	Hệ trục tọa độ chính của hai mô hình Inventor và Multibody.....	55
Hình 2.24	Trọng lực tác động lên xe theo phuong Y trong trục tọa độ.....	56
Hình 2.25	Bậc tự do của cơ cấu chuyển từ môi trường Inventor sang Multibody.....	56
Hình 2.26	Trạng thái ngàm cứng 2 bè mặt đà ngang của thùng phụ và chốt đỡ vênh (phần màu tím)	60
Hình 2.27	Lực tác dụng lên xy lanh thuỷ lực theo phuong X trên trục tọa độ thiết lập	60
Hình 2.28	Liên kết ma sát (Frictional) giữa mặt bên đà dọc chassis và mặt sau pat chống xô.....	61
Hình 2.29	Liên kết nối cứng (Bonded) giữa bu lông M18 và đai ốc.....	62
Hình 2.30	Lực căng ban đầu trong bu lông liên kết.....	62
Hình 3.1	Mô hình 3D Inventor của xe cơ sở.....	67
Hình 3.2	Mặt trước của mô hình xe cơ sở.....	67
Hình 3.3	Mặt bên (nhìn từ bên phải) của mô hình xe cơ sở.....	67
Hình 3.4	Phía trên của mô hình xe cơ sở.....	68
Hình 3.5	Mô hình 3D Inventor của thùng chính chứa rác của xe ép rác.....	68
Hình 3.6	Mặt trước (trái) và mặt sau (phải) của thùng chính.....	69
Hình 3.7	Mặt cắt từ bên phải của thùng chính.....	69
Hình 3.8	Mô hình 3D Inventor xy lanh tầng điều khiển bàn xả rác.....	70
Hình 3.9	Mô hình 3D Inventor bàn xả rác mặt trước (trái) và mặt sau (phải).....	70
Hình 3.10	Mô hình 3D Inventor thùng phụ.....	71
Hình 3.11	Mô hình 3D Inventor máng xúc	71
Hình 3.12	Mô hình 3D Inventor bàn cào.....	72
Hình 3.13	Mô hình 3D Inventor bàn ép.....	73
Hình 3.14	Mô hình 3D Inventor xy lanh điều khiển cơ cấu chuyên dùng	73
Hình 3.15	Mô hình 3D Inventor xe ép rác HINO.....	74
Hình 3.16	Mô hình lắp của xe cơ sở và thùng ép dùng làm module cho các mô hình mô phỏng khác nhau.....	75
Hình 3.17	Ràng buộc mặt phẳng XY giữa xe lắp có thùng và hệ trục tọa độ trung tâm	76
Hình 3.18	Ràng buộc mặt phẳng YZ giữa xe và hệ tọa độ trung tâm.....	76

Hình 3.19	Ràng buộc mặt phẳng XZ giữa xe cơ sở và hệ tọa độ trung tâm.....	77
Hình 3.20	Mô hình cơ cấu xả rác và các bậc tự do của các chi tiết chuyển động trong cơ cấu.....	79
Hình 3.21	Các ràng buộc giữa thanh ty và xy lanh trong cụm xy lanh tầng, gồm 2 ràng buộc mặt và 1 ràng buộc trực đối xứng.....	80
Hình 3.22	Ràng buộc chuyển động của thanh ty theo khớp bản lề.....	80
Hình 3.23	Mô hình cơ cấu nâng thùng phụ với các bậc tự do của các chi tiết chuyển động.....	82
Hình 3.24	Mô hình cơ cấu cào - ép rác với các bậc tự do của các cơ cấu chuyển động	85
Hình 3.25	Khối lượng của mô hình 3D xe ép rác trường hợp không tải.....	87
Hình 3.26	Vị trí trọng tâm của mô hình 3D xe ép rác trường hợp xe không tải.....	87
Hình 3.27	Mô hình 3D thùng chuyên dùng trường hợp đầy tải.....	88
Hình 3.28	Khối lượng của mô hình 3D xe ép rác trường hợp đầy tải.....	88
Hình 3.29	Vị trí trọng tâm của mô hình 3D xe ép rác trường hợp xe đầy tải.....	89
Hình 4.1	Quy trình tổng quát dùng cho kiểm nghiệm cơ cấu chuyên dùng bằng Matlab.....	94
Hình 4.2	Mô hình kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ bằng Matlab Simscape.....	95
Hình 4.3	Mô hình Multibody được nhập thành công vào Matlab.....	96
Hình 4.4	Lắp liên kết khớp trượt giữa xy lanh và thanh ty.....	96
Hình 4.5	Mô hình Simscape Multibody.....	97
Hình 4.6	Kiểm tra các khâu khớp chuyển động trong cửa sổ Mechanics Explorer...	98
Hình 4.7	Mô hình Simscape Hydraulics.....	99
Hình 4.8	Mô hình xy lanh thủy lực có 2 giảm chấn và ma sát của xy lanh.....	99
Hình 4.9	Mô hình đường ống dẫn dầu đi đến xy lanh thủy lực.....	100
Hình 4.10	Mô hình Simulink dùng để nhập tín hiệu và truy xuất kết quả mô phỏng	103
Hình 4.11	Đồ thị biểu diễn áp suất (ở trên) và lực (ở dưới) được truy xuất từ Matlab	104
Hình 4.12	Năng lượng tiêu thụ cho một chu trình nâng hạ thùng phụ.....	105
Hình 4.13	Lưu đồ điều chỉnh tốc độ hành trình của xy lanh thủy lực.....	105
Hình 4.14	Cửa sổ mô phỏng của Matlab Multibody - Mechanic Explorers.....	106
Hình 4.15	Quy trình kiểm nghiệm cơ cấu xả rác.....	106
Hình 4.16	Mô hình Simscape Multibody của cơ cấu xả rác.....	107
Hình 4.17	Mô hình thủy lực cơ cấu xả rác.....	108

Hình 4.18	Subsystem của hệ thống thủy lực.....	109
Hình 4.19	Subsystem CylinderStage1.....	110
Hình 4.20	Logic điều khiển và xử lý tín hiệu xy lanh tầng.....	111
Hình 4.21	Stage Control Logic.....	113
Hình 4.22	Function thu thanh ty tầng 3.....	114
Hình 4.23	Function đẩy xy lanh tầng 1.....	114
Hình 4.24	Subsystem xử lý tín hiệu mở van chính.....	115
Hình 4.25	Subsystem xử lý tín hiệu mở xy lanh tầng 1.....	115
Hình 4.26	Mô hình Simulink truy xuất dữ liệu tính toán từ Matlab.....	118
Hình 4.27	Mechanics Explorer mô phỏng chuyển động cơ cấu xả rác.....	118
Hình 4.28	Đồ thị áp suất và vị trí của xy lanh tầng theo thời gian.....	119
Hình 4.29	Đồ thị lực và hành trình của xy lanh tầng 1 theo thời gian	120
Hình 4.30	Đồ thị biểu diễn lực và hành trình xy lanh tầng 2 theo thời gian.....	120
Hình 4.31	Đồ thị biểu diễn lực và hành trình xy lanh tầng 3 theo thời gian.....	121
Hình 4.32	Đồ thị biểu diễn năng lượng tiêu thụ của xy lanh tầng khi xả rác.....	122
Hình 4.33	Mô hình động lực học của cơ cấu cào - ép rác.....	123
Hình 4.34	Mô hình Simscape Hydraulics của cơ cấu cào - ép rác.....	124
Hình 4.35	Subsystem cụm xy lanh bàn cào.....	125
Hình 4.36	Subsystem cụm xy lanh bàn ép.....	125
Hình 4.37	Subsystem Duong Ong Di 2 khi mở rộng.....	126
Hình 4.38	Mô hình Simulink của cơ cấu cào - ép rác.....	126
Hình 4.39	Mechanics Explorer - Mô hình mô phỏng chuyển động cơ cấu xúc - ép	127
Hình 4.40	Đồ thị Áp suất và Lực ở xy lanh bàn cào theo thời gian.....	127
Hình 4.41	Đồ thị áp suất và lực tác dụng ở xy lanh bàn ép theo thời gian.....	128
Hình 4.42	Năng lượng tiêu thụ của xy lanh bàn cào.....	129
Hình 4.43	Năng lượng tiêu thụ của xy lanh bàn ép.....	129
Hình 4.44	Mô hình động lực học cơ cấu xúc rác.....	130
Hình 4.45	Hệ trục tọa độ của máng xúc.....	130
Hình 4.46	Định hướng và vị trí cho ngoại lực tác dụng lên máng xúc.....	131
Hình 4.47	Mô hình Simscape Hydraulics của cơ cấu xúc rác.....	132
Hình 4.48	Mô hình Simulink cơ cấu máng xúc.....	133
Hình 4.49	Môi trường đồ họa chuyển động của các cơ cấu Mechanics Explorer....	135

Hình 4.50	Đồ thị áp suất và lực sinh ra ở xy lanh theo thời gian.....	135
Hình 4.51	Năng lượng tiêu thụ cho một chu trình hoạt động của xy lanh nâng hạ máng.....	136
Hình 5.1	Lưu đồ quá trình tổng quát xây dựng mô hình mô phỏng mối ghép bu lông bằng phần mềm Matlab/Simscape.....	138
Hình 5.2	Lưu đồ quy trình xây dựng mô hình mô phỏng mối ghép bu lông trường hợp xe phanh gấp bằng Matlab Simscape.....	139
Hình 5.3	Mô hình 3D Inventor mối ghép bu lông tại pat đứng.....	140
Hình 5.4	Mô hình 3D Inventor mối ghép bu lông tại pat chống xô phía sau xe (trái) và phía trước xe (phải).....	140
Hình 5.5	Mô hình 3D xe ép rác được biểu diễn trong Matlab Simscape.....	141
Hình 5.6	Mô hình Simscape mô phỏng mối ghép bu lông trường hợp đầy tải.....	141
Hình 5.7	Các khối thành phần trong hệ thống con Simulink: Tín hiệu điều khiển mô phỏng.....	142
Hình 5.8	Các khối thành phần trong hệ thống con bu lông pat chống xô.....	142
Hình 5.9	Các khối thành phần trong hệ thống con bu lông pat đứng.....	143
Hình 5.10	Các khối mô hình xe cơ sở.....	143
Hình 5.11	Các khối mô hình thùng chuyên dùng trường hợp đầy tải.....	144
Hình 5.12	Xây dựng tín hiệu gia tốc từ khối Signal Builder.....	145
Hình 5.13	Cài đặt thông số khối Gain.....	145
Hình 5.14	Cài đặt khối Liên kết giữa xe cơ sở và mặt đường để tiếp nhận tín hiệu và trích xuất các thông số về quãng đường và vận tốc khi mô phỏng.....	146
Hình 5.15	Cài đặt khối chuyển dạng tín hiệu.....	147
Hình 5.16	Trích xuất kết quả vận tốc xe di chuyển khi mô phỏng.....	147
Hình 5.17	Cài đặt khối Cylindrical trích xuất kết quả mô phỏng.....	148
Hình 5.18	Các khối chuyển đổi và trích xuất kết quả mô phỏng.....	148
Hình 5.19	Cửa sổ Mechanics Explorers mô phỏng chuyển động của xe.....	149
Hình 5.20	Đồ thị gia tốc và vận tốc mô phỏng xe khi phanh.....	149
Hình 5.21	Đồ thị gia tốc và lực tác dụng lên bu lông tại pat đứng trường hợp xe phanh gấp.....	150
Hình 5.22	Hệ quy chiếu của bu lông tại pat đứng khi mô phỏng.....	150

Hình 5.23	Đồ thị gia tốc và lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô trường hợp xe phanh gấp.....	151
Hình 5.24	Hệ quy chiếu của bu lông tại pat chống xô trước (trái) và sau (phải).....	151
Hình 5.25	Sơ đồ kết quả mô phỏng lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô.....	153
Hình 5.26	Chiều cao trọng tâm của xe trường hợp đầy tải	155
Hình 5.27	Mối ghép quang bu lông trên mô hình 3D xe ép rác.....	156
Hình 5.28	Khoảng cách trọng tâm xe đầy tải tới mặt trước tiếp xúc với đệm cao su giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở.....	156
Hình 5.29	Khoảng cách từ mặt trên của đệm cao su tới trọng tâm xe đầy tải.....	157
Hình 5.30	Biểu diễn lực tác dụng của thùng chuyên dùng khi xe đang quay vòng phải	158
Hình 5.31	Biểu đồ lực tác dụng lên mối ghép quang bu lông khi xe quay vòng đầy tải	159
Hình 6.1	Quy trình tính toán hệ số an toàn mối ghép bu lông bằng Ansys.....	162
Hình 6.2	Nhập vật liệu cho mô phỏng tại mục Engineering Data.....	163
Hình 6.3	Lựa chọn vật liệu và thiết lập vật liệu mới.....	164
Hình 6.4	Nhập biên dạng mô hình cho Ansys.....	164
Hình 6.5	Mở Ansys SpaceClaim.....	165
Hình 6.6	Đường kính lỗ của đai óc đã hiệu chỉnh.....	165
Hình 6.7	Lệnh Pull dùng để cắt biên dạng thừa của lỗ đai óc.....	166
Hình 6.8	Kiểm tra đơn vị trước khi tính toán.....	166
Hình 6.9	Gán vật liệu cho chi tiết.....	167
Hình 6.10	Tạo miền Symmetry cho mô hình lắp.....	167
Hình 6.11	Điều chỉnh loại dung sai cho liên kết.....	168
Hình 6.12	Điều chỉnh loại liên kết với Chassis là mặt tiếp xúc, đệm là mặt mục tiêu	168
Hình 6.13	Phương pháp chia lưới MultiZone dùng cho bu lông.....	169
Hình 6.14	Điều chỉnh kích thước phần tử cho bu lông.....	169
Hình 6.15	Xác định thiết lập mô phỏng.....	170
Hình 6.16	Khởi tạo lực căng ban đầu cho bu lông.....	171
Hình 6.17	Lực căng ban đầu của các bu lông.....	171
Hình 6.18	Ngàm cứng chassis của xe nền.....	171
Hình 6.19	Khởi tạo lực tác dụng với giá trị lực nhập ở bước 2.....	172
Hình 6.20	Lệnh Solve.....	172

Hình 6.21	Nhập dữ liệu cho việc truy xuất kết quả.....	172
Hình 6.22	Ứng suất tương đương trên thân bu lông đứng	173
Hình 6.23	Hệ số an toàn trên bu lông đứng.....	173
Hình 6.24	Tải trọng làm việc trên thân bu lông.....	174
Hình 6.25	Ứng suất tương đương trên thân bu lông đứng.....	174
Hình 6.26	Hệ số an toàn trên bu lông đứng.....	175
Hình 6.27	Tải trọng làm việc trên thân bu lông.....	175
Hình 6.28	Ứng suất tương đương trên quang bu lông.....	176
Hình 6.29	Hệ số an toàn trên quang bu lông.....	176
Hình 6.30	Trạng thái của mối ghép quang bu lông.....	177
Hình 7.1	Quy trình tính toán hệ số an toàn chốt nối.....	178
Hình 7.2	Nhập vật liệu cho mô phỏng tại mục Engineering Data.....	179
Hình 7.3	Lựa chọn vật liệu và thiết lập vật liệu mới.....	180
Hình 7.4	Nhập biên dạng mô hình cần tính cho Ansys.....	180
Hình 7.5	Mở Ansys SpaceClaim.....	181
Hình 7.6	Biên dạng hình học của mối lắp chốt xy lanh tầng.....	181
Hình 7.7	Kiểm tra đơn vị trước khi tính toán.....	182
Hình 7.8	Gán vật liệu cho chi tiết.....	182
Hình 7.9	Điều chỉnh loại dung sai cho liên kết.....	183
Hình 7.10	Điều chỉnh loại liên kết với lỗ trên cột đứng là mặt tiếp xúc, chốt là mặt mục tiêu.....	183
Hình 7.11	Điều chỉnh lưới trên cạnh.....	184
Hình 7.12	Dùng phương pháp chia lưới MultiZone cho chốt nối.....	184
Hình 7.13	Điều chỉnh kích thước phần tử cho bu lông.....	185
Hình 7.14	Kiểm tra chất lượng phần tử thông qua Element Quality.....	185
Hình 7.15	Xác định thiết lập mô phỏng.....	186
Hình 7.16	Thiết lập bộ giải cho tính toán.....	186
Hình 7.17	Đồ thị lực xy lanh cực đại và vị trí thanh ty theo thời gian.....	187
Hình 7.18	Ngàm cứng chassis của xe nền.....	187
Hình 7.19	Khởi tạo lực tác dụng với giá trị lực truy xuất từ Matlab.....	188
Hình 7.20	Tạo hệ trực tọa độ để đặt lực cho xy lanh.....	188
Hình 7.21	Lệnh Solve.....	189

Hình 7.22	Nhập dữ liệu cho việc truy xuất kết quả.....	189
Hình 7.23	Ứng suất tương đương trên trực nối thanh ty.....	190
Hình 7.24	Hệ số an toàn chốt nối thanh ty và thùng ép.....	190
Hình 7.25	Trạng thái tiếp xúc của chốt khi thanh ty tác dụng lực.....	190
Hình 7.26	Hệ số an toàn chốt nối xy lanh thùng phụ.....	191
Hình 7.27	Hệ số an toàn chốt nối xy lanh bàn ép.....	192
Hình 7.28	Hệ số an toàn chốt nối xy lanh bàn cào.....	193
Hình 7.29	Hệ số an toàn chốt nối xy lanh máng xúc.....	194
Hình II.1	Stateflow điều khiển thứ tự ra vào của xy lanh tầng.....	215
Hình II.2	Thanh công cụ làm việc của Stateflow nằm phía bên trái cửa sổ.....	216
Hình II.3	Logic điều khiển trạng thái van chính.....	218
Hình II.4	Cửa sổ Symbol.....	218
Hình II.5	Logic mở xy lanh.....	219
Hình II.6	Thêm vào đồ họa câu điều kiện If-else.....	220
Hình II.7	Đồ họa câu điều kiện If Else dùng cho tín hiệu chuyển trạng thái tầng 1	220
Hình II.8	Đồ họa câu điều kiện If Else dùng cho tín hiệu chuyển trạng thái tầng 2	221
Hình II.9	Đồ họa câu điều kiện If Else dùng cho tín hiệu chuyển trạng thái tầng 3	221
Hình II.10	Hàm function cho tín hiệu chuyển tiếp E1.....	222
Hình II.11	Logic điều khiển trạng thái đẩy ra của xy lanh tầng (ExtendLogic).....	223
Hình II.12	Logic điều khiển trạng thái thu về của xy lanh tầng (RetractLogic).....	223
Hình II.13	Thiết lập trạng thái mô phỏng song song.....	224
Hình II.14	Trạng thái làm việc của Stateflow.....	224
Hình III.1	Bật tín hiệu vận tốc và vị trí bàn xả rác.....	225
Hình III.2	Tạo khối Scope truy xuất kết quả tính toán.....	226
Hình III.3	Đồ thị vận tốc và vị trí bàn xả theo thời gian.....	226
Hình III.4	Mô hình 3D và kích thước cơ bản của khối rác.....	227
Hình III.5	Mặt cắt ngang của khối rác.....	227
Hình IV.1	Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cầu nâng hạ thùng phụ.....	231
Hình IV.2	Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cầu bàn xả rác.....	234
Hình IV.3	Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cầu nâng hạ bàn cào.....	238
Hình IV.4	Động học xy lanh thuỷ lực điều khiển bàn cào.....	239
Hình IV.5	Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cầu điều khiển bàn ép.....	242

Hình IV.6	Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cấu nâng hạ máng xúc.....	243
Hình V.1	Đồ thị đường đặc tính ngoài của động cơ.....	250
Hình V.2	Đồ thị cân bằng lực kéo.....	252
Hình V.3	Đồ thị cân bằng công suất.....	253
Hình V.4	Đồ thị nhân tố động lực học.....	254
Hình V.5	Đồ thị gia tốc theo từng tay số.....	255
Hình V.6	Đồ thị quãng đường và thời gian tăng tốc.....	256
Hình VI.1	Sơ đồ lực tính toán bền chốt xy lanh bàn xả.....	268
Hình VI.2	Sơ đồ lực tính toán bền chốt xy lanh thùng phụ.....	269
Hình VI.3	Sơ đồ lực tính toán bền chốt xy lanh bàn ép.....	270
Hình VI.4	Sơ đồ lực tính toán bền chốt nối xy lanh bàn cào.....	271
Hình VI.5	Sơ đồ lực tính toán bền chốt nối xy lanh máng xúc.....	272
Hình VII.1	Sơ đồ lực tác dụng lên mối ghép bu lông khi xe phanh.....	275

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1	Bảng chú thích và thông số kỹ thuật của các chi tiết trong hệ thống thuỷ lực	22
Bảng 2.2	Các chi tiết và vật liệu dùng tương ứng.....	57
Bảng 2.3	Thông số kỹ thuật của hai loại nhót ISO VG 46 và ISO 68.....	58
Bảng 2.4	Thông số kỹ thuật các loại vật liệu dùng cho tính toán bền trong Ansys...	59
Bảng 3.1	Thông số kỹ thuật ô tô cơ sở.....	64
Bảng 3.2	Tên các chi tiết có trong cơ cấu xả rác.....	77
Bảng 3.3	Tên các chi tiết trong cơ cấu nâng thùng phụ.....	81
Bảng 3.4	Thống kê các chi tiết trong cơ cấu cào - ép rác.....	83
Bảng 3.5	Tên các chi tiết và hình dạng của chúng trong cơ cấu xúc rác.....	85
Bảng 3.6	So sánh thông số xe ép rác thực tế và mô hình 3D Inventor.....	89
Bảng 4.1	Thông số của các khối trong Simscape Hydraulics.....	100
Bảng 4.2	Các thông số của hệ thống thuỷ lực cơ cấu xả rác.....	116
Bảng 4.3	Các thông số của hệ thống thuỷ lực cơ cấu xúc rác.....	133
Bảng 4.4	Thông số lực tác dụng, áp suất, năng lượng của các cơ cấu khi mô phỏng Matlab Simscape.....	136
Bảng 5.1	Ứng suất tính toán của các bu lông ở từng mối ghép.....	161
Bảng 7.1	Các lực tác dụng cực đại do xy lanh tác dụng lên chốt.....	178
Bảng 7.2	Ứng suất tương đương cực đại khi giảm kích thước phần tử ở chốt.....	188
Bảng 7.3	Ứng suất tương đương cực đại ở chốt nối xy lanh thùng phụ.....	191
Bảng 7.4	Ứng suất tương đương cực đại ở chốt nối xy lanh bàn ép.....	191
Bảng 7.5	Ứng suất tương đương ở chốt nối xy lanh bàn cào.....	192
Bảng 7.6	Ứng suất tương đương ở chốt nối xy lanh máng xúc.....	193
Bảng I.1	Chức năng và thiết lập các khối dùng trong mô phỏng Matlab.....	197
Bảng II.1	Tên và chức năng của các bộ phận dùng trong Stateflow.....	216
Bảng III.1	Giá trị lực cản ma sát theo thời gian.....	229
Bảng IV.1	Thông số tính toán lực nâng thùng phụ.....	233
Bảng IV.2	Bảng thông số tính toán lực đẩy cơ cấu bàn xả rác.....	235
Bảng IV.3	Bảng thông số tính lực điều khiển bàn cào.....	240
Bảng IV.4	Bảng thông số tính toán lực nâng cơ cấu máng xúc.....	245
Bảng V.1	Bảng hiệu suất truyền lực theo loại ô tô.....	248
Bảng V.2	Hệ số cản khí động học theo các loại ô tô.....	248

Bảng V.3	Hệ số cản lăn theo các loại đường.....	248
Bảng V.4	Thông số tính toán đường đặc tính động cơ.....	257
Bảng V.5	Thông số tính toán cho tay số 1.....	257
Bảng V.6	Thông số tính toán cho tay số 2.....	258
Bảng V.7	Thông số tính toán cho tay số 3.....	259
Bảng V.8	Thông số tính toán cho tay số 4.....	260
Bảng V.9	Thông số tính toán cho tay số 5.....	261
Bảng V.10	Thông số tính toán cho tay số 6.....	262
Bảng V.11	Thông số tính toán cho tay số 7.....	263
Bảng V.12	Thông số tính toán cho tay số 8.....	264
Bảng V.13	Thông số tính toán cho tay số 9.....	265
Bảng V.14	Thông số tính toán quãng đường và thời gian tăng tốc.....	265

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU

Chương này sẽ trình bày lần lượt các nội dung khái quát về đề tài luận văn tốt nghiệp:

- Đầu tiên, giới thiệu về công ty Đức Long, nơi tiến hành khảo sát, đo đạc các thông số kích thước để sử dụng cho việc xây dựng mô hình 3D của xe ép rác trên phần mềm Autodesk Inventor. Cùng với đó là các thông số kỹ thuật về động cơ, hệ thống thuỷ lực (bơm, xy lanh thuỷ lực, các loại van, các kích thước đường ống thuỷ lực, ...) và thời gian vận hành của các cơ cấu chuyên dùng trên xe ép rác.
- Khảo sát thực trạng xã hội về nhu cầu sử dụng xe ép rác. Định nghĩa các chi tiết trong cơ cấu chuyên dùng của xe ép rác.
- Xác định mục tiêu thực hiện của luận văn và đề ra các phương pháp để thực hiện các mục tiêu đó. Theo sau đó, đưa ra các vấn đề kỹ thuật cần giải quyết, kết quả cần đạt được sau khi hoàn thành luận văn và yêu cầu kỹ thuật của cả đề tài.
- Tìm hiểu và giới thiệu các công cụ để giải quyết mục tiêu của đề tài là phần mềm Matlab/Simscape và Ansys Workbench.

Cuối cùng, đề ra lưu đồ quy trình thực hiện luận văn tốt nghiệp.

1. Giới thiệu về công ty Đức Long

- Công ty Cổ phần Vận tải Thương mại Xây dựng Công nghiệp Đức Long (Đức Long Auto) được thành lập ngày 13/11/2007, với hơn 10 năm xây dựng và phát triển, đã trở thành Công ty sản xuất xe chuyên dùng hàng đầu Việt Nam.
- Cùng đội ngũ nhân sự hơn 100 người trong đó có 01 tiến sĩ, 03 thạc sĩ, 12 kỹ sư ô tô, 04 cử nhân kinh tế, 25 nhân sự có trình độ Cao Đẳng, Trung cấp chuyên nghiệp và hàng chục công nhân có chứng nhận đào tạo thợ hàn, thợ điện, thợ sơn,...
- Đức Long Auto có nhà máy sản xuất với diện tích 4000 m² tại Cụm Công nghiệp Nhị Xuân, huyện Hóc Môn, TP. Hồ Chí Minh, bao gồm đầy đủ các máy móc trang thiết bị hiện đại phục vụ việc sản xuất kinh doanh như: máy chấn, máy tiện, máy cắt CNC, máy bấm ống thuỷ lực, xe nâng chuyên, cẩu trực,... Đức Long Auto còn đầu tư hệ thống quản lý thiết kế và phần mềm thiết kế 3D chuyên nghiệp Soluca của Singapore. Hệ thống thiết bị kiểm tra xuất xưởng sản phẩm

hiện đại đạt tiêu chuẩn của Cục Đăng kiểm Việt Nam như trạm cân, bệ thử phanh, thiết bị kiểm tra độ sáng đèn pha,...

- Các sản phẩm của Đức Long Auto tập trung chủ yếu trong hai lĩnh vực chính là xe môi trường và xe vận tải, xây dựng. Ví dụ như: xe ben, xe tải cẩu, xe ép rác, xe quét đường, xe hooklift, xe hút chất thải, xe hút bùn, xe hút bùn & thông cống, xe tưới cây & rửa đường, xe cứu hộ, xe chở xe ô tô, xe xi téc chở xăng dầu,...



Hình 1.1 Một số loại xe chuyên dùng mà công ty Đức Long sản xuất

(Các hình ảnh có nguồn gốc từ [Đức Long Auto](#))

2. Tổng quan về đề tài luận văn

2.1. Giới thiệu chung

- Trong công nghiệp chế tạo và sản xuất ô tô chuyên dùng, công việc kiểm nghiệm hay đánh giá hiệu năng của một chi tiết, cơ cấu mới là một nhiệm vụ phức tạp, đòi hỏi nhiều khía cạnh, vấn đề khác nhau cần được khảo sát, phân tích. Thông thường để kiểm nghiệm, đánh giá thì công ty hay chủ doanh nghiệp phải tiến hành đánh giá, thử nghiệm trên một động cơ hoặc ô tô cụ thể của người tiêu dùng hoặc của công ty và điều đó có thể gây ra sự tốn kém, lãng phí cho công ty và người tiêu dùng nếu hiệu năng sử dụng của cơ cấu, chi tiết mới không đáp ứng được như mong đợi. Từ đó có thể thấy, việc thiết kế kiểm nghiệm để khảo sát, phân tích cơ

cầu của ô tô chuyên dùng là một giải pháp trọng yếu để giúp các doanh nghiệp và chủ đầu tư tiết kiệm kinh phí, tài nguyên.

- Luận văn tốt nghiệp là bước phát triển từ đề tài của Đồ án 2 và quá trình thực tập tốt nghiệp. Qua quá trình thực hiện đồ án, nhóm đã có các kiến thức cơ bản về việc mô phỏng, tính toán cơ cấu nâng thủy lực, do đó, việc lựa chọn luận văn với chủ đề "**THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG TRÊN XE ÉP RÁC BẰNG PHẦN MỀM MATLAB/SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH**" là tất yếu.
- Thể loại: Thiết kế kiểm nghiệm - Kiểm nghiệm cơ cấu ép - xả rác và hệ thống thủy lực của xe ép rác.
- Định nghĩa: Thiết kế kiểm nghiệm là loại hình thiết kế từ sản phẩm đã có, tính toán kiểm nghiệm với điều kiện làm việc thực tế xem sản phẩm có được thoả mãn các yêu cầu đề ra hay không.

2.2. Thực trạng của xã hội về nhu cầu sử dụng xe ép rác

- Sự phát triển của công nghiệp hóa và đô thị hóa, nhu cầu về thu gom và vận chuyển rác thải tăng cao, thêm vào đó chính phủ các nước chú trọng đến môi trường xung quanh vì đây là yếu tố rất then chốt ảnh hưởng đến sức khoẻ nói riêng và sự văn minh của đất nước nói chung.
- Vì vậy, những chiếc xe ép rác là một giải pháp xử lý công đoạn thu gom rác thải một cách triệt để, là dòng xe môi trường chuyên dụng, xe ép rác ngày càng trở nên hữu dụng đối với các doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực thu gom và xử lý chất thải. Bên cạnh đó, vì xử lý nén và cuốn ép rác tức thời nên việc vận chuyển cũng nhiều hơn, khối lượng lớn tiết kiệm thời gian và chi phí vận hành sử dụng.



Hình 1.2 Hoạt động của xe ép rác trên đường (*Nguồn: Internet*)

2.3. Cơ cấu chuyên dùng của xe ép rác

- Xe vận chuyển rác trên thị trường hiện nay có thể được phân loại theo nhiều cách khác nhau:
 - + Theo thể tích chứa rác: 3 khối, 4 khối, 7 khối, 15 khối,...
 - + Theo phương pháp thu gom rác: sử dụng cơ cấu nâng cẩu, sử dụng cơ cấu máng xúc,...
- Theo phương pháp thu gom rác, có thể chia hai loại chính:
 - + Loại ô tô thu gom, vận chuyển rác không ép.
 - + Loại ô tô thu gom, vận chuyển rác có ép.
- Quãng thời gian nhóm thực hiện kiến tập tại công ty Đức Long, thời điểm này công ty đang sản xuất, chế tạo các loại xe ép rác sử dụng cơ cấu máng xúc để thu gom rác với dung tích chứa rác là 18 khối. Vì để thuận tiện cho quá trình khảo sát, thu thập số liệu phục vụ cho quá trình thực hiện luận văn, nhóm đã quyết định chọn xe ép rác HINO FM8JN7A-R với khối lượng toàn bộ 24000kg.
- Cơ cấu chuyên dùng là phần được lắp đặt trên ô tô cơ sở, có kết cấu và trang bị để thực hiện một chức năng, công dụng đặc biệt, tạo thành phương tiện chuyên dùng.

- Cơ cấu chuyên dùng của xe ép rác gồm có:
 - + Thùng chính là phần liên kết trực tiếp giữa xe cơ sở và cơ cấu chuyên dùng bằng quang bu lông, bát chống xô. Trong thùng chính, bàn xả rác được lắp đặt di chuyển thông qua cơ cấu xy lanh tầng đê đẩy rác ra khỏi thùng chính.
 - + Thùng phụ là nơi chứa rác trước khi được ép vào thùng chính, cơ cấu máng xúc để thu gom rác và đưa rác vào trong thùng phụ được vận hành bằng cặp xy lanh thuỷ lực lắp đặt ở thùng phụ. Để đưa rác ép vào trong thùng chính thì cần có cụm cơ cấu bàn ép và bàn cào hoạt động nhờ 2 cặp xy lanh thuỷ lực phối hợp vận hành.

2.4. Khái quát về đặc thù công việc và yêu cầu đặc trưng của xe ép rác

Đặc thù công việc của xe ép rác	Yêu cầu đặc trưng của xe ép rác
<ul style="list-style-type: none"> - Tính chất của rác thải: khối lượng riêng không xác định; chứa nhiều thứ hỗn tạp, gây hại cho vật liệu làm thùng. - Hỗn hợp gồm nhiều loại chất thải khác nhau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vật liệu chế tạo phải chống ăn mòn hoá học, được sơn bảo vệ lớp ngoài. - Hệ thống thuỷ lực phải tách biệt hoặc có lớp bảo vệ các chi tiết.
<ul style="list-style-type: none"> - Đối với các loại thùng ép rác, rác có thể bị nén dưới áp lực cao. 	<ul style="list-style-type: none"> - Thùng ép phải đảm bảo độ bền để chịu được áp lực. - Hệ thống thuỷ lực phải đảm bảo tỷ số nén của máy ép.
<ul style="list-style-type: none"> - Xe hoạt động cả ngày lẫn đêm, phần lớn là trên đường, gần khu dân cư. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cần có hệ thống chiếu sáng tốt giúp người vận hành dễ điều khiển và cảnh báo các phương tiện khác. - Hoạt động êm dịu, không gây tiếng ồn, đảm bảo độ an toàn khi hoạt động trong các điều kiện môi trường nguy hiểm.
<ul style="list-style-type: none"> - Khả năng xúc/đẩy rác phụ thuộc vào kết cấu thùng rác và gầu múc. - Cơ cấu ép rác phía sau thùng phụ gây 	<ul style="list-style-type: none"> - Kết cấu đảm bảo dễ dàng nạp rác vào xe và xả hết rác ra ngoài một cách nhanh chóng. - Rút ngắn chiều dài thùng chứa rác.

mất ổn định.	
- Quá trình gom rác phức tạp, nhiều giai đoạn.	- Vị trí điều khiển hệ thống phải bố trí thuận tiện, thao tác dễ dàng.
- Hệ thống bị mất áp, nguy cơ gây tai nạn lao động.	- Đảm bảo độ kín khít trong hệ thống thuỷ lực, bảo vệ các chi tiết khỏi ăn mòn, bụi bẩn,...
- Xe ép rác vận chuyển hàng theo kiểu tích luỹ nên khối lượng chuyên chở tăng dần trong quá trình thu gom chất thải.	- Kết cấu đảm bảo hệ số sử dụng tải trọng có ích của ô tô cơ sở là lớn nhất.
- Trong quá trình thu gom rác, sự va chạm với vật cản có thể làm biến dạng máng xúc, bàn càò, thùng phụ.	- Gia cường các kết cấu máng xúc, bàn càò, thùng phụ.
	- Yêu cầu về đặt hàng từ khách hàng (dung tích thùng chứa, cơ cấu gom rác, loại xe nền, màu sơn, mục đích sử dụng, ...)
	- Yêu cầu chung: đảm bảo độ bền, độ ổn định, tuổi thọ cao, dễ bảo trì, bảo dưỡng, sửa chữa, dễ tìm phụ tùng thay thế, mẫu mã đẹp, giá thành rẻ, thân thiện với con người và môi trường, xử lý sau khi hết hạn sử dụng.

2.5. Mục tiêu của đề tài luận văn

- Xây dựng phương pháp kiểm nghiệm áp suất, hiệu suất năng lượng của hệ thống thủy lực, lực tác động của xy lanh thủy lực lên chốt và lực tác động lên mối ghép bu lông giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở bằng mô phỏng Matlab Simscape.
- Xây dựng phương pháp kiểm nghiệm hệ số an toàn chốt nối ở xy lanh thủy lực và mối ghép bu lông bằng phần mềm Ansys Workbench trong trường hợp xe đầy tải.
- Ứng dụng quy trình kiểm nghiệm cho một phương tiện cụ thể: xe ép rác HINO FM8JN7A-R.

2.6. Giải pháp/Phương pháp thực hiện

- Chọn một mẫu xe thực tế để tham khảo, thực hiện đo đạc và mô hình hóa 3D các cơ cấu, hệ thống có liên quan đến thủy lực dùng để mô phỏng bằng phần mềm Autodesk Inventor.
- Ứng dụng phần mềm Matlab Simscape để thực hiện mô phỏng các cơ cấu thủy lực đã xây dựng từ Inventor, truy xuất các thông số áp suất, lực,... từ quá trình mô phỏng.
- Ứng dụng dữ liệu lực có được từ Simscape làm thông số cho điều kiện biên tính toán hệ số an toàn cho mối ghép bu lông và mối ghép chốt bằng phần mềm Ansys Workbench.

2.7. Các vấn đề kỹ thuật cần giải quyết và kết quả cần đạt được

- Bài toán cần giải quyết:
 - + Khảo sát cơ cấu xả, ép, xúc rác và nâng thùng phụ của xe ép rác HINO FM8JN7A-R. Xây dựng mô hình 3D của xe ép rác và cơ cấu chuyên dùng, mối ghép bu lông bằng phần mềm Inventor.
 - + Xây dựng mô hình Simscape Multibody mô tả chuyển động cơ cấu chuyên dùng, tính toán lực tác dụng lên bu lông.
 - + Xây dựng mô hình Simscape Hydraulics tính toán áp suất, hiệu suất năng lượng hệ thống thủy lực, lực tác dụng lên chốt nối ở xy lanh thủy lực.
 - + Xây dựng mô hình Ansys để tính toán hệ số an toàn mối ghép bu lông và chốt nối.
- Kết quả cần đạt được:
 - + Quy trình mô phỏng cơ cấu chuyên dùng bằng Simscape Multibody và hệ thống thủy lực bằng Simscape Hydraulics của xe ép rác HINO.
 - + Đánh giá kết quả tính toán thông số áp suất, hiệu suất năng lượng từ mô hình Simscape.
 - + Quy trình mô phỏng và tính toán hệ số an toàn mối ghép bu lông và chốt nối bằng phần mềm Ansys.
 - + Đánh giá các kết quả hệ số an toàn so với phương pháp tính toán truyền thống.

2.8. Yêu cầu kỹ thuật của đề tài luận văn

- Mô hình 3D của xe ép rác HINO FM8JN7A-R phải đảm bảo độ tương đương so với thực tế về hình dạng, kích thước, khối lượng, nguyên lý hoạt động...

- Các thông số áp suất của hệ thống thuỷ lực, lực đẩy/kéo của xy lanh và lực tác dụng lên các chốt của xy lanh trong quá trình mô phỏng kiểm nghiệm bằng Matlab/Simscape có độ sai số không quá 15% so với phương pháp tính toán cổ điển.
- Hệ số an toàn mối ghép bu lông được kiểm nghiệm bằng Ansys không được nhỏ hơn 1,5 trong quá trình xe (đẩy tải) phanh gấp ở tốc độ 73 km/h.

2.9. Giới hạn nội dung thực hiện của luận văn tốt nghiệp

- Mô hình Matlab Simscape được thực hiện với giả thiết như sau:
 - + Đối với mô hình mô phỏng cơ cấu chuyên dùng của xe ép rác: nhiệt độ, độ nhớt dầu không đổi ($\vartheta = 60^{\circ}\text{C}$); động cơ dẫn động bơm thủy lực là lý tưởng; không xét đến cụm điều khiển các van điều hướng trong cơ cấu cào - ép rác bằng khí nén.
 - + Đối với mô hình mô phỏng mối ghép bu lông: mô hình được xây dựng với trạng thái đầy tải, do mô hình mô phỏng di chuyển trên đường bằng phẳng nên không xét đến lực cản leo dốc và mô hình không kéo rơ moóc nên không có lực kéo rơ moóc, không xét đến lực cản lăn của mặt đường và lực cản gió trong khi mô phỏng.
- Mô hình trong Ansys được thực hiện với giả thiết như sau: chỉ thực hiện mô phỏng 1 phần mối ghép bu lông cụ thể (pat chống xô hoặc pat đứng hoặc quang bu lông), không mô phỏng toàn bộ các liên kết bu lông trong 1 bài toán; bài toán tính bền thực hiện bằng mô phỏng ở trạng thái tĩnh với giá trị lực động truy xuất từ mô phỏng chuyển động trong Matlab Simscape.

3. Giới thiệu phần mềm

3.1. Phần mềm MATLAB/Simscape

3.1.1. Khái niệm

Công cụ	Khái niệm	Ứng dụng	Ưu điểm
Matlab	Là ngôn ngữ lập trình đa mô hình và môi trường tính toán số cho phép các thao tác ma trận, vẽ các chức năng và dữ liệu, thực hiện các thuật toán tạo giao diện người dùng và giao tiếp với các chương trình được viết bằng ngôn ngữ khác.	Công cụ mạnh trong việc hỗ trợ tính toán các vấn đề vật lý, kỹ thuật phức tạp, đòi hỏi thực thi số lượng phép toán vô cùng lớn.	Cung cấp các tính năng tương tác cho phép người sử dụng thao tác dữ liệu linh hoạt dưới dạng mảng ma trận để tính toán và quan sát. Tính toán nhanh, chính xác. Ngôn ngữ lập trình bậc cao, gần với ngôn ngữ con người hơn so với các ngôn ngữ lập trình khác.
Simulink	Một công cụ mô phỏng trong Matlab, thể hiện quan hệ giữa các cơ cấu cơ khí (body) thông qua các khối và các quan hệ ràng buộc giữa chúng. Bổ sung mô phỏng đa miền đồ họa và thiết kế dựa trên mô hình cho các mô hình hệ thống động và nhúng. Bên trong các khối body hàm chứa các đặc tính vật lý của	Mô hình, mô phỏng và phân tích các hệ thống động với môi trường giao diện sử dụng bằng đồ họa. Ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực mô phỏng các hệ thống, cụm cơ cấu lớn, phức tạp: hàng không, tàu thủy, robot công nghiệp, các hệ thống treo, lái, ... trên ô tô.	Việc xây dựng mô hình được đơn giản hóa bằng các hoạt động nhấp chuột và kéo thả. Không đòi hỏi người dùng có kỹ năng chuyên sâu về lập trình. Bao gồm một bộ thư viện khối với các hộp công cụ toàn diện cho cả việc phân tích tuyến tính và phi tuyến. Đễ dàng chuyển đổi qua lại trong quá

	<p>khối (khối lượng, moment quán tính, tọa độ trọng tâm, ...) được kế thừa từ các thông số tính toán được ở phần mềm hỗ trợ thiết kế (CAD).</p>		<p>trình phân tích → tận dụng được ưu thế của cả hai môi trường.</p> <p>Cung cấp giao diện mô phỏng trực quan về cơ cấu, thuận lợi trong quá trình quan sát diễn biến của đối tượng trong suốt quá trình vận hành.</p> <p>Kế thừa toàn bộ những thông số, đặc tính và quan hệ cơ học từ mô hình đồ họa chuyển sang.</p>
Simscape	<p>Là một trong những hộp công cụ trong thư viện của Simulink.</p>	<p>Simscape chứa các công cụ cần thiết để mô phỏng các hệ thống vật lý, được phân loại thành các bộ phận được đưa ra dưới dạng hình ảnh.</p> 	<p>Hình 1.3 Các module Simscape trong thư viện Simulink.</p>

3.1.2. Các bước liên kết MATLAB Simulink với phần mềm INVENTOR

***Lưu ý:** phần mềm Matlab và Inventor được khuyến nghị nên có cùng cấu trúc hệ thống, ví dụ như Window 64-bit.

- Bước 1: Cài đặt Simscape Multibody link Plugin theo hướng dẫn của MathWorks trên trang web:

<https://www.mathworks.com/help/physmod/smlink/ug/installing-and-linking-sim-mechanics-link-software.html>

Step 1: Get the Installation Files

1. Go to the Simscape Multibody Link download page.
2. Follow the prompts on the download page.
3. Select and save the ZIP and MATLAB files that match your MATLAB version and system architecture, such as release R2020b and Win64 (PC) Platform. Do not extract the ZIP file.

Step 2: Run the Installation Function

1. Run MATLAB as administrator. See How to run MATLAB as administrator for more information.
2. Add the folder in which you saved the installation files to the MATLAB path. For example, you can use the `addpath` (MATLAB) function.
3. At the MATLAB command prompt, enter `install_addon('zipname')`, where `zipname` is the name of the ZIP file, such as `smlink_r2020b.win64.zip`.

Step 3: Register MATLAB as an Automation Server

Each time you export a CAD assembly model, the Simscape Multibody Link plugin attempts to connect to MATLAB. To enable the connection, you must register MATLAB as an automation server. You can do this in two ways:

- Open a MATLAB session in administrator mode. At the MATLAB command prompt, enter `regmatlabserver`.
- Open an MS-DOS window running in administrator mode. At the command prompt, enter `matlab -regserver`.

Step 4: Enable the Simscape Multibody Link Plugin in a CAD Application

Before you can export a CAD assembly, you must enable the Simscape Multibody Link plugin on your CAD application. To do this, see:

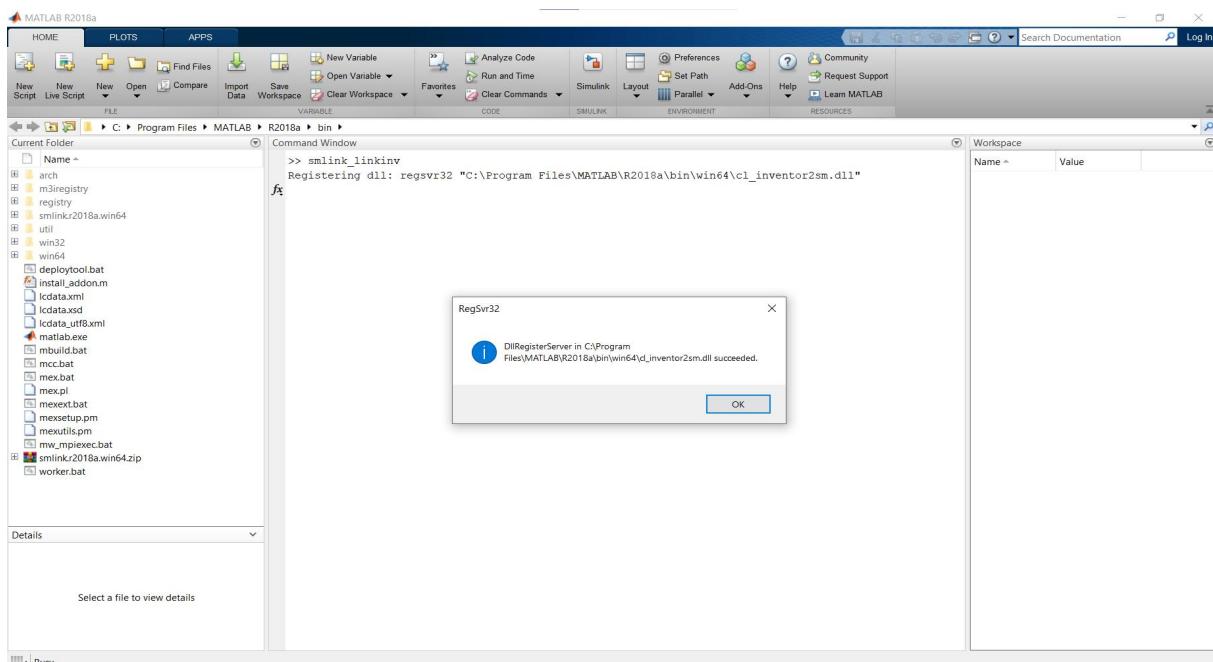
- Enable Simscape Multibody Link Plugin in SolidWorks
- Enable Simscape Multibody Link Plugin in Creo-Pro/E
- Enable Simscape Multibody Link Plugin in Inventor Plugin

Importing CAD Files from Applications Not Supported by Simscape Multibody Link

- To import an Onshape® CAD assembly model into the Simscape Multibody Link, you can use the `sexportonshape` and `simimport` functions.
- If you use a CAD application other than Onshape, SolidWorks, PTC Creo, and Autodesk Inventor, you can create a custom model export application based on the Simscape Multibody XML schema. This approach requires some knowledge of XML. See the schema web page for more information.
- You can also create a Simscape Multibody model from a URDF file or Robotics System Toolbox™ model. See the `simimport` for more information.

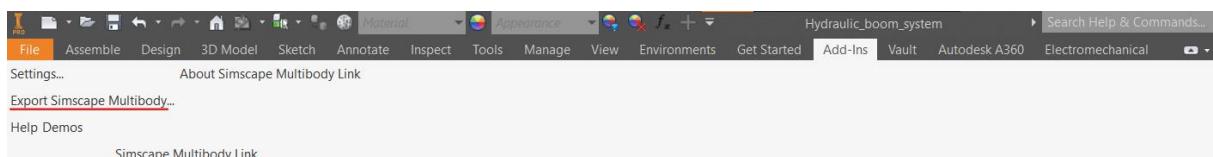
Hình 1.4 Hướng dẫn liên kết Matlab Simulink và Inventor

- Bước 2: nhập lệnh `smlink_linkinv` để thực hiện liên kết. Khi xuất hiện hộp thoại báo RegSrv32 như hình 1.5 thì click ok để hoàn tất.



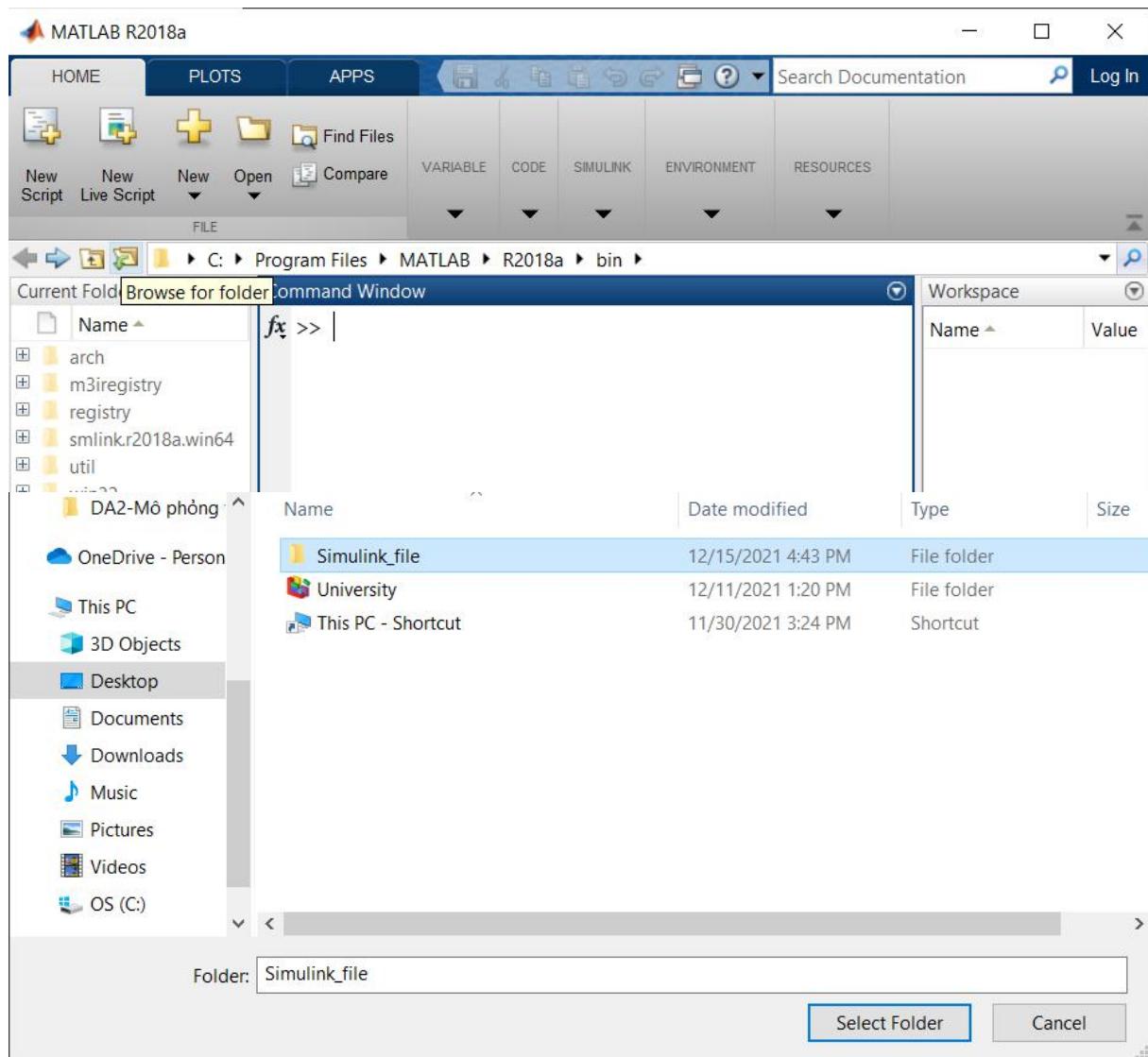
Hình 1.5 Thực hiện liên kết Matlab và Inventor

- Bước 3: Kiểm tra liên kết đã hoàn thành hay chưa bằng cách vào trong mục Add-Ins trong Inventor:



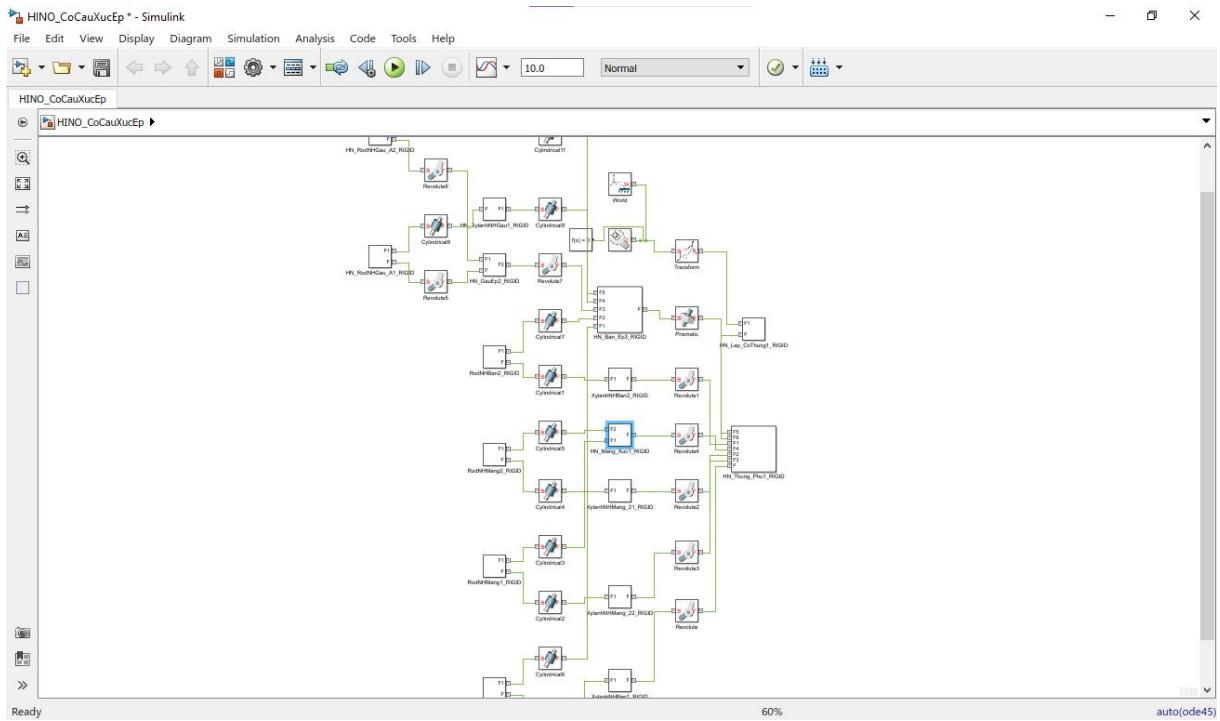
Hình 1.6 Kiểm tra liên kết trong mục Add-Ins

- Bước 4: Để xuất bản vẽ dạng Assembly vào Matlab Simulink, ta cần mở file bản vẽ dạng Assembly vào mục Add-Ins và kích chọn Export Simscape Multibody, chọn nơi lưu file và tên file (thường tên file được khuyến khích chọn theo tên bản vẽ Assembly), file sẽ được tạo ở định dạng .xml của Simscape Multibody Link.
- Bước 5: Để mở file, đầu tiên sau khi khởi động Matlab cần chọn vào thư mục chứa file: click vào Browse for folder và chọn thư mục chứa file, sau đó click vào Select Folder.



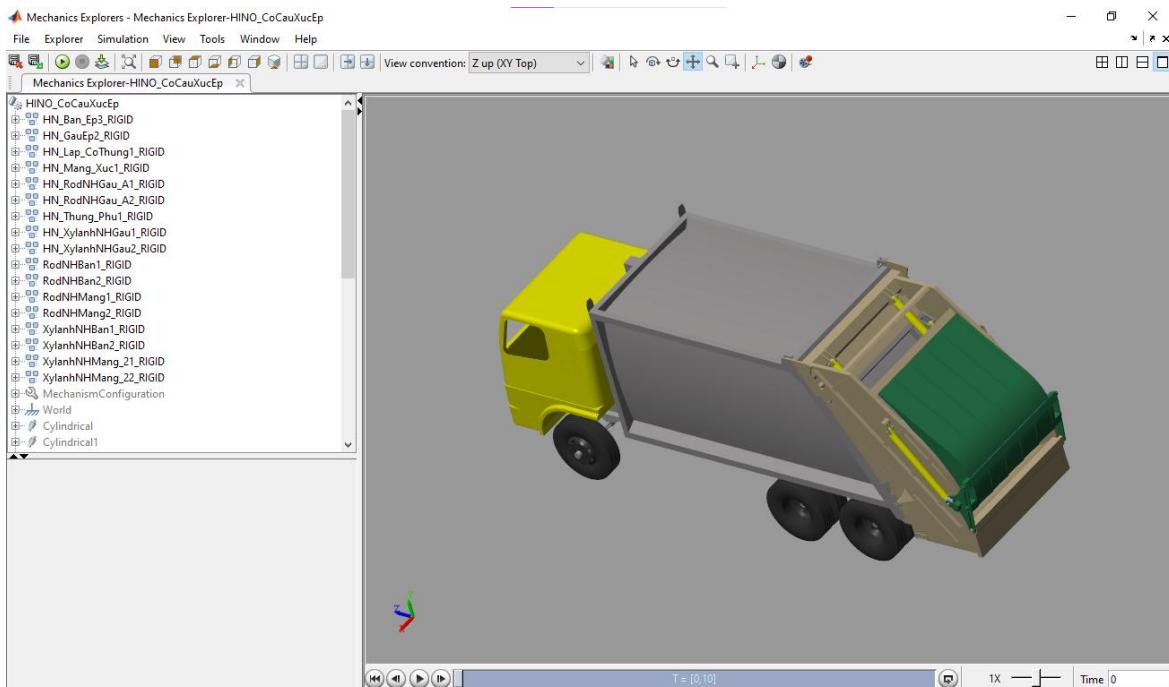
Hình 1.7 Mở thư mục lưu file .xml

- Bước 6: Tại Command Window trong Matlab, ta nhập lệnh
`smimport ('tenfile.xml')` và chờ quá trình Importing model.
- Bước 7: Sau đó, ta sẽ có được cửa sổ Simulink với bản vẽ 3D trong Inventor đã được chuyển đổi sang Matlab Simulink dưới dạng các khối (Block) chức năng



Hình 1.8 Xe chở rác HINO được biểu diễn bằng các Khối (Block) trong Simulink

- Bước 8: Trong cửa sổ Simulink, ta có thể chọn Run và kiểm tra xem cơ cấu chạy đúng với thiết kế hay không trong hộp thoại Mechanics Explorers



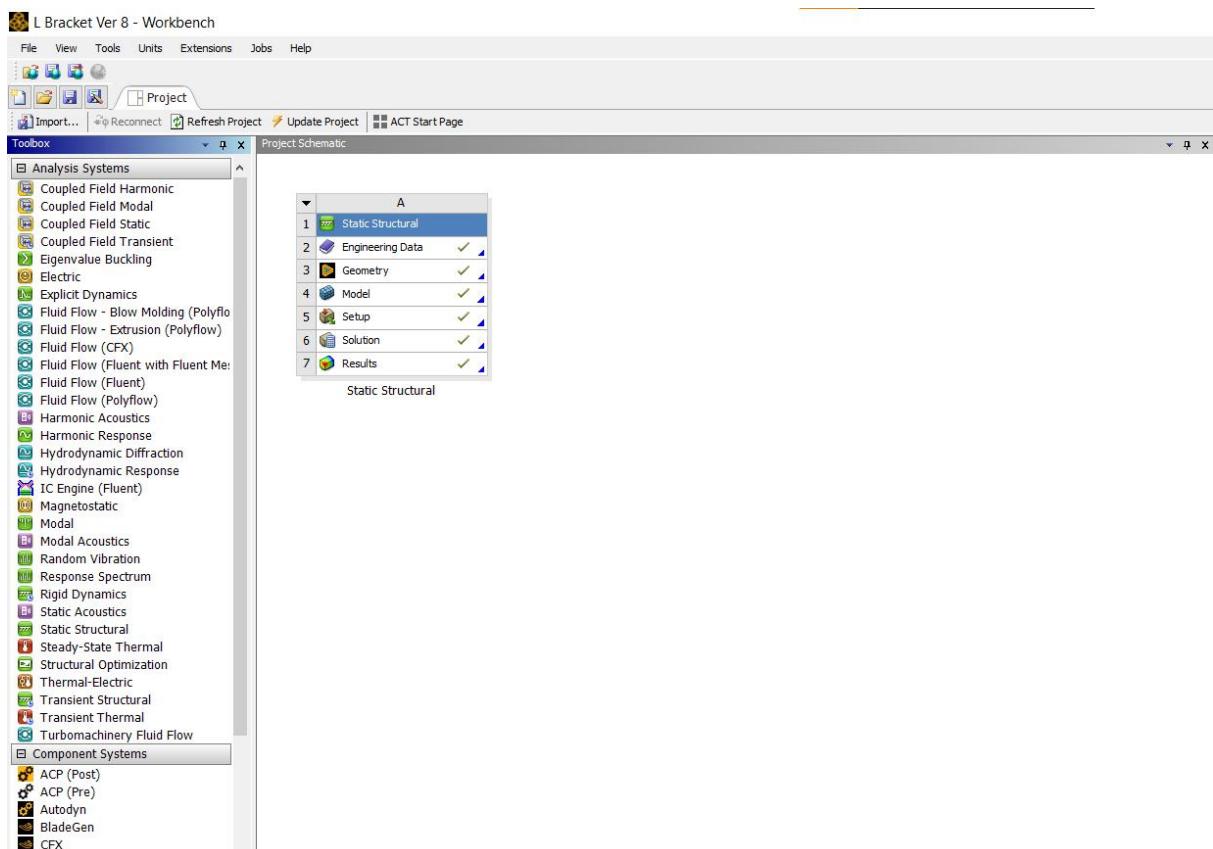
Hình 1.9 Kiểm tra chuyển động của các khối đã mô phỏng

3.2. Phần mềm Ansys Workbench

- Ansys là một phần mềm hỗ trợ tính toán kỹ thuật (Computer-Aided Engineering) dùng phương pháp phân tử hữu hạn (Finite Element Methods) để giải quyết các bài toán (độ bền, độ dẻo dai (toughness), độ đàn hồi (elasticity), phân bố nhiệt độ

(temperature distribution), điện từ (electromagnetism),...) từ đó tăng năng suất và hiệu quả làm việc cho người sử dụng.

- Ansys Workbench là một công cụ quản lý dự án. Nó có thể được xem là một giao diện đứng đầu liên kết toàn bộ các công cụ trong phần mềm Ansys.
- Workbench giúp xử lý các việc truyền dữ liệu giữa các công cụ Ansys Geometry/Mesh/Solver/Postprocessing, cũng như quản lý từng ứng dụng riêng biệt và truyền dữ liệu giữa chúng. Việc này có thể giúp người dùng dễ dàng quản lý các dự án.
- Workbench cũng giúp dễ dàng thực hiện các phân tích tham số (mà người dùng không cần khởi chạy lần lượt từng ứng dụng theo cách thủ công) và giúp dễ dàng mô phỏng các tình huống đa vật lý như tương tác cấu trúc chất lỏng.

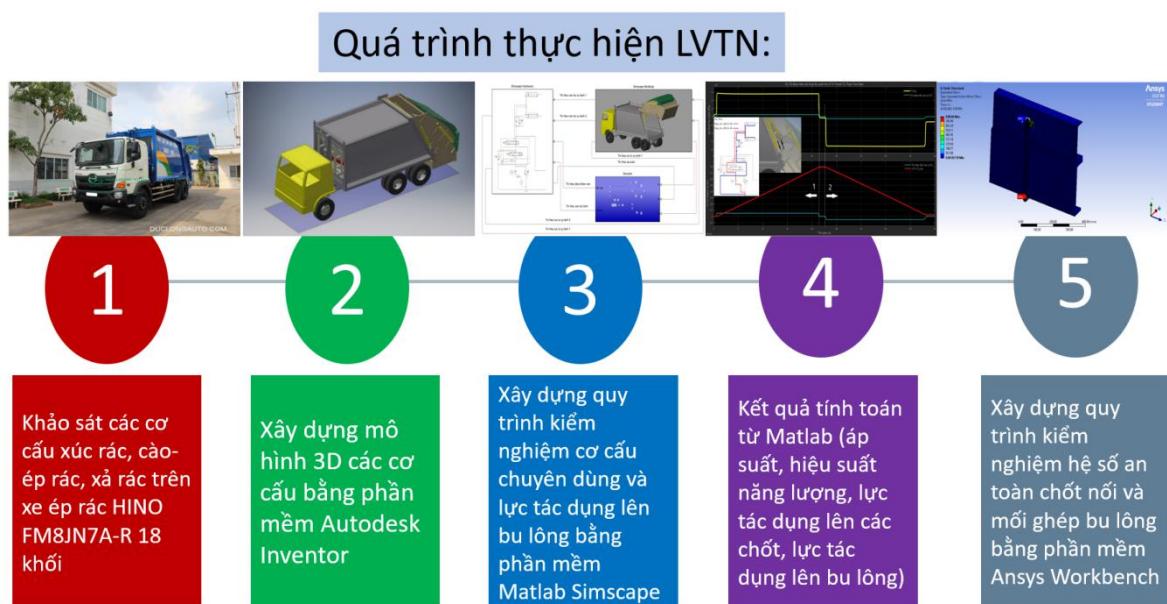


Hình 1.10 Giao diện của Ansys Workbench (bao gồm các module khác nhau ở cột bên trái (Toolbox) và giản đồ dự án ở cửa sổ Project Schematic)

- Về module Mechanical:
 - + Structural (tĩnh (static) và nhất thời (transient)): phân tích cấu trúc tuyến tính (linear) và phi tuyến (nonlinear). **Đây là module để phân tích độ bền bu lông trong luận văn.**

- + Động học (dynamic): modal, sóng hài (harmonic), phô phản ứng, dao động ngẫu nhiên, động lực học dẻo và rắn.
- + Truyền nhiệt (tĩnh và nhất thời (transient)): Giải cho trường nhiệt độ và thông lượng nhiệt. Độ dẫn phụ thuộc vào nhiệt độ, đổi lưu, bức xạ và vật liệu cho phép.
- + Magnetostatic (từ tính): thực hiện các thao tác phân tích từ tính khác nhau.
- + Điện: mô phỏng các thiết bị điện như động cơ điện (motor), solenoids,...

4. Quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp



Hình 1.11 Lưu đồ quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp

Quá trình thực hiện luận văn tốt nghiệp tổng thể bao gồm 5 giai đoạn chính (Hình 1.14), các giai đoạn này sẽ được cụ thể hóa ở phần sau. Chương này chỉ giới thiệu sơ lược về đề tài và các phần mềm liên quan nhằm làm tiền đề cho các chương kế tiếp. Để bắt đầu với việc khảo sát các cơ cấu, thì việc tìm hiểu các cơ sở lý thuyết của chúng là cực kỳ quan trọng, chương 2 sẽ nêu ra các cơ sở lý thuyết nhằm mục đích làm nền tảng cho việc khảo sát một cách tốt nhất, song song với đó là kết quả khảo sát trên các cơ cấu sẽ được đề cập vào tại các phần cơ sở lý thuyết của chúng.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Chương này làm rõ các vấn đề về cơ sở lý thuyết liên quan đến các cơ cấu có trong xe ép rác, như hệ thống thủy lực, bài toán động học của các chi tiết chuyển động trong cơ cấu xúc, cào - ép, nâng thùng phụ và xả rác, hai phần này được cụ thể hóa tại mục 1 và 2.Thêm vào đó là các bài toán tính toán mối ghép bu lông giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở, từ đó tính toán hệ số an toàn của mối ghép, được đưa vào mục 3 của chương này. Sau cùng nhưng không kém phần quan trọng là cơ sở lý thuyết của phương pháp mô phỏng và các điều kiện biên áp dụng cho bài toán được làm rõ ở mục 4 và mục 5. Đầu tiên là cơ sở lý thuyết của hệ thống thủy lực - hệ thống dẫn động chính cho các cơ cấu chuyên dùng.

1. Hệ thống thủy lực

1.1. Tổng quan

- Khi nền công nghiệp ngày càng phát triển, ngành nghiên cứu ứng dụng thủy lực ở bất kỳ đâu cũng phát triển và với những ứng dụng vô cùng thiết thực: như là các máy công trình, máy xúc đào, máy cày cẩu, máy ủi, trạm trộn bê tông tươi,... đều làm việc dựa trên nguyên lý truyền động thủy lực, khí nén.
- Hệ thống thủy lực với các ưu điểm như:
 - + Công suất lớn, tỷ số khối lượng và công suất nhỏ.
 - + Chức năng đa dạng: chuyển động thẳng, quay, một chiều, hai chiều, khóa, không tải, thay đổi vận tốc, chu kỳ,...
 - + Lực và moment lớn. Áp suất mạnh tạo lực lớn. Động cơ chậm tạo moment lớn.
 - + Điều chỉnh dễ dàng, chính xác.
 - + Tích trữ năng lượng.
 - + Tính không nén được → Dùng các chuyển động tức thời, giữ được lực mà không tổn năng lượng, tạo ra chuyển động chính xác,...
 - + An toàn trong các điều kiện môi trường nguy hiểm.
- Bên cạnh đó, hệ thống thủy lực cũng tồn tại nhiều nhược điểm:
 - + Cần nguồn sản xuất năng lượng.
 - + Yêu cầu các thiết bị quan trọng trong hệ thống: bơm, đường ống, van,...
 - + Vấn đề độ kín khít. Rò rỉ khiến mất áp, làm tăng chi phí hoạt động, có nguy cơ gây tai nạn lao động.

- + Giá thành cao. Cần bảo vệ khỏi ăn mòn, bụi bẩn,...
- + Tốn hao năng lượng khi lưu chất di chuyển trong ống.
- + Chịu ảnh hưởng nhiệt độ.
- + Nguy hiểm do chịu áp lực cao.
- + Cần giám sát thường xuyên: mức dầu, nhiệt độ, độ cặn,...

1.2. Các định nghĩa và định luật cơ bản

- Áp suất (P) là lực (F) tác động vuông góc lên đơn vị diện tích (A):

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

- Công (W) là một đại lượng vô hướng, là tích của lực (F) với quãng đường (d) dịch chuyển mà nó gây ra. Chỉ có thành phần của lực theo phương chuyển động ở điểm đó mới gây ra công:

$$W = F \cdot d \quad (2.2)$$

- Công suất (P) là công (W) thực hiện trong khoảng thời gian (t):

$$P = \frac{W}{t} \quad (2.3)$$

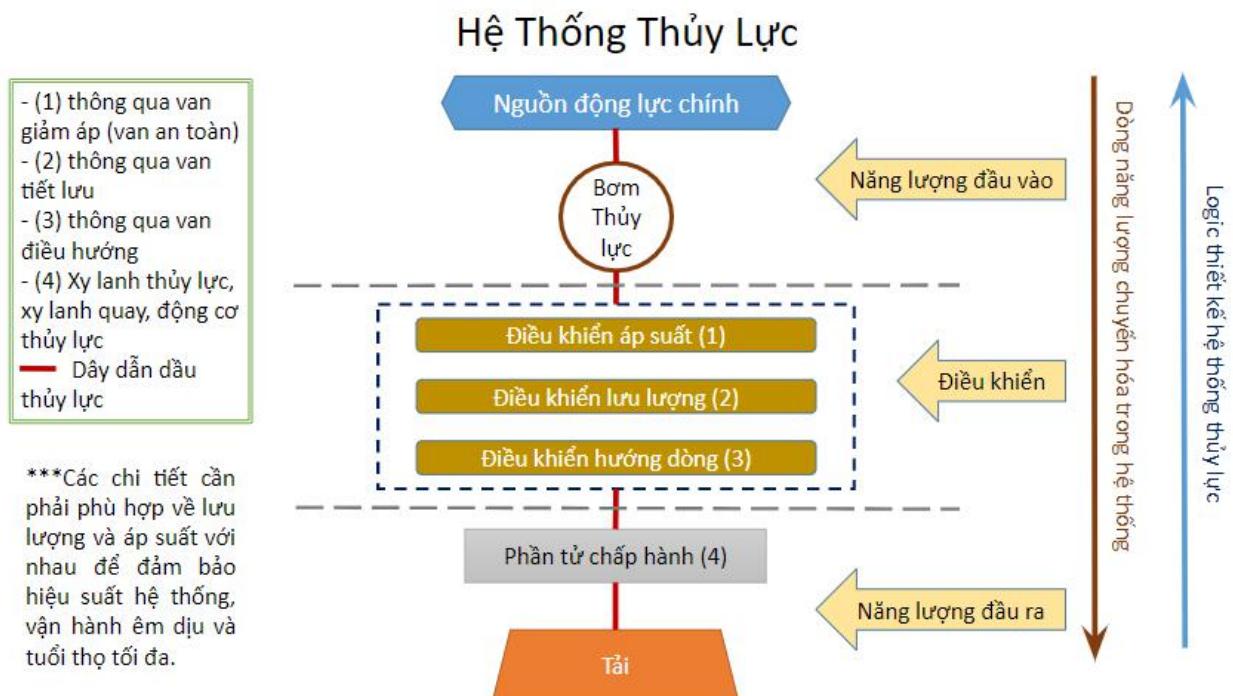
- Định luật Pascal: áp suất tác dụng vào lưu chất sẽ được chất lưu truyền đi nguyên vẹn theo mọi hướng đến tất cả phần tử trong chất lưu và của thành bình.
- Định luật lưu lượng: khi một chất lỏng lý tưởng chảy ổn định trong một ống dẫn thì lưu lượng của chất lỏng tại mọi tiết diện ngang của ống dẫn là như nhau.
- Phương trình Bernoulli: đúng tại một điểm bất kỳ dọc theo đường dòng:

$$\frac{v^2}{2} + gz + \frac{p}{\rho} = constant \quad (2.4)$$

- Trong đó: v - vận tốc của dòng chất lỏng tại điểm trên đường dòng
 g - gia tốc trọng trường
 z - cao độ của điểm so với một mặt phẳng tham chiếu
 p - áp suất tại điểm đó
 ρ - mật độ tại mọi điểm trong chất lỏng

- Trong hệ thống thuỷ lực còn tồn tại các tồn thất:
 - + Tồn thất thể tích: loại tồn thất do dầu thủy lực chảy qua các khe hở trong các phần tử của hệ thống gây nên. Nếu áp suất càng lớn, vận tốc càng nhỏ và độ nhớt càng nhỏ thì tồn thất thể tích càng lớn. Đáng kể nhất là ở các cơ cấu biến đổi năng lượng (bơm dầu, động cơ dầu, xy lanh truyền lực).

- + Tồn thắt cơ khí: do ma sát giữa các chi tiết có chuyển động tương đối ở trong bơm dầu và động cơ dầu gây nên.
- + Tồn thắt áp suất: là sự giảm áp suất do lực cản trên đường chuyển động của dầu từ bơm đến cơ cấu chấp hành (động cơ dầu, xy lanh truyền lực).
- Thiết kế hệ thống thủy lực theo logic thiết kế của hình sau:



Hình 2.1 Logic thiết kế hệ thống thủy lực

1.3. Một số chi tiết quan trọng trong hệ thống

1.3.1. Bơm thủy lực

- Là cơ cấu biến cơ năng thành năng lượng của dòng chất lỏng (dầu). Để thực hiện điều này, các phần tử hoạt động của bơm di chuyển tạo ra độ chân không ở cửa vào của bơm, do đó áp suất không khí sẽ đẩy dầu từ thùng chứa theo đường ống dầu vào trong bơm. Sau đó, chuyển động cơ khí sẽ đẩy dầu ra cửa xả của bơm đi vào hệ thống. Công dụng của bơm là tạo nên dòng chảy, chứ không tạo nên áp suất. Tại cửa ra của bơm, áp suất bằng không nếu hệ thống không có tải. Áp suất trong hệ thống chỉ gia tăng để chống lại lực cản do tải gây nên.
- Phân loại các dạng bơm thường sử dụng và cách tính toán cơ bản:
 - + Bơm bánh răng: kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, phạm vi sử dụng chủ yếu ở những hệ thống có áp suất nhỏ (10 - 200 bar phụ thuộc vào độ chính xác chế tạo) trên các máy khoan, doa, bào, phay, máy tổ hợp,...

Lưu lượng riêng:

$$V_D = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) L \quad (2.5)$$

Lưu lượng bơm:

$$Q_T (m^3/phút) = V_D (m^3/vòng) \times N (vòng/phút) \quad (2.6)$$

Trong đó: D_o - Đường kính ngoài của bánh răng

D_i - Đường kính trong của bánh răng

L - Bè rộng của răng

N - Số vòng quay của bơm

- + Bơm cánh gạt: được dùng rộng rãi sau bơm bánh răng và chủ yếu dùng ở hệ thống có áp suất thấp và trung bình, so với bơm bánh răng, bơm cánh gạt đảm bảo một lưu lượng đều hơn, hiệu suất thể tích cao hơn.

Độ lệch tâm lớn nhất:

$$e_{max} = \frac{D_C - D_R}{2} \quad (2.7)$$

Lưu lượng thể tích lớn nhất:

$$V_{D(max)} = \frac{\pi}{4} (D_C^2 - D_R^2) L \quad (2.8)$$

- + Bơm piston: dựa trên nguyên tắc thay đổi thể tích của cơ cấu piston - xy lanh. Vì bè mặt làm việc của cơ cấu này là mặt trụ, do đó dễ dàng đạt được độ chính xác cao công cao, bảo đảm hiệu suất thể tích tốt, có khả năng thực hiện được với áp suất làm việc lớn (khoảng 700 bar). Thường dùng ở những hệ thống dầu ép cần áp suất cao và lưu lượng lớn: máy truôt, máy xúc, máy nén,... Gồm: bơm piston hướng tâm và bơm piston hướng trực

$$Q (l/phút) = \frac{\pi d(cm)^2}{4} \cdot h(cm) \cdot z \cdot n(vòng/phút) \cdot 10^{-3} \quad (2.9)$$

Trong đó: Q - Lưu lượng bơm

d - Đường kính xy lanh

h - Hành trình piston

z - Số piston trong bơm

N - Số vòng quay của bơm

- Tiêu chuẩn khi lựa chọn bơm thủy lực, cần xem xét các vấn đề: áp suất làm việc tối đa, lưu lượng tối đa, tốc độ hoạt động, loại chất lỏng sử dụng, công suất, hiệu suất, độ tin cậy, tiếng ồn, giá thành, dễ bảo trì bảo dưỡng và phụ tùng dễ tìm,...
- Quy trình chọn bơm:

- + Chọn các bộ phận công tác cần thiết (xy lanh, động cơ thủy lực).
- + Xác định lưu lượng riêng và số vòng quay → Xác định kích thước bơm.
- + Xác định áp suất hệ thống → xác định công suất dẫn động bơm.
- + Chọn loại bơm.

1.3.2. Van thuỷ lực

- Van điều hướng: dùng để điều khiển hướng chuyển động của dòng dầu trong hệ thống thủy lực, gồm: van một chiều, van phân phôi kiểu nắp đậy, van phân phôi kiểu con trượt.
- Van tiết lưu: dùng để kiểm soát tốc độ của xy lanh thủy lực hoặc động cơ thủy lực bằng cách kiểm soát lưu lượng đến các thiết bị này, và kiểm soát công suất nhờ kiểm soát lưu lượng.
- Van điều áp: dùng trong mạch thủy lực để kiểm soát lực và quyết định áp suất làm việc cho hệ thống, gồm các loại sau:
 - + Van an toàn: giới hạn áp suất tối đa của mạch, bảo vệ chống quá tải.
 - + Van cân bằng: tạo ra đối áp để cân bằng với tải trọng, không cho cơ cấu chấp hành dịch chuyển (do trọng lượng) khi mạch nghỉ.
 - + Van tuần tự: cho phép các thiết bị làm việc theo thứ tự khi đạt đến ngưỡng áp suất cài đặt.
 - + Van giảm áp: giảm áp suất để cung cấp cho các mạch có yêu cầu áp suất khác nhau nhưng dùng chung nguồn.

1.3.3. Xy lanh thủy lực - phần tử chấp hành

- Là cơ cấu chấp hành dùng biến đổi năng lượng thủy lực thành cơ năng chuyển động thẳng, tạo chuyển động tịnh tiến.
- Xy lanh thủy lực được chia thành các loại:
 - + Xy lanh kiểu chiết chõ: cấu tạo đơn giản, gồm một ty có thể di chuyển trong thân xy lanh dưới tác dụng của dầu, thể tích khi ty dịch chuyển đúng bằng thể tích dầu vào xy lanh làm việc chủ yếu trong hành trình nâng. Hành trình hạ nhờ trọng lượng, lò xo hoặc ngoại lực. Ngoài ra, xy lanh tầng là một dạng của xy lanh chiết chõ, được dùng khi khu vực lắp đặt bị hạn chế nhưng cần hành trình làm việc dài. Với lưu lượng cho trước, tốc độ làm việc tăng dần theo từng tầng. Với áp suất cho trước, khả năng tải giảm dần theo từng tầng.

Lực đẩy tối đa:

$$F = P \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.10)$$

Tốc độ:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.11)$$

- + Xy lanh tác động đơn: chỉ hoạt động theo một chiều nhờ tác dụng của dầu thủy lực, chiều ngược lại di chuyển nhờ ngoại lực (trọng lực, lực lò xo).
- + Xy lanh tác động kép: hoạt động theo hai chiều nhờ tác dụng của dầu thủy lực.

Diện tích phía không ty:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.12)$$

Diện tích phía có ty:

$$A - a = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (2.13)$$

Vận tốc khi piston đi tới:

$$V = \frac{Q_E}{A} = \frac{q_E}{A - a} \quad (2.14)$$

Lượng dầu thoát khỏi xy lanh:

$$q_E = Q_E \cdot \frac{A - a}{A} \quad (2.15)$$

Vận tốc khi piston đi về:

$$v = \frac{q_R}{A - a} = \frac{Q_R}{A} \quad (2.16)$$

Lực đẩy tĩnh khi đi tới:

$$F_E = \frac{\pi}{4} \cdot [P_1 D^2 - P_2 (D^2 - d^2)] \quad (2.17)$$

Lực đẩy tĩnh khi đi về:

$$F_R = \frac{\pi}{4} \cdot [P_2 (D^2 - d^2) - P_1 D^2] \quad (2.18)$$

Trong đó: D - Đường kính piston

d - Đường kính ty

A - Diện tích piston

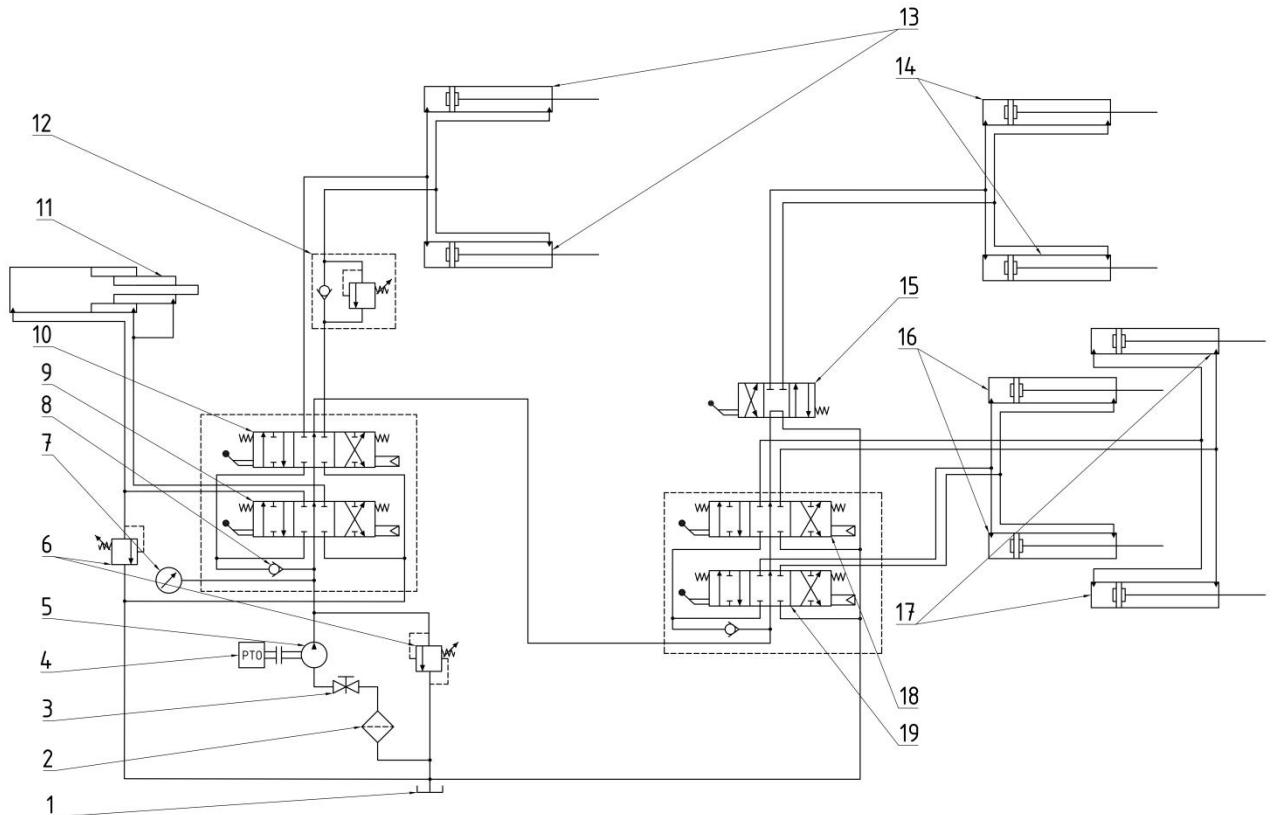
a - Diện tích ty

Q_E - Lưu lượng dầu vào phía không ty của xy lanh

q_E - Lưu lượng dầu vào phía có ty của xy lanh

- V - Vận tốc hành trình tới
 v - Vận tốc hành trình về
 P₁ - Áp suất phía không ty
 P₂ - Áp suất phía có ty

1.4. Khảo sát hệ thống thuỷ lực của xe ép rác HINO



Hình 2.2 Sơ đồ nguyên lý hệ thống thuỷ lực của xe ép rác HINO

Bảng 2.1 Bảng chú thích và thông số kỹ thuật của các chi tiết trong hệ thống thuỷ lực

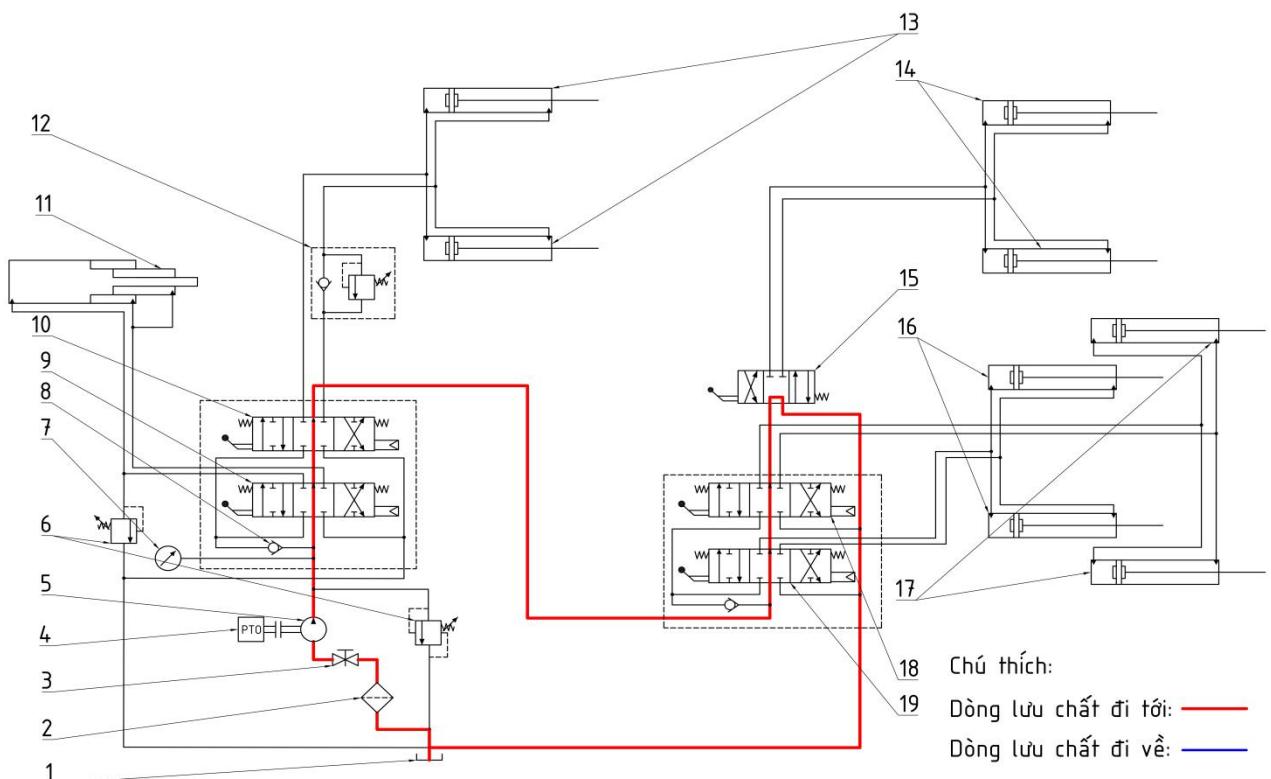
STT	Tên chi tiết	Thông số kỹ thuật
1	Thùng dầu	Kích thước bao: 280 x 700 x 800 (mm)
2	Lọc dầu	
3	Van công	
4	PTO trích công suất	<ul style="list-style-type: none"> - Tỷ số truyền giữa PTO/động cơ là 1:0,64 - Tỷ số truyền của PTO là 1:1
5	Bơm thuỷ lực	<ul style="list-style-type: none"> - Bơm piston hướng trực PSM 310.4.112.04.06.F.TB1 - Áp suất cài đặt bơm: 200 bar

		<ul style="list-style-type: none"> - Số vòng quay định mức: 672 vòng/phút (rpm) - Hiệu suất thể tích: 95%
6	Van an toàn	
7	Đồng hồ đo áp suất	
8	Van một chiều	
9	Van điều hướng 6 cổng 3 vị trí điều khiển xy lanh tầng	Tên hãng: HANSA TMP
10	Van điều hướng 6 cổng 3 vị trí điều khiển xy lanh nâng hạ thùng phụ	Tên hãng: HANSA TMP
11	Xy lanh tầng điều khiển bàn xả	<ul style="list-style-type: none"> - Tên: TNG Hydraulic Cylinder TTDR.150.1450.4720 - Áp suất hoạt động tối đa: 180 bar - Đường kính piston: 150 mm - Đường kính ty thứ nhất: 120 mm - Đường kính ty thứ hai: 90 mm - Đường kính ty thứ ba: 60 mm
12	Van cân bằng	
13	Xy lanh nâng hạ thùng phụ	<ul style="list-style-type: none"> - Đường kính piston: 90 mm - Đường kính ty: 60 mm - Hành trình của ty: 865 mm
14	Xy lanh nâng hạ máng xúc	<ul style="list-style-type: none"> - Đường kính piston: 100 mm - Đường kính ty: 60 mm - Hành trình của ty: 1025 mm
15	Van điều hướng 4 cổng 3 vị trí điều khiển nâng hạ bàn ép	Tên hãng: HANSA TMP
16	Xy lanh nâng hạ bàn ép	<ul style="list-style-type: none"> - Đường kính piston: 110 mm - Đường kính ty: 60 mm - Hành trình của ty: 870 mm
17	Xy lanh điều khiển bàn càò	<ul style="list-style-type: none"> - Đường kính piston: 100 mm - Đường kính ty: 60 mm

		- Hành trình của ty: 393 mm
18	Van điều hướng 6 cỗng 3 vị trí điều khiển xy lanh điều khiển bàn cào	Tên hãng: HANSA TMP
19	Van điều hướng 6 cỗng 3 vị trí điều khiển xy lanh nâng hạ bàn ép	Tên hãng: HANSA TMP

- Nguyên lý hoạt động của hệ thống thuỷ lực

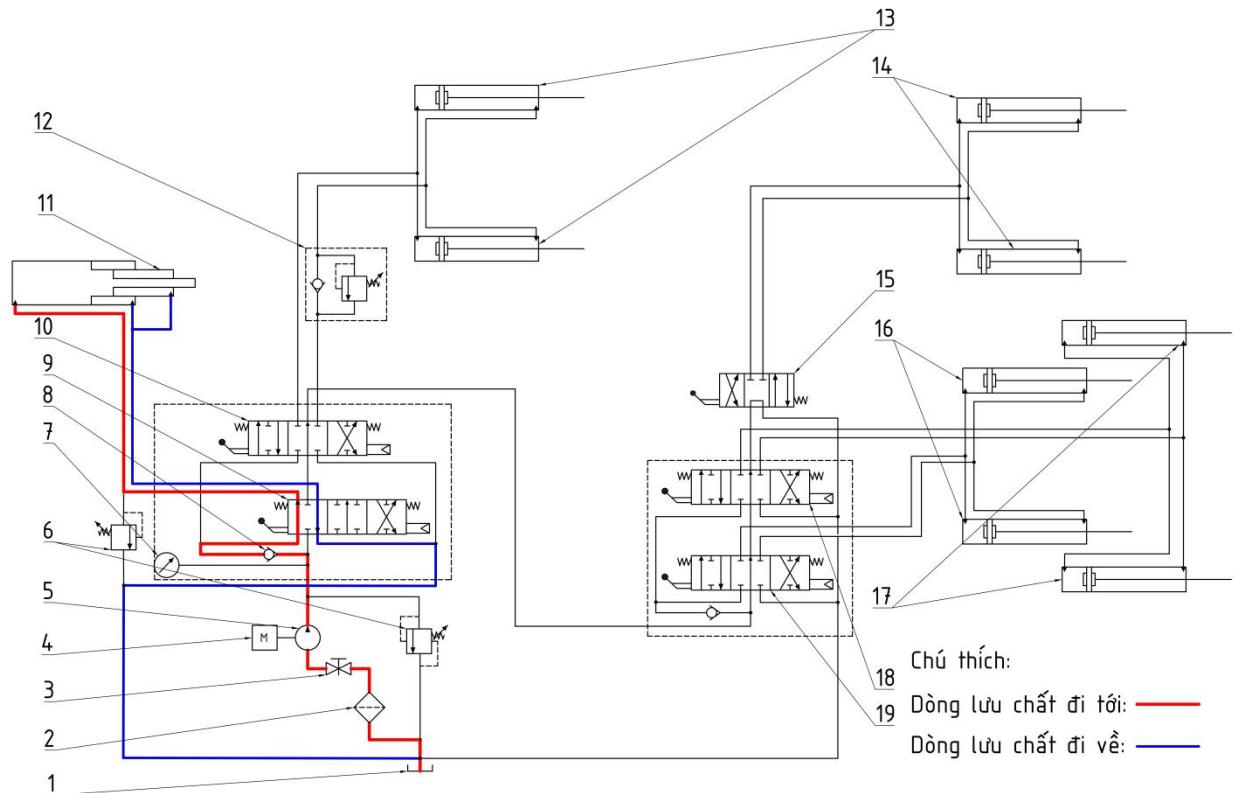
- + Trường hợp khi chạy không tải (hình 2.3): khi ở chế độ không tải, dầu thủy lực được bơm (5) dẫn động từ thùng chứa (1) đi qua lọc dầu (2), van cỗng (3) đến các van điều hướng (9;10;15;18;19), các van điều hướng này ở vị trí trung gian nên dầu có thể quay trở về thùng chứa.



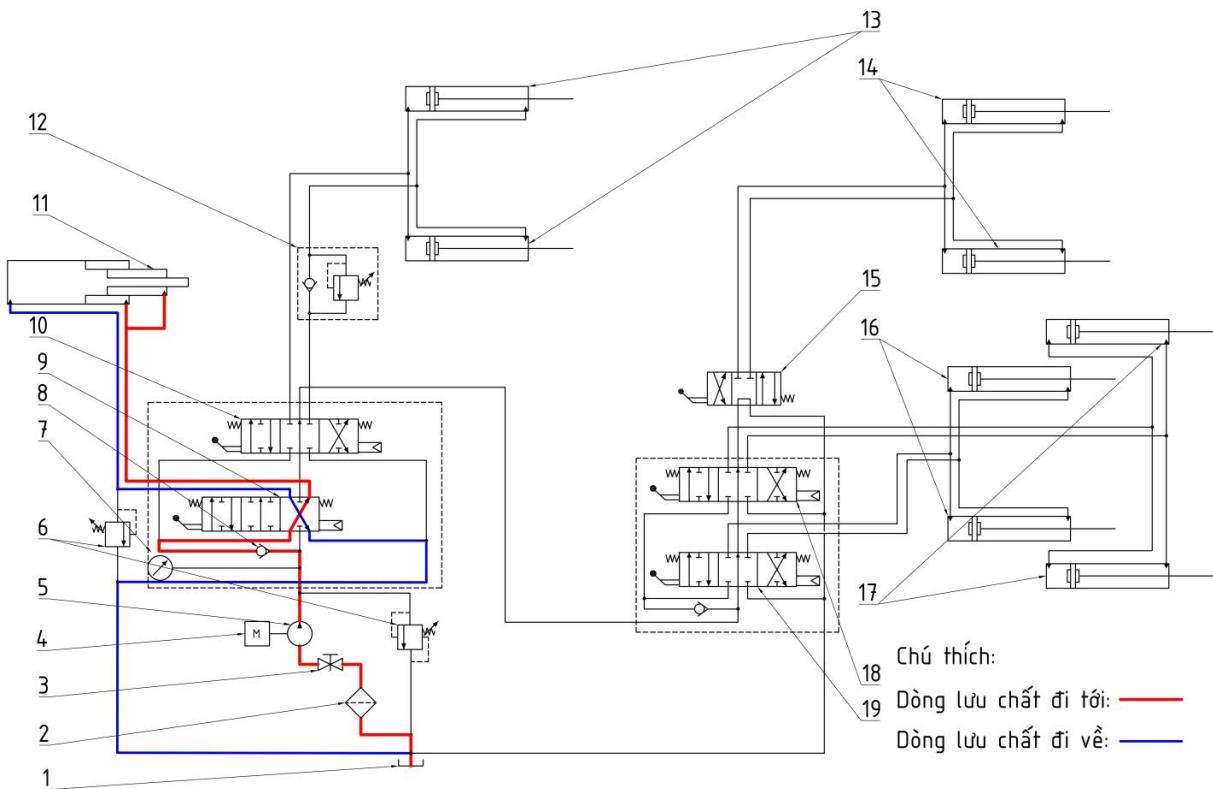
Hình 2.3 Sơ đồ mạch thuỷ lực chạy không tải

- + Trường hợp xy lanh tầng hoạt động (hình 2.4, 2.5): khi kéo cần gạt van điều hướng điều khiển xy lanh tầng (9) qua vị trí bên trái (hình 2.4), dầu thủy lực được bơm (5) dẫn động từ thùng chứa (1) đi qua lọc dầu (2), van cỗng (3), van một chiều (8) đến van điều hướng (9), lúc này van điều hướng ở vị trí bên trái sẽ dẫn dầu đi đến xy lanh tầng (11) làm cho thay ty của xy lanh tầng đẩy ra, theo đó bàn xả đẩy rác ra khỏi thùng chính, ở phía ngược lại của xy lanh tầng

thì dầu sẽ chảy qua van điều hướng (9) để về thùng chứa (1). Ngược lại, khi van điều hướng điều khiển xy lanh tầng (9) ở vị trí bên phải (hình 2.5), dầu sẽ chảy theo chiều ngược lại tới xy lanh tầng và thu bàn xả về.

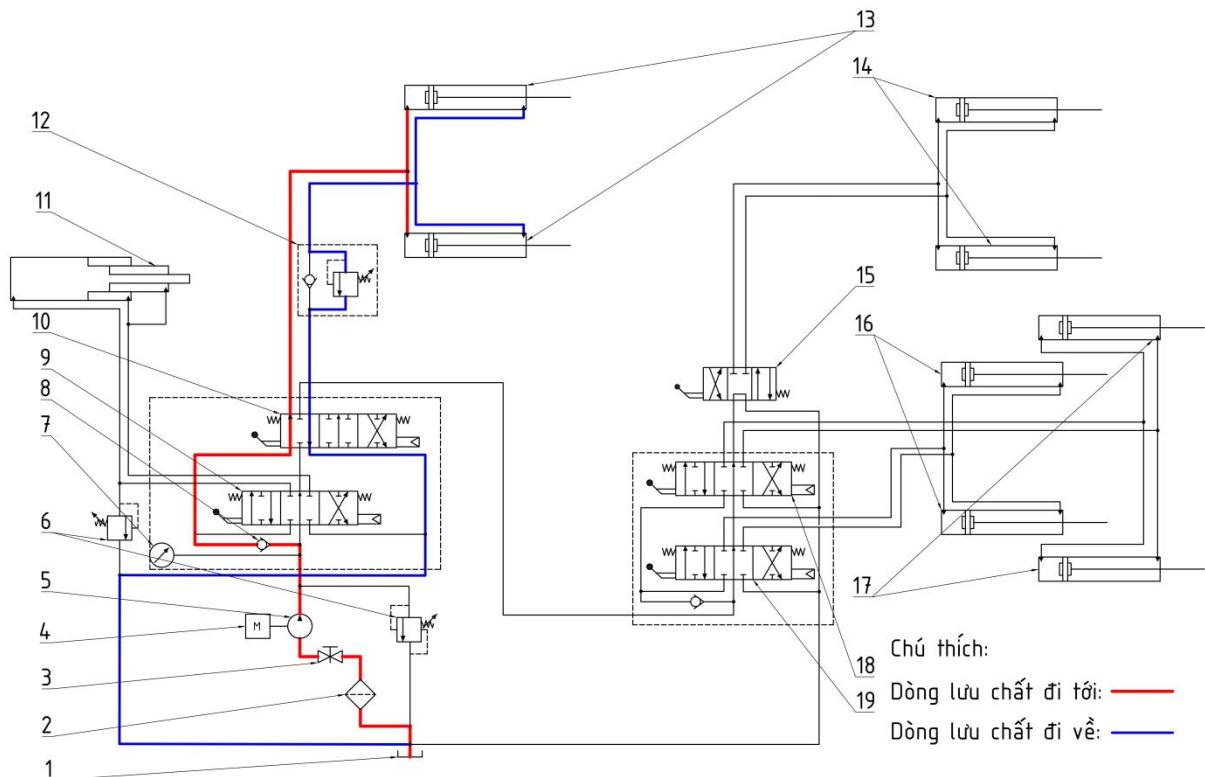


Hình 2.4 Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh tàng đáy rác ra khỏi thùng chính

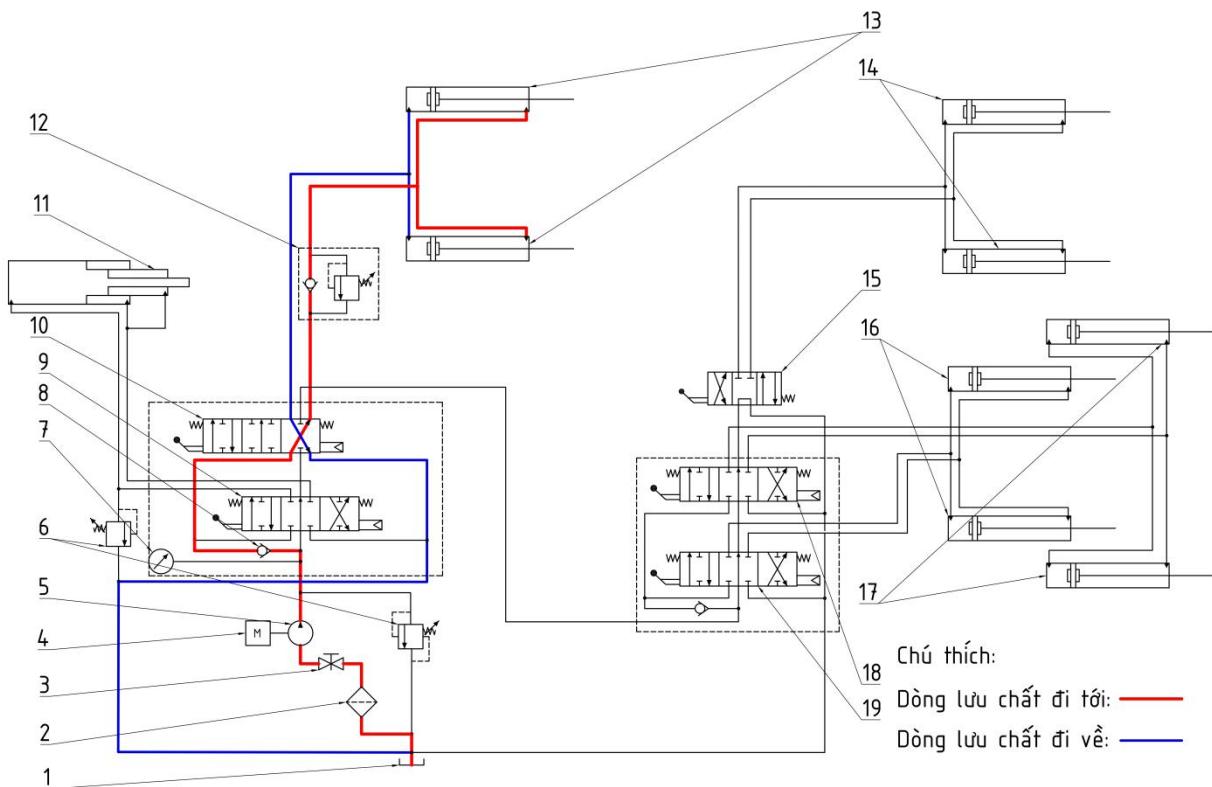


Hình 2.5 Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh tầng thu bàn xả rác về

- + Trường hợp xy lanh nâng hạ thùng phụ: khi kéo cần gạt van điều hướng điều khiển xy lanh nâng hạ thùng phụ (10) qua vị trí bên trái (hình 2.6), dầu thủy lực được bơm dẫn động từ thùng chứa đi qua lọc dầu (2), van công (3), van một chiều (8) đến van điều hướng (10) và van điều hướng ở vị trí bên trái sẽ dẫn dầu đi đến xy lanh (13) và xy lanh hoạt động nâng thùng phụ để tiến hành xả rác trong thùng chính, ở phía đối diện của xy lanh dầu sẽ chảy qua van cân bằng (12) và van điều hướng để về thùng chứa (1). Ngược lại, khi van điều hướng điều khiển xy lanh ở vị trí bên phải (hình 2.7), dầu sẽ đi theo chiều ngược lại tới xy lanh và hạ thùng phụ xuống.

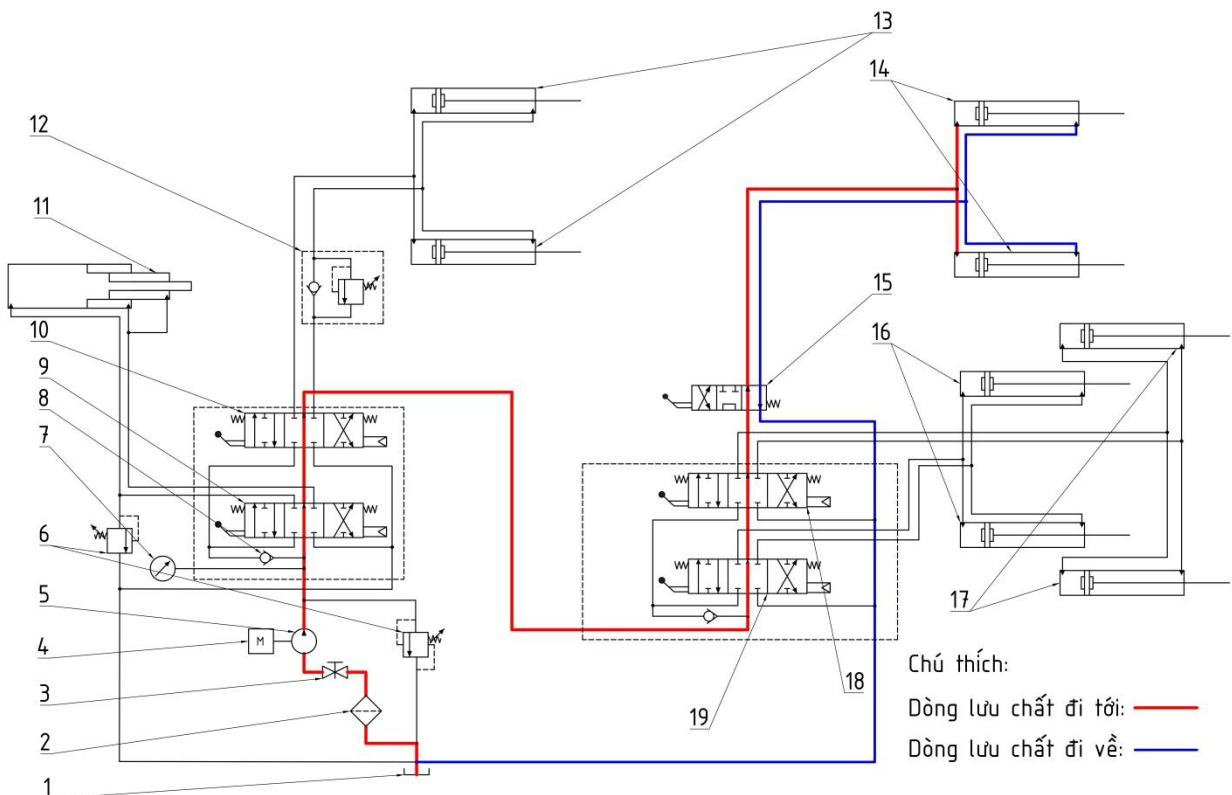


Hình 2.6 Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh nâng thùng phụ

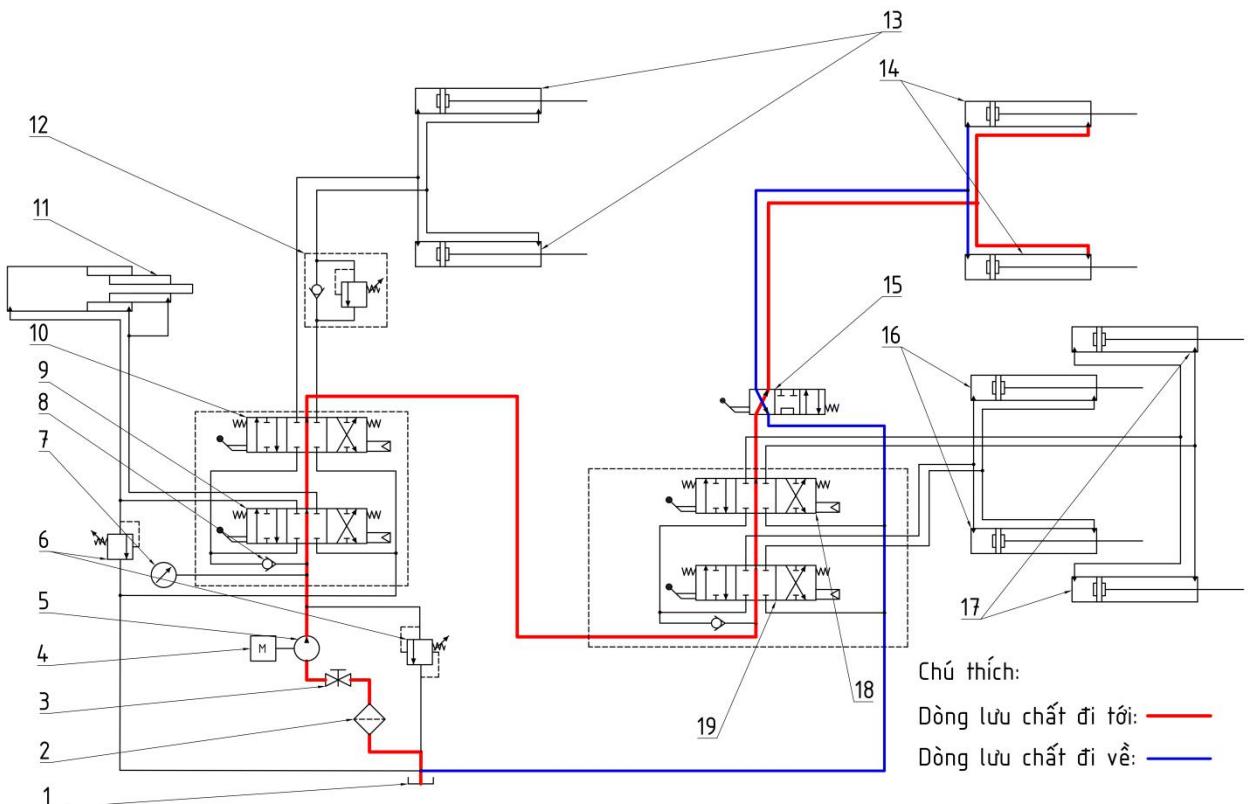


Hình 2.7 Sơ đồ mạch thuỷ lực xy lanh hạ thùng phu

- + Trường hợp xy lanh nâng hạ máng xúc: khi van điều hướng điều khiển xy lanh nâng hạ máng xúc (15) qua vị trí bên phải (hình 2.8), dầu thủy lực được bơm (5) dẫn động từ thùng chứa (1) đi qua lọc dầu (2), van cổng (3) đến van điều hướng (15) và van điều hướng ở vị trí bên phải sẽ dẫn dầu đi đến xy lanh (14) và xy lanh hoạt động hạ máng xúc để có thể đổ rác vào trong máng, còn dầu ngược lại của xy lanh thì dầu sẽ chảy qua van điều hướng về thùng chứa. Ngược lại, khi van điều hướng điều khiển xy lanh ở vị trí bên trái (hình 2.9), dầu sẽ đi theo chiều ngược lại tới xy lanh và nâng máng xúc để đổ rác vào trong thùng phu.



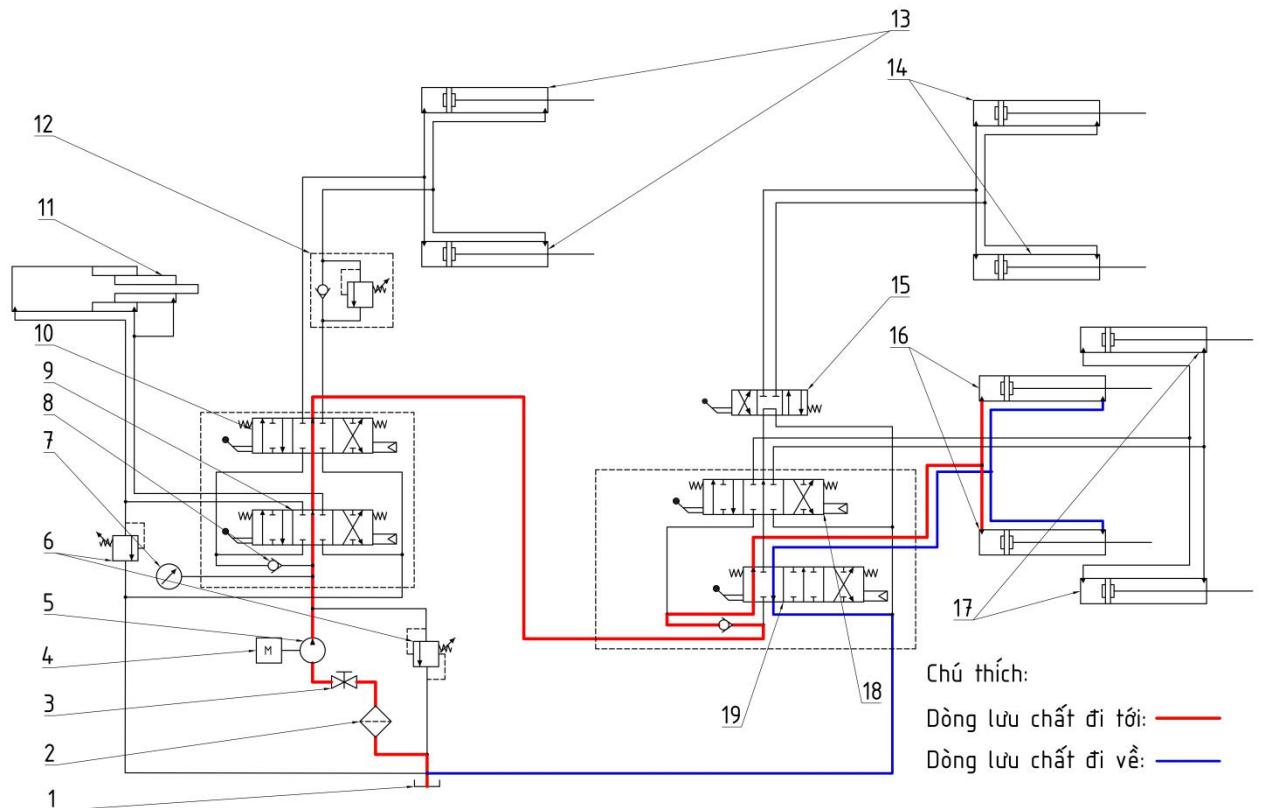
Hình 2.8 Sơ đồ thuỷ lực xy lanh hạ máng xúc



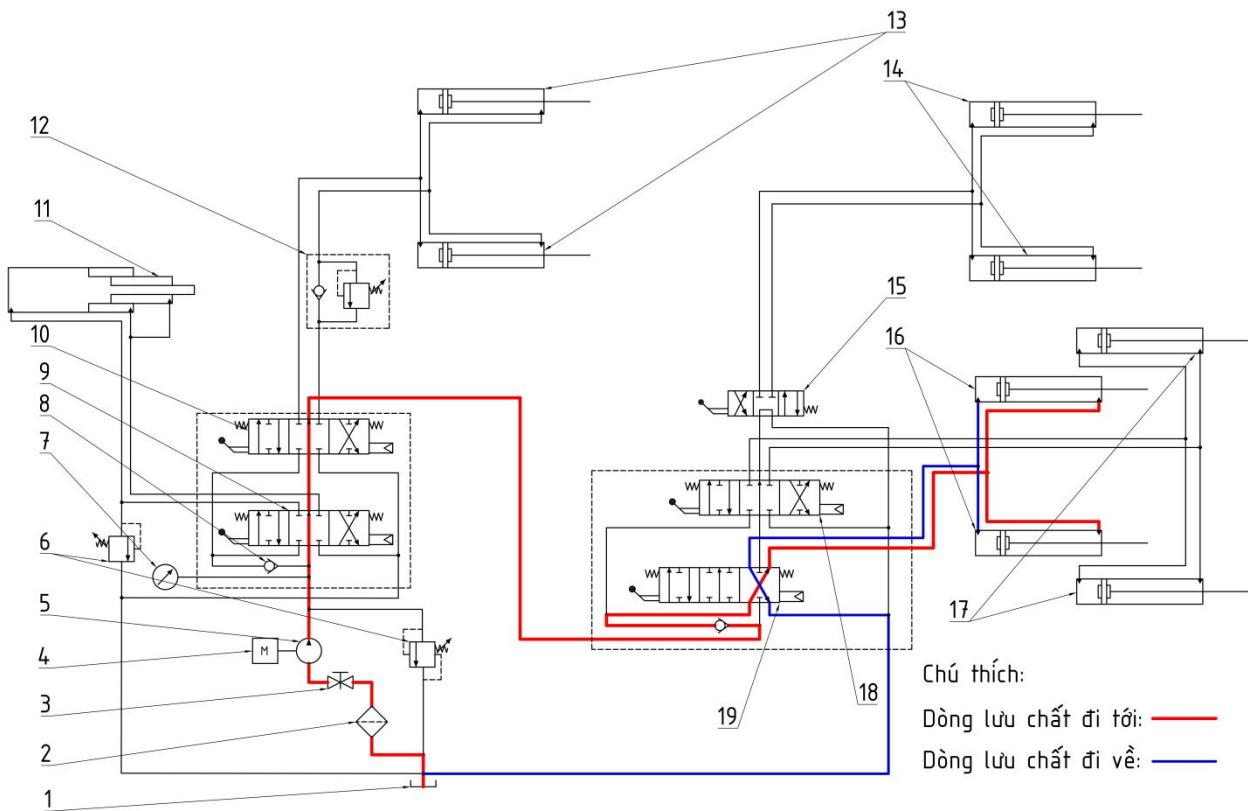
Hình 2.9 Sơ đồ thuỷ lực xy lanh nâng máng xúc

- + Trường hợp xy lanh di chuyển bàn ép: khi kéo cần gạt van điều khiển xy lanh nâng hạ bàn ép (19) qua vị trí bên trái (hình 2.10), dầu thủy lực

được bơm (5) dẫn động từ thùng chứa (1) đi qua lọc dầu (2), van cổng (3), van một chiều đến van điều hướng (19) và van điều hướng ở vị trí bên trái sẽ dẫn dầu đi đến cặp xy lanh (16) và xy lanh hoạt động hạ bàn ép để đưa bàn cào đến vị trí cuộn rác trong thùng phụ, còn dầu ngược lại của xy lanh thì dầu sẽ chảy qua van điều hướng để về thùng chứa. Ngược lại, khi van điều hướng điều khiển xy lanh ở vị trí bên phải (hình 2.11), dầu sẽ chảy theo chiều ngược lại tới xy lanh và nâng bàn ép lên để ép rác vào thùng chính hoặc là trả bàn cào về vị trí ban đầu.

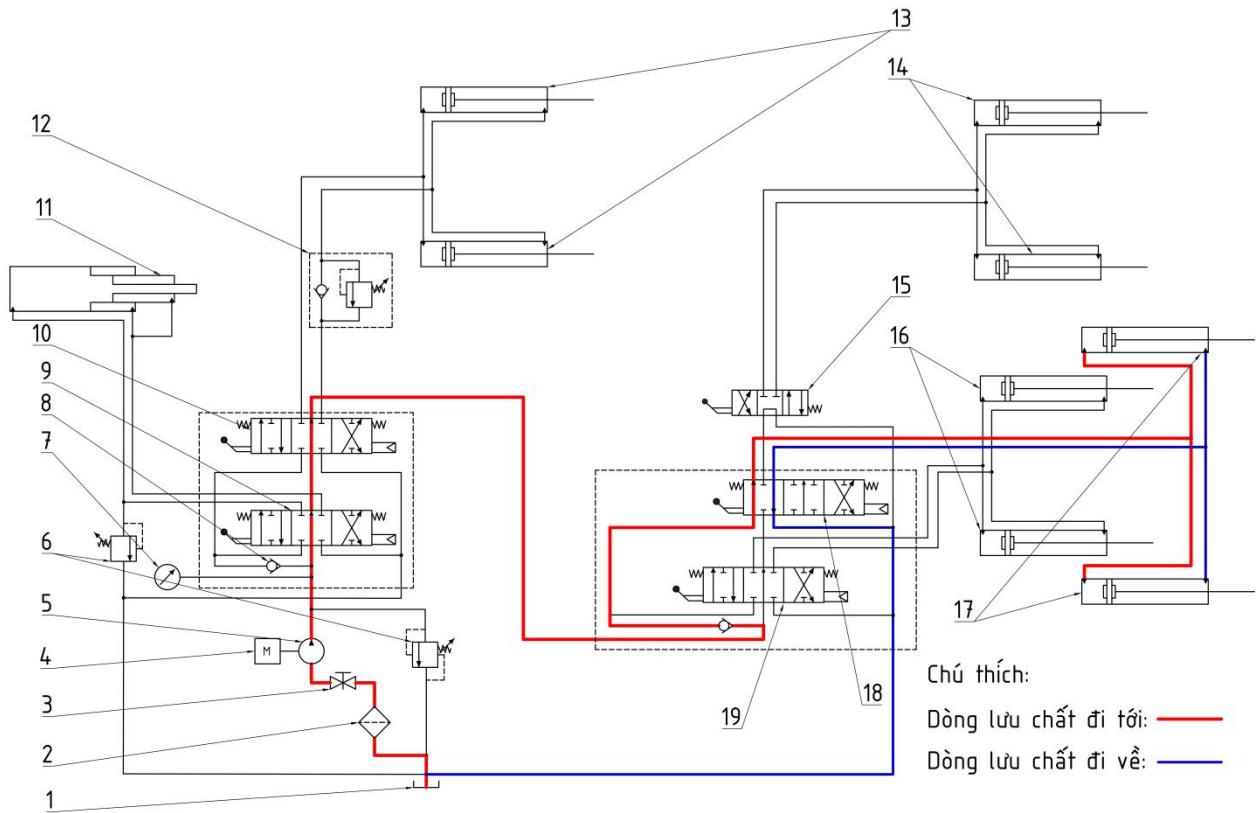


Hình 2.10 Sơ đồ thuỷ lực xy lanh hạ bàn ép

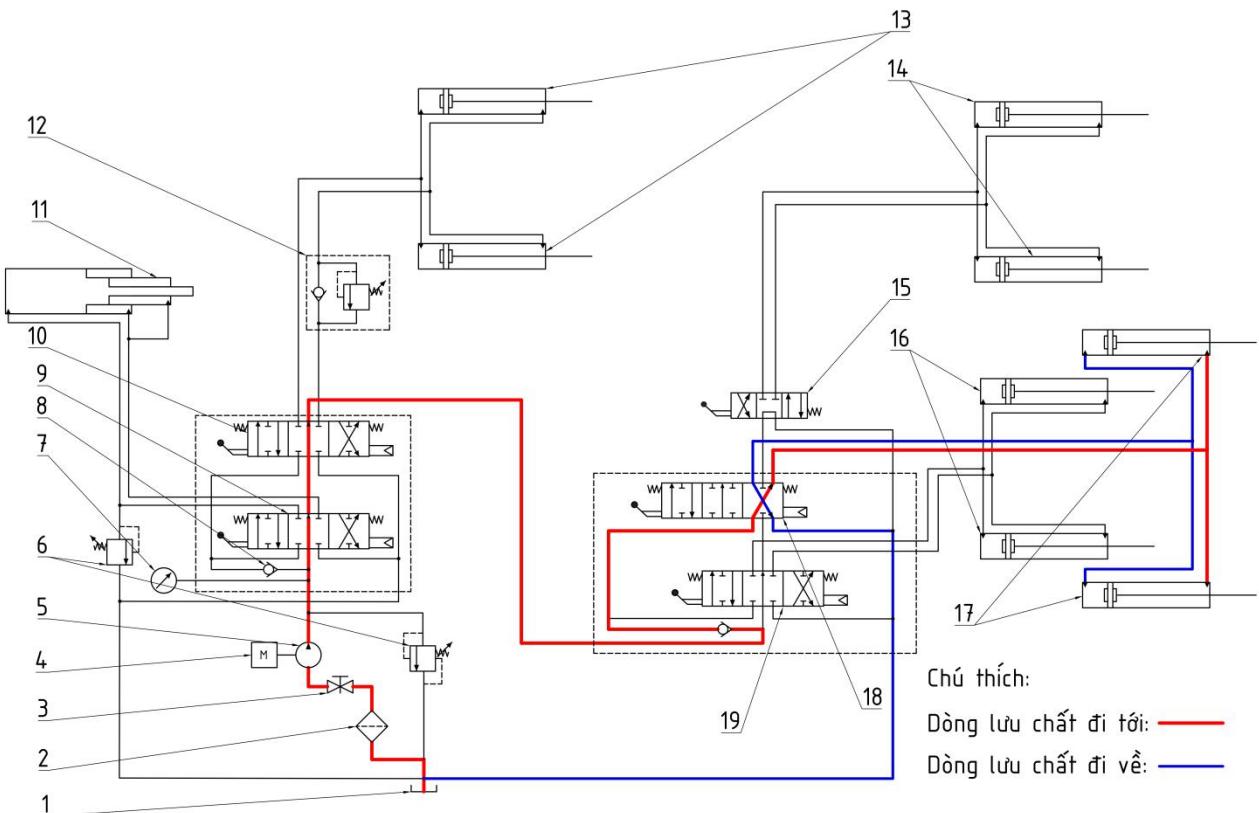


Hình 2.11 Sơ đồ thuỷ lực xy lanh nâng bàn ép

- + Trường hợp xy lanh di chuyển bàn cào: khi kéo cần gạt van điều hướng điều khiển xy lanh di chuyển bàn cào (18) qua vị trí bên trái (hình 2.12), dầu thủy lực được bơm (5) dẫn động từ thùng chứa (1) đi qua lọc dầu (2), van công (3), van một chiều đến van điều hướng (18) và van điều hướng ở vị trí bên trái sẽ dẫn dầu đi đến cặp xy lanh (17) và xy lanh hoạt động di chuyển bàn cào để cuốn rác trong thùng phụ, còn dầu ngược lại của xy lanh thì dầu sẽ chảy qua van điều hướng về thùng chứa. Ngược lại, khi van điều hướng điều khiển Xy lanh ở vị trí bên phải (hình 2.13), dầu sẽ chảy theo chiều ngược lại tới xy lanh và trả bàn cào về vị trí ban đầu.



Hình 2.12 Sơ đồ xy lanh thuỷ lực bàn cào cuốn rác trong thùng phu



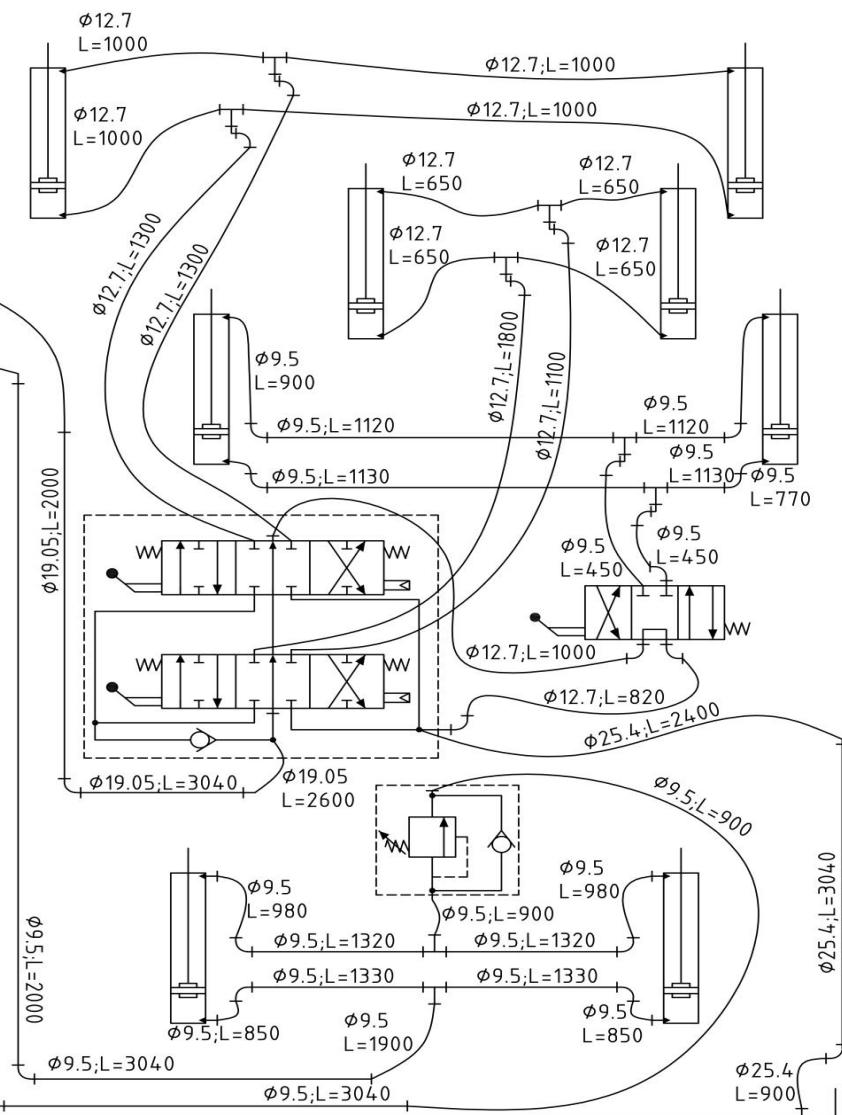
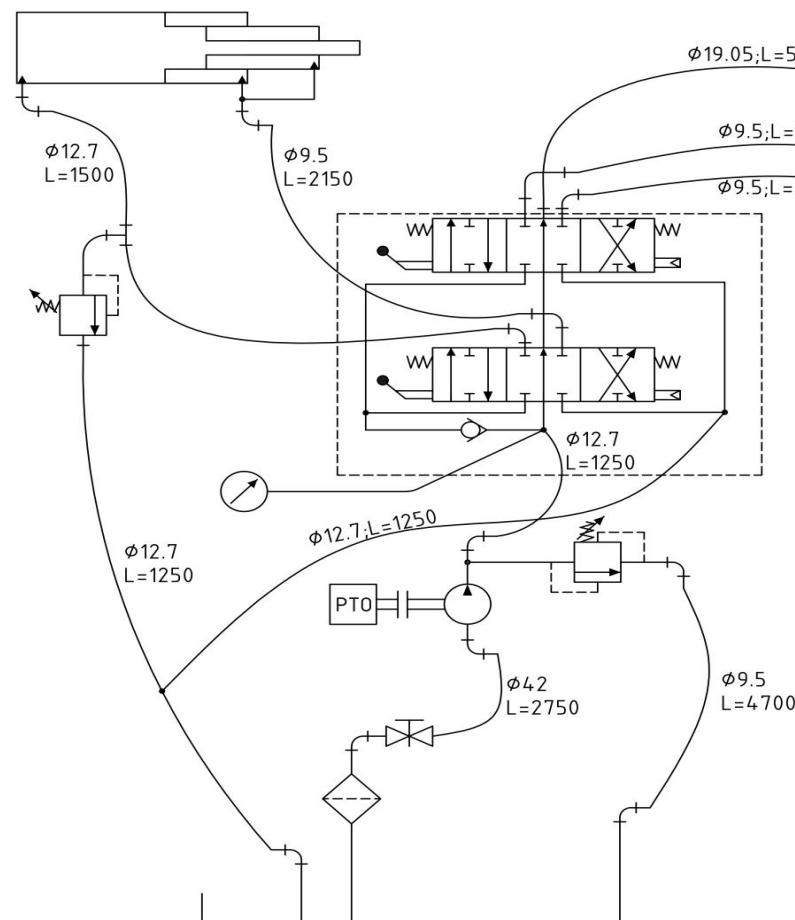
Hình 2.13 Sơ đồ thuỷ lực xy lanh di chuyển bàn cào về vị trí ban đầu

- Kích thước đường ống trong hệ thống thuỷ lực xe ép rác HINO

Chú thích:

- Co nối chữ T
- Co nối chữ L
- Điểm nối

+ Co nối thẳng
~~~ Ống mềm



Hình 2.14 Thông số kích thước đường ống trong hệ thống thuỷ lực xe ép rác HINO

## 2. Bài toán động học của cơ cấu

### 2.1. Cấu tạo cơ cấu

- Các khái niệm cơ bản:
  - + Chi tiết máy: là bộ phận không thể tháo rời nhỏ hơn được nữa của máy hoặc cơ cấu.
  - + Khâu: là các bộ phận có chuyển động tương đối so với các bộ phận khác. Một khâu có thể gồm một hay nhiều chi tiết máy.
    - Sự liên kết giữa các khâu khác nhau gọi là nối động.
    - Sự liên kết giữa các chi tiết máy trong cùng một khâu gọi là nối cứng.
  - + Khớp động: toàn bộ chỗ tiếp xúc giữa hai khâu gọi là thành phần khớp động. Hai thành phần khớp động trong sự nối động giữa hai khâu được gọi là khớp động (khớp).
  - + Phân loại cơ cấu:
    - Theo số ràng buộc: khớp loại k có k ràng buộc.
    - Theo đặc điểm tiếp xúc:
      - Khớp cao: có thành phần tiếp xúc là đường và điểm.
      - Khớp thấp: có thành phần tiếp xúc là mặt.
  - + Lược đồ động của khâu - khớp: là những hình vẽ quy ước, thể hiện hình dạng đơn giản của các khâu, khớp.
  - + Bậc tự do: là số thông số độc lập cần thiết để xác định vị trí của cơ cấu. Là số khả năng chuyển động độc lập của cơ cấu  $\rightarrow$  để cơ cấu có chuyển động xác định, số khâu dẫn = số bậc tự do.
    - Cơ cấu không gian:

$$W = 6n - \left( \sum_{k=1}^5 kp_k - R_0 \right) \quad (2.19)$$

- Cơ cấu phẳng:

$$W = 3n - (p_4 + 2p_5 - r) - s \quad (2.20)$$

Trong đó:  $W$  - Số bậc tự do của cơ cấu.

$n$  - Số khâu động.

$p_k$  - Số khớp loại k (có k ràng buộc).

$R_0$  - Số ràng buộc trùng: là các ràng buộc có sẵn của 2 khâu được nối bởi khớp động, chỉ có ở khâu khép kín của chuỗi động.

$r$  - Số ràng buộc thừa: xuất hiện khi cơ cấu có bậc tự do âm, nguyên nhân do cơ cấu thừa một số khâu và khớp. Các khâu và khớp thừa không làm ảnh hưởng đến hoạt động của cơ cấu.

$s$  - Số bậc tự do thừa: là bậc tự do không gây ảnh hưởng về mặt động học của cơ cấu.

## 2.2. Động học cơ cấu

- Phân tích động học cơ cấu là nghiên cứu chuyển động của cơ cấu khi cho trước cơ cấu và quy luật chuyển động của khâu dẫn.
- Các vấn đề chính:
  - + Vị trí → thiết kế máy, bố trí không gian làm việc.
  - + Vận tốc → động năng, công suất.
  - + Gia tốc → lực quán tính, áp lực khớp động.
- Phương pháp:
  - + Họa đồ vector:
    - Đơn giản, trực quan, dễ kiểm tra.
    - Cho kết quả ở những vị trí rời rạc, kém chính xác do sai số dựng hình.
  - + Tâm vận tốc tức thời:
    - Đơn giản, chính xác.
    - Chỉ áp dụng cho cơ cấu phẳng toàn khớp thấp.
  - + Đồ thị:
    - Đơn giản, quan hệ giữa các thông số được biểu diễn bằng đồ thị → trực quan.
    - Kém chính xác do sai số dựng hình, sai số đọc.
  - + Giải tích:
    - Chính xác, thích hợp cho lập trình.
    - Phức tạp, khó kiểm tra.
- Phân tích động học bằng họa đồ vector:
  - + Chuyển động của 2 điểm thuộc cùng 1 khâu:

Phương trình vận tốc:

$$\vec{v}_{B_i} = \vec{v}_{A_i} + \vec{v}_{B_i A_i}$$

$\perp AB$   
 $AB\omega_i$

Phương trình gia tốc:

$$\vec{a}_{B_i} = \vec{a}_{A_i} + \vec{a}_{B_i A_i}^n + \vec{a}_{B_i A_i}^\tau$$

$\uparrow \uparrow BA$   
 $\perp AB$   
 $AB\omega_i^2$   
 $AB\varepsilon_i$

+ Hai điểm cùng vị trí và thuộc 2 khâu khác nhau:

Phương trình vận tốc:

$$\vec{v}_{A_i} = \vec{v}_{A_j} + \vec{v}_{A_i A_j}$$

$/\Delta$

Phương trình gia tốc:

$$\vec{a}_{A_i} = \vec{a}_{A_j} + \vec{a}_{A_i A_j}^k + \vec{a}_{A_i A_j}^r$$

$\vec{a}_{A_j}^n + \vec{a}_{A_j}^\tau$   
 $\perp \Delta$   
 $2\omega_i v_{ij}$   
 $/\Delta$

Gia tốc Coriolis: trong cơ cấu phẳng, gia tốc Coriolis có chiều là chiều của  $\vec{v}_{ij}$  xoay  $90^\circ$  theo chiều quay của  $\omega_j$  và có độ lớn:

$$a_{ij}^k = 2\bar{\omega}_j \vec{v}_{ij}$$

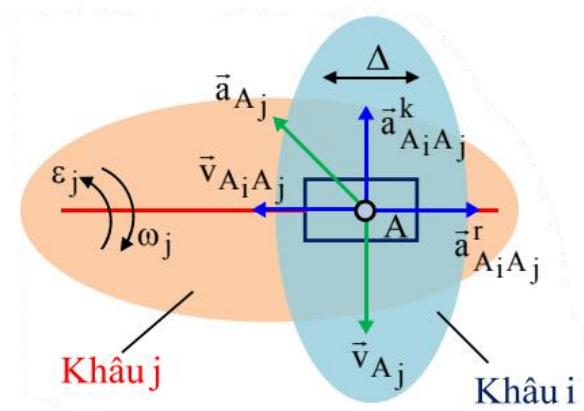
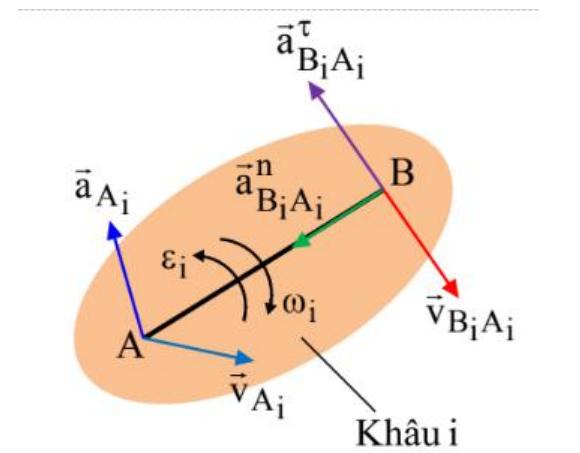
### 2.3. Động lực học cơ cấu

- Phân loại lực:

+ Ngoại lực:

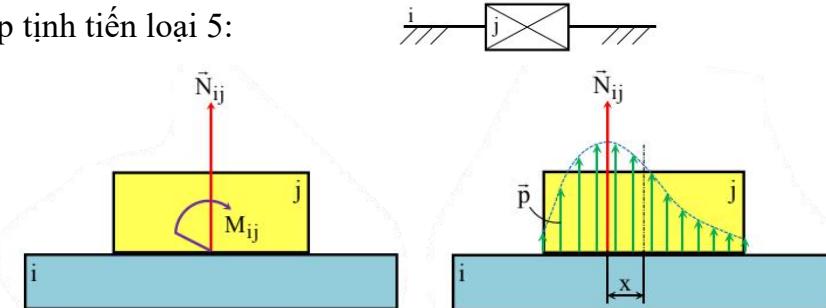
- Lực cản kỹ thuật (lực cản có ích): lực từ đối tượng công tác tác dụng lên bộ phận công tác của máy.
- Trọng lượng của các khâu.
- Lực phát động: lực từ nguồn dẫn động (động cơ) tác dụng lên khâu dẫn của máy.

+ Nội lực:



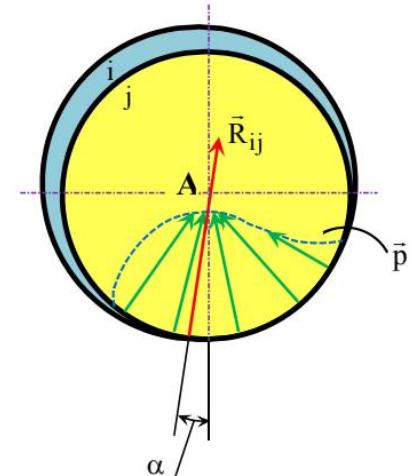
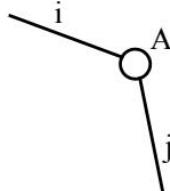
- Lực ma sát: song song với phương chuyển động tương đối.
  - Áp lực khớp động: vuông góc với phương chuyển động tương đối.
- + Lực quán tính: các khâu trong cơ cấu chuyển động có gia tốc  $\rightarrow$  Ngoại lực tác dụng lên máy không cân bằng  $\rightarrow$  Không thể giải bằng tĩnh học.
- Áp lực khớp động:

- + Khớp tịnh tiến loại 5:



- Độ lớn:  $N_{ij}$  (?)
- Điểm đặt:  $x$  hoặc  $M_{ij} = x \cdot N_{ij}$  (?)
- Phương: vuông góc với phương trượt

- + Khớp bản lề:



- Độ lớn:  $R_{ij}$  (?)
- Điểm đặt: qua tâm A
- Phương:  $\alpha$  (?)

- Phương pháp phân tích lực:

- (1): Giải bài toán động học  $\rightarrow$  gia tốc các khâu  $\rightarrow$  lực quán tính tác dụng lên từng khâu.
- (2): Xác định lực cân bằng ở dạng lực hay moment và tác dụng lên khâu nào.
- (3): Tách cơ cấu thành các nhóm tĩnh định và đặt vào các áp lực khớp động tương ứng.
- (4): Tách rời từng khâu trong nhóm tĩnh định, đặt các áp lực khớp động và ngoại lực tương ứng lên các khâu.
- (5): Giải các bài toán lực theo thứ tự “từ xa về gần”. Kết quả của nhóm ở xa nhất sẽ là dữ liệu đầu vào để giải các nhóm kế tiếp.
- (6): Giải bài toán lực cho khâu dẫn  $\rightarrow$  lực (moment) cân bằng đặt lên khâu dẫn.

### 3. Mối ghép bu lông

#### 3.1. Định nghĩa, các ưu nhược điểm của mối ghép bu lông

- Ghép bằng ren là mối ghép có thể tháo được. Các chi tiết máy được ghép lại với nhau nhờ các chi tiết máy có ren như mối ghép bu lông, mối ghép bằng vít, mối ghép bằng vít cây,...
- **Ưu điểm:**
  - + Cấu tạo đơn giản.
  - + Có thể tạo lực dọc trực lớn.
  - + Có thể cố định các chi tiết ghép ở bất kỳ vị trí nào nhờ khả năng tự hãm.
  - + Dễ tháo lắp.
  - + Giá thành tương đối thấp do được tiêu chuẩn hóa và được chế tạo bằng phương pháp có năng suất cao.
- **Nhược điểm:**
  - + Tập trung ứng suất tại chân ren, giảm độ bền mối của mối ghép.
  - + Khối lượng mối ghép tỷ lệ thuận với số lượng bu lông, do đó mối ghép có nhiều bu lông sẽ tăng khối lượng mối ghép đáng kể.
  - + Cần xiết lực phù hợp để tránh tự tháo hoặc đứt gãy do quá lực, mối,...

#### 3.2. Tính toán mối ghép bu lông

##### 3.2.1. Bu lông chịu lực ngang, nằm trên mặt ghép

- Trường hợp bu lông lắp có khe hở:
  - + Lực xiết V (lực căng dọc ban đầu)

$$V = \frac{kF}{if} \quad (2.21)$$

Trong đó: F - Lực tác dụng lên mối ghép hoặc phần mối ghép có 1 bu lông, nếu có nhiều bu lông thì  $F = \Sigma F/z$  với z là số bu lông trong mối ghép (N).

k - Kệ số an toàn của mối ghép, giá trị trong khoảng  $1,3 \div 1,5$  đối với mối ghép tĩnh.

f - Hệ số ma sát, đối với các tấm thép hoặc gang, có thể lấy  $f = 0,15 \div 0,2$ , đối với thép (gang) với bê tông  $f = 0,3 \div 0,35$ , đối với thép (gang) với gỗ  $f = 0,25$ .

- i - Số bề mặt tiếp xúc giữa các tấm ghép.
  - + Ứng suất tương đương theo điều kiện bền:

$$\sigma_{td} = \frac{4.1,3 \cdot V}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_k] \quad (2.22)$$

Trong đó:  $d_1$  - Đường kính trong của bu lông (mm).

$V$  - Lực xiết bu lông (N).

$\sigma_{td}$  - Úng suất tương đương (MPa).

$[\sigma_k]$  - Úng suất kéo cho phép (MPa).

- Trường hợp bu lông lắp không có khe hở:

+ Điều kiện bền cắt ngang thân bu lông (úng suất cắt):

$$\tau = \frac{4F}{\pi d_0^2 i} \leq [\tau] \quad (2.23)$$

Trong đó:  $[\tau]$  - Úng suất cắt cho phép (MPa).

$d_0$  - Đường kính thân bu lông (đường kính lỗ lắp) (mm).

$i$  - Số bê mặt chịu cắt của thân bu lông.

- Trường hợp tỷ số  $\delta_1/d_o$  hoặc  $\delta_2/d_o$  tương đối nhỏ ( $\delta_1, \delta_2$  là chiều dài đoạn tiếp xúc), hoặc độ bền dập của các tấm ghép nhỏ hơn bu lông, ta cần kiểm tra độ bền dập:

$$\sigma_d = \frac{F}{\delta d_o} \leq [\sigma_d] \quad (2.24)$$

### 3.2.2. Bu lông chịu lực dọc trực

- Trường hợp chịu lực dọc trực không đổi:

+ Lực xiết ban đầu:

$$V = k(1 - \chi)F \quad (2.25)$$

Trong đó:  $k$  - Hệ số an toàn trong khoảng 1,3 ÷ 1,5

$\chi$  - Hệ số ngoại lực, đối với các tấm ghép bằng thép hoặc gang, giá trị này khoảng 0,2 ÷ 0,3

+ Điều kiện bền dựa vào úng suất kéo:

$$\sigma_k = \left( \frac{4F_{td}}{\pi d_1^2} \right) \leq [\sigma_k] \quad (2.26)$$

+ Lực kéo tính toán tương đương  $F_{td}$ :

$$F_{td} = 1,3V + \chi F = [1,3k(1 - \chi) + \chi]F \quad (2.27)$$

- Trường hợp chịu lực dọc trực thay đổi:

+ Lực xiết ban đầu: (tương tự trường hợp chịu lực dọc trực không đổi)

$$V = k(1 - \chi)F \quad (2.28)$$

+ Úng suất do lực xiết ban đầu tạo ra:

$$\sigma_v = \frac{V}{A_1} \quad (2.29)$$

\* Cần chú ý rằng ứng suất xiết ban đầu của bu lông không vượt quá  $(0,4 \div 0,6)\sigma_{ch}$

Trong đó:  $\sigma_{ch}$  - Giới hạn chảy của bu lông khi kéo.

$A_1$  - Diện tích tiết diện nguy hiểm của bu lông tính theo đường kính trong của bu lông  $A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$  ( $\text{mm}^2$ )

+ Biên độ ứng suất theo chu kỳ:

$$\sigma_a = \frac{\chi F}{2A_1} \quad (2.30)$$

+ Ứng suất trung bình chu kỳ:

$$\sigma_m = \sigma_v + \sigma_a = \frac{V}{A_1} + \frac{\chi F}{2A_1} \quad (2.31)$$

+ Ứng suất lớn nhất:

$$\sigma_{max} = \sigma_v + 2\sigma_a = \frac{V}{A_1} + \frac{\chi F}{A_1} \quad (2.32)$$

+ Hệ số an toàn theo độ bền mỏi:

$$s = \frac{\varepsilon \sigma_{-1k}}{K_\sigma \sigma_a} \geq [s] \quad (2.33)$$

Trong đó:  $\sigma_{-1k}$  - Giới hạn mỏi của vật liệu làm bu lông khi kéo,  $\sigma_b$  là giới hạn bền của vật liệu bu lông,  $\sigma_{-1k} = 0,35\sigma_b$

$K_\sigma$  - Hệ số tập trung ứng suất ở chân ren: đối với thép carbon  $K_\sigma = 3,5 \div 4,5$  hay đối với thép hợp kim  $K_\sigma = 4,0 \div 5,5$  hay bu lông có đường kính  $> 20\text{mm}$  thì lấy số lớn, nếu ren chế tạo bằng cán lăn, trị số  $K_\sigma$  có thể giảm  $20 \div 30\%$ , nếu dùng các loại đai ốc đặc biệt để tải trọng phân bố đều trên ren,  $K_\sigma$  có thể giảm bớt khoảng  $30 \div 40\%$

$\varepsilon$  - Hệ số xét đến ảnh hưởng của kích thước bu lông đến độ bền mỏi

[s] - Hệ số an toàn cho phép

### 3.3. Tính toán mối ghép nhóm bu lông

- Thông thường đường kính các bu lông trong mối ghép được chọn bằng nhau, mặc dù về phương diện tính toán, cách giải quyết này chỉ đúng trong trường hợp tải trọng phân bố đều giữa các bu lông. Sở dĩ như vậy là vì trong thực tế sản xuất, sử

dụng nhóm bu lông có đường kính giống nhau làm đơn giản công nghệ chế tạo, giảm bớt loại bu lông cần chế tạo, tháo lắp và thay thế dễ dàng.

- Khi tính toán, giả thiết rằng:
  - + Các chi tiết máy được ghép khá cứng, do đó bề mặt tiếp xúc giữa các tâm ghép (bề mặt ghép) vẫn phẳng.
  - + Các bu lông trong mối ghép có kích thước như nhau và chịu lực xiết bằng nhau.
- Vấn đề chính ở đây là xác định tải trọng tác dụng lên bu lông chịu tải trọng lớn nhất trong mối ghép nhóm bu lông. Sau đó, xác định lực kéo tính toán tương đương (ghép có khe hở) hoặc lực cắt (ghép không có khe hở), từ đó tính toán kích thước của bu lông.
- Đối với tính toán mối ghép nhóm bu lông thường gồm các trường hợp sau:
  - + Tải trọng dọc trục bu lông và đi qua trọng tâm nhóm bu lông.
  - + Tải trọng tác dụng trong mặt phẳng ghép.
  - + Tải trọng tác dụng có phương bất kỳ (trường hợp tính toán trong luận văn): bu lông giữ thân hộp giảm tốc hoặc thân máy có lực tác dụng từ bộ truyền ngoài (đai, xích,...) có phương bất kỳ.
    - Ngoại lực  $F$  được phân ra hai thành phần: vuông góc bề mặt ghép  $F_V$  và song song bề mặt ghép  $F_H$  (hình 2.15).
    - Tính toán mối ghép không bị tách hở, lực xiết  $V$  cần thiết đối với mỗi bu lông:

$$V = \frac{k}{z} \left( F_V + \frac{MA}{W} \right) = \frac{k}{z} \left( F_V + \frac{M A y_c}{J} \right) (1 - \chi) \quad (2.34)$$

Trong đó:  $k$  - Hệ số an toàn,  $k = 1,3 \div 2$ .

$z$  - Số bu lông trong mối ghép.

$M$  - Moment (hình 2.15).

$A$  - Diện tích cản uốn của tiết diện nguyên, bỏ qua các lỗ.

$W$  - Moment cản uốn của tiết diện nguyên, bỏ qua các lỗ.

$y_c$  - Vị trí từ điểm ngoài cùng (có ứng suất uốn lớn nhất) đến trục lật.

$J$  - Moment quán tính bề mặt ghép đối với trục lật XX.

$\chi$  - Hệ số ngoại lực (tải trọng).

- Tính toán theo điều kiện đảm bảo mối ghép không bị trượt, lực xiết  $V$ :

$$V = \frac{kF_H + fF_V}{fz} \quad (2.35)$$

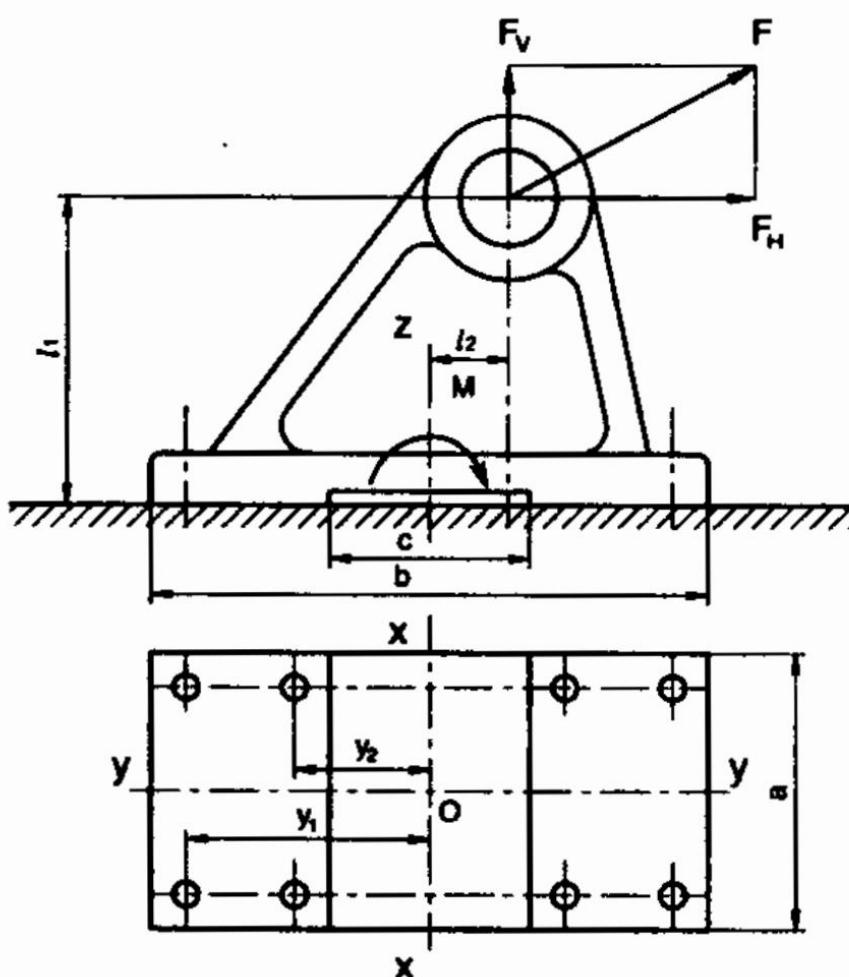
Trong đó:  $f$  - Hệ số ma sát.

- Tính toán bu lông, lực kéo tính toán tương đương:

$$F_{td} = 1,3V + \frac{\chi F_V}{z} + \frac{\chi M Y_1}{\sum z_i Y_i^2} \quad (2.36)$$

Trong đó:  $Y_1$  - Khoảng cách xa nhất hàng bu lông ngoài cùng đến trục xoay XX, chịu lực kéo lớn nhất.

$z_i$  - Số bu lông có khoảng cách  $Y_i$  bằng nhau.

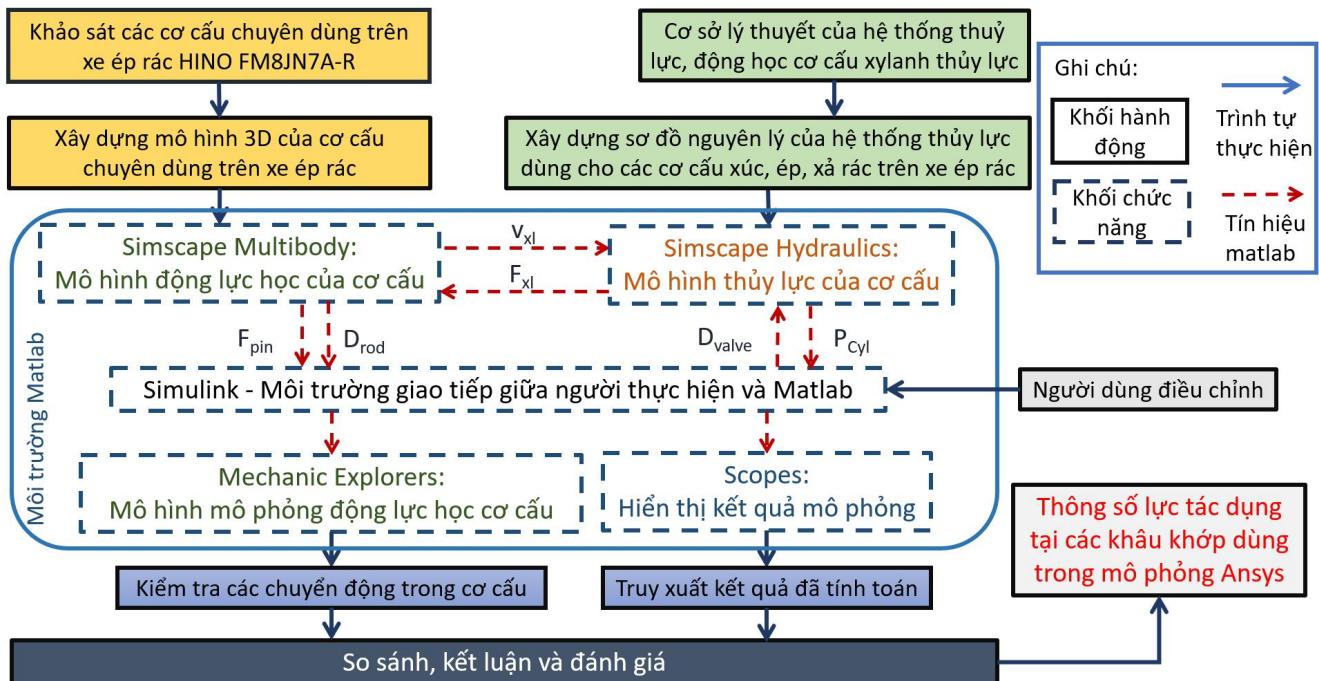


Hình 2.15 Mô hình ghép nhóm bu lông chịu tải trọng có phương bất kỳ

## 4. Cơ sở lý thuyết của phương pháp mô phỏng Matlab Simscape và Ansys Workbench

### 4.1. Phương pháp mô phỏng Matlab Simscape

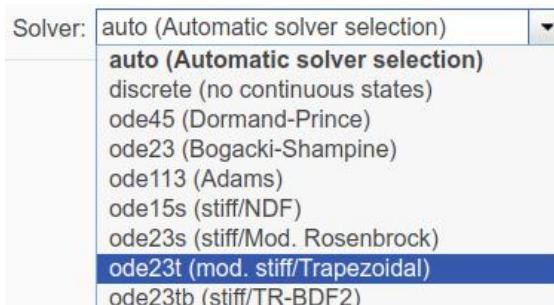
#### 4.1.1. Lưu đồ quy trình thực hiện



Hình 2.16 Lưu đồ quy trình thực hiện mô phỏng Matlab Simscape

#### 4.1.2. Công thức tính toán

- Bộ giải của Matlab Simscape dùng để mô phỏng cơ cấu thủy lực là ode23t, dùng phương trình vi phân thông thường (Ordinary Differential Equations) để tính toán.

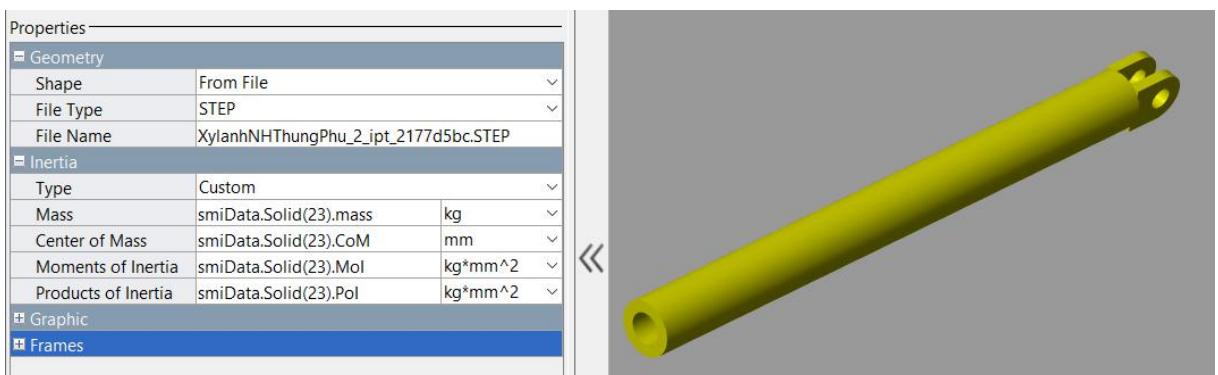


Hình 2.17 Các bộ giải của Matlab Simscape

- Một phương trình vi phân thông thường (ODE) chứa một hoặc nhiều đạo hàm của một biến phụ thuộc, y, đối với một biến độc lập duy nhất, t, thường là thời gian. Kí hiệu được sử dụng ở đây để biểu diễn các đạo hàm của y đối với t là y' đối với đạo

hàm cấp một,  $y''$  đối với đạo hàm cấp hai, v.v. Độ bậc của ODE bằng đạo hàm cấp cao nhất của  $y$  xuất hiện trong phương trình.

- Trong bài toán giá trị đầu tiên, ODE được giải quyết bằng cách bắt đầu từ trạng thái ban đầu. Sử dụng điều kiện ban đầu,  $y_0$ , cũng như một khoảng thời gian mà trong đó kết quả sẽ đạt được,  $(t_0, t_f)$ , nghiệm thu được lặp đi lặp lại. Ở mỗi bước, bộ giải áp dụng một thuật toán cụ thể cho kết quả của các bước trước đó. Ở bước đầu tiên như vậy, điều kiện ban đầu cung cấp thông tin cần thiết cho phép tiến hành tích phân. Kết quả cuối cùng là bộ giải ODE trả về một vector của các bước thời gian  $t = [t_0, t_1, t_2, \dots, t_f]$  cũng như nghiệm tương ứng ở mỗi bước  $y = [y_0, y_1, y_2, \dots, y_f]$ .
- Trong mô hình động học, Simscape dùng các giá trị tín hiệu vận tốc để tính toán được vị trí dịch chuyển của thanh ty trong xy lanh thủy lực, bằng cách giải phương trình vận tốc theo thời gian dưới dạng  $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{x}}{dt}$ . Nhờ tích phân phương trình này, bộ giải ODE trả về một vector giá trị vị trí của thanh ty theo một vector thời gian tương ứng.
- Trong mô hình động lực học thực tế bao gồm các hệ thống và các chi tiết kèm theo bên trong các hệ thống, hệ bao gồm các lực đẩy (lực tác động), lực ma sát, lực quán tính, lực li tâm,... để đảm bảo cho cơ cấu hoạt động đúng với thực tế, Matlab cần được nhập dữ liệu về các giá trị của chi tiết chuyển động trong hệ thống như khối lượng, trọng tâm khối lượng, moment quán tính, moment ly tâm. Công việc này trở nên đơn giản khi ta kết hợp phần mềm CAD với các chi tiết vẽ 3D và nhập vật liệu tương ứng cho chúng, cuối cùng xuất file với định dạng ‘.xml’ và nhập vào Matlab dưới module Multibody, ta sẽ được một hệ động lực học tương tự với hệ thực tế.



Hình 2.18 Ví dụ về truy cập STEP file cho Matlab Simscape

- Các công thức tính toán trong hệ động lực học:

+ Định luật II Newton:

$$F = m \cdot a \text{ (N)} \quad (2.37)$$

+ Lực quán tính:

$$F_i = -m \cdot a \text{ (N)} \quad (2.38)$$

+ Moment quán tính khối lượng:

$$I = m_1(k_1)^2 + m_2(k_2)^2 + m_3(k_3)^2 + \dots + m_n(k_n)^2 \quad (2.39)$$

Trong đó:  $m_1, m_2, m_3, m_n$  - Khối lượng thành phần trong tổng khối lượng của vật thể

$k_1, k_2, k_3, k_n$  - Khoảng cách từ các khối lượng thành phần đó đến một đường thẳng cố định.

- Dĩ nhiên, một mô hình động học hay động lực học nào cũng cần phải có các liên kết để kết nối các chi tiết máy lại với nhau, từ đó ta có các khâu khớp chuyển động, và vì thế sinh ra bậc tự do của cơ cấu.
- Cùng với đó là các công thức tính toán bài toán thủy lực cơ bản đã được đề cập ở mục 1.2 của chương 2 và một số công thức khác có liên quan trong quá trình tính toán của Matlab Simscape Hydraulics:

+ Lực ma sát ở xy lanh thủy lực: là một hàm liên hệ giữa áp suất và vận tốc, và nó được xác định là tổng của các thành phần Stribeck, Coulomb và độ nhớt. Lực ma sát Coulomb bao gồm tải trọng ban đầu, gây ra bởi sự siết chặt của vòng đệm bao kín trong quá trình lắp, và lực tỷ lệ với áp suất. Tổng của lực ma sát Coulomb và Stribeck tại vận tốc = 0 thường quy về lực ma sát vượt ngưỡng. Tổng các lực trên được quy về công thức sau:

$$F = F_C(1 + (K_{brk} - 1) \cdot \exp(-c_v|v|) \operatorname{sign}(v)) + f_{vfr} \cdot v \quad (2.40)$$

$$F_C = F_{pr} + f_{cfr}(p_A + p_B)$$

Trong đó:  $F$  - Lực ma sát (N)

$F_C$  - Lực ma sát Coulomb (N)

$F_{pr}$  - Lực tải ban đầu (N)

$f_{cfr}$  - Hệ số ma sát Coulomb

$p_A, p_B$  - Áp suất tại đầu không có ty và đầu có ty của xy lanh thủy lực (Pa)

$K_{brk}$  - Hệ số ma sát vượt ngưỡng tăng dần

$c_v$  - Hệ số chuyển đổi

v - Vận tốc tương đối trong tiếp xúc (m/s)

$f_{vfr}$  - Hệ số ma sát nhót

+ Lực giảm chấn:

$$F = Dv; v = v_R - v_C \quad (2.41)$$

Trong đó: F - Lực truyền qua giảm chấn (N)

D - Hệ số giảm chấn (ma sát nhót)

v - Vận tốc tương đối (m/s)

$v_R; v_C$  - Tương ứng là vận tốc tuyệt đối tại cổng R và C (chiều dương

từ R sang C)

+ Độ mở van theo tham số tuyến tính:

$$S(\Delta p_{AB}) = S_{\text{Leak}} + k(\Delta p_{AB} - \Delta p_{\text{set}}) \quad (2.42)$$

Trong đó:  $\Delta p_{\text{set}}$  - Giá trị áp suất cài đặt (Pa)

$\Delta p_{AB}$  - Giá trị áp suất giảm từ cổng A sang cổng B của van ( $\Delta p_{AB} = p_A - p_B$ )

k - Hằng số tuyến tính của tỷ lệ thuận

$$k = \frac{S_{\text{Max}} - S_{\text{Leak}}}{\Delta p_{\text{Reg}}} \quad (2.43)$$

$S_{\text{Max}}$  - Diện tích mở van cực đại ( $m^2$ )

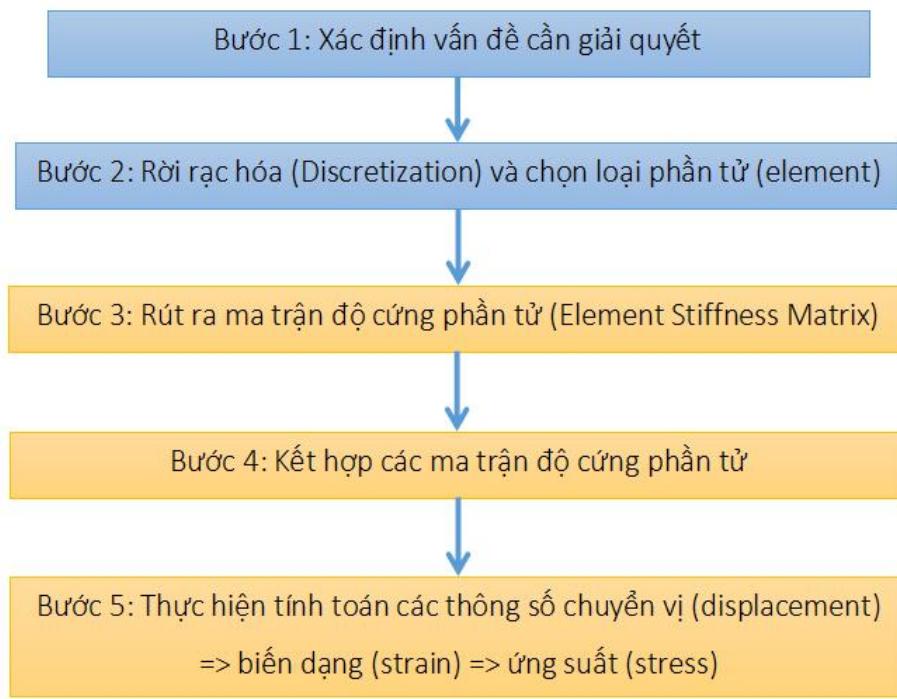
$S_{\text{Leak}}$  - Diện tích rò rỉ của van ( $m^2$ )

$\Delta p_{\text{Reg}}$  - Độ điều chỉnh van ( $m^2$ )

## 4.2. Phương pháp mô phỏng Ansys Workbench

### 4.2.1. Phương pháp phân tử hữu hạn (Finite Element Analysis)

- 5 bước phân tích phân tử hữu hạn dưới sự hỗ trợ của máy tính:



\* Ghi chú:

Công việc của người kỹ sư

Công việc của máy tính

\* Các thuật ngữ và công thức tính toán có liên quan:

- Sự rời rạc hóa (Discretization): trong tính toán, các vật liệu dẻo thường có kết cấu liên tục, nếu chia thành từng phần tử nhỏ (elements) thì số lượng của chúng là vô hạn. Chúng ta cần phải chia vật liệu thành từng mảnh nhỏ hơn nhưng không đến mức vô hạn phần tử - gọi là phần tử hữu hạn (finite). Các phần tử này là các phần tử con (elements) được kết nối với nhau bởi các nút (nodes) và chúng có các bậc tự do (DoF), sự rời rạc hóa này cũng có thể được gọi là sự chia lưới (Meshing).
- Trong mô phỏng bền bằng phần mềm Ansys, hầu hết các phép tính toán được thực thi dưới dạng ma trận. Trong tính toán sức bền vật liệu, định luật Hooke ( $F = -kx$ ) về sự chuyển vị của vật liệu được áp dụng một cách rộng rãi. Từ đây, có thể suy ra định luật Hooke về biến dạng đàn hồi của vật liệu dưới dạng ma trận như sau:

$$[F] = [K][\delta] \quad (2.44)$$

Trong đó:  $[F]$  - Ma trận lực tác dụng lên vật liệu

$[K]$  - Ma trận độ cứng của vật liệu

$[\delta]$  - Ma trận chuyển vị của vật liệu dưới tác dụng của lực.

- Đối với một hệ tọa độ Descartes tùy ý, các vector lực và độ chuyển vị có thể được biểu diễn bằng ma trận  $3 \times 1$  của các số thực. Sau đó tensor K nối chúng có thể được biểu diễn bằng ma trận  $3 \times 3$  gồm các hệ số thực K, khi nhân vector này với độ chuyển vị, sẽ cho ra vector lực:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_1 \\ \mathbf{F}_2 \\ \mathbf{F}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \kappa_{11} & \kappa_{12} & \kappa_{13} \\ \kappa_{21} & \kappa_{22} & \kappa_{23} \\ \kappa_{31} & \kappa_{32} & \kappa_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix} = \kappa \boldsymbol{\delta} \quad (2.45)$$

- Từ phương trình (2.45), thực hiện biến đổi đơn giản, ta được ma trận chuyển vị như sau:

$$[\boldsymbol{\delta}] = [\mathbf{K}]^{-1}[\mathbf{F}] \quad (2.46)$$

- Từ phương trình ma trận (2.46), ta có thể tính được ma trận của biến dạng:

$$[\boldsymbol{\varepsilon}] = [\mathbf{B}][\boldsymbol{\delta}] \quad (2.47)$$

- Từ phương trình biến dạng (2.47), ta có thể suy ra phương trình ứng suất như sau:

$$[\boldsymbol{\sigma}] = [\mathbf{D}][\boldsymbol{\varepsilon}] \quad (2.48)$$

Trong đó:  $[\mathbf{B}]$  - Gradient ma trận, phụ thuộc vào loại phần tử

$[\mathbf{D}]$  - Ma trận cấu thành, đối với các vật liệu đồng hướng (isotropic materials), ma trận  $[\mathbf{D}]$  cho mặt phẳng 2D là:

$$[\mathbf{D}] = \frac{E}{1-v^2} \begin{bmatrix} 1 & v & 0 \\ v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-v}{2} \end{bmatrix} \quad (2.49)$$

$[\mathbf{K}]$  phụ thuộc vào ma trận  $[\mathbf{B}]$  theo công thức:

$$[\mathbf{K}] = \int [\mathbf{B}^T][\mathbf{D}][\mathbf{B}]dV \quad (2.50)$$

- Thuyết phá hủy (**Failure of Materials**) hay thuyết năng lượng biến dạng cực đại của Richard Von Mises: Sự chảy (Yielding) xuất hiện khi **năng lượng biến dạng lớn nhất** (Maximum Distortion Energy) bằng với **năng lượng biến dạng tại điểm chảy** (Distortion energy at yielding) trong thử nghiệm kéo một trực:

$$u_d = u_{d,y} \quad (2.51)$$

- Từ đó có thể suy ra:

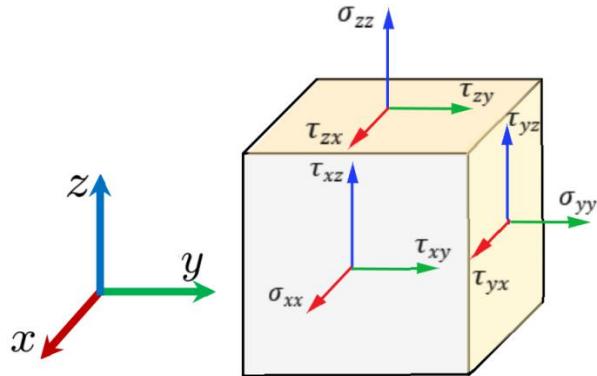
$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (2.52)$$

Trong đó:  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  - Các ứng suất chính trong không gian (ứng suất chính phương - Principal Stress), đối với ma trận  $3 \times 3$ , ứng suất chính phương là nghiệm của phương trình bậc 3:

$$\sigma^3 - C_2\sigma^2 - C_1\sigma - C_0 \quad (2.53)$$

- Thành phần ứng suất trong không gian được biểu thị với dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$



- Các hệ số  $C_2, C_1, C_0$  được tính theo công thức:

$$C_2 = \sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz} \quad (2.54)$$

$$C_1 = \tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 - \sigma_{xx}\sigma_{yy} - \sigma_{yy}\sigma_{zz} - \sigma_{zz}\sigma_{xx} \quad (2.55)$$

$$C_0 = \sigma_{xx}\sigma_{yy}\sigma_{zz} + 2\tau_{xy}\tau_{yz}\tau_{zx} - \sigma_x\tau_{yz}^2 - \sigma_y\tau_{zx}^2 - \sigma_z\tau_{xy}^2 \quad (2.56)$$

- Hệ số an toàn (Safety Factor):

$$\text{SoF} = \frac{\sigma_y}{\sigma_v} \quad (2.57)$$

Trong đó:  $\sigma_y$  - Giới hạn đàm hồi hay giới hạn chảy (Yield strength) của vật liệu.

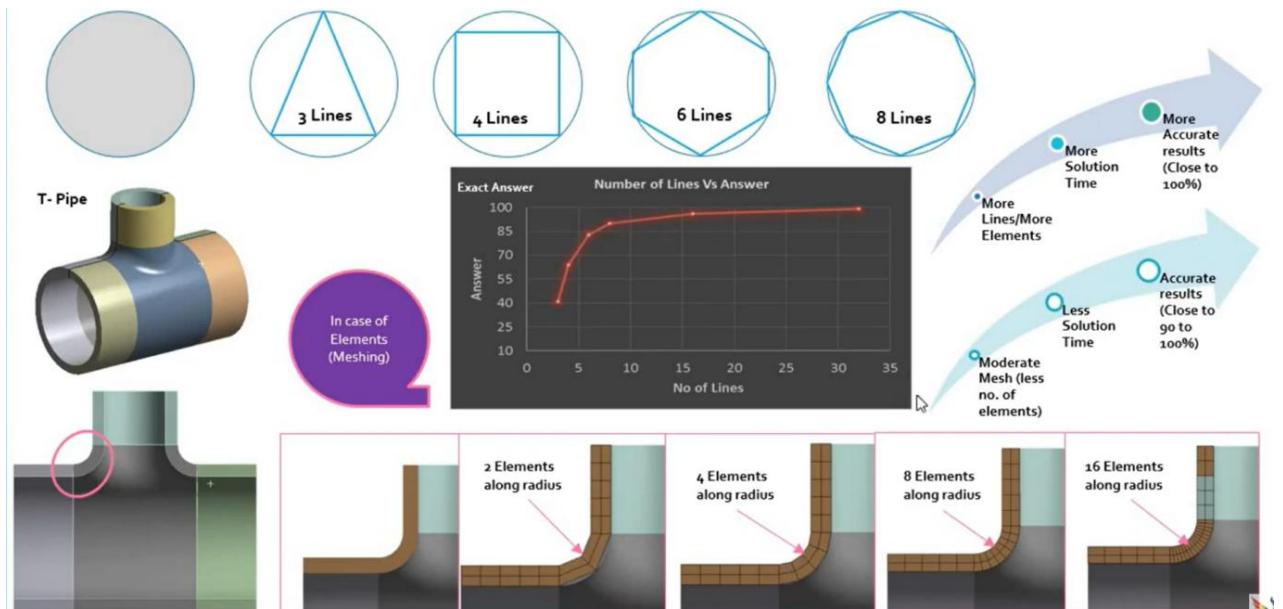
- Độ chính xác lưới (Lưới hội tụ):

+ Trong quá trình dựng lưới và tiến hành phân tích phần tử hữu hạn, để có thể xác định lưới đã chia có đủ tốt và đáng tin cậy mà không tồn quá nhiều tài nguyên máy tính, thì phương pháp chia lưới tăng dần số phần tử sẽ được áp dụng, bằng cách tính sai số (lỗi tương đối) giữa hai lần tính toán (ứng suất tương đương, chuyển vị, độ biến dạng,...) với kích thước phần tử khác nhau, khi sai số nhỏ hơn một giá trị  $E$  do người dùng xác định từ trước, thì kết quả đó được chấp nhận.

$$\text{Error} = 100 \left( \frac{\Phi_{i+1} - \Phi_i}{\Phi_i} \right) < E \quad (2.58)$$

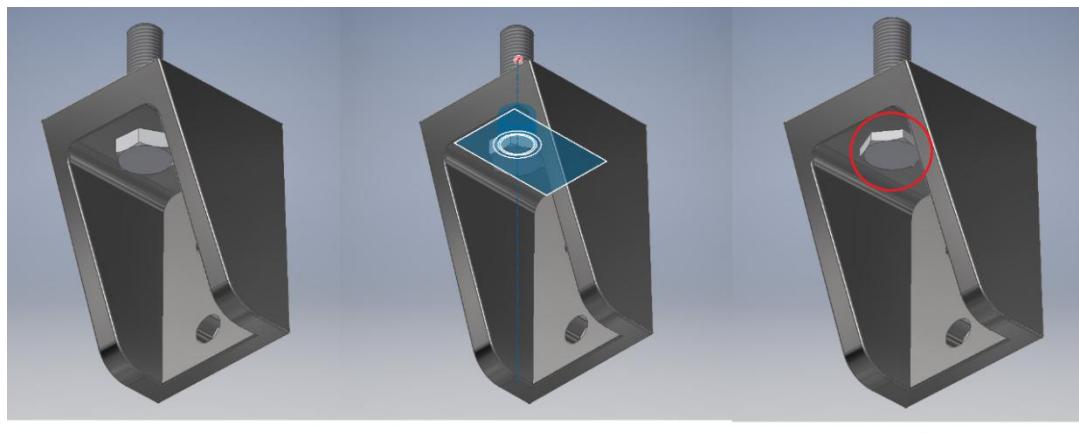
Trong đó:  $\Phi$  - Độ biến dạng, ứng suất, chuyển vị,...

$E$  - Độ chính xác số học do người dùng xác định, ở bài toán này, độ chính xác  $E = 10\%$



Hình 2.19 Độ chính xác khi chia lưới

- + Trong bài toán mô phỏng các mối ghép, các chi tiết được dựng từ mô hình 3D khi được lắp lại chủ yếu có tính ràng buộc lẫn nhau mà tính chất cơ học của chúng không hoàn toàn đảm bảo giống với các cơ cấu thực tế. Đặt trường hợp cụ thể, khi lắp bu lông vào pat, giữa chúng chỉ có mối quan hệ ràng buộc lẫn nhau mà bỏ qua tính chất vật lý của vật thể là không thể xâm nhập lẫn nhau trong hệ thực tế.



Bu lông được ràng buộc với bậc tự do = 1

Ràng buộc trục -4 bậc tự do  
Ràng buộc mặt -1 bậc tự do

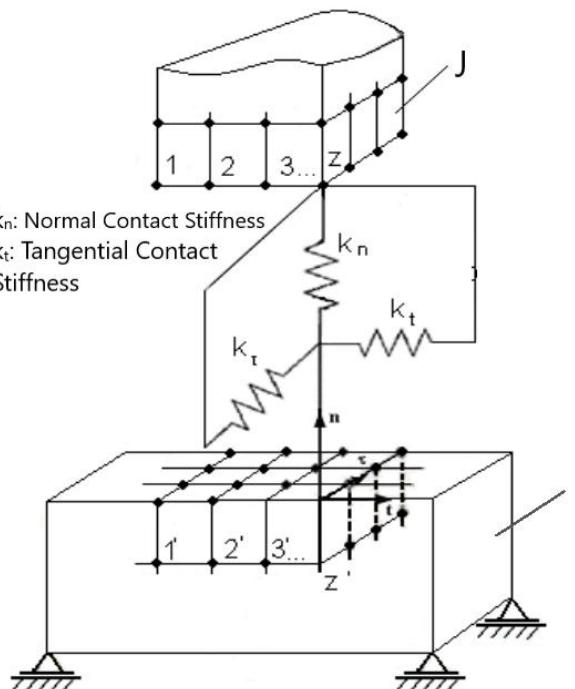
Bu lông xâm nhập vào pat chống xô

Hình 2.20 Sự xâm nhập của vật thể khi dựng bằng mô hình 3D

- Theo như hình 2.20, bu lông khi dựng trên mô hình bị xâm nhập (penetration) vào pat chống xô, điều này chưa phù hợp đối với mô hình thực tế. Để tránh hiện tượng này, phương pháp hàm phạt và phương pháp Lagrange tăng cường được áp dụng trong tính toán.

#### 4.2.2. Phương pháp hàm phạt và Lagrange tăng cường

- Xét một hệ tổng quát gồm hai thành phần I và J. Hệ này được rời rạc hóa thành các phần tử hữu hạn theo tiêu chuẩn các bước đã đề cập ở mục 4.2.1. Có một sự ngoại lệ cho mặt tiếp xúc là bất kỳ nút có trên lưới phần tử hữu hạn sẽ được mô hình hóa bởi những cặp nút tại cùng một vị trí lần lượt thuộc về chi tiết I và J, chúng tiếp xúc với nhau bởi một chuỗi các lò xo tiếp xúc. Các giả thiết cơ bản bao gồm vật liệu đàn hồi tuyến tính, chuyển vị và biến dạng đều nhỏ ở cả hai thành phần I và J, và lực ma sát tác dụng lên bề mặt tiếp xúc tuân theo Định luật ma sát Coulomb.



Hình 2.21 Tiếp xúc của vật liệu dưới dạng phần tử hữu hạn

- Tổng thê năng ( $\Pi_P$ ) của phần tử cấu trúc là tổng của thê năng biến dạng  $U$  và thê năng  $\Omega$  của lực tại nút, được viết dưới dạng:

$$\Pi_P = U + \Omega \quad (2.59)$$

- Năng lượng biến dạng  $U$  được tính bằng công thức:

$$U = \frac{1}{2} \{\mathbf{q}\}^T [\mathbf{K}] \{\mathbf{q}\} \quad (2.60)$$

Trong đó:  $[\mathbf{K}]$  - Ma trận độ cứng phần tử.

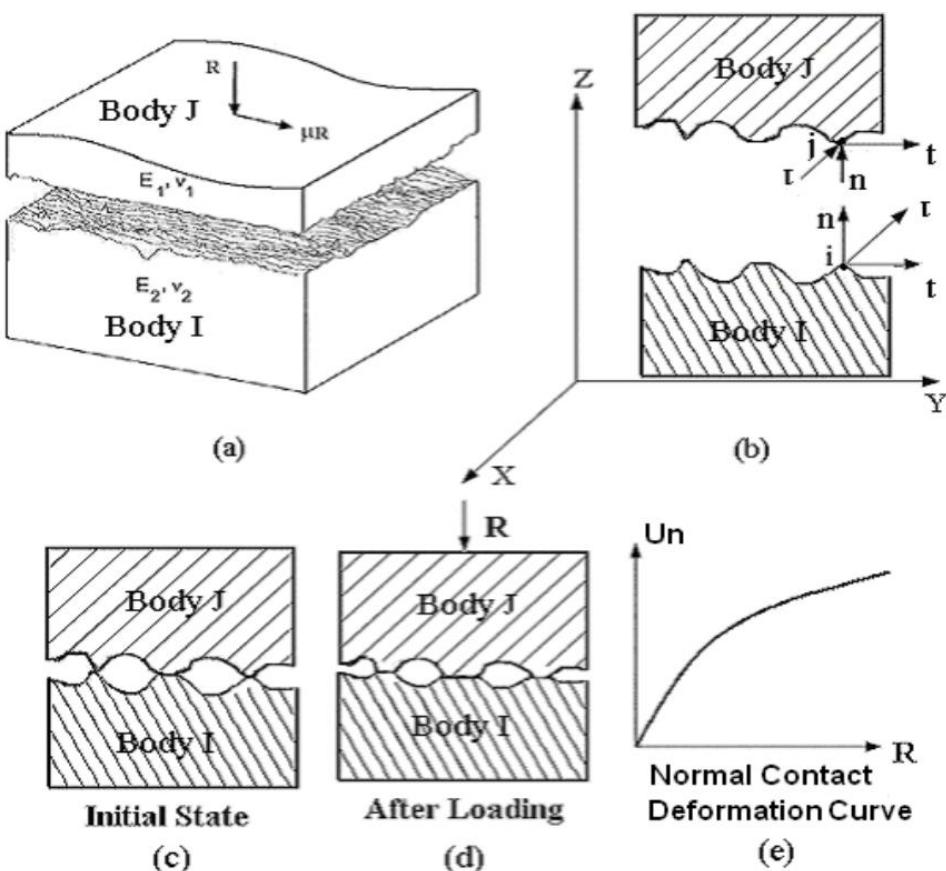
$\{\mathbf{q}\}$  - Vector phần tử nút.

- Thê năng của lực tại nút:

$$\Omega = -\{\mathbf{q}\}^T \{\mathbf{R}\} \quad (2.61)$$

Trong đó:  $\{\mathbf{R}\}$  - Vector của lực tại nút.

- Khi hai thành phần I và J tiếp xúc, một số lượng phần tử tiếp xúc 3D giữa mỗi tiếp xúc hoặc bề mặt tiếp xúc tiềm ẩn có ảnh hưởng đến các mặt tiếp xúc. Cần lưu ý rằng vấn đề là phi tuyến là trọng yếu. Một phần tử có số lượng phần tử có thể thay đổi (ví dụ: tùy thuộc vào điều kiện biến dạng trong mặt tiếp xúc mà các nút tiếp xúc ban đầu có thể tách ra hoặc tái tiếp xúc sau khi bị tách ra. Các phần tử tiếp xúc có chức năng hỗ trợ tải trọng nén theo phương thẳng đứng hoặc tải trọng tiếp tuyến theo phương tiếp tuyến. Khi cả 2 chi tiết trong trạng thái tiếp xúc và sự chuyển vị giữa phương thẳng đứng và phương pháp tuyến được thừa nhận là độc lập. Thì bản thân các phần tử được xem như có 3 lò xo tuyến tính độc lập, 2 trong số đó có độ cứng  $k_t$  và  $k_r$  theo phương tiếp tuyến với mặt tiếp xúc tại điểm tiếp xúc và 1 lò xo còn lại có độ cứng  $k_n$  theo phương vuông góc với mặt tiếp xúc (hình 2.22).
- Hai phương pháp được sử dụng để đưa điều kiện tiếp xúc vào phương trình năng lượng, đó là Lagrange tăng cường (Augmented Lagrange) và phương thức hàm phạt (Penalty Method). Để hiểu rõ hơn về hai phương pháp này, một mô hình vật lý của các điều kiện tiếp xúc được đưa ra như hình 2.22a.



Hình 2.22 Mô hình vật lý theo điều kiện tiếp xúc

- Khi hai mặt phẳng của hai vật thể tiếp xúc (I và J theo hình 2.22) được đặt tải, chúng sẽ tiếp xúc ở 1 vài khía cạnh (như Hình 2.22b), các điều kiện tiếp xúc có thể được viết dưới dạng:

$$\eta \leq 0, f_{nj} \geq 0, \eta f_{nj} \geq 0 \quad (2.62)$$

Trong đó:  $\eta$  - Khoảng cách từ điểm tiếp xúc i trong chi tiết I đến điểm tiếp xúc j trong chi tiết J theo phương tiếp tuyến của tiếp xúc.

$f_{nj}$  - Lực tiếp xúc tác động lên điểm j của vật J theo phương pháp tuyến.

- Để ngăn chặn việc xâm nhập lẫn nhau (interpenetration), tại mỗi điểm tiếp xúc khoảng cách chia cắt  $\eta$  phải lớn hơn hoặc bằng 0. Nếu  $\eta > 0$ , lực tiếp xúc  $f_{nj} = 0$ . Khi  $\eta = 0$ , các điểm này trong trạng thái tiếp xúc và  $f_{nj} < 0$ . Nếu  $\eta < 0$ , điều này có nghĩa là sự xâm nhập xảy ra. Để ngăn chặn sự xâm nhập, diện tích tiếp xúc thực tế cần được tăng và độ cứng tiếp xúc cần được cải thiện khi tải trọng tăng. Do đó, độ cứng tiếp xúc là phi tuyến như một hàm của tải trọng ban đầu (hình 2.22e).
- Trong phương thức hàm phạt, một thông số hàm phạt giả định được sử dụng để ngăn chặn sự xâm nhập giữa các cặp tiếp xúc. Điều kiện tiếp xúc được xét như một phương trình ràng buộc:

$$\{t\} = [K_C]\{q\} - \{Q\} \quad (2.63)$$

Trong đó:  $\{t\}$  - Hợp lực của phản lực bên trong và ngoại lực, khi hệ đang ở trạng thái cân bằng,  $\{t\} = 0$

$[K_C]$  - Ma trận độ cứng tiếp xúc.

$\{Q\}$  - Vector lực của các cặp nút tiếp xúc hoạt động. Bao gồm lực tác dụng lên nút  $\{F\}$  và tải trọng tiếp xúc  $\{f\}$ .

- Khi  $\{t\} = 0$ , phương trình (2.63) được viết dưới dạng:

$$[K_C]\{q\} = \{F\} + \{f\} \quad (2.64)$$

- Ngoài ra  $\{t\} = 0$  cũng đồng nghĩa với việc các ràng buộc đã được thỏa mãn. Tổng thê năng từ phương trình (2.59) có thể được tăng cường bởi công thức hàm phạt:

$$\frac{1}{2}\{t\}^T[\alpha]\{t\}$$

Trong đó:  $[\alpha]$  - Ma trận chéo của giá trị phạt  $\alpha_i$ .

- Thê năng với phương thức hàm phạt trở thành:

$$\Pi_{pP} = \frac{1}{2}\{q\}^T[K]\{q\} - \{q\}^T\{R\} - \frac{1}{2}\{t\}^T[\alpha]\{t\} \quad (2.65)$$

- Để tìm cực tiểu của hàm  $\Pi_{pP}$  theo  $\{q\}$ , cần đạo hàm phương trình (2.65) theo biến  $q$ , ta có:

$$\frac{\partial \Pi_{pP}}{\partial q} = \{0\} \leftrightarrow ([K] + [K]^T[\alpha][K_C])\{q\} = \{R\} + [K]^T[\alpha]\{Q\} \quad (2.66)$$

Trong đó:  $[K]^T[\alpha][K_C]$  - Ma trận phạt.

- Nếu  $[\alpha] = 0$ , các ràng buộc sẽ bị bỏ qua. Tại giới hạn  $[\alpha] \rightarrow \infty$ , phương trình ràng buộc (2.63) đáp ứng một cách chính xác.
- Ở phương pháp nhân tử Lagrange, phương trình tiếp xúc ràng buộc có thể được viết dưới dạng:

$$w = \{\gamma\}^T([K_C]\{q\} - \{Q\}) \quad (2.67)$$

Trong đó: các phần tử của vector hàng  $\{\gamma\}^T$ ,  $\gamma_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) cũng thường được gọi là nhân tử Lagrange. Kết hợp phương trình (2.67) và phương trình tổng thể năng (2.59), tổng năng lượng trong phương pháp nhân tử Lagrange:

$$\Pi_{pL} = \frac{1}{2}\{q\}^T[K]\{q\} - \{q\}^T[R] + \{\gamma\}^T([K_C]\{q\} - \{Q\}) \quad (2.68)$$

- Đạo hàm  $\Pi_{pL}$  theo biến  $\{q\}$  và  $\{\gamma\}$  để tìm cực tiểu của phương trình (2.68):

$$\frac{\partial \Pi_{pL}}{\partial q} = [K]\{q\} + [K_C]^T\{\gamma\} - \{R\} = \{0\} \quad (2.69)$$

$$\frac{\partial \Pi_{pL}}{\partial \gamma} = [K_C]\{q\} - \{Q\} = \{0\} \quad (2.70)$$

- Trong dạng ma trận, phương trình (2.69) và (2.70) có thể được biểu diễn như sau:

$$\begin{bmatrix} [K] & [K_C]^T \\ [K_C] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{q\} \\ \{\gamma\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{R\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix} \quad (2.71)$$

- Mặc dù những ràng buộc từ phương trình (2.67) có thể được thỏa mãn, phương pháp nhân tử Lagrange vẫn có vài nhược điểm. Do ma trận độ cứng trong phương trình (2.71) có thể chứa phần tử 0 trong đường chéo của nó. Không có gì đảm bảo cho sự tồn tại của điểm yên ngựa (saddle point). Trong trường hợp này, vấn đề về tính toán máy tính có thể xuất hiện. Để vượt qua vấn đề này, phương pháp nhân tử Lagrange nhiều tăng cường được áp dụng:

$$\Pi_{pL}^A = \Pi_{pL} - \frac{1}{2\alpha'}\{\gamma\}^T\{\gamma\} \quad (2.72)$$

$$= \frac{1}{2}\{q\}^T[K]\{q\} - \{q\}^T[R] + \{\gamma\}^T([K_C]\{q\} - \{Q\}) - \frac{1}{2\alpha'}\{\gamma\}^T\{\gamma\}$$

Trong đó:  $\alpha'$  - Một số dương tùy ý. Tại giới hạn  $\alpha' \rightarrow \infty$ , các kết quả nhiều hội tụ các kết quả ban đầu. Sự thêm vào  $\alpha'$  sẽ duy trì một lực nhỏ xuyên qua và dọc

theo mặt tiếp xúc. Việc này không những duy trì sự ổn định mà còn tránh được ma trận độ cứng trở thành đơn điệu do chuyển động của vật thể rắn. Một cách tương tự, giá trị cực tiểu của  $\Pi_{pL}^A$  với đạo hàm theo  $\{q\}$  và  $\{\gamma\}$  cho ra kết quả dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} [K] & [K_C]^T \\ [K_C] & -\frac{1}{\alpha'}[I] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{q\} \\ \{\gamma\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{R\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix} \quad (2.73)$$

- Từ phương trình (2.73), các mối liên hệ được thiết lập như sau:

$$[K]\{q\} = \{R\} - [K_C]^T\{\gamma\} \quad (2.74)$$

$$\{\gamma\} = \alpha'([K_C]\{q\} - \{Q\}) \quad (2.75)$$

- Thay phương trình (2.74) vào (2.75) sẽ được phương trình sau:

$$([K] + [K_C]^T\alpha'[K_C])\{q\} = \{R\} + [K_C]^T\alpha'\{Q\} \quad (2.76)$$

- Để đơn giản, nếu  $\alpha'$  được viết dưới dạng một ma trận đường chéo và  $\alpha_i = \alpha'$ , do đó phép nhân tử nhiễu Lagrange sẽ xáp xỉ với phương thức hàm phạt.
- Trong phương pháp nhân tử Lagrange, cả lực chuyển vị và lực tiếp xúc được coi là các biến độc lập. Các điều kiện ràng buộc (tiếp xúc) có thể được thỏa mãn và lực tiếp xúc có thể được tính toán. Phương pháp này có nhược điểm là ma trận độ cứng có chứa phần tử bằng 0 trên đường chéo.Thêm vào đó, thuật ngữ nhân tử Lagrange phải được xem như các giá trị bổ sung và điều này dẫn đến sự cấu thành của ma trận độ cứng tăng cường, thứ tự có thể vượt quá quy mô của bài toán ban đầu một cách đáng kể trong trường hợp không có các phương trình ràng buộc. Khi so sánh với phương pháp nhân tử Lagrange, phương thức hàm phạt (Penalty Method) tương đối đơn giản và không yêu cầu phải có các biến độc lập (Lagrange tăng cường). Vì thế, phương thức này thường được áp dụng trong thực tế do tính dễ thực thi của nó.

## 5. Điều kiện biên áp dụng cho bài toán

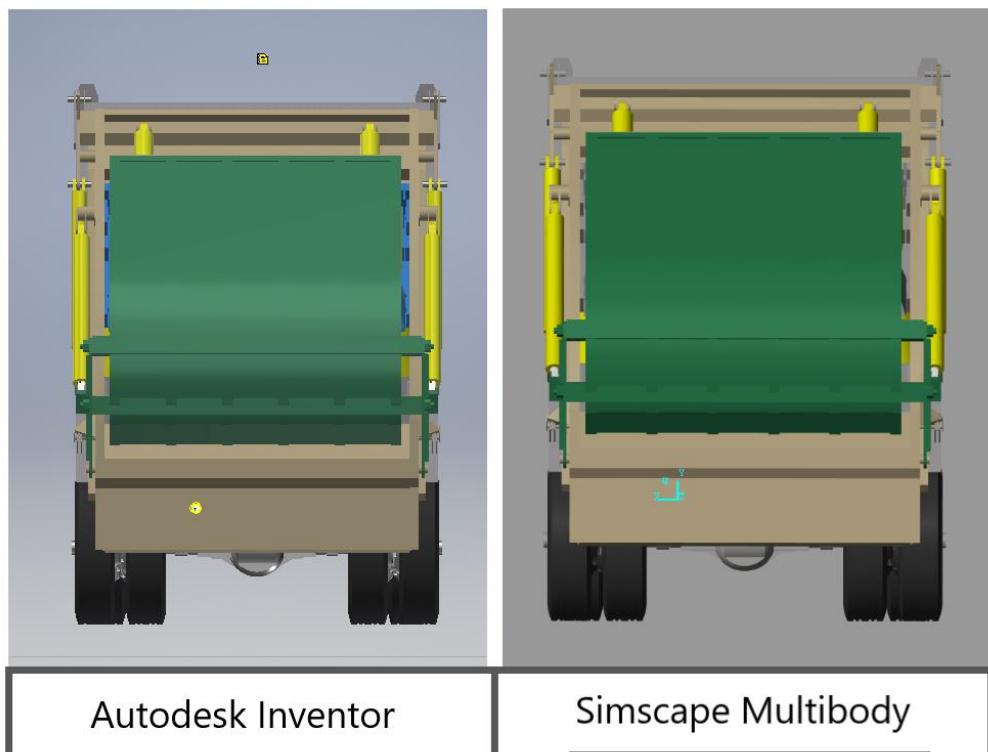
### 5.1. Matlab Simscape

#### 5.1.1. Mô hình động học Simscape Multibody

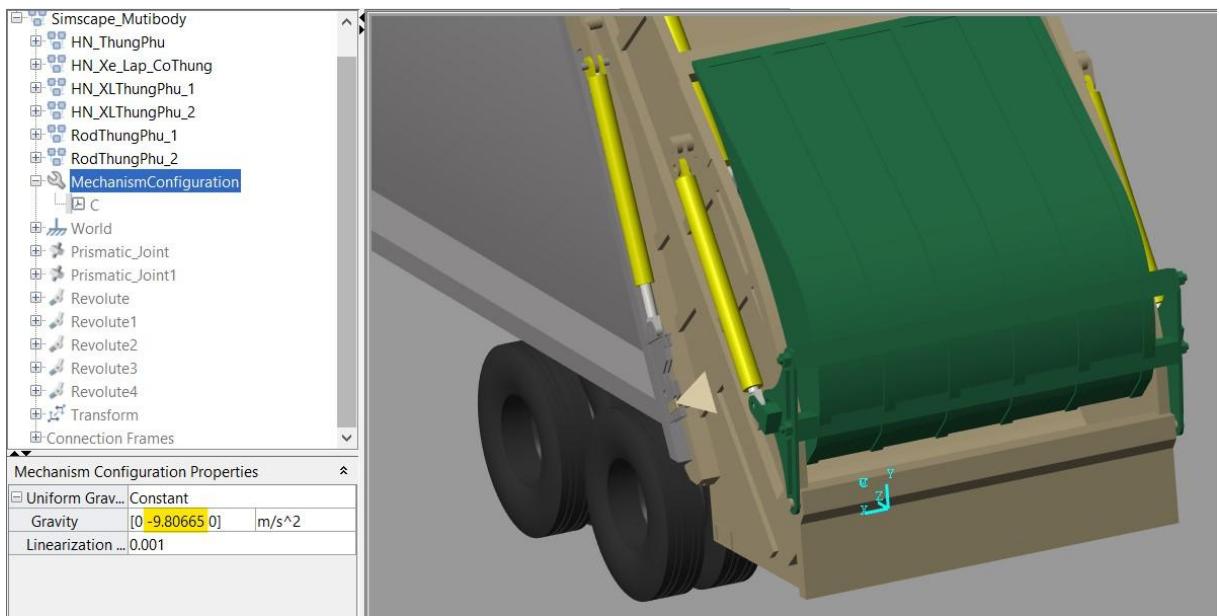
- Mô hình động học Simscape Multibody được nhập vào Matlab thông qua lệnh Add-ins → Export to Simscape Multibody từ phần mềm Autodesk Inventor đã liên kết. Kết quả của việc nhập mô hình là toàn bộ các chi tiết đã lắp từ Inventor sẽ được chuyển sang môi trường Multibody với tất cả thông số tuân theo thông số từ

mô hình lắp (hình 2.23, 2.24, 2.25). Vì thế, các thông số về kích thước, hình dạng, khối lượng của từng chi tiết cần phải được nhập một cách cụ thể và chính xác trong môi trường Inventor để có được mô hình động học Multibody đại diện cho mô hình thực tế.

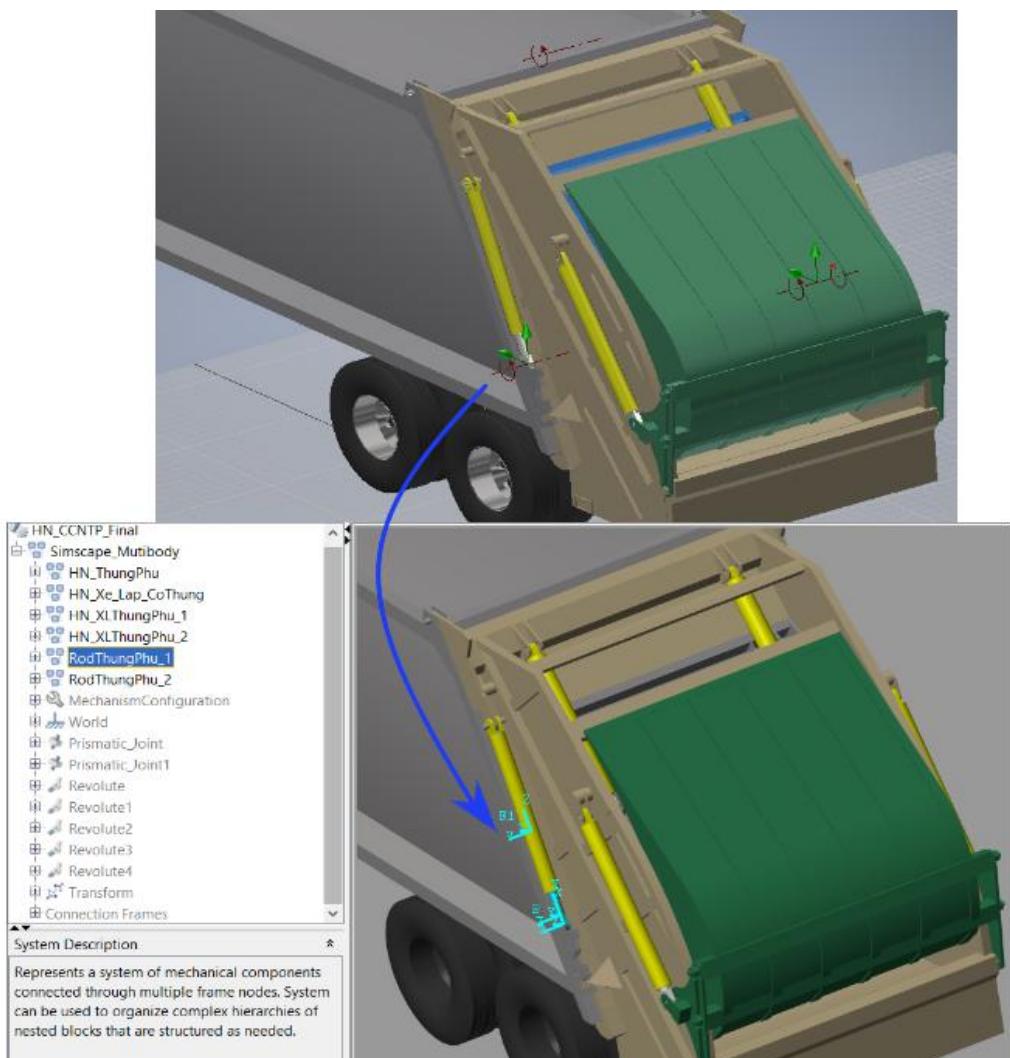
- Theo hình (3.25) khối lượng không tải của xe ép rác HINO FM8JN7A-R được xây dựng trên phần mềm Inventor gần bằng với khối lượng không tải xe đã đăng kiểm (13780 kg). Mặt khác, để việc tính toán được thuận tiện, tỉ lệ các chi tiết xây dựng trên mô hình so với các bộ phận ở xe thực tế là 1:1.



Hình 2.23 Hệ trục tọa độ chính của hai mô hình Inventor và Multibody



Hình 2.24 Trọng lực tác động lên xe theo phương Y trong trục tọa độ



Hình 2.25 Bậc tự do của cơ cấu chuyển từ môi trường Inventor sang Multibody

- Song song với đó, vật liệu dùng cho các chi tiết trên xe ép rác phải được xác định để đảm bảo đúng trọng tâm khối lượng và quán tính trong mô phỏng động lực học.

Bảng 2.2 Các chi tiết và vật liệu dùng tương ứng

| TT | Tên chi tiết                    | Vật liệu                     |
|----|---------------------------------|------------------------------|
| 1  | Cabin                           | Thép cường lực, hợp kim thấp |
| 2  | Khung Chassis                   | Thép cường lực               |
| 3  | Hệ thống treo nhíp lá trước/sau | Thép đòn hồi                 |
| 4  | Thùng ép rác                    | Thép SS400                   |
| 5  | Thùng phụ                       | Thép SS400                   |
| 6  | Xy lanh                         | Thép rèn                     |
| 7  | Bàn xả rác                      | Thép SS400                   |
| 8  | Bàn ép rác                      | Thép SS400                   |
| 9  | Bàn cào                         | Thép SS400                   |
| 10 | Máng xúc                        | Thép SS400                   |
| 11 | Chốt nối                        | Thép C45                     |
| 12 | Chốt khóa thùng                 | Thép SS400                   |

- Ngoài ra, điều kiện biên cho mô hình tính toán Simscape Multibody gồm các yếu tố sau:
  - + Xe được nối cứng với hệ trục tọa độ chính, chiều của trọng lực theo phương Y trong hệ trục tọa độ, xe đỡ trên mặt phẳng Oxz.
  - + Xy lanh và thanh ty được liên kết với nhau bằng khớp trượt, có một bậc tự do duy nhất.
  - + Khớp nối xy lanh với cơ cấu chuyên dùng là khớp bản lề có một bậc tự do, cho cả hai đầu xy lanh và thanh ty, hoặc chỉ một đầu xy lanh, đầu còn lại dùng khớp trụ có hai bậc tự do.
  - + Khối lượng của rác được tính toán trong mô hình được thay bằng ngoại lực tác dụng lên từng chi tiết tiếp xúc với nó (như bàn xả rác, máng xúc rác,...) theo từng phương cụ thể ( $x, y, z$ ) có chiều ngược chiều chuyển động của chi tiết đó.

### 5.1.2. Mô hình thủy lực Simscape Hydraulics

- Song song với mô hình động học, điều kiện biên cho mô hình tính toán Simscape Hydraulics gồm các yếu tố:
  - + Động cơ dẫn động bơm là động cơ lý tưởng, dòng truyền động từ động cơ đến PTO sang bơm piston là liên tục trong suốt quá trình vận hành, thực tế lực cản do bơm tạo ra có thể làm động cơ sụt giảm tốc độ, hoặc thậm chí tắt máy.

- + Tất cả các van điều hướng được điều khiển bằng tín hiệu đóng mở van theo vị trí (van điều hướng kiểu con trượt). Thực tế, các van này có thể đóng mở bằng cần gạt tay (ở các cơ cấu nâng thùng phụ, xả rác, xúc rác, cào - ép rác), hoặc đóng mở bằng khí nén (trong cơ cấu tự động cào - ép rác).
- + Dầu thủy lực theo chuẩn ISO VG 46 để thay thế chuẩn ISO 68 dùng trên xe rác, tuy nhiên, để độ nhớt được thống nhất trong tính toán, dầu ISO VG 46 được đưa đến nhiệt độ làm việc là 60°C với độ nhớt 32.9, tương đương với độ nhớt ở 76°C của dầu ISO 68. Các thông số tiêu chuẩn được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 2.3 Thông số kỹ thuật của hai loại nhớt ISO VG 46 và ISO 68

| Tên chỉ tiêu                                   | ISO VG 46 | ISO 68 |
|------------------------------------------------|-----------|--------|
| Khối lượng riêng tại 15°C (g/cm <sup>3</sup> ) | 0.889     | 0.87   |
| Độ nhớt ở 40°C                                 | 46        | 68     |
| Độ nhớt ở 100°C                                | 6,7       | 8,5    |
| Chỉ số nhớt                                    | 100       | 95     |

- Hệ số giảm chấn trong xy lanh thủy lực dùng ở cả hai chiều xy lanh nhằm mục đích triệt tiêu lực tác động đột ngột do đóng/mở van và đồng thời, tăng giảm vận tốc ra vào của xy lanh để thời gian hoạt động của cơ cấu mô phỏng có thể trùng khớp với thời gian của cơ cấu hoạt động thực tế.

## 5.2. Ansys Workbench

So với Matlab Simscape, điều kiện biên ở Ansys Workbench có phần đơn giản hơn, bao gồm xác định các thông số vật liệu, các ràng buộc cơ cấu (ở đây là dạng ngàm - fixed), các lực tác động lên chúng (force), các liên kết giữa các chi tiết tiếp xúc (contacts) và lực căng ban đầu của bu lông (đối với mối ghép có bu lông). Để làm rõ hơn các điều kiện biên kể trên, mục này sẽ được chia ra các phần nhỏ hơn dành cho từng điều kiện một.

### 5.2.1. Thông số vật liệu dùng trong mô phỏng

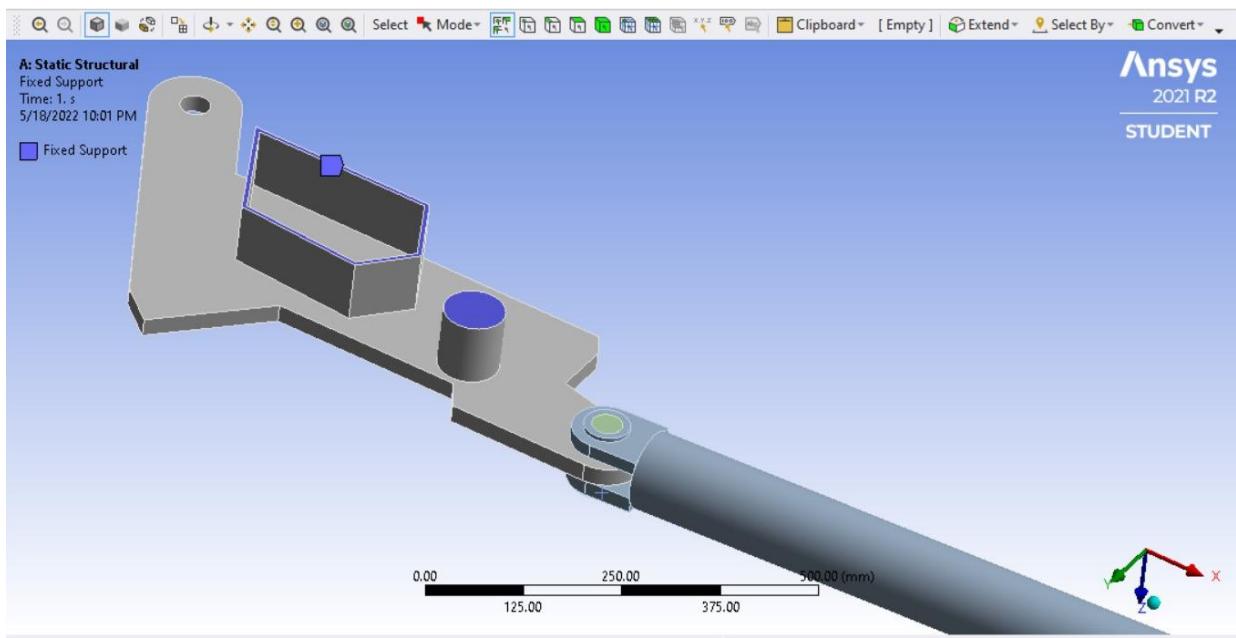
Do tính chất của xe được áp dụng là xe chở rác, nên vật liệu dùng trong mô phỏng hầu hết là thép và một phần gang đúc dùng cho các pat đứng, pat chống xô, các thông số cần thiết dùng cho mô phỏng được đề cập trong bảng sau:

Bảng 2.4 Thông số kỹ thuật các loại vật liệu dùng cho tính toán bền trong Ansys

| Tên vật liệu               | Thông số kỹ thuật của vật liệu       |                                                   |                                 |                                                                    |                                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                            | Khối lượng riêng ( $\text{g/cm}^3$ ) | Module đàn hồi (Young's Modulus) ( $\text{MPa}$ ) | Hệ số Poisson (Poisson's ratio) | Giới hạn đàn hồi khi kéo (Tensile Yield Strength) ( $\text{MPa}$ ) | Độ bền kéo giới hạn (Tensile Ultimate Strength) ( $\text{MPa}$ ) |
| ATSM 216 Cast Carbon Steel | 7,8                                  | $1,9 \cdot 10^5$                                  | 0,29                            | 280                                                                | 570                                                              |
| Bolt 8.8                   | 7,85                                 | $2,12 \cdot 10^5$                                 | 0,3                             | 640                                                                | 800                                                              |
| Bolt 8.8 M18+              | 7,85                                 | $2,12 \cdot 10^5$                                 | 0,3                             | 660                                                                | 830                                                              |
| C45                        | 7,8                                  | $1,9 \cdot 10^5$                                  | 0,29                            | 460                                                                | 750                                                              |
| HINO Frame                 | 7,85                                 | $2,08 \cdot 10^5$                                 | 0,28                            | 392                                                                | 540                                                              |
| Quarter Hard 304 SS        | 7,85                                 | $2 \cdot 10^5$                                    | 0,28                            | 580                                                                | 960                                                              |
| SS400                      | 7,85                                 | $2,06 \cdot 10^5$                                 | 0,3                             | 400                                                                |                                                                  |

### 5.2.2. Ràng buộc cơ cấu

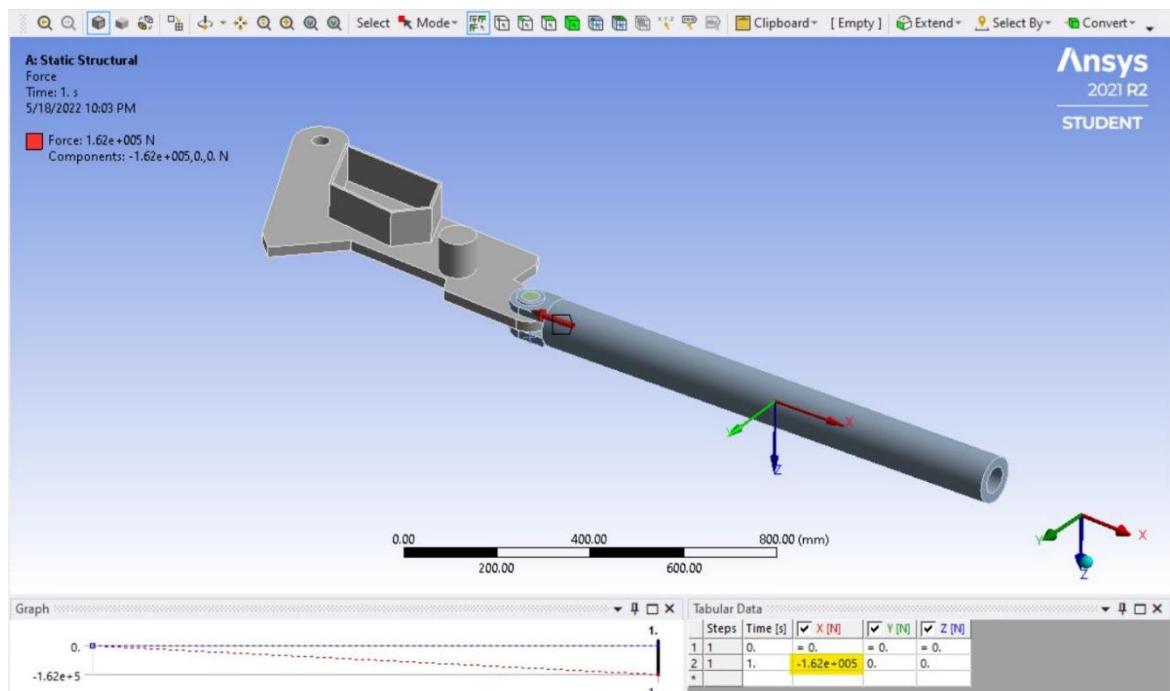
Trong bất kỳ bài toán sức bền vật liệu nào, các ràng buộc là điều kiện tiên quyết để xác định được trạng thái biến dạng của vật thể khi chịu lực, nếu vật thể không có sự ràng buộc tương đối, nó sẽ bị lực tác dụng làm cho dịch chuyển thay vì biến dạng hoặc chuyển vị. Có nhiều dạng ràng buộc (ngàm cứng, gối tựa 1 bậc tự do, khớp bản lề, khớp cầu,...) nhưng trong các bài toán tính toán bằng Ansys, tất cả ràng buộc đều là nối cứng (fixed). Hình 2.26 biểu diễn trạng thái ràng buộc của bài toán mô phỏng chốt nối xy lanh với thùng phụ.



Hình 2.26 Trạng thái ngàm cứng 2 bè mặt đà ngang của thùng phụ và chốt đỡ vênh (phần màu tím)

### 5.2.3. Ngoại lực tác dụng lên cơ cấu

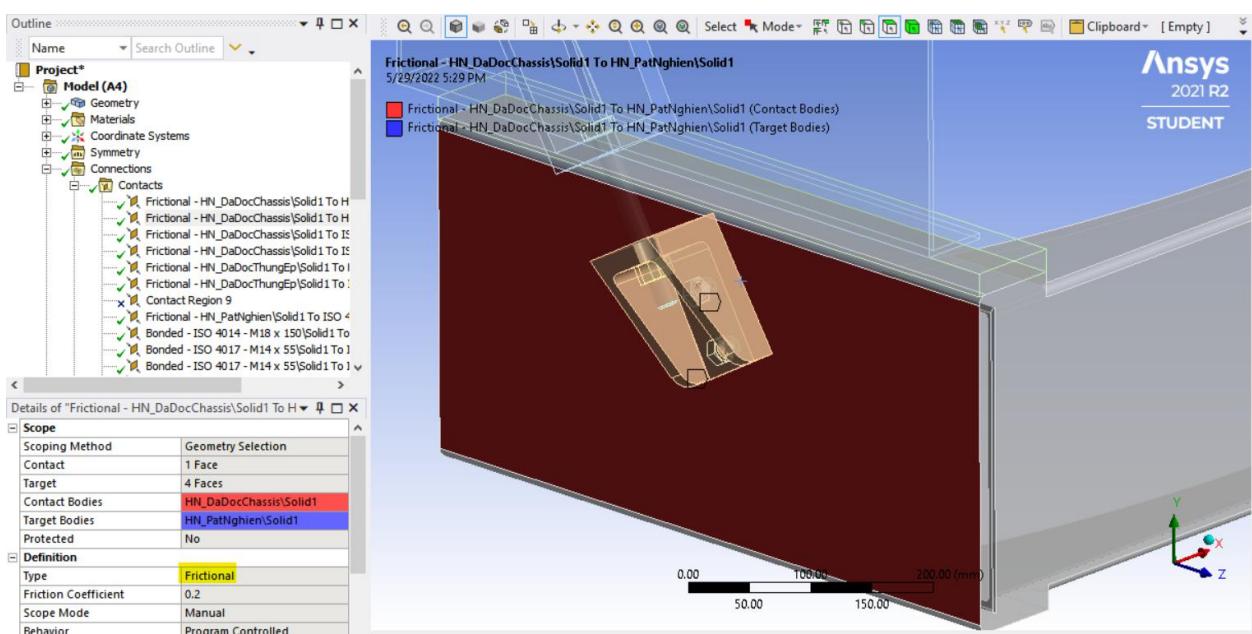
Bên cạnh việc xác định giới hạn bậc tự do của chi tiết thông qua ràng buộc cơ cấu, thành phần ngoại lực cần được đưa vào bài toán để xác định chuyển vị và ứng suất của vật liệu, từ đó có thể đánh giá được hệ số an toàn trong tính toán - đây cũng là thông số chính trong đánh giá độ bền của vật liệu khi chịu tác dụng của ngoại lực. Hình 2.27 mô tả về độ lớn và phương của lực được thiết lập trong tính toán.



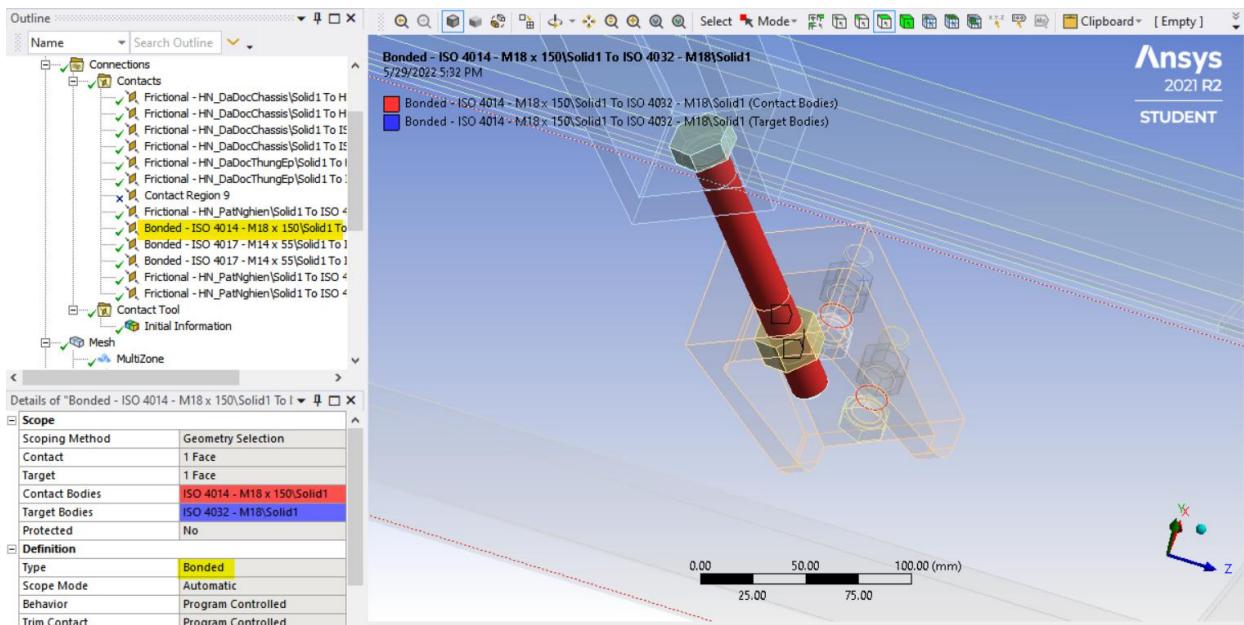
Hình 2.27 Lực tác dụng lên xy lanh thuỷ lực theo phương X trên trực toạ độ thiết lập

#### 5.2.4. Liên kết giữa các chi tiết tiếp xúc

Như đã đề cập ở mục 4.2.1. các liên kết lắp trong mô hình 3D của cơ cấu chỉ có bản chất là ràng buộc lắn nhau, chúng không phải là một hệ vật lý như thực tế, nếu mất đi ràng buộc, các chi tiết sẽ xâm nhập lắn nhau (penetration). Vì vậy, cần đưa ra các liên kết giữa các chi tiết để ngăn chặn sự xâm nhập (bằng phương pháp hàm phạt hoặc phương pháp nhân tử Lagrange tăng cường). Có nhiều loại liên kết tiếp xúc, như ma sát (frictional), hàn (bonded), không ma sát (frictionless), không tách rời (Non separate),... trong đó, liên kết ma sát và liên kết hàn được dùng chủ yếu trong tính toán các bài toán bu lông và chốt. Hình 2.28 và 2.29 minh họa các liên kết dùng trong Ansys.



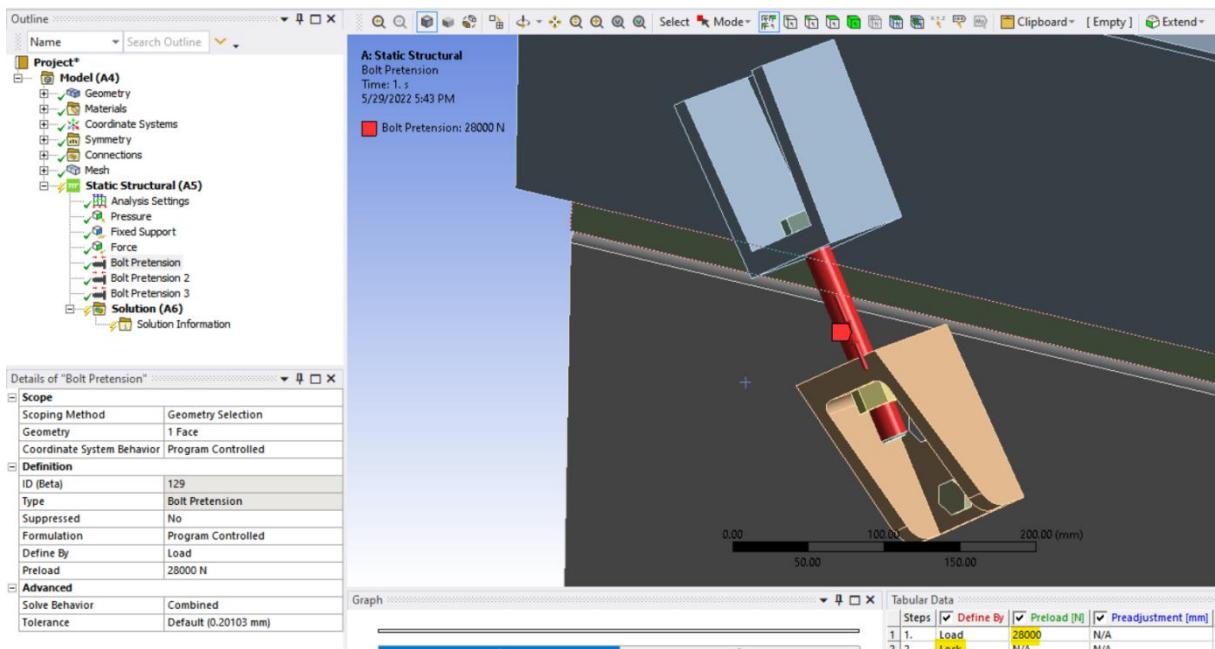
Hình 2.28 Liên kết ma sát (Frictional) giữa mặt bên đà dọc chassis và mặt sau pat chόng xô



Hình 2.29 Liên kết nối cứng (Bonded) giữa bu lông M18 và đai ốc

### 5.2.5. Lực căng ban đầu của bu lông

Trong tính toán mối ghép bu lông, thân bu lông chịu lực tổng hợp không chỉ từ ngoại lực tác động mà còn có lực căng khi xiết ở trên thân nó lúc ban đầu (cân bằng lực ở mối ghép bu lông), việc tạo lực căng ban đầu trước khi tác dụng lực lên chi tiết trong mối ghép là quan trọng để tránh trường hợp vừa có lực căng vừa có lực tác động lên bu lông, vì thế dẫn đến kết quả không đáng tin cậy.



Hình 2.30 Lực căng ban đầu trong bu lông liên kết

Đây cũng là mục cuối cùng trong chương 2, về tổng thể, chương này đưa ra các công thức tính toán liên quan đến hệ thống thủy lực, bài toán động học cơ cấu, tính

toán mồi ghép bu lông và các công thức trong phương pháp mô phỏng bằng Matlab Simscape và Ansys Workbench. Các công thức này đưa ra nhằm để tính toán các số liệu làm cơ sở để kiểm chứng kết quả mô phỏng so với cách tính toán cổ điển. Chương kê tiếp là bước tiếp theo của quy trình thực hiện luận văn tốt nghiệp - xây dựng mô hình 3D của xe ép rác.

## CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG MÔ HÌNH 3D XE ÉP RÁC

Chương này nằm trong bước thứ hai của quy trình thực hiện luận văn, nhằm làm rõ quá trình xây dựng mô hình 3D bằng phần mềm Inventor thông qua khảo sát quá trình chế tạo xe ép rác HINO FM8JN7A-R. Bao gồm các phần giới thiệu, xây dựng mô hình 3D của các bộ phận chuyên dùng trong xe ép rác, tính toán sức kéo, thực hiện kiểm tra mô hình và các bản vẽ bố trí chung của nó. Sau đây là phần giới thiệu sơ lược về xe ép rác loại 18 khối dùng cơ cấu nạp là máng xúc.

### 1. Giới thiệu xe ép rác máng xúc 18 khối HINO FM8NJ7A-R

Được xây dựng từ xe nền HINO FM8JN7A-R với trọng lượng toàn bộ 24000kg, xe ép rác tại Đức Long auto được đăng kiểm với nhãn hiệu HINO FM8JN7A-R/DUL-ER10.025, với các thông số kỹ thuật cơ bản như sau:

Bảng 3.1 Thông số kỹ thuật ô tô cơ sở

| TT  | Nội dung                                        |                                   |      |
|-----|-------------------------------------------------|-----------------------------------|------|
| 1   | <b>Thông tin chung</b>                          |                                   |      |
| 1.1 | Loại phương tiện                                | Ô tô tải                          |      |
| 1.2 | Tên hãng - Mã loại                              | HINO - FM8JN7A-R                  |      |
| 1.3 | Công thức bánh xe                               | 6x4                               |      |
| 1.4 | Buồng lái                                       | 3 chỗ ngồi, có chỗ nằm cho tài xế |      |
| 2   | <b>Thông số kích thước</b>                      |                                   |      |
| 2.1 | Chiều dài cơ sở (mm)                            | 4030 + 1350                       |      |
| 2.2 | Chiều dài toàn bộ (mm)                          | 8700                              | 8800 |
| 2.3 | Chiều rộng toàn bộ (mm)                         | 2490                              | 2500 |
| 2.4 | Chiều cao (mm)                                  | 2795                              | 3550 |
| 2.5 | Chiều rộng cơ sở (Vết bánh xe) (trước/sau) (mm) | 2050/1855                         |      |

|          |                                                                    |                                                                    |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.6      | Khoảng sáng gầm xe (mm)                                            | 270                                                                |            |
| <b>3</b> | <b>Thông số về trọng lượng</b>                                     |                                                                    |            |
| 3.1      | Trọng lượng bản thân (kg)                                          | 7540                                                               | 13780      |
| 3.2      | Trọng lượng toàn bộ (kg)                                           |                                                                    | 24000      |
| 3.3      | Phân bố trọng lượng lên cầu trước/sau (kg)                         | 3120/4420                                                          | 3570/10210 |
| 3.5      | Trọng lượng toàn bộ cho phép lên trực trước/sau (kg)               | 6500/20000                                                         |            |
| <b>4</b> | <b>Thông số về tính năng chuyển động</b>                           |                                                                    |            |
| 4.1      | Vận tốc tối đa của xe cơ sở (km/h)                                 | 81,2                                                               |            |
| 4.2      | Khả năng vượt dốc (%)                                              | 37,4                                                               |            |
| 4.3      | Bán kính quay vòng lớn nhất (tính theo vệt bánh xe phía ngoài) (m) | 9,5                                                                |            |
| <b>5</b> | <b>Thông số động cơ</b>                                            |                                                                    |            |
| 5.1      | Mã động cơ                                                         | J08E-WD                                                            |            |
| 5.2      | Loại động cơ                                                       | Diesel 4 kỳ, 6 xy lanh thẳng hàng, làm mát bằng dung dịch, tăng áp |            |
| 5.3      | Số xy lanh                                                         | 6                                                                  |            |
| 5.4      | Dung tích xy lanh (cc)                                             | 7684                                                               |            |
| 5.5      | Đường kính xy lanh x hành trình piston                             | 112 x 130                                                          |            |
| 5.6      | Tỷ số nén                                                          | 18:1                                                               |            |
| 5.7      | Công suất cực đại (kW/rpm)                                         | 206@2500rpm                                                        |            |

|          |                                                          |                                                         |
|----------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 5.8      | Moment xoắn cực đại<br>(Nm/rpm)                          | 824@1500rpm                                             |
| 5.9      | Hệ thống làm mát                                         | Làm mát bằng dung dịch                                  |
| <b>6</b> | <b>Hệ thống lái</b>                                      | Trục vít, ecu bi                                        |
| 6.1      | Tỷ số truyền                                             | 20,2                                                    |
| 6.2      | Dẫn động                                                 | Cơ khí có trợ lực thủy lực                              |
| 6.3      | Góc quay lớn nhất của bánh xe dẫn hướng (trái/phải) (độ) | 47/47                                                   |
| <b>7</b> | <b>Hệ thống phanh</b>                                    | Tang trống cho tất cả các trục, dẫn động khí nén 2 dòng |
| <b>8</b> | <b>Hệ thống treo</b>                                     | Kiểu phụ thuộc, nhíp lá                                 |
| <b>9</b> | <b>Bộ trích công suất</b>                                | KOZMAGSAN HN.09.M009                                    |
| 9.1      | Tỉ số truyền từ động cơ đến bộ trích công suất           | 1:0,64                                                  |
| 9.2      | Tỉ số truyền bộ trích công suất                          | 1:1                                                     |

## 2. Xây dựng mô hình 3D xe ép rác bằng phần mềm INVENTOR

Trong quá trình kiến tập tại công ty Đức Long và với sự hỗ trợ của các anh chị trong công ty thêm vào sự tham khảo các thông số xe của nhà sản xuất, nhóm đã đo đạc và vẽ lại các chi tiết của xe ép rác trên phần mềm Inventor và xây dựng được mô hình 3D của xe ép rác như hình bên dưới:

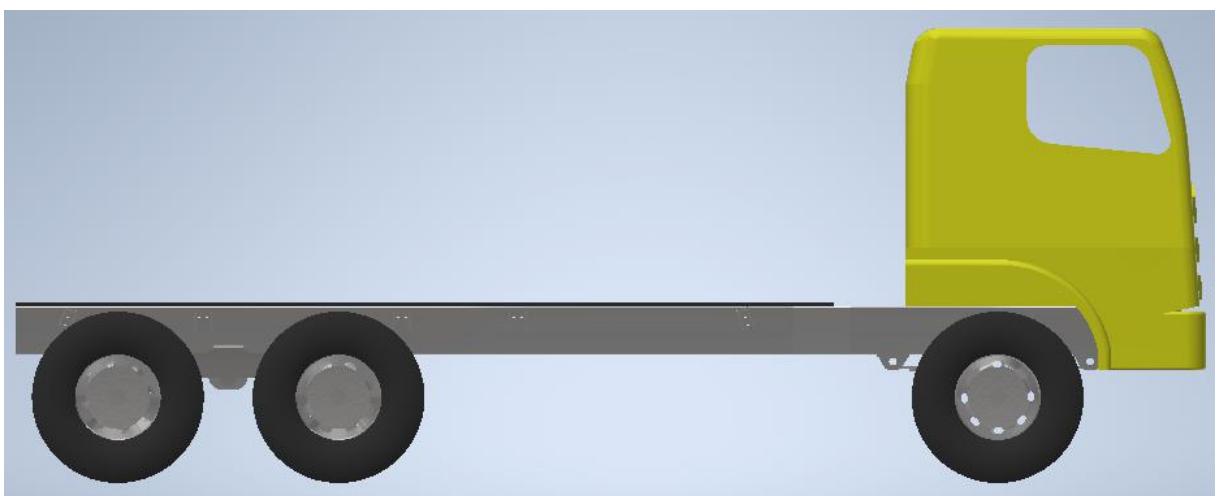
### 2.1. Xe cơ sở



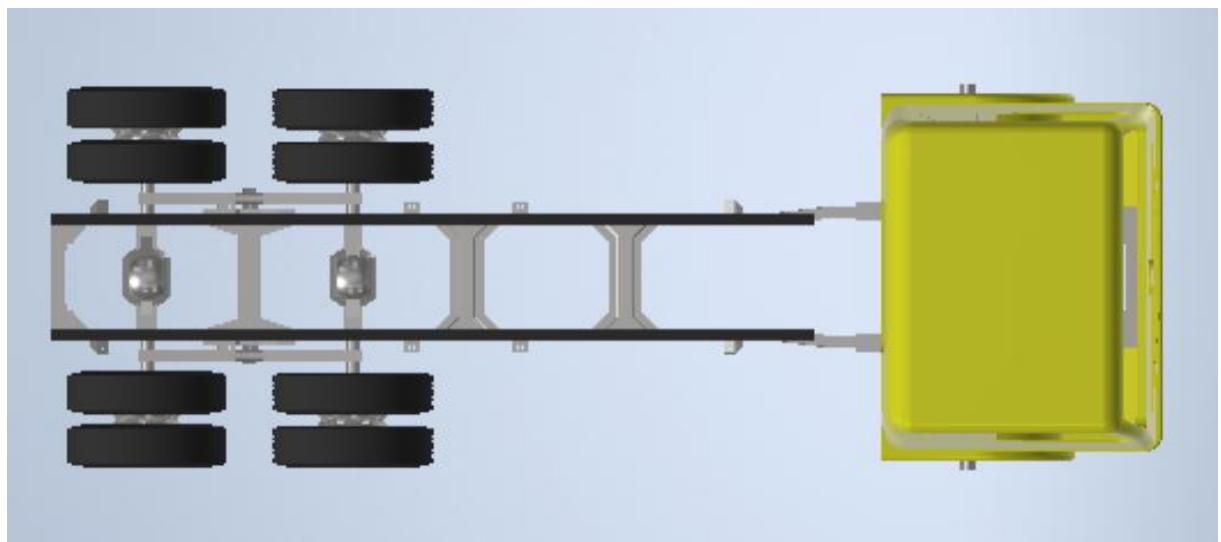
Hình 3.1 Mô hình 3D Inventor của xe cơ sở



Hình 3.2 Mặt trước của mô hình xe cơ sở

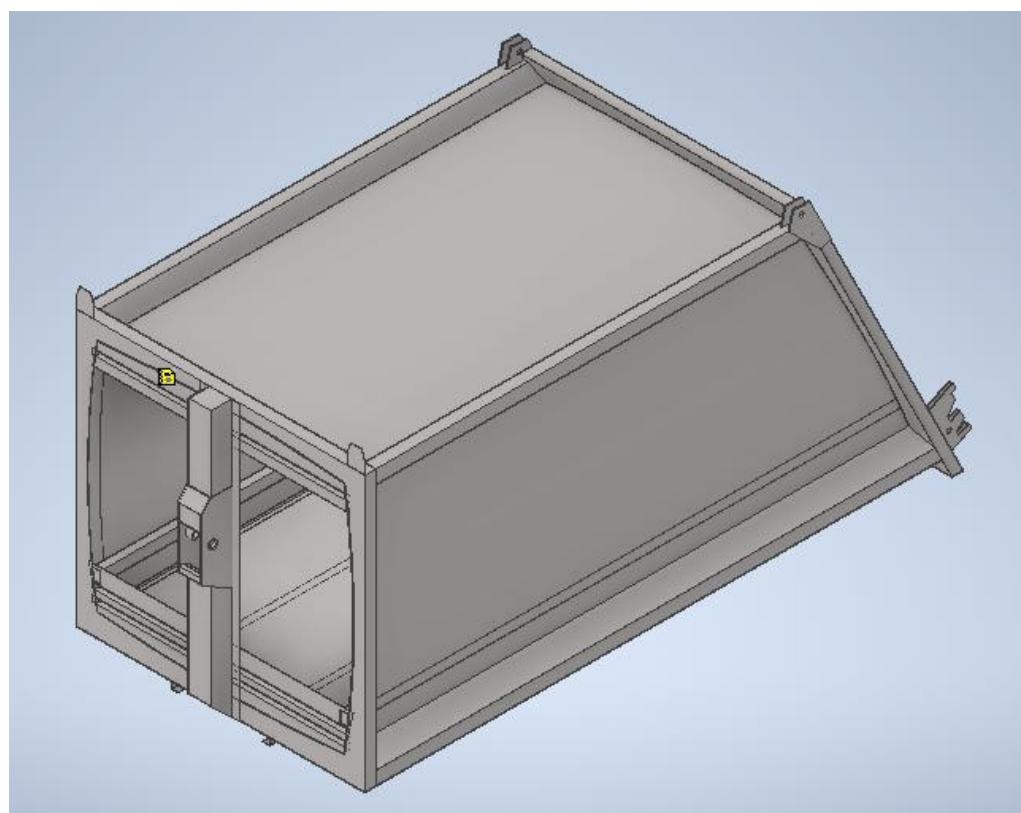


Hình 3.3 Mặt bên (nhìn từ bên phải) của mô hình xe cơ sở

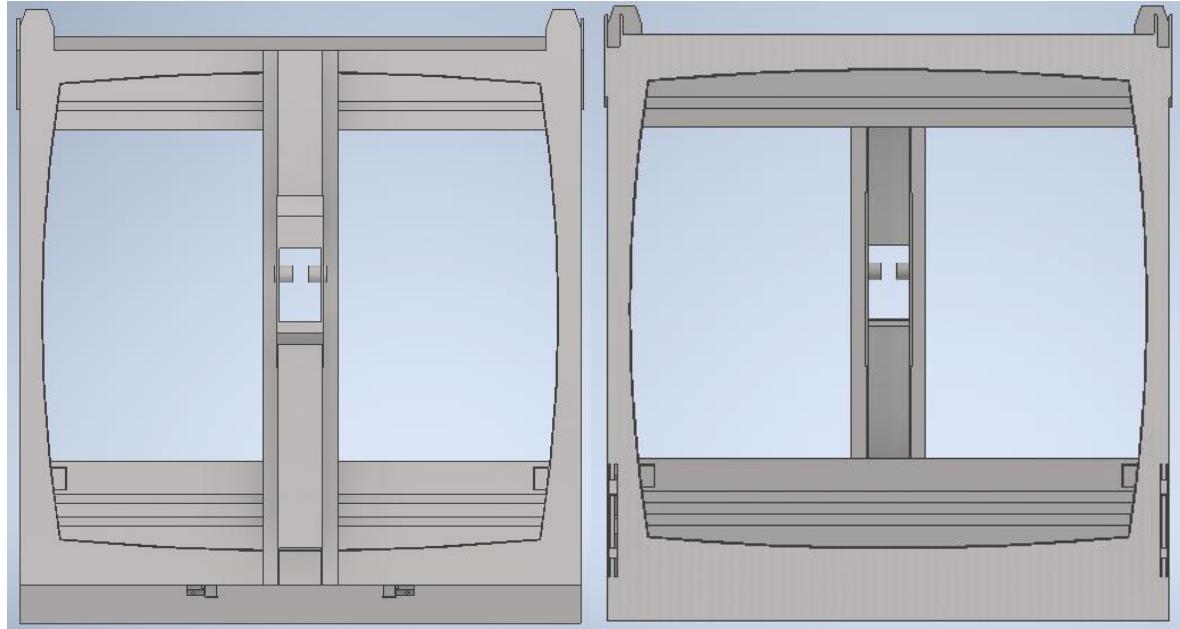


Hình 3.4 Phía trên của mô hình xe cơ sở

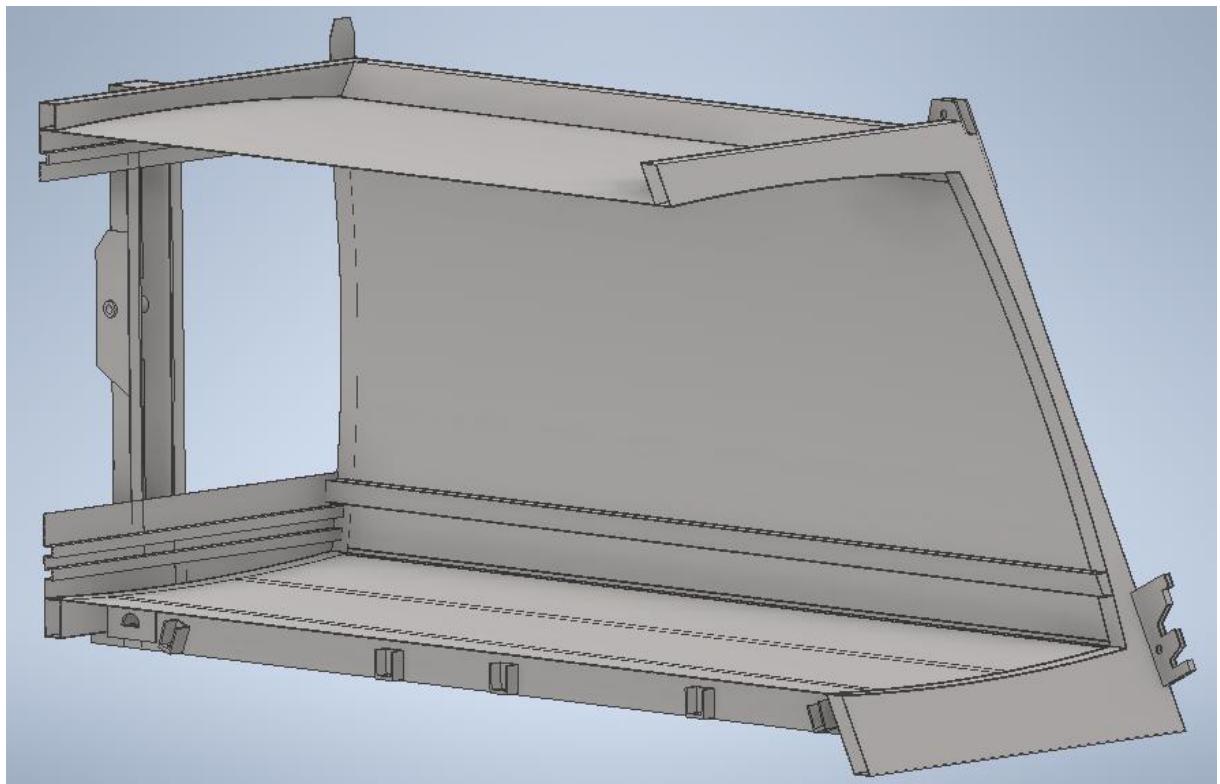
## 2.2. Thùng chính



Hình 3.5 Mô hình 3D Inventor của thùng chính chứa rác của xe ép rác



Hình 3.6 Mặt trước (trái) và mặt sau (phải) của thùng chính



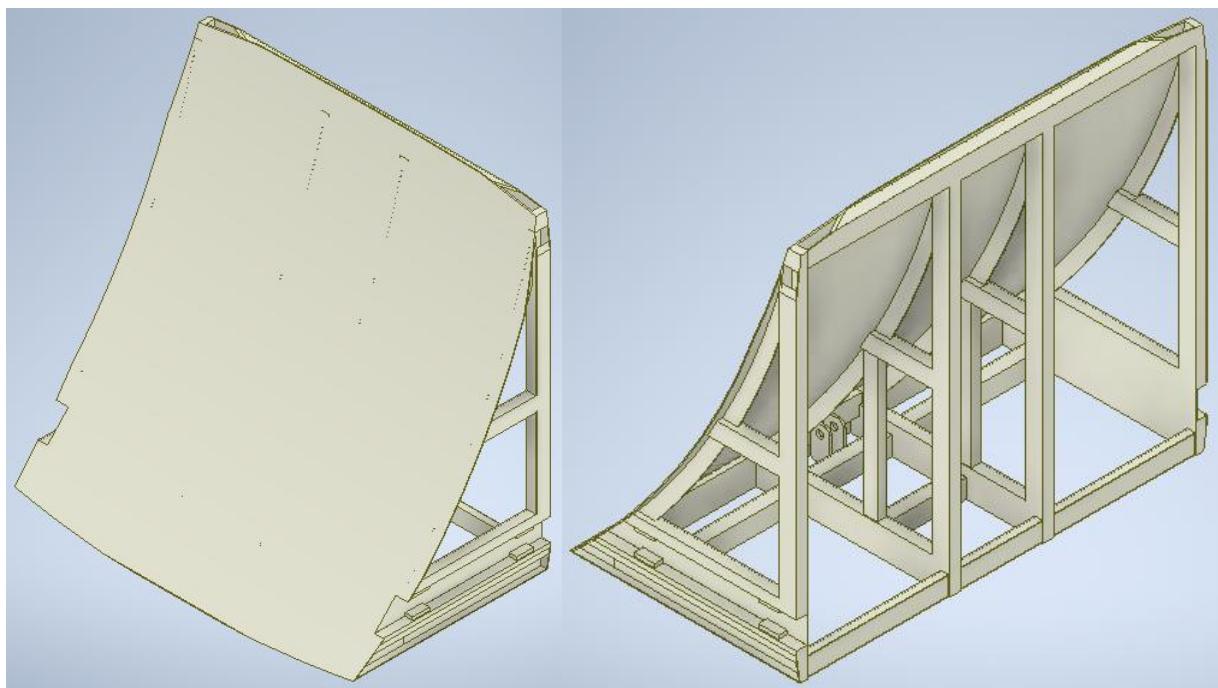
Hình 3.7 Mặt cắt từ bên phải của thùng chính

### **2.3. Xy lanh tầng**



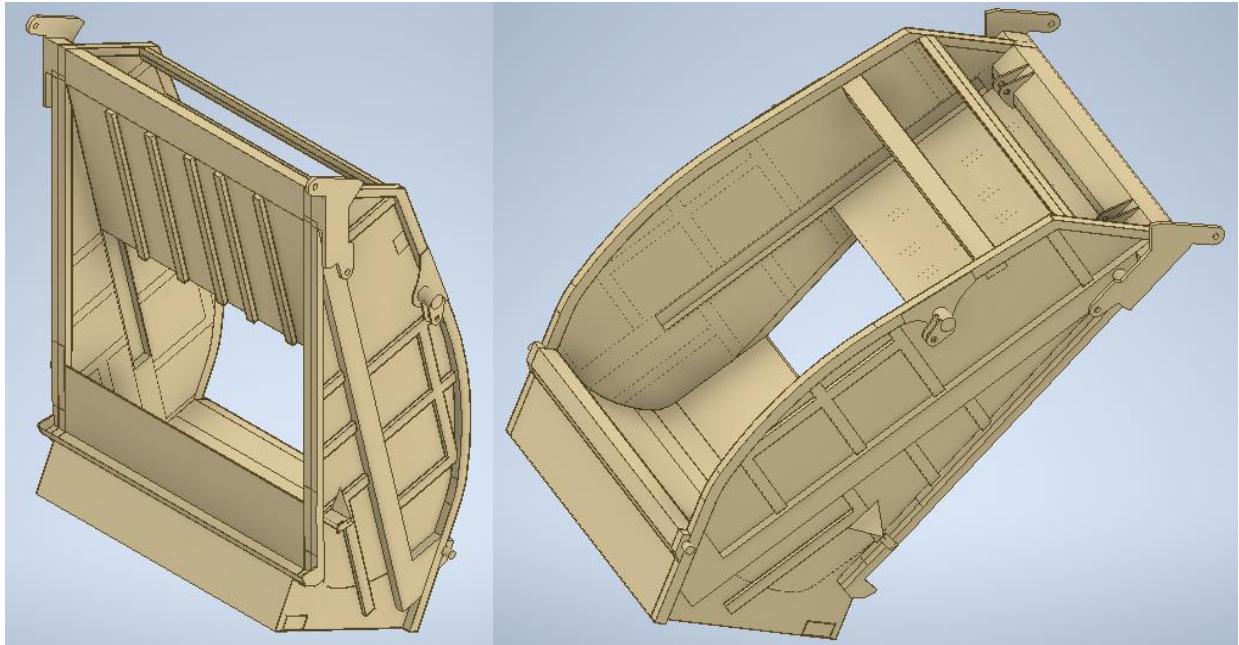
Hình 3.8 Mô hình 3D Inventor xy lanh tầng điều khiển bàn xả rác

### **2.4. Bàn xả rác**



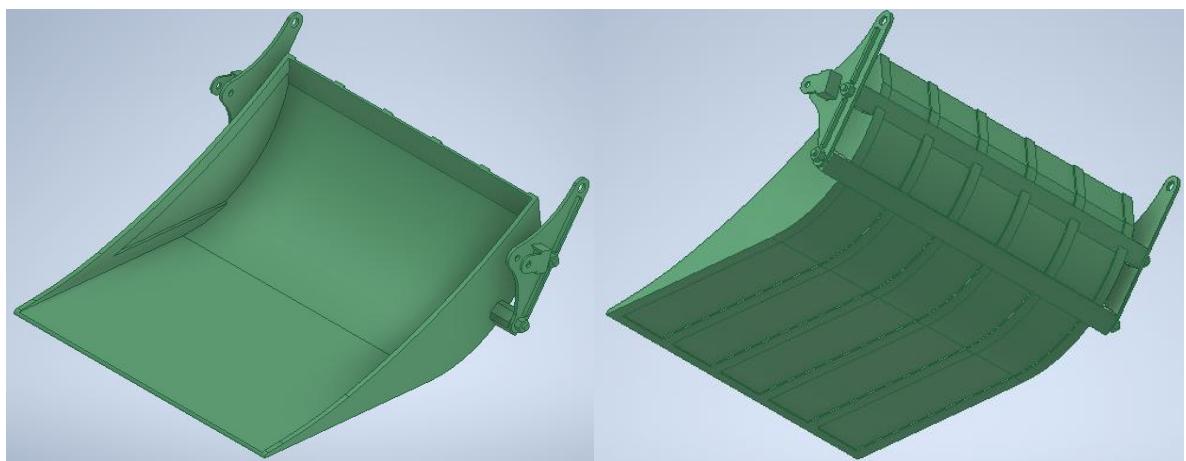
Hình 3.9 Mô hình 3D Inventor bàn xả rác mặt trước (trái) và mặt sau (phải)

## 2.5. Thùng phụ



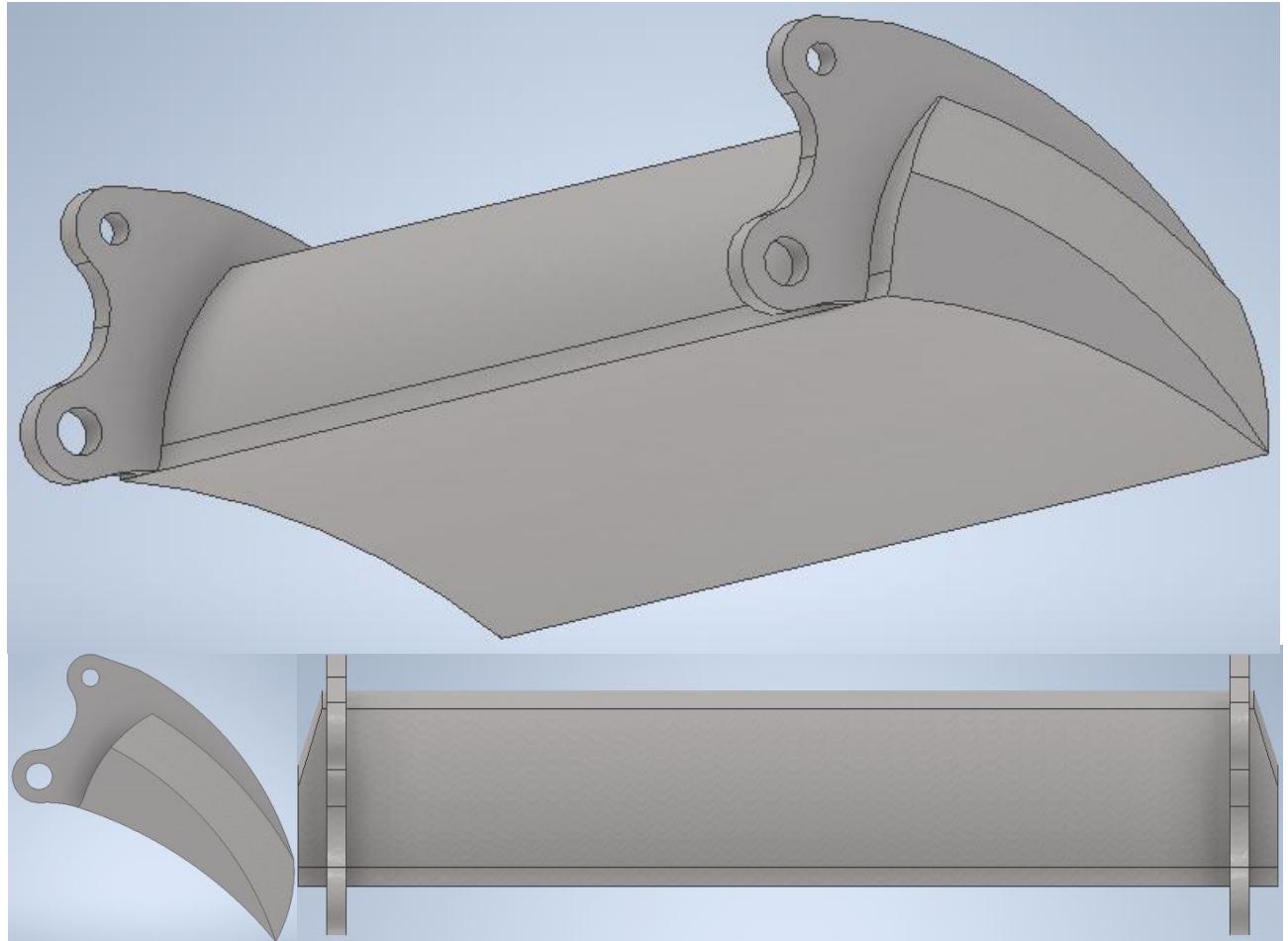
Hình 3.10 Mô hình 3D Inventor thùng phụ

## 2.6. Máng xúc



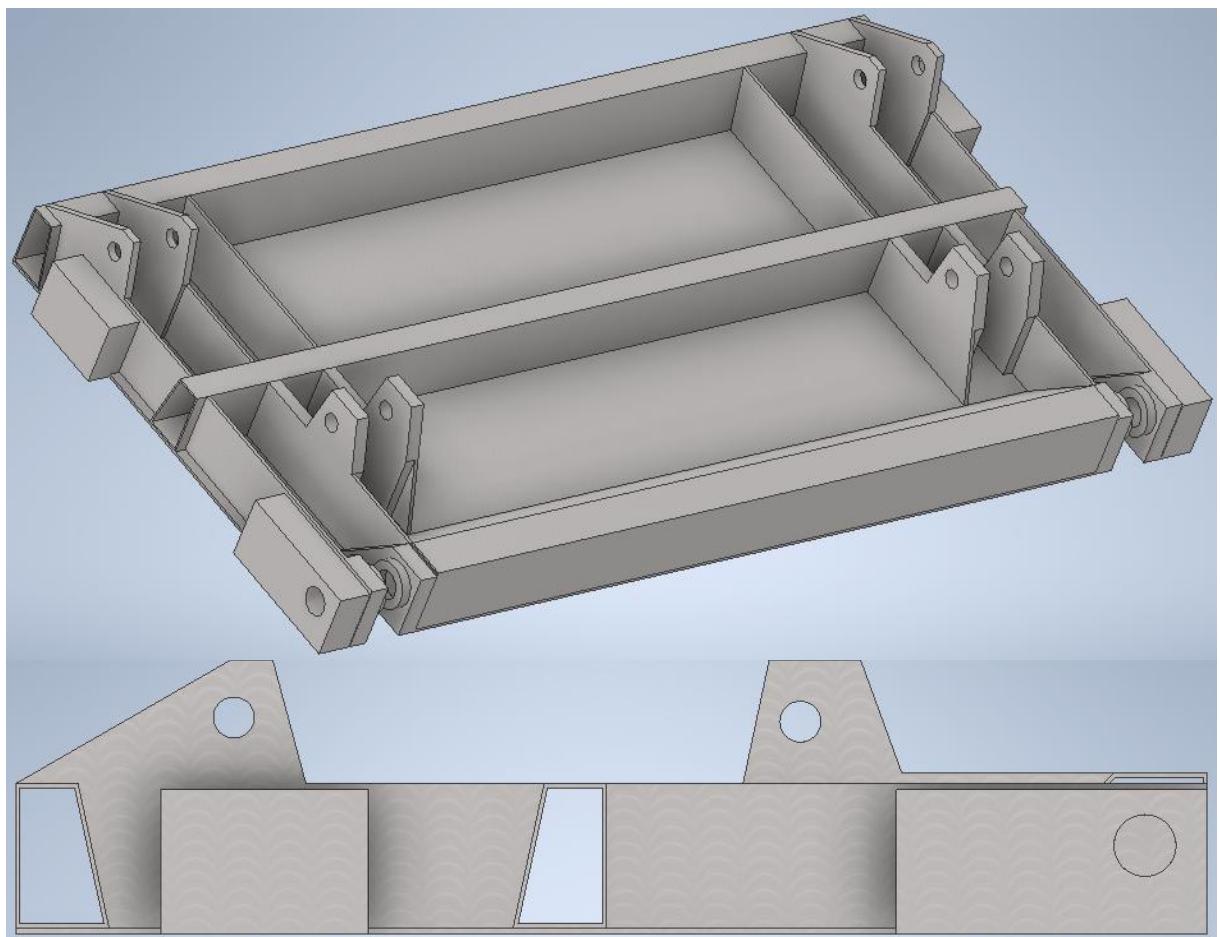
Hình 3.11 Mô hình 3D Inventor máng xúc

## **2.7. Bàn cào**



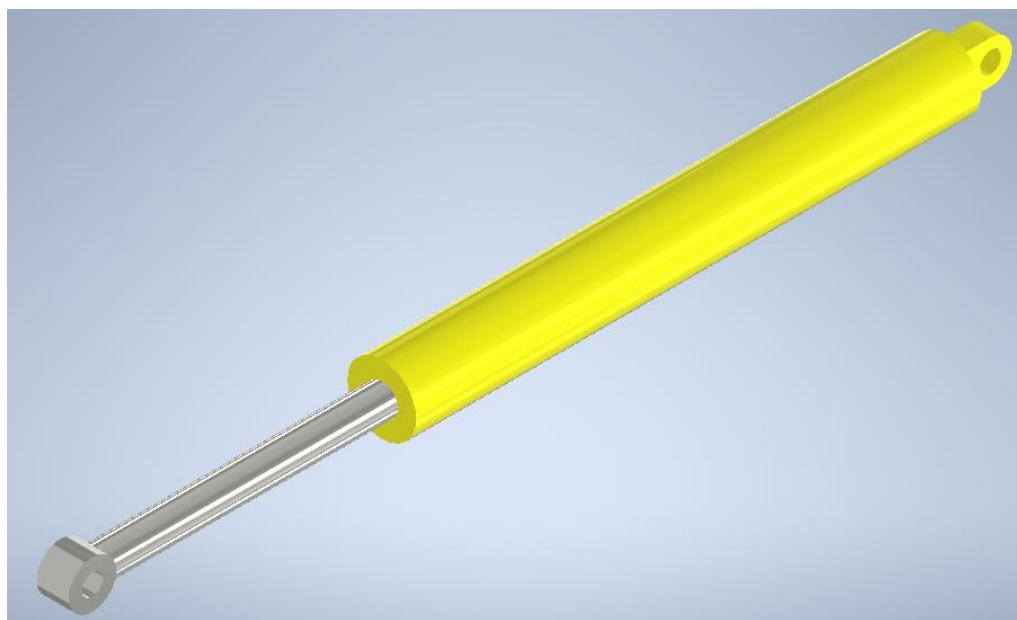
Hình 3.12 Mô hình 3D Inventor bàn cào

## **2.8. Bàn ép**



Hình 3.13 Mô hình 3D Inventor bàn ép

## 2.9. Xy lanh thuỷ lực điều khiển cơ cầu chuyên dùng



Hình 3.14 Mô hình 3D Inventor xy lanh điều khiển cơ cầu chuyên dùng

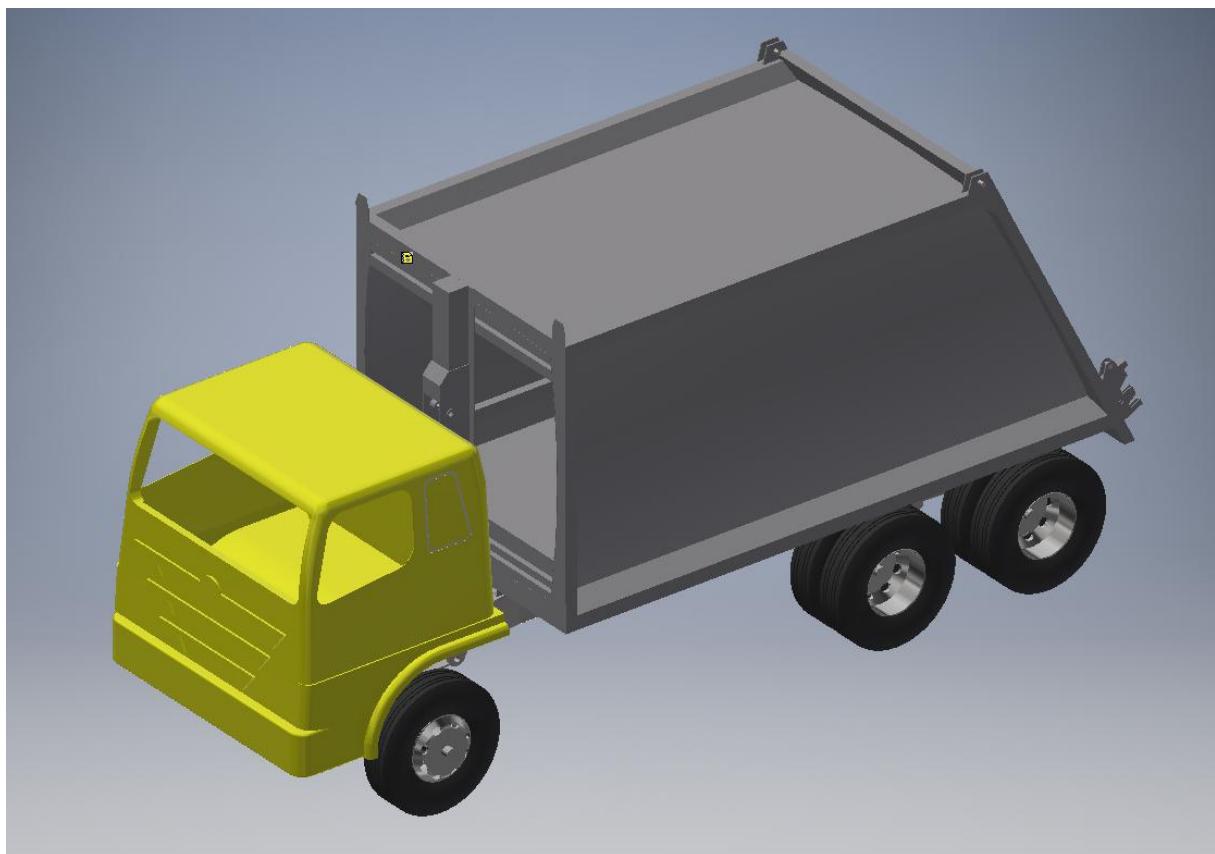
## 2.10. Xe ép rác HINO



Hình 3.15 Mô hình 3D Inventor xe ép rác HINO

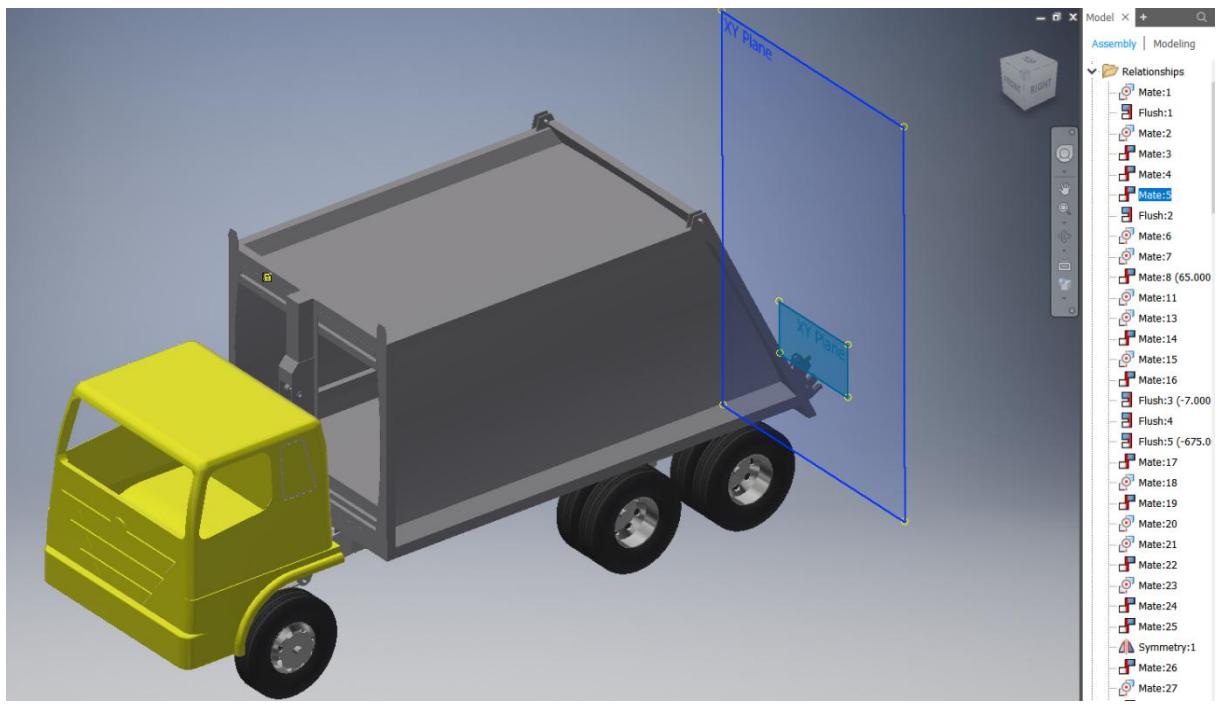
## 2.11. Mô hình xe cơ sở và thùng ép

Để đơn giản hóa mô hình khi nhập vào Matlab, cần thiết lập các cụm lắp riêng biệt để từ đó nhập vào cụm lắp cho một hệ thống cụ thể, ví dụ trong cơ cấu xả rác, cần phải có các cụm lắp như xe cơ sở lắp có thùng, bàn xả rác lắp chốt nóni, các tầng của xy lanh thủy lực. Mô hình được lắp với nhau bởi các ràng buộc bậc tự do giữa các chi tiết, trong tất cả các mô hình, xe cơ sở và thùng ép (đã được lắp lại với nhau ở bản vẽ lắp trước đó, sau đó mô hình bản vẽ lắp này được nhập vào trong một bản lắp khác, Hình 3.16) được ràng buộc với 0 bậc tự do, có nghĩa là xe không thể chuyển động trong quá trình mô phỏng, để khi chuyển sang mô hình Matlab Multibody, xe sẽ không bị hiện tượng “rơi tự do”<sup>1</sup> mà không có điểm dừng. Các ràng buộc đó là các ràng buộc ở ba mặt phẳng XY, XZ và YZ ứng với hệ tọa độ trung tâm của mô hình.

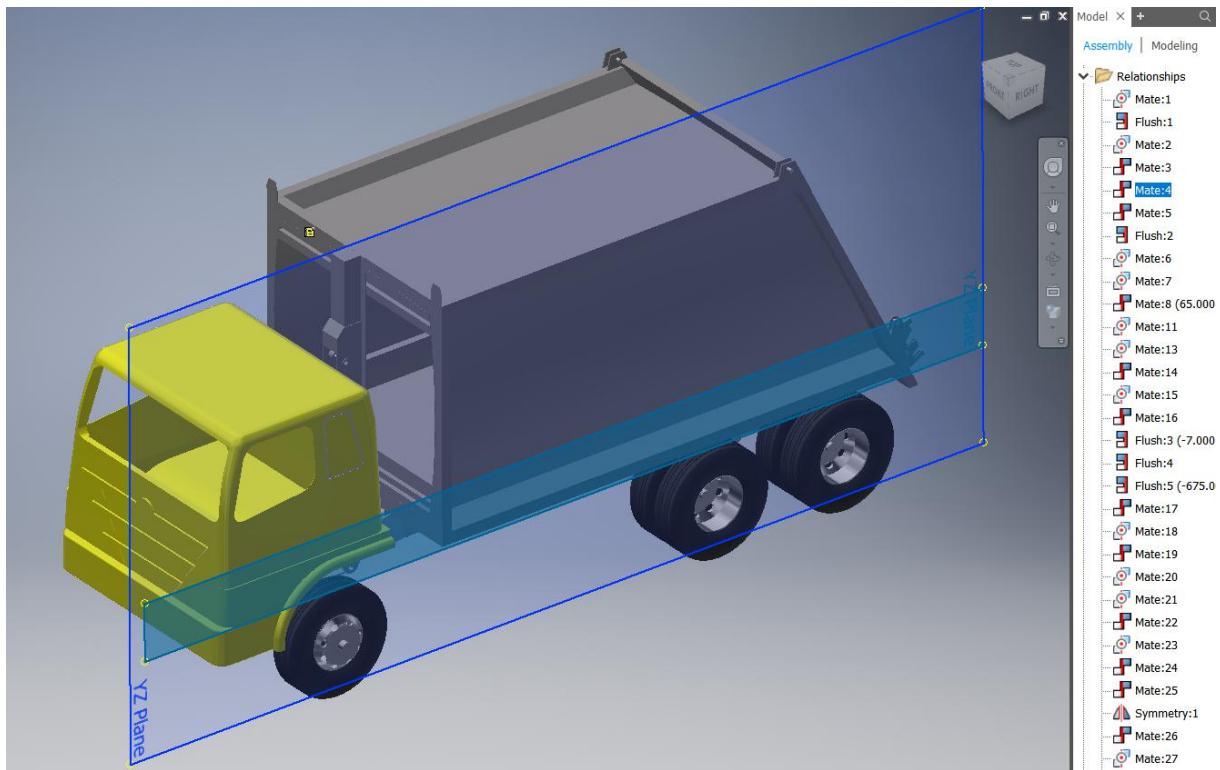


Hình 3.16 Mô hình lắp của xe cơ sở và thùng ép dùng làm module cho các mô hình mô phỏng khác nhau

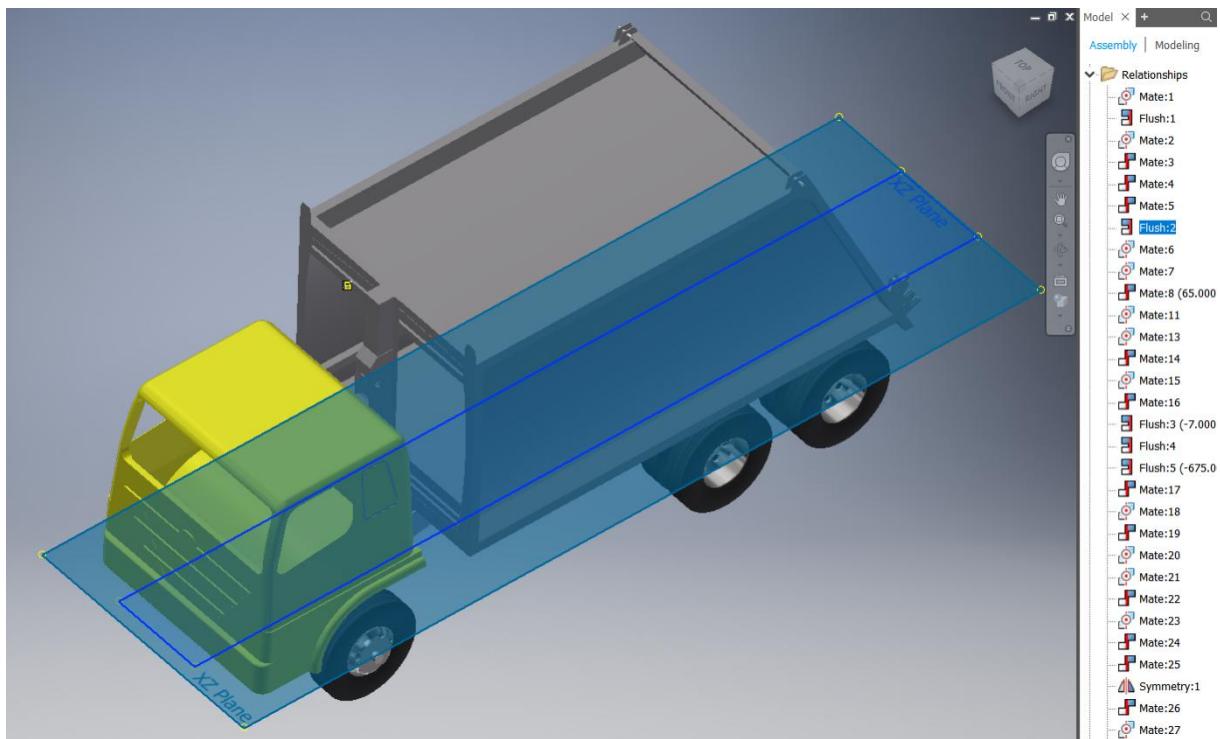
<sup>1</sup> Rơi tự do là hiện tượng thường gặp khi không ràng buộc cơ cấu với trực tọa độ trung tâm trong quá trình xuất file từ Inventor sang nhập file vào Matlab sau đó kiểm tra chuyển động của hệ thống thông qua Mechanics Explorer bằng cách nhấn “RUN”



Hình 3.17 Ràng buộc mặt phẳng XY giữa xe lắp có thùng và hệ tọa độ trung tâm



Hình 3.18 Ràng buộc mặt phẳng YZ giữa xe và hệ tọa độ trung tâm



Hình 3.19 Ràng buộc mặt phẳng XZ giữa xe cơ sở và hệ tọa độ trung tâm

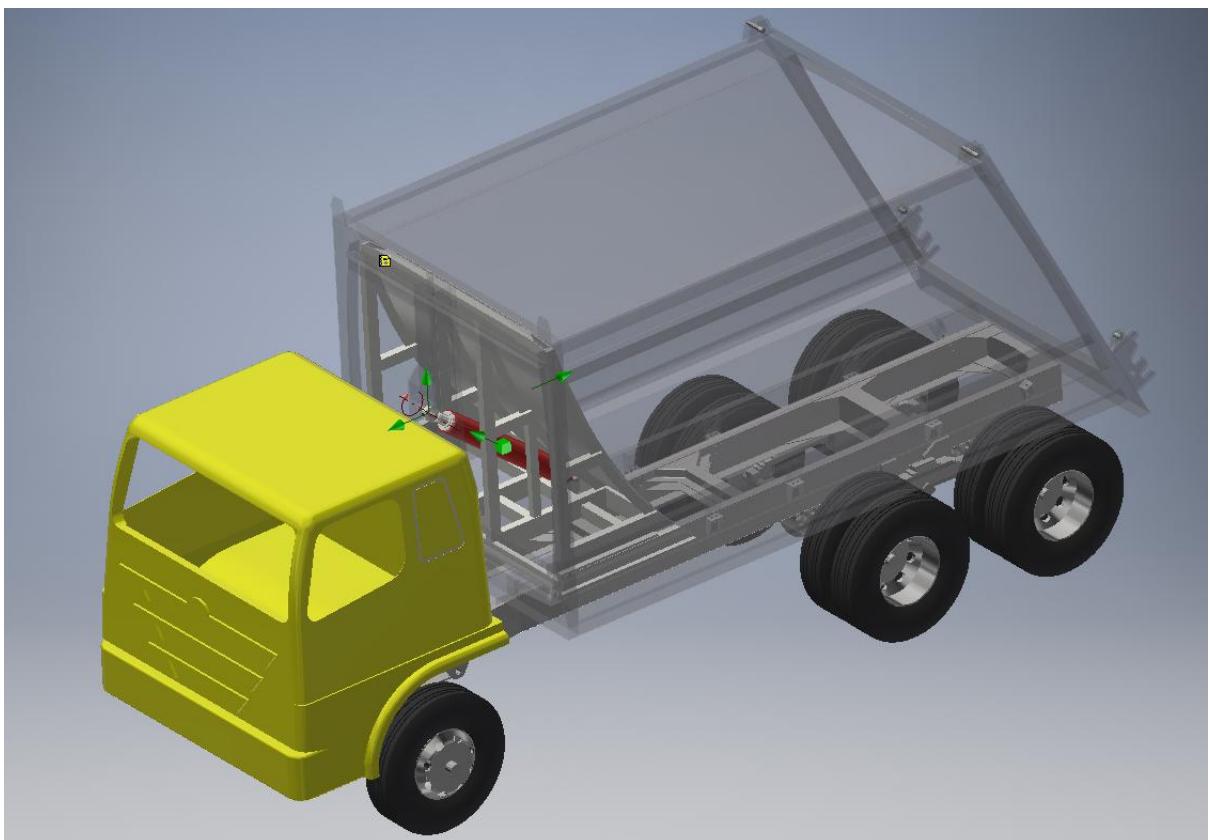
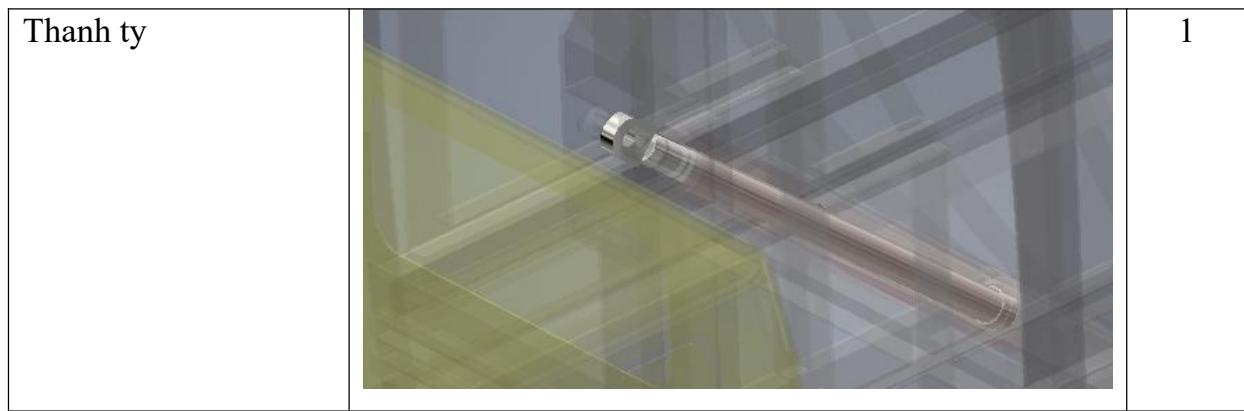
## 2.12. Mô hình cơ cấu xả rác

- Cơ cấu xả rác gồm một xy lanh tầng lắp vào đà dọc trước thùng ép, một bàn xả rác đã lắp chốt trượt tịnh tiến theo chiều dài thùng và một xe cơ sở có lắp thùng và chốt nối thanh ty xy lanh tầng. Cần lưu ý rằng, các tên chi tiết có từ “lắp” đều là bản vẽ lắp thành cụm riêng biệt. Các chi tiết được liệt kê ở bảng dưới.

Bảng 3.2 Tên các chi tiết có trong cơ cấu xả rác

| Tên chi tiết         | Hình dạng | Số lượng |
|----------------------|-----------|----------|
| Xe có thùng lắp chốt |           | 1        |

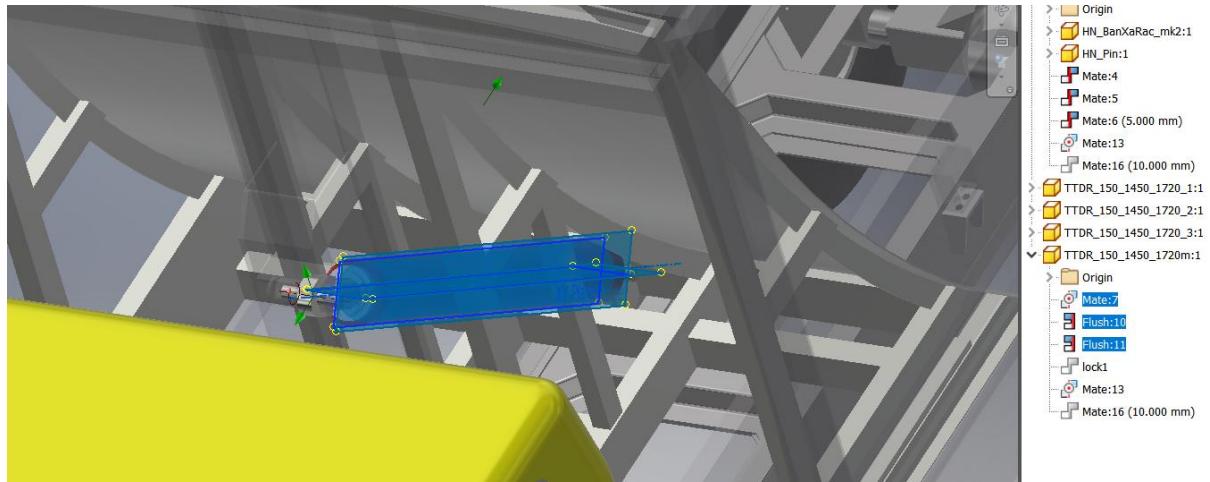
|                 |  |   |
|-----------------|--|---|
| Bàn xả lắp chốt |  | 1 |
| Xy lanh chính   |  | 1 |
| Xy lanh tầng 1  |  | 1 |
| Xy lanh tầng 2  |  | 1 |



Hình 3.20 Mô hình cơ cấu xả rác và các bậc tự do của các chi tiết chuyển động trong cơ cấu

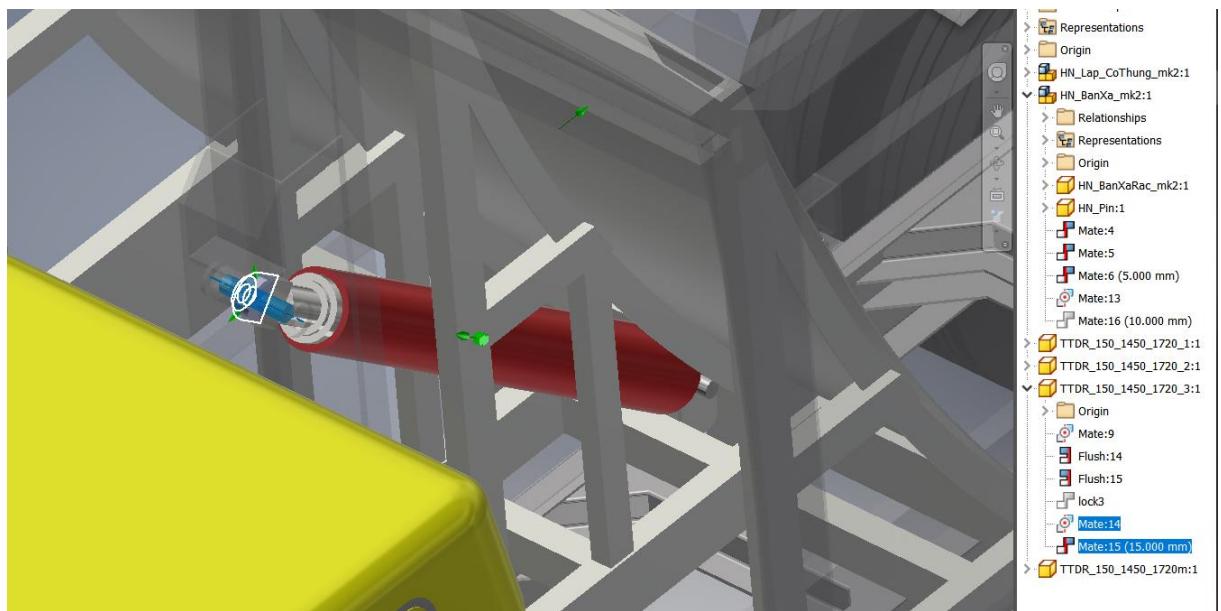
- Để đảm bảo không xuất hiện lỗi ràng buộc động học (Kinematic Constrain) trong quá trình mô phỏng Matlab, các xy lanh thủy lực cần được ràng buộc tối đa đến 1 bậc tự do, đó là thanh ty chuyển động tịnh tiến dọc theo trực của xy lanh và không thể xoay tương đối so với xy lanh (ở cơ cấu thực tế có sự xoay tương đối vì lý do dung sai lắp ghép). Hình 3.21 mô tả về các ràng buộc đến 1 bậc tự do cho xy lanh, việc này cũng làm mất đi khối liên kết (prismatic joint) giữa thanh ty và xy lanh trong Simscape Multibody khi nhập mô hình. Sau khi kiểm tra mô hình, có thể cho

chúng chuyển động tịnh tiến bằng cách lắp thêm khối Prismatic Joint, việc này sẽ được đề cập trong chương 4.



Hình 3.21 Các ràng buộc giữa thanh ty và xy lanh trong cụm xy lanh tầng, gồm 2 ràng buộc mặt và 1 ràng buộc trực đối xứng

- Ngoài ràng buộc cho chuyển động tịnh tiến của xy lanh, trong cơ cấu còn có ràng buộc theo khớp bản lề, bao gồm một ràng buộc trực đối xứng và một ràng buộc theo mặt. Có thể ràng buộc cả hai đầu xy lanh theo khớp bản lề, cũng có thể ràng buộc theo một khớp bản lề và một khớp trụ. Các dạng ràng buộc này dùng trong tất cả các xy lanh ở các cơ cấu khác trên xe ép rác.

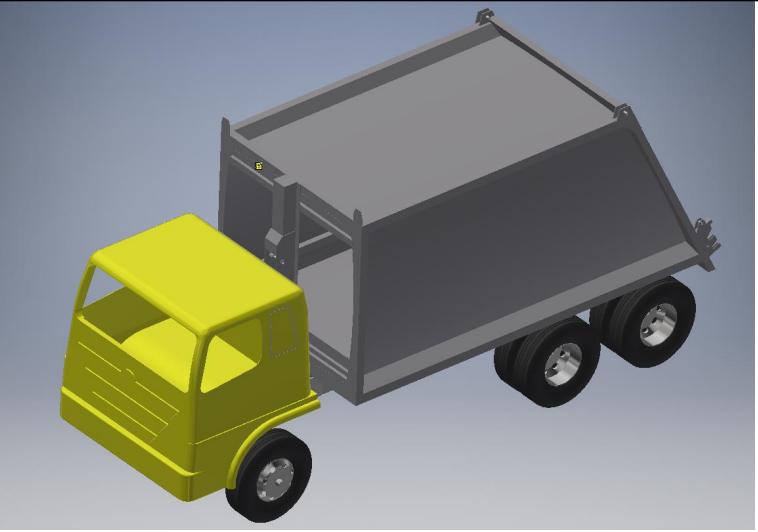
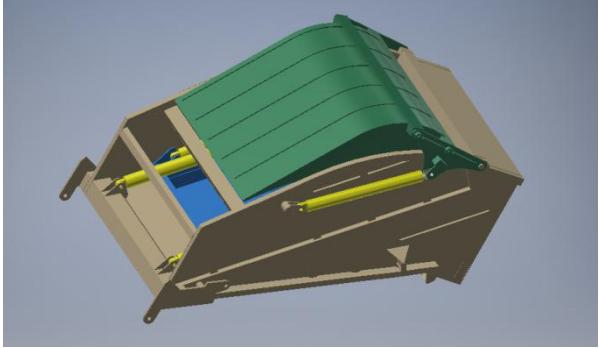
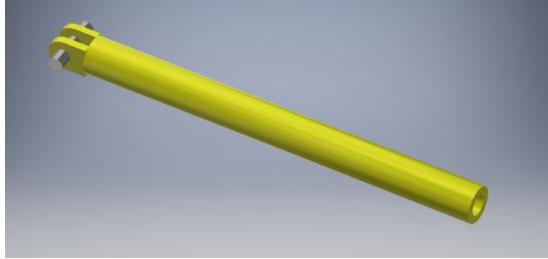


Hình 3.22 Ràng buộc chuyển động của thanh ty theo khớp bản lề

### 2.13. Mô hình cơ cấu nâng hạ thùng phụ

Cơ cấu nâng thùng phụ bao gồm hai xy lanh tác động kép, xe có thùng đã lắp chốt, thùng phụ đã lắp tất cả các cơ cấu xúc, cào - ép rác. Cách lắp ghép tương tự như lắp ghép xy lanh và chốt của cơ cấu xả rác. Các chi tiết được liệt kê ở bảng 3.3.

Bảng 3.3 Tên các chi tiết trong cơ cấu nâng thùng phụ

| Tên chi tiết                                  | Hình dạng                                                                            | Số lượng |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Xe có thùng lắp chốt                          |    | 1        |
| Thùng phụ đã lắp các cơ cấu xúc, cào - ép rác |   | 1        |
| Xy lanh thùng phụ lắp chốt                    |  | 2        |
| Thanh ty xy lanh thùng phụ                    |  | 2        |

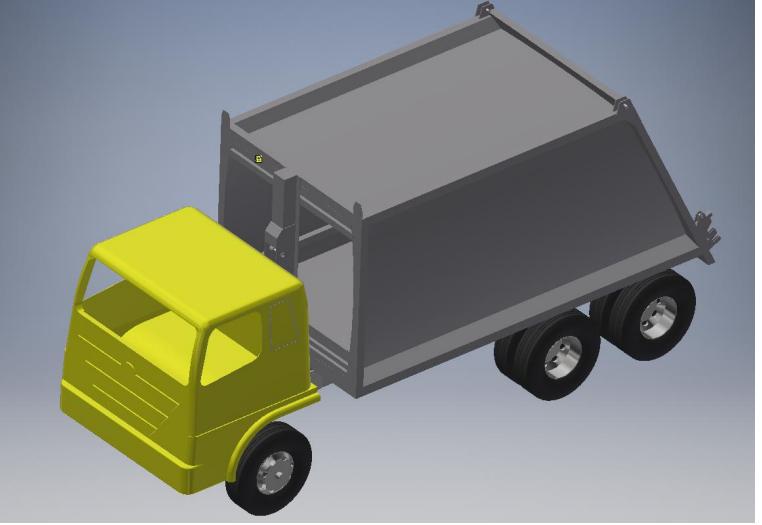


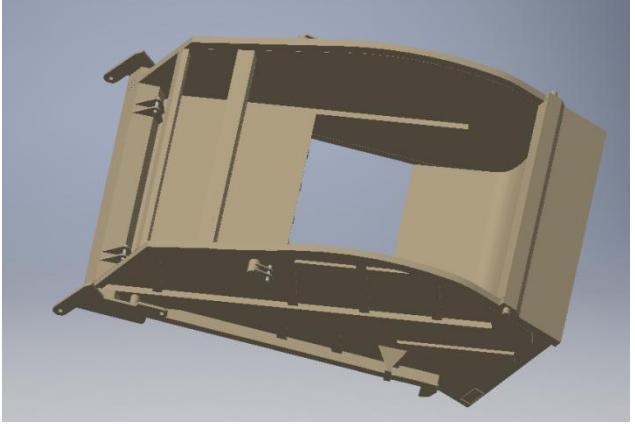
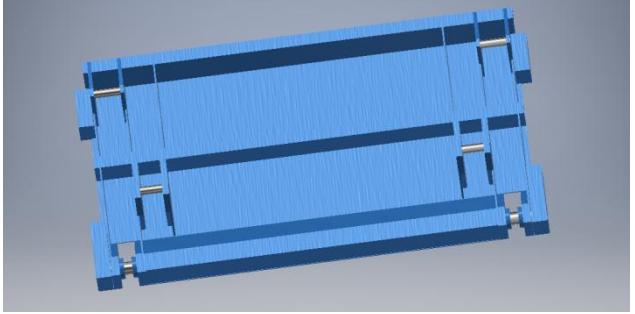
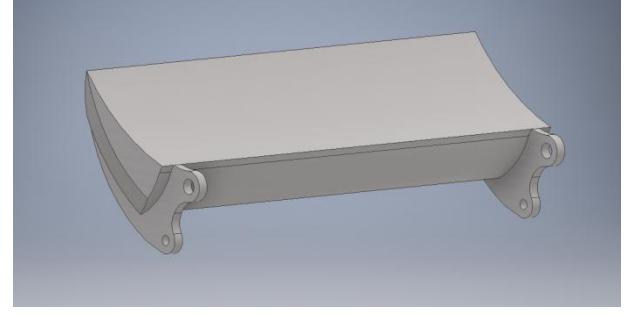
Hình 3.23 Mô hình cơ cấu nâng thùng phụ với các bậc tự do của các chi tiết chuyển động

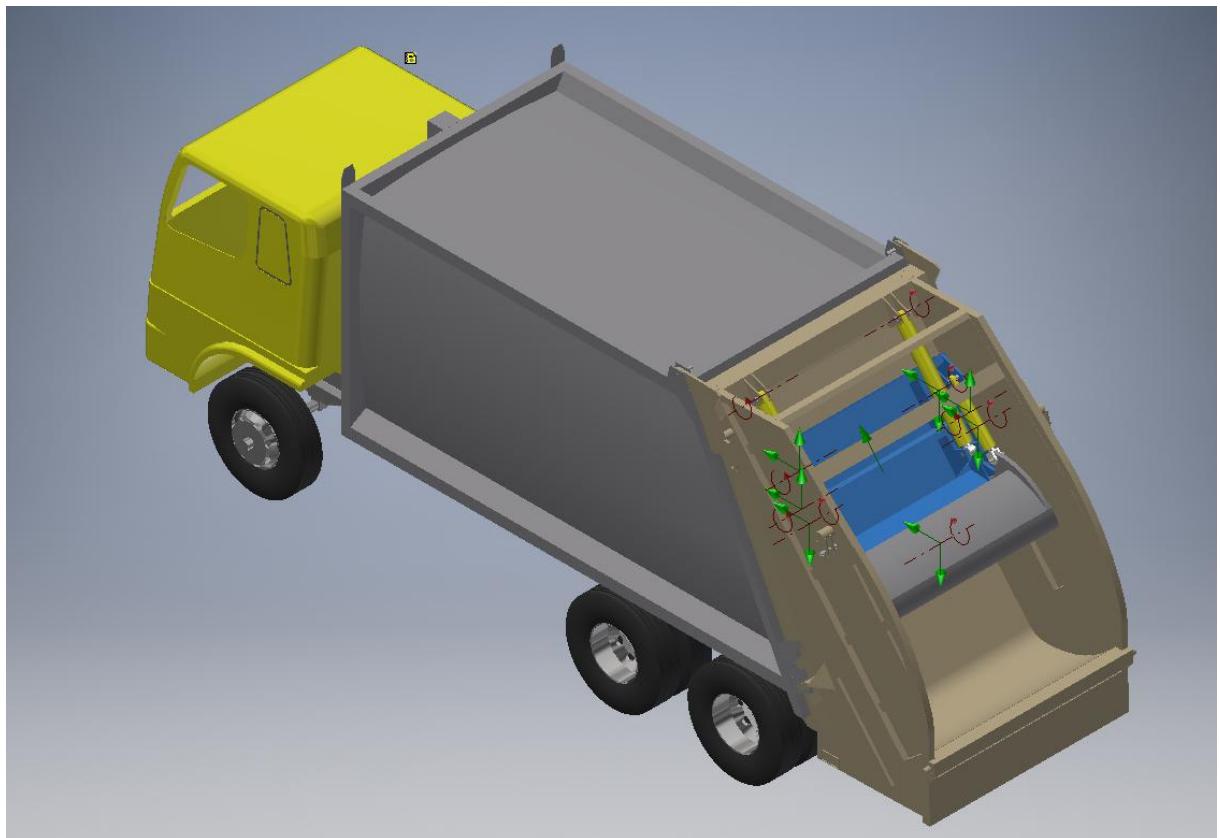
#### 2.14. Mô hình cơ cấu cào - ép rác

Mô hình này bao gồm hai xy lanh tác động kép nâng hạ bàn ép, hai xy lanh tác động kép đóng mở bàn cào, một bàn ép có lắp chốt, một bàn cào có lắp chốt, xe có thùng đã lắp chốt và thùng phụ đã lắp chốt. Các chi tiết và hình dạng của chúng được liệt kê thông qua bảng 3.4.

Bảng 3.4 Thống kê các chi tiết trong cơ cấu cào - ép rác

| Tên chi tiết                          | Hình dạng                                                                            | Số lượng |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Xe có thùng lắp chốt                  |    | 1        |
| Xy lanh nâng hạ bàn ép                |   | 2        |
| Thanh ty trong xy lanh nâng hạ bàn ép |  | 2        |
| Xy lanh đóng mở bàn cào               |  | 2        |

|                                                     |                                                                                      |   |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Thanh ty lắp chốt<br>của xy lanh đóng<br>mở bàn cào |    | 2 |
| Thùng phụ lắp chốt                                  |    | 1 |
| Bàn ép lắp chốt                                     |   | 1 |
| Bàn cào                                             |  | 1 |

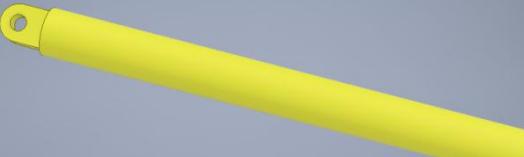


Hình 3.24 Mô hình cơ cấu cào - ép rác với các bậc tự do của các cơ cấu chuyển động

### 2.15. Mô hình cơ cấu xúc rác

Tương tự như ở cơ cấu cào - ép rác, nhưng mô hình này có thêm hai xy lanh tác động kép và một máng xúc. Các chi tiết được thêm vào được liệt kê trong bảng 2.5 kèm theo các chi tiết trong bảng 3.5.

Bảng 3.5 Tên các chi tiết và hình dạng của chúng trong cơ cấu xúc rác

| Tên chi tiết             | Hình dạng                                                                            | Số lượng |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Xy lanh nâng hạ máng xúc |  | 2        |

|                                             |  |   |
|---------------------------------------------|--|---|
| Thanh ty của xy<br>lanh nâng hạ<br>máng xúc |  | 2 |
| Máng xúc có lắp<br>chốt                     |  | 1 |

### 3. Kiểm tra mô hình 3D xe ép rác

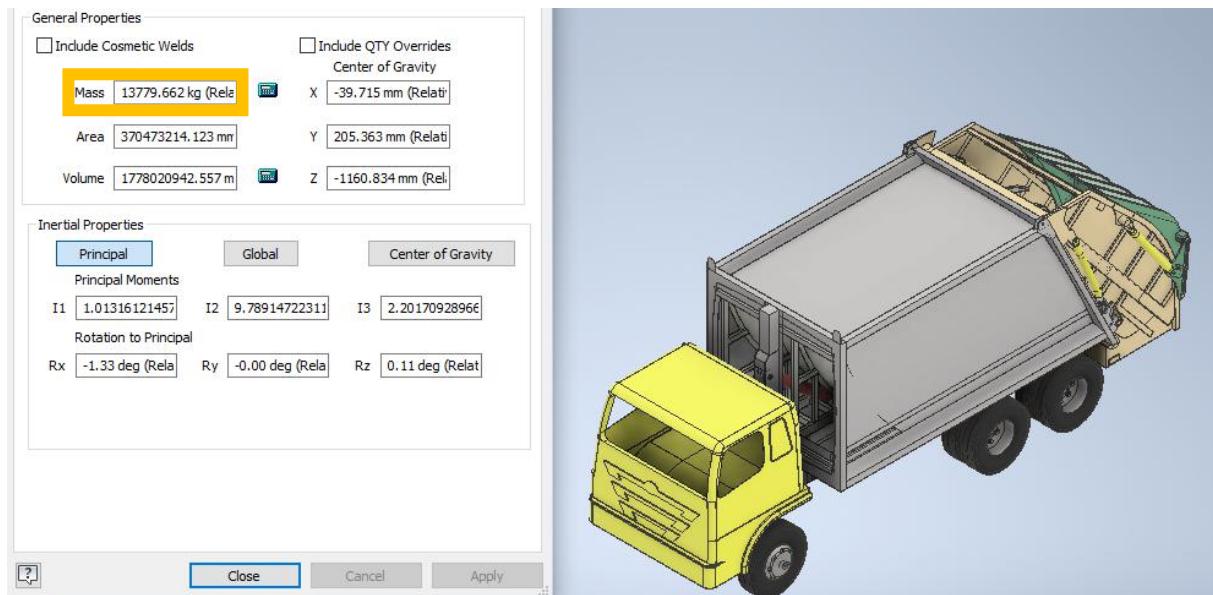
- Để xác định độ tin cậy cho mô hình 3D xe ép rác đã xây dựng, mô hình cần phải đảm bảo các thông số về kích thước, khối lượng cũng như là phân bố trọng lượng lên các cầu.
- Tính toán phân bố trọng lượng lên cầu trước/sau của mô hình theo công thức:

$$N_{z1} = m \cdot \frac{a_2}{l}; N_{z2} = m \cdot \frac{a_1}{l} \quad (3.1)$$

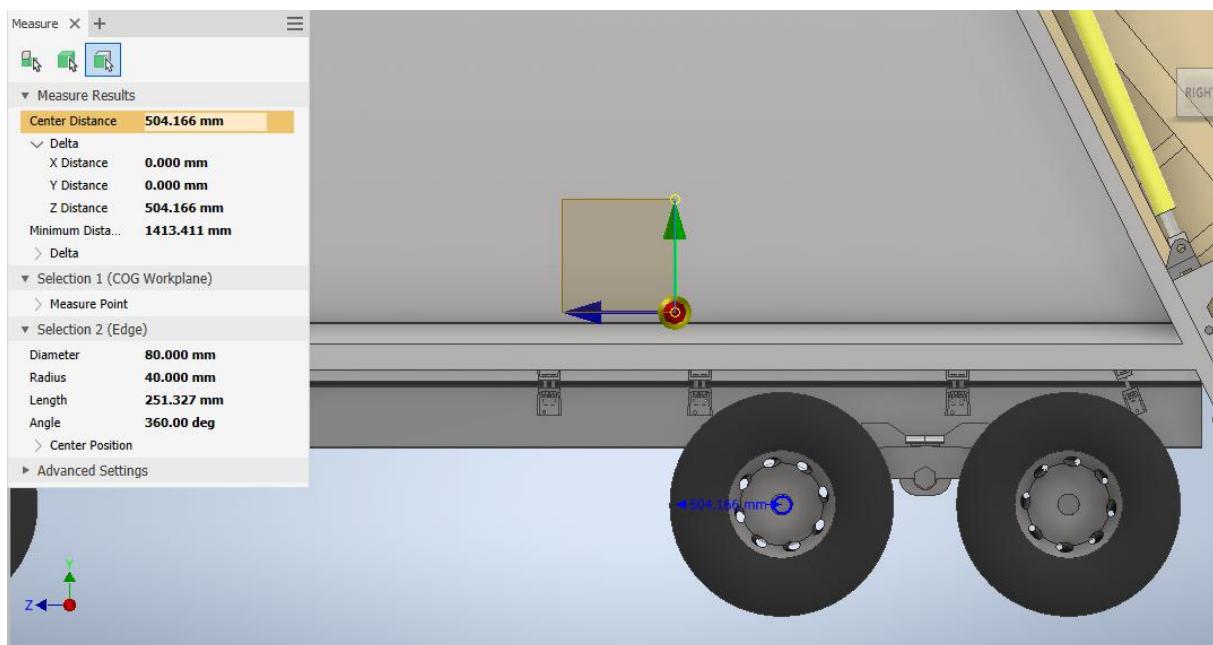
Trong đó:  $a_2; a_1$  - Khoảng cách từ trọng tâm của mô hình đến đường ROH ở 2 trục phía sau và trục thứ 1.

- l - Chiều dài cơ sở tính toán.  
 $N_{z1}; N_{z2}$  - Khối lượng phân bố trên cầu trước và sau.  
 m - Khối lượng của mô hình 3D.

- Trường hợp xe không tải:



Hình 3.25 Khối lượng của mô hình 3D xe ép rác trường hợp không tải



Hình 3.26 Vị trí trọng tâm của mô hình 3D xe ép rác trường hợp xe không tải  
Từ đó có các thông số:

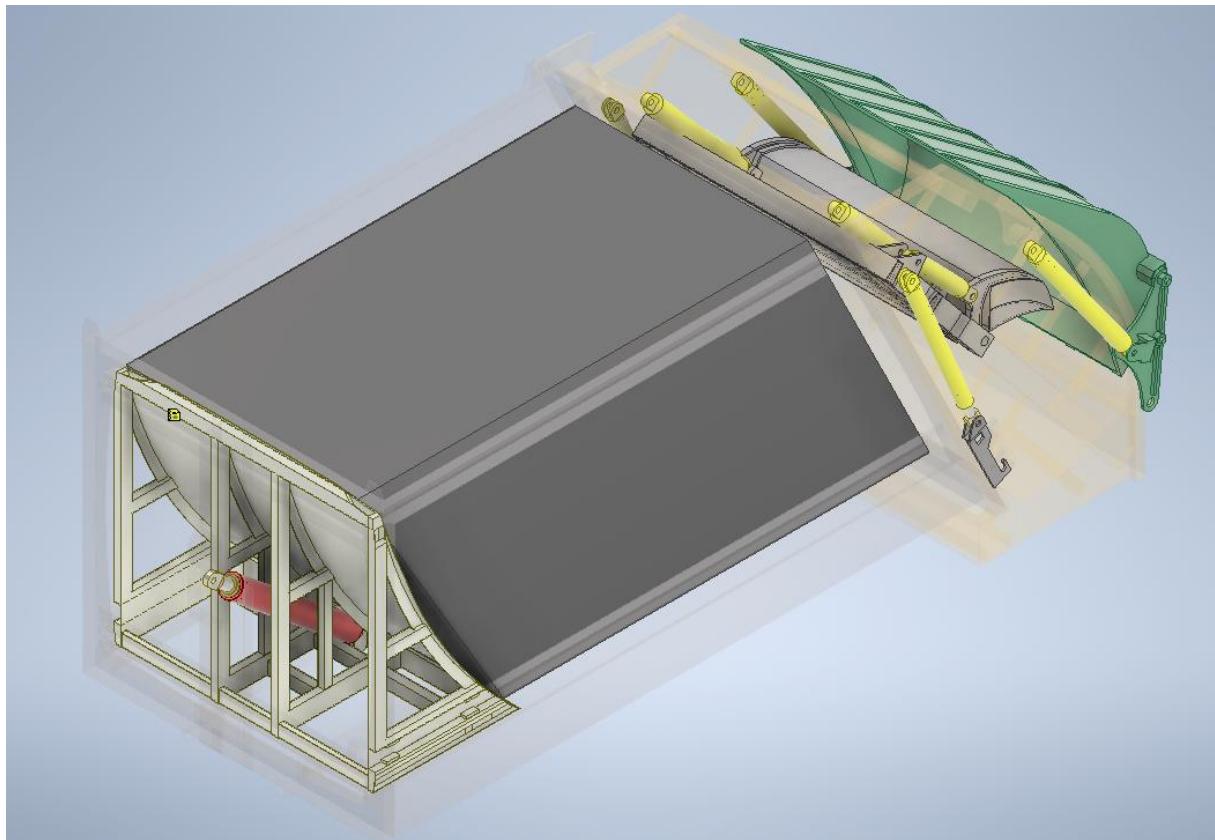
$$m = 13779,662 \text{ (kg)}; l = 4030 + \frac{1350}{2} = 4705 \text{ (mm)};$$

$$a_2 = 504,166 + \frac{1350}{2} = 1179,166 \text{ (mm)}; a_1 = 4705 - a_2 = 3525,834 \text{ (mm)}$$

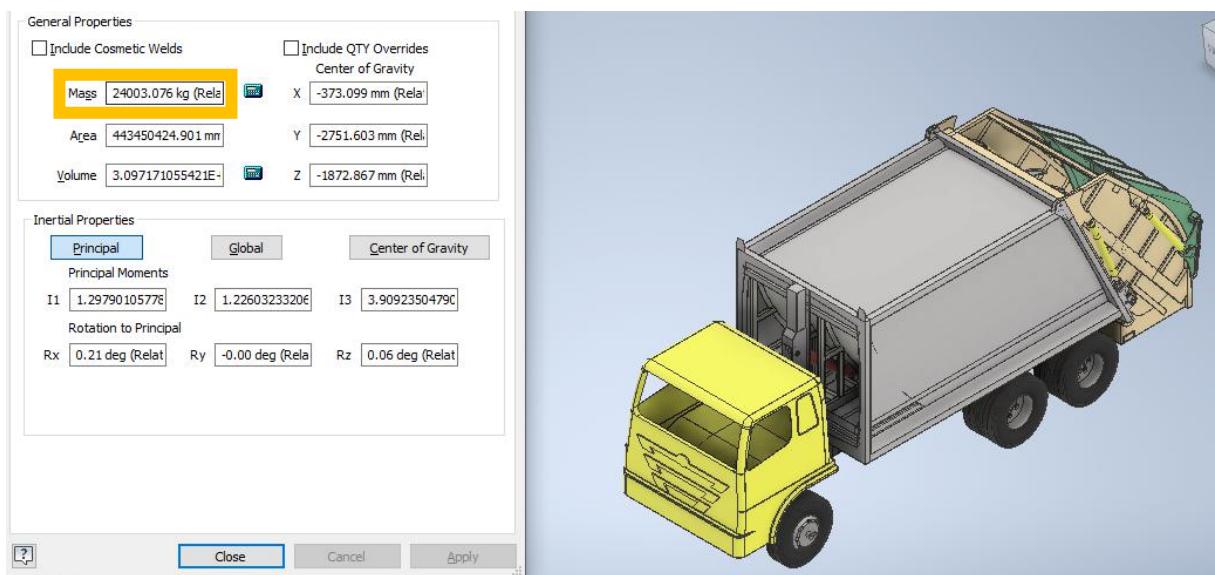
$$\Rightarrow N_{z1} = 3453,356 \text{ (kg)}; N_{z2} = 10326,206 \text{ (kg)}$$

- Trường hợp xe đầy tải:
  - + Tính toán khối lượng rác mà xe có thể chứa cho phép, dựa vào các thông số khối lượng của xe mà nhà sản xuất cung cấp như:
    - Khối lượng của xe cơ sở và thùng chuyên dùng (theo bảng 3.1): 13780 kg

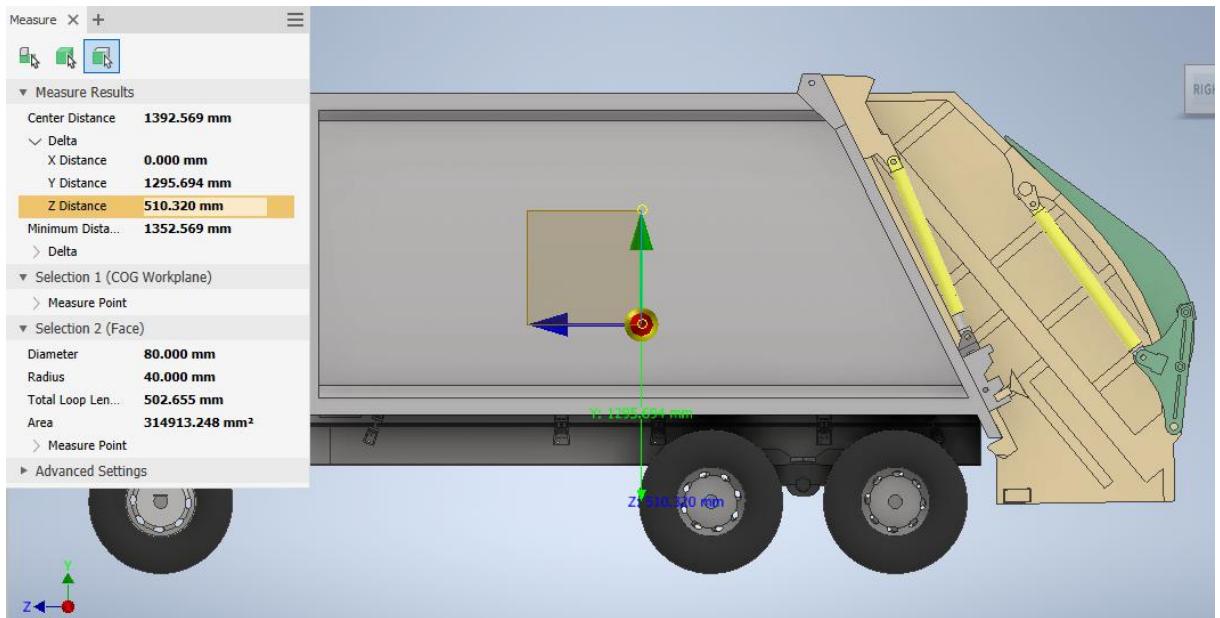
- Khối lượng người tối đa có thể chở: 3 (người) . 65 (kg) = 195 kg
- Khối lượng rác mà xe có thể chứa đựng:  $24000 - 13780 - 195 = 10025$  (kg).
- + Xây dựng mô hình trạng thái đầy tải của mô hình xe ép rác như hình:



Hình 3.27 Mô hình 3D thùng chuyên dùng trường hợp đầy tải



Hình 3.28 Khối lượng của mô hình 3D xe ép rác trường hợp đầy tải



Hình 3.29 Vị trí trọng tâm của mô hình 3D xe ép rác trường hợp xe đầy tải

- + Phân bố trọng lượng lên cầu trước/sau của mô hình 3D ở trường hợp đầy tải với các thông số:

$$m = 24003,076 \text{ (kg)}; l = 4030 + \frac{1350}{2} = 4705 \text{ (mm)};$$

$$a_2 = 510,32 + \frac{1350}{2} = 1185,3 \text{ (mm)}; a_1 = 4705 - a_2 = 3519,7 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow N_{z1} = 6046,939 \text{ (kg)}; N_{z2} = 17956,137 \text{ (kg)}$$

Bảng 3.6 So sánh thông số xe ép rác thực tế và mô hình 3D Inventor

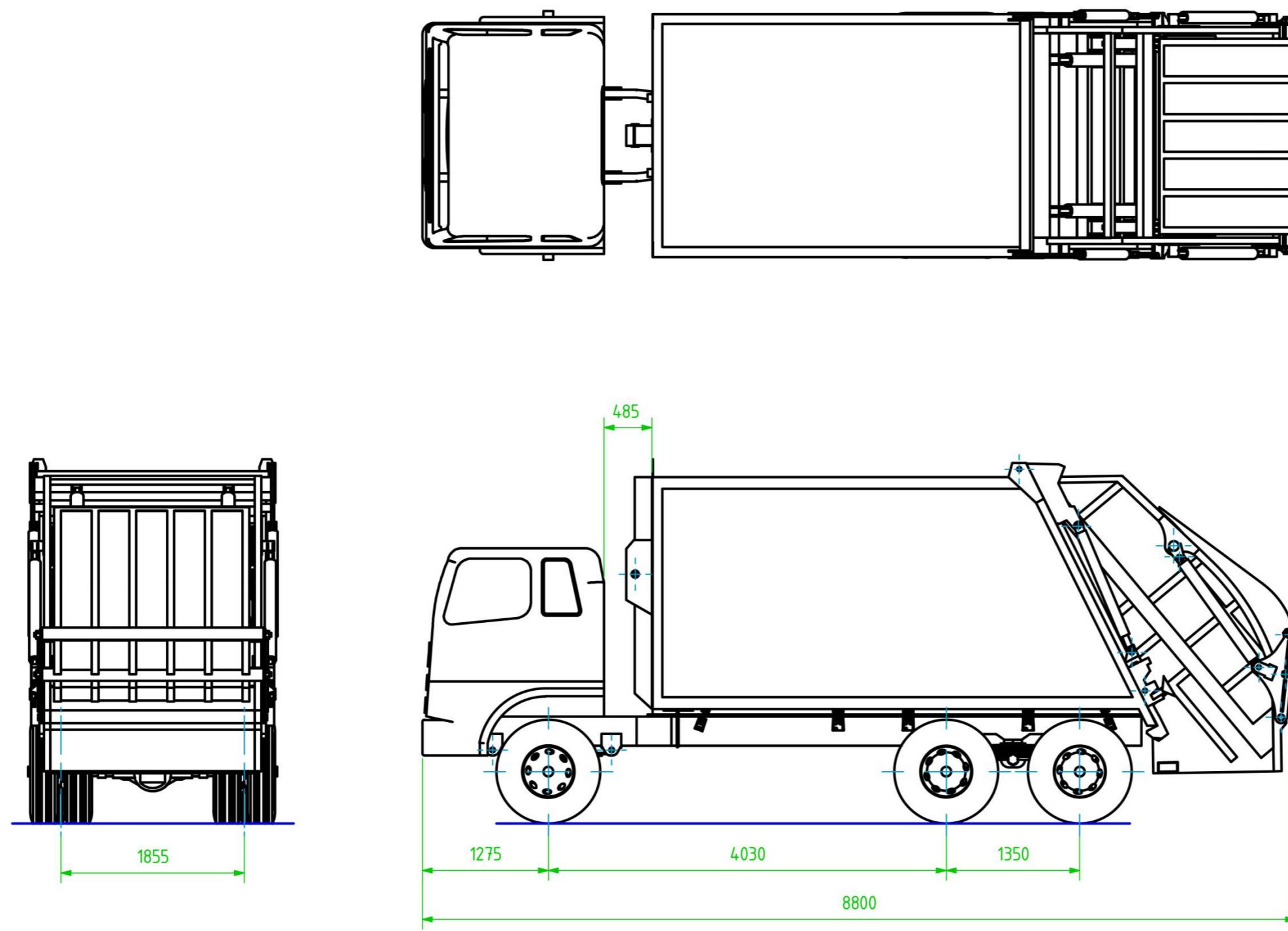
| TT       | Nội dung                                             | Xe ép rác thực tế | Mô hình 3D         |
|----------|------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| <b>1</b> | <b>Thông số kích thước</b>                           |                   |                    |
| 1.1      | Chiều dài cơ sở (mm)                                 | 4030 + 1350       | 4030 + 1350        |
| 1.2      | Chiều dài toàn bộ (mm)                               | 8800              | 8800               |
| 1.3      | Chiều rộng toàn bộ (mm)                              | 2500              | 2500               |
| 1.4      | Chiều cao (mm)                                       | 3550              | 3570               |
| 1.5      | Vết bánh xe trước/sau (mm)                           | 2050/1855         | 2050/1855          |
| <b>2</b> | <b>Thông số về trọng lượng</b>                       |                   |                    |
| 2.1      | Trọng lượng bản thân (kg)                            | 13780             | 13779,662          |
| 2.2      | Trọng lượng toàn bộ (kg)                             | 24000             | 24003,76           |
| 2.3      | Phân bố trọng lượng không tải lên cầu trước/sau (kg) | 3570/10210        | 3453,356/10326,206 |
| 2.4      | Trọng lượng toàn bộ cho phép lên                     | 6500/20000        | 6046,939/17956,137 |

|  |                     |  |  |
|--|---------------------|--|--|
|  | trục trước/sau (kg) |  |  |
|--|---------------------|--|--|

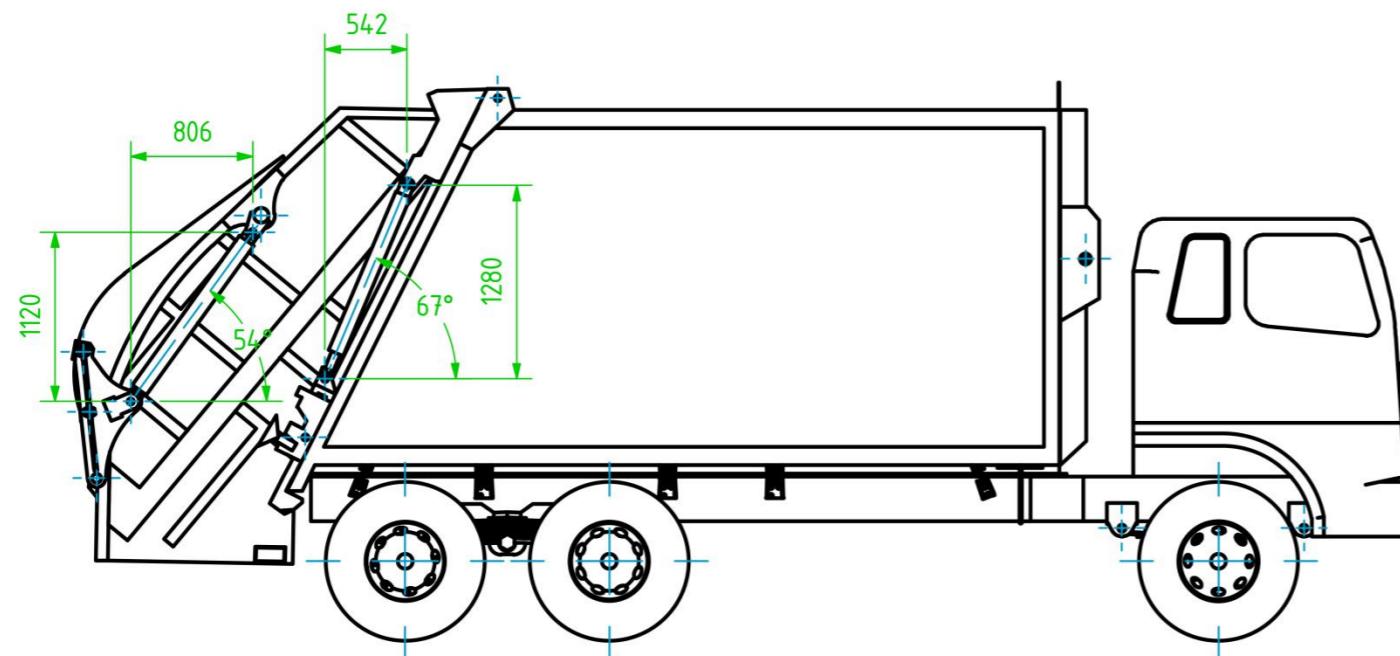
#### \* Kết luận

- Phần trăm sai số phân bố trọng lượng lên cầu trước:
  - + Trường hợp không tải: % Sai số  $\cong 3,27\%$
  - + Trường hợp đầy tải: % Sai số  $\cong 6,97\%$
- Phần trăm sai số phân bố trọng lượng lên cụm cầu sau:
  - + Trường hợp không tải: % Sai số  $\cong 1,14\%$
  - + Trường hợp đầy tải: % Sai số  $\cong 10,22\%$
- Từ bảng so sánh thông số giữa xe ép rác thực tế và mô hình 3D Inventor của xe ép rác (bảng 3.16), phần trăm sai số phân bố trọng lượng lên các cầu không quá 15%.  
 → Mô hình 3D đã xây dựng đảm bảo sát với thực tế và có thể sử dụng mô hình để tiến hành các mô phỏng tiếp theo.

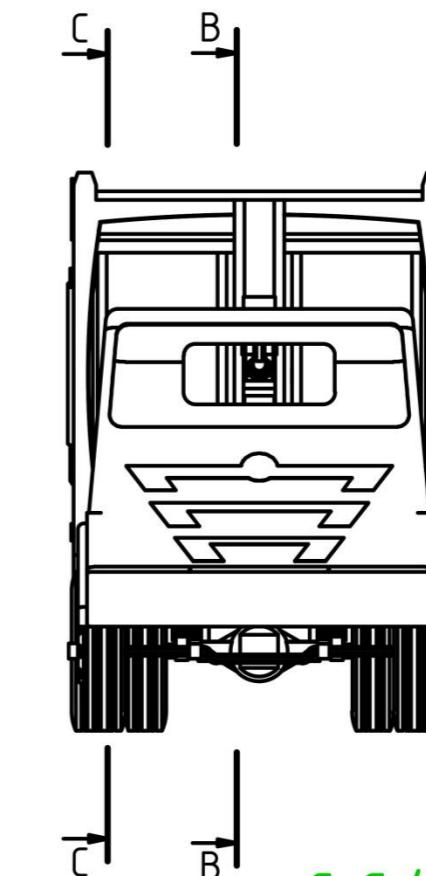
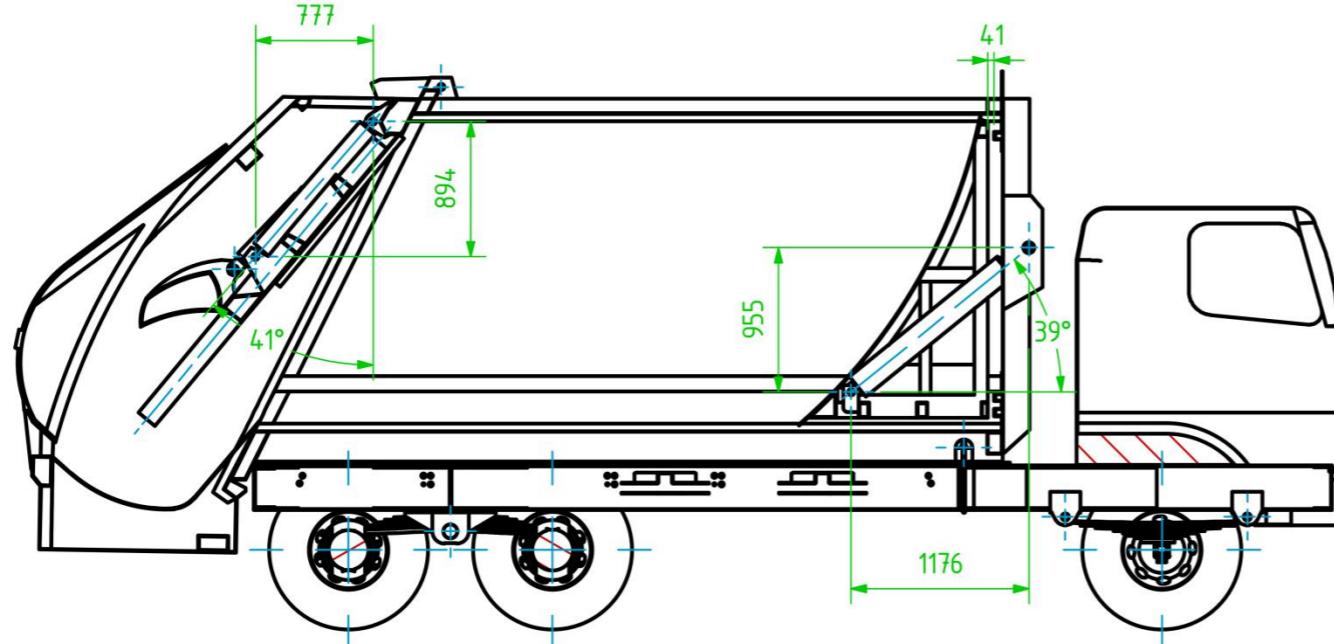
#### 4. Các bản vẽ bố trí chung của mô hình 3D xe ép rác



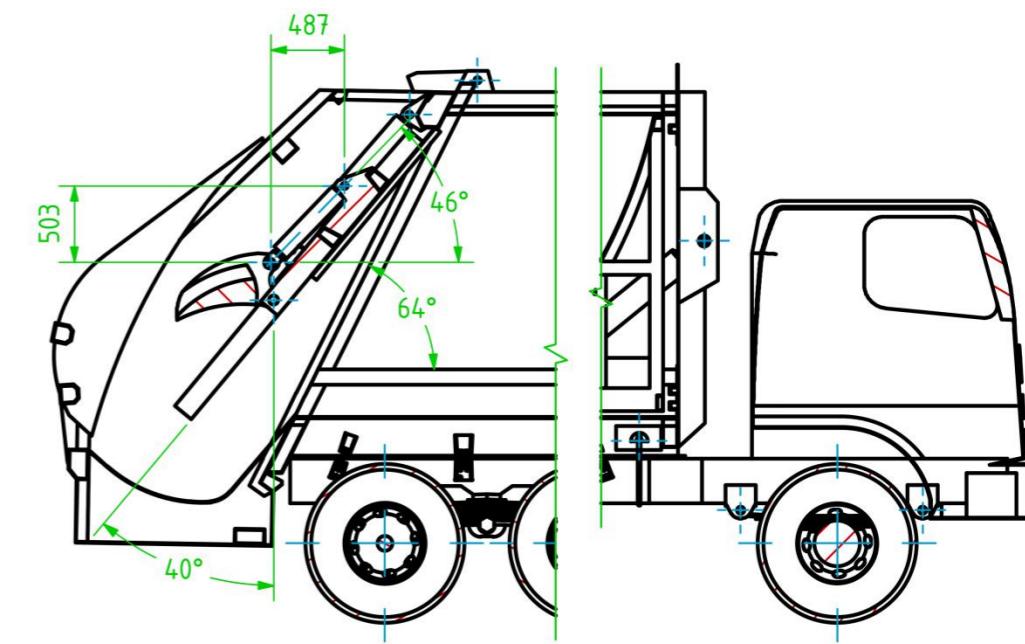
| LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP<br>KỸ THUẬT Ô TÔ |              |        |      | KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG CỦA XE ÉP RÁC BẰNG<br>MATLAB/SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH            |            |       |  |
|--------------------------------------|--------------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|--|
|                                      |              |        |      | BẢN VẼ BỐ TRÍ CHUNG                                                                                |            |       |  |
| Chức danh                            | Họ và tên    | Chữ ký | Ngày | Dấu                                                                                                | Khối lượng | Tỷ lệ |  |
| Hướng dẫn                            | Trần Đ. Long |        |      |                                                                                                    |            | 1:50  |  |
|                                      | Vũ V. Thắng  |        |      |                                                                                                    |            |       |  |
| SVTH                                 | Cao M. Nghĩa |        |      | Tờ: 1                                                                                              | Số tờ: 1   |       |  |
|                                      | Lê T. Tín    |        |      | Trường ĐH Bách Khoa – ĐHQG TPHCM<br>Khoa Kỹ Thuật Giao Thông<br>Bộ môn Kỹ thuật Ôtô – Máy động lực |            |       |  |



B-B ( 1 : 50 )



C-C ( 1 : 50 )



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP  
KỸ THUẬT Ô TÔ

|           |              |        |      |
|-----------|--------------|--------|------|
|           |              |        |      |
| Chức danh | Họ và tên    | Chữ ký | Ngày |
| Hướng dẫn | Trần Đ. Long |        |      |
|           | Vũ V. Thắng  |        |      |
| SVTH      | Cao M. Nghĩa |        |      |
|           | Lê T. Tín    |        |      |
|           |              |        |      |
|           |              |        |      |

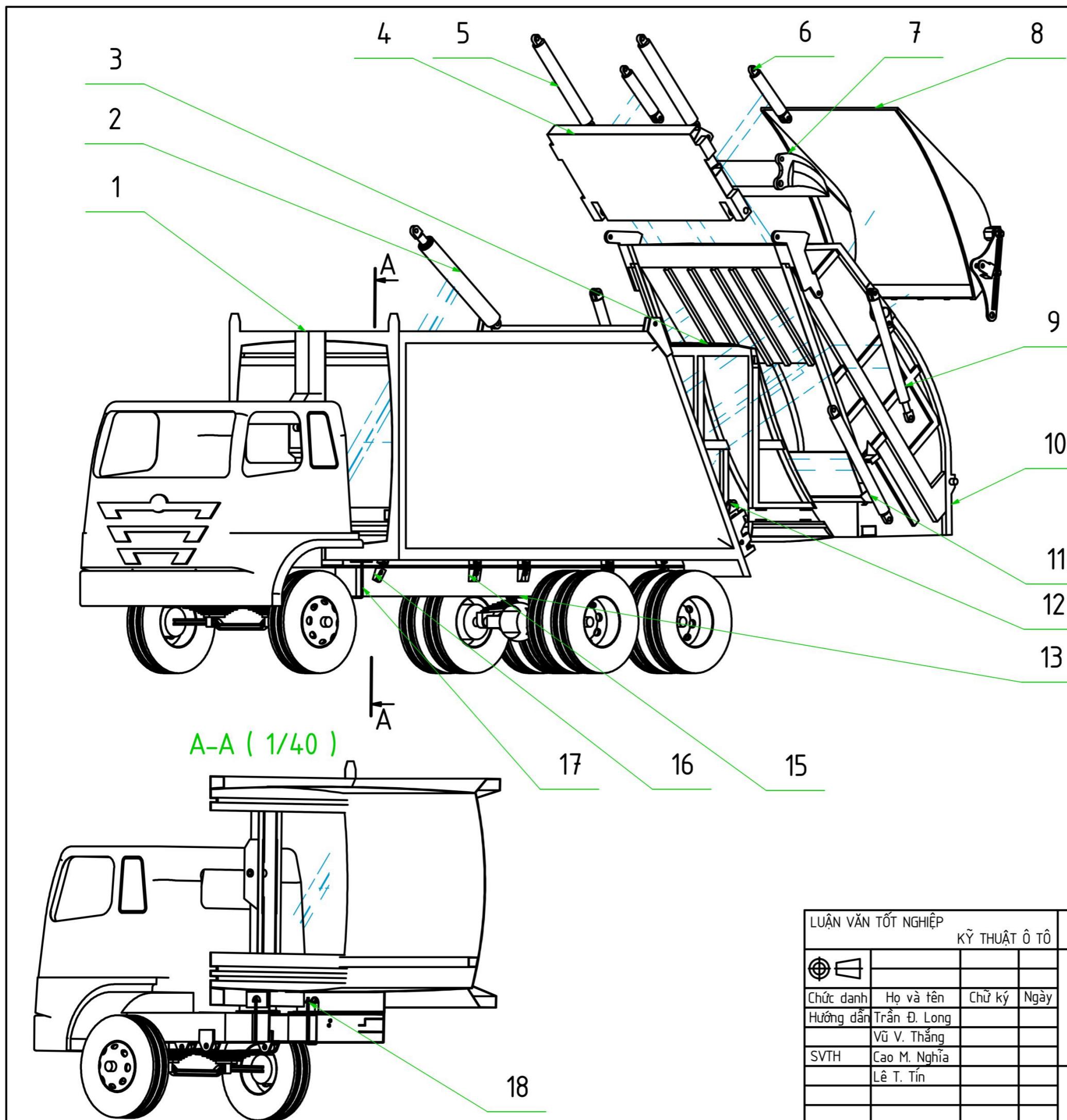
KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG CỦA XE ÉP RÁC BẰNG  
MATLAB/SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH

BẢN VẼ BỐ TRÍ CHUNG

| Dấu | Khối lượng | Tỷ lệ |
|-----|------------|-------|
|     |            | 1:50  |

Trường ĐH Bách Khoa – ĐHQG TPHCM  
Khoa Kỹ Thuật Giao Thông  
Bộ môn Kỹ thuật Ôtô – Máy động lực

Tờ: 1 Số tờ: 1



BOM

| ITEM | QTY | PART NUMBER                        | DESCRIPTION                                   |
|------|-----|------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1    | 1   | Thùng chính                        |                                               |
| 2    | 1   | Xy lanh tầng<br>TTDR 150 1450 1720 |                                               |
| 3    | 1   | Bàn xả rác                         | STEP AP203                                    |
| 4    | 1   | Bàn ép rác                         |                                               |
| 5    | 2   | Xy lanh nâng hạ bàn                | STEP AP203                                    |
| 6    | 2   | Xy lanh nâng hạ gầu                | STEP AP203                                    |
| 7    | 1   | Bàn cào                            | STEP AP203                                    |
| 8    | 1   | Máng xúc                           | STEP AP203                                    |
| 9    | 2   | Xy lanh nâng hạ thùng<br>phụ       | STEP AP203                                    |
| 10   | 1   | Thùng phụ                          |                                               |
| 11   | 2   | Xy lanh nâng hạ máng xúc           | STEP AP203                                    |
| 12   | 2   | Khóa thùng phụ                     |                                               |
| 13   | 1   | HN_Chassis                         |                                               |
| 14   | 1   | TTDR_150_1450_1720_3               |                                               |
| 15   | 6   | Pat đứng                           | STEP AP203                                    |
| 16   | 4   | Pat chống xô                       | STEP AP203                                    |
| 17   | 2   | Quang Bu Lông                      |                                               |
| 18   | 2   | Đệm Quang Bu Lông                  |                                               |
| 19   | 2   | RodNHGau                           | STEP AP203                                    |
| 20   | 2   | HN_Rubber                          |                                               |
| 21   | 2   | RodNHMang                          | STEP AP203                                    |
| 22   | 1   | TTDR_150_1450_1720_2               |                                               |
| 23   | 2   | RodThungPhu                        |                                               |
| 24   | 26  | ISO 4017 - M14 x 30                | Hexagon head screws                           |
| 25   | 4   | ISO 4014 - M18 x 130               | Hexagon head bolt -<br>product grades A and B |
| 26   | 12  | ISO 4014 - M18 x 120               | Hexagon head bolt -<br>product grades A and B |
| 27   | 26  | ISO 4161 - M14                     | Hexagon nuts with flange<br>-- Coarse thread  |
| 28   | 36  | ISO 4034 - M18                     | Hexagon nuts - Product<br>grade C             |
| 29   | 2   | RodNHBan                           | STEP AP203                                    |
| 30   | 1   | TTDR 150 1450 1720 1               |                                               |

LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP KỸ THUẬT Ô

# KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG CỦA XE ÉP RÁC BẰNG MATLAB/SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH

|           |              |        |    |
|-----------|--------------|--------|----|
|           |              |        |    |
| Chức danh | Họ và tên    | Chữ ký | Ng |
| Hướng dẫn | Trần Đ. Long |        |    |
|           | Vũ V. Thắng  |        |    |
| SVTH      | Cao M. Nghĩa |        |    |
|           | Lê T. Tín    |        |    |
|           |              |        |    |
|           |              |        |    |
|           |              |        |    |

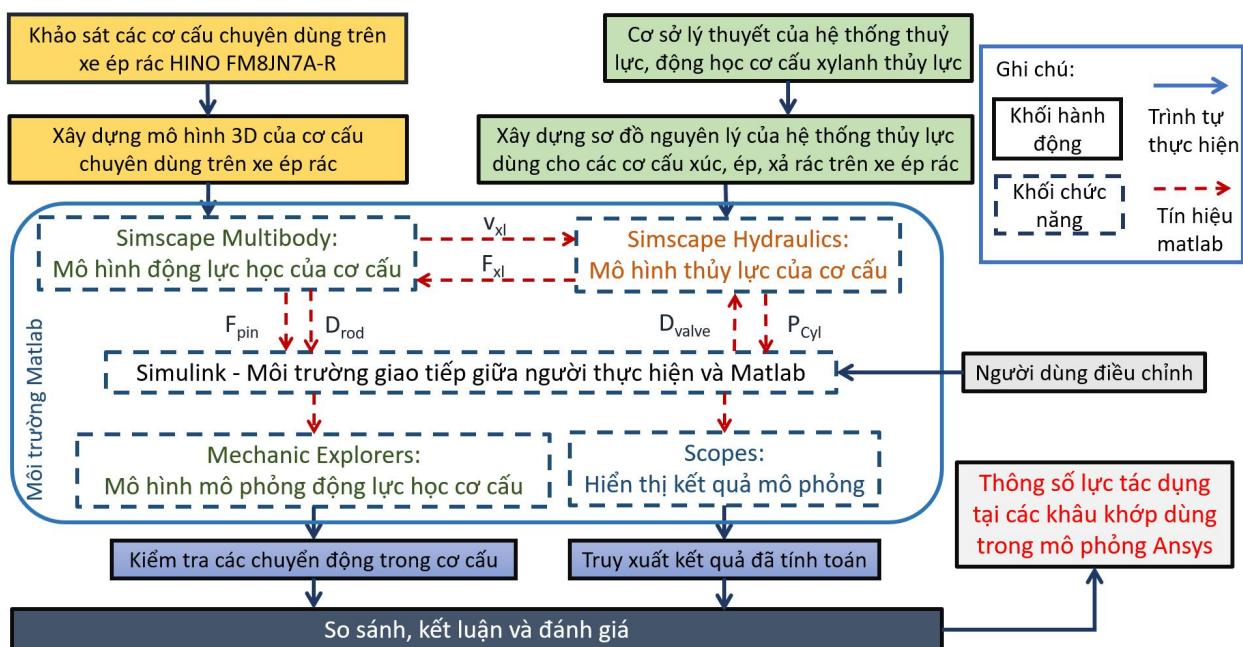
BỐ TRÍ CHI TIẾT

| Dấu   | Khối lượng | Tỷ lệ |
|-------|------------|-------|
|       |            | 1:40  |
| Tờ: 1 | Số tờ: 1   |       |

Trưởng ĐH Bách Khoa - ĐHQG TPHCM  
 Khoa Kỹ Thuật Giao Thông  
 Bộ môn Kỹ thuật Ôtô - Máy động lực

# CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM: KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU THỦY LỰC TRÊN XE ÉP RÁC HINO FM8JN7A-R BẰNG MATLAB/SIMSCAPE

Chương này đề cập về quy trình kiểm nghiệm các cơ cấu chuyên dùng của xe ép rác, bao gồm cơ cấu xúc rác, cào - ép rác, nâng hạ thùng phụ và xả rác. Các cơ cấu này được chia ra nhằm mục đích dễ dàng kiểm soát lỗi và khắc phục trong quá trình mô phỏng bằng phần mềm Matlab R2018a. Quy trình tổng quát được mô tả như hình bên dưới. Về mặt tổng thể, các hệ thống (system) mô phỏng các cơ cấu đều dựa vào quy trình này để xây dựng mô hình mô phỏng, về độ chi tiết, tùy thuộc vào độ phức tạp chuyển động của cơ cấu mà thiết lập nên các bán hệ thống (subsystem) dành riêng cho nó, điều này sẽ được làm rõ trong mô phỏng cơ cấu cụ thể.



Hình 4.1 Quy trình tổng quát dùng cho kiểm nghiệm cơ cấu chuyên dùng bằng Matlab

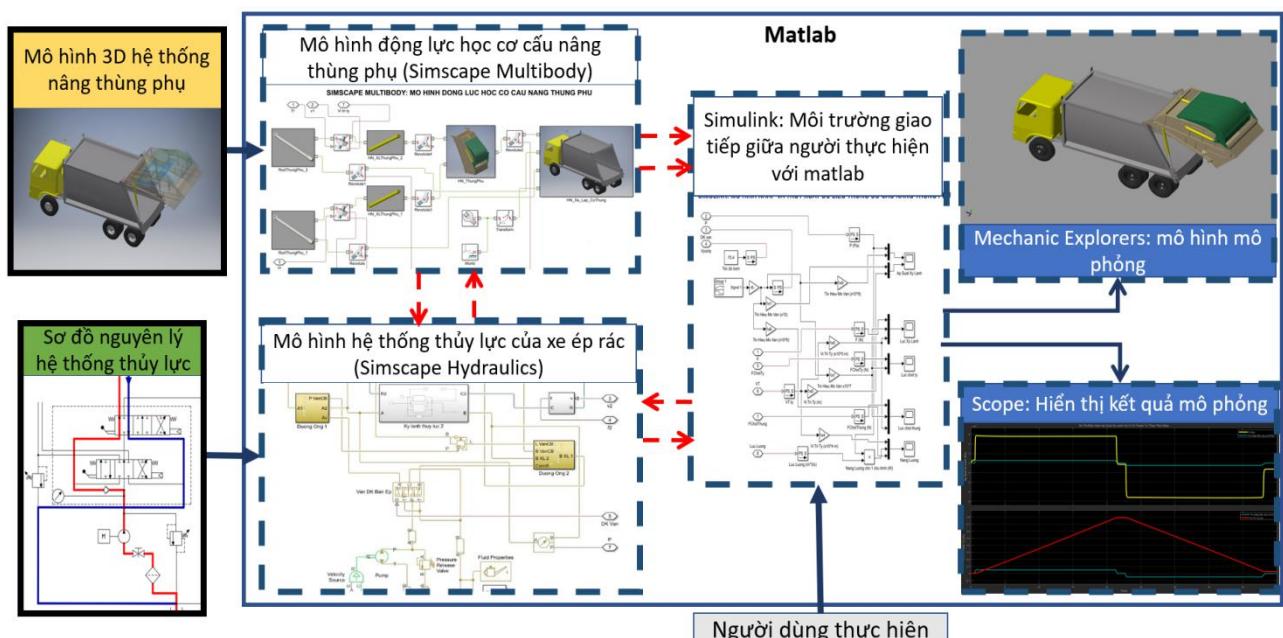
Theo quy trình trên, bắt đầu từ hai công việc song song, đó là khảo sát cơ cấu chuyên dùng trên xe ép rác, tiếp đến là xây dựng mô hình 3D của cơ cấu chuyên dùng của nó (đã được đề cập ở chương 3, mục 2) từ đó xây dựng mô hình Simscape Multibody để trao đổi tín hiệu lực xy lanh  $F_{xl}$  và vận tốc xy lanh  $v_{xl}$  với mô hình Simscape Hydraulics. Song song với việc khảo sát các cơ cấu chuyên dùng là tìm hiểu cơ sở lý thuyết của hệ thống thủy lực để xây dựng sơ đồ nguyên lý các cơ cấu có trong hệ thống nhằm mục đích xây dựng mô hình Simscape Hydraulics. Hai mô hình sẽ là

lượt gửi tín hiệu tác dụng lên chốt  $F_{pin}$ , vị trí thanh ty  $D_{rod}$  và áp suất xy lanh  $P_{cyl}$  cho mô hình Simulink, người dùng có thể nhập tín hiệu điều khiển van thông qua Simulink, từ đó gửi tín hiệu mở van  $D_{valve}$  đến Simscape Hydraulics. Qua quá trình tính toán, Simulink sẽ gửi tín hiệu thông qua hai cửa sổ, đó là Mechanic Explorers và Scopes, từ đó giúp người dùng lần lượt kiểm tra quá trình hoạt động của cơ cấu đồng thời truy xuất kết quả tính toán. Cuối cùng so sánh, kết luận và đánh giá các kết quả để dùng các thông số đó cho điều kiện biên tính bền chốt bằng phần mềm Ansys Workbench.

Mặc dù chia ra từng nhóm nhỏ cho mô phỏng, nhưng hệ thống thủy lực trong cơ cấu là hệ thống chung, từng bài mô phỏng sẽ là một mô hình thủy lực rút gọn, lấy các đường ống và các van mà dòng lưu chất dẫn đến xy lanh tác động của nó. Chương 2 mục 1.4 thể hiện sơ đồ mạch thủy lực đã khảo sát, nguyên lý hoạt động và sơ đồ thông số đường ống của nó. Dựa vào các sơ đồ đó để xây dựng mô hình Simscape Hydraulics rút gọn dẫn động 4 hệ cơ khí Simscape Multibody riêng biệt (cơ cấu nâng thùng phụ, cơ cấu xả rác, cơ cấu cào - ép rác, cơ cấu xúc rác).

## 1. Kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ

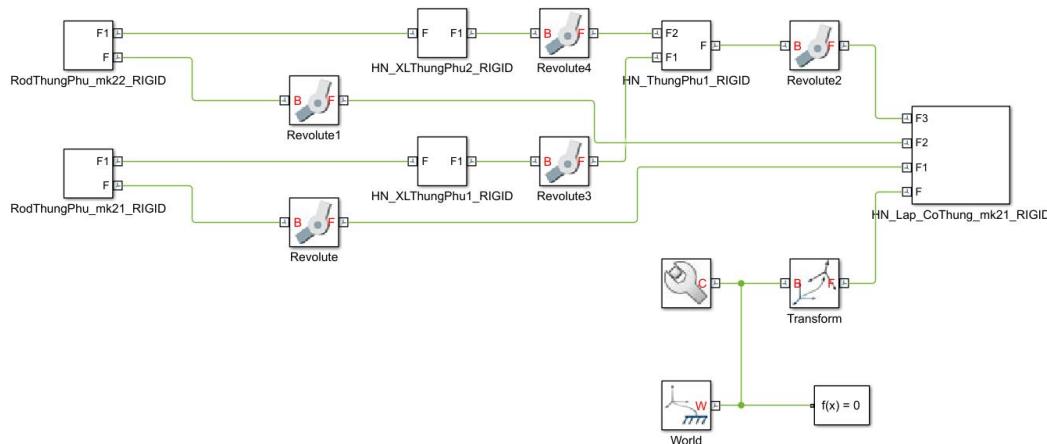
Dựa theo sơ đồ tổng quát, hai công việc song song đầu tiên đó là khảo sát và xây dựng mô hình 3D của cơ cấu nâng thùng phụ (được giới thiệu ở chương 3 mục 2.13) và xây dựng sơ đồ nguyên lý của hệ thống thủy lực (đã đề cập ở mục 2 chương này). Từ đó xây dựng được mô hình kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ tổng quát như sau:



Hình 4.2 Mô hình kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ bằng Matlab Simscape

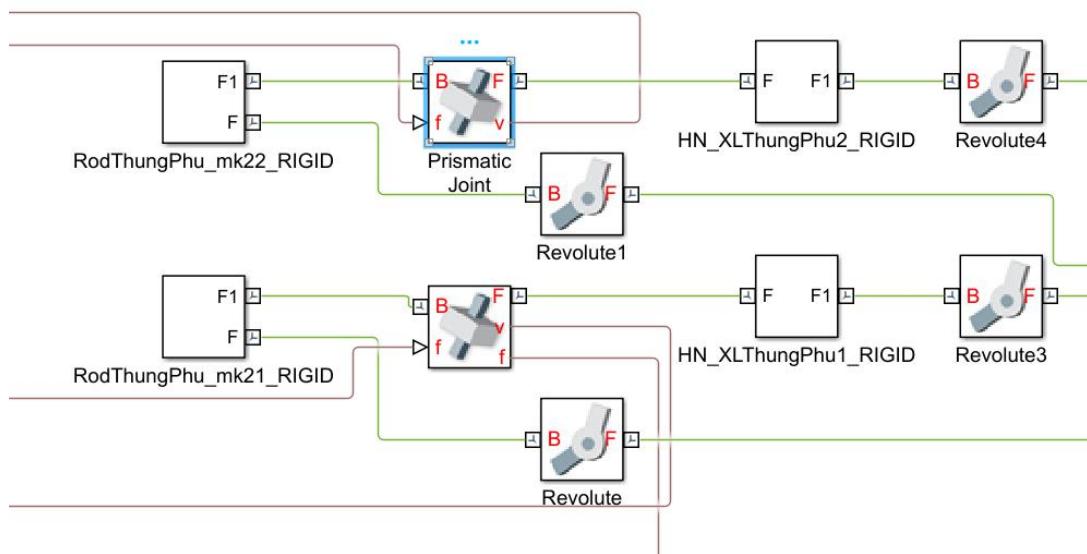
### **1.1. Mô hình động lực học cơ cấu nâng thùng phụ**

- Khi dùng lệnh `smimport('ten_file.xml')` để nhập mô hình lắp từ Inventor sang Matlab, cửa sổ Simulink sẽ xuất hiện với mô hình multibody như sau:



Hình 4.3 Mô hình Multibody được nhập thành công vào Matlab

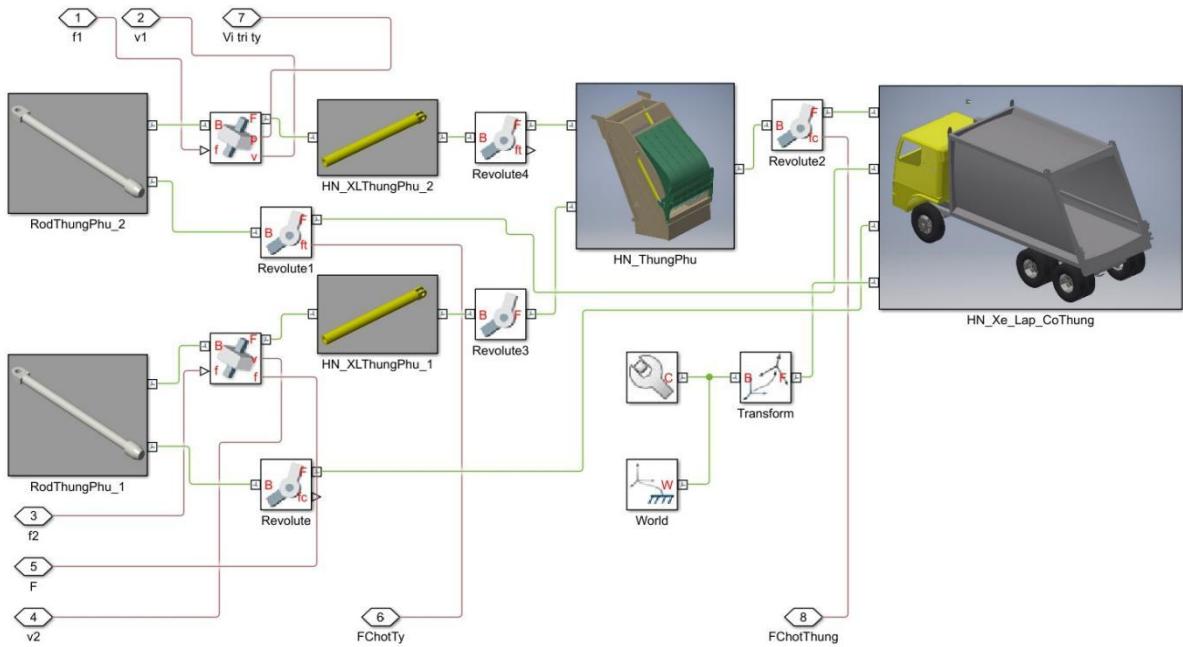
- Từ hình 4.3, giữa khói “RodThungPhu\_mk22\_RIGID” và khói “HN\_XLThungPhu2\_RIGID” không có bất kỳ khớp chuyển động nào, do đó, cần thêm vào khói Prismatic Joint để đại diện cho khớp chuyển động tịnh tiến, khói này được kết nối như hình 4.4.



Hình 4.4 Lắp liên kết khớp trượt giữa xy lanh và thanh ty

- Thực hiện các hiệu chỉnh ảnh cho các khối và tạo subsystem, thu được mô hình động lực học như sau:

### SIMSCAPE MULTIBODY: MO HINH DONG LUC HOC CO CAU NANG THUNG PHU

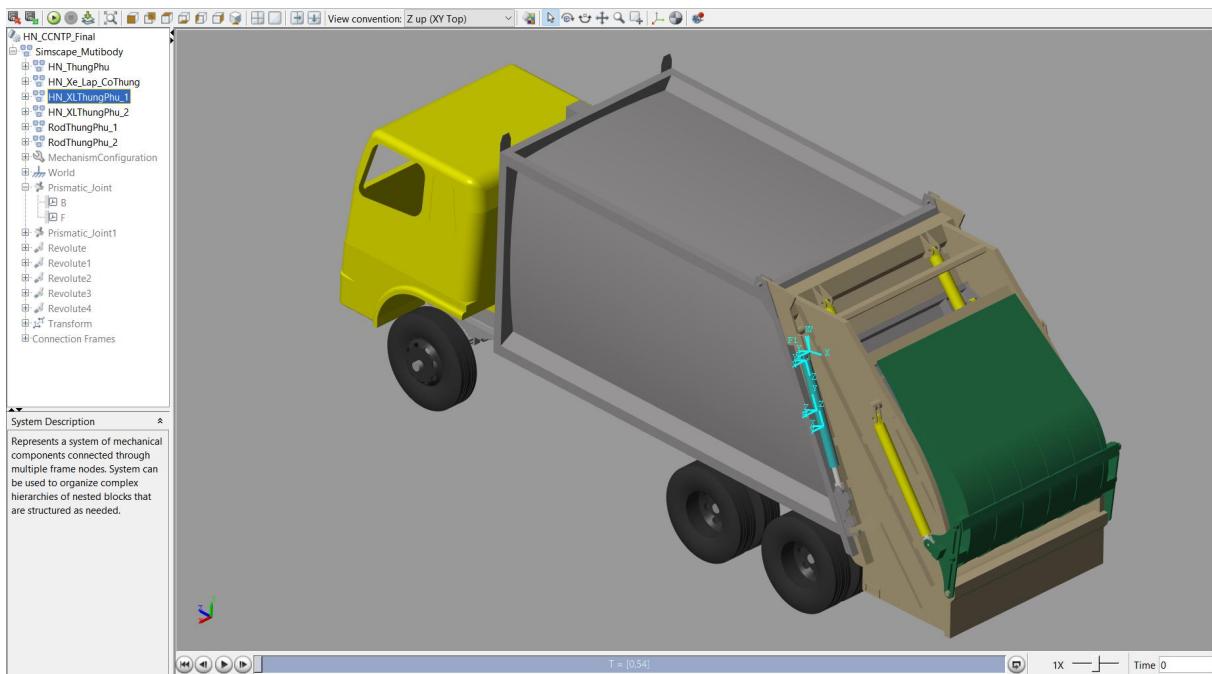


Hình 4.5 Mô hình Simscape Multibody

- Sau khi xây dựng thành công mô hình Simscape Multibody, cần lưu ý rằng khối

$$f(x) = 0$$

Solver Configuration đã được kết nối vào mô hình, khối này là khối tính toán cho toàn bộ mô hình, nên khi kết nối môi trường Multibody với môi trường Hydraulics không cần phải thêm khói này nữa. Sau đó, nhấn “Run” để khởi động Mechanic Explorers, kiểm tra chuyển động giữa các khâu khớp trong mô hình (Base + Follower) bằng cách mở rộng nhánh Simscape\_Multibody và nhấn vào các chi tiết cần kiểm tra, tại cửa sổ mô hình sẽ hiển thị các trực tọa độ do Matlab dựng nên nhằm xác định sự chuyển động tương đối giữa các chi tiết. Trong quá trình mô phỏng, nếu không có hệ thống thủy lực tác dụng lên xy lanh, thùng phụ sẽ bị rơi tự do và xảy ra hiện tượng xâm nhập (Penetration), điều này rất phổ biến khi đặt khói mô phỏng, tuy nhiên, các khói lượng của các chi tiết trên thùng phụ vẫn không đổi, đây có thể xem là một hệ vật lý bán hoàn thiện (thực tế các chi tiết, bộ phận không thể xâm nhập lẫn nhau). Ngoài ra, có thể xem vị trí tọa độ trọng tâm bằng cách nhấn vào biểu tượng trên thanh công cụ.



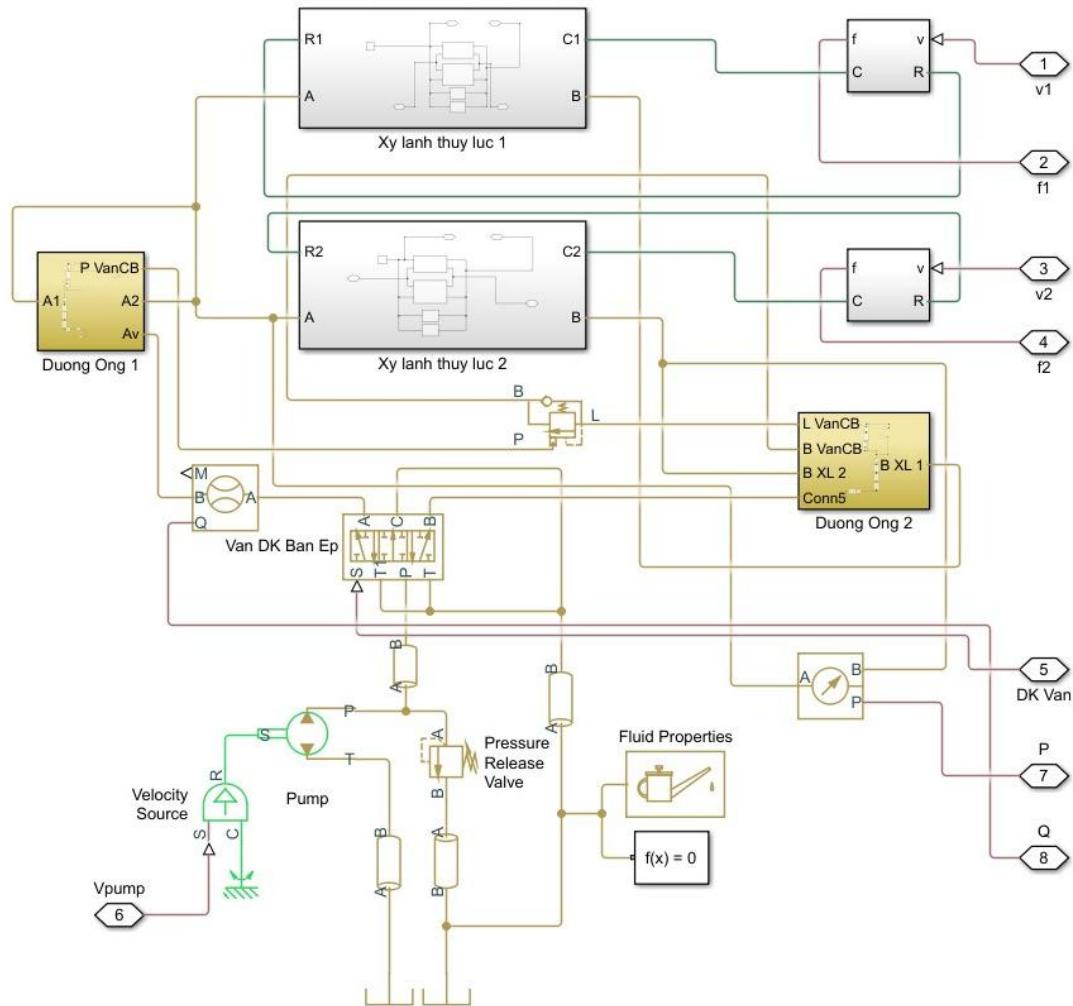
Hình 4.6 Kiểm tra các khâu khớp chuyển động trong cửa sổ Mechanics Explorer

## 1.2. Mô hình thủy lực cơ cấu nâng thùng phụ

- Tiếp đến, dựa vào sơ đồ thủy lực Hình 2.6 mục 1.4 Chương 2, xây dựng mô hình Simscape Hydraulics để mô phỏng quá trình làm việc của hệ thống thủy lực trong cơ cấu. Hệ thống này bao gồm nguồn dẫn động (Velocity Source), bơm thủy lực (Pump), van an toàn (Pressure Release Valve), Thùng dầu (Hydraulic Reference), van điều khiển bàn ép (Directional Control Valve), van cân bằng (Counterbalance Valve), cảm biến đo áp suất (Hydraulic Pressure Sensor), cảm biến đo lưu lượng (Hydraulic Flow Rate Sensor) - dùng để tính công suất thủy lực từ đó tính năng lượng tiêu thụ của cơ cấu,... Ngoài ra, còn có các cổng trao đổi tín hiệu hình lục giác

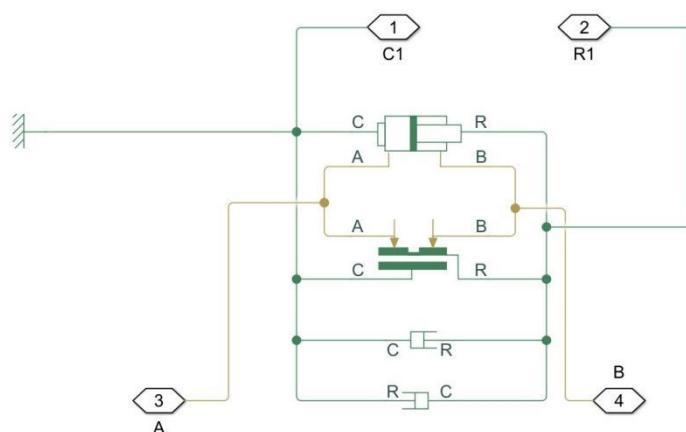
dùng để trao đổi tín hiệu giữa các subsystem với nhau, như “v1, f1” lần lượt là tín hiệu vận tốc và tín hiệu lực của xy lanh thủy lực, “DK van” là tín hiệu điều khiển van điều hướng, “P, Q” lần lượt là tín hiệu áp suất và tín hiệu lưu lượng, “Vpump” là tín hiệu vận tốc bơm,...

## SIMSCAPE HYDRAULIC: MO HINH THUY LUC CUA CO CAU NANG HA THUNG PHU



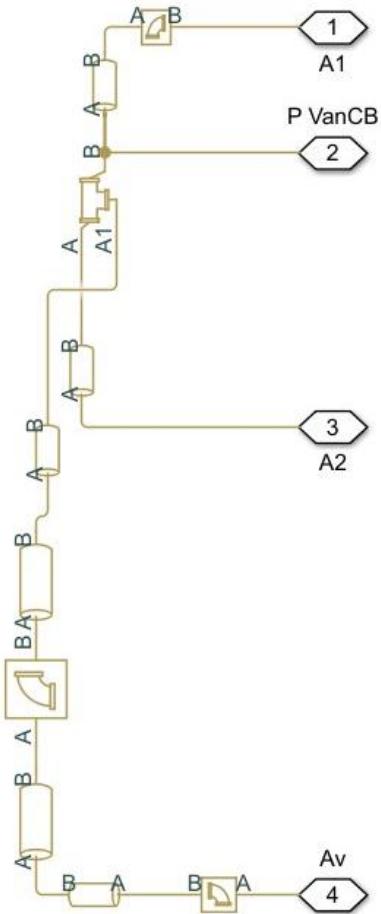
Hình 4.7 Mô hình Simscape Hydraulics

### XY LANH THUY LUC 1



Hình 4.8 Mô hình xy lanh thủy lực có 2 giảm chấn và ma sát của xy lanh

## DUONG ONG DI



Hình 4.9 Mô hình đường ống dẫn dầu đi đến xy lanh thủy lực

- Các thông số trong hệ thống thủy lực được điền vào theo bảng 4.1.

Bảng 4.1 Thông số của các khối trong Simscape Hydraulics

| TT | Tên khối               | Các thông số cần điền                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Bơm thủy lực<br>(Pump) | <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px;"> <p>Settings</p> <p>Parameters</p> <p>Displacement: <input type="text" value="112e-06"/> m<sup>3</sup>/rev</p> <p>Leakage and friction parameterization: <input type="text" value="Analytical"/></p> <p>Nominal shaft angular velocity: <input type="text" value="125.6637"/> rad/s</p> <p>Nominal pressure gain: <input type="text" value="200e+05"/> Pa</p> <p>Nominal kinematic viscosity: <input type="text" value="40.152"/> cSt</p> <p>Nominal fluid density: <input type="text" value="855.692"/> kg/m<sup>3</sup></p> <p>Volumetric efficiency at nominal conditions: <input type="text" value="0.95"/></p> <p>No-load torque: <input type="text" value="0"/> N*m</p> <p>Friction torque vs. pressure gain coefficient: <input type="text" value="0.6e-6"/> N*m/Pa</p> <p>Check if lower side pressure violating minimum valid condition: <input type="text" value="None"/></p> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Help"/> <input type="button" value="Apply"/></p> </div> |
| 2  | Vận tốc bơm            | 70.4 rad/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

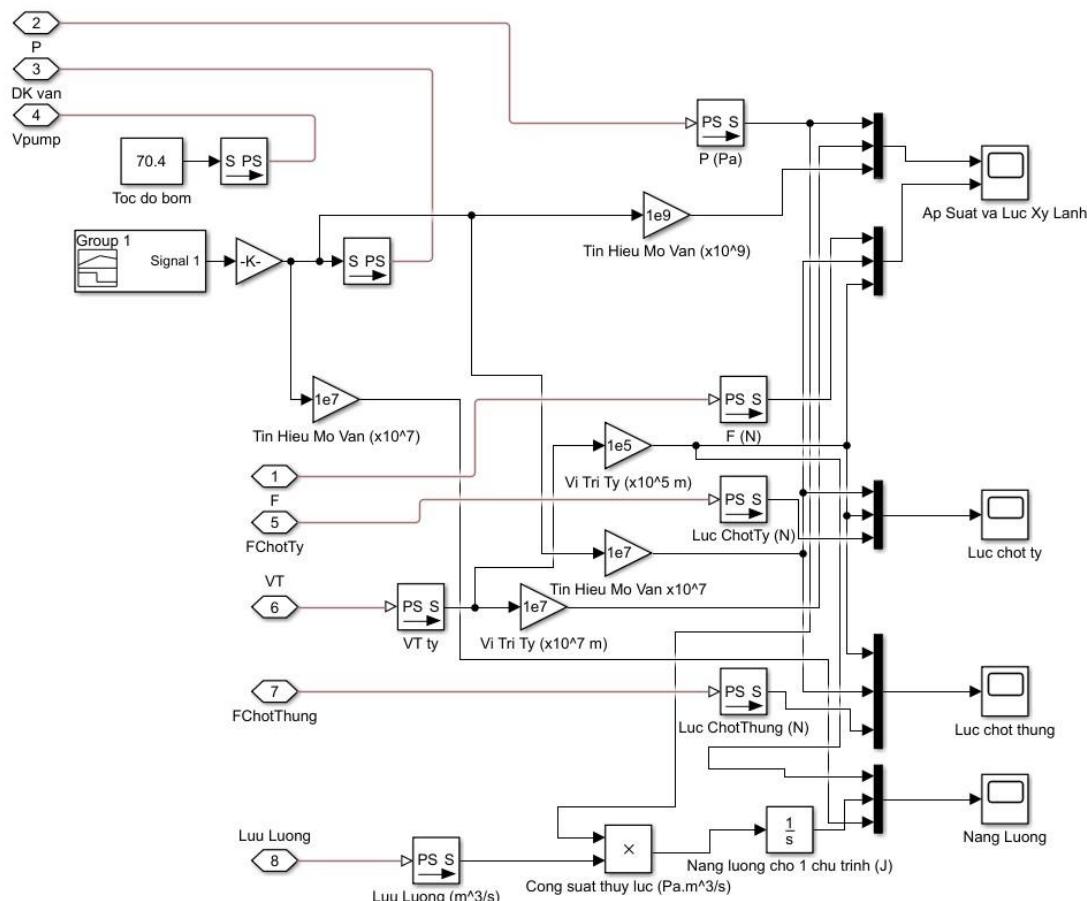
|   |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | (Velocity Source)                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3 | Thông số đầu thủy lực                         | <p>Parameters</p> <p>Hydraulic fluid: ISO VG 46 (ESSO UNIVIS N 46)</p> <p>Relative amount of trapped air: 1e-5</p> <p>System temperature (C): 60</p> <p>Viscosity derating factor: 1</p> <p>Pressure below absolute zero: Error</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4 | Van an toàn<br>(Pressure release valve)       | <p>Settings</p> <p>Parameters</p> <p>Opening area parameterization: Linear area-pressure relationship</p> <p>Maximum passage area: 1.27e-04 <math>\text{m}^2</math></p> <p>Valve pressure setting: 1.75e+07 Pa</p> <p>Valve regulation range: 8.5e+05 Pa</p> <p>Flow discharge coefficient: 0.7</p> <p>Leakage area: 1e-9 <math>\text{m}^2</math></p> <p>Laminar transition specification: Pressure ratio</p> <p>Laminar flow pressure ratio: 0.999</p> <p>Opening dynamics: Do not include valve opening dynamics</p> |
| 5 | Van điều hướng<br>(Directional control valve) | <p>Settings</p> <p>Basic Parameters Valve Opening Offsets</p> <p>Model parameterization: By maximum area and opening</p> <p>Valve passage maximum area: 6.43e-5 <math>\text{m}^2</math></p> <p>Valve maximum opening: 0.005 m</p> <p>Flow discharge coefficient: 0.7</p> <p>Leakage area: 1e-12 <math>\text{m}^2</math></p> <p>Laminar transition specification: Pressure ratio</p> <p>Laminar flow pressure ratio: 0.999</p> <p>OK Cancel Help Apply</p>                                                              |
| 6 | Tín hiệu điều khiển van                       | <p>Active Group: Group 1</p> <p>Signal 1</p> <p>Time (sec)</p> <p>Name: Signal 1 Left Point: 1 Right Point: 1 D_Signal 1</p> <p>Index: 1 Y: 1 Y: 1</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                               |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|---------|-------------------------------------|----------|------|------------------------------------------|------|---|-------------------------------------|-----|---------|---------------------------------------|------|---------|-----------------------------------|----------------------------|-----|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|---------|-----|--------------------------|------|---|-------------------------------------|-----|-------------------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------|-----------------------------------|---------|-----|--------------------------------|-------|----|---------------------------------------|-------|----|-----------------------------------------|-----|-----------------------------------------------|----------------|
| 7                                             | Van cân bằng<br>(Counterbalance valve) | <p><b>Settings</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basic parameters</li> <li>Variable orifice</li> <li>Check valve</li> </ul> <table border="1"> <tr><td>Valve pressure setting:</td><td>150e5</td><td>Pa</td></tr> <tr><td>Valve spring stiffness:</td><td>1e8</td><td>Pa/m</td></tr> <tr><td>Pilot ratio:</td><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>Backpressure ratio:</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>Time constant:</td><td>0.06</td><td>s</td></tr> <tr><td>Leakage area:</td><td>1e-9</td><td>m^2</td></tr> </table> <p><b>Settings</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basic parameters</li> <li>Variable orifice</li> <li>Check valve</li> </ul> <table border="1"> <tr><td>Variable orifice parameterization:</td><td>Maximum area and opening</td></tr> <tr><td>Orifice maximum area:</td><td>6.43e-5</td><td>m^2</td></tr> <tr><td>Orifice maximum opening:</td><td>5e-3</td><td>m</td></tr> <tr><td>Orifice flow discharge coefficient:</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>Orifice laminar transition specification:</td><td>Pressure ratio</td></tr> <tr><td>Orifice laminar flow pressure ratio:</td><td>0.999</td></tr> </table> <p><b>Settings</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basic parameters</li> <li>Variable orifice</li> <li>Check valve</li> </ul> <table border="1"> <tr><td>Check valve maximum passage area:</td><td>1.27e-4</td><td>m^2</td></tr> <tr><td>Check valve cracking pressure:</td><td>0.3e5</td><td>Pa</td></tr> <tr><td>Check valve maximum opening pressure:</td><td>1.2e5</td><td>Pa</td></tr> <tr><td>Check valve flow discharge coefficient:</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>Check valve laminar transition specification:</td><td>Pressure ratio</td></tr> </table> | Valve pressure setting: | 150e5    | Pa      | Valve spring stiffness:             | 1e8      | Pa/m | Pilot ratio:                             | 3    |   | Backpressure ratio:                 | 4   |         | Time constant:                        | 0.06 | s       | Leakage area:                     | 1e-9                       | m^2 | Variable orifice parameterization: | Maximum area and opening | Orifice maximum area: | 6.43e-5 | m^2 | Orifice maximum opening: | 5e-3 | m | Orifice flow discharge coefficient: | 0.7 | Orifice laminar transition specification: | Pressure ratio | Orifice laminar flow pressure ratio: | 0.999 | Check valve maximum passage area: | 1.27e-4 | m^2 | Check valve cracking pressure: | 0.3e5 | Pa | Check valve maximum opening pressure: | 1.2e5 | Pa | Check valve flow discharge coefficient: | 0.7 | Check valve laminar transition specification: | Pressure ratio |
| Valve pressure setting:                       | 150e5                                  | Pa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Valve spring stiffness:                       | 1e8                                    | Pa/m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Pilot ratio:                                  | 3                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Backpressure ratio:                           | 4                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Time constant:                                | 0.06                                   | s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Leakage area:                                 | 1e-9                                   | m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Variable orifice parameterization:            | Maximum area and opening               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Orifice maximum area:                         | 6.43e-5                                | m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Orifice maximum opening:                      | 5e-3                                   | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Orifice flow discharge coefficient:           | 0.7                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Orifice laminar transition specification:     | Pressure ratio                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Orifice laminar flow pressure ratio:          | 0.999                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Check valve maximum passage area:             | 1.27e-4                                | m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Check valve cracking pressure:                | 0.3e5                                  | Pa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Check valve maximum opening pressure:         | 1.2e5                                  | Pa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Check valve flow discharge coefficient:       | 0.7                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Check valve laminar transition specification: | Pressure ratio                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| 8                                             | Xy lanh thủy lực                       | <p><b>Settings</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parameters</li> </ul> <table border="1"> <tr><td>Piston area A:</td><td>0.006362</td><td>m^2</td></tr> <tr><td>Piston area B:</td><td>0.003534</td><td>m^2</td></tr> <tr><td>Piston stroke:</td><td>0.82</td><td>m</td></tr> <tr><td>Piston initial distance from cap A:</td><td>0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Penetration coefficient:</td><td>1e12</td><td>s*N/m^2</td></tr> <tr><td>Cylinder orientation:</td><td>Acts in positive direction</td><td></td></tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Piston area A:          | 0.006362 | m^2     | Piston area B:                      | 0.003534 | m^2  | Piston stroke:                           | 0.82 | m | Piston initial distance from cap A: | 0   | m       | Penetration coefficient:              | 1e12 | s*N/m^2 | Cylinder orientation:             | Acts in positive direction |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Piston area A:                                | 0.006362                               | m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Piston area B:                                | 0.003534                               | m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Piston stroke:                                | 0.82                                   | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Piston initial distance from cap A:           | 0                                      | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Penetration coefficient:                      | 1e12                                   | s*N/m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Cylinder orientation:                         | Acts in positive direction             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| 9                                             | Ma sát trong xy lanh                   | <p><b>Settings</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parameters</li> <li>Variables</li> </ul> <table border="1"> <tr><td>Preload force:</td><td>1e3</td><td>N</td></tr> <tr><td>Coulomb friction force coefficient:</td><td>1e-6</td><td>N/Pa</td></tr> <tr><td>Breakaway friction increase coefficient:</td><td>1.2</td><td></td></tr> <tr><td>Viscous friction coefficient:</td><td>100</td><td>N/(m/s)</td></tr> <tr><td>Transition approximation coefficient:</td><td>10</td><td>s/m</td></tr> <tr><td>Linear region velocity threshold:</td><td>1e-4</td><td>m/s</td></tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Preload force:          | 1e3      | N       | Coulomb friction force coefficient: | 1e-6     | N/Pa | Breakaway friction increase coefficient: | 1.2  |   | Viscous friction coefficient:       | 100 | N/(m/s) | Transition approximation coefficient: | 10   | s/m     | Linear region velocity threshold: | 1e-4                       | m/s |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Preload force:                                | 1e3                                    | N                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Coulomb friction force coefficient:           | 1e-6                                   | N/Pa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Breakaway friction increase coefficient:      | 1.2                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Viscous friction coefficient:                 | 100                                    | N/(m/s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Transition approximation coefficient:         | 10                                     | s/m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Linear region velocity threshold:             | 1e-4                                   | m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| 10                                            | Giảm chấn ở đầu xy lanh                | <p><b>Settings</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Main</li> <li>Faults</li> </ul> <table border="1"> <tr><td>Damping coefficient:</td><td>4e6</td><td>N/(m/s)</td></tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Damping coefficient:    | 4e6      | N/(m/s) |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |
| Damping coefficient:                          | 4e6                                    | N/(m/s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |          |         |                                     |          |      |                                          |      |   |                                     |     |         |                                       |      |         |                                   |                            |     |                                    |                          |                       |         |     |                          |      |   |                                     |     |                                           |                |                                      |       |                                   |         |     |                                |       |    |                                       |       |    |                                         |     |                                               |                |

- Cuối cùng là xây dựng mô hình Simulink để đưa tín hiệu điều khiển và truy xuất kết quả đầu ra khi đã thực hiện mô phỏng.

### 1.3. Mô hình Simulink của cơ cấu nâng thùng phụ

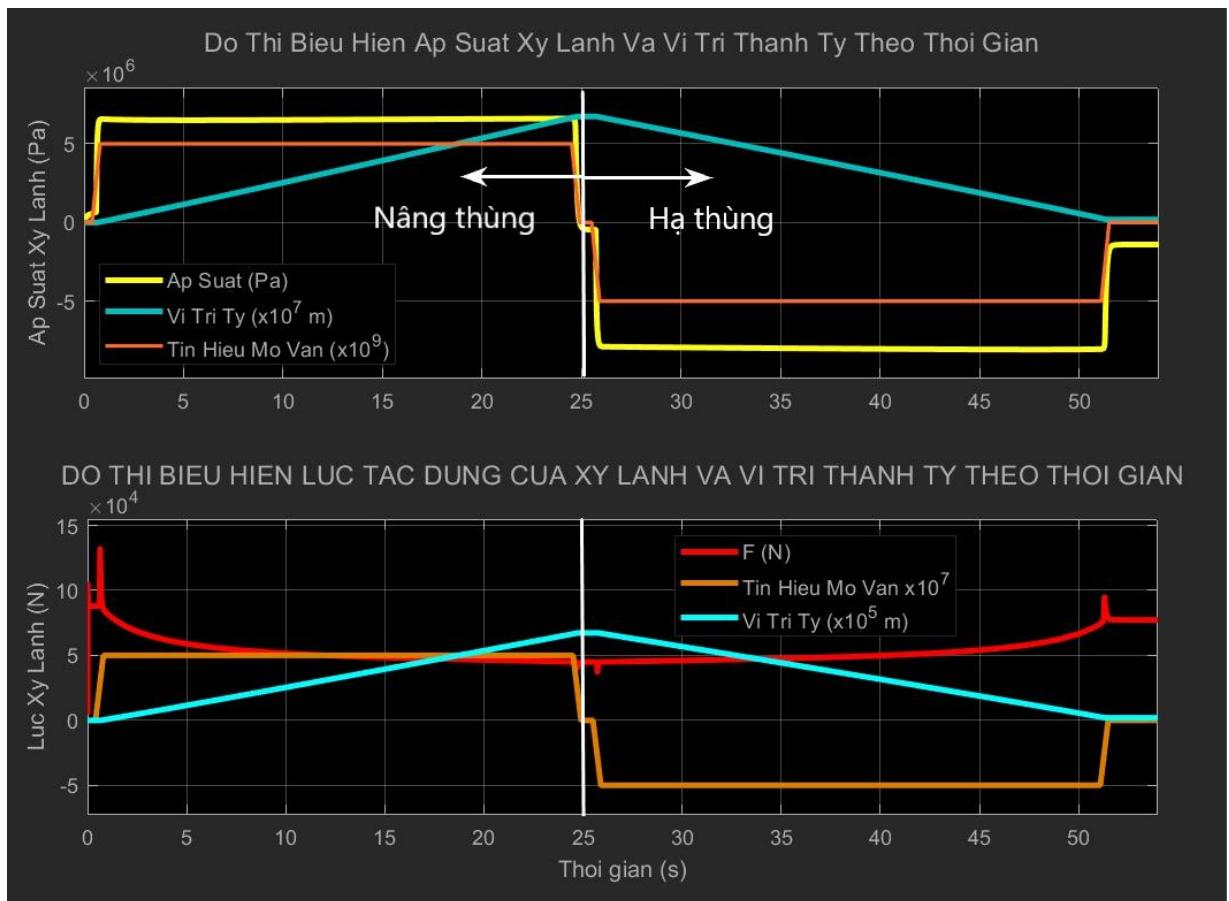
SIMULINK: MO HINH NHAP VA TRUY XUAT DU LIEU TRONG CO CAU NANG THUNG PHU



Hình 4.10 Mô hình Simulink dùng để nhập tín hiệu và truy xuất kết quả mô phỏng

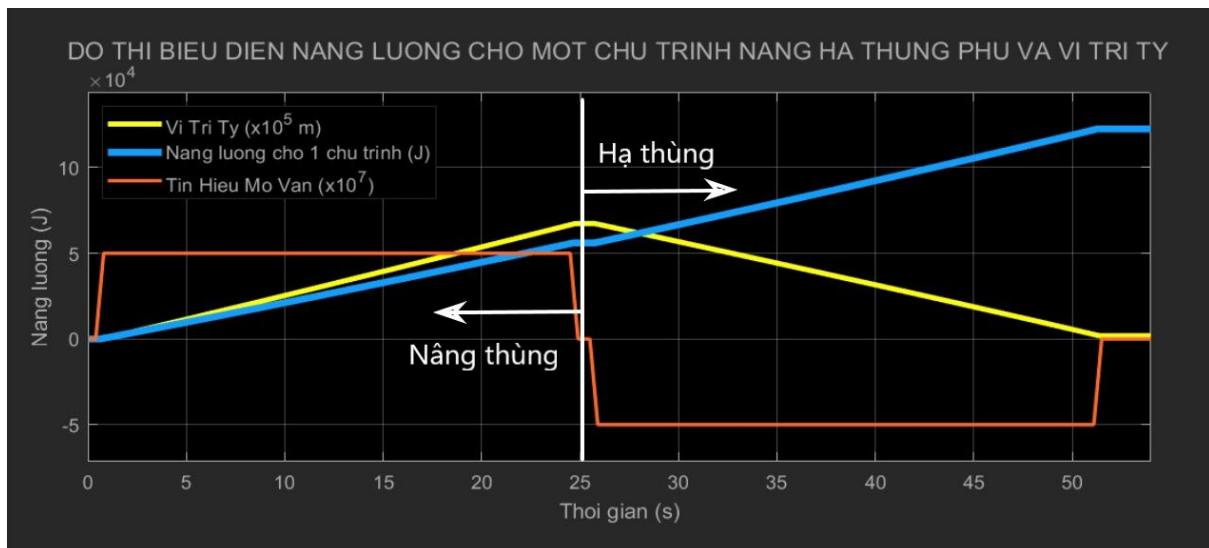
- Mô hình này đã được điều chỉnh thời gian làm việc trùng với thời gian cơ cấu hoạt động thực tế. Song song đó, để thuận tiện cho việc đánh giá kết quả, các thông số có độ lớn nhỏ được nhân lên để đồng bộ với thông số chính, như thông số “Tin Hieu Mo Van” được nhân lên  $10^7$  lần để có thể hiển thị trên biểu đồ đường năng lượng tại khối Scope “Nang Luong”, còn thông số “Vi Tri Ty” cũng được nhân lên  $10^7$  lần để hiển thị trên biểu đồ cùng với giá trị áp suất, từ mô hình này trở về sau, các thông số có giá trị nhỏ như tín hiệu mở van hay vị trí ty sẽ được nhân lên để khớp vào biểu đồ áp suất, lực hay năng lượng. Cuối cùng nhưng không kém phần quan trọng, công suất thủy lực được tính bằng tích của tín hiệu lưu lượng và áp suất, tích phân giá trị này theo thời gian sẽ được giá trị năng lượng tiêu thụ cho

toàn hệ thống thủy lực. Để xem kết quả mô phỏng, nhấp đúp chuột vào các khối Scope “Ap Suat va Luc Xy Lanh” và “Nang Luong” thu được đồ thị sau:



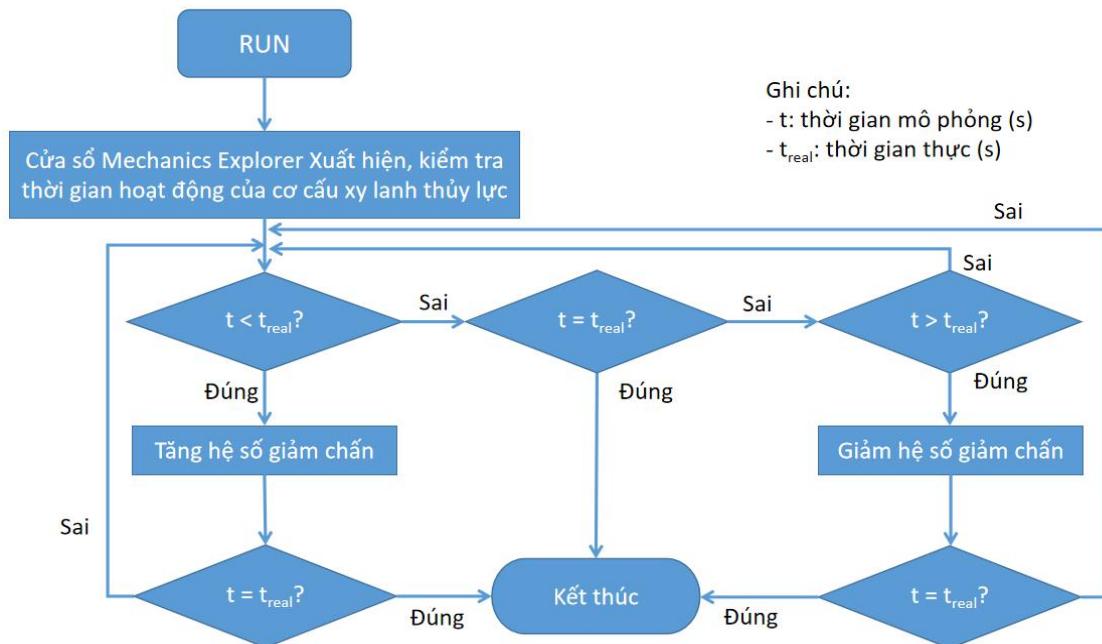
Hình 4.11 Đồ thị biểu diễn áp suất (ở trên) và lực (ở dưới) được truy xuất từ Matlab

- Đồ thị hình 4.11 biểu diễn sự thay đổi hai thông số đầu ra là áp suất (đường màu vàng) và lực tác dụng của xy lanh thủy lực (đường màu đỏ) theo tín hiệu độ mở van trong khoảng thời gian đi về của xy lanh thực tế là 52 s. Tại khoảng thời gian vừa mở van để thanh ty nâng thùng phụ, áp suất tại thanh ty tăng nhẹ sau đó tăng vọt đến giá trị  $6,56 \cdot 10^6$  Pa (65,6 bar) khi van mở cực đại và duy trì ở mức áp suất này cho đến khi van đóng hoàn toàn, ở trạng thái hạ thùng, áp suất trong xy lanh đạt giá trị cao nhất  $8,07 \cdot 10^6$  Pa (80,7 bar), song song đó, giá trị của lực đạt cực đại đồ thị tại thời điểm 0.8s mở van là  $1,32 \cdot 10^5$  (N) với sai số so với phương pháp tính toán cỗ điển là 8,05%, sau đó giảm dần đến cuối thời điểm đóng van nâng thùng, giá trị cực đại của lực xy lanh được dùng trong mô phỏng bền chót tại Ansys.

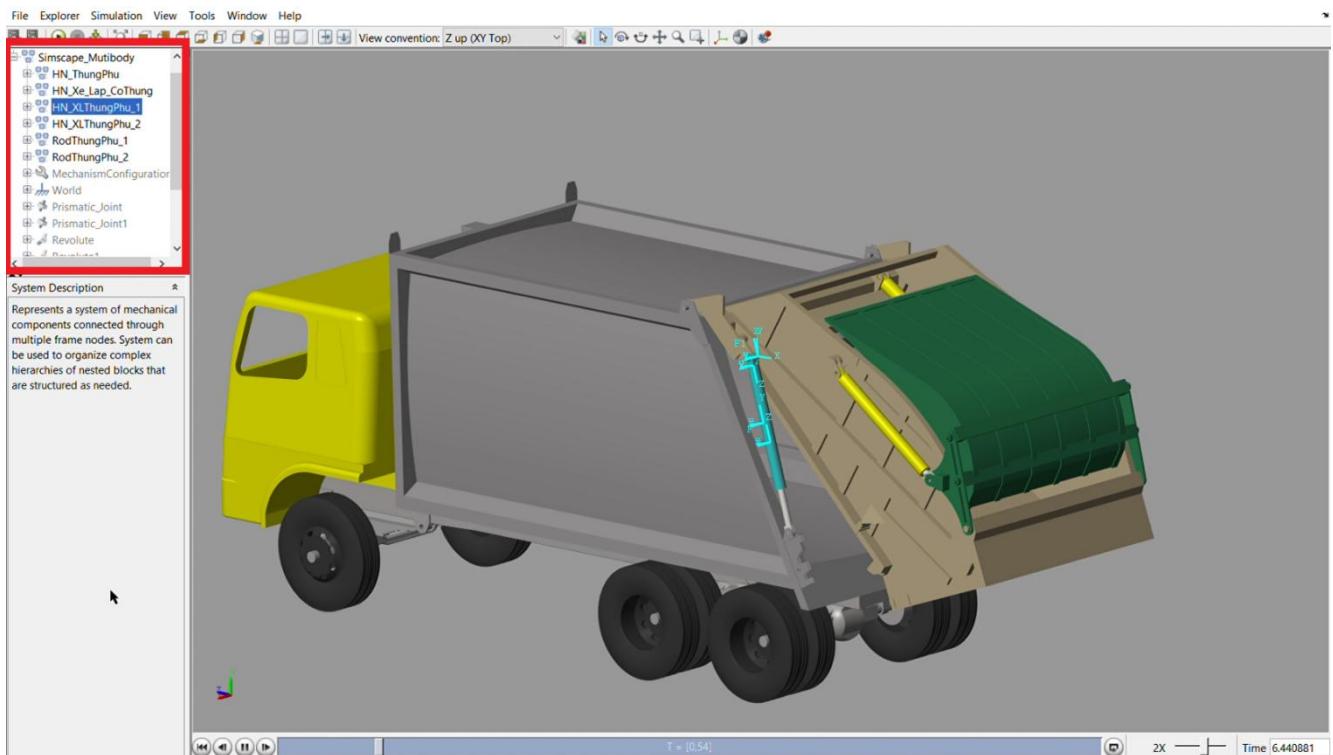


Hình 4.12 Năng lượng tiêu thụ cho một chu trình nâng hạ thùng phụ

- Biểu đồ đường ở hình 4.12 biểu diễn năng lượng tiêu thụ của một xy lanh thủy lực trong việc nâng hạ thùng phụ (đường màu xanh), tổng năng lượng tiêu thụ của một xy lanh nâng hạ là  $1,224 \cdot 10^5$  (J), vì vậy, một chu trình nâng hạ với hai xy lanh tiêu tốn  $2,448 \cdot 10^5$  (J).
- Song song đó, khi nhấn “Run” để chạy mô hình, cửa sổ Mechanic Explorers sẽ xuất hiện (hình 4.14), cửa sổ này sẽ mô phỏng trạng thái hoạt động của hệ thống. Kiểm tra thời gian hoạt động của xy lanh thủy lực có đúng với cơ cấu thực tế hay không, nếu không thì người dùng cần điều chỉnh các thông số như lưu đồ bên dưới.



Hình 4.13 Lưu đồ điều chỉnh tốc độ hành trình của xy lanh thủy lực

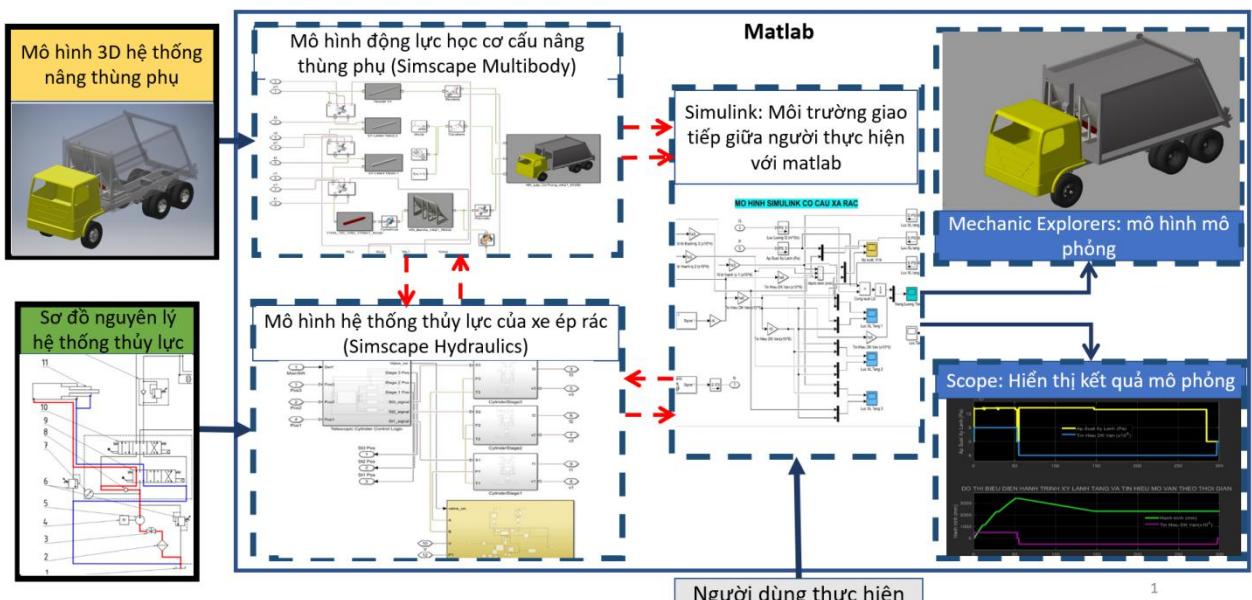


Hình 4.14 Cửa sổ mô phỏng của Matlab Multibody - Mechanic Explorers

- Nếu cơ cấu nâng thùng phụ trong hệ thống hoạt động với khoảng thời gian tương ứng với thời gian đo của xe thực tế, thì các thông số đầu ra trong mô hình mô phỏng là các thông số đáng tin cậy và có thể dùng để tính toán năng lượng tiêu thụ, áp suất xy lanh và lực tác động của nó.

## 2. Kiểm nghiệm cơ cấu xả rác

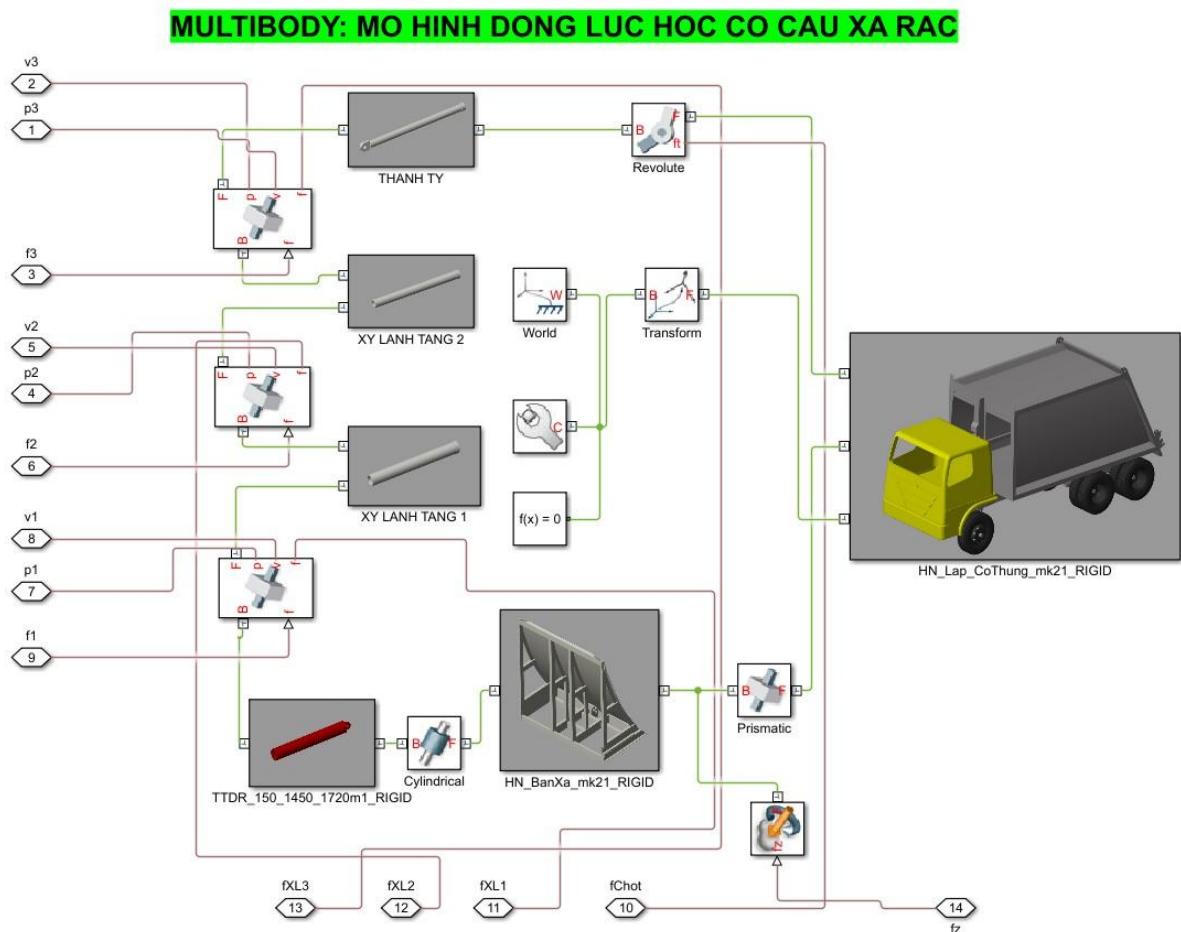
Tương tự với quy trình thực hiện kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ, mô hình kiểm nghiệm cơ cấu xả rác được xây dựng như sau:



Hình 4.15 Quy trình kiểm nghiệm cơ cấu xả rác

## 2.1. Mô hình động lực học cơ cấu xả rác

- So với các mô hình khác, cơ cấu xả rác tuy có ít chi tiết nhưng quá trình chuyển động khá phức tạp do có xy lanh tầng, nên ràng buộc các chuyển động của từng tầng trong xy lanh một cách có trật tự, nghĩa là xy lanh ngoài cùng liên kết với xy lanh tầng 1 bằng khớp trượt có một bậc tự do, xy lanh tầng 1 liên kết với xy lanh tầng hai bằng khớp trượt có một bậc tự do, và cứ thế suy ra. Tuy nhiên, các ràng buộc chắc chắn như vậy khi nhập vào môi trường Multibody sẽ không có sẵn các khối Prismatic Joint (như trong trường hợp ở cơ cấu nâng thùng phụ), vì thế cần phải thêm các khối đó để liên kết các bộ phận trong xy lanh tầng lại với nhau như đã nói ở mục 1.1 chương này. Thực hiện các điều chỉnh và thêm ảnh đại diện cho các bán hệ thống (Subsystem), thu được mô hình động lực học trong Matlab như sau:



Hình 4.16 Mô hình Simscape Multibody của cơ cấu xả rác

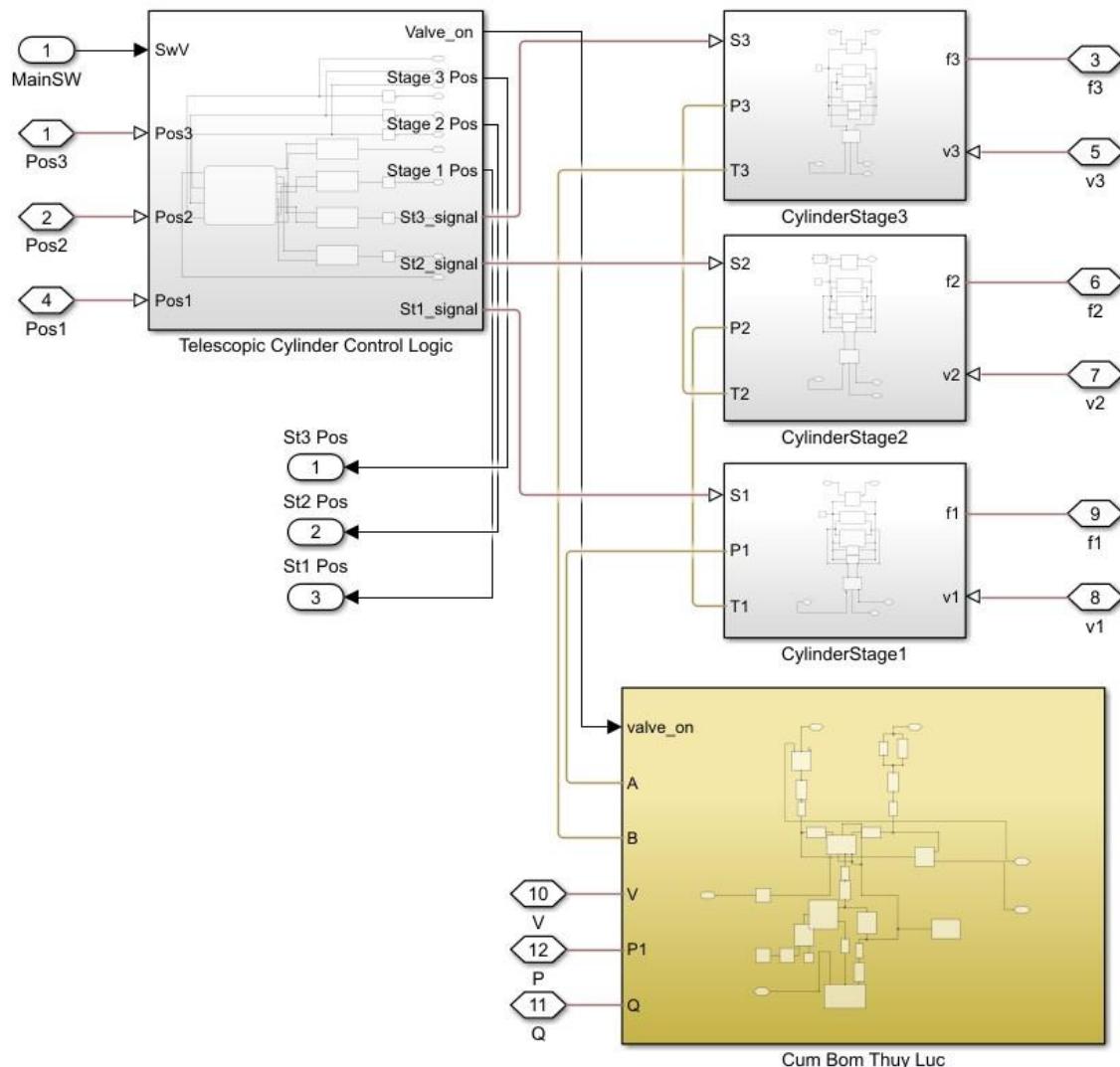
- Do Matlab R2018a vẫn chưa có khối xy lanh tầng và liên kết tầng (Telescopic Joint), nên để mô phỏng theo đúng quá trình hoạt động của xy lanh tầng, mô hình này dùng module Stateflow của Simscape để thực hiện Logic đóng, mở các tầng

của xy lanh theo đúng thứ tự đóng mở xy lanh thực tế, khối Prismatic Joint trong mô hình Multibody có thêm một cổng đầu ra là p (tương ứng với các tầng là p1, p2 và p3) đại diện cho tín hiệu vị trí từng tầng của xy lanh dùng làm tín hiệu đầu vào cho Stateflow, từ đó điều khiển xy lanh tầng một cách có trật tự. Để thuận tiện điều chỉnh, mô hình Stateflow được gộp vào khối Simscape Hydraulic được nêu ở mục kế tiếp.

## 2.2. Mô hình thủy lực cơ cấu xả rác

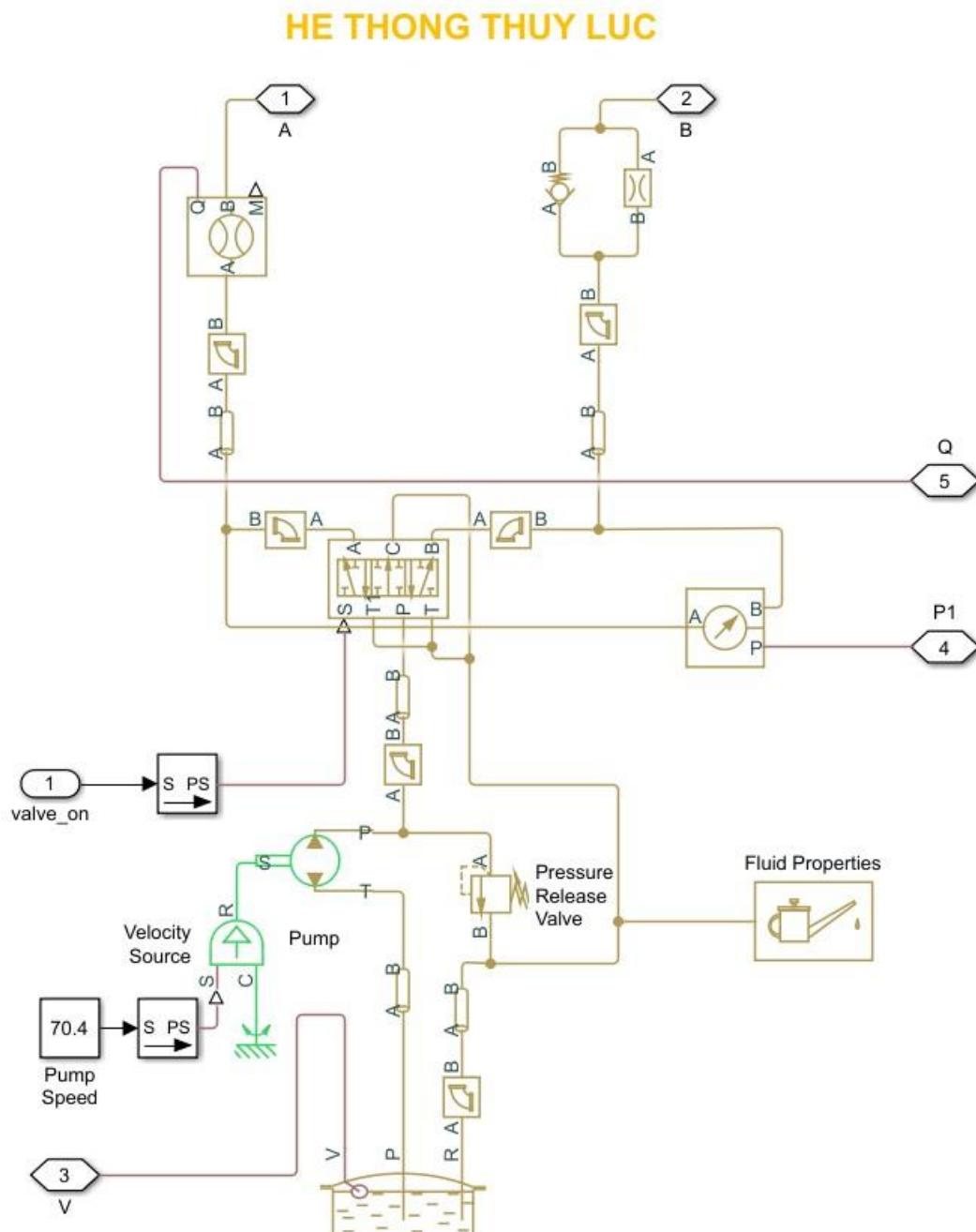
- Việc thiết lập mô hình thủy lực - Simscape Hydraulics có nhiều điểm tương đồng so với mô hình của cơ cấu nâng thùng phụ, dựa vào sơ đồ hình 2.4 và hình 2.14 tại mục 1.4 chương 2, mô hình thủy lực được xây dựng như sau:

### SIMSCAPE HYDRAULIC: MO HINH THUY LUC CO CAU XA RAC



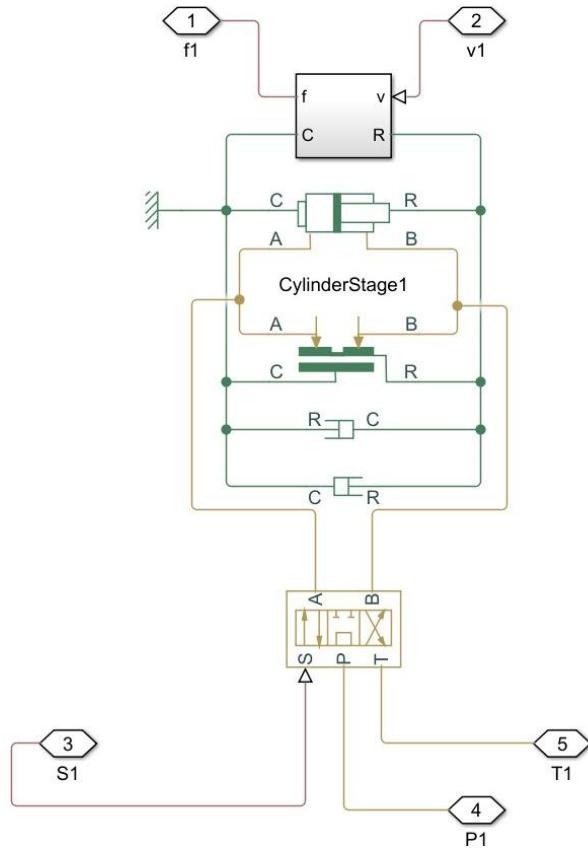
Hình 4.17 Mô hình thủy lực cơ cấu xả rác

- Thông qua hình 4.17, có thể thấy được mô hình thủy lực ở cơ cấu xả rác gồm ba khối subsystem chính, đó là cụm bơm thủy lực, Logic điều khiển xy lanh tầng (Telescopic Cylinder Control Logic) và các tầng (CylinderStage) riêng biệt, các công trao đổi tín hiệu cũng khá tương đồng với mô hình Hydraulics của cơ cấu nâng thùng phụ, tuy nhiên có thêm các tín hiệu như “MainSW” dùng để nhận biết tín hiệu của van điều hướng chính, “Pos1, Pos2, Pos3” là các tín hiệu đầu vào vị trí từng tầng của xy lanh thủy lực, “St1 Pos, St2 Pos, St3 Pos” là các tín hiệu đầu ra vị trí theo các tầng 1, 2, 3,...



Hình 4.18 Subsystem của hệ thống thủy lực

- Trong subsystem của hệ thống thủy lực, van điều hướng 6 cỗng, 3 vị trí được dùng làm van chính điều khiển hành trình đóng/mở của xy lanh tầng như trong thực tế, tuy nhiên, trong Matlab, để cơ cấu có thể hoạt động đúng, cần phải phân ra các subsystem đại diện cho từng tầng dịch chuyển riêng biệt (CylinderStage - Hình 4.19) mà để điều khiển chúng, cần phải có ba tín hiệu điều khiển khác nhau và đồng thời theo đúng thứ tự hoạt động của xy lanh thực tế, vì vậy, trong Simscape Hydraulics của cơ cấu xả rác được đưa vào khối Telescopic Control Logic để điều khiển và truyền tín hiệu đóng mở van cho từng tầng theo đúng thứ tự hoạt động của nó, các subsystem CylinderStage sẽ đóng vai trò là một tầng của xy lanh, từ đó truyền lực để đóng mở xy lanh theo tín hiệu từ khối điều khiển Logic.

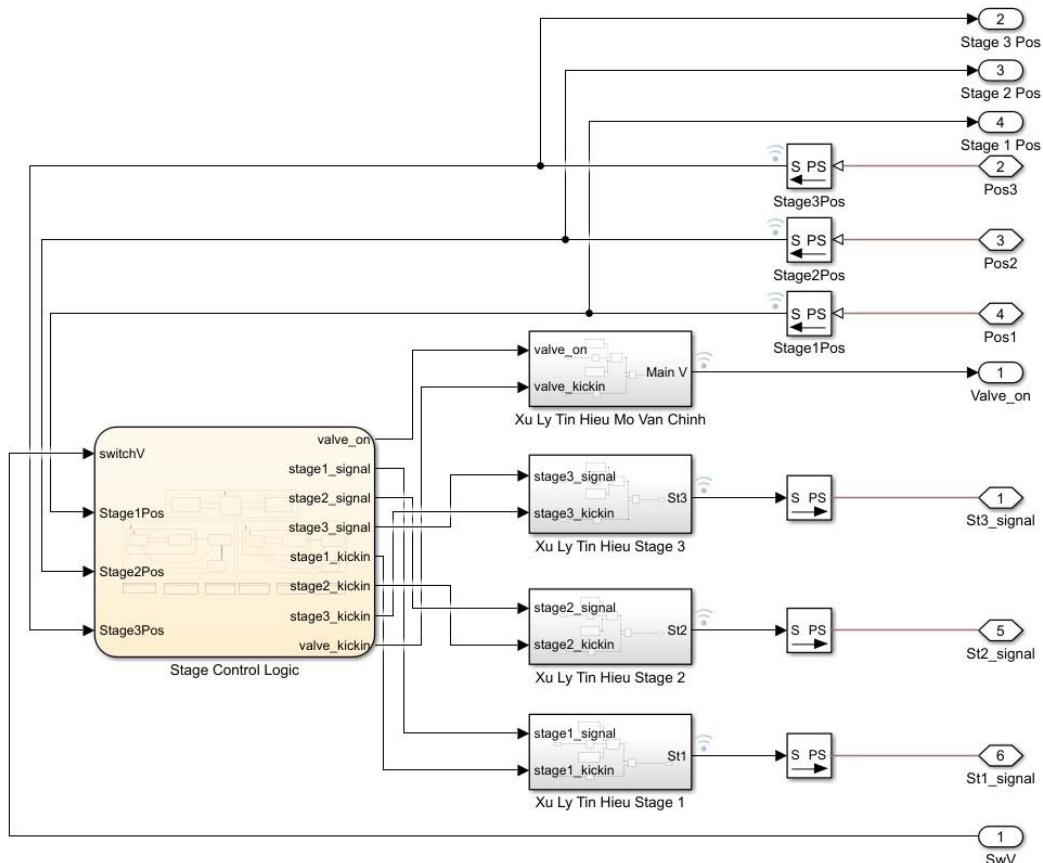


Hình 4.19 Subsystem CylinderStage1

- Trong mô hình này, Logic điều khiển xy lanh tầng (Telescopic Cylinder Control Logic) bao gồm một khối điều khiển theo trạng thái Stateflow (State Control Logic, hình 4.20) và các khối xử lý tín hiệu truyền từ khối điều khiển trạng thái để truyền tín hiệu đóng mở van cho CylinderState, khối State Control Logic nhận tín hiệu đóng mở của van chính “SwV” và tín hiệu phản hồi vị trí của từng tầng xy lanh “Pos1, Pos2, Pos3” để thực hiện các lệnh điều khiển, sau đó truyền tín hiệu đến

bốn khối xử lý “Xu Ly Tin Hieu Mo Van Chinh”, “Xu Ly Tin Hieu Stage 1”,… để biến đổi thành tín hiệu điều khiển van đóng mở các xy lanh thành phần.

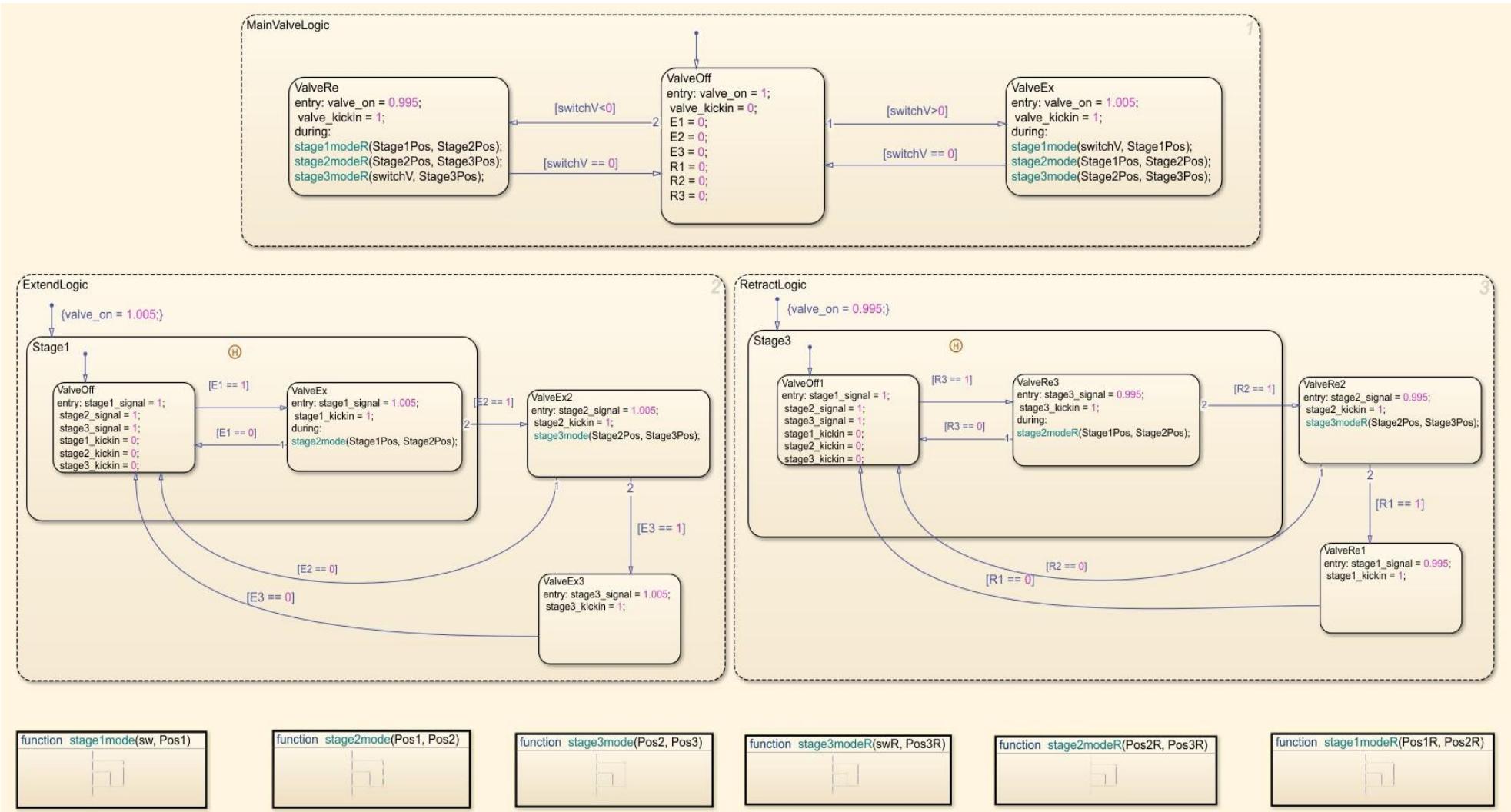
### LOGIC DIEU KHIEN XY LANH TANG



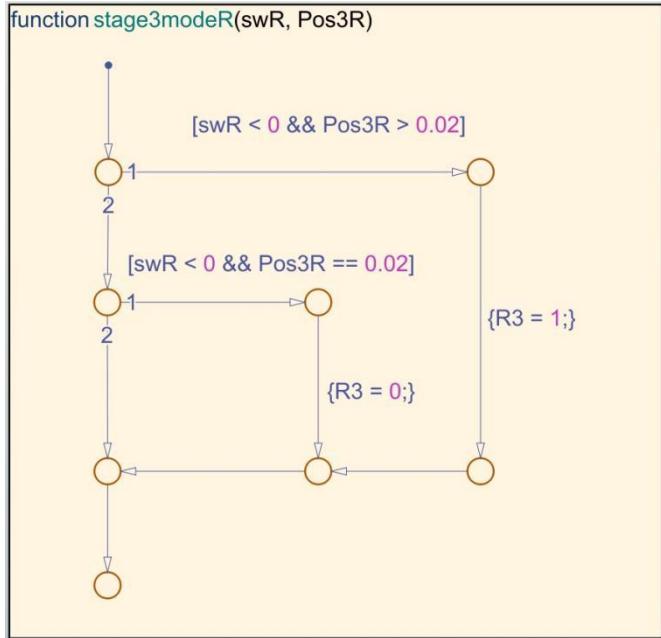
Hình 4.20 Logic điều khiển và xử lý tín hiệu xy lanh tầng

- Theo hình 4.20, để điều khiển được xy lanh tầng theo ý muốn, cần phải có một khối Stateflow. Nó là một module điều khiển hoạt động của hệ thống một cách logic mà không cần phải viết các chương trình can thiệp để điều khiển theo mong muốn, module này hoạt động dựa vào các trạng thái đóng hay mở của xy lanh tầng. Ở xy lanh tầng có ba tầng riêng biệt, hai trạng thái đẩy ra và thu về cho các tầng, vì vậy có tất cả sáu trạng thái đóng mở của các van thành phần. Hay nói cách khác, stateflow sẽ có ba trạng thái đóng theo các tầng và ba trạng thái mở theo các tầng, các trạng thái này sẽ được thực hiện khi có một biến tác động thỏa điều kiện, ví dụ, từ trạng thái đóng van “ValveOff”, để chuyển sang trạng thái mở van đẩy xy lanh ra “ValveEx”, thì biến tác động “SwitchV” phải lớn hơn 0 (hình 4.21). Song song đó, để các xy lanh dịch chuyển theo ý muốn, cần phải kết hợp với đầu vào vị trí của chúng, Stateflow cho phép dùng lưu đồ dưới dạng Function để gọi hàm điều kiện (hình 4.22, 4.23), nếu trạng thái của tầng thứ nhất thỏa điều kiện ra hoặc vào, thì biến tác động sẽ làm cho trạng thái mở của nó được kích hoạt. Đầu ra của

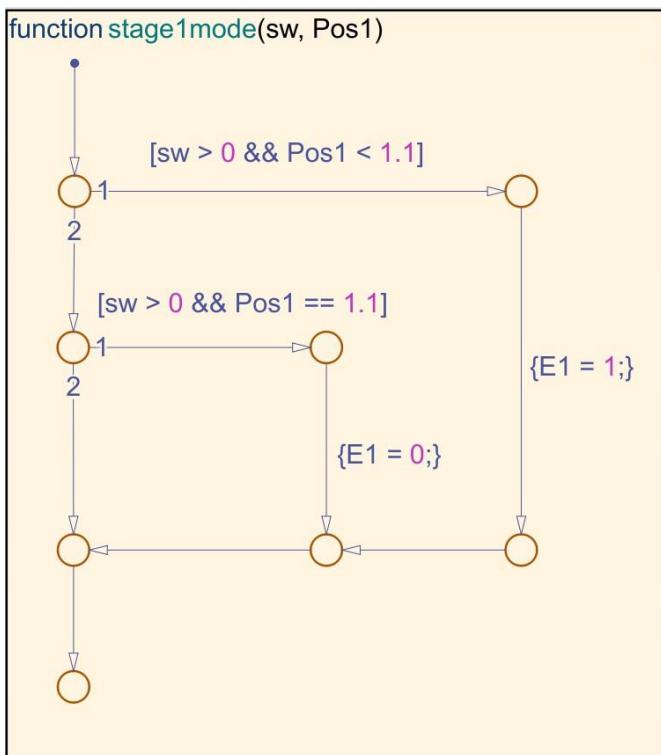
stateflow là các biến được đưa vào bên trong các trạng thái như “valve\_on”, “valve\_kickin”,... các biến này sẽ được xử lý thông qua các subsystem xử lý tín hiệu.



Hình 4.21 Stage Control Logic



Hình 4.22 Function thu thanh ty tầng 3

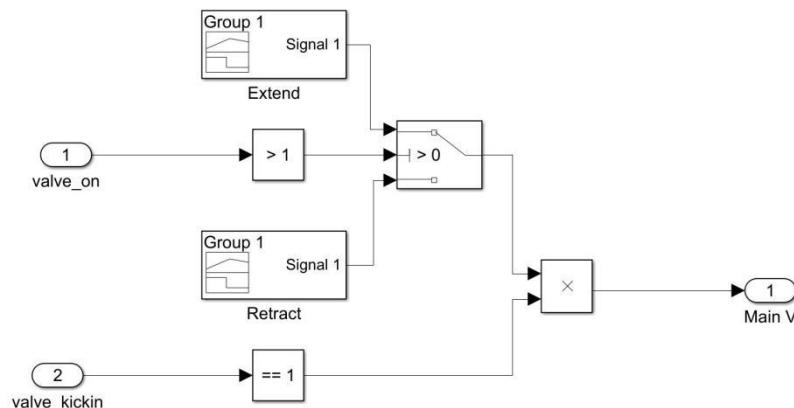


Hình 4.23 Function đẩy xy lanh tầng 1

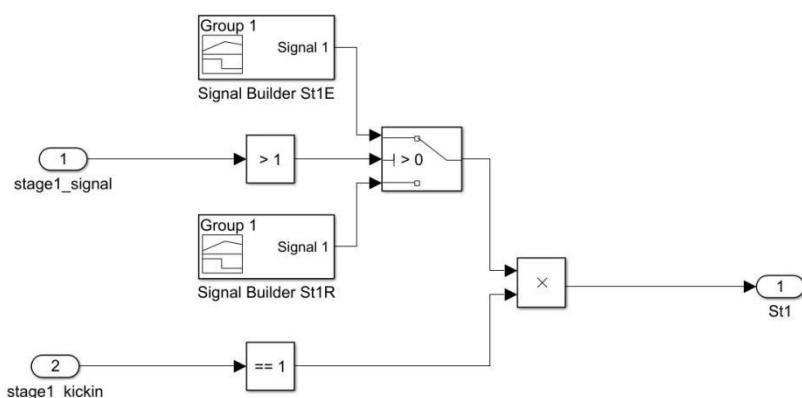
- Theo các function thu thanh ty tầng 3 trong hình 4.22, trạng thái (state) thu xy lanh tầng 3 “ValveRe3” sẽ được kích hoạt khi biến tác động R3 có giá trị bằng 1, để đạt được điều đó, hai tham số đầu vào “swR”<sup>2</sup> nhỏ hơn 0 và “Pos3R” lớn hơn 0,02 phải đều được thỏa mãn.

<sup>2</sup> Thực chất đây là biến “switchV” nhưng để tránh Matlab nhầm lẫn dữ liệu đầu vào, biến “switchV” được đổi tên thành “swR”, tương tự đối với biến “Pos3R”

- Cuối cùng là các subsystem xử lý tín hiệu từ stateflow, các khối này nhận hai tín hiệu đầu vào (ví dụ ở khối “Xu Ly Tin Hieu Mo Van Chinh”, có hai thông số “valve\_on” và “valve\_kickin”) và đưa ra một tín hiệu đầu ra “MainV” để điều khiển đóng mở van chính (Hình 4.24). Tín hiệu “valve\_on” có các giá trị 0.995, 1 và 1,005 tương ứng với vị trí van gạt sang trái, ở vị trí trung gian, và sang phải, nếu tín hiệu lớn hơn 1, thì khối tín hiệu điều khiển van chính “Extend” được áp dụng và ngược lại, ở vị trí trung gian, tín hiệu sẽ luôn bằng 0, nên trong subsystem này có thêm một tín hiệu vào “valve\_kickin”, tín hiệu này có hai giá trị là 0 và 1, tương ứng với trạng thái trung gian và mở van, để kích hoạt trạng thái hoạt động của hai khối “Extend” và “Retract”, tín hiệu cần có giá trị bằng 1.



Hình 4.24 Subsystem xử lý tín hiệu mở van chính

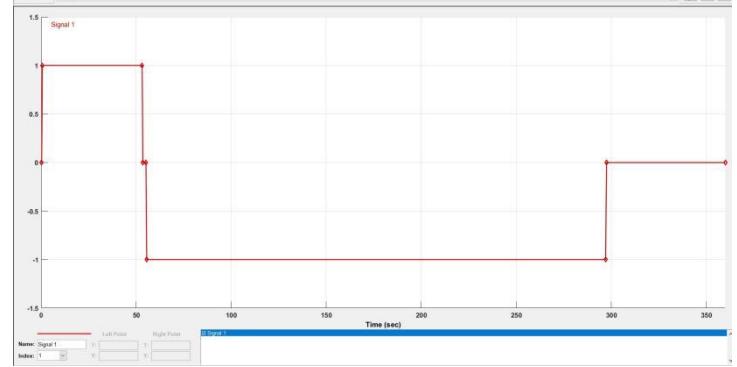
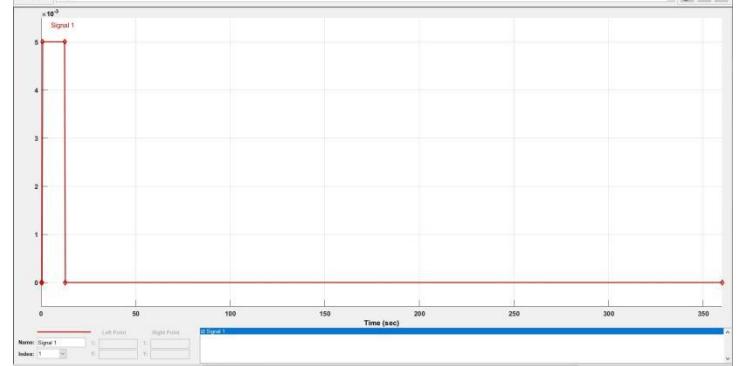
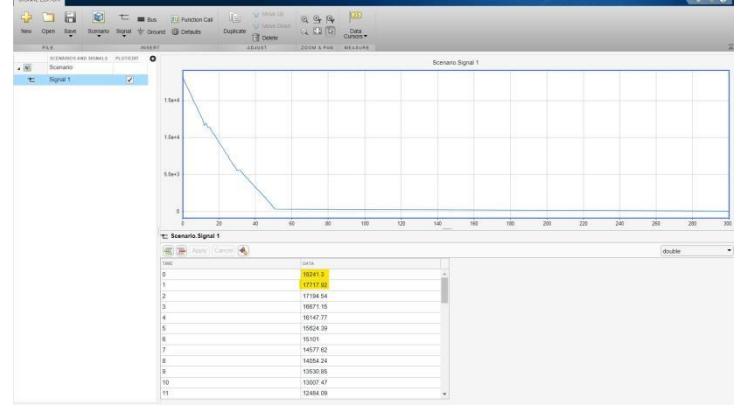


Hình 4.25 Subsystem xử lý tín hiệu mở xy lanh tầng 1

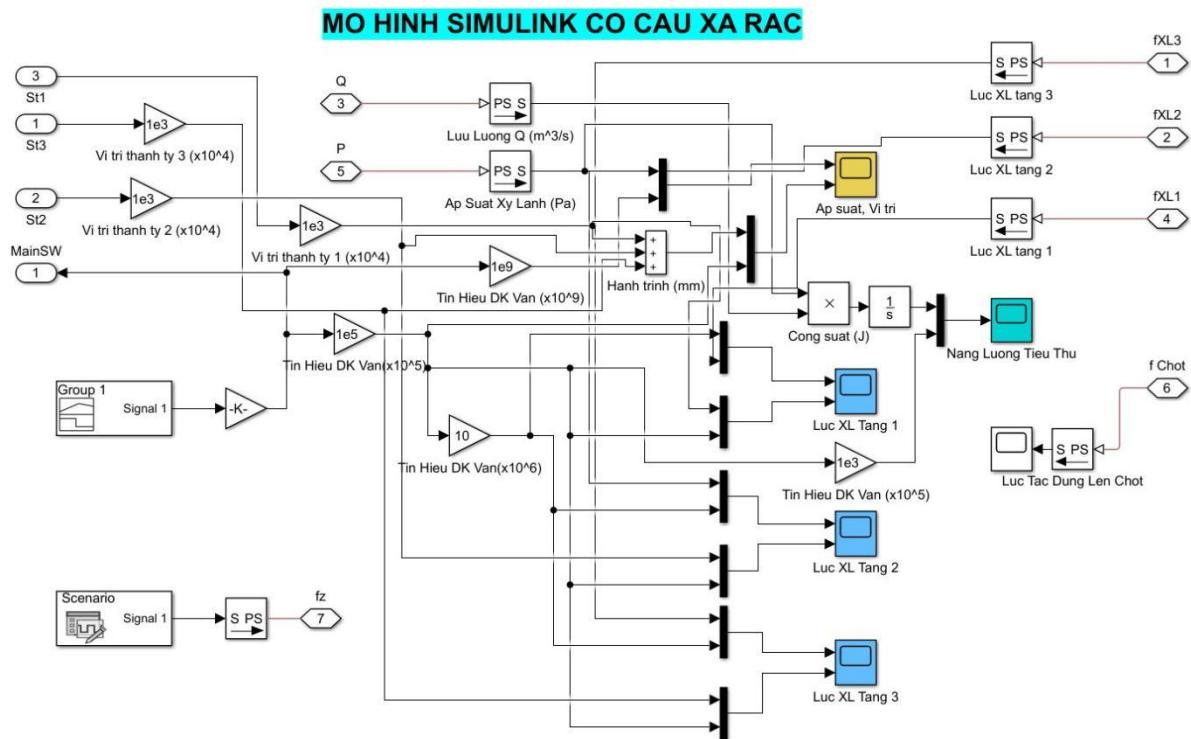
- Các thông số của các khối trong hệ thống thủy lực đa phần được chia sẻ với mô hình thủy lực trong cơ cấu nâng thùng phụ, tuy nhiên mô hình ở cơ cấu xả rác cũng có một vài điểm khác biệt, chúng được liệt kê trong bảng 4.2.

Bảng 4.2 Các thông số của hệ thống thuỷ lực cơ cấu xả rác

| TT                                       | Tên khối                   | Các thông số cần điều                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
|------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|----------------|-------------------------------------|-------------|----------------|------------------------------------------|----------------|---|-------------------------------------|-------|---------|---------------------------------------|------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----|
| 1                                        | Xy lanh thủy lực tầng 1    | <p>Settings</p> <p>Parameters</p> <table> <tr><td>Piston area A:</td><td>6361.725e-6</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Piston area B:</td><td>2277.655e-6</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Piston stroke:</td><td>1.125</td><td>m</td></tr> <tr><td>Piston initial distance from cap A:</td><td>0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Penetration coefficient:</td><td>1e12</td><td>s*N/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Cylinder orientation:</td><td>Acts in positive direction</td><td></td></tr> </table>         | Piston area A:       | 6361.725e-6 | m <sup>2</sup> | Piston area B:                      | 2277.655e-6 | m <sup>2</sup> | Piston stroke:                           | 1.125          | m | Piston initial distance from cap A: | 0     | m       | Penetration coefficient:              | 1e12 | s*N/m <sup>2</sup> | Cylinder orientation:             | Acts in positive direction |     |
| Piston area A:                           | 6361.725e-6                | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston area B:                           | 2277.655e-6                | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston stroke:                           | 1.125                      | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston initial distance from cap A:      | 0                          | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Penetration coefficient:                 | 1e12                       | s*N/m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Cylinder orientation:                    | Acts in positive direction |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| 2                                        | Xy lanh thủy lực tầng 2    | <p>Settings</p> <p>Parameters</p> <table> <tr><td>Piston area A:</td><td>4948.008e-6</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Piston area B:</td><td>1806.416e-6</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Piston stroke:</td><td>1.14</td><td>m</td></tr> <tr><td>Piston initial distance from cap A:</td><td>0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Penetration coefficient:</td><td>1e12</td><td>s*N/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Cylinder orientation:</td><td>Acts in positive direction</td><td></td></tr> </table>          | Piston area A:       | 4948.008e-6 | m <sup>2</sup> | Piston area B:                      | 1806.416e-6 | m <sup>2</sup> | Piston stroke:                           | 1.14           | m | Piston initial distance from cap A: | 0     | m       | Penetration coefficient:              | 1e12 | s*N/m <sup>2</sup> | Cylinder orientation:             | Acts in positive direction |     |
| Piston area A:                           | 4948.008e-6                | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston area B:                           | 1806.416e-6                | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston stroke:                           | 1.14                       | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston initial distance from cap A:      | 0                          | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Penetration coefficient:                 | 1e12                       | s*N/m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Cylinder orientation:                    | Acts in positive direction |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| 3                                        | Xy lanh thủy lực tầng 3    | <p>Settings</p> <p>Parameters</p> <table> <tr><td>Piston area A:</td><td>3534.292e-6</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Piston area B:</td><td>1335.177e-6</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Piston stroke:</td><td>1.135</td><td>m</td></tr> <tr><td>Piston initial distance from cap A:</td><td>0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Penetration coefficient:</td><td>1e12</td><td>s*N/m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Cylinder orientation:</td><td>Acts in positive direction</td><td></td></tr> </table>         | Piston area A:       | 3534.292e-6 | m <sup>2</sup> | Piston area B:                      | 1335.177e-6 | m <sup>2</sup> | Piston stroke:                           | 1.135          | m | Piston initial distance from cap A: | 0     | m       | Penetration coefficient:              | 1e12 | s*N/m <sup>2</sup> | Cylinder orientation:             | Acts in positive direction |     |
| Piston area A:                           | 3534.292e-6                | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston area B:                           | 1335.177e-6                | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston stroke:                           | 1.135                      | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Piston initial distance from cap A:      | 0                          | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Penetration coefficient:                 | 1e12                       | s*N/m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Cylinder orientation:                    | Acts in positive direction |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| 4                                        | Hệ số giảm chấn            | <p>Settings</p> <p>Parameters Variables</p> <table> <tr><td>Damping coefficient:</td><td>4e5</td><td>N/(m/s)</td></tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Damping coefficient: | 4e5         | N/(m/s)        |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Damping coefficient:                     | 4e5                        | N/(m/s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| 5                                        | Van tiết lưu đường về      | <p>Settings</p> <p>Parameters Variables</p> <table> <tr><td>Orifice area:</td><td>7.92e-6</td><td>m<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Flow discharge coefficient:</td><td>0.7</td><td></td></tr> <tr><td>Laminar transition specification:</td><td>Pressure ratio</td><td></td></tr> <tr><td>Laminar flow pressure ratio:</td><td>0.999</td><td></td></tr> </table>                                                                                                                                                           | Orifice area:        | 7.92e-6     | m <sup>2</sup> | Flow discharge coefficient:         | 0.7         |                | Laminar transition specification:        | Pressure ratio |   | Laminar flow pressure ratio:        | 0.999 |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Orifice area:                            | 7.92e-6                    | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Flow discharge coefficient:              | 0.7                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Laminar transition specification:        | Pressure ratio             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Laminar flow pressure ratio:             | 0.999                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| 6                                        | Ma sát trong xy lanh       | <p>Settings</p> <p>Parameters Variables</p> <table> <tr><td>Preload force:</td><td>200</td><td>N</td></tr> <tr><td>Coulomb friction force coefficient:</td><td>1e-6</td><td>N/Pa</td></tr> <tr><td>Breakaway friction increase coefficient:</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>Viscous friction coefficient:</td><td>100</td><td>N/(m/s)</td></tr> <tr><td>Transition approximation coefficient:</td><td>10</td><td>s/m</td></tr> <tr><td>Linear region velocity threshold:</td><td>1e-4</td><td>m/s</td></tr> </table> | Preload force:       | 200         | N              | Coulomb friction force coefficient: | 1e-6        | N/Pa           | Breakaway friction increase coefficient: | 1              |   | Viscous friction coefficient:       | 100   | N/(m/s) | Transition approximation coefficient: | 10   | s/m                | Linear region velocity threshold: | 1e-4                       | m/s |
| Preload force:                           | 200                        | N                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Coulomb friction force coefficient:      | 1e-6                       | N/Pa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Breakaway friction increase coefficient: | 1                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Viscous friction coefficient:            | 100                        | N/(m/s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Transition approximation coefficient:    | 10                         | s/m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |
| Linear region velocity threshold:        | 1e-4                       | m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |             |                |                                     |             |                |                                          |                |   |                                     |       |         |                                       |      |                    |                                   |                            |     |

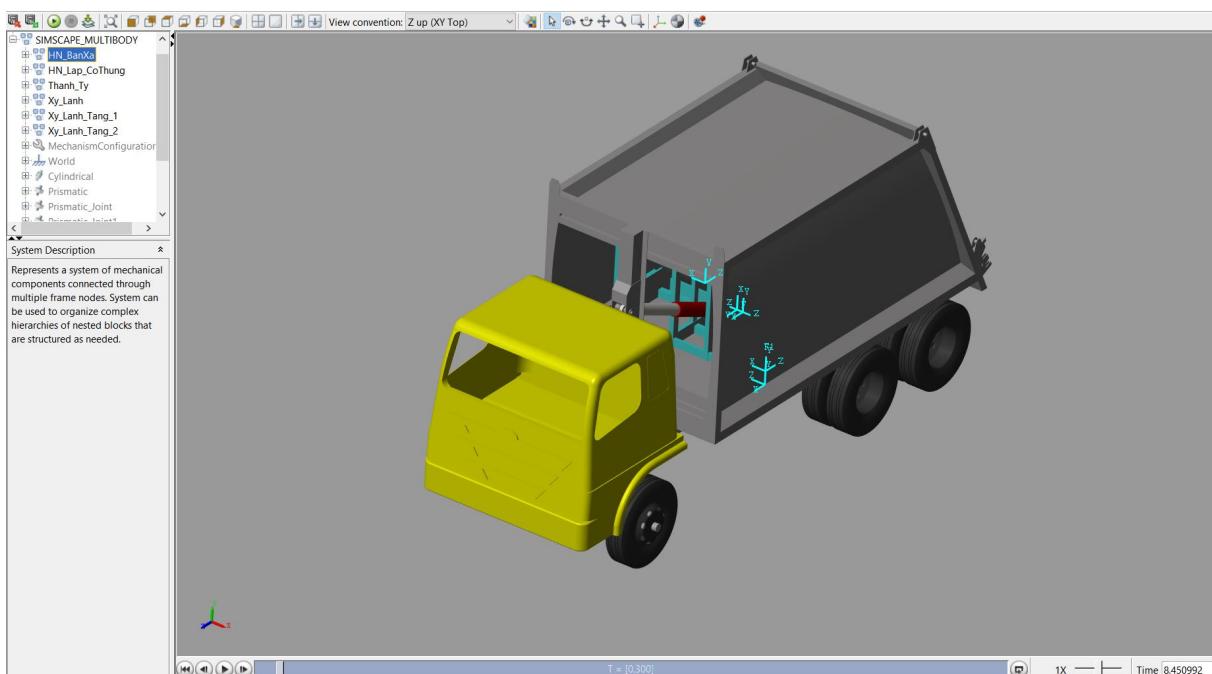
| 7    | Tín hiệu đóng mở xy<br>lanh tầng                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
|------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|----|--------|----|--------|
| 8    | Khối thay đổi tín hiệu<br>dựa vào so sánh với<br>hằng số | <p>Main    Signal Attributes</p> <p>Criteria for passing first input: <math>u2 &gt; \text{Threshold}</math></p> <p>Threshold:</p> <input type="text" value="0"/> <p><input checked="" type="checkbox"/> Enable zero-crossing detection</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 9    | Khối Signal Builder mở<br>van xy lanh tầng 1             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 10   | Ngoại lực tác dụng lên<br>cơ cầu xả rác (*)              |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1.0000</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.7717</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.5719</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.4057</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.2777</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.2000</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.1410</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.0957</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.0649</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.0459</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.0327</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.0248</td></tr> </tbody> </table> | Time | Value | 0 | 1.0000 | 1 | 0.7717 | 2 | 0.5719 | 3 | 0.4057 | 4 | 0.2777 | 5 | 0.2000 | 6 | 0.1410 | 7 | 0.0957 | 8 | 0.0649 | 9 | 0.0459 | 10 | 0.0327 | 11 | 0.0248 |
| Time | Value                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 0    | 1.0000                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 1    | 0.7717                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 2    | 0.5719                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 3    | 0.4057                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 4    | 0.2777                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 5    | 0.2000                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 6    | 0.1410                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 7    | 0.0957                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 8    | 0.0649                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 9    | 0.0459                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 10   | 0.0327                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
| 11   | 0.0248                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |
|      |                                                          | <p>(*) Các thông số ngoại lực sẽ được tính toán dựa vào lực ma sát do khối rác trong thùng ép tạo ra, khối rác trong thùng giảm dần theo thời gian và thông số này có phụ thuộc vào vận tốc đi ra của bàn xả, do đó để tính toán thuận tiện, dùng Matlab truy xuất kết quả vận tốc bàn xả, cách nhập này được làm rõ tại Phụ Lục III.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      |       |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |   |        |    |        |    |        |

### 2.3. Mô hình Simulink cơ cầu xả rác



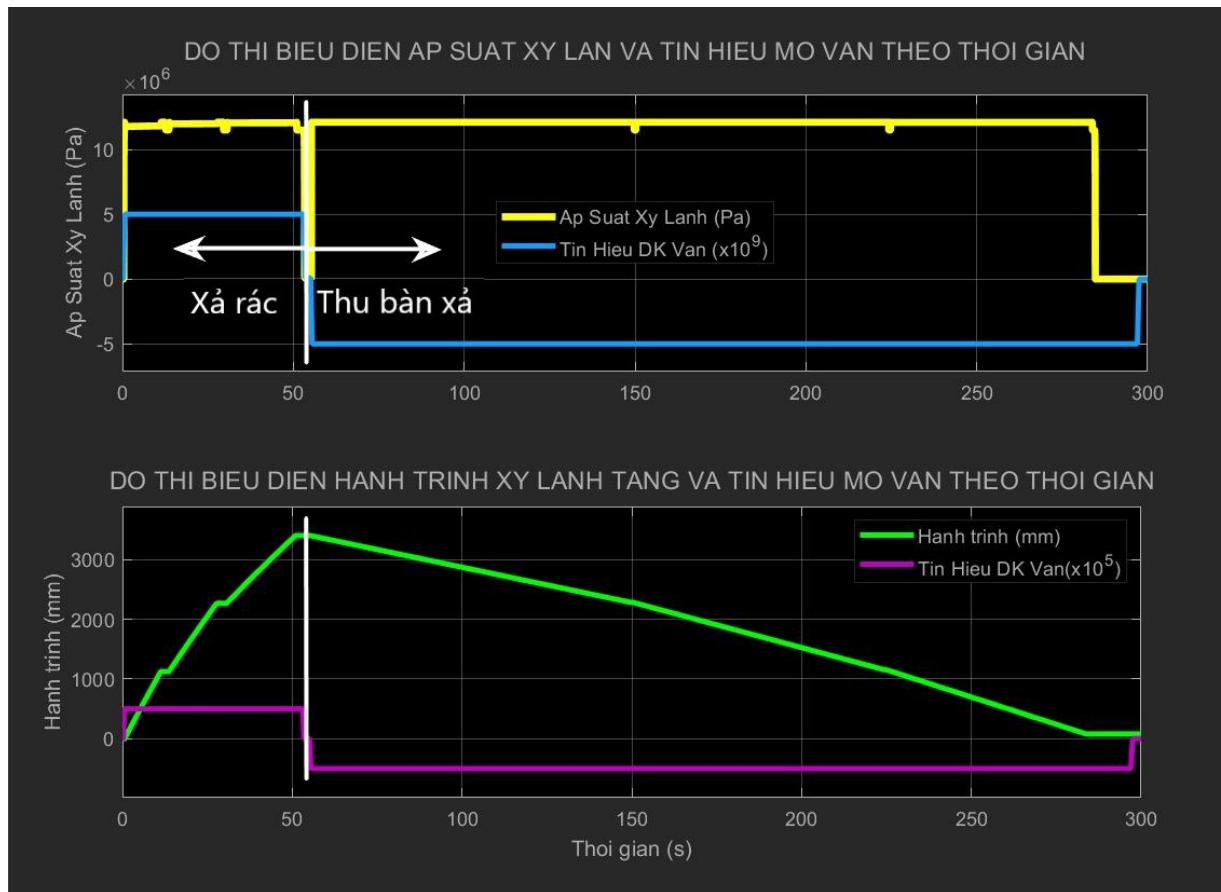
Hình 4.26 Mô hình Simulink truy xuất dữ liệu tính toán từ Matlab

- Sau khi tiến hành chạy mô phỏng, Matlab sẽ hiện cửa sổ Mechanics Explorer cho phép người dùng kiểm tra kết quả di chuyển của cơ cấu sao cho trùng với thời gian thực, song song đó, người dùng có thể nhấn đúp chuột vào các khối Scope “Ap suat, Vi tri”, “Luc XL Tang 1” hoặc “Nang Luong Tieu Thu” để kiểm tra các thông số Áp suất, vị trí của các tầng trong xy lanh, hay kiểm tra lực, năng lượng cho một chu trình xả rác và thu bàn về. Các kết quả thu được như sau:



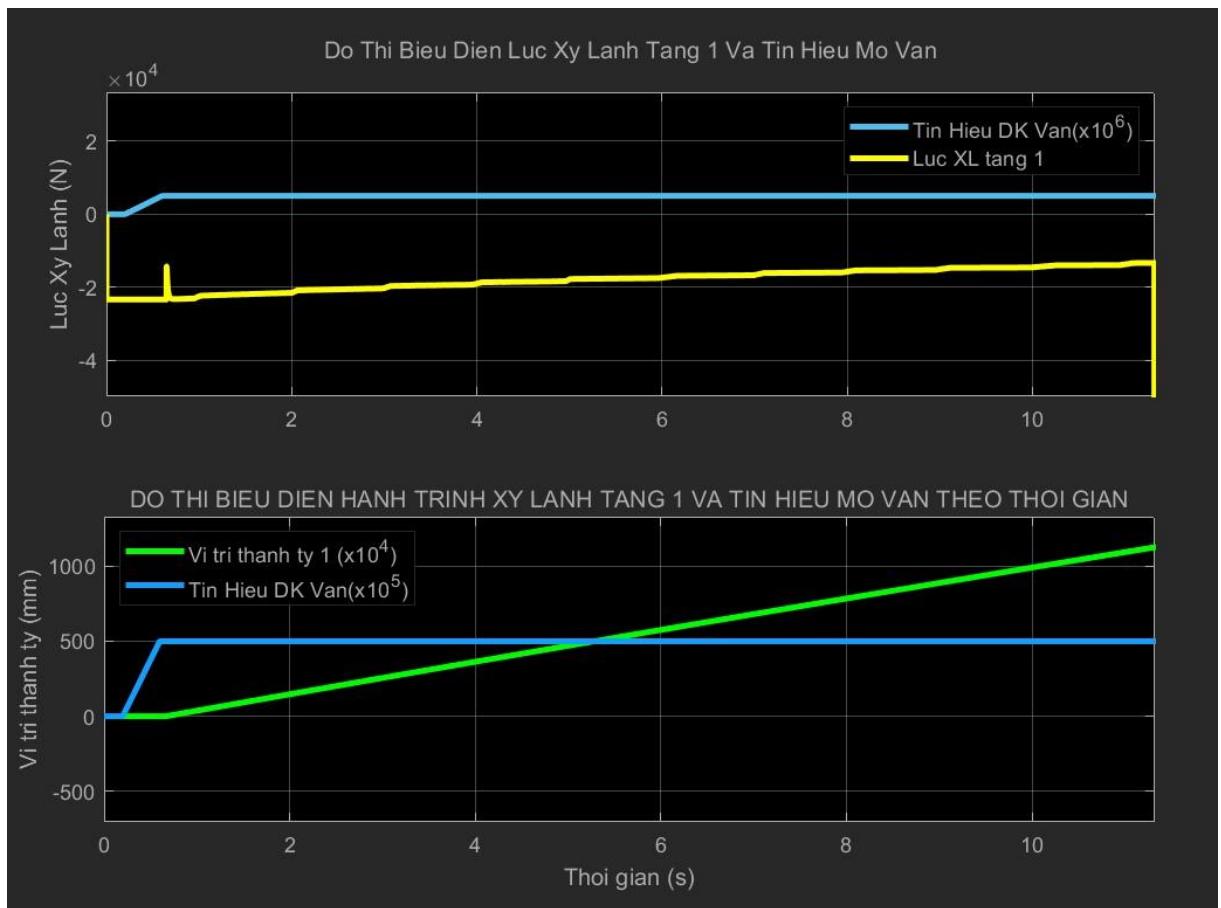
Hình 4.27 Mechanics Explorer mô phỏng chuyển động cơ cấu xả rác

- Trong trường hợp mô hình không chuyển động đúng thời gian thực, cần phải điều chỉnh lại hệ số giảm chấn, các điều chỉnh dựa vào lưu đồ trong hình 4.13 của mục 1.3 kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ.

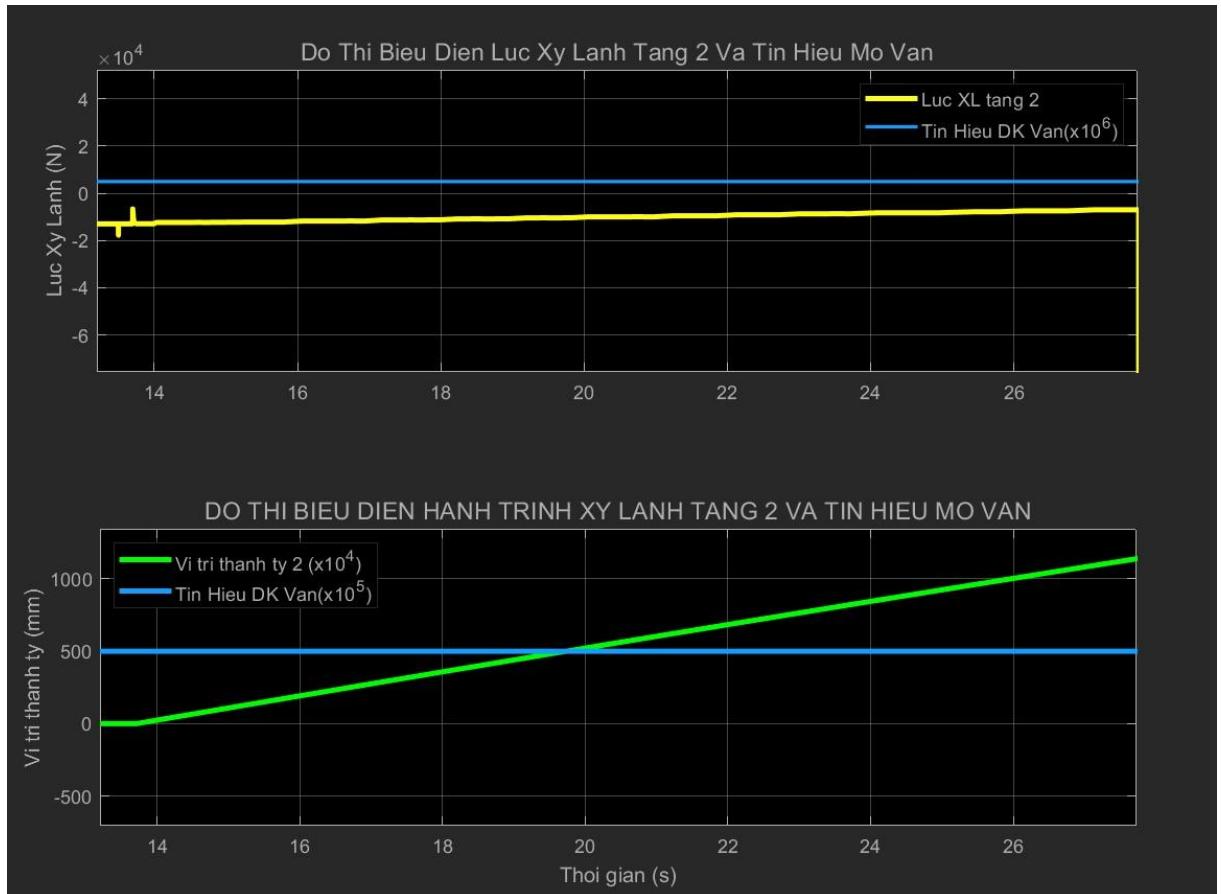


Hình 4.28 Đồ thị áp suất và vị trí của xy lanh tầng theo thời gian

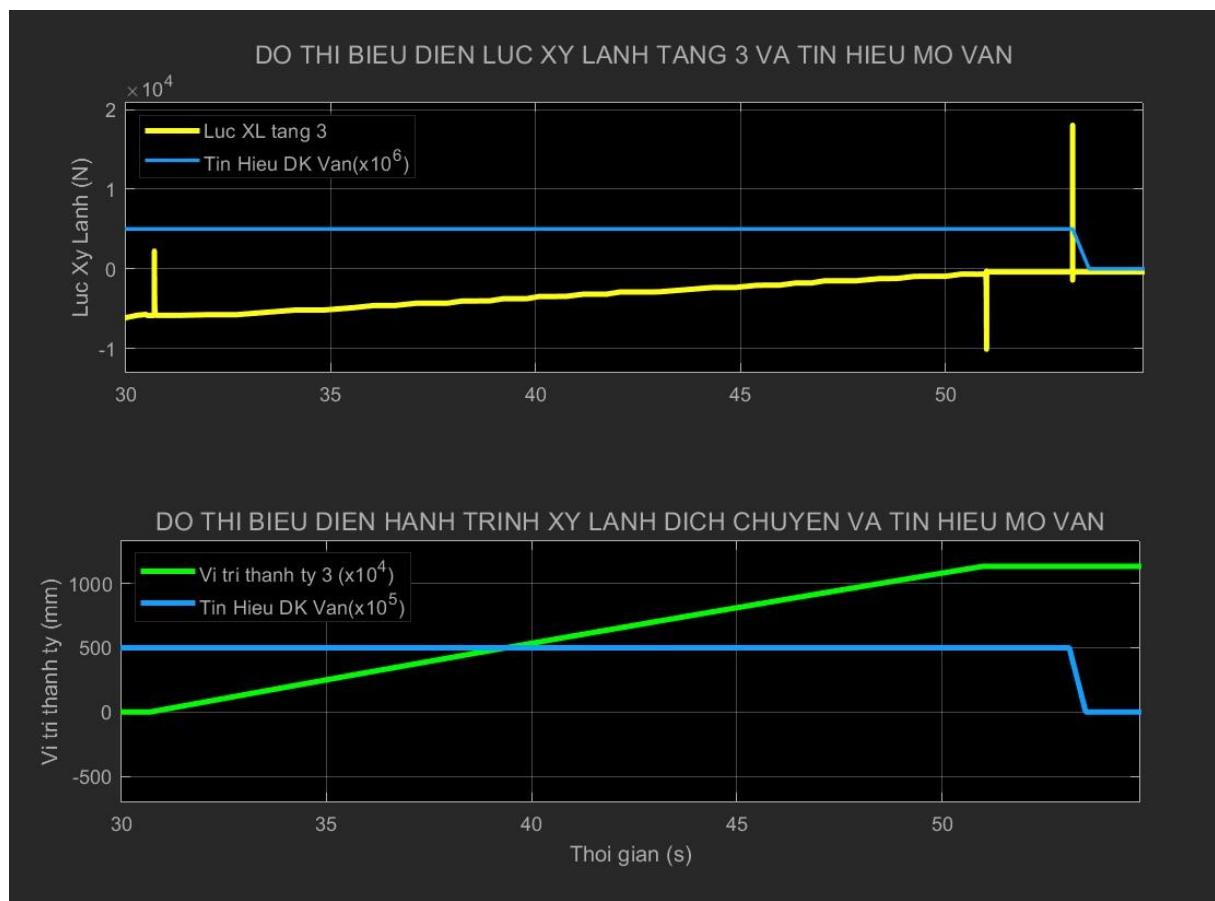
- Đồ thị đường trong hình 4.28 mô tả áp suất xy lanh tầng (đường màu vàng) và hành trình của xy lanh (đường màu xanh lá) theo thời gian, tổng thời gian xả rác là 52,8 giây, tương ứng với thời gian thu bàn 236,2 giây. Trong quá trình xả rác, áp suất của xy lanh tầng tăng dần từ 0 đến  $1,21 \cdot 10^7$  (Pa) (121 bar) khi van mở đến lúc mở hoàn toàn, và duy trì ở mức từ  $1,198 \cdot 10^7$  (Pa) (119,8 bar) đến  $1,206 \cdot 10^7$  (Pa) (120,6 bar), ở quá trình thu bàn, giá trị áp suất ổn định ở mức 120,8 bar. Bên cạnh đó, trong quá trình xả rác, giá trị hành trình của từng tầng xy lanh tăng đều với thời gian cho đến khi đạt giá trị cực đại 3400 mm, ngược lại, trong quá trình thu bàn, giá trị này giảm dần với tốc độ chậm hơn so với khi xả rác.



Hình 4.29 Đồ thị lực và hành trình của xy lanh tầng 1 theo thời gian

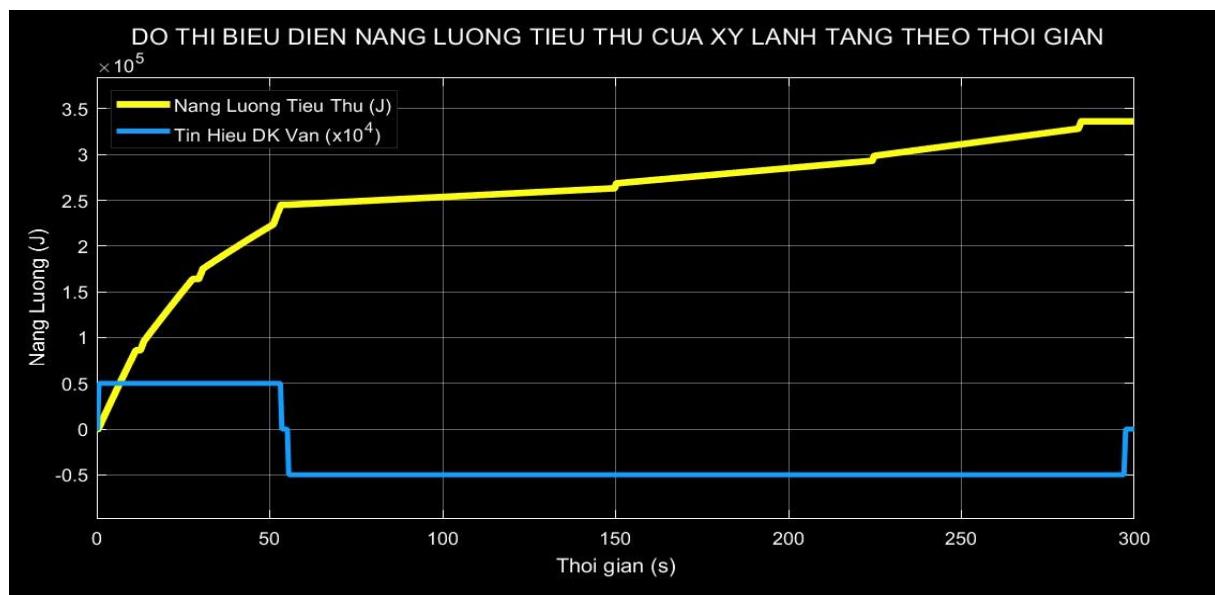


Hình 4.30 Đồ thị biểu diễn lực và hành trình xy lanh tầng 2 theo thời gian



Hình 4.31 Đồ thị biểu diễn lực và hành trình xy lanh tầng 3 theo thời gian

- Từ các đồ thị trên hình 4.29, 4.30, 4.31, cùng với sự tăng thời gian xả rác thì giá trị lực xy lanh tác dụng lên bàn xả (đường màu vàng) giảm dần theo thời gian, giá trị cực đại của lực thu được là lúc mới mở van, tương ứng với giá trị đại số 23500 N. Khi so sánh với giá trị tính toán từ lý thuyết, sai số của kết quả là 0,4%, chứng tỏ giá trị lực đáng tin cậy, và có thể dùng trong tính toán hệ số an toàn bằng phần mềm Ansys.



Hình 4.32 Đồ thị biểu diễn năng lượng tiêu thụ của xy lanh tầng khi xả rác

- Biểu đồ đường hình 4.32 biểu diễn sự tăng giá trị năng lượng (đường màu vàng) theo thời gian, tại thời điểm xả rác (từ 0-52,8s), giá trị năng lượng tiêu thụ tăng vọt đến giá trị  $2,45 \cdot 10^5$  (J), sau đó giá trị này tăng chậm lại và đạt giá trị cực đại  $3,36 \cdot 10^5$  (J) tại thời điểm 286 giây.

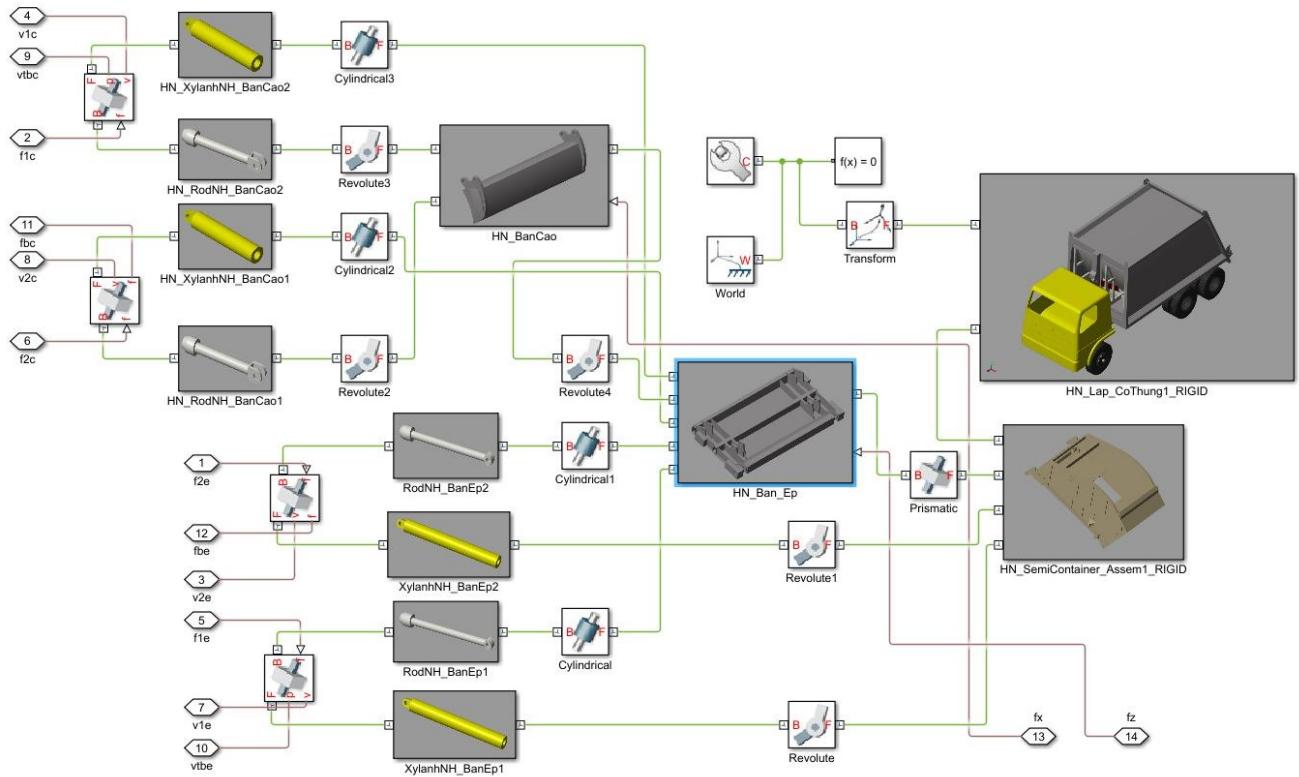
### 3. Kiểm nghiệm cơ cấu cào - ép rác

Trong tất cả các mô hình kiểm nghiệm, chỉ có cơ cấu cào - ép rác là cơ cấu phối hợp thực hiện giữa 4 xy lanh thủy lực tác động kép, thực tế, khi tham khảo tại Đức Long Auto, trên xe ép các HINO FM8JN7A-R 18 khói, cơ cấu này vừa có thể điều khiển thông qua các cần gạt bên phải thùng phụ (nhìn từ phía sau xe) vừa có thể vận hành tự động thông qua hệ thống điều khiển dẫn động khí nén. Mô hình dưới đây chính là mô hình mô phỏng quá trình vận hành tự động của cơ cấu này với giả thiết là bỏ qua cụm điều khiển khí nén.

#### 3.1. Mô hình động lực học cơ cấu xả rác

- Để xây dựng mô hình động học Multibody, cần phải có bản vẽ lắp ràng buộc các chi tiết, các cụm lại với nhau. Điều này đã được đề cập ở chương 2, mục 2.14. Tiếp đến, nhập mô hình vào Matlab, thêm các khối Prismatic Joint vào liên kết giữa các xy lanh và các thanh ty tương ứng, rồi nhấn “RUN” để kiểm tra chuyển động của cơ cấu. Sau đây là mô hình Multibody đã hoàn thành:

**MULTIBODY: MO HINH DONG LUC HOC CO CAU CAO - EP RAC**



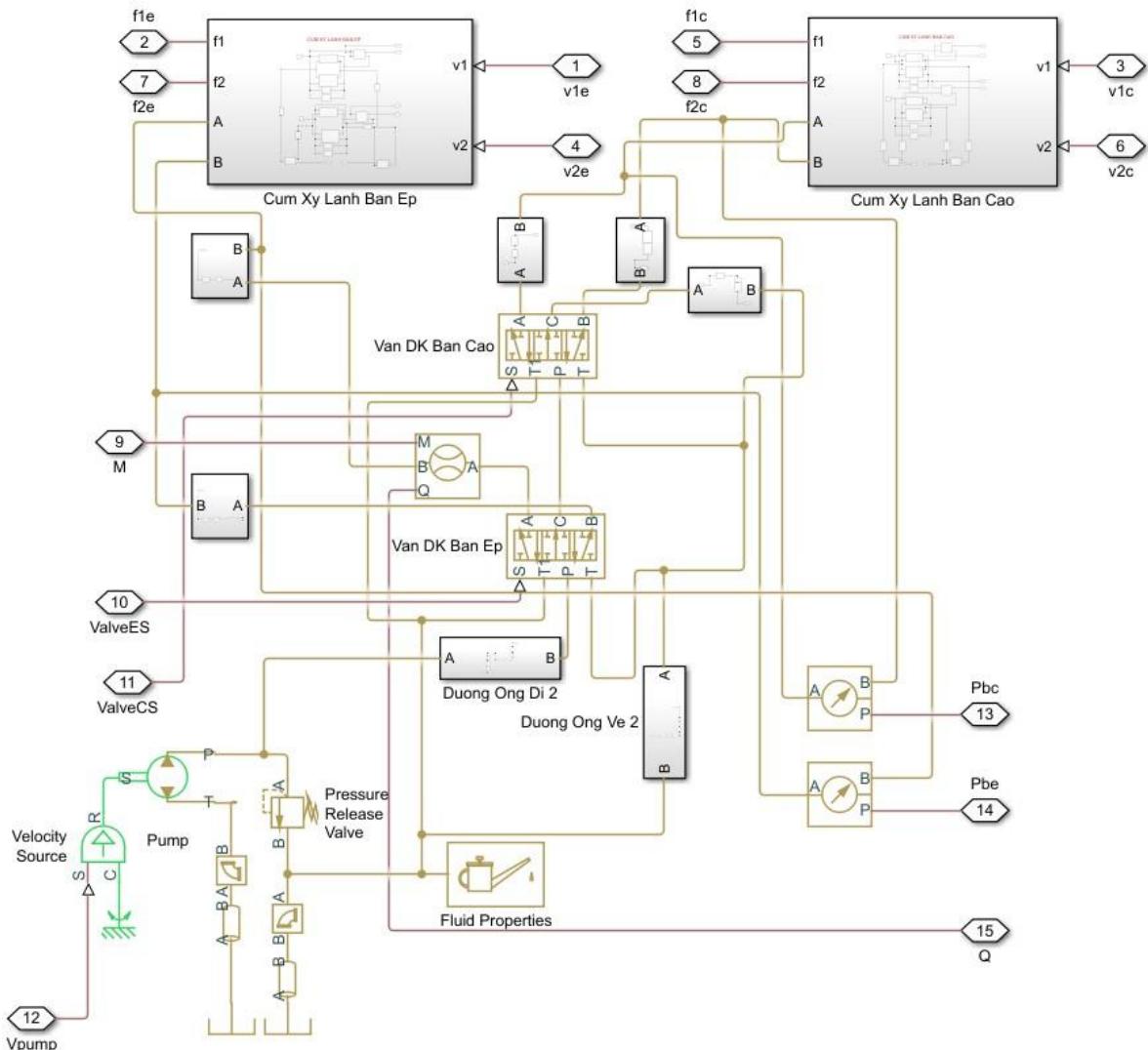
Hình 4.33 Mô hình động lực học của cơ cầu cào - ép rác

- Tương tự với các mô hình khác, có thể thấy các cổng tín hiệu lực và vận tốc trong cơ cầu cào - ép rác ở Hình 4.33 (v1c, f1c cho xy lanh bàn cào thứ nhất, v2e, f2e cho xy lanh bàn cào thứ hai,...) và các cổng tín hiệu ngoại lực tác dụng lên cơ cầu (fx tác dụng lên bàn cào, fz tác dụng lên bàn ép), các tín hiệu này sẽ giao tiếp với hệ thống thủy lực Simscape Hydraulics hoặc môi trường Simulink để mô phỏng hoạt động của cơ cầu.

### 3.2. Mô hình thủy lực cơ cầu cào - ép rác

- Dựa vào sơ đồ tổng quát và kết hợp sơ đồ thủy lực ở hình 2.11 đến hình 2.14 chương 2 mục 1.4, mô hình thủy lực của cơ cầu cào - ép rác được xây dựng như sau:

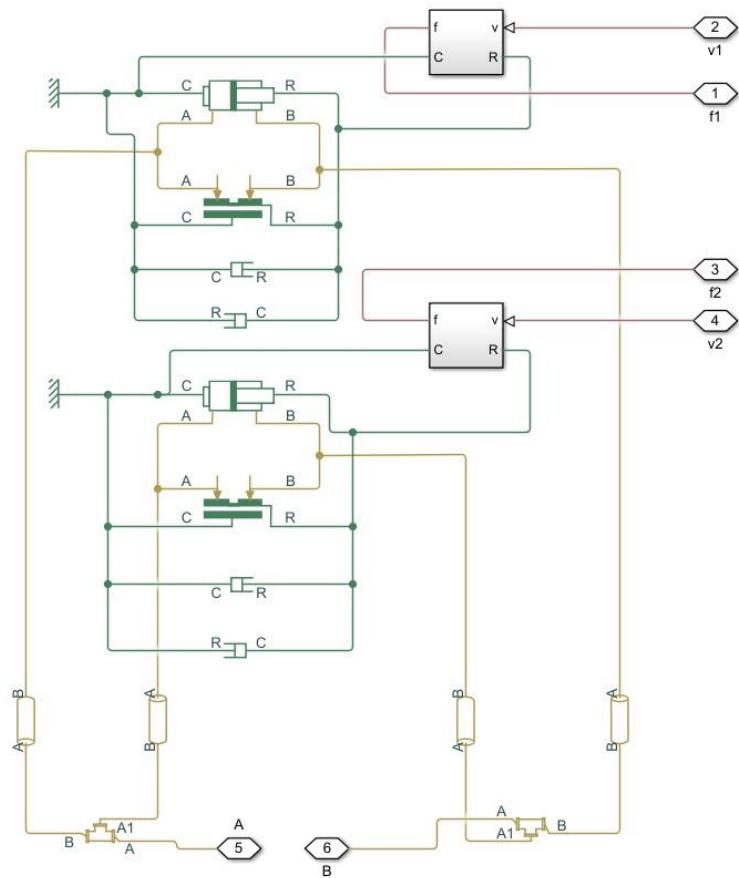
## SIMSCAPE HYDRAULICS: MO HINH THUY LUC CO CAU CAO - EP RAC



Hình 4.34 Mô hình Simscape Hydraulics của cơ cầu cào - ép rác

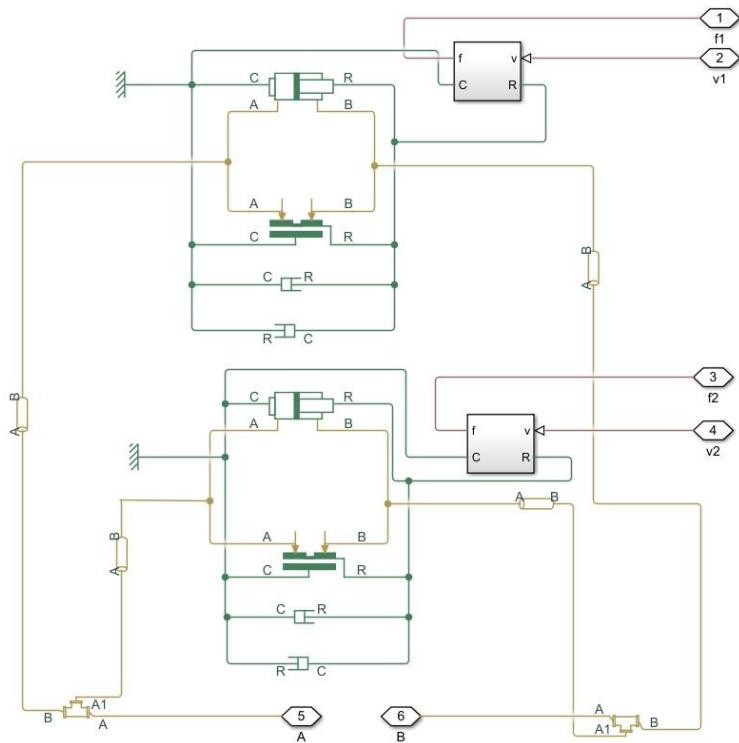
- Trong mô hình Hydraulics của cơ cầu cào - ép rác, cụm bơm và dầu thủy lực được giữ lại hoàn toàn, hai tín hiệu điều khiển van là “ValveES” và “ValveCS” lần lượt điều khiển van đóng mở bàn ép và van đóng mở bàn cào. Tương tự, các công tín hiệu “f1c”, “v2c”, “f1c”, “v1c” là các tín hiệu trao đổi với môi trường Multibody nhằm mục đích tác động lực lên các xy lanh bàn cào, bàn ép. Do kết cấu đường ống khá phức tạp, chúng được đóng vào các subsystem có đầu vào “A” đầu ra “B” để đơn giản hóa mô hình. Dưới đây là các subsystem khi được mở rộng

### CUM XY LANH BAN CAO

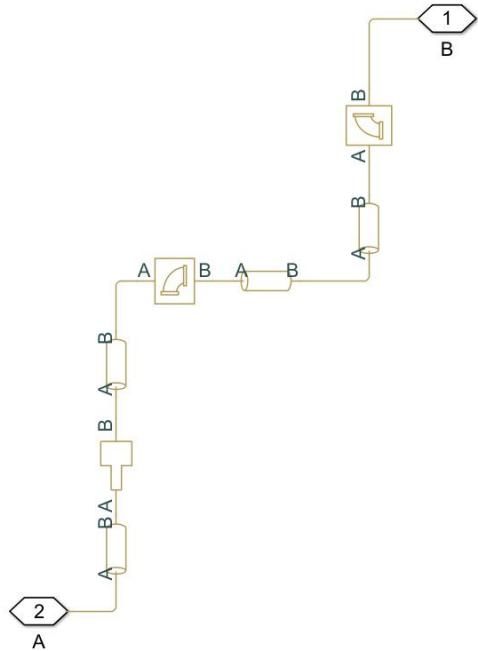


Hình 4.35 Subsystem cụm xy lanh bàn cào

### CUM XY LANH BAN EP

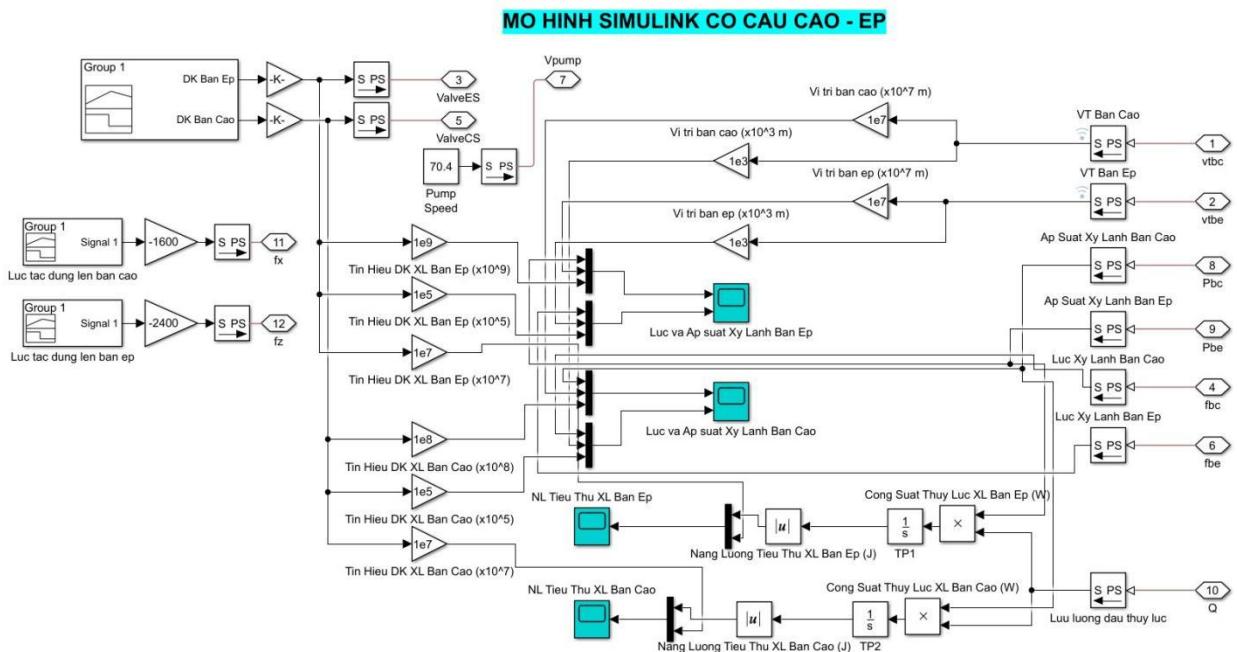


Hình 4.36 Subsystem cụm xy lanh bàn ép



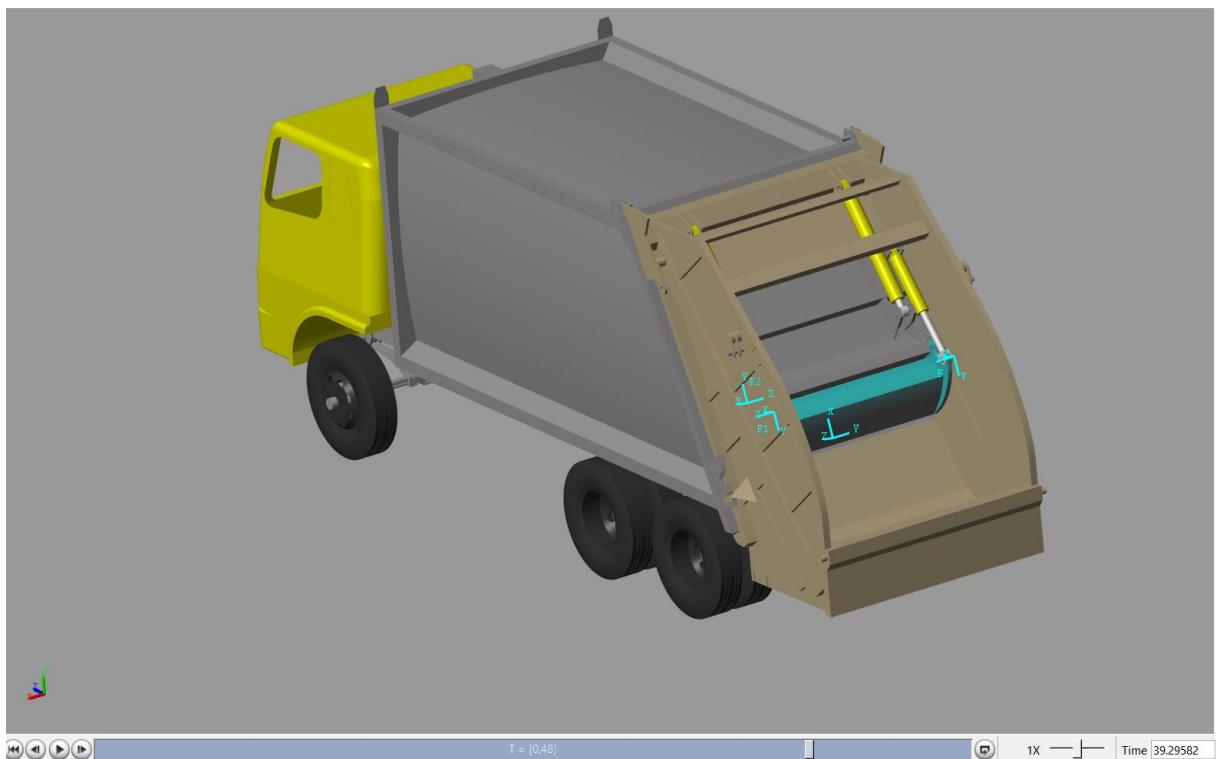
Hình 4.37 Subsystem Duong Ong Di 2 khi mở rộng

### 3.3. Mô hình Simulink của cơ cấu cào - ép rác



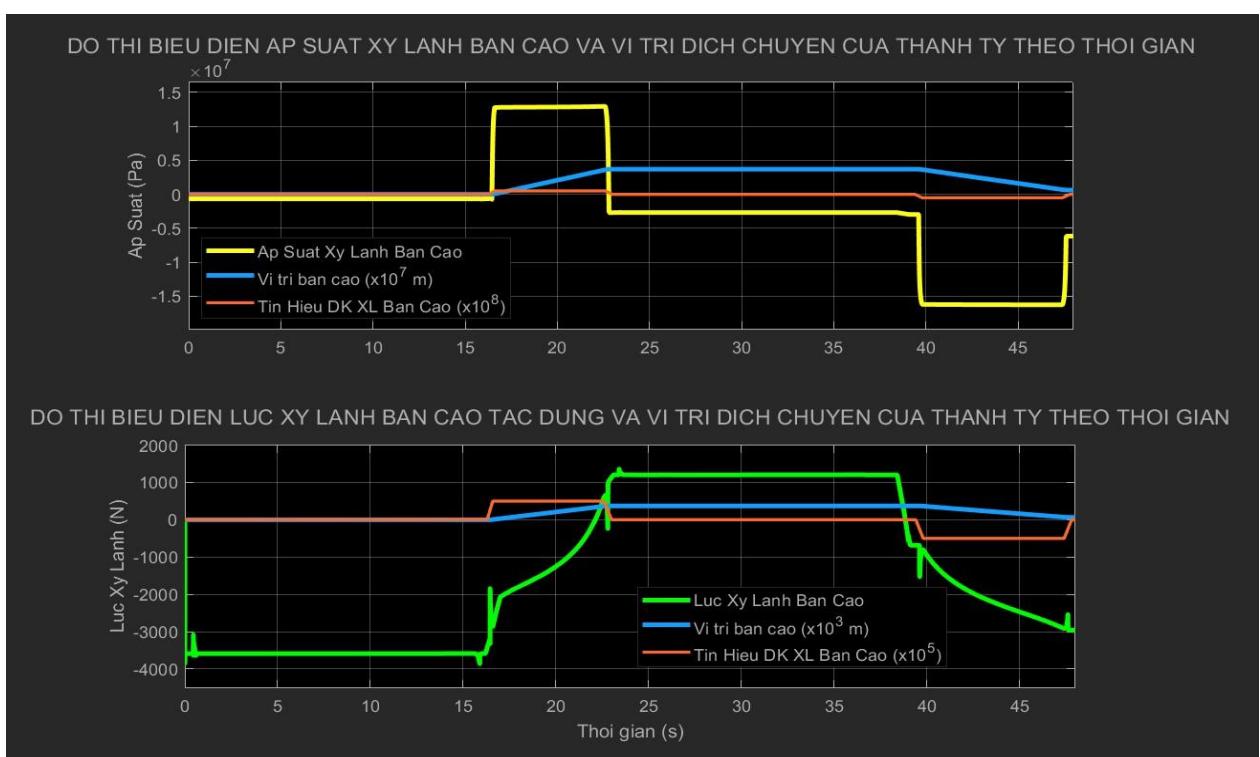
Hình 4.38 Mô hình Simulink của cơ cấu cào - ép rác

- Nhấn “Run” để chạy chương trình, Matlab sẽ tự động mở cửa sổ Mechanics Explorer để người dùng có thể xem đồ họa mô phỏng cơ cấu xúc - ép rác. Nhấn đúp chuột vào các khối Scope “Luc va Ap suat Xy Lanh Ban Ep”, “NL Tieu Thu XL Ban Ep”,... để truy xuất kết quả mô phỏng, các kết quả cuối truy xuất từ Matlab như sau:



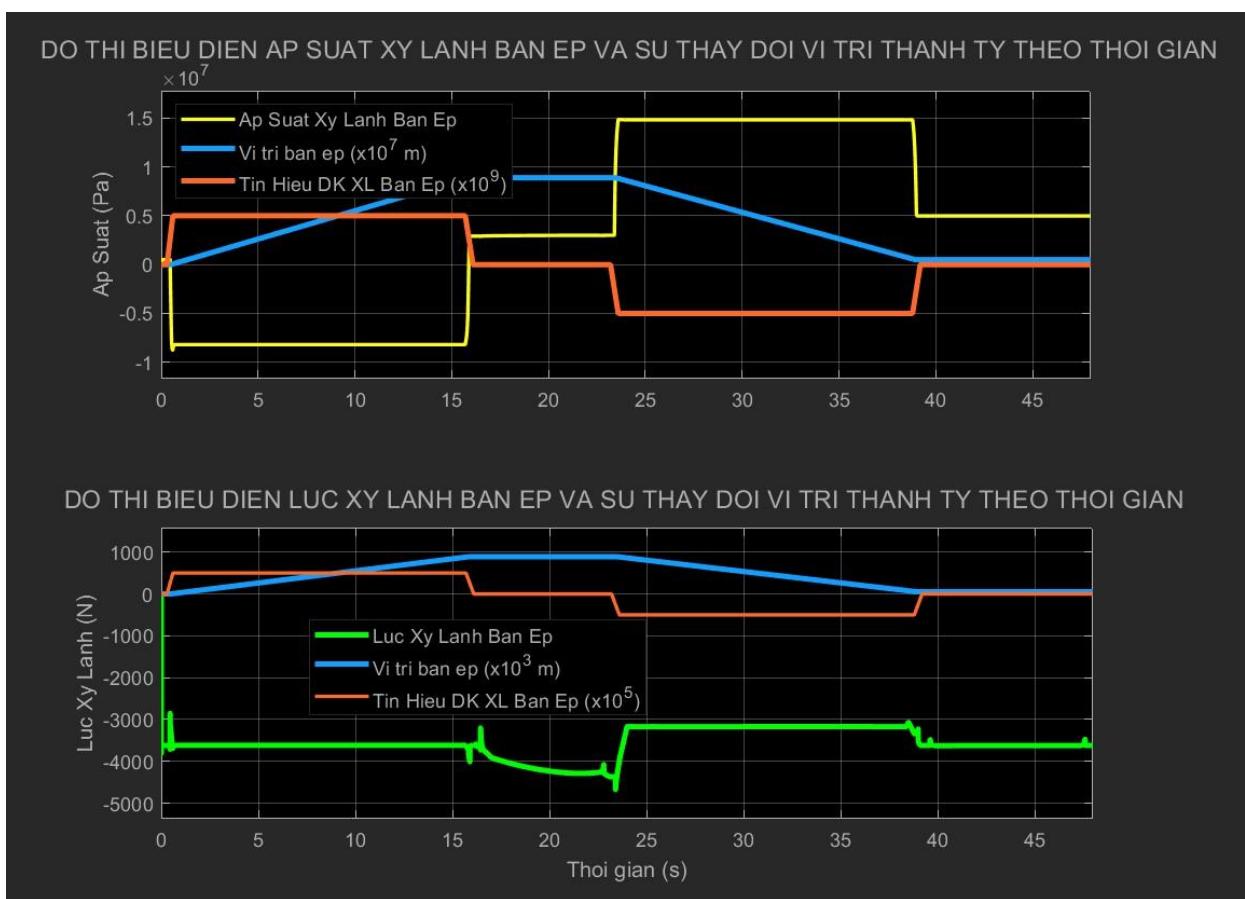
Hình 4.39 Mechanics Explorer - Mô hình mô phỏng chuyển động cơ cầu xúc - ép

- Hình 4.39 mô tả chuyển động của bàn ép tại thời điểm 39,29 giây, tổng thời gian hoạt động của cơ cầu thực tế là 24 giây, tuy nhiên cơ cầu thực tế có sử dụng van tăng tốc, loại van này không được sử dụng trong mô phỏng, nên thời gian chuyển động của cơ cầu được thiết lập gấp hai lần thời gian thực để cộng thêm thời gian tăng tốc mà van tăng tốc đã rút ngắn.



Hình 4.40 Đồ thị Áp suất và Lực ở xy lanh bàn cào theo thời gian

- Biểu đồ đường hình 4.40 mô tả độ lớn áp suất xy lanh bàn càò (đường màu vàng - đồ thị phía trên) và độ lớn lực do nó gây ra (đường màu xanh lá - đồ thị phía dưới). Tại hai thời điểm đóng bàn càò và mở bàn càò, áp suất trong xy lanh duy trì ở mức  $1,28 \cdot 10^7$  (Pa) (128 bar)<sup>3</sup>, dưới mức áp suất thiết lập cho van an toàn tại 175 bar. Bên cạnh đó, lực tác động của xy lanh có độ lớn cực đại tại thời điểm vừa mở van là 3870 (N), từ giá trị này, tính được sai số so với tính toán cỗ điện bằng 12,43%, cho thấy kết quả thu được là đáng tin cậy, có thể dùng để tính toán sức bền vật liệu trong phần mềm Ansys.

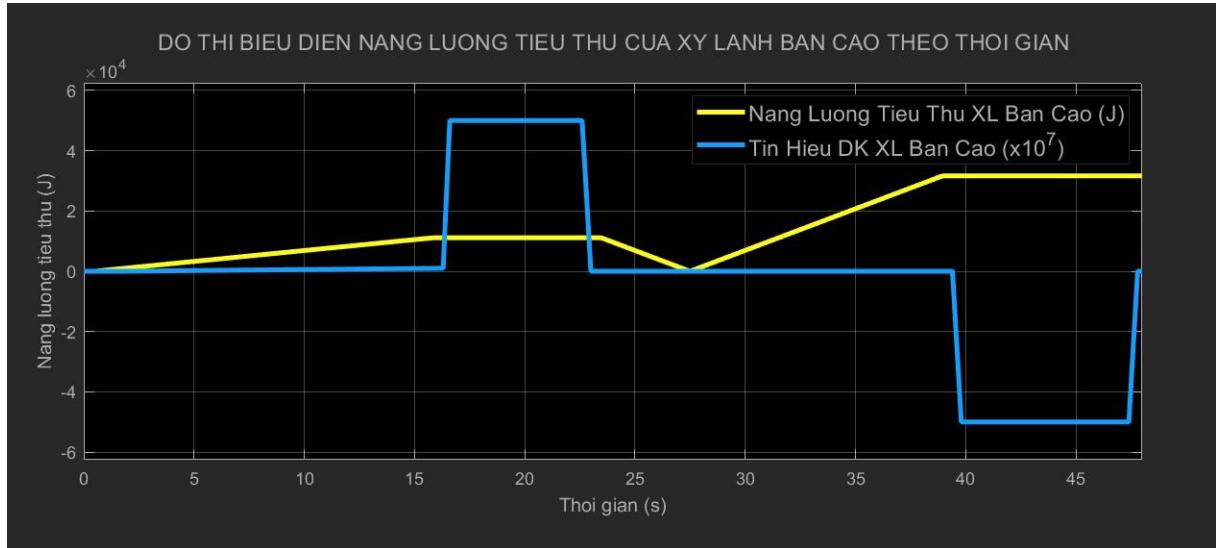


Hình 4.41 Đồ thị áp suất và lực tác dụng ở xy lanh bàn ép theo thời gian

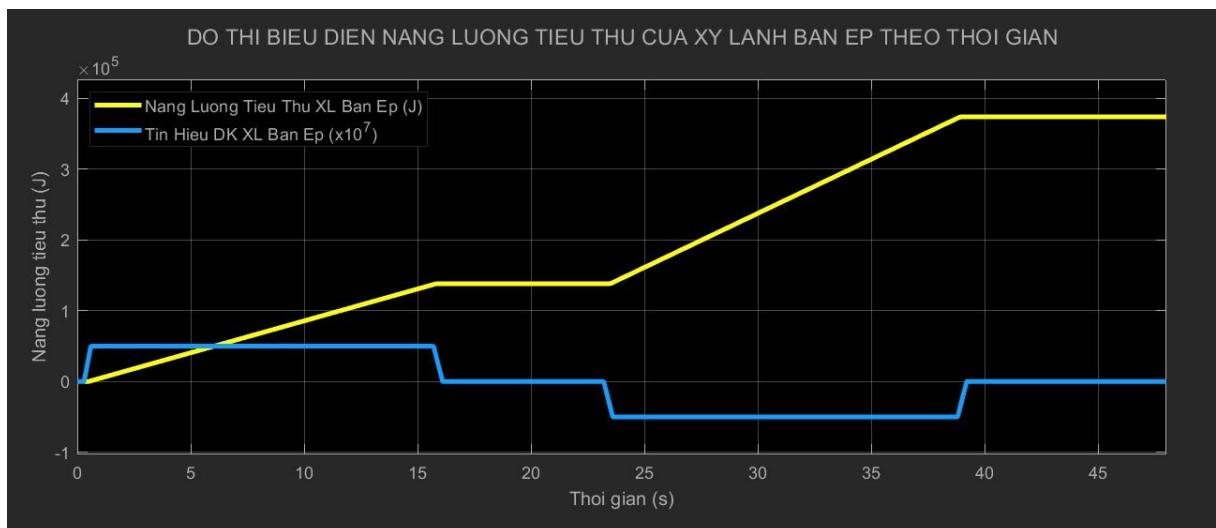
- Biểu đồ đường hình 4.41 mô tả độ lớn áp suất xy lanh bàn càò (đường màu vàng - đồ thị phía trên) và độ lớn lực do nó gây ra (đường màu xanh lá - đồ thị phía dưới). Tại thời điểm hạ bàn ép (0,2-16,2s), áp suất trong xy lanh duy trì ở mức  $8,19 \cdot 10^6$  (Pa) (81,9 bar), tại thời điểm nâng bàn ép, áp suất xy lanh đạt ngưỡng  $1,482 \cdot 10^7$  (Pa) (148,2 bar), cả hai thông số đều dưới mức áp suất thiết lập cho van an toàn tại 175 bar. Bên cạnh đó, lực tác động của xy lanh có độ lớn cực đại tại thời điểm vừa

<sup>3</sup> Giá trị âm của áp suất là do cảm biến đo áp theo chiều thuận, khi xy lanh đẩy ra, áp suất dương, ngược lại áp suất sẽ mang giá trị âm

nâng bàn ép (23,2s) là  $4680$  (N), từ giá trị này, tính được sai số so với tính toán cỗ điện bằng  $4,18\%$ , cho thấy kết quả thu được là đáng tin cậy, có thể dùng để tính toán sức bền vật liệu trong phần mềm Ansys.



Hình 4.42 Năng lượng tiêu thụ của xy lanh bàn cào



Hình 4.43 Năng lượng tiêu thụ của xy lanh bàn ép

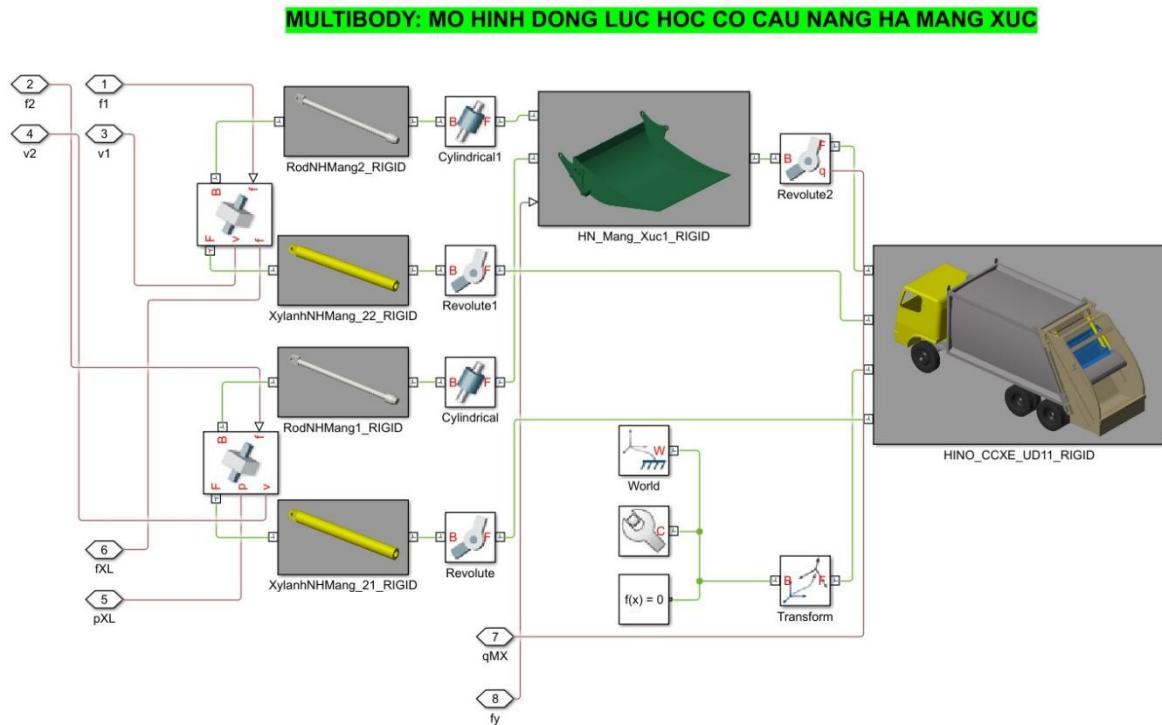
- Từ dữ kiện hai đồ thị hình 4.42, 4.43, tổng năng lượng tiêu thụ của mỗi xy lanh bàn cào là  $4,275 \cdot 10^4$  (J), của mỗi xy lanh bàn ép là  $3,738 \cdot 10^5$  (J), từ đó có thể tính được tổng năng lượng cho một lần cào - ép là  $8,331 \cdot 10^5$  (J).

#### 4. Kiểm nghiệm cơ cấu xúc rác

Đây là phần cuối cùng trong kiểm nghiệm cơ cấu thủy lực trên xe ép rác, nhìn chung, cơ cấu xúc rác có nhiều điểm tương đồng với cơ cấu nâng thùng phụ, cả hai hệ thống đều dùng hai xy lanh thủy lực tác động kép, chỉ khác nhau ở chỗ xy lanh nâng thùng phụ được lợi về lực hơn so với xy lanh dẫn động máng xúc, đây cũng là một

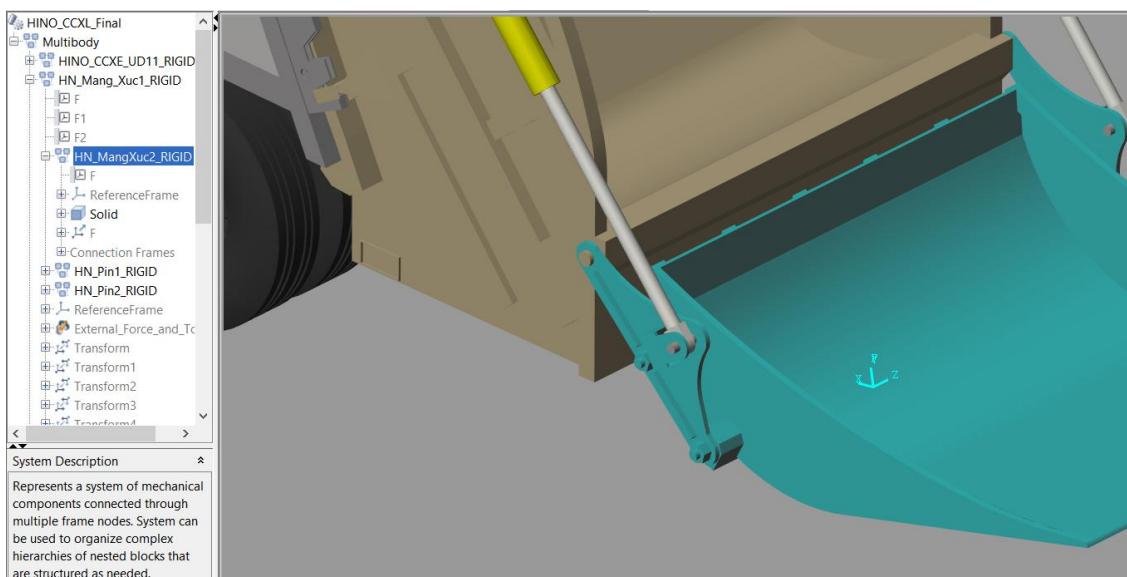
trong những nguyên nhân khiến đường kính xy lanh máng xúc lớn hơn xy lanh nâng thùng phụ. Do có sự tương đồng giữa hai cơ cấu, chương này sẽ chỉ giới thiệu về các mô hình và sự khác biệt ở các bộ phận trong cơ cấu xúc rác.

#### 4.1. Mô hình động lực học cơ cấu xúc rác

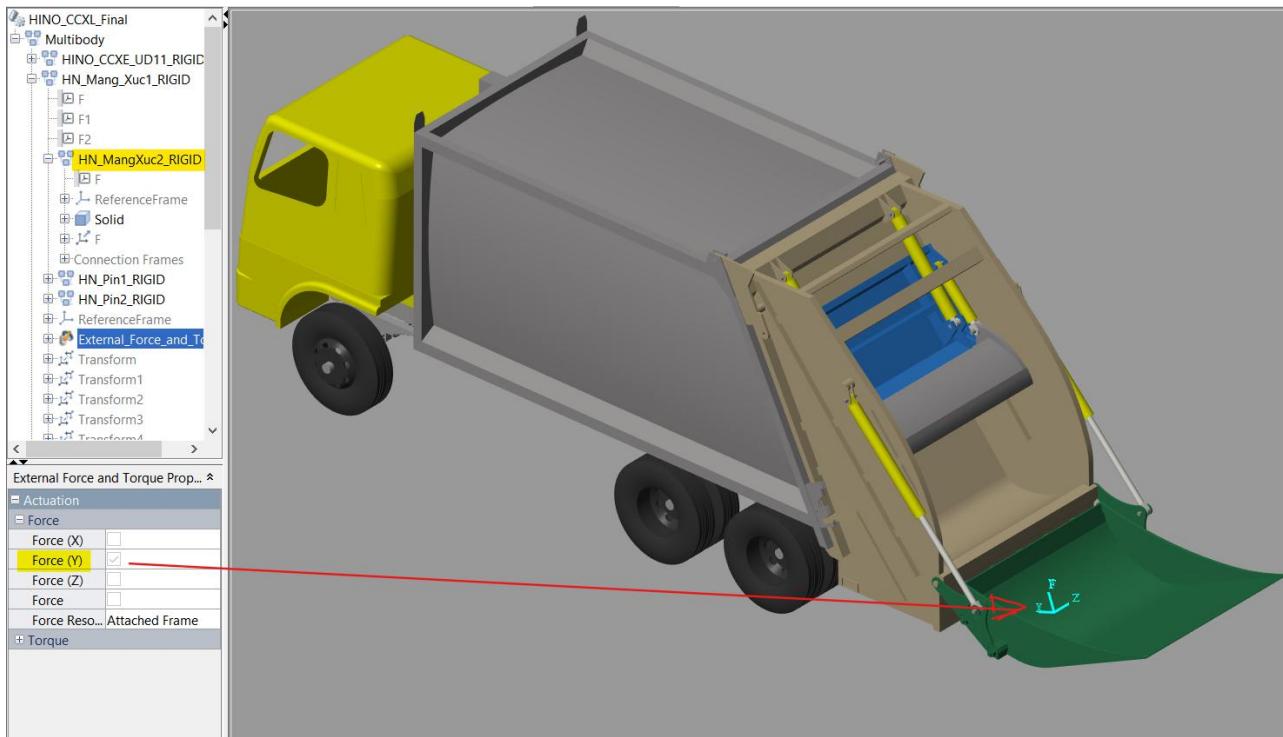


Hình 4.44 Mô hình động lực học cơ cấu xúc rác

- Từ hình 4.44, có thể thấy sự tương đồng ở hai mô hình cơ cấu xúc rác và cơ cấu nâng thùng phụ, điểm khác biệt ở đây là mô hình của cơ cấu xúc rác có thêm khôi ngoại lực tác động và công vào tín hiệu lực “fy” được đặt theo hướng ngược lại so với hệ trục tọa độ của máng xúc (hình 4.45 và 4.46).



Hình 4.45 Hệ trục tọa độ của máng xúc

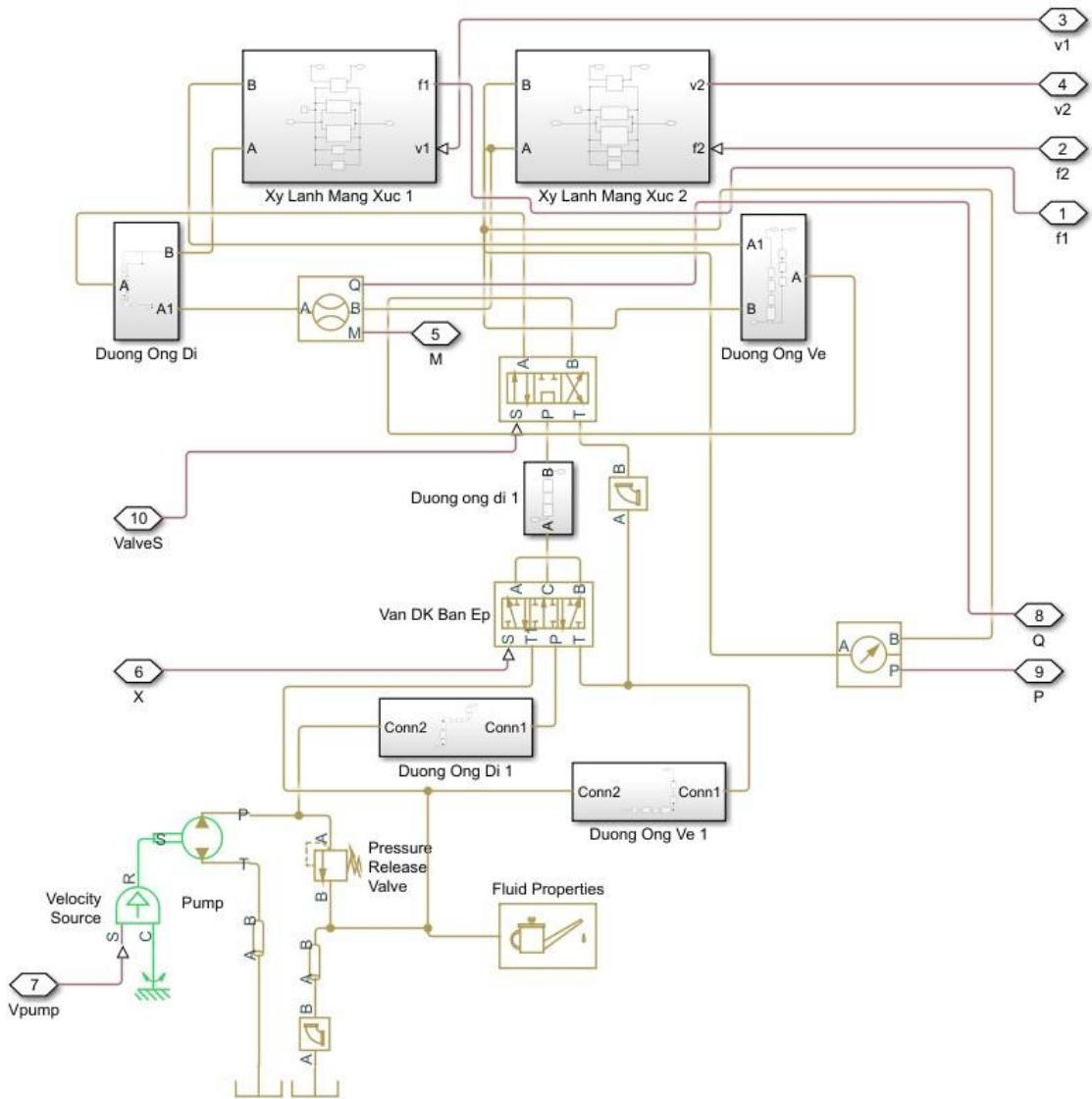


Hình 4.46 Định hướng và vị trí cho ngoại lực tác dụng lên máng xúc

#### 4.2. Mô hình thủy lực cơ cấu xúc rác

- Theo quy trình tổng quát, song song với việc xây dựng mô hình động lực học là xây dựng mô hình thủy lực Simscape Hydraulics, dựa vào các sơ đồ mạch thủy lực hình 2.8, 2.9 và 2.14, thiết lập mô hình thủy lực như hình 4.47, ở đây có thêm khối “Van DK ban ep” với vị trí luôn nằm ở trung gian để dòng thủy lực có thể đi qua, khối này mô tả đường dầu thực tế của xe ép rác khảo sát, còn các khối còn lại phần lớn được chia sẻ với mô hình kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ.

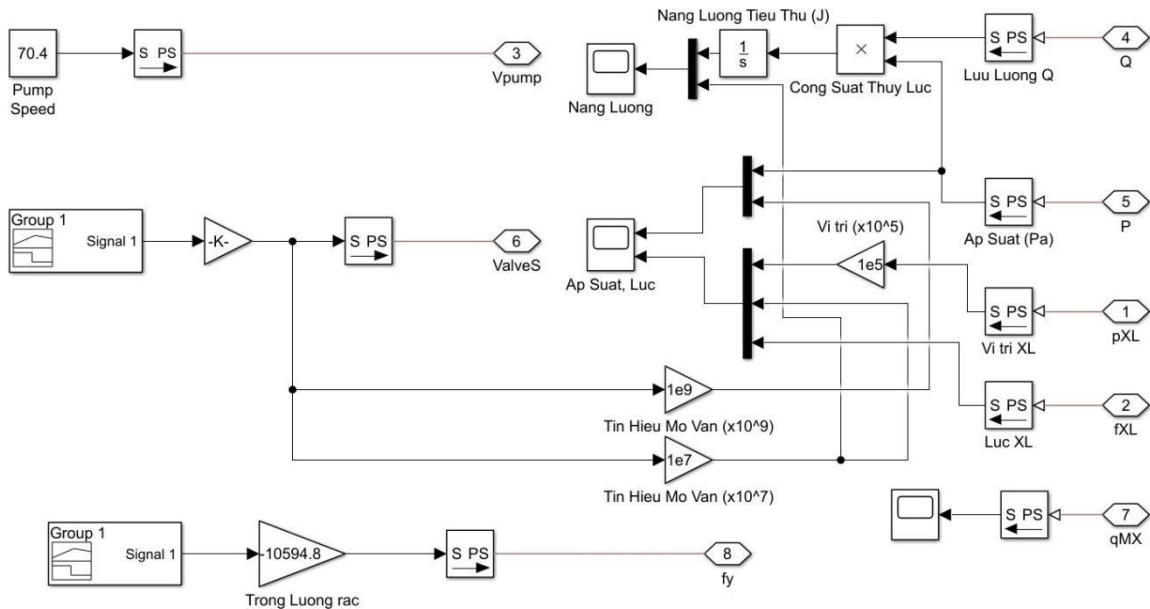
## SIMSCAPE HYDRAULICS: MO HINH THUY LUC CO CAU NANG HA MANG XUC



Hình 4.47 Mô hình Simscape Hydraulics của cơ cấu xúc rác

### 4.3. Mô hình Simulink cơ cấu xúc rác

**MO HINH SIMULINK CO CAU MANG XUC**



Hình 4.48 Mô hình Simulink cơ cấu máng xúc

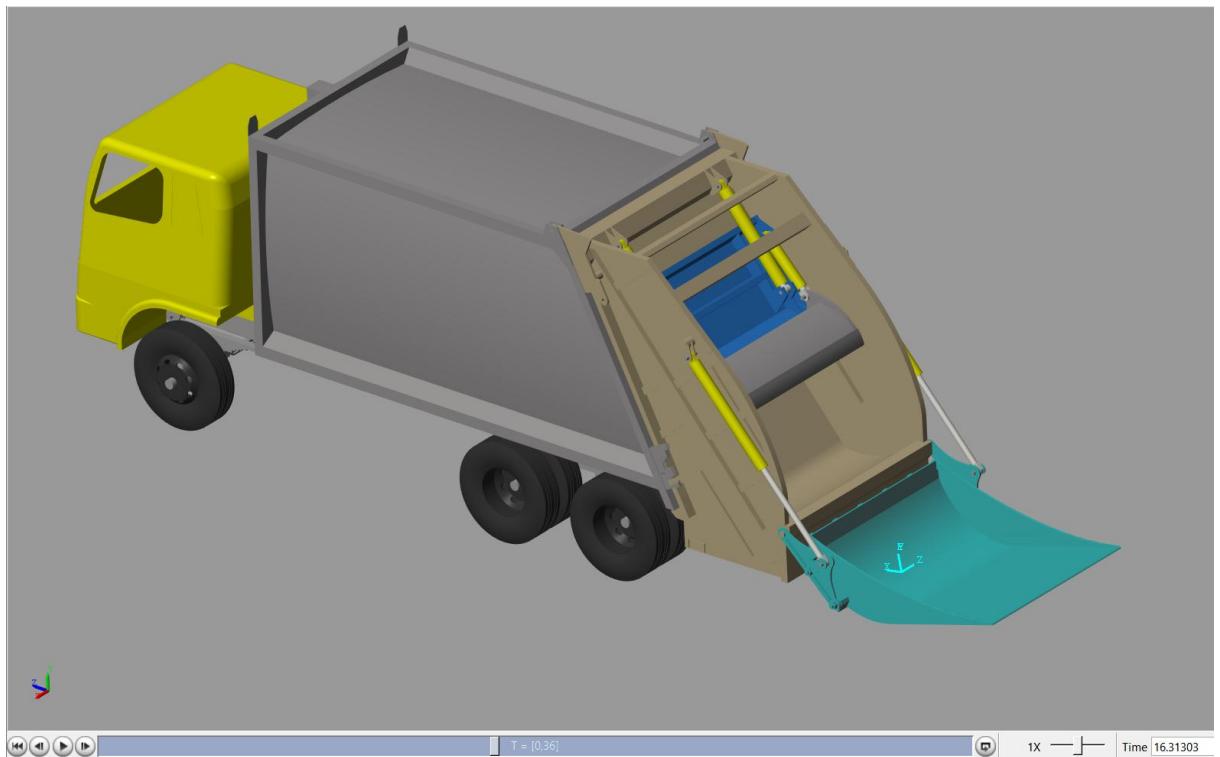
- Theo hình 4.48, mô hình Simulink kiểm nghiệm cơ cấu máng xúc khi chạy toàn tải bằng cách đưa tín hiệu trọng lượng rác theo thời gian thông qua khối Signal Builder nhân thêm trọng lượng rác, thông tin từ các khối được liệt kê trong bảng 4.3.

Bảng 4.3 Các thông số của hệ thống thuỷ lực cơ cấu xúc rác

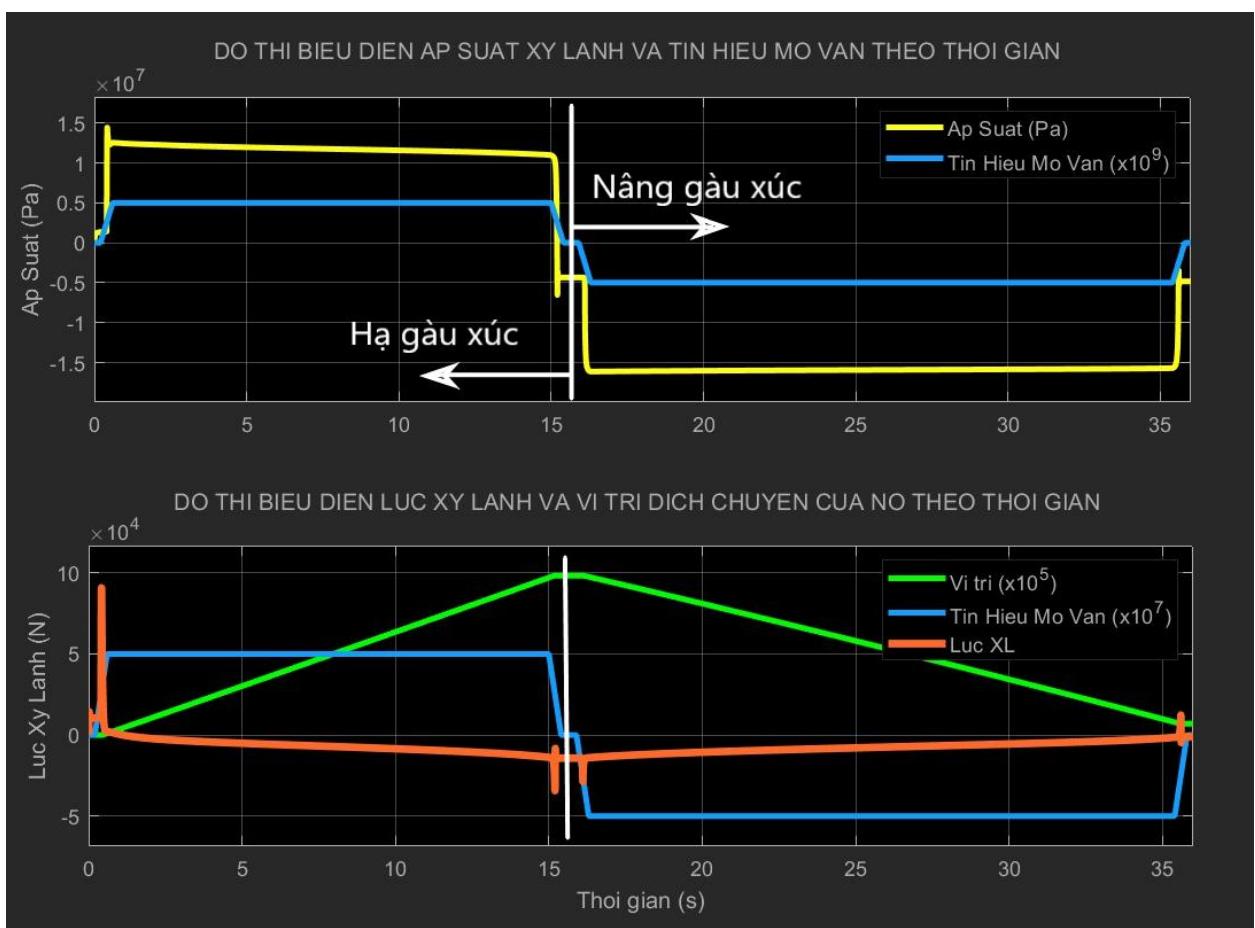
| TT | Tên khối                                | Các thông số cần điều                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Tín hiệu điều khiển xy<br>lanh thủy lực | <p>Biểu đồ tín hiệu điều khiển xy (Signal 1) cho thấy một chuỗi tín hiệu điều khiển xy lanh thủy lực. Tín hiệu này có giá trị 0.5 trong khoảng thời gian [0, 5] giây, sau đó tăng đột biến lên 1.0 và duy trì đến 15 giây. Sau 15 giây, giá trị giảm đột biến xuống -1.0 và duy trì đến 35 giây, sau đó tăng đột biến trở lại 0.5.</p> |

|   |                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Tín hiệu trọng lượng khói rác tác động lên máng xúc (từ thời điểm xúc đến thời điểm đồ hết rác) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3 | Van điều hướng                                                                                  | <p>Settings</p> <p>Basic Parameters Valve Opening Offsets</p> <p>Model parameterization: By maximum area and opening</p> <p>Valve passage maximum area: <input type="text" value="1.27e-4"/> m<sup>2</sup></p> <p>Valve maximum opening: <input type="text" value="0.005"/> m</p> <p>Flow discharge coefficient: <input type="text" value="0.7"/></p> <p>Leakage area: <input type="text" value="1e-12"/> m<sup>2</sup></p> <p>Laminar transition specification: Pressure ratio</p> <p>Laminar flow pressure ratio: <input type="text" value="0.999"/></p> |
| 4 | Xy lanh thủy lực                                                                                | <p>Settings</p> <p>Parameters</p> <p>Piston area A: <input type="text" value="0.007854"/> m<sup>2</sup></p> <p>Piston area B: <input type="text" value="0.005027"/> m<sup>2</sup></p> <p>Piston stroke: <input type="text" value="1.035"/> m</p> <p>Piston initial distance from cap A: <input type="text" value="0"/> m</p> <p>Penetration coefficient: <input type="text" value="1e12"/> s*N/m<sup>2</sup></p> <p>Cylinder orientation: Acts in positive direction</p>                                                                                   |

- Kết quả mô phỏng từ Matlab, thông qua cửa sổ Mechanics Explorer và khôi Scope “Ap Suat, Luc”, “Nang Luong”



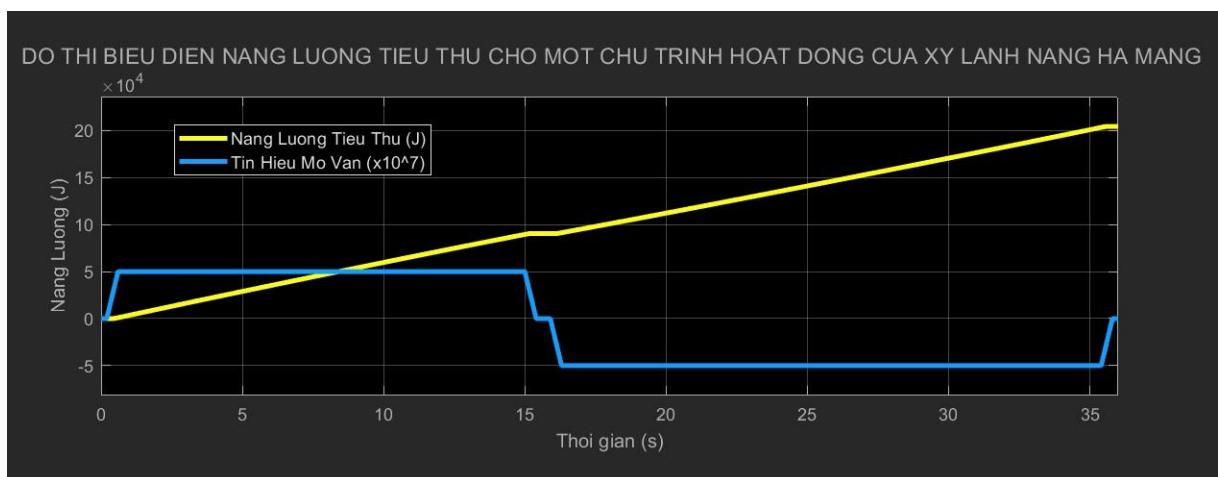
Hình 4.49 Mô trường đồ họa chuyển động của các cơ cấu Mechanics Explorer



Hình 4.50 Đồ thị áp suất và lực sinh ra ở xy lanh theo thời gian

- Biểu đồ đường hình 4.50 mô tả sự thay đổi các giá trị áp suất trong xy lanh (đường màu vàng) và lực sinh ra ở xy lanh (đường màu đỏ), ở quá trình hạ gầu xúc, áp

suất xy lanh tăng vọt theo tín hiệu mở van và đạt cực đại  $1,444 \cdot 10^7$  (Pa) (144,4 bar), đường áp suất giảm dần đến giá trị khoảng 110 bar khi máng xúc hạ xuống gần hết hành trình. Tại quá trình nâng giàu xúc, do quá trình này có đặt tải trọng và xy lanh phải nâng thêm giàu nên áp suất khi mở van đạt cực đại tại  $1,674 \cdot 10^7$  (Pa) (167,4 bar) để có thể nâng giàu, giá trị này vẫn nhỏ hơn áp suất đặt tại van an toàn 175 bar. Bên cạnh đó, giá trị lực cũng thay đổi trong suốt hành trình chuyển động của xy lanh, giá trị này khi bắt đầu kéo máng xúc và rác lên đạt  $4,715 \cdot 10^4$  (N), sai số so với tính toán lý thuyết là 6,38%. Cho thấy kết quả đáng tin cậy, tuy nhiên lực ban đầu khi xy lanh hạ máng lại tác động lớn hơn, có giá trị  $9,083 \cdot 10^4$  (N) nên lực này sẽ được dùng tính toán hệ số an toàn trong phần mềm Ansys.



Hình 4.51 Năng lượng tiêu thụ cho một chu trình hoạt động của xy lanh nâng hạ máng

- Cuối cùng, từ hình 4.51, tổng giá trị năng lượng dùng cho mỗi xy lanh cho một chu trình hoạt động là  $1,969 \cdot 10^5$  (J), từ đó có thể tính được tổng năng lượng tiêu thụ do hai xy lanh trong một chu trình hoạt động nâng hạ máng là  $3,938 \cdot 10^5$  (J).

## 5. Kết quả thu được

Sau đây là bảng tổng kết các kết quả thu được từ quá trình mô phỏng các cơ cấu bằng Matlab Simscape.

Bảng 4.4 Thông số lực tác dụng, áp suất, năng lượng của các cơ cấu khi mô phỏng

Matlab Simscape

| Xy lanh        | Lực tác dụng<br>lớn nhất (N) | Áp suất xy lanh<br>lớn nhất (bar) | Năng lượng tiêu thụ<br>cho một chu trình (kJ) |
|----------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| Nâng thùng phụ | 132000                       | 80,7                              | 244,8                                         |
| Xả rác         | 23500                        | 120,8                             | 336                                           |

|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
| Cào rác | 3870  | 128   | 85,5  |
| Ép rác  | 4680  | 148,2 | 747,6 |
| Xúc rác | 90830 | 167,4 | 393,8 |

**\*Tổng năng lượng tiêu thụ cho cả chu trình, kinh phí hoạt động:**

- Thể tích máng xúc trên một lần xúc  $V_{mx} = 1,71 \text{ m}^3$ .
- Thể tích thùng ép:  $V_{thùng} = 18,1 \text{ m}^3$ .
- Tỉ số nén thùng ép = 1,25, để nạp đầy tải, số lần xúc rác là:

$$n_x = \frac{18,1 \cdot 1,25}{1,71} = 13,23$$

- Chọn số lần xúc rác là 14 lần, cho rằng số lần cào - ép rác bằng số lần xúc rác.
- Mật độ năng lượng của dầu diesel  $U = 36,8 \text{ MJ/L} = 36800 \text{ kJ/L}$
- Tổng năng lượng cho một chu trình tập kết - xả rác tại nhà máy (bao gồm xúc, cào-ép, nâng thùng, xả rác)

$$E = 244,8 + 336 + (85,5 + 747,6 + 393,8) \cdot 14 = 17757,4 \text{ (kJ)}$$

- Với  $\eta_e = 0,3$ ,  $\eta_{PTO} = 0,95$ ,  $\eta_{pump} = 0,95$  lần lượt là các hiệu suất chuyển đổi năng lượng của động cơ, PTO và bơm thủy lực. Suy ra lượng nhiên liệu tiêu thụ của xe:

$$V_{NL} = \frac{E}{U \cdot \eta_e \cdot \eta_{PTO} \cdot \eta_{pump}} = \frac{17757,4}{36800 \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot 0,95} = 1,782 \text{ (L)}$$

- Với thời giá xăng dầu ngày 5/6/2022 là 26910 vnđ đối với dầu DO 0.05S, tổng kinh phí hệ thống thủy lực tiêu thụ (với điều kiện không để hệ thống chạy cầm chừng):

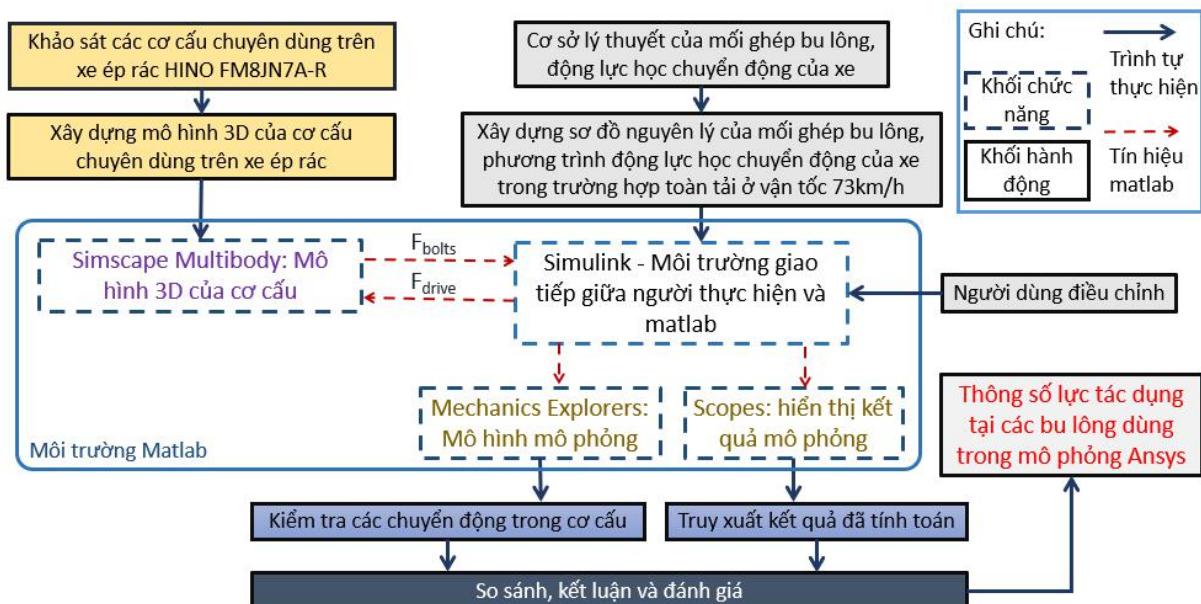
$$T = 1,782 \cdot 26910 = 47953,62 \text{ vnđ}$$

- Vậy, tổng kinh phí hoạt động của hệ thống thủy lực trong một chu trình ít nhất xấp xỉ 48000 vnđ. Đây cũng là phần nội dung cuối cùng của chương 4: Kiểm nghiệm cơ cấu thủy lực trên xe ép rác HINO FM8JN7A-R bằng phần mềm Matlab Simscape. Về tổng thể, chương bao gồm bốn mục kiểm nghiệm tương ứng với bốn cơ cấu chuyên dùng trên xe ép rác, đó là kiểm nghiệm cơ cấu nâng thùng phụ, kiểm nghiệm cơ cấu xả rác, cơ cấu cào - ép rác và cơ cấu xúc rác. Bằng việc truy xuất kết quả tính toán từ Matlab, có thể dùng các lực tác dụng lên chốt cực đại để dùng làm thông số cho điều kiện biên của Ansys, sẽ được đề cập tại chương 7. Để đảm bảo trật tự các quy trình, chương 5 sẽ tiếp tục sử dụng Matlab để kiểm nghiệm lực tác dụng lên bu lông.

# CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM: KIỂM NGHIỆM LỰC TÁC DỤNG LÊN BU LÔNG LIÊN KẾT GIỮA THÙNG CHUYÊN DÙNG VÀ XE CƠ SỞ TRÊN XE ÉP RÁC HINO BẰNG MATLAB/SIMSCAPE

Tiếp theo phần kiểm nghiệm cơ cấu thủy lực trên xe ép rác HINO FM8JN7A-R, chương này tiếp tục sử dụng phần mềm Matlab làm công cụ để kiểm nghiệm lực tác dụng lên bu lông liên kết giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở. Chương bao gồm quy trình tổng quát để mô phỏng mối ghép bu lông bằng phần mềm Matlab Simscape, áp dụng quy trình trong trường hợp xe phanh gấp, và tính toán lực tác dụng lên bu lông do xe quay vòng ở vận tốc giới hạn. Sau đây là các mục cụ thể.

## 1. Quy trình tổng quát cách thực hiện mô phỏng mối ghép bu lông bằng Matlab/Simscape



Hình 5.1 Lưu đồ quá trình tổng quát xây dựng mô hình mô phỏng mối ghép bu lông bằng phần mềm Matlab/Simscape

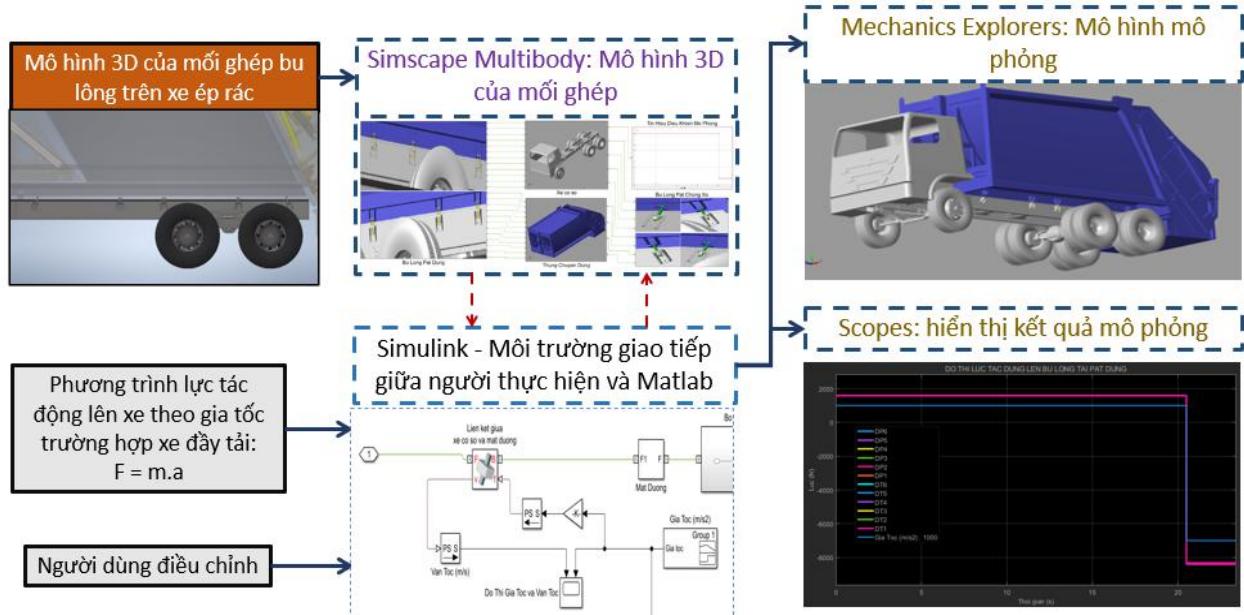
- Trong quá trình khảo sát để xây dựng mô hình 3D của xe ép rác HINO, thùng chuyên dùng và xe cơ sở được liên kết với nhau bằng: bu lông tại pat đứng, bu lông tại pat chống xô (pat nghiêng) và quang bu lông. Nhiệm vụ của quang bu lông là hạn chế khả năng quay theo chiều ngang của thùng chuyên dùng (đặc biệt khi di chuyển quay vòng), còn bu lông tại pat chống xô là hạn chế khả năng dịch chuyển theo chiều dọc (đặc biệt trong trường hợp phanh gấp).

- Chế độ tải trọng tính toán là trong chế độ phanh gấp và khi ô tô quay vòng với bán kính quay vòng nhỏ nhất với vận tốc tối đa ổn định.

## 2. Quy trình thực hiện mô phỏng mối ghép bu lông trường hợp xe phanh gấp

### 2.1. Lưu đồ quy trình thực hiện

Dựa theo lưu đồ hình 5.1, tiến hành xây dựng mô hình mô phỏng mối ghép bu lông trường hợp xe phanh gấp của xe ép rác HINO.



Hình 5.2 Lưu đồ quy trình xây dựng mô hình mô phỏng mối ghép bu lông trường hợp xe phanh gấp bằng Matlab Simscape

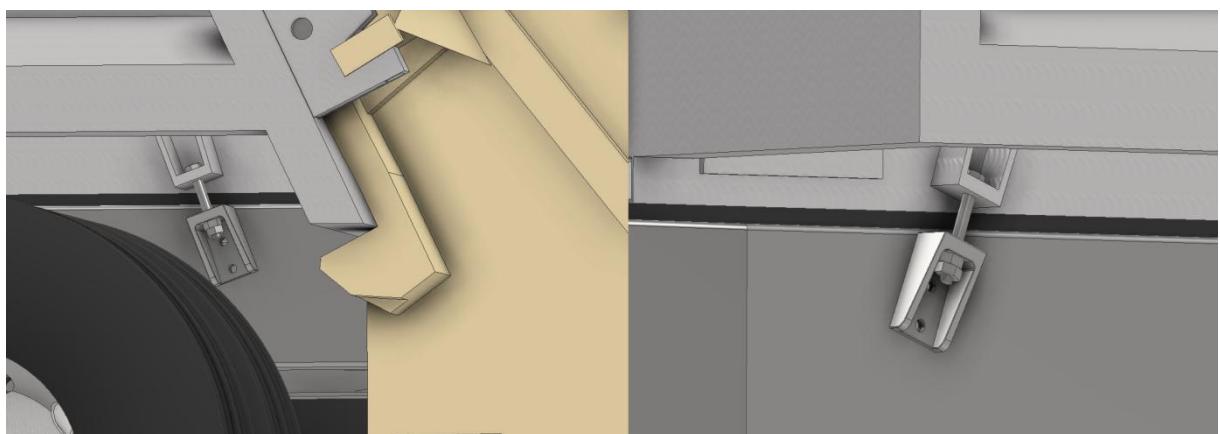
### 2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng bằng phần mềm Autodesk Inventor

- Giả thiết của mô hình:

- + Mô hình được xây dựng trên cơ sở xe di chuyển trên đường bằng phẳng, không kéo rơ moóc, không có lực cản lăn của mặt đường và lực cản gió.
- + Xe phanh gấp khi tốc độ đạt 73 km/h.
- + Giả sử xe di chuyển với gia tốc không đổi với gia tốc khi phanh là  $7 \text{ m/s}^2$ .
- + Theo khảo sát trên xe ép rác ở công ty Đức Long, tất cả các bu lông đều sử dụng cùng loại kích cỡ là bu lông M18 cấp 8.8 và được lắp ghép có khe hở với pat.



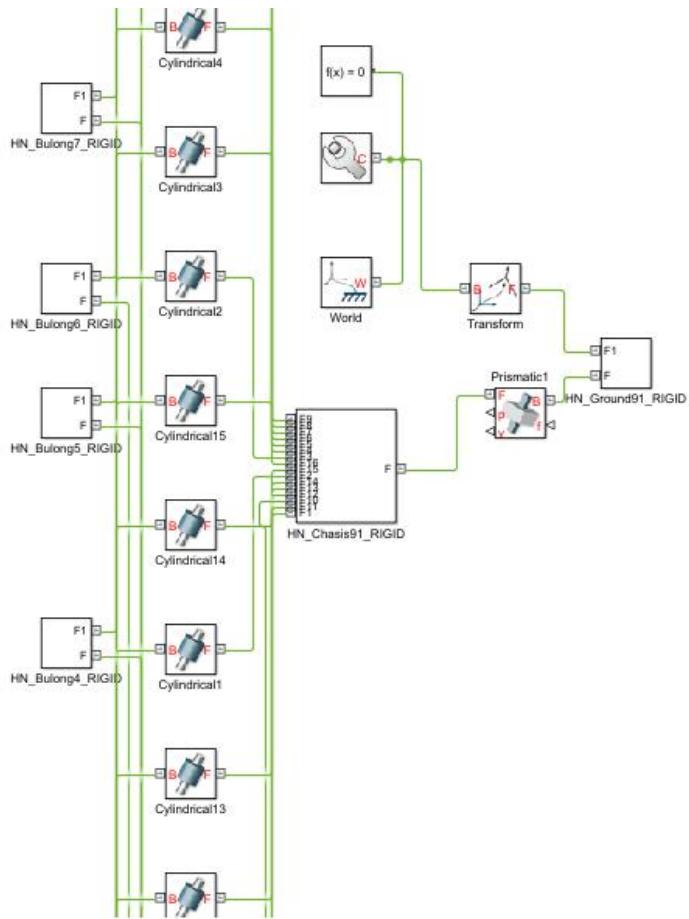
Hình 5.3 Mô hình 3D Inventor mối ghép bu lông tại pat đứng



Hình 5.4 Mô hình 3D Inventor mối ghép bu lông tại pat chống xô phía sau xe (trái) và  
phía trước xe (phải)

### 2.3. Chuyển đổi mô hình 3D Inventor sang Matlab Multibody

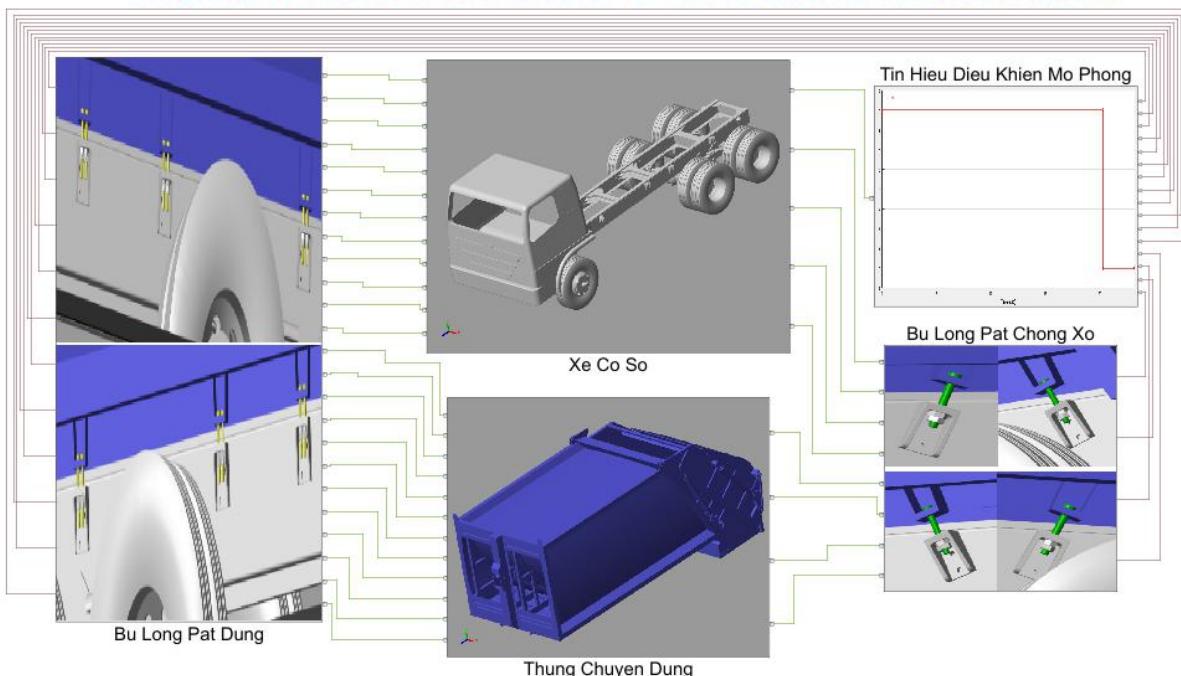
- Dựa theo các bước liên kết giữa phần mềm Matlab với phần mềm Inventor ở mục 3.1.2 trong chương 1, chuyển đổi mô hình từ Inventor sang Matlab, mô hình 3D trong Matlab sẽ được biểu diễn bằng các khối (block).



Hình 5.5 Mô hình 3D xe ép rác được biểu diễn trong Matlab Simscape

- Để thuận tiện cho việc theo dõi và nhận biết các khối, cần phải sắp xếp và gom các khối có liên quan về cùng một hệ thống con (Subsystem).

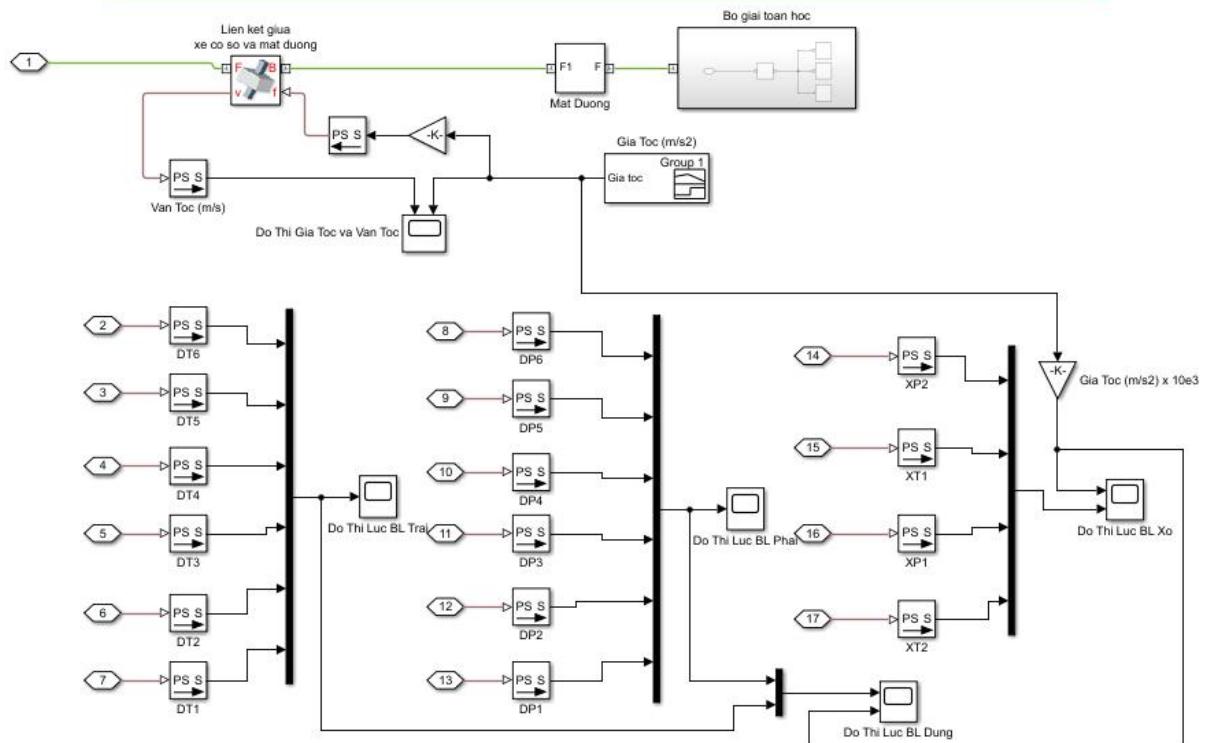
#### MO HINH SIMSCAPE MO PHONG MOI GHEP BU LONG TRUONG HOP DAY TAI



Hình 5.6 Mô hình Simscape mô phỏng môi ghép bu lông trường hợp đầy tải

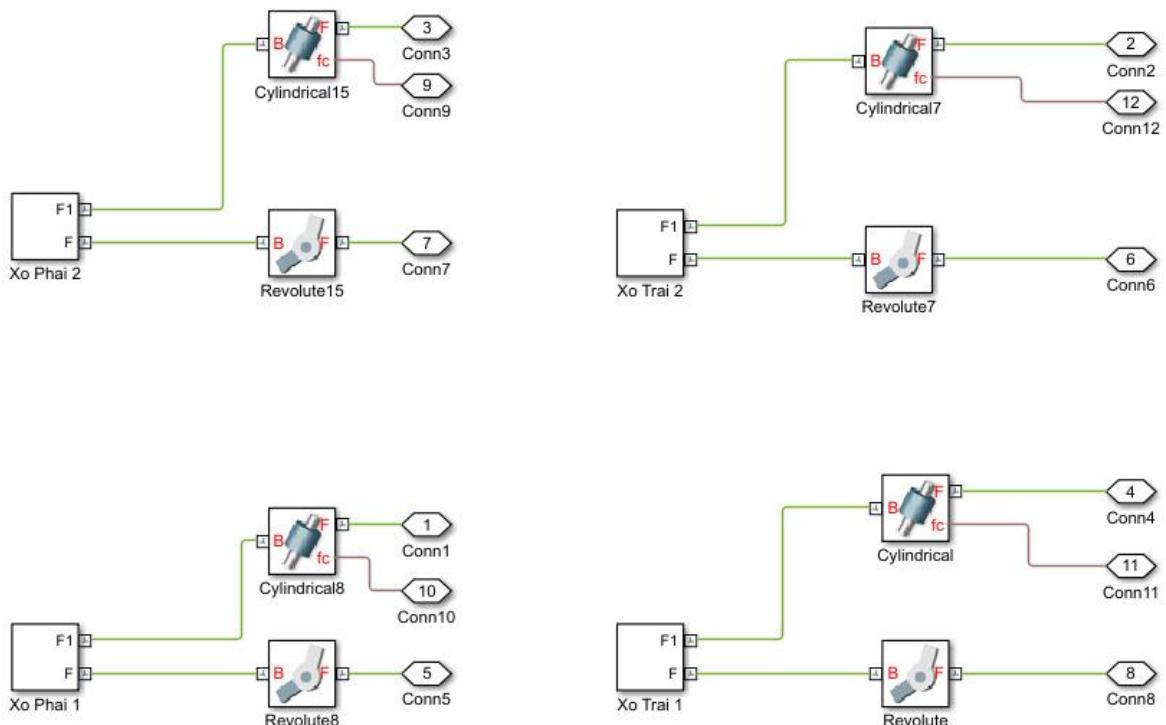
- Chú thích các khối thành phần trong hệ thống con:

### SIMULINK: TIN HIEU DIEU KHIEN MO PHONG MOI GHEP BU LONG



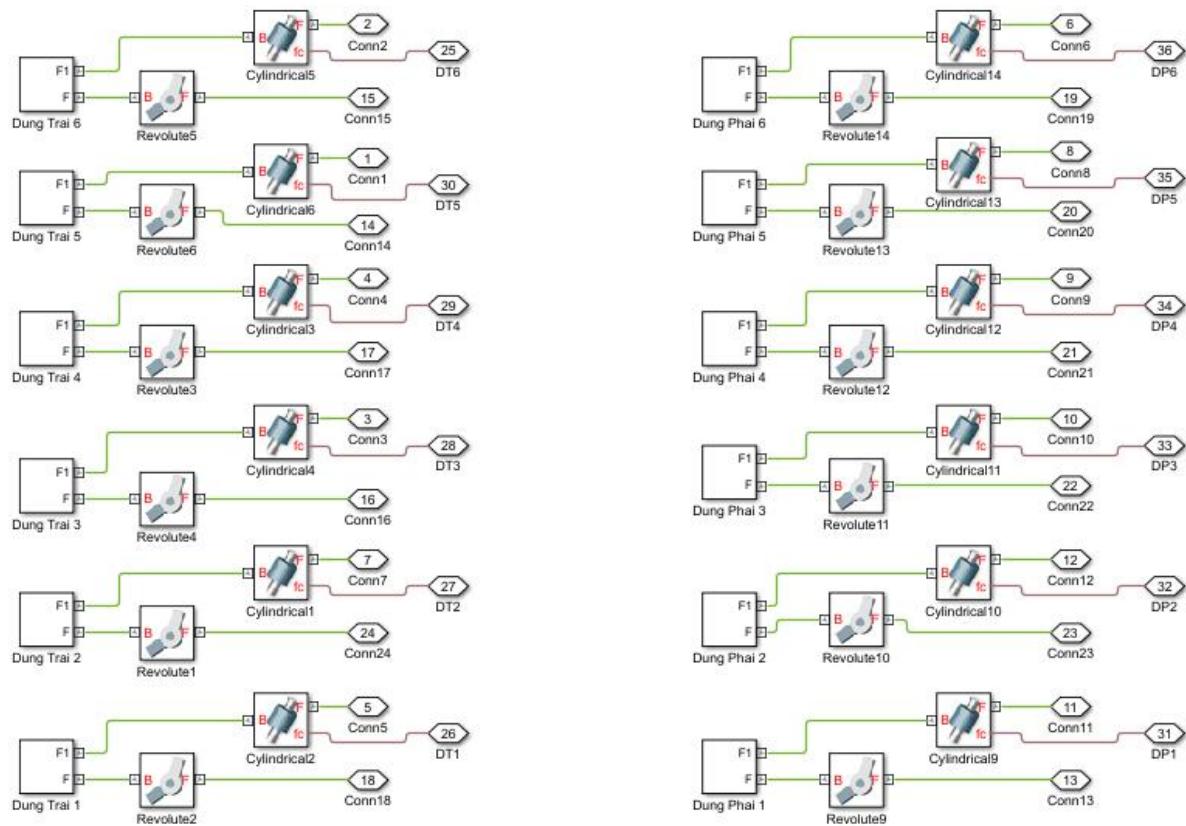
Hình 5.7 Các khối thành phần trong hệ thống con Simulink: Tín hiệu điều khiển mô phỏng

### MO HINH MOI GHEP BU LONG TAI PAT NGHIENG



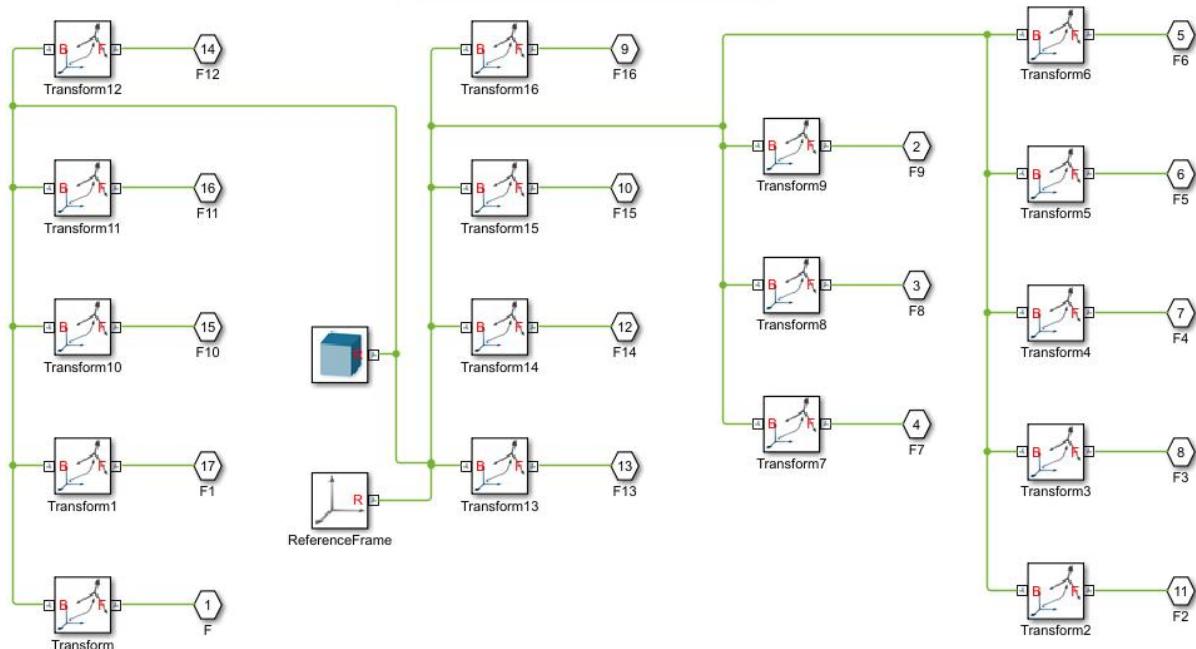
Hình 5.8 Các khối thành phần trong hệ thống con bu lông pat chống xó

## MO HINH MOI GHEP BU LONG TAI PAT DUNG



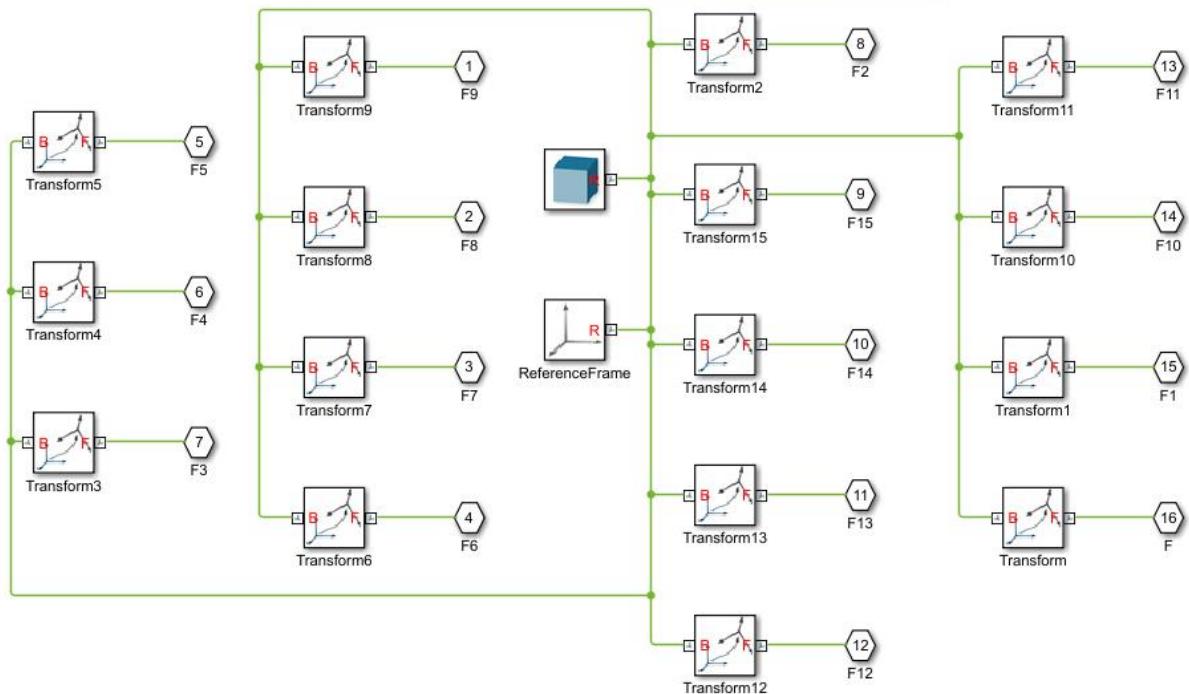
Hình 5.9 Các khối thành phần trong hệ thống con bu lông pat đứng

## MO HINH XE CO SO



Hình 5.10 Các khối mô hình xe cơ sở

## MO HINH THUNG CHUYEN DUNG



Hình 5.11 Các khối mô hình thùng chuyên dùng trường hợp đầy tải

### 2.4. Xây dựng bộ tín hiệu điều khiển liên kết để tạo chuyển động cho mô hình và trích xuất kết quả mô phỏng

- Để mô hình có thể chuyển động theo ý muốn thì khi xây dựng mô hình 3D để chuyển sang Matlab Simscape cần tạo thêm liên kết dạng trượt - khối Prismatic Joint (liên kết giữa xe cơ sở và mặt đường, hình 5.7) để liên kết xe cơ sở với mặt đường. Từ đó, đặt lực tác dụng lên khối đó với giá trị lực được xác định theo công thức (2.37):

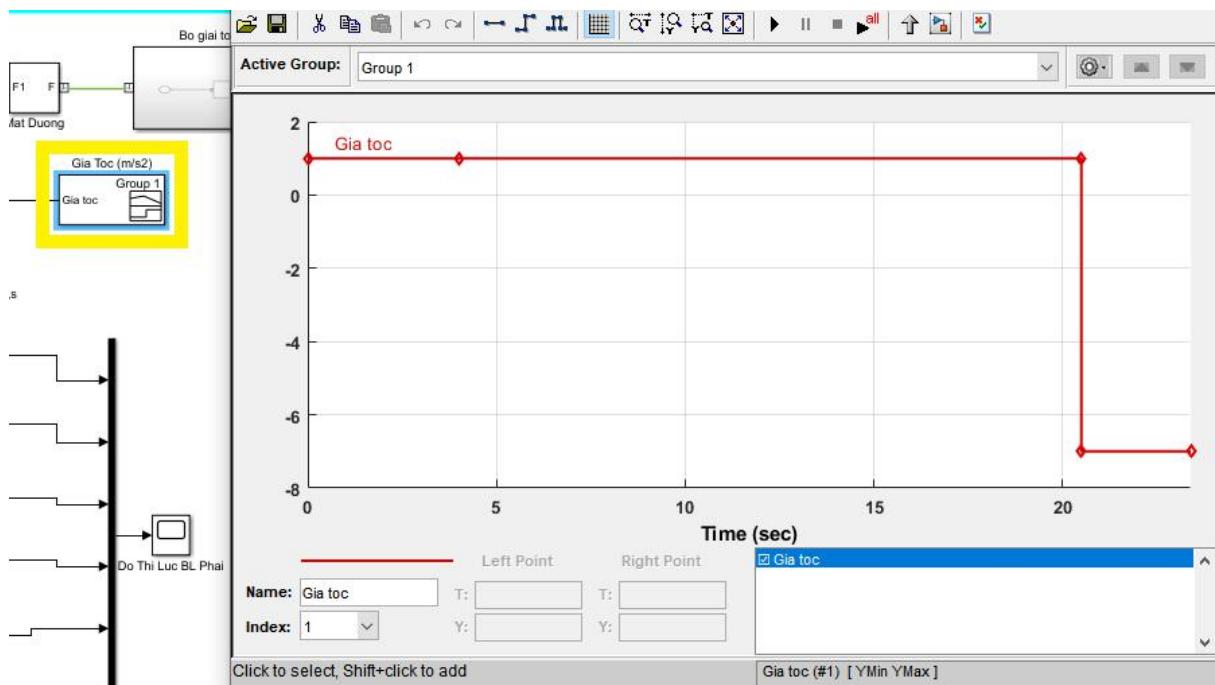
$$F = m \cdot a$$

Trong đó:  $F$  - Lực tác dụng lên mô hình để mô phỏng chuyển động (N).

$m$  - Khối lượng của xe ép rác ở trạng thái đầy tải (kg).

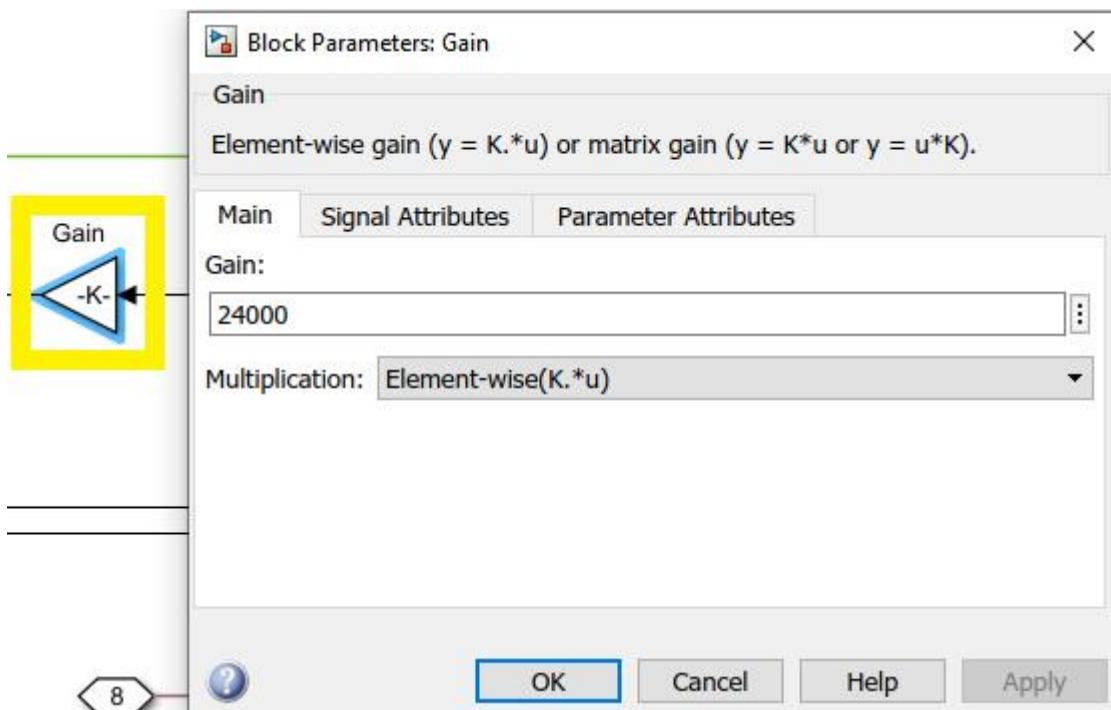
$a$  - Gia tốc của xe ( $m/s^2$ ).

- Do mô phỏng xe chuyển động trong trường hợp phanh gấp ở tốc độ 73 km/h, nên cần tính toán và chọn gia tốc cũng như là thời gian tăng tốc để xe đạt tốc độ như mong muốn. Chọn gia tốc khi xe tăng tốc là  $1 m/s^2$  và gia tốc khi xe phanh là  $7 m/s^2$ , tính toán được thời gian xe bắt đầu phanh khi đạt vận tốc 73 km/h là 20,5 giây và thời gian phanh đến khi xe dừng hẳn là 2,897 giây.
- Sau đó, từ khối gia tốc ( $m/s^2$ ) - khối Signal Builder ở hình 5.7, xây dựng tín hiệu gia tốc cho mô hình mô phỏng.



Hình 5.12 Xây dựng tín hiệu gia tốc từ khối Signal Builder

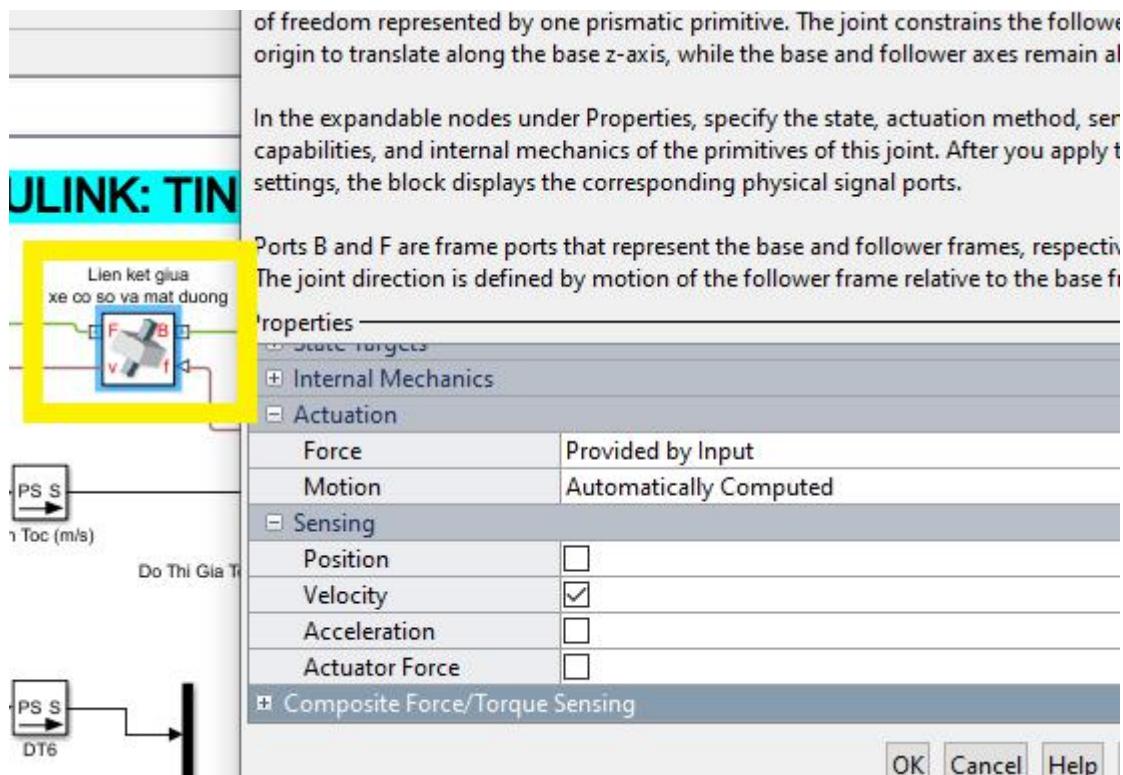
- Khối Gia tốc ( $m/s^2$ ) sẽ được liên kết với khối Gain (hình 5.7) - đại diện cho việc nhân gia tốc với khối lượng toàn tải của xe.



Hình 5.13 Cài đặt thông số khối Gain

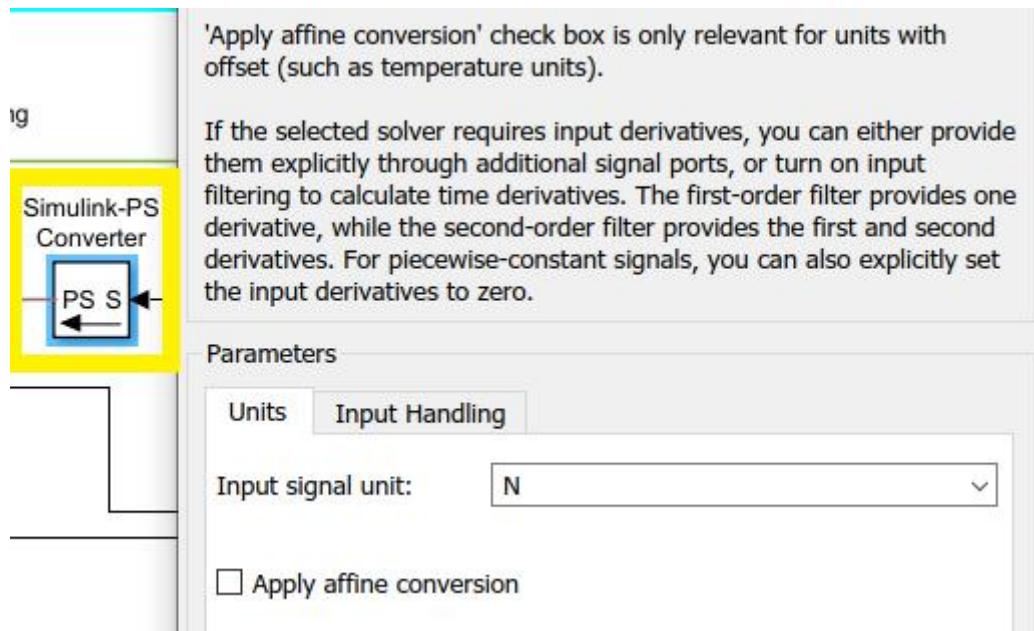
- Để có thể tiếp nhận tín hiệu từ khối Gia tốc và Gain, cần cài đặt khối Liên kết giữa xe cơ sở và mặt đường (hình 5.7) tích chọn vào ô Provided by Input ở tùy chọn Force trong mục Actuation, trên khối Liên kết giữa xe cơ sở và mặt đường sẽ xuất hiện công f để kết nối tín hiệu từ khối Gain. Để biết được vận tốc xe di chuyển

trong quá trình mô phỏng thì ở mục Sensing, chọn tích vào ô Velocity để trích xuất thông số vận tốc.



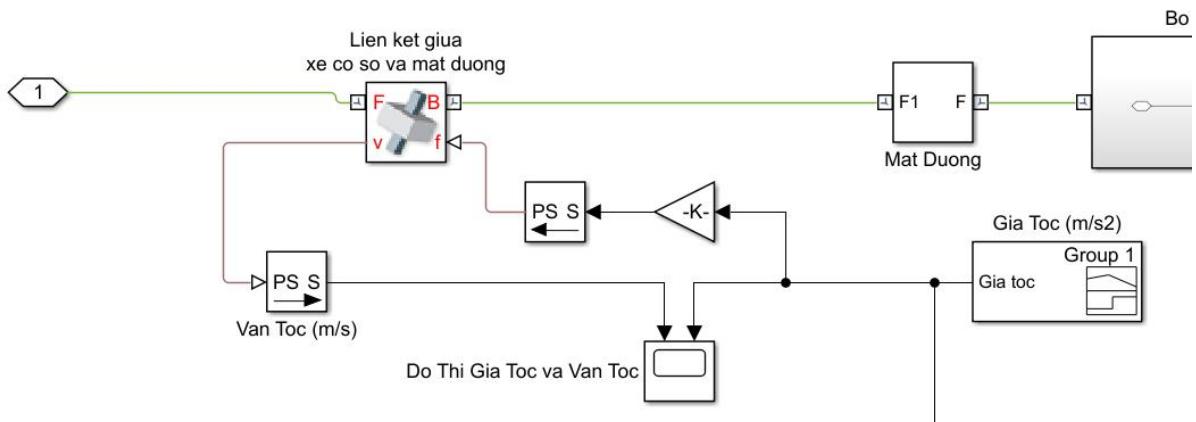
Hình 5.14 Cài đặt khối Liên kết giữa xe cơ sở và mặt đường để tiếp nhận tín hiệu và trích xuất các thông số về quãng đường và vận tốc khi mô phỏng

- Bên cạnh đó, do tín hiệu của khối Gia tốc và khối Gain là dạng tín hiệu Simulink không thể kết nối trực tiếp với cổng  $f$  với dạng tín hiệu vật lý. Vì vậy, cần phải sử dụng khối Simulink - PS Converter và cài đặt đơn vị của tín hiệu nhập vào là N để chuyển đổi tín hiệu Simulink sang dạng tín hiệu vật lý thì lúc đó mới có thể kết nối với cổng  $f$ .



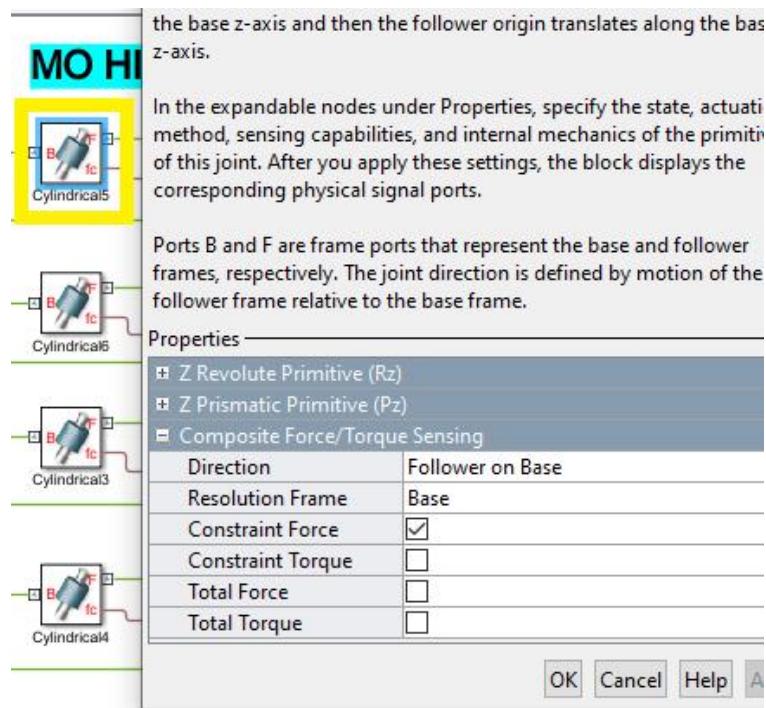
Hình 5.15 Cài đặt khối chuyển dạng tín hiệu

- Ngược lại để hiển thị kết quả thông số vận tốc thì cần sử dụng khối PS - Simulink Converter để chuyển đổi tín hiệu vật lý của mô hình mô phỏng sang tín hiệu Simulink từ đó khối Scope có thể hiển thị kết quả được.



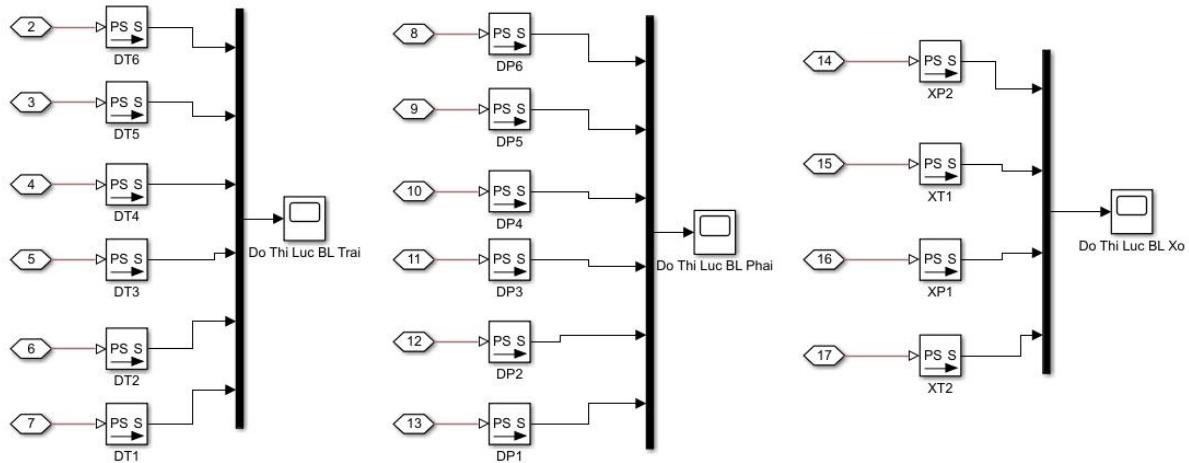
Hình 5.16 Trích xuất kết quả vận tốc xe di chuyển khi mô phỏng

- Tiếp theo để trích xuất kết quả lực tác dụng lên mỗi ghép bu lông thì từ khối Cylindrical tích chọn vào ô Constraint Force trong mục Composite Force/Torque Sensing.



Hình 5.17 Cài đặt khối Cylindrical trích xuất kết quả mô phỏng

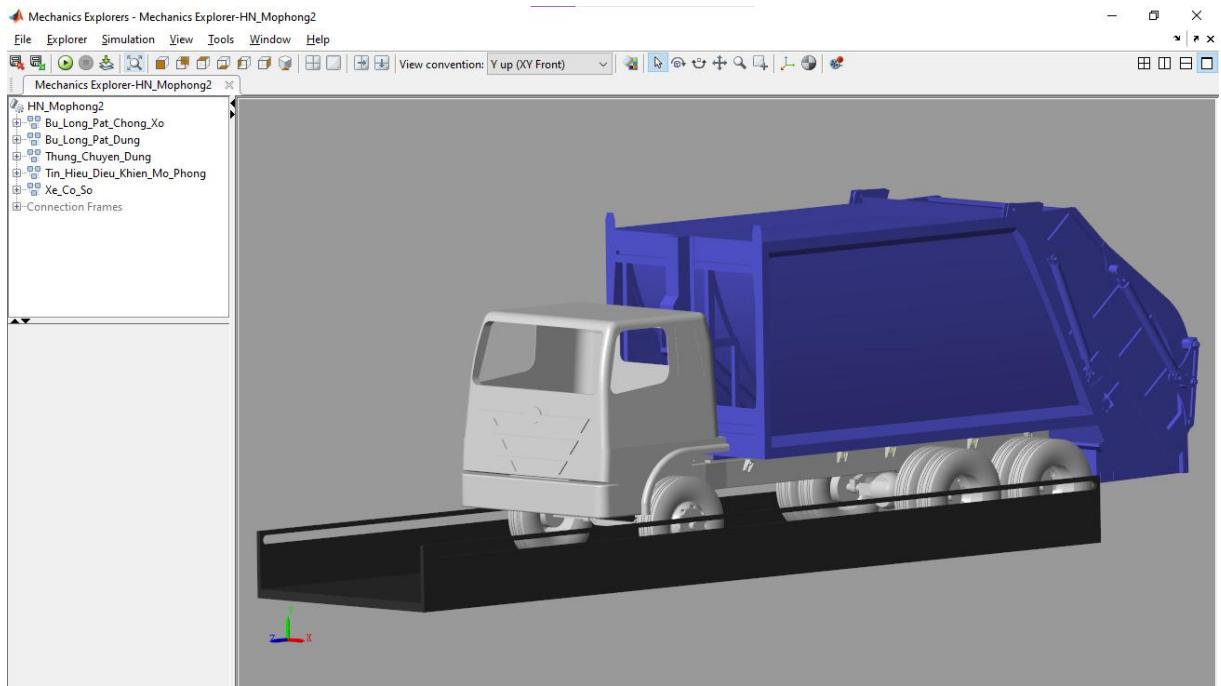
- Cũng tương tự như các tín hiệu vận tốc, quãng đường thì cần chuyển đổi tín hiệu vật lý sang tín hiệu Simulink rồi mới có thể hiển thị kết quả mô phỏng.



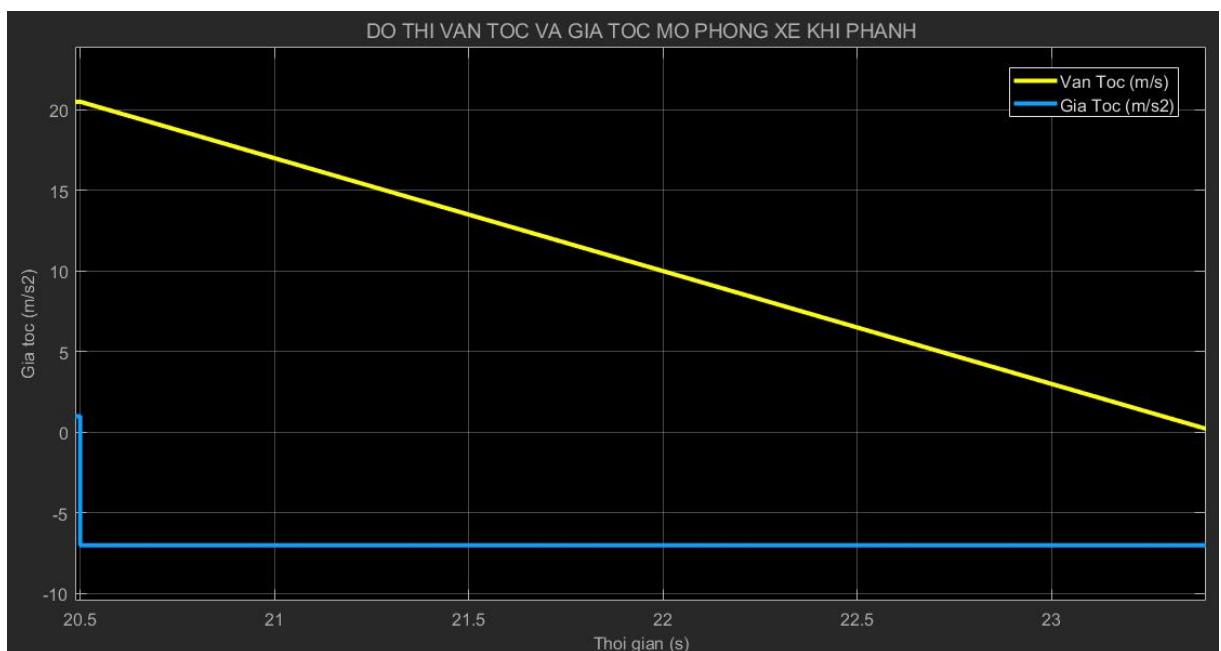
Hình 5.18 Các khối chuyển đổi và trích xuất kết quả mô phỏng

## 2.5. Kết quả mô phỏng

- Kết quả mô phỏng được biểu diễn qua cửa sổ Mechanics Explorers biểu diễn chuyển động của xe và khối Scope biểu diễn các đồ thị:

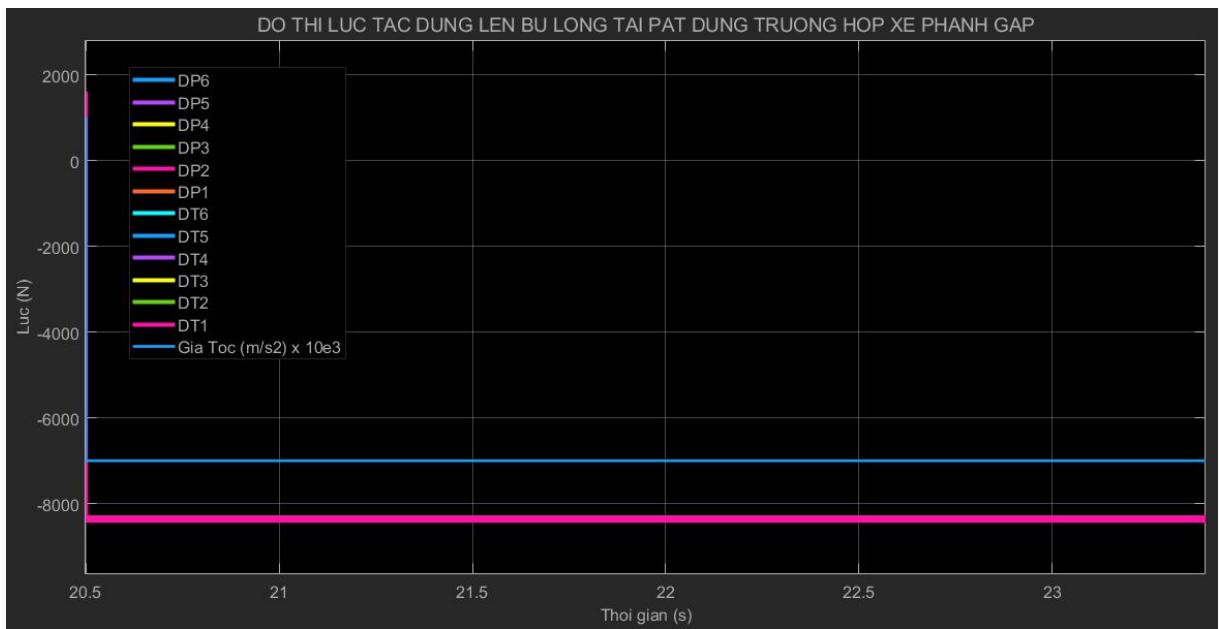


Hình 5.19 Cửa sổ Mechanics Explorers mô phỏng chuyển động của xe



Hình 5.20 Đồ thị gia tốc và vận tốc mô phỏng xe khi phanh

- Bu lông tại pat đứng:

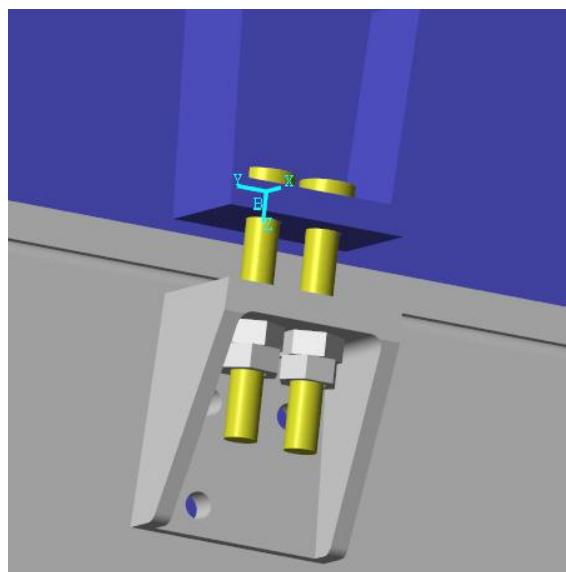


Hình 5.21 Đồ thị gia tốc và lực tác dụng lên bu lông tại pat đứng trường hợp xe phanh gấp

Trong đó: DPn - Lực tác dụng lên bu lông tại pat đứng vị trí bên phải xe vị trí n tính từ đầu xe.

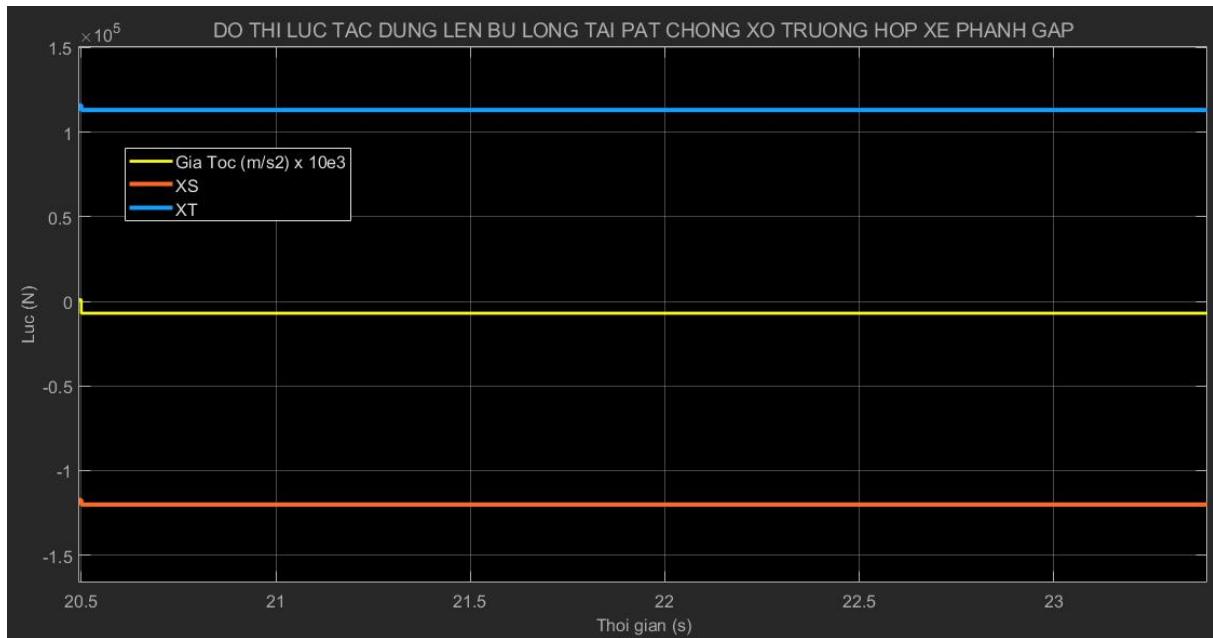
DTn - Lực tác dụng lên bu lông tại pat đứng vị trí bên trái xe vị trí n tính từ đầu xe.

- + Theo đồ thị hình 5.21, giá trị lực tác dụng tại các bu lông gần như giống nhau hoàn toàn và có giá trị là 8397 N so với kết quả tính toán lý thuyết (phụ lục VII) là 7115,94 (N) là 15,26 %.
- + Dấu âm của lực do khi phanh lực tác dụng có chiều ngược lại với chiều dương theo trục Y của hệ quy chiếu trên bu lông khi mô phỏng.



Hình 5.22 Hệ quy chiếu của bu lông tại pat đứng khi mô phỏng

- Bu lông tại pat chống xô:

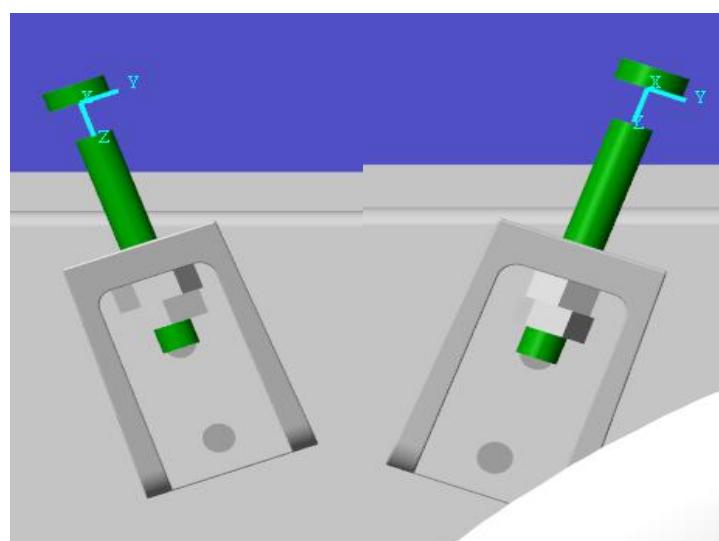


Hình 5.23 Đồ thị gia tốc và lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô trường hợp xe phanh gấp

Trong đó: XS - Lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô phía sau xe.

XT - Lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô phía trước xe.

- + Theo đồ thị hình 5.23, giá trị lực tác dụng lên bu lông khi phanh ở phía trước xe là 113105 N, còn ở phía sau xe là 120072 N.
- + Tương tự như bu lông tại pat đứng, các giá trị âm trong mô phỏng là do lực tác dụng ngược với chiều dương của trục Y trong hệ quy chiếu của bu lông khi mô phỏng.



Hình 5.24 Hệ quy chiếu của bu lông tại pat chống xô trước (trái) và sau (phải)

## 2.6. Đánh giá và kết luận kết quả mô phỏng

- Để kiểm tra khả năng phù hợp của kết quả mô phỏng, tính toán mối ghép bu lông theo điều kiện bén kéo:

$$\sigma_{td} = \frac{4F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_k]$$

Trong đó:  $d_1$  - Đường kính trong của ren, chọn theo bảng 17.7 *Các kích thước chủ yếu của ren hệ mét* (trang 663, sách **Giáo trình cơ sở thiết kế máy** của tác giả Nguyễn Hữu Lộc),  $d_1 = 15,294$  mm.

$[\sigma_k]$  - Ứng suất kéo cho phép, chọn theo bảng 17.4 *Cơ tính một số mác thép chế tạo chi tiết máy có ren* (trang 656, sách **Giáo trình cơ sở thiết kế máy** của tác giả Nguyễn Hữu Lộc),  $\sigma_k = 660 MPa$ .

$F$  - Lực tác dụng lên bu lông.

- Do đây là kết quả mô phỏng cho mối ghép bu lông thực tế trên xe ép rác HINO, yêu cầu kết quả đánh giá chỉ cần nhỏ hơn giới hạn cho phép của mối ghép.
- Bên cạnh đó các bu lông được sử dụng trong các mối ghép là giống nhau bu lông M18 cấp 8.8, nên khi tính toán đánh giá kết quả thì chỉ cần chọn thông số lớn nhất trong các kết quả để tính toán.

### 2.6.1. Bu lông tại pat chống xô

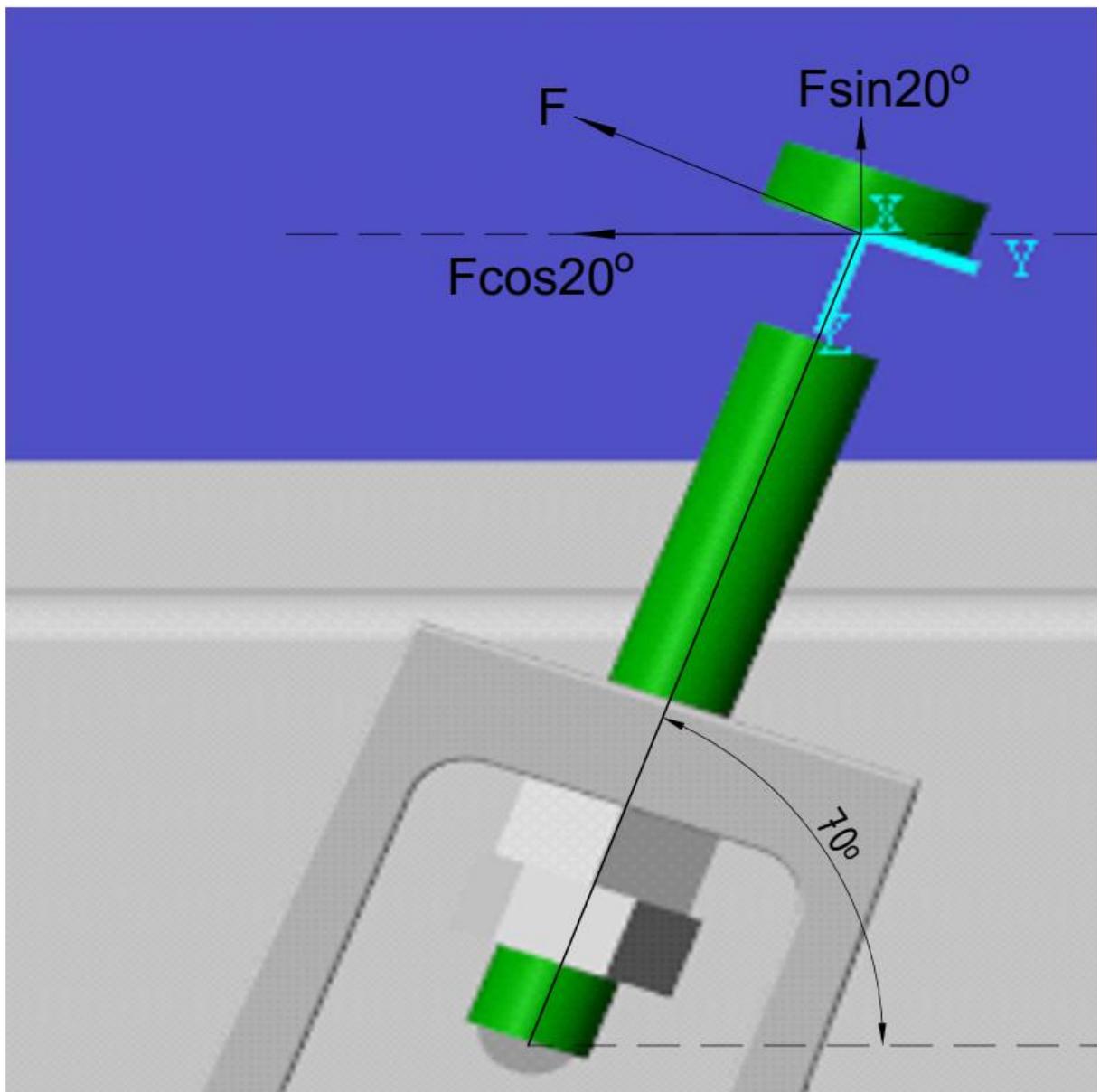
- Trong mô hình mô phỏng Matlab Simscape, các mô hình chỉ tương tác với nhau qua các khớp liên kết, Matlab không tự hiểu về các tính chất vật lý như lực ma sát giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở, lực xiết bu lông,... nên kết quả mô phỏng này là lực tương tác tại các khớp liên kết.
- Kết quả mô phỏng lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô có giá trị theo phương trục Y theo hệ quy chiếu của bu lông, để tính toán lực tác dụng lên mối ghép trong trường hợp này sẽ chuyển đổi kết quả mô phỏng lực về theo phương chuyển động của xe và cần phải xét đến lực căng ban đầu của mối ghép bu lông, cũng như lực ma sát giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở với hệ số ma sát là 0,3.
- Lực xiết của bu lông M18 tính theo độ bén kéo:

$$P = \frac{1}{k} ([\sigma_k] \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2) = \frac{1}{1,3} \cdot (660 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 18^2) \approx 129191,96 (N)$$

Trong đó:  $P$  - Lực căng ban đầu, (N).

$k$  - Hệ số an toàn, chọn  $k = 1,3$ .

- $[\sigma_k]$  - Úng suất kéo cho phép,  $[\sigma_k] = 660 \text{ MPa}$ .  
 $d$  - Đường kính ngoài của bu lông,  $d = 18 \text{ mm}$ .
- Dựa theo mô hình 3D đã xây dựng, mối ghép bu lông tại pat chống xô được lắp ghép thép phuong hợp với phuong thẳng đứng (vuông góc với mặt đường) góc  $70^\circ$ , từ đó suy ra được biểu đồ kết quả mô phỏng lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô phía sau xe.



Hình 5.25 Sơ đồ kết quả mô phỏng lực tác dụng lên bu lông tại pat chống xô

- Lực tính toán tác dụng lên bu lông tại pat chống xô:

$$F_t = 120072 \cdot \cos 20^\circ - 129191,96 \cdot 0,3 - 120072 \cdot \sin 20^\circ \cdot 0,3 \approx 61753,07 \text{ (N)}$$

- Úng suất kéo tính toán của bu lông tại pat chống xô:

$$\sigma_{td} = \frac{4F_t}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 61753,07}{\pi \cdot 15,294^2} \approx 336,14 \text{ (MPa)} \leq [\sigma_k] = 660 \text{ (MPa)}$$

### 2.6.2. Bu lông tại pat đứng

- Để mối ghép không bị trượt khi chịu lực tác dụng là 8397 N theo kết quả mô phỏng (hình 5.21) thì lực xiết V phải thoả mãn:

$$V = \frac{k \cdot F}{i \cdot f} = \frac{1,3 \cdot 8397}{1,0,3} = 36387 \text{ (N)}$$

- Úng suất kéo tương đương:

$$\sigma_{td} = \frac{4 \cdot 1,3 \cdot V}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 1,3 \cdot 36387}{\pi \cdot 15,294^2} \approx 257,49 \text{ (MPa)} \leq [\sigma_k] = 660 \text{ (MPa)}$$

## 3. Tính toán lực tác động lên bu lông trường hợp xe đầy tải quay vòng ở vận tốc giới hạn

Do hạn chế về phần mềm và khả năng xây dựng mô hình mô phỏng về trường hợp xe đầy tải quay vòng ở vận tốc giới hạn nên phần tính toán lực tác dụng lên mối ghép bu lông sẽ được thực hiện bằng phương pháp tính toán cổ điển theo quy trình:

### 3.1. Tính ồn định ngang của ô tô khi chuyển động quay vòng trên đường băng

Dựa theo bảng 3.1 trong chương 3, trường hợp ô tô không kéo rơ moóc, chuyển động trên đường băng, vận tốc giới hạn bị lật được xác định bằng:

$$v_n = \sqrt{g \cdot R \cdot \frac{C}{2 \cdot h_g}} \quad (5.2)$$

$$= \sqrt{9,81 \cdot 8,475 \cdot \frac{2500}{2.1828,178}} \approx 7,54 \text{ (m/s)}$$

Trong đó:  $v_n$  - Vận tốc giới hạn bị lật

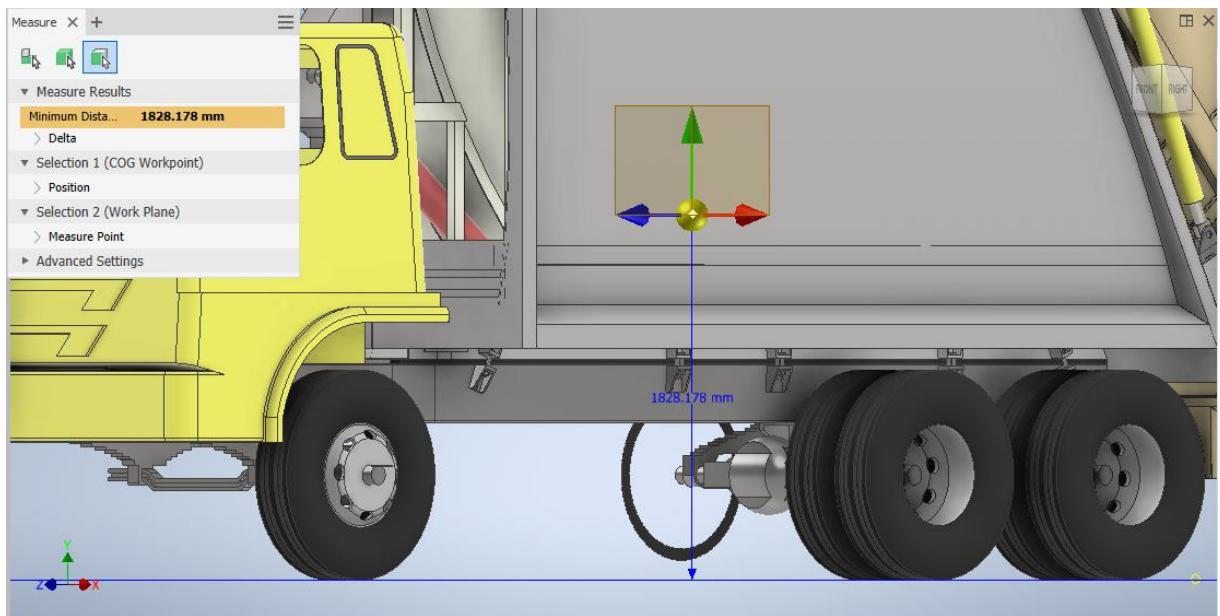
$R$  - Bán kính quay vòng tại vị trí trọng tâm của xe = bán kính quay vòng của xe (tính theo vệt bánh xe phía ngoài) - khoảng cách từ trọng tâm tới vệt bánh xe ngoài.

$$R = 9,5 - \frac{2,05}{2} = 8,475 \text{ (m)}$$

$g$  - Gia tốc trọng trường,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$C$  - Chiều rộng cơ sở của ô tô,  $C = 2500 \text{ mm}$

$h_g$  - Chiều cao trọng tâm của xe,  $h_g = 1828,178 \text{ mm}$  (hình 5.25)



Hình 5.26 Chiều cao trọng tâm của xe trường hợp đầy tải

### 3.2. Tính toán lực ly tâm của thùng chuyên dùng (đầy tải) khi vào cua với tốc độ $v_n$

Dựa theo công thức:

$$F_c = -m \cdot \frac{v^2}{R} \quad (5.3)$$

$$= -16265 \cdot \frac{7,54^2}{8,475} \approx -109108,1149 \text{ (N)}$$

Trong đó:  $F_c$  - Lực ly tâm (N)

$m$  - Khối lượng của thùng chuyên dùng trường hợp đầy tải,  $m = 16265 \text{ kg}$

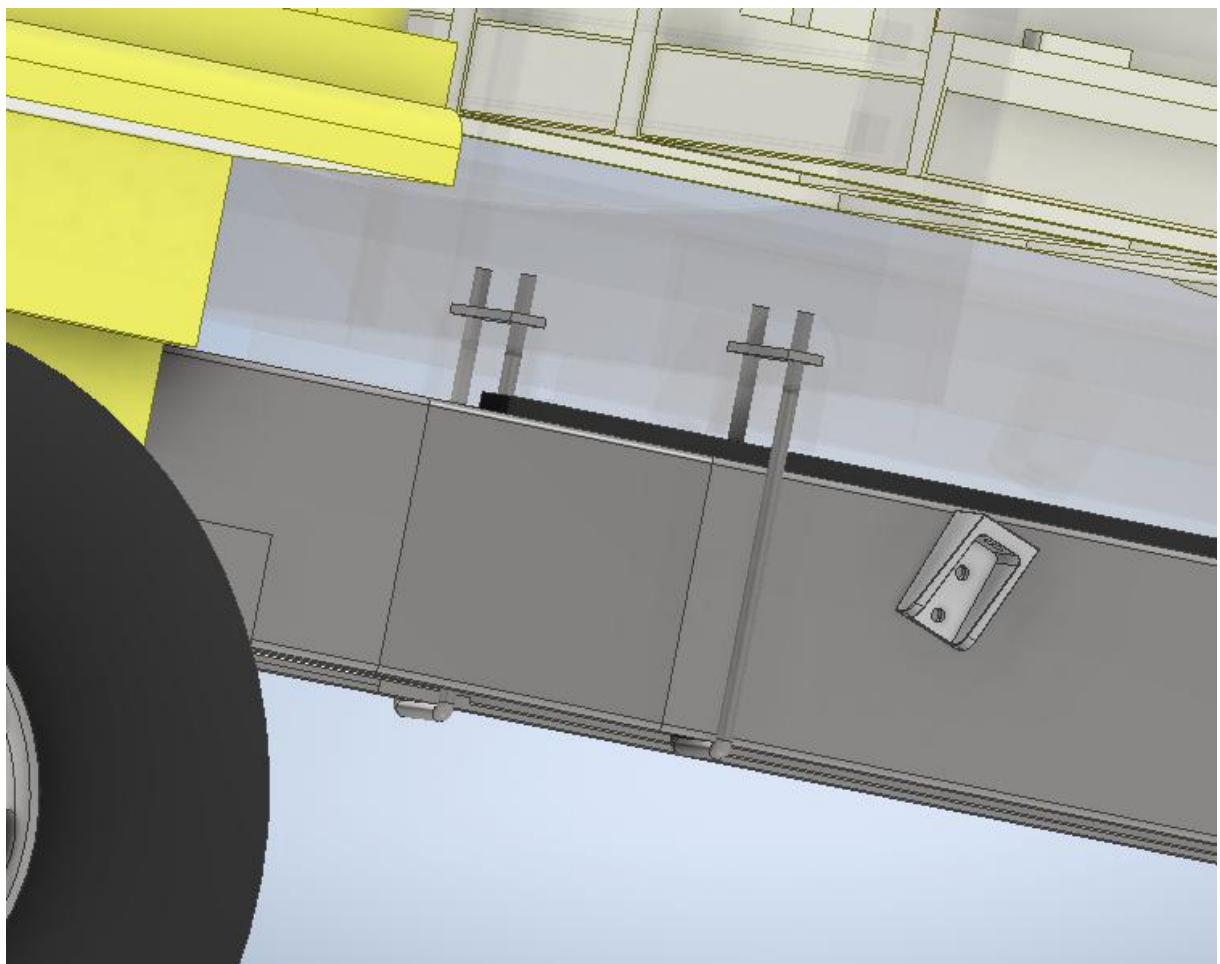
$v$  - Vận tốc của ô tô,  $v = 7,54 \text{ m/s}$

$R$  - Bán kính của ô tô đến tâm quay vòng,  $R = 8,475 \text{ m}$

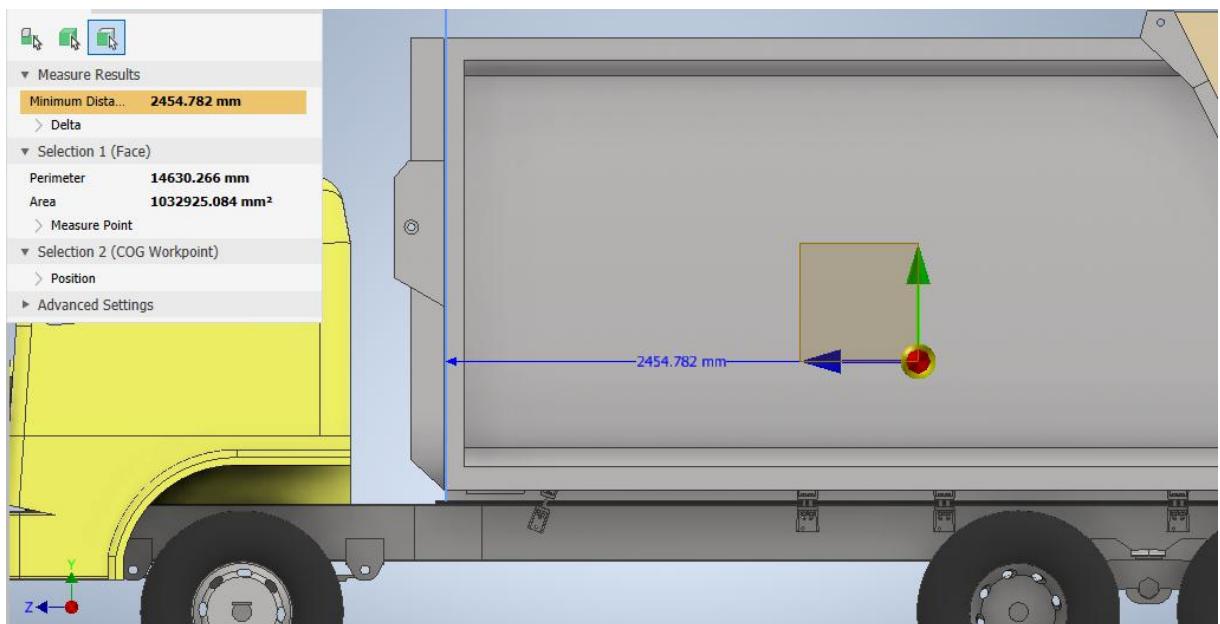
### 3.3. Phân tích và xác định lực tác dụng lên mối ghép bu lông

- Giả thiết:

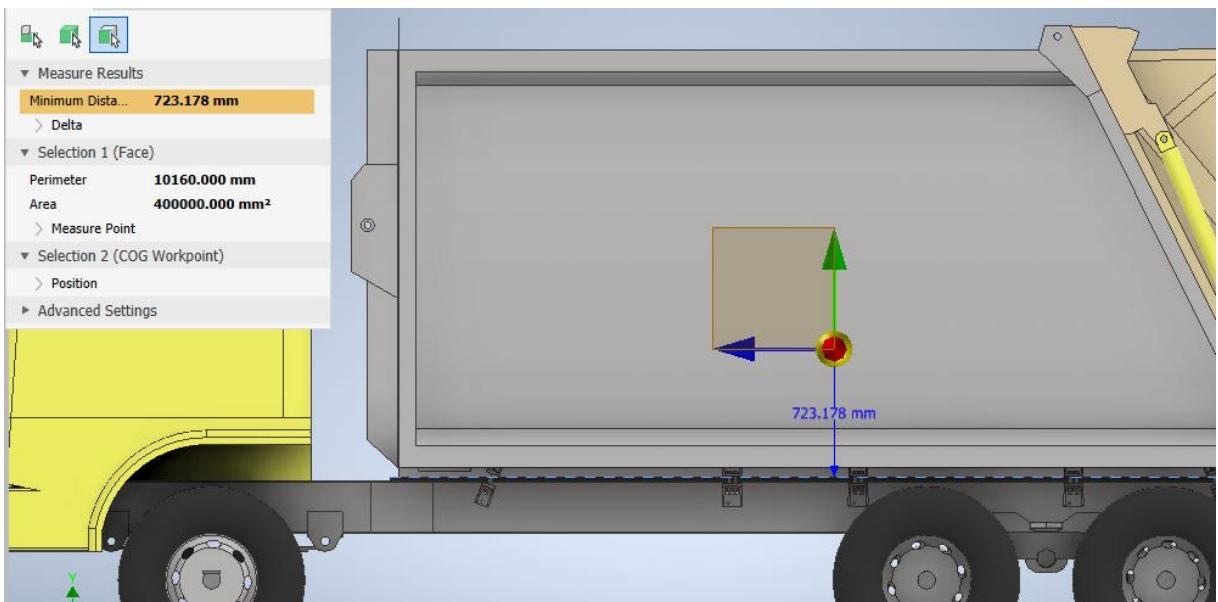
- + Trường hợp này, mối ghép bu lông tính toán sẽ gồm các mối ghép của bu lông tại pat đứng và mối ghép của quang bu lông.
- + Quang bu lông khi tính toán được xem như 2 bu lông lắp đối xứng với nhau.
- + Mối ghép bu lông được sử dụng là bu lông M18, cấp bền 8.8 với kiểu lắp ghép là lắp có khe hở và chịu lực xiết bằng nhau.



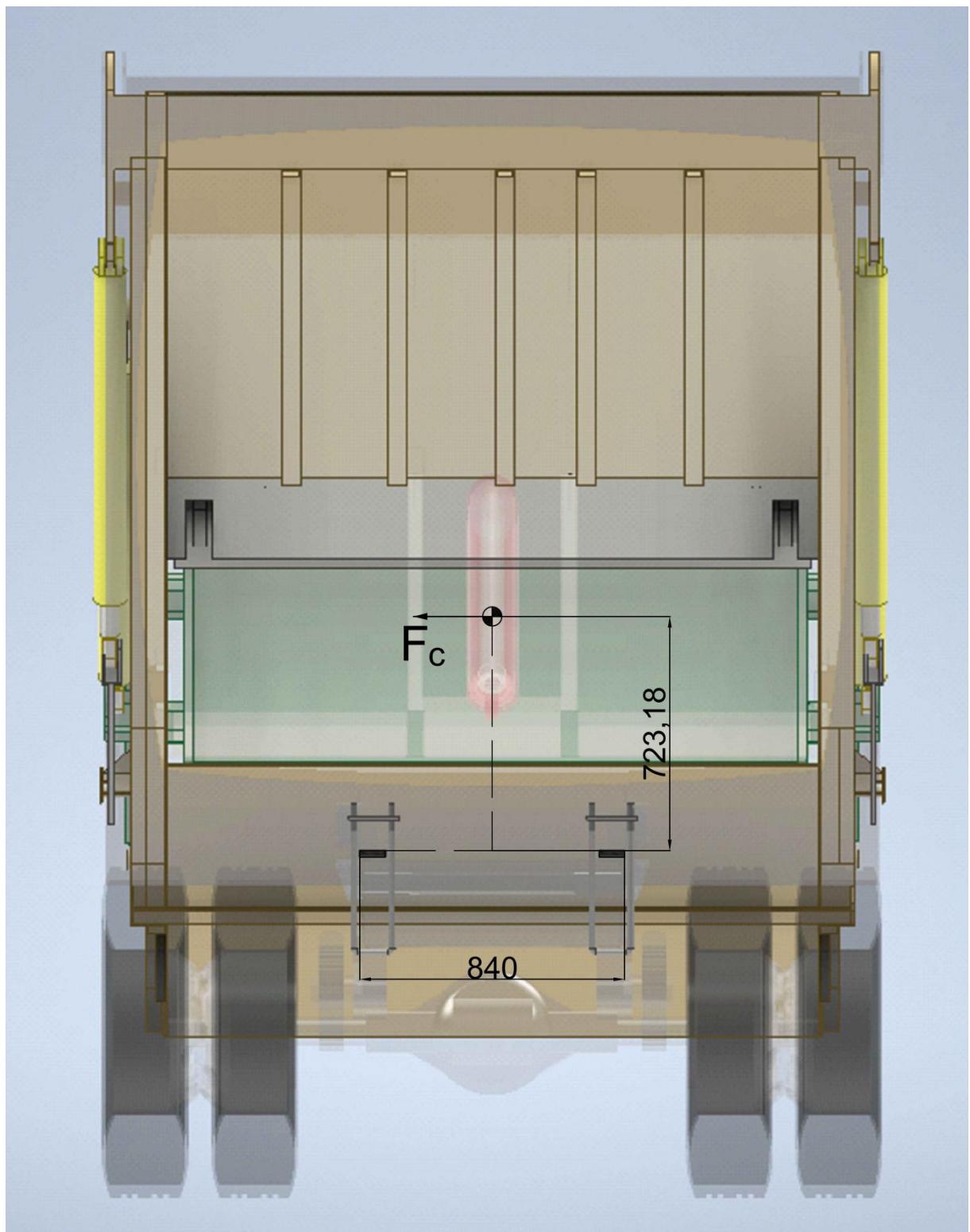
Hình 5.27 Mối ghép quang bu lông trên mô hình 3D xe ép rác



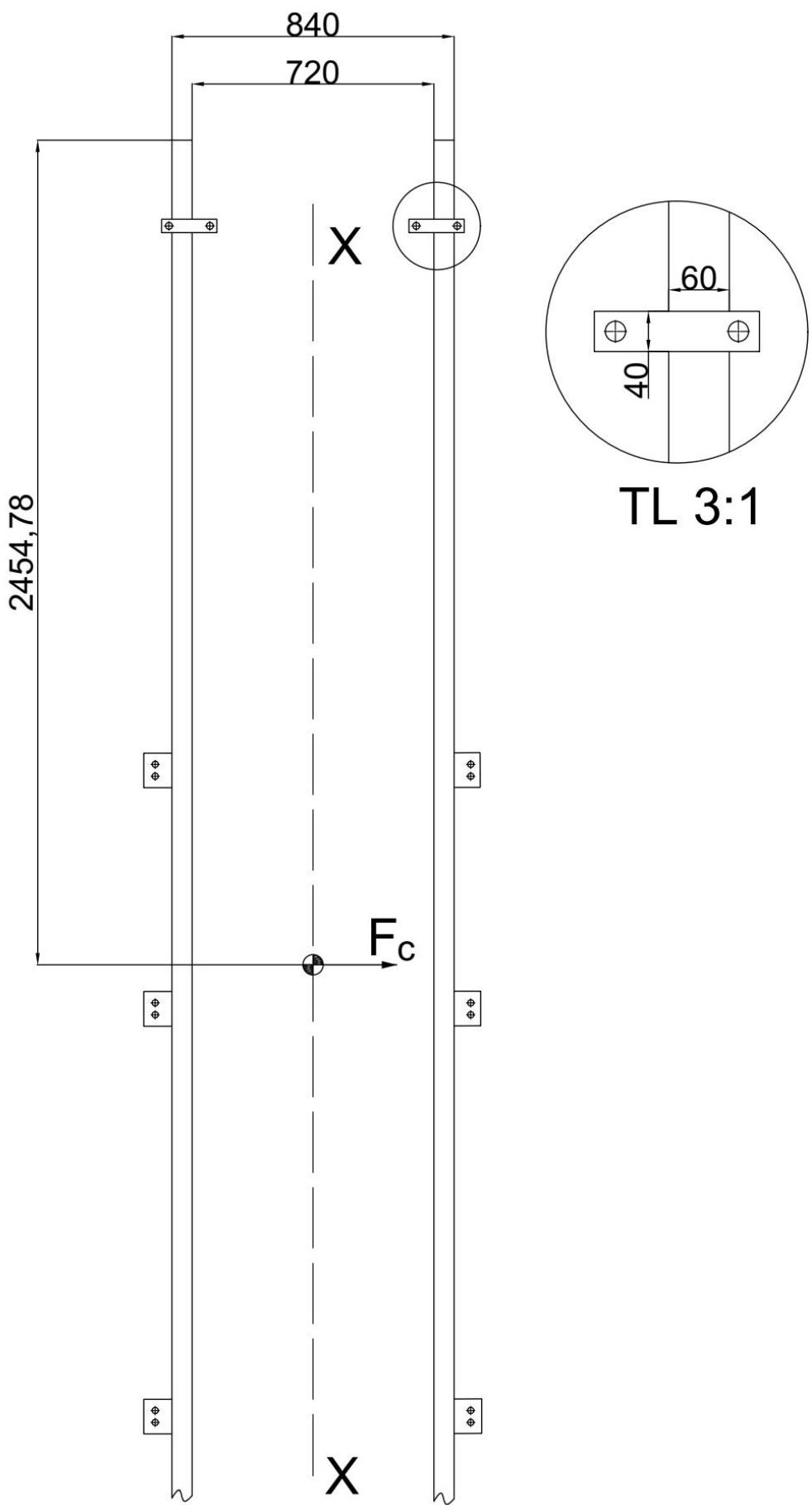
Hình 5.28 Khoảng cách trọng tâm xe đầy tải tới mặt trước tiếp xúc với đệm cao su  
giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở



Hình 5.29 Khoảng cách từ mặt trên của đệm cao su tới trọng tâm xe đầy tải



Hình 5.30 Biểu diễn lực tác dụng của thùng chuyên dùng khi xe đang quay vòng phải



Hình 5.31 Biểu đồ lực tác dụng lên mối ghép quang bu lông khi xe quay vòng đầy tải

- Phương pháp tính toán:

+ Để mối ghép không bị trượt thì lực  $F_c$  nhỏ hơn  $F_{ms}$  lớn nhất, từ đó công thức tính lực xiết  $V_1$  là:

$$V_1 = \frac{kF}{fz} = \frac{2.109108,1149}{0,3.16} \approx 45461,71 (N)$$

+ Để mối ghép không bị tách hở, công thức tính lực xiết  $V_2$  là:

$$V_2 = \frac{2}{z} \cdot \frac{FlAy_{max}}{J_{XX}} \cdot (1 - \chi) = \frac{2}{16} \cdot \frac{109108,1149.723,178.550800.420}{9,05 \cdot 10^{10}} \cdot (1 - 0,25) \approx 18908,98 (N)$$

Trong đó: F - Giá trị lực ly tâm tác dụng lên mối ghép,  $F = 109108,1149 N$   
 k - Hệ số an toàn chống tách hở và trượt khi tải trọng không thay đổi,  $k = 2$

f - Hệ số ma sát,  $f = 0,3$

$\chi$  - Hệ số ngoại lực,  $\chi = 0,25$

z - Số bu lông của mối ghép,  $z = 4 + 12 = 16$

l - Khoảng cách từ mặt trên của đệm cao su đến vị trí lực tác dụng,  $l = 723,178 mm$  (Hình 5.29)

A - Diện tích tiếp xúc giữa đệm cao su và thùng chuyên dùng,  
 $A = 2.4590.60 = 550800 mm^2$

$J_{XX}$  - Moment quán tính của đệm cao su theo trục XX, với:

$$y_{max} = \frac{840}{2} = 420 (mm)$$

$$J_{XX} = \frac{4950,39 \cdot 840^3}{12} - \frac{4950,39 \cdot 720^3}{12} \approx 9,05 \cdot 10^{10} (mm^4)$$

+ Lực kéo lớn nhất tác dụng lên bu lông:

$$F_{max} = 1,3 \cdot V_{max} = 1,3 \cdot 45461,71 = 59100,23 (N)$$

+ Ứng suất tương đương:

$$\sigma_{td} = \frac{4 \cdot F_{max}}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 59100,23}{\pi \cdot 15,294^2} \approx 321,7 (MPa) < [\sigma_k] = 660 (MPa)$$

Trong đó:

$\sigma_{td}$  - Ứng suất tương đương khi tính toán mối ghép bu lông.

$d_1$  - Đường kính trong của ren,  $d_1 = 15,294 mm$

$[\sigma_k]$  - Ứng suất kéo cho phép,  $[\sigma_k] = 660 MPa$ .

#### 4. Kết luận

Bảng 5.1 Úng suất tính toán của các bu lông ở từng mối ghép

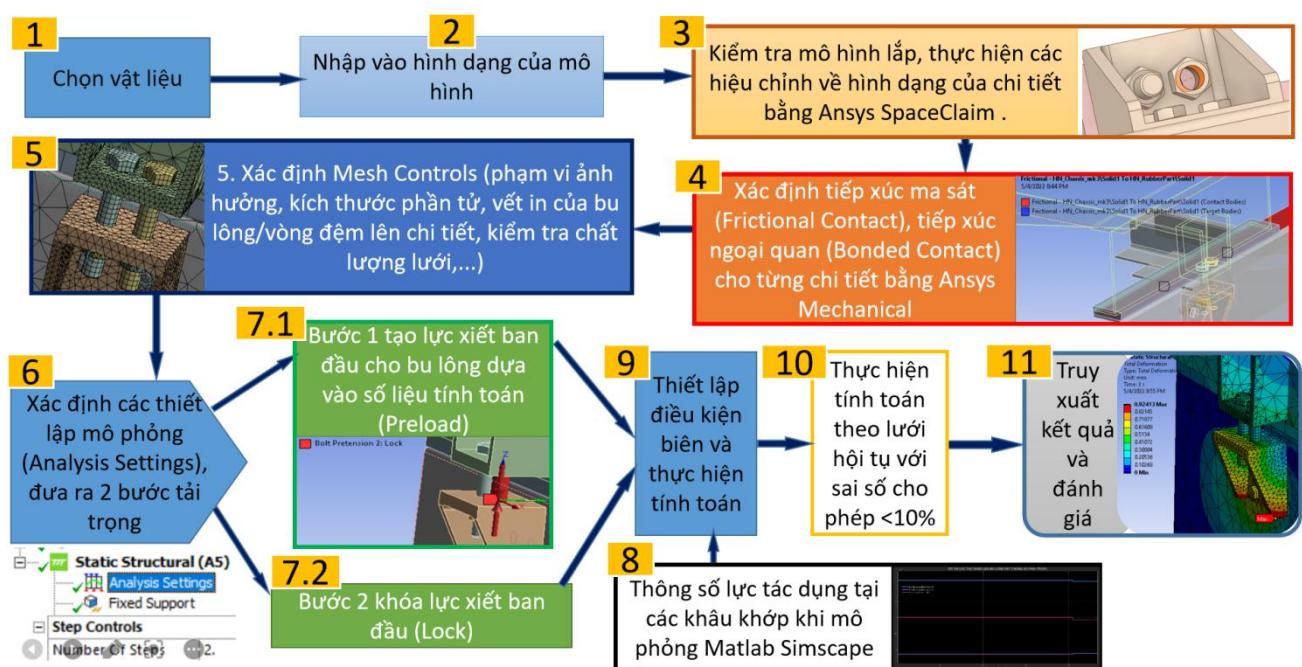
| Trường hợp                                             |                         | Xe phanh gấp<br>ở tốc độ cao | Xe vào cua<br>nhanh ở tốc<br>độ cao |
|--------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Úng suất khi<br>tính toán cho<br>các mối ghép<br>(MPa) | Bu lông tại pat đứng    | 257,49                       | 321,7                               |
|                                                        | Bu lông tại pat nghiêng | 336,14                       |                                     |
|                                                        | Quang bu lông           |                              | 321,7                               |

- Các kết quả ứng suất tính toán của các mối ghép đều nhỏ hơn ứng suất cho phép,  $[\sigma_k] = 660 \text{ MPa}$ .
- Phần tính toán trên đã đặt hòi kết cho chương 5. Về cơ bản, chương 5 đưa ra quy trình tổng quát đến quy trình cụ thể tính toán lực tác dụng lên mối ghép bu lông, việc này là tiền đề cho thông số điều kiện biên khi tính toán hệ số an toàn mối ghép bu lông bằng phần mềm Ansys sẽ được đề cập ở chương kế tiếp.

# CHƯƠNG 6: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM KIỂM NGHIỆM HỆ SỐ AN TOÀN CỦA LIÊN KẾT BU LÔNG GIỮA THÙNG CHUYÊN DÙNG VÀ XE CƠ SỞ TRÊN XE ÉP RÁC HINO

## BẰNG ANSYS WORKBENCH

Trong phần này, các bài toán mô phỏng được tính toán trên phần mềm Ansys 2021 R2. Để thuận tiện, các bản vẽ về mối lắp bu lông được xây dựng trên phần mềm Autodesk Inventor bằng cách tách các mối lắp bu lông ra khỏi bản vẽ lắp tổng thể và chuyển đổi dưới dạng .STEP file để nhập biên dạng vào phần mềm Ansys. Ở phần mềm Ansys, người dùng có thể tận dụng module SpaceClaim để xây dựng mối lắp, nhưng ở chương này, SpaceClaim sẽ được dùng như công cụ chỉnh sửa và kiểm tra biên dạng chuyển đổi từ Inventor. Quy trình tổng quát tính toán hệ số an toàn mối ghép bu lông bằng phần mềm Ansys như sau:

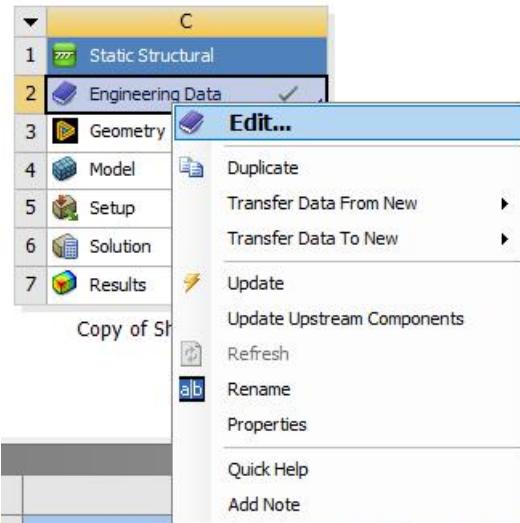


Hình 6.1 Quy trình tính toán hệ số an toàn mối ghép bu lông bằng Ansys

Về mô phỏng mối ghép bu lông, thông qua kết quả tính toán lực tác dụng lên mối ghép pat đứng trong chương 5, thu được lực tác dụng lên bu lông pat đứng là xấp xỉ 8400 N và đóng vai trò là lực cắt. Tiến hành mô phỏng mối ghép bu lông theo các bước như sau:

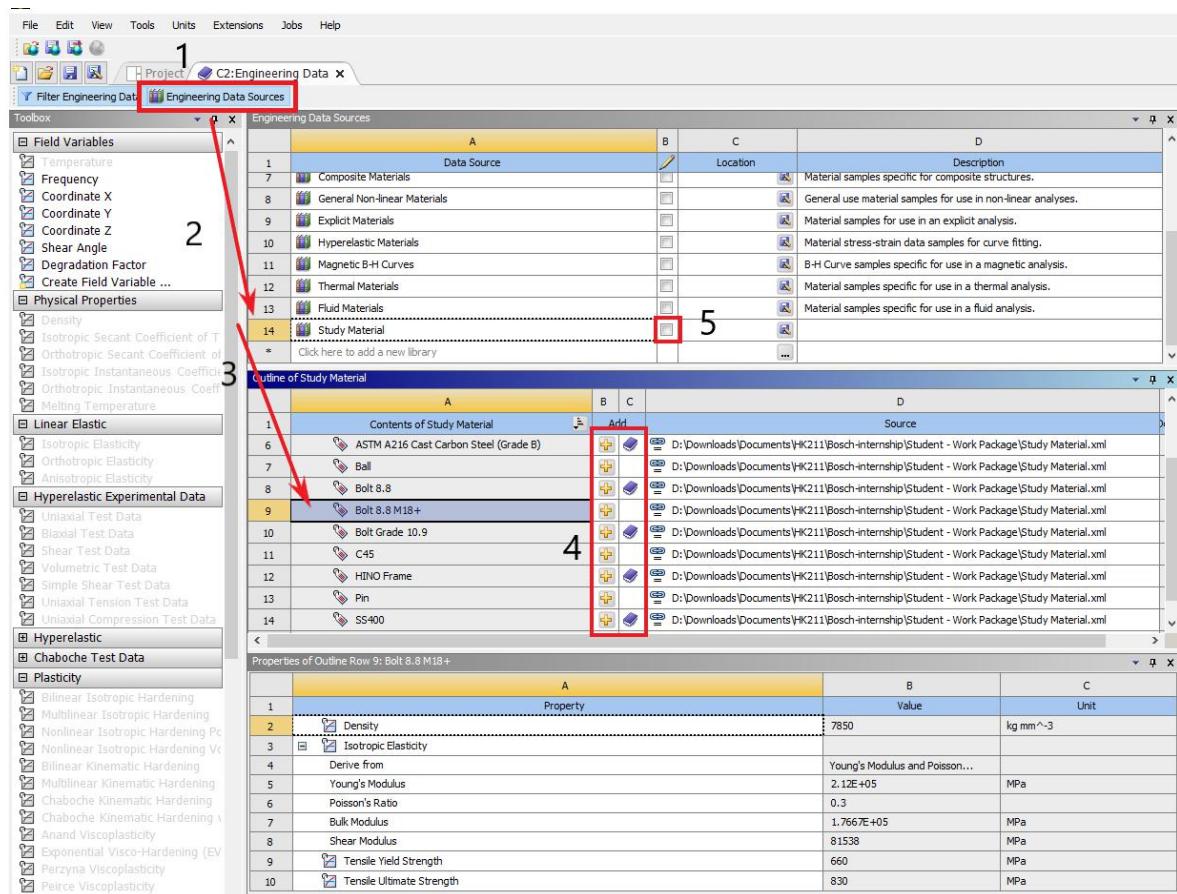
## 1. Nhập vật liệu dùng cho mô phỏng

- Trong giao diện Ansys Workbench, khởi tạo module tính toán “Static Structural”, sau đó tại mục Engineering Data, nhấp đúp chuột hoặc chuộc phải => Edit để nhập vật liệu cho tính toán.



Hình 6.2 Nhập vật liệu cho mô phỏng tại mục Engineering Data

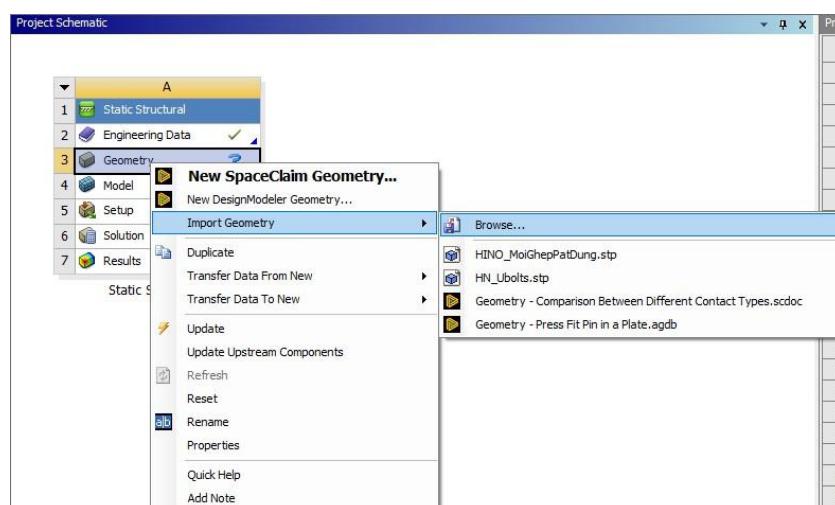
- Tiếp đến, tại mục Engineering Data Sources, chọn vật liệu cần dùng cho tính toán và click ‘+’ để thêm vật liệu. Nếu nhập thành công, phần mềm sẽ hiện ký hiệu (từ bước 1 đến bước 4 của hình 6.3). Nếu trong thư viện của Ansys chưa có thông số của vật liệu, người dùng cần phải khởi tạo các thông số cho vật liệu, bắt đầu từ Density (khối lượng riêng), Young’s Modulus (Module đàn hồi), Poisson’s Ratio (hệ số Poisson), Tensile Yield Strength (Biến dạng đàn hồi kéo), Tensile Ultimate Strength (Biến dạng cực đại), tích vào ô thêm vật liệu (bước 5) để thêm vật liệu mới.



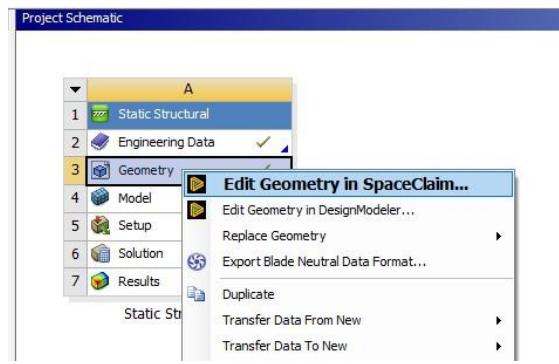
Hình 6.3 Lựa chọn vật liệu và thiết lập vật liệu mới

## 2. Nhập mô hình vào Ansys

- Tại dòng Geometry, nhấp chuột phải và chọn Import Geometry => Browse... để nhập biên dạng của mỗi lắp vào Ansys (hình 6.4). Sau khi nhập biên dạng cho Ansys, nhấp chuột phải tại dòng Geometry một lần nữa và chọn Edit Geometry in SpaceClaim, phần mềm sẽ khởi động SpaceClaim cho việc kiểm tra và hiệu chỉnh biên dạng của các chi tiết trong bản lắp (hình 6.5).



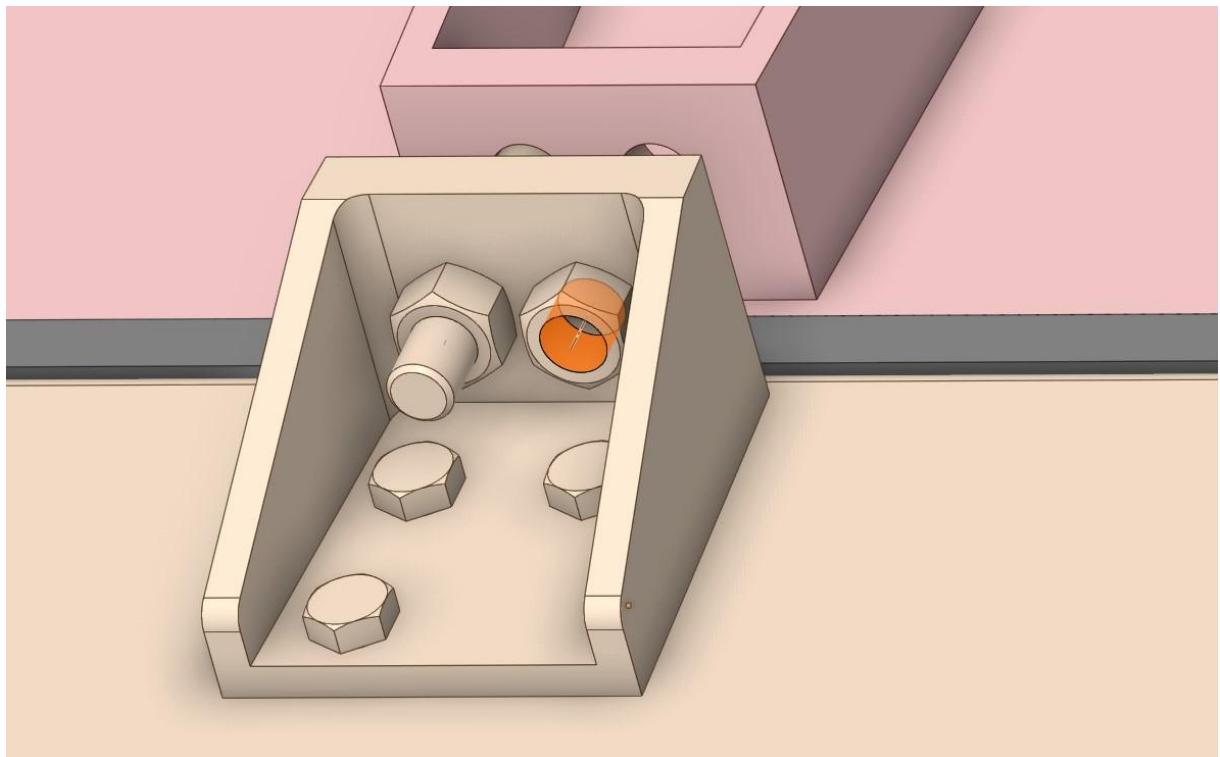
Hình 6.4 Nhập biên dạng mô hình cho Ansys



Hình 6.5 Mở Ansys SpaceClaim

### 3. Kiểm tra mô hình lắp, thực hiện các hiệu chỉnh về hình dạng của chi tiết

- Trong quá trình chuyển đổi biên dạng từ Inventor sang Ansys, đường kính trong đai ốc lắp với bu lông bị thu nhỏ lại do biên dạng ren được điền đầy đến chiều cao đỉnh ren khiến đai ốc bị “bó chặt”<sup>4</sup> với bu lông. Vì vậy, cần phải hiệu chỉnh biên dạng lỗ của đai ốc với đường kính bằng đường kính thân bu lông, có nghĩa là cắt bỏ phần ren đã được điền đầy thông qua lệnh Pull trên thanh công cụ (hình 6.7).



Hình 6.6 Đường kính lỗ của đai ốc đã hiệu chỉnh<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Trong mô hình lắp ghép chuyển qua Ansys, hiện tượng xâm nhập xảy ra ở đường kính lỗ bu lông và đường kính thân đai ốc, từ “bó chặt” ở đây dùng cho mối liên kết giữa bu lông và đai ốc trong Ansys Mechanical, sẽ được đề cập ở bước tiếp theo.

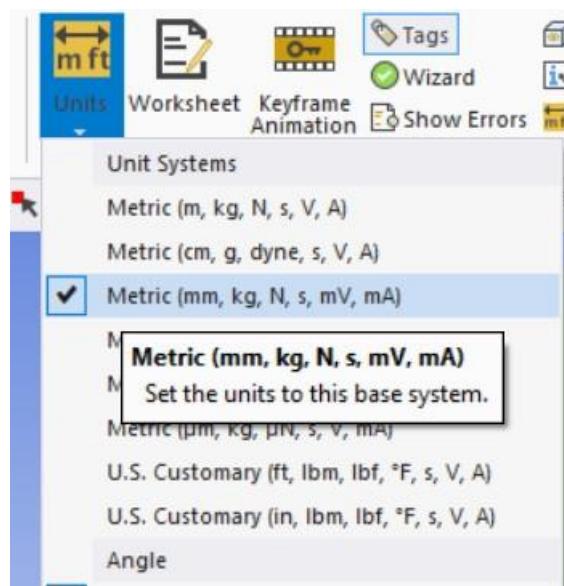
<sup>5</sup> Thực tế để tránh trường hợp tự tháo bu lông do rung động, mỗi lắp này dùng thêm 1 đai ốc khác để chống tự tháo. Trong mô phỏng Ansys không cần bu lông chống tự tháo vì đã có thông số lực căng ban đầu ở điều kiện biên đại diện.



Hình 6.7 Lệnh Pull dùng để cắt biên dạng thừa của lỗ đai ốc

#### 4. Xác định tiếp xúc cho các chi tiết

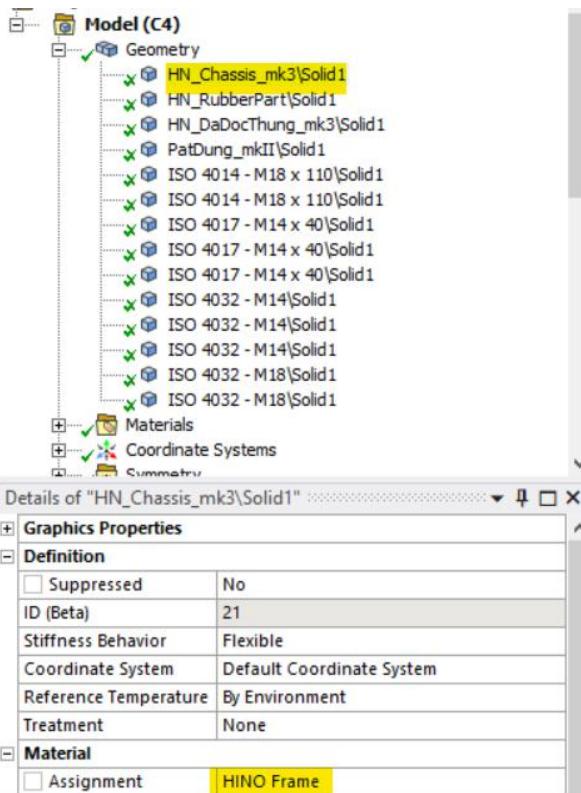
- Như đã nói ở cơ sở lý thuyết về mối ghép bu lông tại mục 3 chương 2, các mô hình 3D trong cơ cấu xảy ra hiện tượng xâm nhập nếu không có phương pháp nào để chống lại điều này. Từ đó, một trong hai phương pháp hàm phạt (Penalty Method) và phương pháp nhân tử Lagrange tăng cường (Augmented Lagrangian Multiplier) được áp dụng. Nhưng để phần mềm xác định được địa điểm áp dụng, cần phải tạo liên kết giữa các chi tiết, Ansys Mechanical tự động tạo các liên kết nếu chúng có tiếp xúc nhau từ mỗi lắp, các mối lắp này được tạo tự động và đều là tiếp xúc ngoại quan (Bonded Contact), các tiếp xúc này ứng xử như một mối ghép hàn giữa hai chi tiết, có nghĩa là chúng không thể dịch chuyển tương đối với nhau. Vì lẽ đó, việc xác định tiếp xúc cho các chi tiết đúng với mô hình thực tế là cực kỳ trọng yếu trong mô phỏng lắp. Các bước thực hiện như sau:
  - + Nhập đúp chuột vào ô Model để khởi động Ansys Mechanical, cửa sổ Mechanical sẽ được mở, kiểm tra đơn vị tính toán trước khi thực hiện mô phỏng tại tab Home.



Hình 6.8 Kiểm tra đơn vị trước khi tính toán

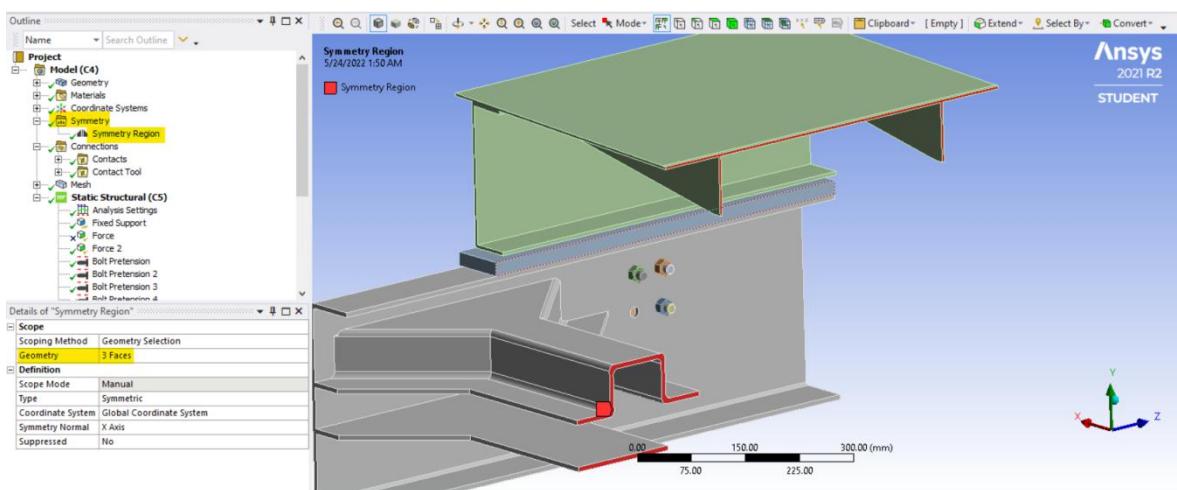
- + Gán vật liệu cho các chi tiết trong mô hình lắp tương ứng với tính chất của vật liệu: bu lông đứng M18 l López 8.8, bu lông ngang chịu cắt M14 l López 8.8, Chassis

xe nền dùng thép chuyên dụng, được ký hiệu là HINO Frame, thép đà dọc thùng ép là thép SS400,...



Hình 6.9 Gán vật liệu cho chi tiết

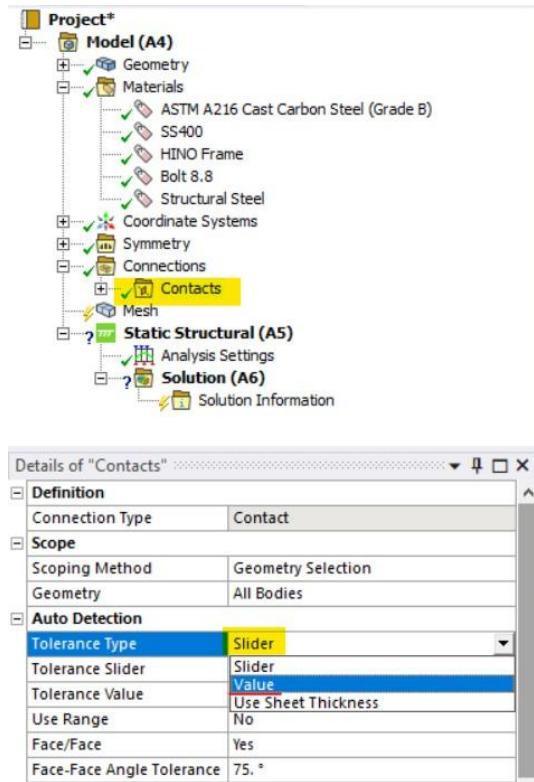
- + Tạo mặt đối xứng cho chi tiết: do mô hình đối xứng, bản vẽ lắp của mô hình đã được cắt đi một nửa để giảm tốn kém thời gian tính toán của máy tính. Thay vào đó dùng lệnh Symmetry từ Ansys để đại diện cho mặt đối xứng.



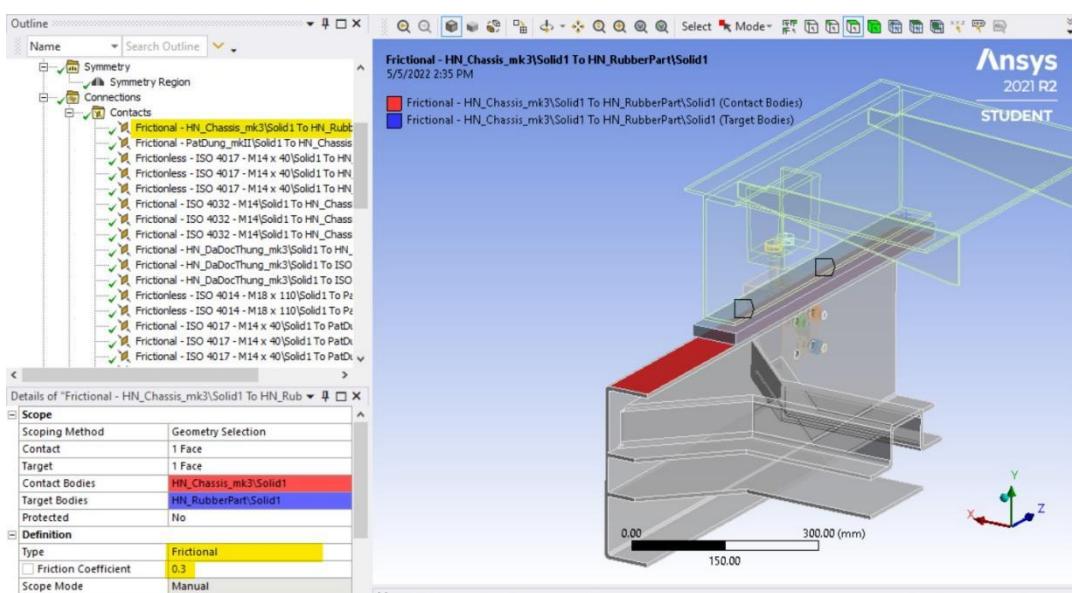
Hình 6.10 Tạo miền Symmetry cho mô hình lắp

- + Tại mục Connections, chọn Contacts, tại tab Details of “Contacts”, chuyển Tolerance Type từ Slider thành Value, nhập vào giá trị 0.01mm cho mục này. Theo giá trị này, Ansys tự nhận dạng các chi tiết cận kề có dung sai 0.01mm

làm nơi tiếp xúc và tự tạo ra các liên kết ngoại quan (Bonded Contact), kiểm tra và chỉnh sửa các liên kết này cho phù hợp với tính chất vật lý của tiếp xúc (ma sát, không ma sát, hàn,...) là công việc cần phải thực hiện trong mục này.



Hình 6.11 Điều chỉnh loại dung sai cho liên kết

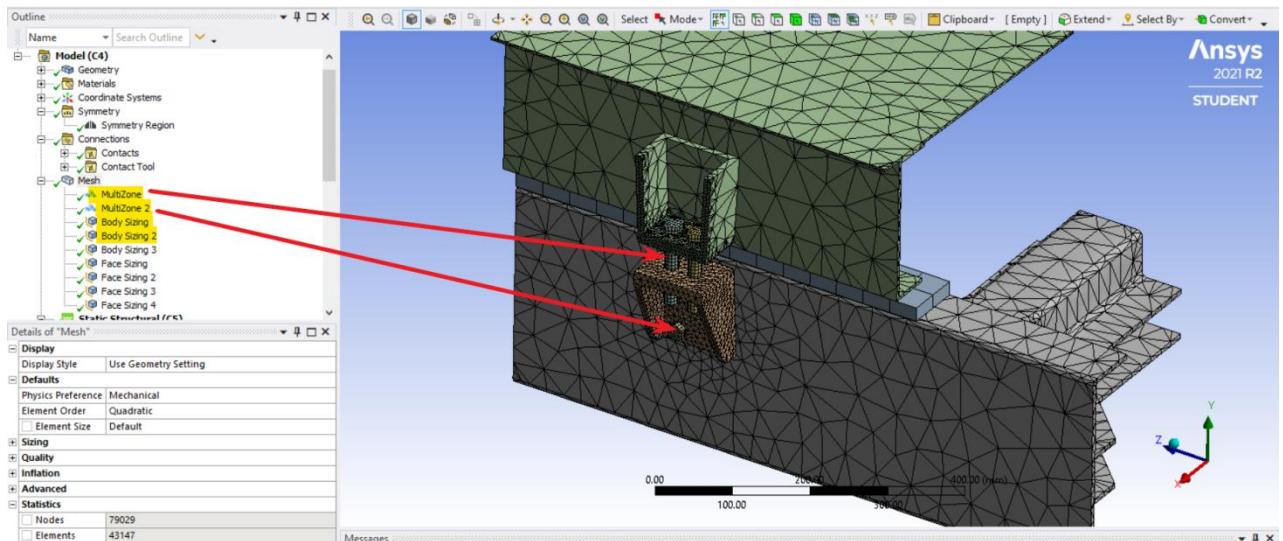


Hình 6.12 Điều chỉnh loại liên kết với Chassis là mặt tiếp xúc, đệm là mặt mục tiêu

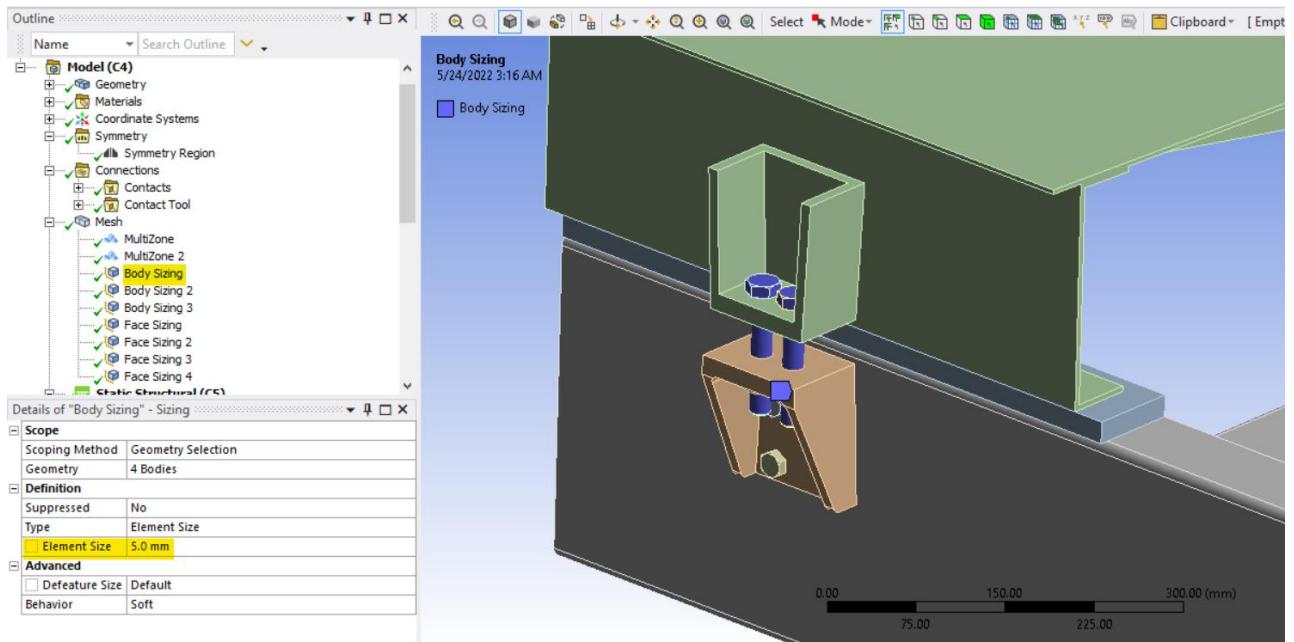
## 5. Xác định Mesh control

- Trong phân tích phần tử hữu hạn, việc rời rạc hóa các chi tiết thành các phần tử riêng biệt là cực kỳ trọng yếu và ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán. Do đó, chia

lưới một cách chính xác sẽ cho ra kết quả hội tụ. Ở bước này, lưới tổng thể được chia theo loại phần tử bậc hai (quadratic element), các bu lông được chia lưới theo phương pháp MultiZone (đa vùng) để đảm bảo biên dạng hình trụ của chúng. Sau đó điều chỉnh kích thước phần tử cho hai bu lông đứng là 5mm, cho ba bu lông ngang là 4mm bằng cách áp dụng lệnh Sizing.



Hình 6.13 Phương pháp chia lưới MultiZone dùng cho bu lông



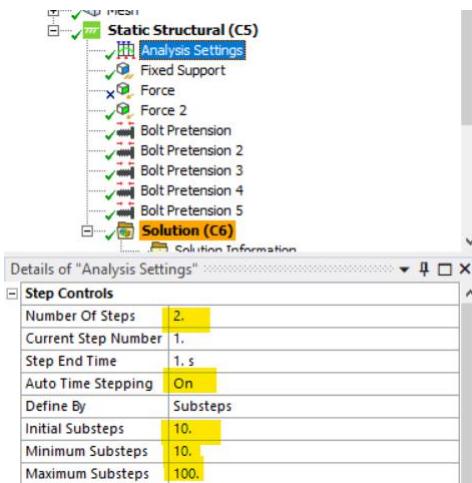
Hình 6.14 Điều chỉnh kích thước phần tử cho bu lông

## 6. Xác định các thiết lập mô phỏng, đưa ra hai bước tải trọng cho mô hình tính toán

- Trong mỗi ghép bu lông, việc áp dụng lực xiết lên bu lông là việc đầu tiên cần làm, từ đây, bu lông chịu tải trọng của lực xiết trên thân của nó dưới tên gọi tải trọng

ban đầu (Preload), tải trọng ban đầu này cũng có thể được gọi là lực căng của bu lông (Bolt Pretension). Để đảm bảo không có sự sai sót trong tính toán, lực tác dụng lên mỗi ghép cần phải tách biệt với lực căng ban đầu trên thân bu lông. Vì thế, thiết lập hai bước tải trọng là cần thiết.

- Tại Analysis Settings, tăng Number Of Steps từ 1 lên 2, bật Auto Time Stepping để chương trình có thể tính theo các bước một cách tuần tự. Từ đó có thể truy xuất kết quả dễ dàng.



Hình 6.15 Xác định thiết lập mô phỏng

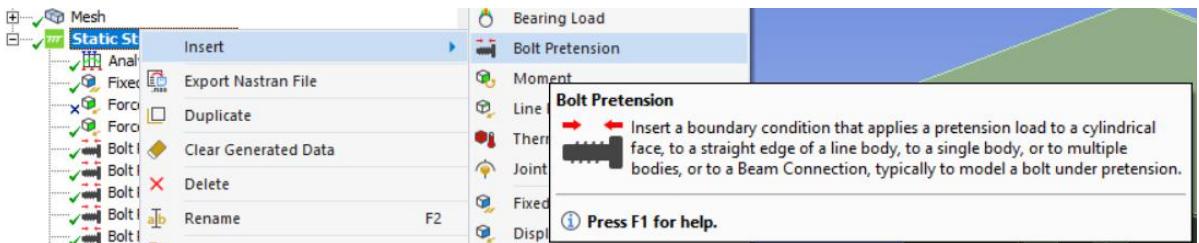
## 7. Tạo lực xiết cho bu lông

- Tại mục Static Structural, nhấp chuột phải => Insert => Bolt Pretension để tạo lực căng ban đầu cho bu lông. Lực căng ban đầu được tính bằng công thức sau:

$$P = \frac{1}{FoS} (\sigma_y \times \frac{\pi}{4} \times D^2) - F \quad (6.1)$$

- Trong đó: P - Lực căng ban đầu (N).
- FoS - Hệ số an toàn.
- $\sigma_y$  - Độ bền kéo của bu lông (MPa).
- D - Đường kính lớn của bu lông (đường kính đinh ren) (mm).
- F - Lực tác dụng (N).
- $(\sigma_y \times \frac{\pi}{4} D^2)$  - Tải trọng thử

- Lực cắt bu lông đứng truy xuất từ Matlab có giá trị 8400 N khi xe phanh gấp, bu lông M18 có giới hạn đòn hồi 660MPa, đường kính lớn 18mm, bu lông M14 có giới hạn đòn hồi 640MPa, đường kính lớn 14mm. Từ đó tính được các lực căng ban đầu lên các bu lông M18 là 14000N, lên bu lông M14 là 10000N với hệ số an toàn là 4 cho các mối ghép bu lông.



Hình 6.16 Khởi tạo lực căng ban đầu cho bu lông

- Nhập vào độ lớn của lực căng ban đầu cho bu lông tại bước 1, bước 2 chuyển Load => Lock để khóa lực căng, điều này cho biết bu lông đã được xiết trước khi tác dụng lực.

| Steps | Define By | Preload [N] | Preadjustment [mm] | Increment [mm] |
|-------|-----------|-------------|--------------------|----------------|
| 1. 1. | Load      | 14000       | N/A                | N/A            |
| 2. 2. | Lock      | N/A         | N/A                | N/A            |

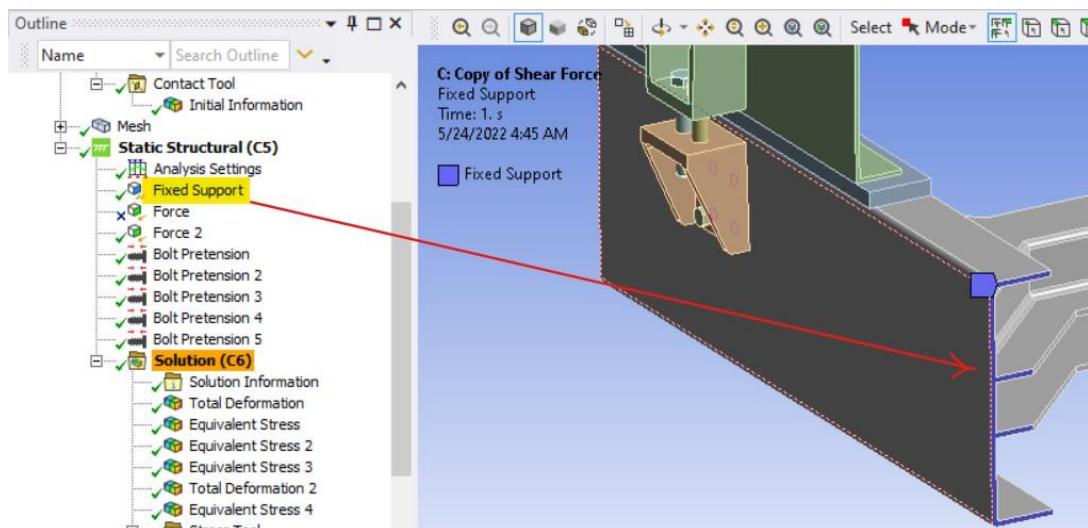
Hình 6.17 Lực căng ban đầu của các bu lông

## 8. Truy xuất lực tác dụng lên bu lông từ Matlab Simscape

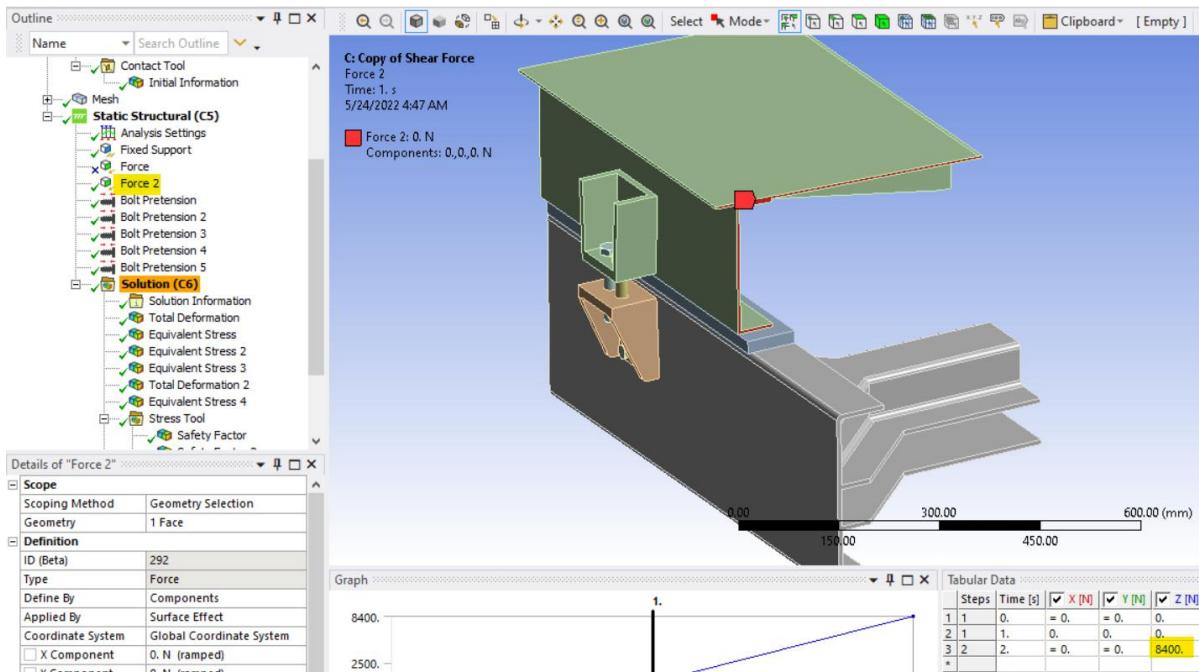
Dựa theo hình 5.21, đồ thị thể hiện lực tác dụng lên bu lông bằng Matlab Simscape, giá trị của lực cắt bu lông đúng là xấp xỉ 8400N.

## 9. Thiết lập điều kiện biên và thực hiện tính toán

Ngàm một đầu của đà dọc chassis (hình 6.18), cho lực tác dụng lên mặt cắt của đà dọc thùng ép với giá trị được điền vào bước 2 trong thiết lập mô phỏng (hình 6.19).



Hình 6.18 Ngàm cứng chassis của xe nền

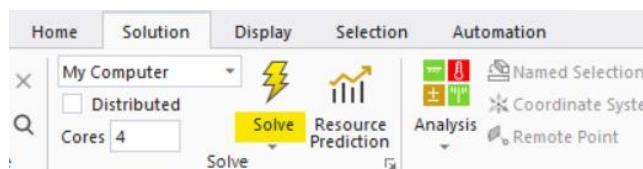


Hình 6.19 Khởi tạo lực tác dụng với giá trị lực nhập ở bước 2

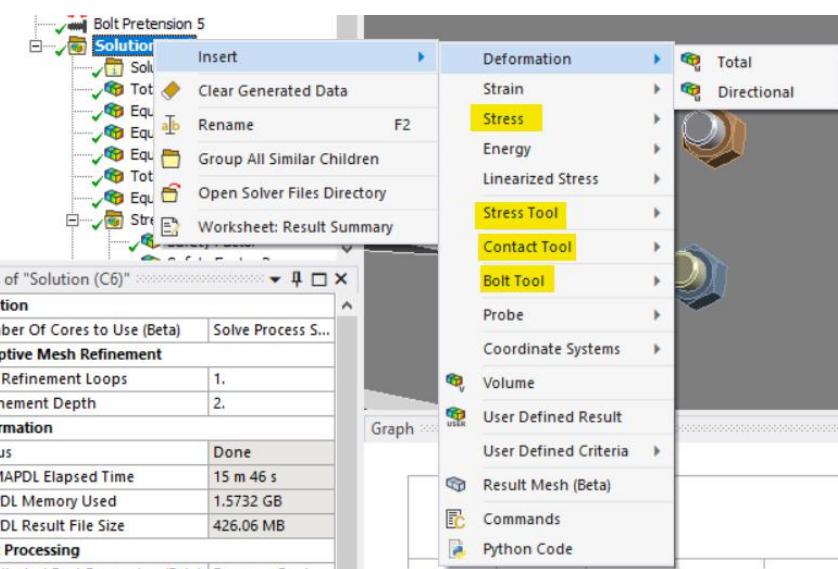
## 10. Thực hiện tính toán theo lối hoi tụ với độ sai số <10%

### 11. Truy xuất kết quả và đánh giá

- Sau khi việc thiết lập điều kiện biên hoàn tất, thực hiện tính toán bằng lệnh Solve trên thanh công cụ.

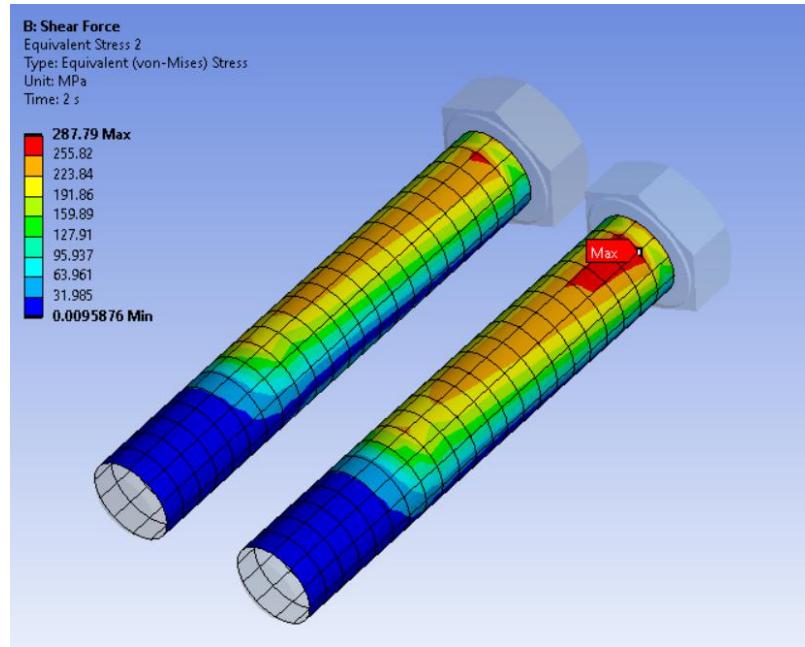


Hình 6.20 Lệnh Solve



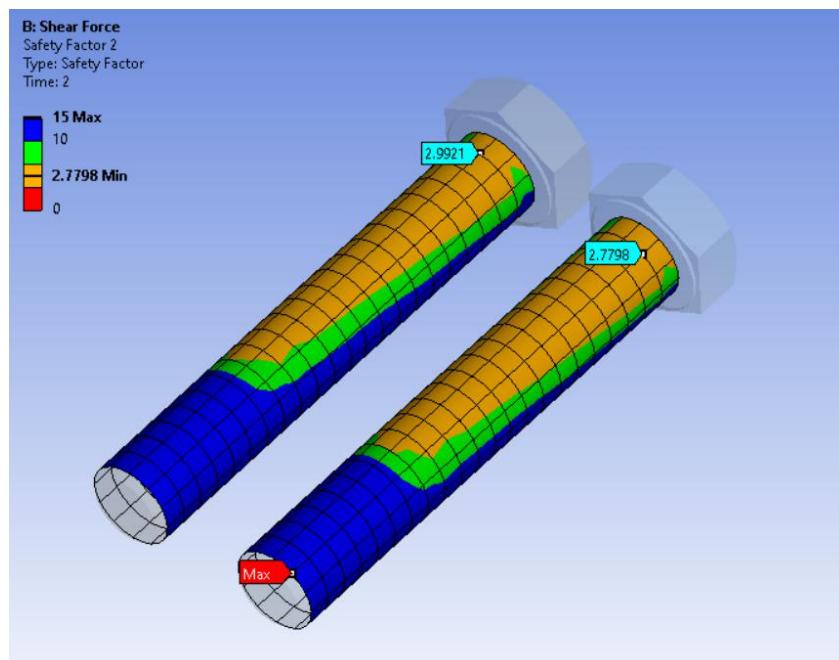
Hình 6.21 Nhập dữ liệu cho việc truy xuất kết quả

- Sau khi phần mềm tính toán xong, có thể nhập vào các thông số cần truy xuất, như Total Deformation (Chuyển vị toàn phần), Von Mises Stress (Ứng suất tương đương), Stress tool (Nhầm tính hệ số an toàn), Contact Tool (nhầm xem kết quả của liên kết), Bolt tool (nhầm truy xuất kết quả tải trọng làm việc của bu lông),...
- Sau khi các công việc trên hoàn tất, nhấp chuột phải vào Solution => Evaluate All Results để hiện tất cả kết quả tính toán.



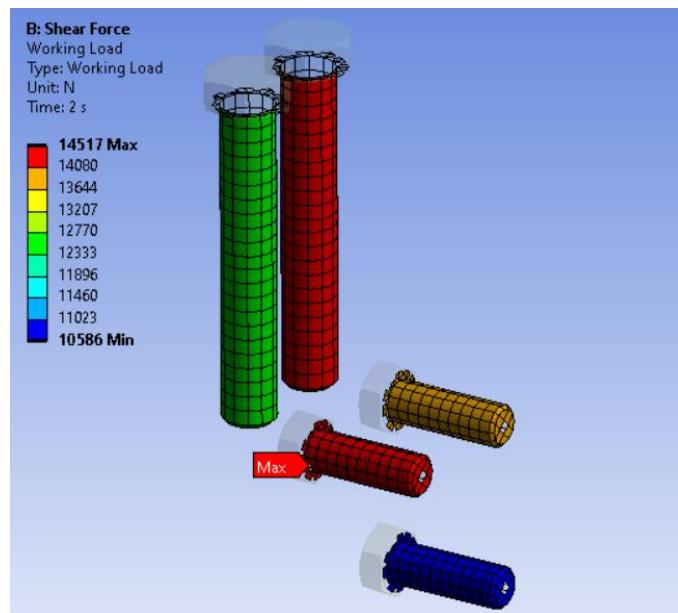
Hình 6.22 Ứng suất tương đương trên thân bu lông đứng

- Với hệ số an toàn đã tính trước là 3, ứng suất tại bu lông cực đại đạt  $287,79 \text{ MPa} < 660 \text{ MPa}$ , bu lông này thỏa điều kiện bền.



Hình 6.23 Hệ số an toàn trên bu lông đứng

- Tùy hình 6.23, hệ số an toàn thấp nhất trên thân bu lông đứng M18 là 2,78, vậy bu lông này đủ bền.



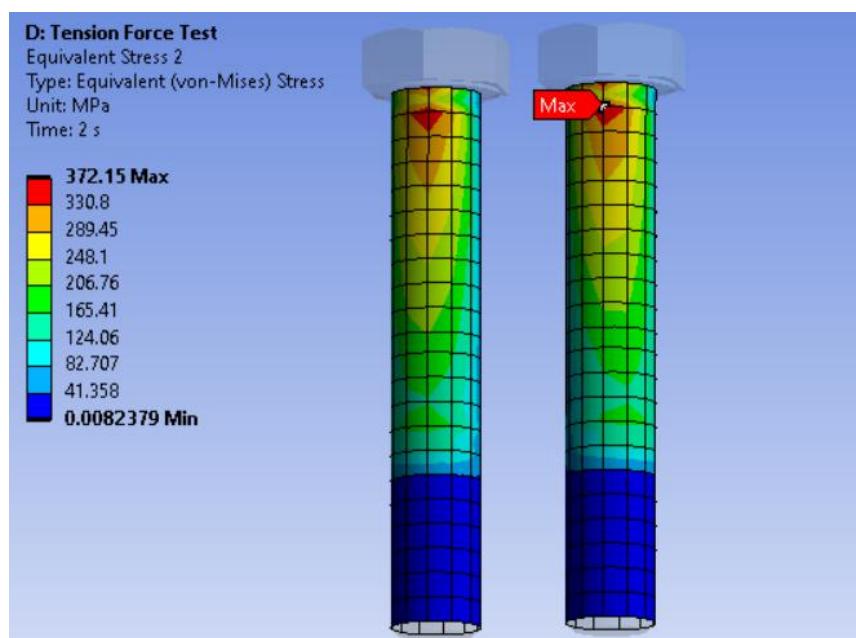
Hình 6.24 Tải trọng làm việc trên thân bu lông

- So sánh ứng suất của kết quả mô phỏng Matlab và mô phỏng Ansys:

$$\% \text{Sai số} = \frac{287,79 - 257,49}{287,79} \approx 10,53\%$$

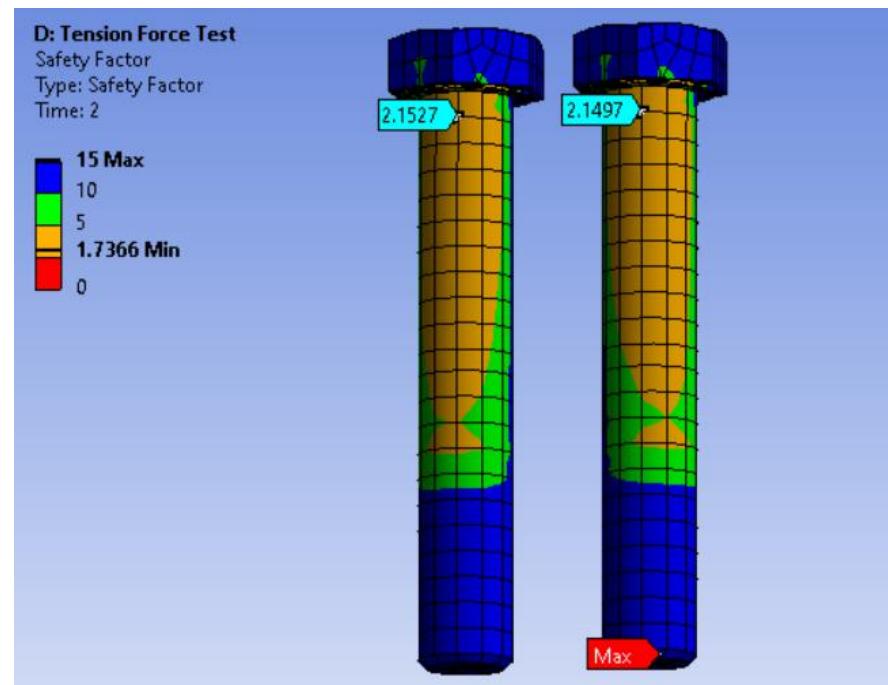
## 12. Kết quả mô phỏng mối ghép bu lông tại pat đứng trường hợp xe vào cua bằng phần mềm Ansys

- Với quy trình thực hiện tương tự như quy trình mô phỏng mối ghep bu lông tại pat đứng trường hợp xe phanh gấp, từ đó có được kết quả mô phỏng như sau:



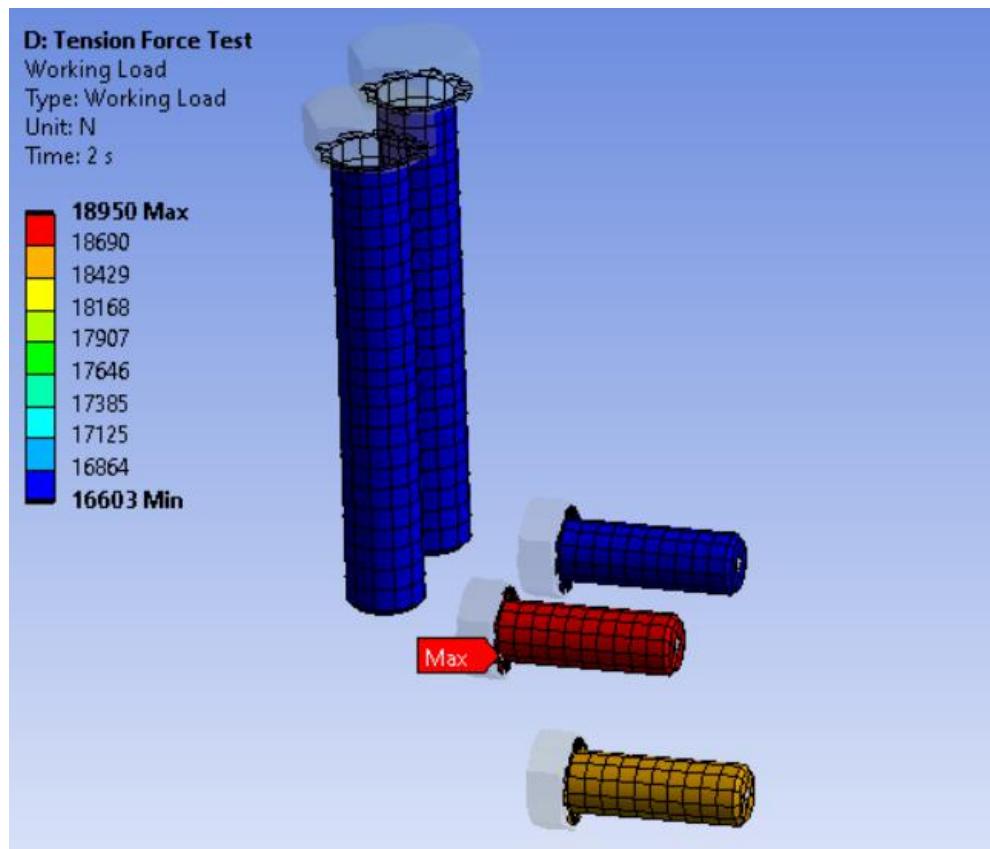
Hình 6.25 Ứng suất tương đương trên thân bu lông đứng

- Với hệ số an toàn đã tính trước là 3, ứng suất tại bu lông cực đại đạt  $372,15 \text{ MPa} < 660 \text{ MPa}$ , bu lông này thỏa điều kiện bền.



Hình 6.26 Hệ số an toàn trên bu lông đứng

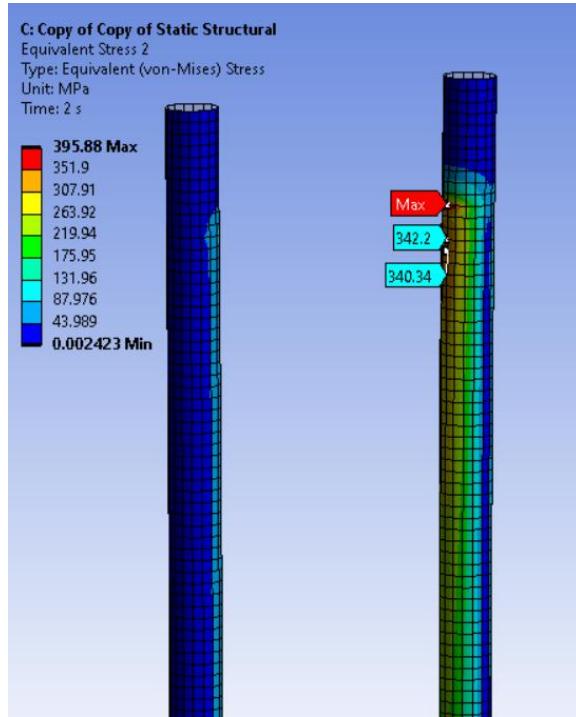
- Từ hình 6.26, hệ số an toàn thấp nhất trên thân bu lông đứng M18 là 2,15 ở tải tính toán lý thuyết, do đó bu lông này đủ bền.



Hình 6.27 Tải trọng làm việc trên thân bu lông

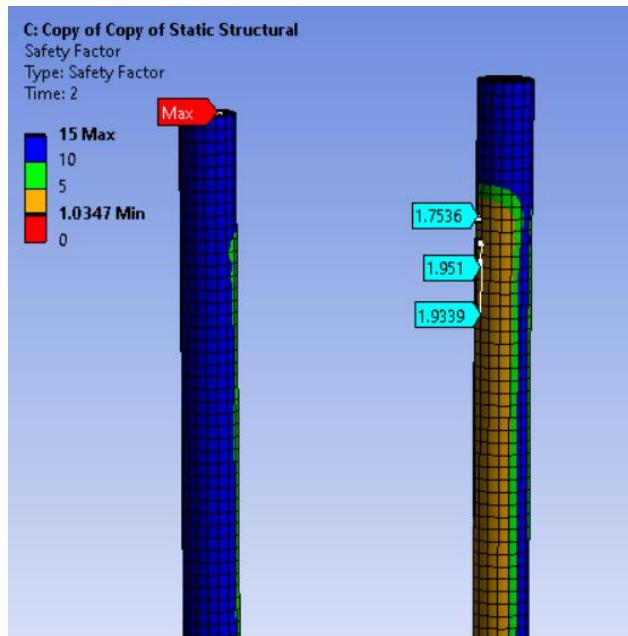
### 13. Kết quả mô phỏng mối ghép quang bu lông rường hợp xe vào cua bằng phần mềm Ansys

- Với quy trình thực hiện tương tự như quy trình mô phỏng mối ghep bu lông tại pat đứng trường hợp xe phanh gấp, từ đó có được kết quả mô phỏng như sau:



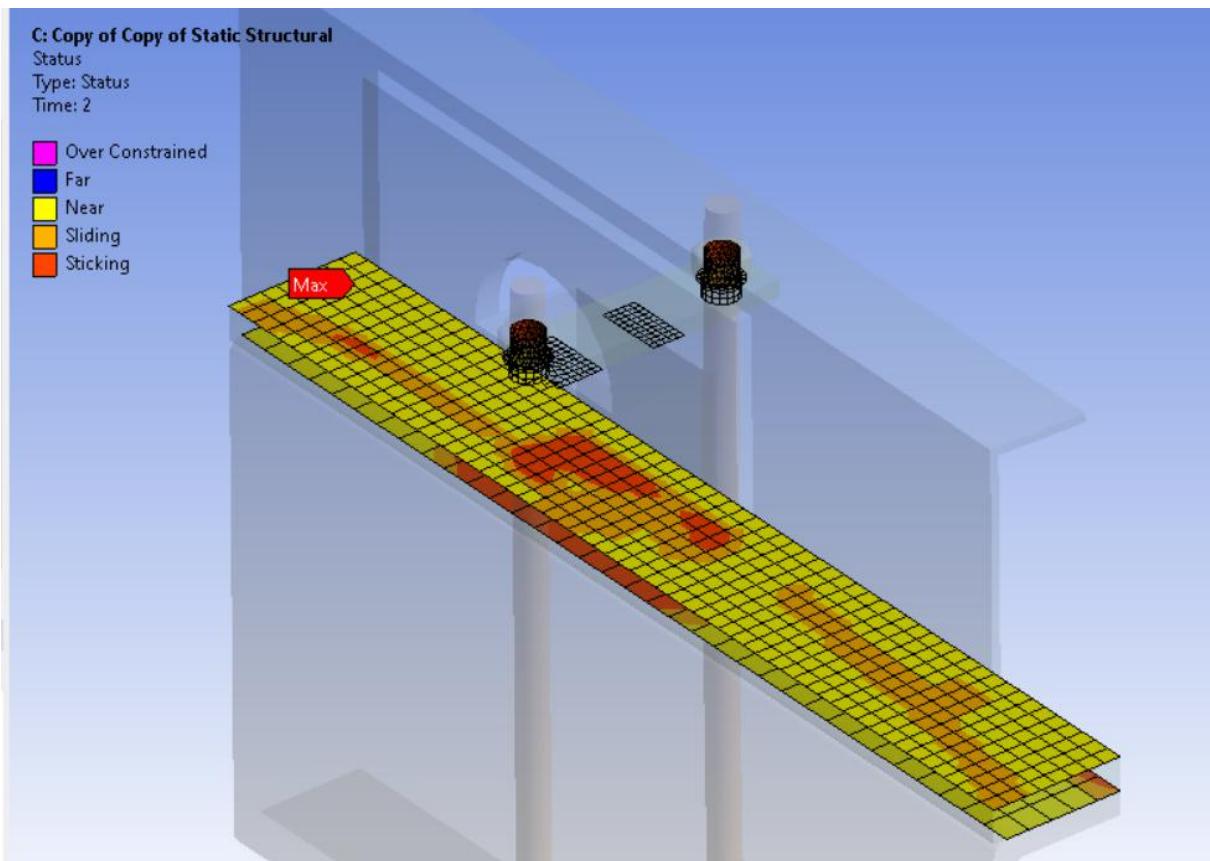
Hình 6.28 Úng suất tương đương trên quang bu lông

- Với hệ số an toàn đã tính trước là 3, ứng suất tại bu lông cực đại đạt  $395,88 \text{ MPa} < 660 \text{ MPa}$ , bu lông này thỏa điều kiện bền.



Hình 6.29 Hệ số an toàn trên quang bu lông

- Từ hình 6.29, hệ số an toàn thấp nhất trên quang bu lông M18 là 1,75, vậy bu lông này thỏa điều kiện bền.



Hình 6.30 Trạng thái của mối ghép quang bu lông

- So sánh ứng suất của kết quả mô phỏng Matlab và mô phỏng Ansys cho loại bu lông tại pat đứng:

$$\%Sai sô = \frac{372,15 - 321,7}{372,15} \approx 13,55\%$$

- So sánh ứng suất của kết quả mô phỏng Matlab và mô phỏng Ansys cho quang bu lông:

$$\%Sai sô = \frac{395,88 - 321,7}{395,88} \approx 18,74\%$$

Và đây cũng là phần kết của chương 6: Thiết kế kiểm nghiệm hệ số an toàn mối ghép bu lông giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở bằng phần mềm Ansys Workbench. Về mặt tổng thể, chương này đưa ra quy trình tổng quát cho việc tính toán hệ số an toàn cho mối ghép bu lông giữa xe cơ sở và thùng chuyên dùng, sau đó áp dụng vào trường hợp cụ thể đó là mối ghép pat đứng. Về kết quả tính toán, các kết quả được truy xuất từ Ansys đều đủ điều kiện bền trong điều kiện tải trọng động được truy xuất từ Matlab.

# CHƯƠNG 7: THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM HỆ SỐ AN TOÀN

## CHỐT NỐI GIỮA XY LANH VÀ CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG

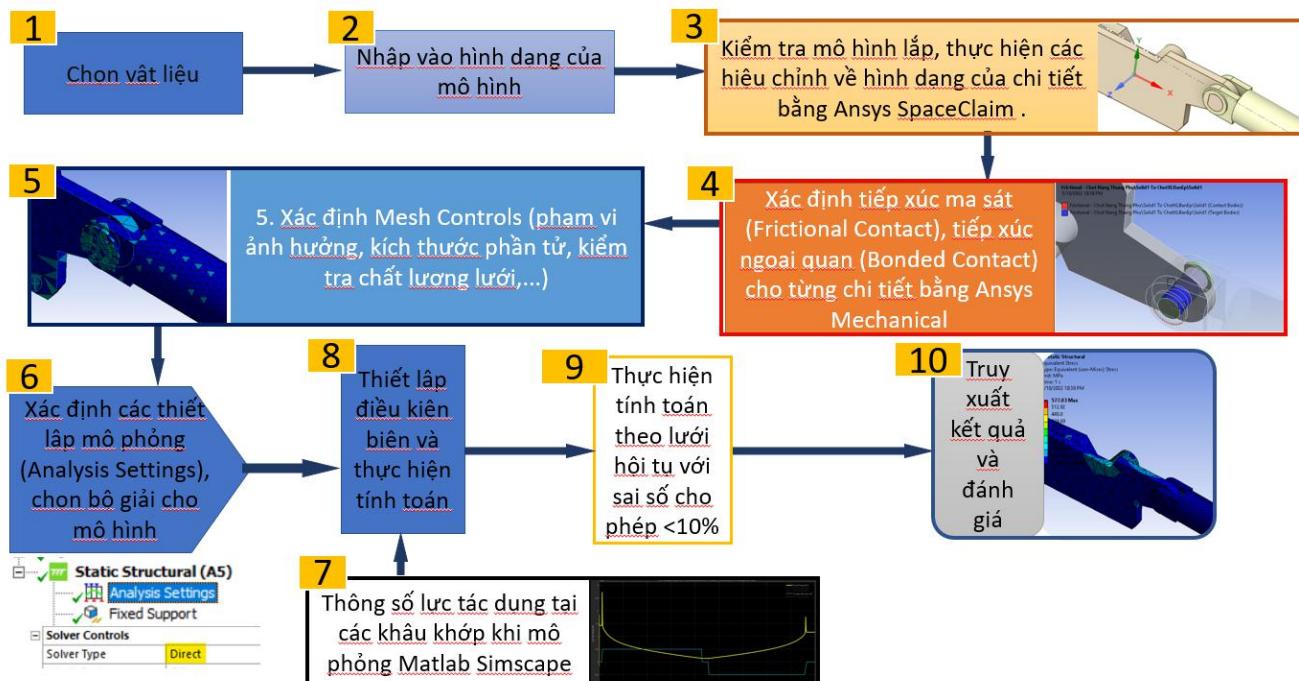
### BẰNG ANSYS

Chương này là phần mô phỏng tính toán hệ số an toàn chốt nối giữa xy lanh với cơ cấu chuyên dùng được tiếp nối từ Chương 4. Về mô phỏng mối ghép chốt liên kết với xy lanh với các cơ cấu chuyên dùng, thông qua kết quả truy xuất từ Matlab Simscape ở các mục 1.3, 2.3, 3.3 và 4.3 của Chương 4, các lực tác dụng cực đại lên chốt (lực động) được truy xuất tại các cơ cấu như sau:

Bảng 7.1 Các lực tác dụng cực đại do xy lanh tác dụng lên chốt

| TT | Tên cơ cấu có lực tác dụng cực đại tại chốt | Giá trị lực tác dụng (N) |
|----|---------------------------------------------|--------------------------|
| 1  | Chốt liên kết xy lanh nâng hạ thùng phụ     | 132500                   |
| 2  | Chốt liên kết xy lanh nâng hạ máng xúc      | 90800                    |
| 3  | Chốt liên kết xy lanh nâng hạ bàn ép        | 4860                     |
| 4  | Chốt liên kết xy lanh đóng mở bàn cào       | 3870                     |
| 5  | Chốt liên kết xy lanh thu đẩy bàn xả rác    | 23500                    |

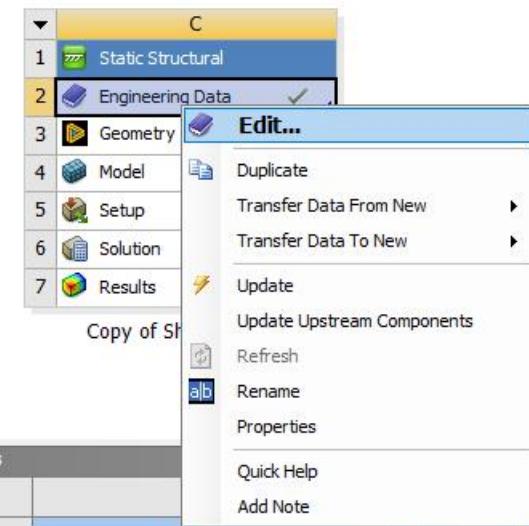
Từ kết quả trên kết hợp với quy trình tính toán hệ số an toàn tổng quát dành cho mối ghép chốt (hình 7.1) tiến hành mô phỏng mối ghép chốt theo các bước như sau:



Hình 7.1 Quy trình tính toán hệ số an toàn chốt nối

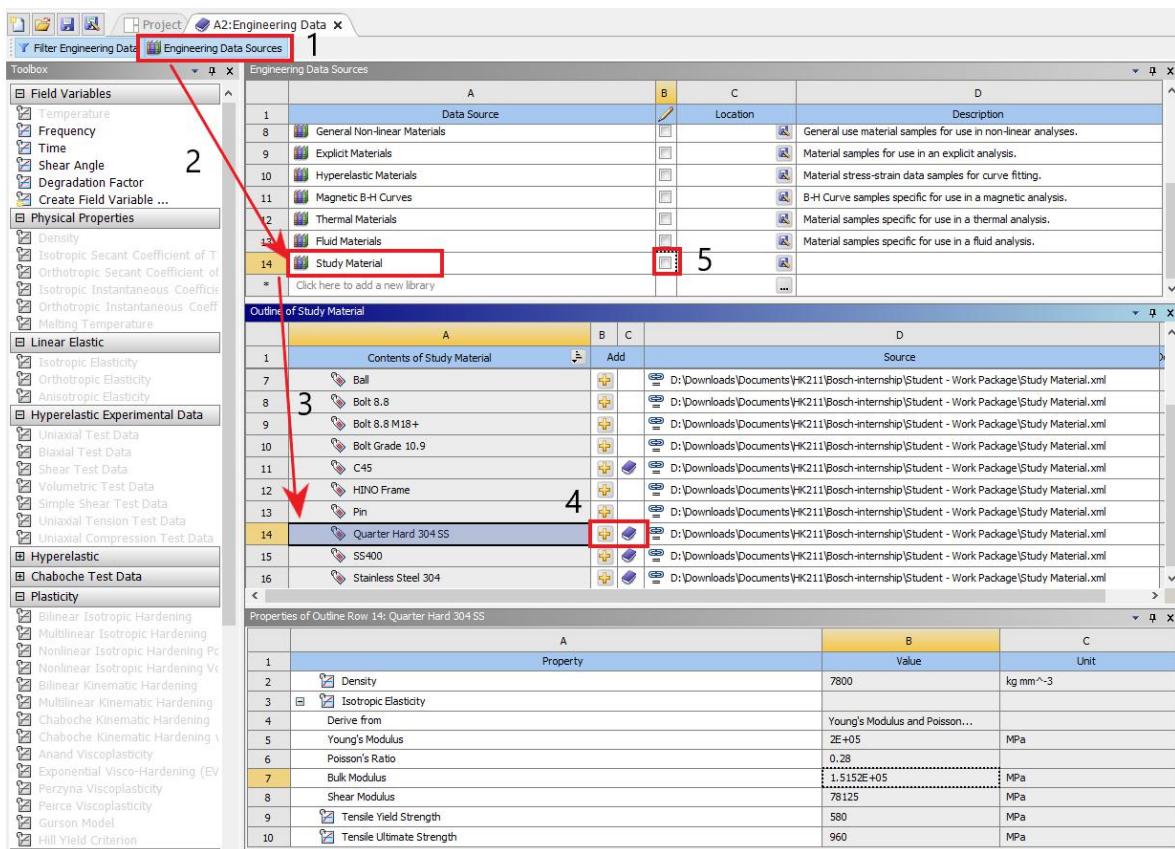
## 1. Nhập vật liệu dùng cho mô phỏng

- Trong giao diện Ansys Workbench, khởi tạo module tính toán “Static Structural”, sau đó tại mục Engineering Data, nhấp đúp chuột hoặc chuộc phải => Edit để nhập vật liệu cho tính toán.



Hình 7.2 Nhập vật liệu cho mô phỏng tại mục Engineering Data

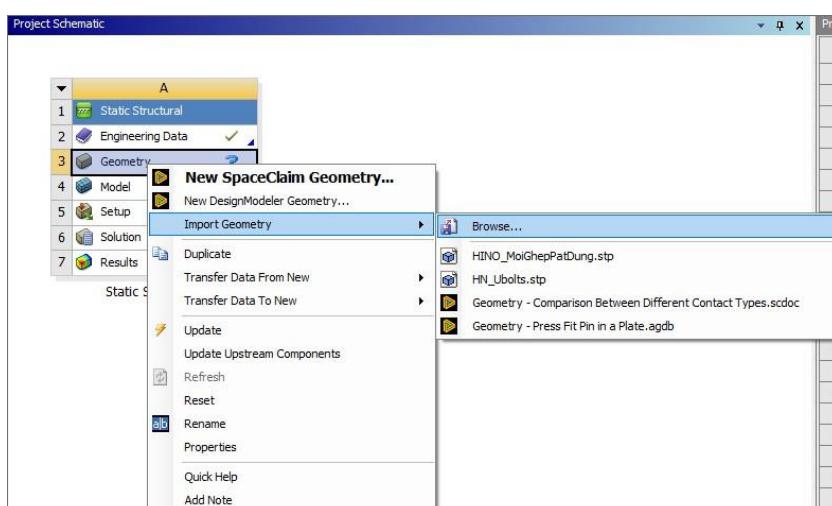
- Tiếp đến, tại mục Engineering Data Sources, chọn vật liệu cần dùng cho tính toán và click ‘+’ để thêm vật liệu. Nếu nhập thành công, phần mềm sẽ hiện ký hiệu (từ bước 1 đến bước 4 của hình 7.3). Vật liệu dùng trong tính toán hệ số an toàn chốt nối xy lanh là C45 cho chốt, SS400 cho cơ cấu chuyên dùng, Stainless Steel Type 304 (Quarter-Hard) cho xy lanh thủy lực và thanh ty.



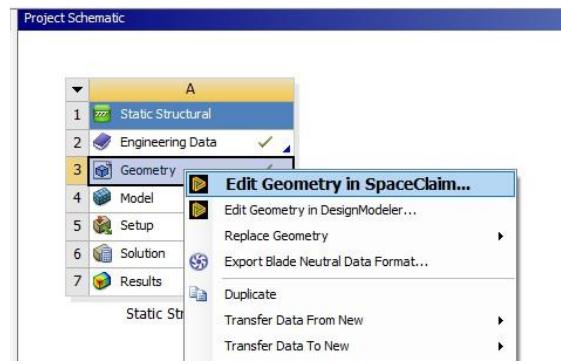
Hình 7.3 Lựa chọn vật liệu và thiết lập vật liệu mới

## 2. Nhập mô hình vào Ansys

Tại dòng Geometry, nhấp chuột phải và chọn Import Geometry > Browse... để nhập biên dạng của mối lắp vào Ansys (Hình 3). Sau khi nhập biên dạng cho Ansys, nhấp chuột phải tại dòng Geometry một lần nữa và chọn Edit Geometry in SpaceClaim, phần mềm sẽ khởi động SpaceClaim cho việc kiểm tra và hiệu chỉnh biên dạng của các chi tiết trong bản lắp (hình 7.4).



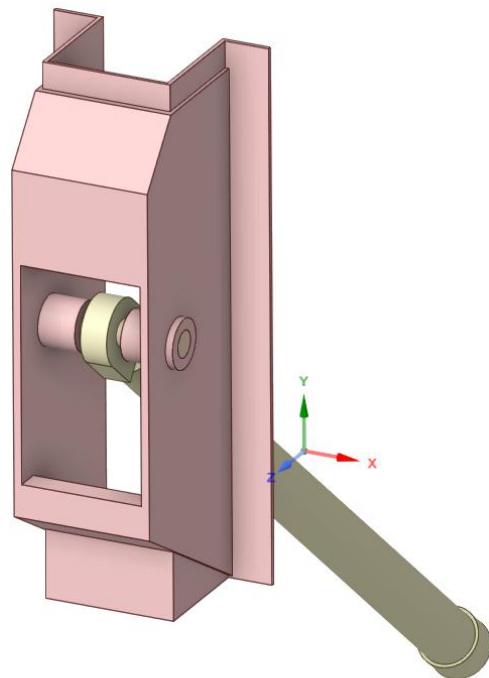
Hình 7.4 Nhập biên dạng mô hình cần tính cho Ansys



Hình 7.5 Mở Ansys SpaceClaim

### 3. Kiểm tra mô hình lắp, thực hiện các hiệu chỉnh về hình dạng của chi tiết

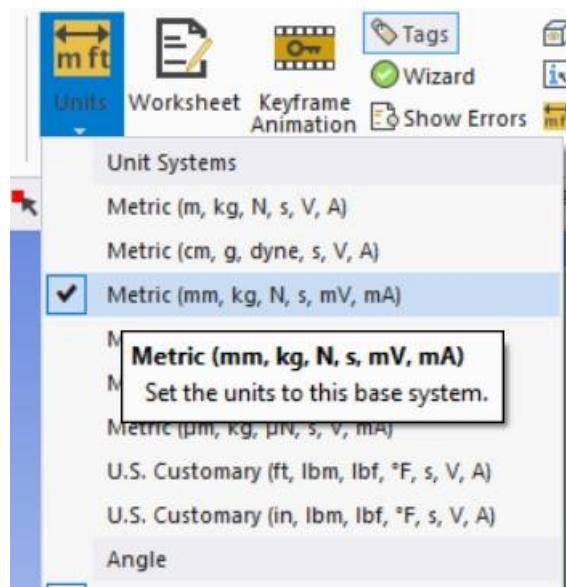
Tại cửa sổ Ansys SpaceClaim, kiểm tra bản lắp đã nhập vào, đảm bảo rằng không có bất kỳ lỗi hình học nào trong mô hình lắp. File chuyển đổi dưới định dạng .STEP thường đáp ứng đầy đủ các biên dạng hình học của bản lắp, vì thế, có thể không cần kiểm tra mô hình tại Ansys SpaceClaim mà chuyển qua bước tiếp theo, thủ tục kiểm tra mang tính chất đảm bảo không có bất kỳ sai sót nào xảy ra trong mô hình khi chuyển đổi.



Hình 7.6 Biên dạng hình học của mối lắp chốt xy lanh tầng

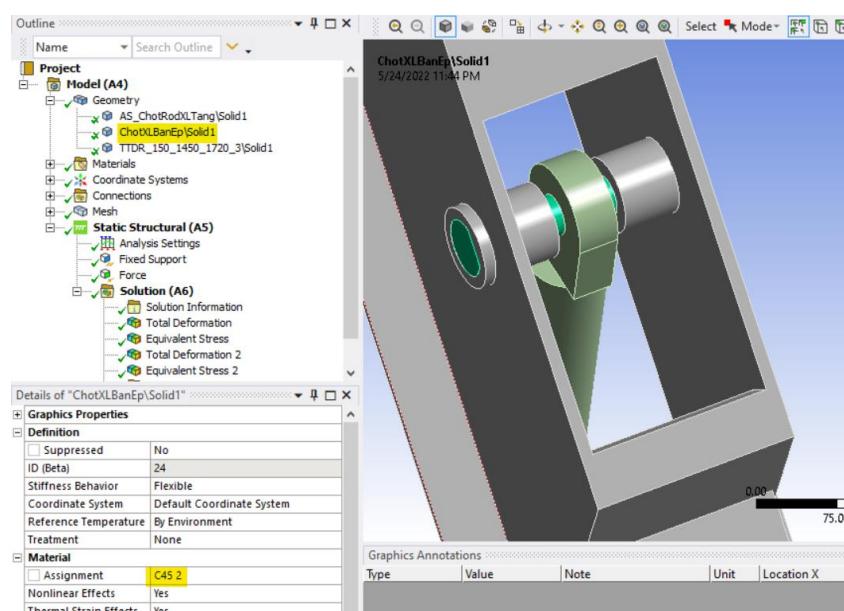
#### 4. Xác định tiếp xúc cho các chi tiết

- Tương tự như ở mối ghép bu lông, các chi tiết chốt trong mô phỏng đều được mô hình dưới dạng mối lắp, vì vậy, việc xác định đúng các liên kết giữa các chi tiết là rất quan trọng. Các bước thực hiện như sau:
  - Đầu tiên, nhấp đúp chuột vào ô Model để khởi động Ansys Mechanical, cửa sổ Mechanical sẽ được mở, kiểm tra đơn vị tính toán trước khi thực hiện mô phỏng tại tab Home.



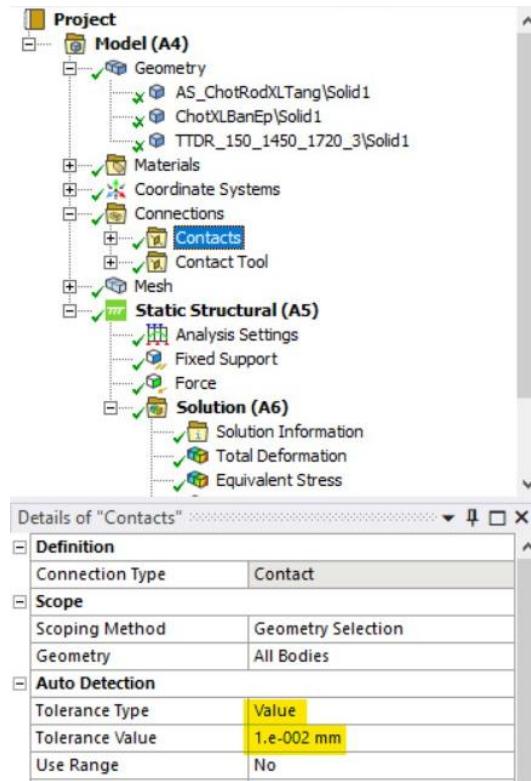
Hình 7.7 Kiểm tra đơn vị trước khi tính toán

- Gán vật liệu cho các chi tiết trong mô hình lắp tương ứng với tính chất của vật liệu: Lỗ lắp chốt tại thùng dùng thép SS400, vật liệu làm chốt là thép C45, vật liệu làm thanh ty là thép không gỉ 304.

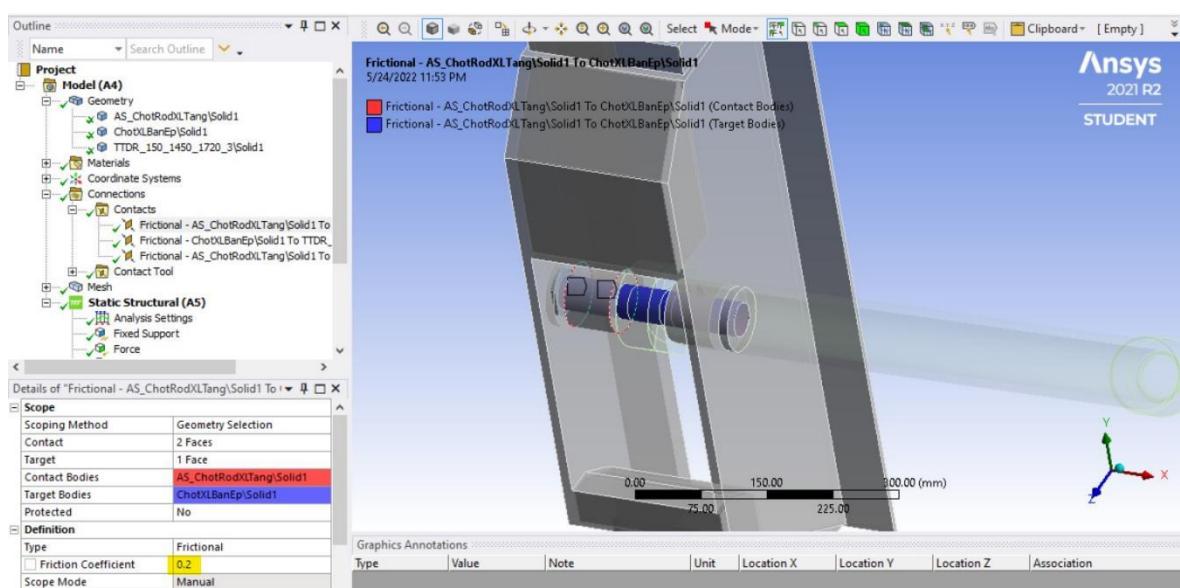


Hình 7.8 Gán vật liệu cho chi tiết

- + Tại mục Connections, chọn Contacts, tại tab Details of “Contacts”, chuyển Tolerance Type từ Slider thành Value, nhập vào giá trị 0.01mm cho mục này. Theo giá trị này, Ansys tự nhận dạng các chi tiết cận kề có dung sai 0.01mm làm nơi tiếp xúc và tự tạo ra các liên kết ngoại quan (Bonded Contact), kiểm tra và chỉnh sửa các liên kết này cho phù hợp với tính chất vật lý của tiếp xúc (ma sát (Frictional), không ma sát (Frictionless), hàn (Bonded),...).



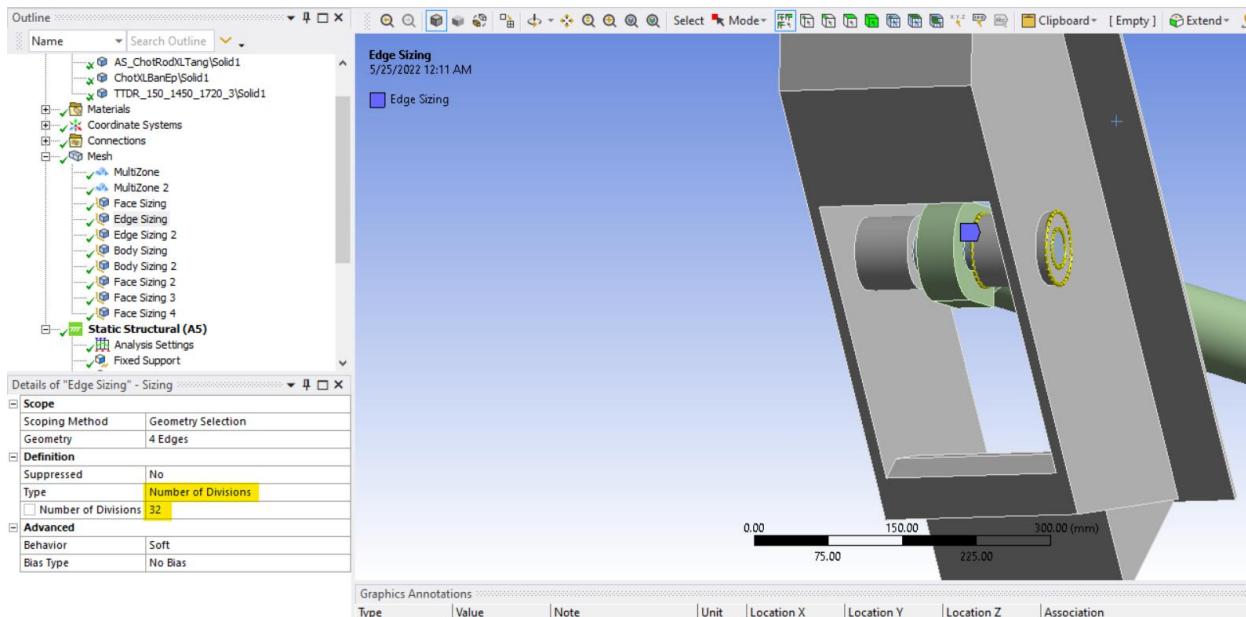
Hình 7.9 Điều chỉnh loại dung sai cho liên kết



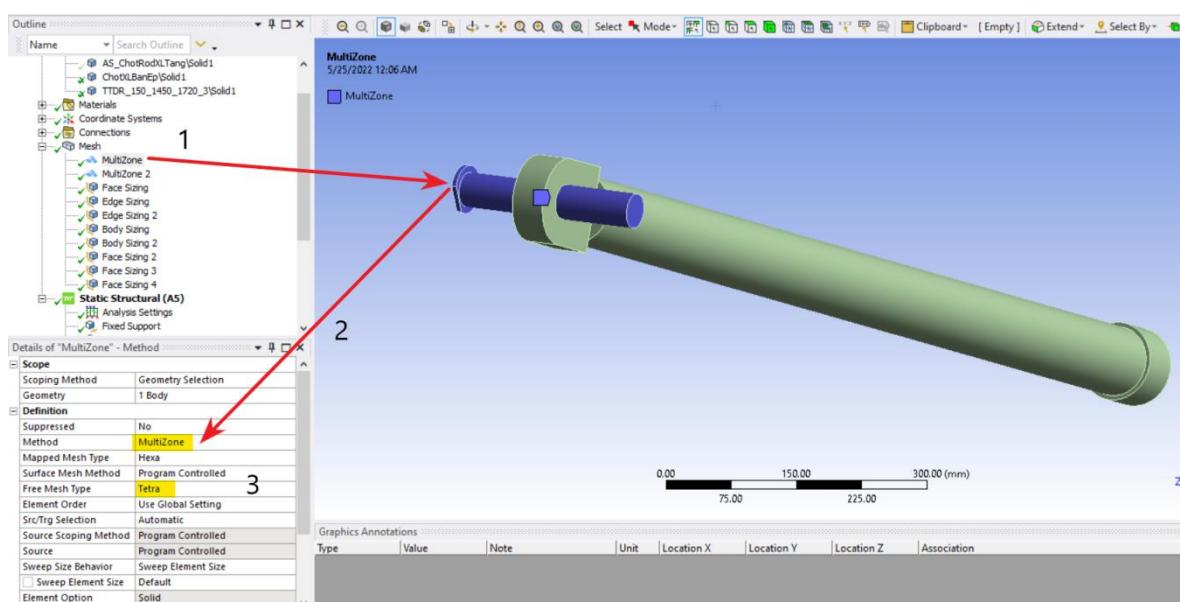
Hình 7.10 Điều chỉnh loại liên kết với lỗ trên cột đứng là mặt tiếp xúc, chốt là mặt mục tiêu

## 5. Xác định Mesh control

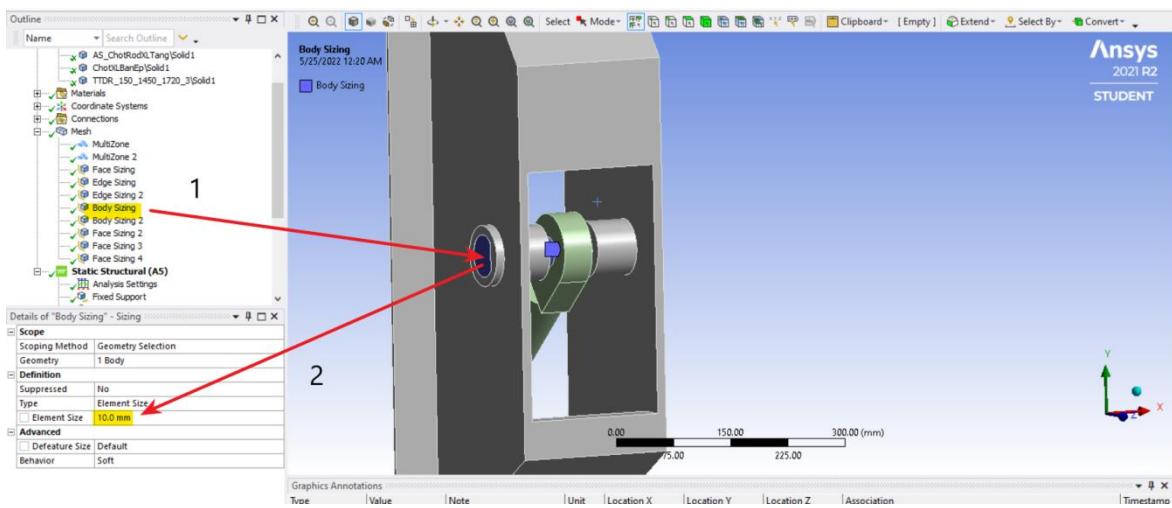
- Trong phân tích phần tử hữu hạn, việc rời rạc hóa các chi tiết thành các phần tử riêng biệt là cực kỳ trọng yếu và ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán. Do đó, chia lưới một cách chính xác sẽ cho ra kết quả hội tụ. Ở bước này, lưới tổng thể được chia theo loại phần tử bậc hai (quadratic element), kích thước phần tử tổng quát là 40mm, chốt được chia lưới theo phương pháp MultiZone (đa vùng) để đảm bảo biên dạng hình trụ của nó (Hình 7.12). Sau đó điều chỉnh kích thước phần tử cho chốt là 10mm (Hình 7.13), cho mặt trong của lỗ cột đứng và thanh ty là 10mm, chia các cạnh gần lỗ cột đứng làm 32 phần bằng nhau (Hình 7.11).



Hình 7.11 Điều chỉnh lưới trên cạnh

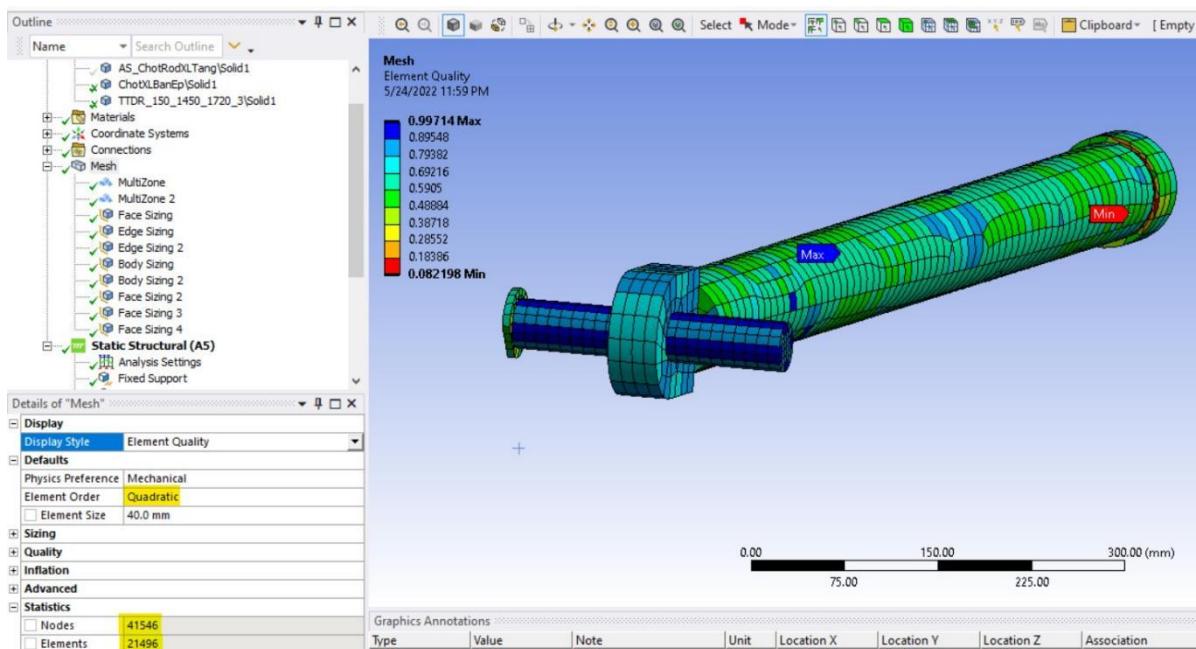


Hình 7.12 Dùng phương pháp chia lưới MultiZone cho chốt nôi

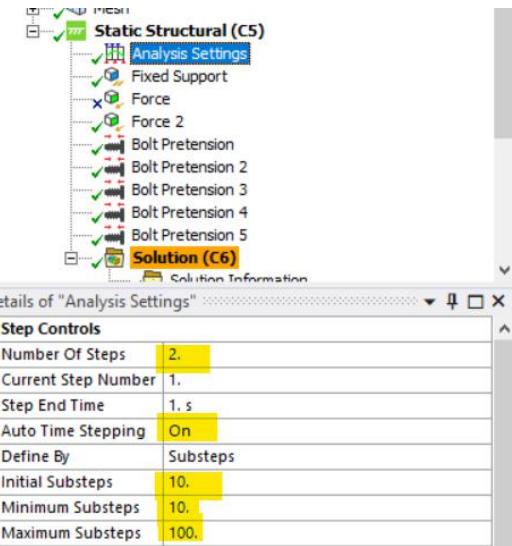


Hình 7.13 Điều chỉnh kích thước phần tử cho bu lông

- Thực hiện kiểm tra chất lượng phần tử thông qua Element Quality, các phần tử bằng 1 là các phần tử lý tưởng, đối với phần tử tại chốt và các khu vực nó tiếp xúc, cần kiểm tra chất lượng nghiêm ngặt hơn để đảm bảo việc tính toán là chính xác.



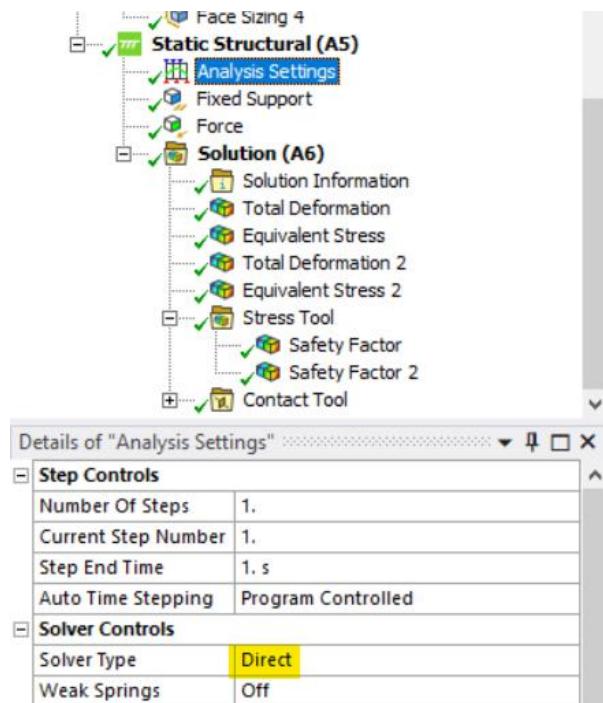
Hình 7.14 Kiểm tra chất lượng phần tử thông qua Element Quality



Hình 7.15 Xác định thiết lập mô phỏng

## 6. Thiết lập các cài đặt cho bộ giải

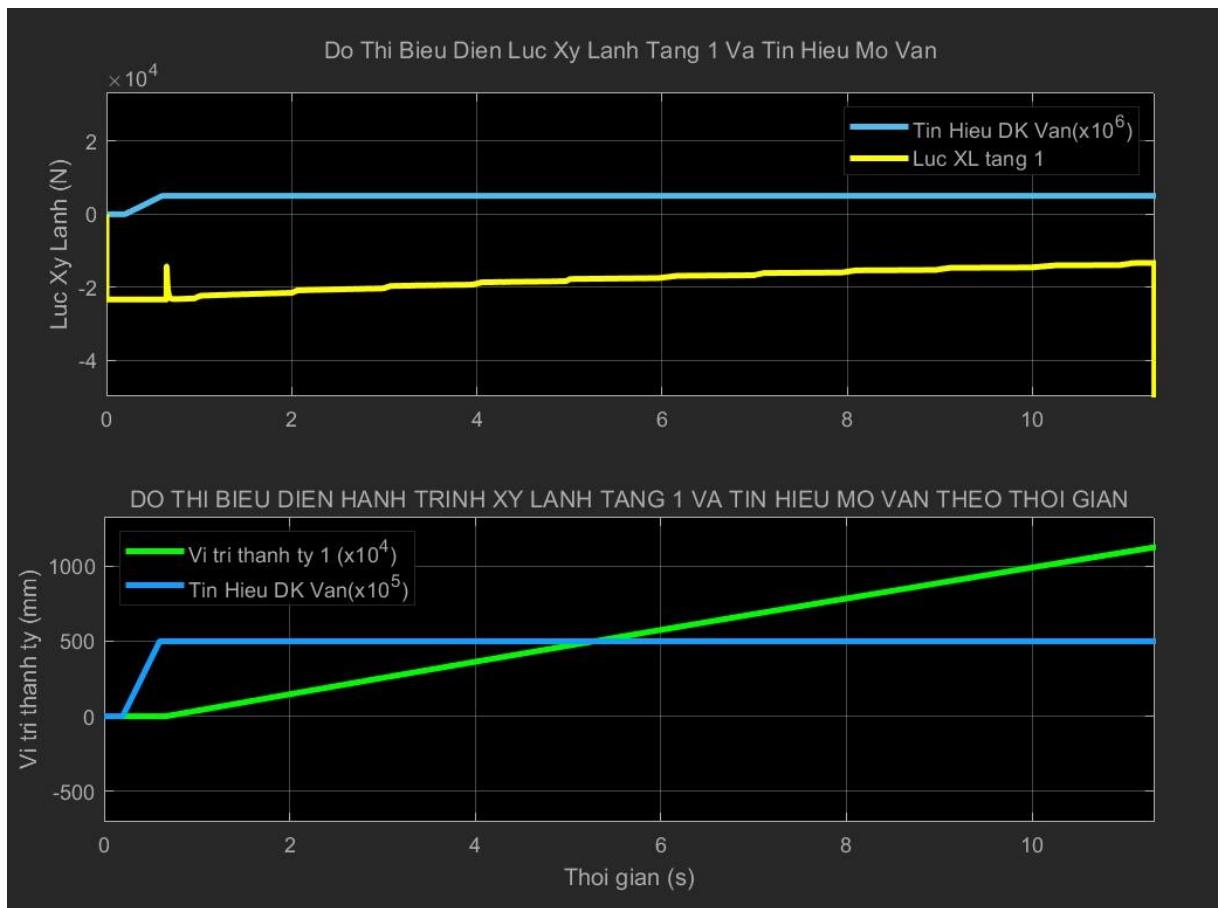
Để đảm bảo kết quả tính toán thu được là chính xác, cần chuyển bộ giải sang Direct tại mục Analysis Settings, điều này có thể tốn thêm một ít thời gian tính toán nhưng mang lại kết quả đáng tin cậy hơn bộ giải lặp (Iterative).



Hình 7.16 Thiết lập bộ giải cho tính toán

## 7. Truy xuất lực tác dụng lên chốt nhờ Matlab Simscape

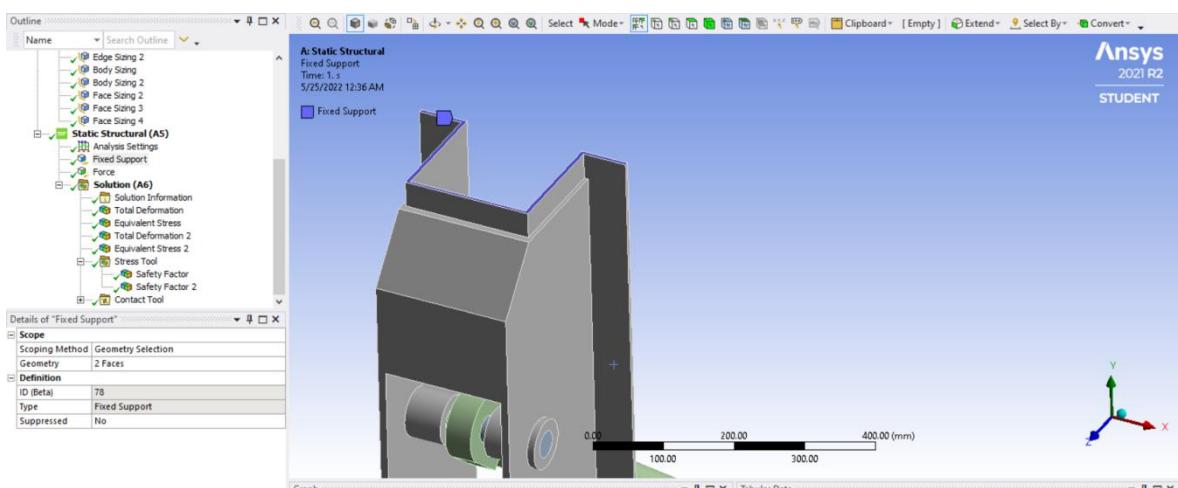
Từ các số liệu thống kê ở bảng 7.1, tiến hành định giá trị lực tác dụng lên từng loại chốt cụ thể, các số liệu này được truy xuất từ kết quả tính toán của Matlab Simscape, dưới đây là đồ thị lực tác dụng lớn nhất lên chốt ở cơ cấu xả rác.



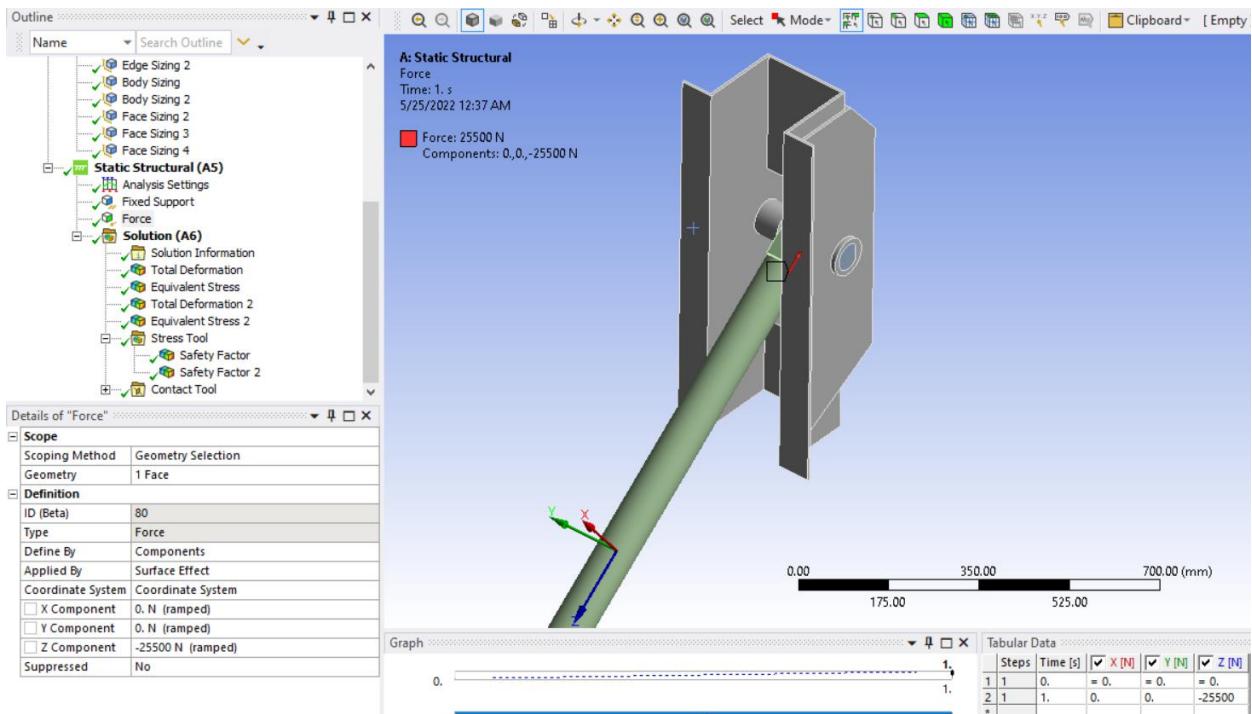
Hình 7.17 Đồ thị lực xy lanh cực đại và vị trí thanh ty theo thời gian

## 8. Thiết lập điều kiện biên cho tính toán

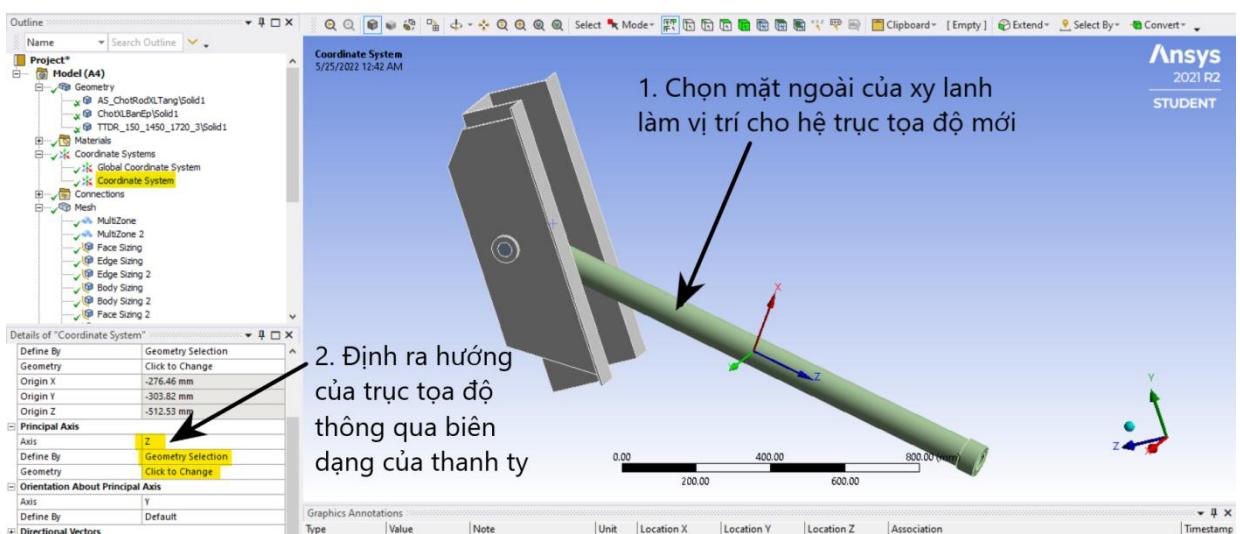
- Ngàm hai đầu của cột dọc thùng (hình 7.18), cho lực tác dụng vào mặt cắt của thanh ty với giá trị cực đại là 25500 (N) (hình 7.19) chú ý nếu chiều của thanh ty không đúng theo chiều của hệ trục tọa độ chuẩn (Global Coordinate System) thì cần phải tạo một trục tọa độ mới .



Hình 7.18 Ngàm cứng chassis của xe nền



Hình 7.19 Khởi tạo lực tác dụng với giá trị lực truy xuất từ Matlab



Hình 7.20 Tạo hệ trục tọa độ để đặt lực cho xy lanh

## 9. Thực hiện tính toán theo lưới hội tụ với độ sai số <10%

- Lưới hội tụ hay độ chính xác số học là thông số để xác định lưới của chi tiết trong phân tích phần tử hữu hạn có đủ chính xác hay không.

Bảng 7.2 Ứng suất tương đương cực đại khi giảm kích thước phần tử ở chốt

| TT | Kích thước phần tử (mm) | Số lượng nút | Số lượng phần tử | Ứng suất tương đương (MPa) | % sai số |
|----|-------------------------|--------------|------------------|----------------------------|----------|
| 1  | 10                      | 41546        | 21496            | 97,506                     |          |

|   |     |       |       |        |              |
|---|-----|-------|-------|--------|--------------|
| 2 | 5   | 53116 | 24606 | 95,936 | -1,61        |
| 3 | 2.5 | 99968 | 38541 | 95,613 | <b>-0,34</b> |

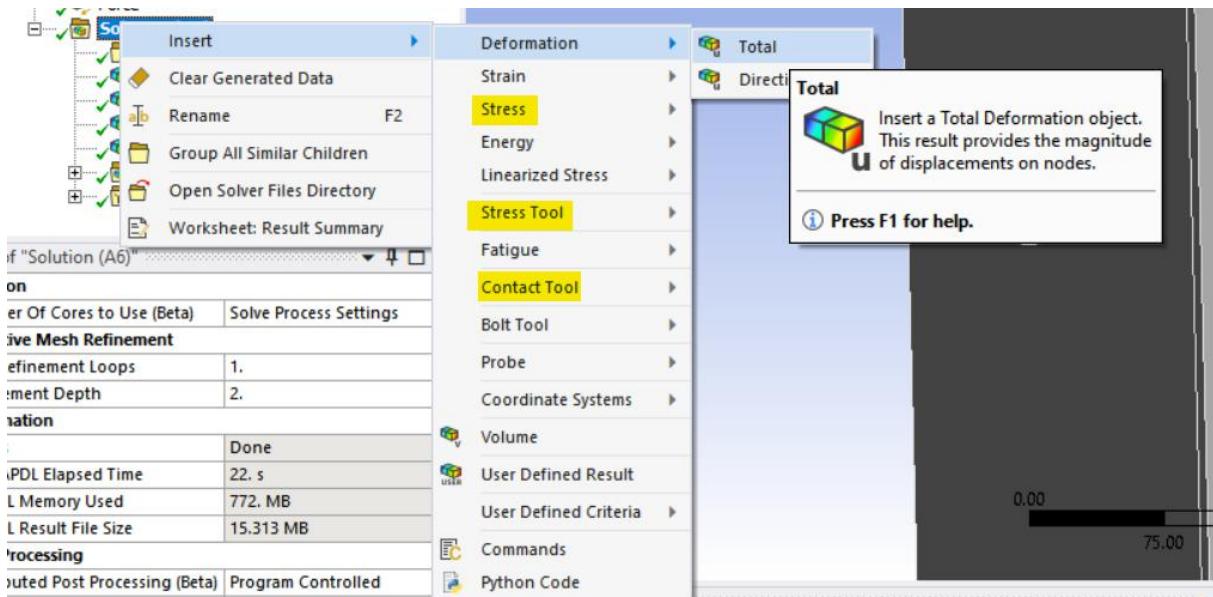
- Từ bảng 7.2, sai số tính toán lƣới hội tụ là 0,34% tương ứng với ứng suất 95,613 MPa tại chốt, từ đó có thể đánh giá được kết quả tính toán ở mục 10.

## 10. Truy xuất kết quả và đánh giá

- Sau khi việc thiết lập điều kiện biên hoàn tất, thực hiện tính toán bằng lệnh Solve trên thanh công cụ.

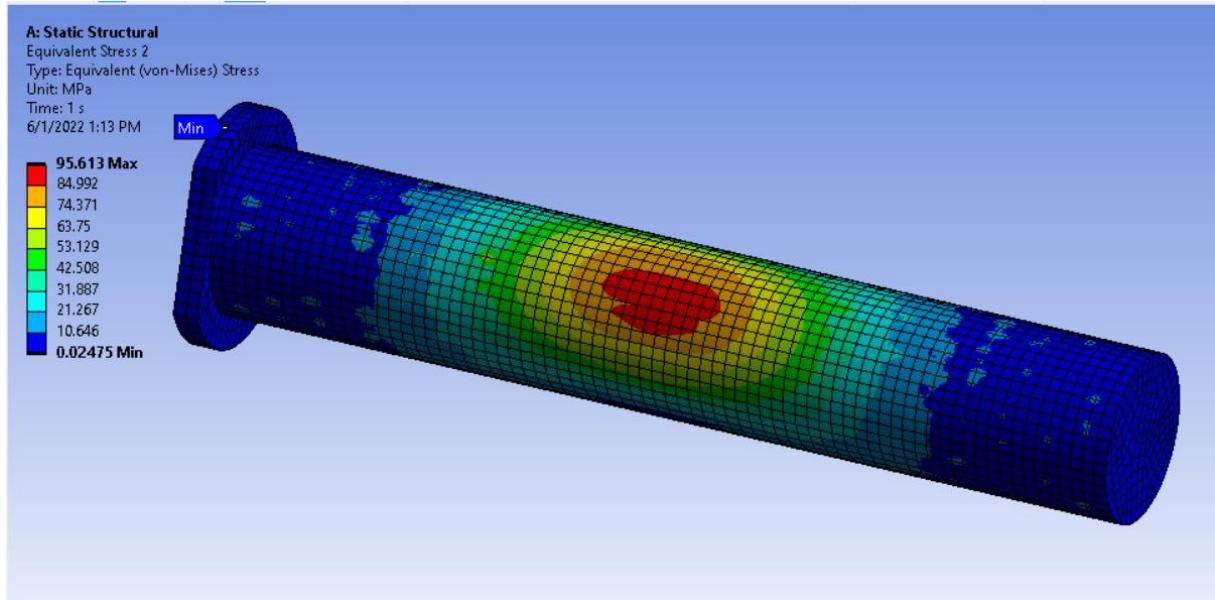


Hình 7.21 Lệnh Solve

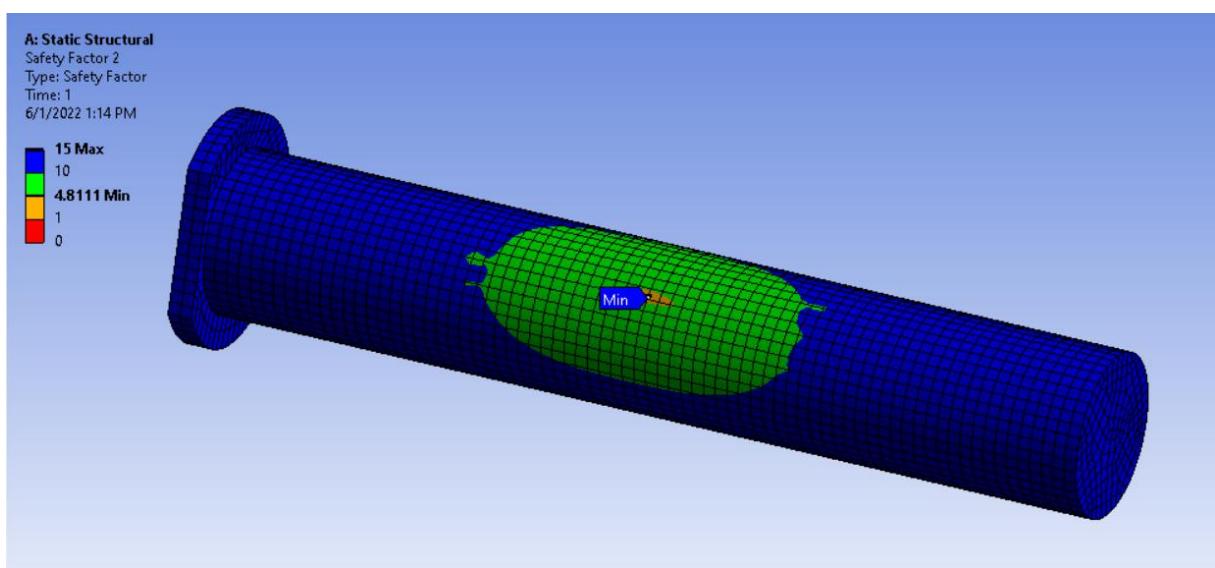


Hình 7.22 Nhập dữ liệu cho việc truy xuất kết quả

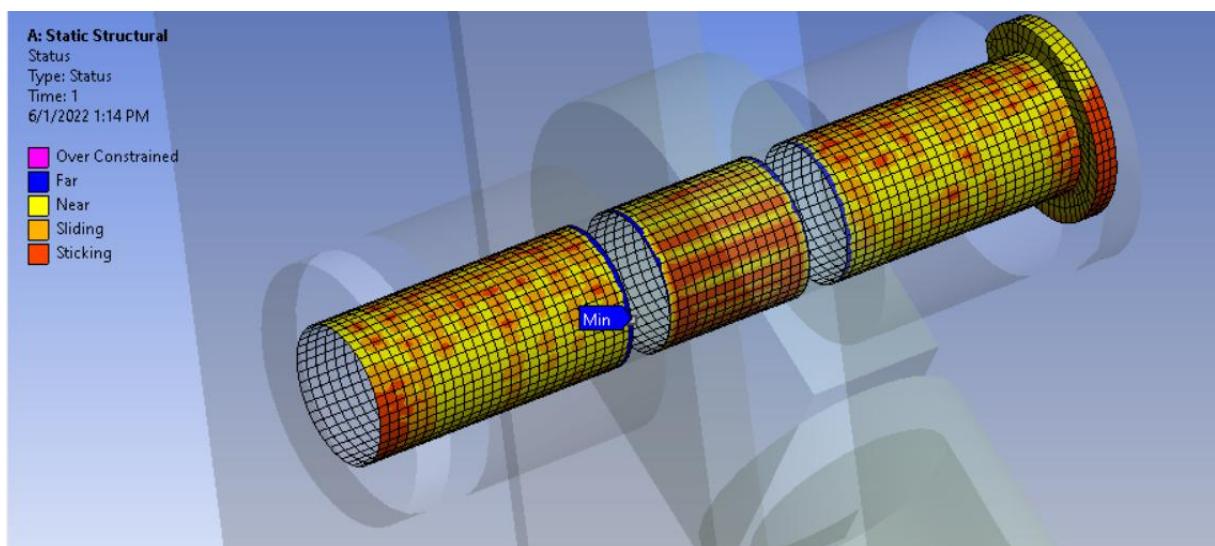
- Sau khi phần mềm tính toán xong, có thể nhập vào các thông số cần truy xuất, như Total Deformation (Chuyển vị toàn phần), Von Mises Stress (Ứng suất tương đương), Stress tool (Nhầm tính hệ số an toàn), Contact Tool (nhầm xem trạng thái của liên kết),...
- Sau khi các công việc trên hoàn tất, nhập chuột phải vào Solution => Evaluate All Results để hiện tất cả kết quả tính toán.



Hình 7.23 Úng suất tương đương trên trực nối thanh ty



Hình 7.24 Hệ số an toàn chốt nối thanh ty và thùng ép



Hình 7.25 Trạng thái tiếp xúc của chốt khi thanh ty tác dụng lực

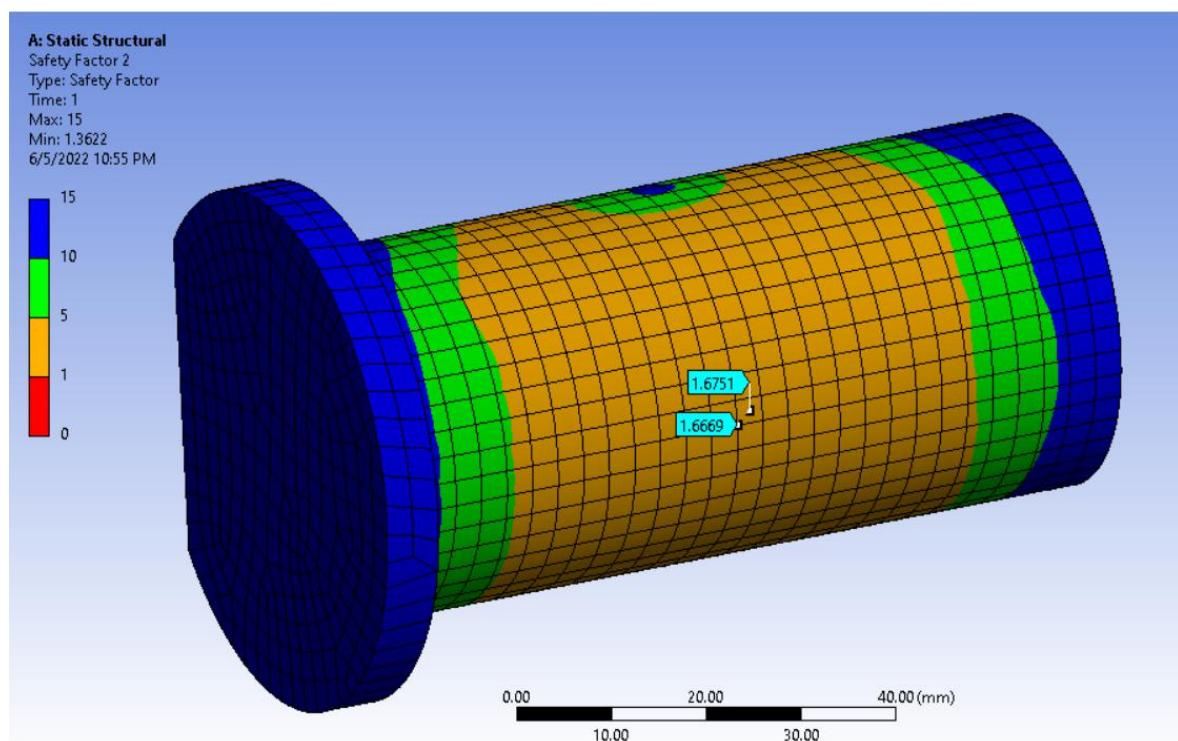
Từ Hình 7.23, có thể thấy được ứng suất tương đương cực đại ở chốt là 95,61 MPa, nhỏ hơn giá trị tính toán lý thuyết là 122,9 MPa (xem phụ lục VI, mục 2), sự chênh lệch này xảy ra là vì mô hình lý thuyết quy các lực và phản lực về một điểm, trong khi đó ở Ansys, các lực tác dụng lên mặt tiếp xúc thông qua hàm phạt. Điều này dẫn đến sự sai số ở hai phương thức tính toán.

- Một cách tương tự, các kết quả tính toán các chốt nối khác như sau:

- + Chốt nối xy lanh thùng phụ:

Bảng 7.3 Ứng suất tương đương cực đại ở chốt nối xy lanh thùng phụ

| TT | Kích thước phần tử (mm) | Số lượng nút | Số lượng phần tử | Ứng suất tương đương (MPa) | % sai số |
|----|-------------------------|--------------|------------------|----------------------------|----------|
| 1  | 10                      | 44085        | 22643            | 194,78                     |          |
| 2  | 5                       | 50088        | 24653            | 191,8                      | -1,55    |
| 3  | 2.5                     | 82073        | 38228            | 185.78                     | -3,24    |



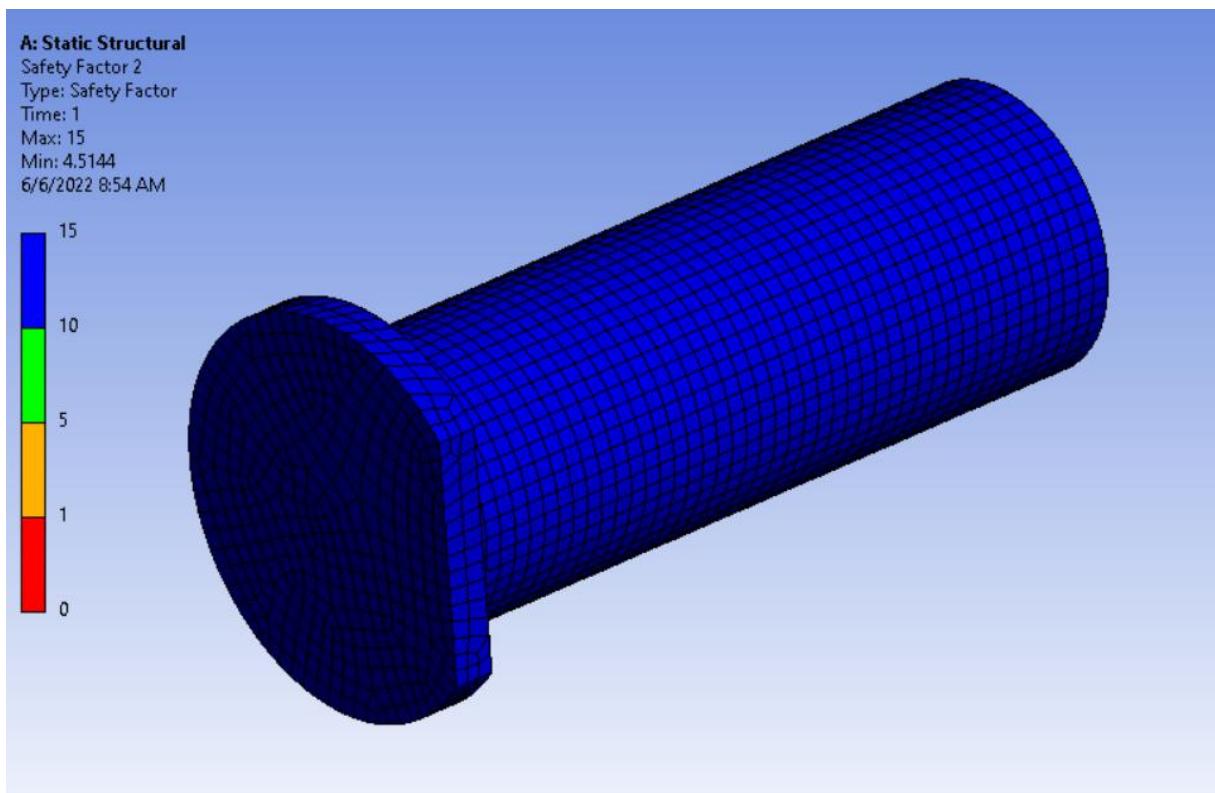
Hình 7.26 Hệ số an toàn chốt nối xy lanh thùng phụ

- + Chốt nối xy lanh bàn ép

Bảng 7.4 Ứng suất tương đương cực đại ở chốt nối xy lanh bàn ép

| TT | Kích thước phần | Số lượng | Số lượng | Ứng suất | % sai số |
|----|-----------------|----------|----------|----------|----------|
|    |                 |          |          |          |          |

|   | tử (mm) | nút   | phần tử | tương đương (MPa) |              |
|---|---------|-------|---------|-------------------|--------------|
| 1 | 8       | 68167 | 39615   | 10,8              |              |
| 2 | 4       | 81023 | 43667   | 10,70             | -0,93        |
| 3 | 2       | 82073 | 38228   | 9,88              | <b>-7,69</b> |

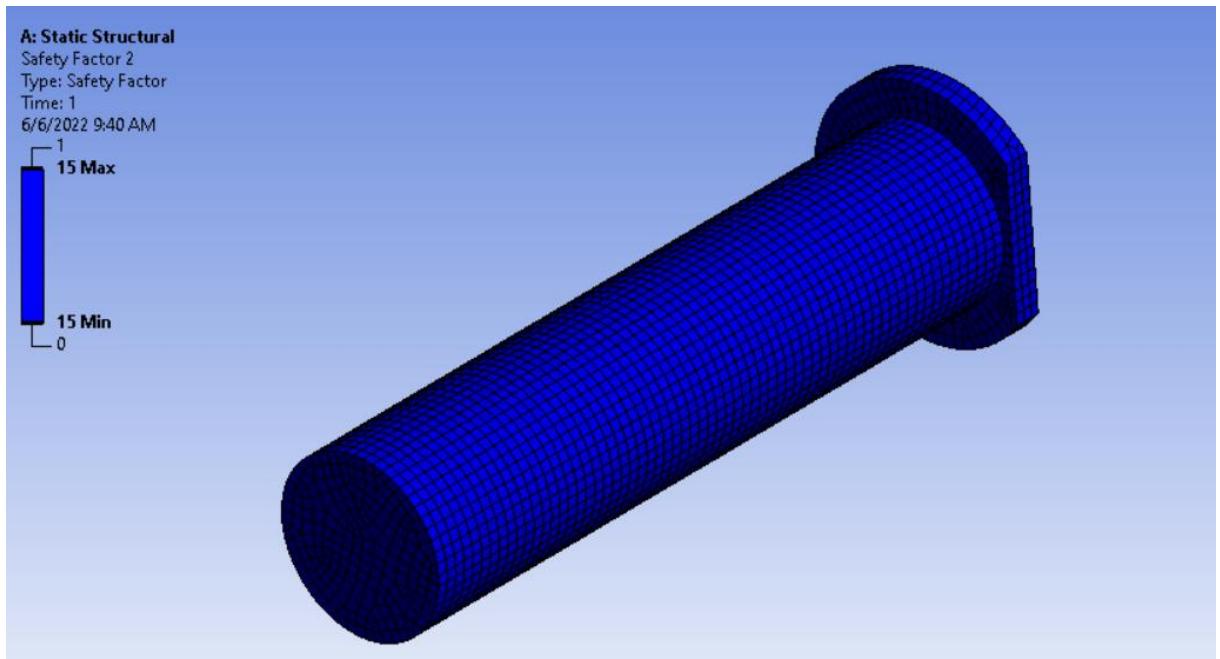


Hình 7.27 Hệ số an toàn chốt nối xy lanh bàn ép

+ Chốt nối xy lanh bàn cào:

Bảng 7.5 Ứng suất tương đương ở chốt nối xy lanh bàn cào

| TT | Kích thước phần tử (mm) | Số lượng nút | Số lượng phần tử | Ứng suất tương đương (MPa) | % sai số    |
|----|-------------------------|--------------|------------------|----------------------------|-------------|
| 1  | 8                       | 40288        | 20920            | 14,84                      |             |
| 2  | 5                       | 49733        | 23646            | 13,763                     | -7,8        |
| 3  | 2                       | 82073        | 38228            | 13,469                     | <b>-2,2</b> |

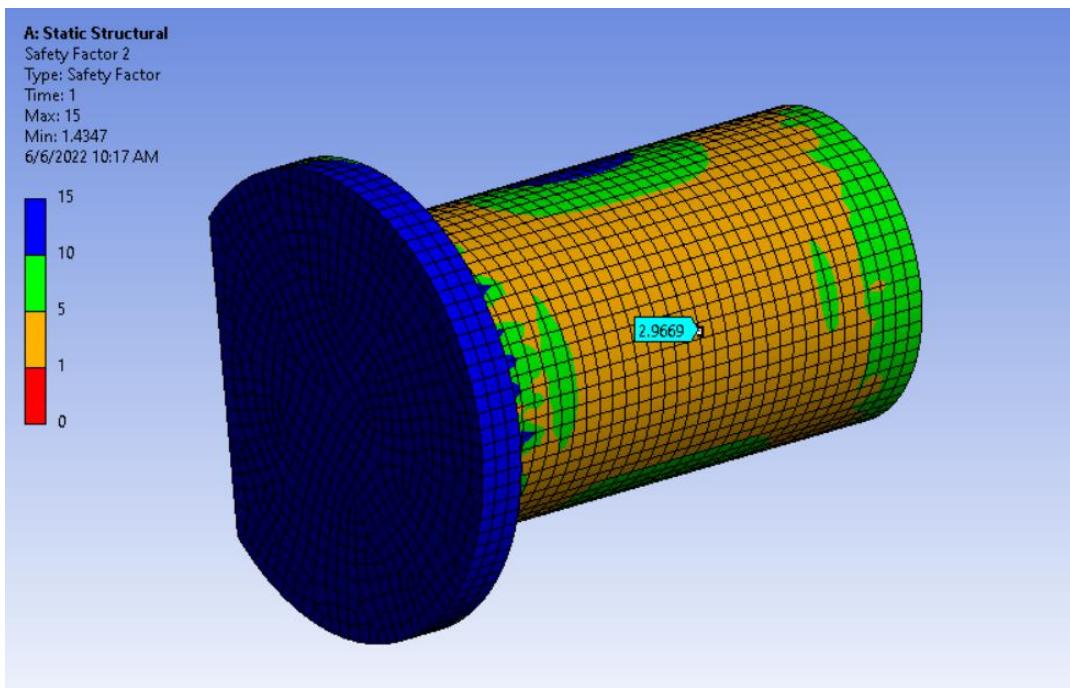


Hình 7.28 Hệ số an toàn chốt nối xy lanh bàn cào

+ Chốt xy lanh máng xúc:

Bảng 7.6 Úng suất tương đương ở chốt nối xy lanh máng xúc

| TT | Kích thước phần tử (mm) | Số lượng nút | Số lượng phần tử | Úng suất tương đương (MPa) | % sai số |
|----|-------------------------|--------------|------------------|----------------------------|----------|
| 1  | 8                       | 16388        | 4386             | 115,69                     |          |
| 2  | 5                       | 49733        | 23646            | 108,36                     | -6,76    |
| 3  | 2                       | 83124        | 19641            | 104,64                     | -3,56    |



Hình 7.29 Hệ số an toàn chốt nối xy lanh máng xúc

- Hình trên cũng là hồi kết của chương 7: Thiết kế kiểm nghiệm hệ số an toàn mối ghép chốt nối giữa xy lanh và cơ cấu chuyên dùng. Đây là chương nối tiếp chương 4, các kết quả tính toán lực cực đại thu được từ chương 4 được nhập vào điều kiện biên cho việc tính toán. Mặt khác, chương này cũng đưa ra quy trình tổng quát tính toán hệ số an toàn mối ghép chốt và ứng dụng quy trình này vào các bài toán cụ thể, các kết quả thu được cho thấy các mối ghép đủ điều kiện bền dưới lực động tác dụng được truy xuất từ Matlab.

## **CHƯƠNG 8: KẾT LUẬN**

Chương này là chương tổng kết tất cả các mục tiêu đạt được của luận văn tốt nghiệp, kèm theo đó là phần hạn chế của luận văn và hướng phát triển cho đề tài này. Sau đây là những nội dung đã được tổng kết trong suốt quá trình thực hiện luận văn “THIẾT KẾ KIỂM NGHIỆM CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG CỦA XE ÉP RÁC BẰNG PHẦN MỀM MATLAB SIMSCAPE VÀ ANSYS WORKBENCH”.

### **1. Kết quả đạt được**

- Xây dựng được quy trình kiểm nghiệm cơ cấu thủy lực bằng phần mềm Matlab Simscape, ứng dụng mô hình kiểm nghiệm vào xe ép rác HINO FM8JN7A-R.
- Xây dựng được quy trình kiểm nghiệm lực tác dụng lên mối ghép bu lông giữa thùng chuyên dùng và xe cơ sở bằng phần mềm Matlab Simscape.
- Xây dựng được quy trình tính toán hệ số an toàn mối ghép bu lông, mối ghép chốt các xy lanh bằng phần mềm Ansys Workbench.

### **2. Hạn chế của luận văn**

Luận văn tốt nghiệp trên cơ bản đã đạt được các mục tiêu đề ra, tuy nhiên vẫn còn một vài điểm hạn chế trong quá trình thực hiện, các hạn chế như sau:

- Quy trình kiểm nghiệm cơ cấu thủy lực:
  - + Dầu thủy lực có các đặc tính cơ học chưa hoàn toàn đúng với thực tế.
  - + Thông số nhập vào các khối giảm chấn, van tiết lưu chưa hoàn toàn chính xác so với thông số của mô hình thực tế.
  - + Bỏ qua van tăng tốc ở cơ cấu cào - ép rác.
  - + Động cơ dẫn động bơm là động cơ lý tưởng.
- Quy trình kiểm nghiệm lực tác dụng lên bu lông:
  - + Chưa mô phỏng được lực tác dụng lên bu lông pat đứng khi xe quay vòng.
  - + Chưa mô phỏng được lực tác dụng lên bu lông pat đứng khi xe vấp phải chướng ngại vật (ổ gà, gờ giảm tốc,...).
- Quy trình tính toán hệ số an toàn bằng Ansys Workbench: Chưa tính toán được hệ số an toàn của bu lông tại pat chống xô.

### **3. Hướng phát triển của đề tài**

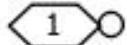
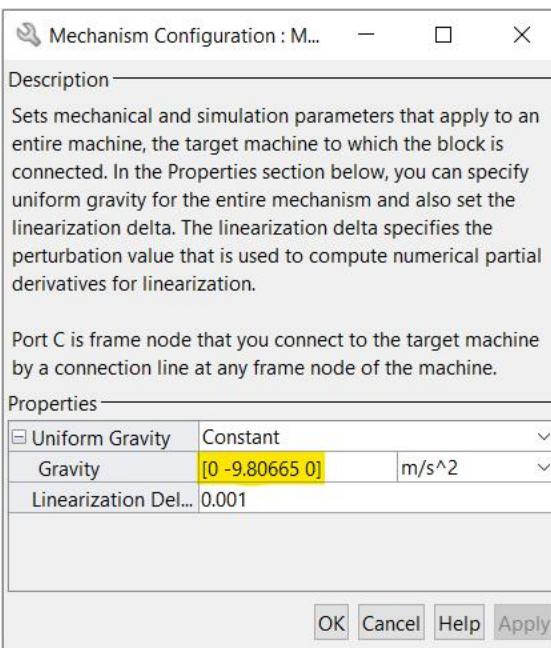
- Kiểm nghiệm sự ảnh hưởng của động cơ dẫn động bơm khi hệ thống thủy lực đang làm việc, tiến hành mô phỏng các chi tiết còn thiếu trong cơ cấu để hoàn thiện mô hình hệ thống thủy lực của xe ép rác đã xây dựng.
- Mô phỏng lực tác dụng lên pat đứng khi xe quay vòng, đi qua chướng ngại vật bằng phần mềm Matlab Simscape.

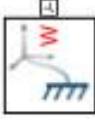
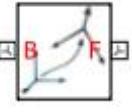
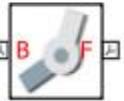
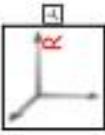
## PHỤ LỤC I: KÝ HIỆU VÀ CHỨC NĂNG CỦA CÁC KHỐI DÙNG TRONG MATLAB SIMSCAPE

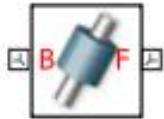
Đây là phần bổ sung giải mã chức năng của các khối đã dùng ở chương 4 và chương 5. Các khối và hình minh họa của chúng được liệt kê ở cột bên trái bảng, cột bên phải nêu ra chức năng của các khối và thông số cài đặt cho các khối cụ thể. Sau đây là bảng thông số của các khối và chức năng của chúng.

Bảng I.1 Chức năng và thiết lập các khối dùng trong mô phỏng Matlab

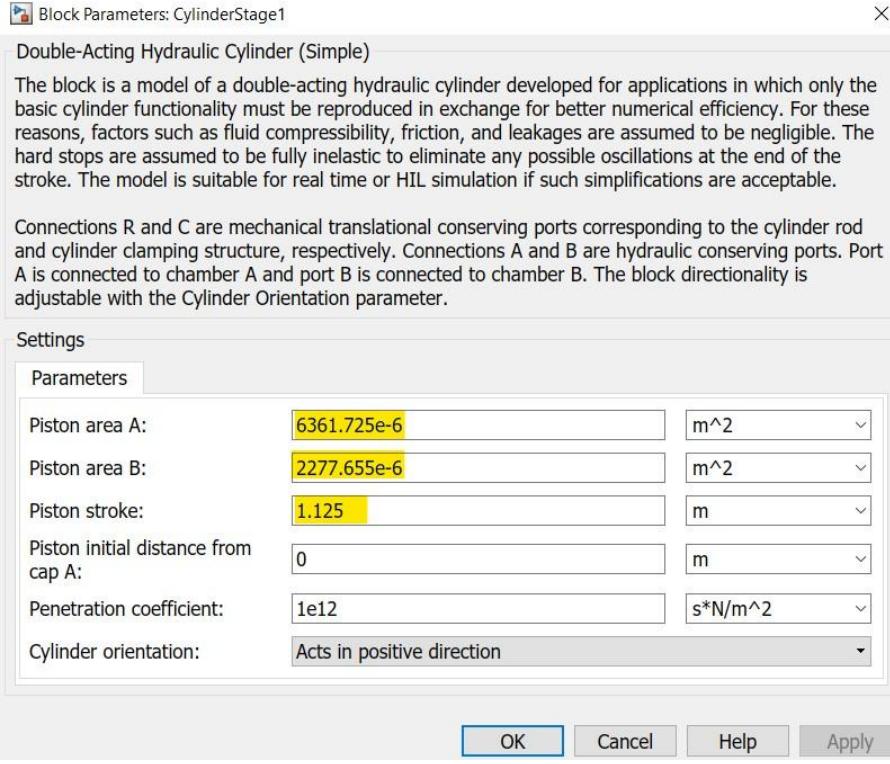
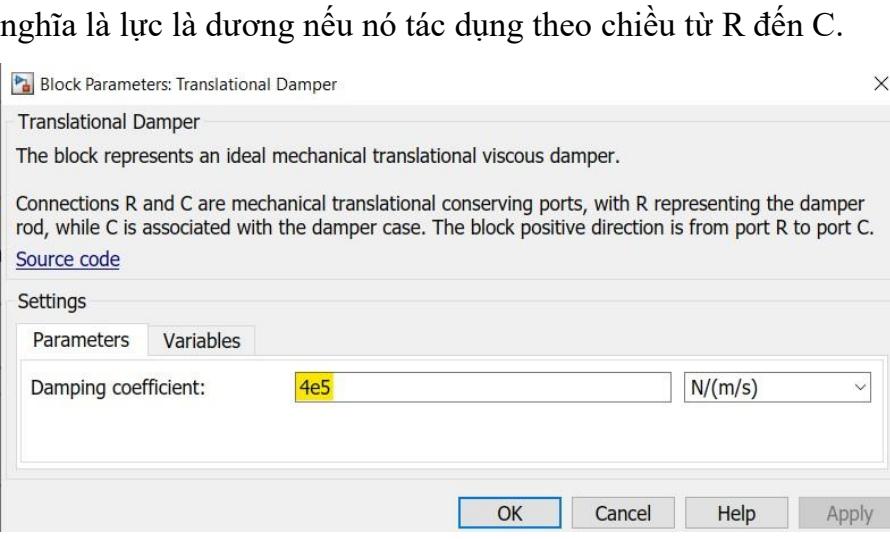
| Tên và ký hiệu                                                                                        | Chức năng và cài đặt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><b>Subsystem</b> | <p><b>Khối Subsystem chứa một tập hợp con các khối trong một mô hình hoặc hệ thống.</b> Khối Hệ thống con có thể đại diện cho một hệ thống con ảo hoặc một hệ thống con phi ảo.</p> <p>Ví dụ Hình 4.7 có khối Subsystem (hệ thống con): Duong Ong 1, Duong Ong 2, Xy Lanh Thuy Luc 1...</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <br><b>Import</b>  | <p><b>Khối Import đưa tín hiệu liên kết từ bên ngoài một hệ thống vào hệ thống.</b> Số cổng của khối Import được chỉ định theo quy tắc:</p> <p>Nó <b>tự động đánh số</b> thứ tự các khối Import trong hệ thống <b>cấp cao nhất</b> hoặc <b>hệ thống con</b> một cách tuần tự, bắt đầu bằng 1.</p> <p>Nếu thêm một khối Import, nhãn là số có sẵn tiếp theo.</p> <p>Nếu xóa một khối Import, các số cổng khác sẽ tự động được đánh số lại để đảm bảo rằng các khối Import theo thứ tự và không có số nào bị bỏ qua.</p> <p>Nếu sao chép một khối Import vào một hệ thống, số cổng của nó không được đánh số lại trừ khi số hiện tại của nó xung đột với một cổng vào đã có trong hệ thống. Nếu số cổng của khối Import được sao chép không theo thứ tự, hãy đánh số lại khối. Nếu không, sẽ nhận được thông báo lỗi khi chạy mô phỏng hoặc cập nhật sơ đồ khối.</p> |
|                                                                                                       | <p><b>Khối Outport gửi các tín hiệu liên kết từ một hệ thống đến một đích bên ngoài hệ thống.</b> Chúng có thể kết nối các tín hiệu</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

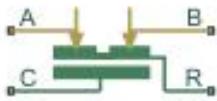
|                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 |          |         |                |                      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|---------|----------------|----------------------|-------|
| <br><b>Outport</b>                  | <p>truyền từ một hệ thống con đến các phần khác của mô hình. Chúng cũng có thể cung cấp các đầu ra bên ngoài ở cấp cao nhất của hệ thống phân cấp mô hình.</p> <p>Số cổng khói Outport được chỉ định theo các quy tắc sau:</p> <p>Các khói Outport trong hệ thống cấp cơ sở hoặc hệ thống con được đánh số theo thứ tự, bắt đầu bằng 1.</p> <p>Nếu bạn thêm một khói Outport, nó sẽ được ấn định số có sẵn tiếp theo.</p> <p>Nếu bạn xóa một khói Outport, các số cổng khác sẽ tự động được đánh số lại để đảm bảo rằng các khói Outport theo thứ tự và không có số nào bị bỏ qua.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |          |         |                |                      |       |
| <br><b>Connection Port</b>          | <p><b>Cổng kết nối, khói này dùng trong subsystem khi cần kết nối các cổng vật lý.</b> Khối này tự động xuất hiện khi khởi tạo subsystem.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                 |          |         |                |                      |       |
| <br><b>Mechanism Configuration</b> | <p><b>Đặt các thông số cơ học và mô phỏng áp dụng cho toàn bộ máy, máy mục tiêu mà khói được kết nối.</b> Trong phần Properties bên dưới, ta có thể <b>chỉ định lực hấp dẫn (Gravity) thống nhất cho toàn bộ cơ cấu</b> và cũng có thể đặt delta tuyến tính hóa.</p> <p>Cổng C là nút khung mà ta kết nối với máy mục tiêu bằng một đường kết nối tại bất kỳ nút khung nào của máy.</p> <div data-bbox="546 1403 1097 2055">  <p>Mechanism Configuration : M... — ×</p> <p>Description —</p> <p>Sets mechanical and simulation parameters that apply to an entire machine, the target machine to which the block is connected. In the Properties section below, you can specify uniform gravity for the entire mechanism and also set the linearization delta. The linearization delta specifies the perturbation value that is used to compute numerical partial derivatives for linearization.</p> <p>Port C is frame node that you connect to the target machine by a connection line at any frame node of the machine.</p> <p>Properties —</p> <table border="1"> <tr> <td>Uniform Gravity</td> <td>Constant</td> </tr> <tr> <td>Gravity</td> <td>[0 -9.80665 0]</td> </tr> <tr> <td>Linearization Del...</td> <td>0.001</td> </tr> </table> <p>OK Cancel Help Apply</p> </div> | Uniform Gravity | Constant | Gravity | [0 -9.80665 0] | Linearization Del... | 0.001 |
| Uniform Gravity                                                                                                      | Constant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |          |         |                |                      |       |
| Gravity                                                                                                              | [0 -9.80665 0]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |          |         |                |                      |       |
| Linearization Del...                                                                                                 | 0.001                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |          |         |                |                      |       |

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>World Frame       | <p><b>Cung cấp không gian bằng một khung tọa độ bất động, trực giao</b>, theo nguyên tắc bàn tay phải được xác định trước trong bất kỳ mô hình cơ học nào. <b>World Frame là nền của tất cả các mạng khung trong một mô hình cơ học.</b></p> <p>Một mô hình có thể có nhiều khối World Frame, nhưng tất cả đều đại diện cho cùng một khung.</p> <p>Cổng W là một cổng khung được xác định với World Frame. Bất kỳ cổng khung nào kết nối trực tiếp với W cũng được xác định với World Frame.</p>                              |
| <br>Rigid Transform   | <p><b>Xác định phép biến đổi cứng 3-D cố định giữa hai khung.</b> Hai thành phần chỉ định độc lập các phần tịnh tiến và quay của phép biến hình. <b>Các chuyển động tịnh tiến và xoay có thể kết hợp tự do.</b></p> <p>Cổng B và F lần lượt là Base (nền) và Following Frame (Khung đính vào nền).</p>                                                                                                                                                                                                                        |
| <br>Revolute Joint  | <p><b>Lắp khớp bản lề, chỉ có 1 bậc tự do duy nhất.</b></p> <p><b>Cổng B tương ứng với Base (nền) và F tương ứng với Following Frames.</b></p> <p>Trong các nút có thể mở rộng bên dưới Properties, ta có thể xác định trạng thái (State Targets), phương pháp hoạt động (Actuations), đo bằng cảm biến (sensing) và cơ học nội (Internal Mechanics)(vị trí cân bằng, độ cứng lò xo, hệ số giảm chấn) của khớp này (1 xoay theo Z). Sau khi áp dụng các cài đặt này, khối sẽ hiển thị các cổng tín hiệu vật lý tương ứng.</p> |
| <br>Reference Frame | <p><b>Xác định một khung mà các khung khác trong mạng có thể được tham chiếu đến</b> hoặc các khối nào có thể được gắn vào. (Không bắt buộc)</p> <p>Cổng R là một cổng khung được xác định với hệ quy chiếu. Bất kỳ cổng khung nào kết nối trực tiếp với R cũng được xác định với hệ quy chiếu.</p>                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Cylindrical Joint | <p><b>Lắp kiểu trụ tròn, có 1 chuyển động tịnh tiến và 1 chuyển động xoay.</b></p> <p><b>Cỗng B tương ứng với Base (nền) và F tương ứng với Following Frames.</b></p> <p>Trong các nút có thể mở rộng bên dưới Properties, ta có thể xác định trạng thái (State Targets), phương pháp hoạt động (Actuations), đo bằng cảm biến (sensing) và cơ học nội (Internal Mechanics)(vị trí cân bằng, độ cứng lò xo, hệ số giảm chấn) của các khớp này (1 tịnh tiến theo Z và 1 xoay theo Z). Sau khi bạn áp dụng các cài đặt này, khôi sẽ hiển thị các cỗng tín hiệu vật lý tương ứng.</p>                                      |
| <br>Planar Joint      | <p><b>Đại diện cho một khớp phẳng giữa hai khung. Khớp này có hai bậc tự do tịnh tiến và một bậc quay.</b></p> <p><b>Cỗng B tương ứng với Base (nền) và F tương ứng với Following Frames.</b></p> <p>Trong các nút có thể mở rộng bên dưới Properties, ta có thể xác định trạng thái (State Targets), phương pháp hoạt động (Actuations), đo bằng cảm biến (sensing) và cơ học nội (Internal Mechanics)(vị trí cân bằng, độ cứng lò xo, hệ số giảm chấn) của các khớp này (2 tịnh tiến lần lượt theo X và Y, 1 xoay theo Z) . Sau khi áp dụng các cài đặt này, khôi sẽ hiển thị các cỗng tín hiệu vật lý tương ứng.</p> |
| <br>Prismatic Joint | <p><b>Lắp kiểu trượt, chỉ có 1 bậc tự do duy nhất.</b></p> <p><b>Cỗng B tương ứng với Base (nền) và F tương ứng với Following Frames.</b></p> <p>Trong các nút có thể mở rộng bên dưới Properties, ta có thể xác định trạng thái (State Targets), phương pháp hoạt động (Actuations), đo bằng cảm biến (sensing) và cơ học nội (Internal Mechanics)(vị trí cân bằng, độ cứng lò xo, hệ số giảm chấn) của khớp này (1 tịnh tiến theo Z) . Sau khi áp dụng các cài đặt này, khôi sẽ hiển thị các cỗng tín hiệu vật lý tương ứng.</p>                                                                                      |

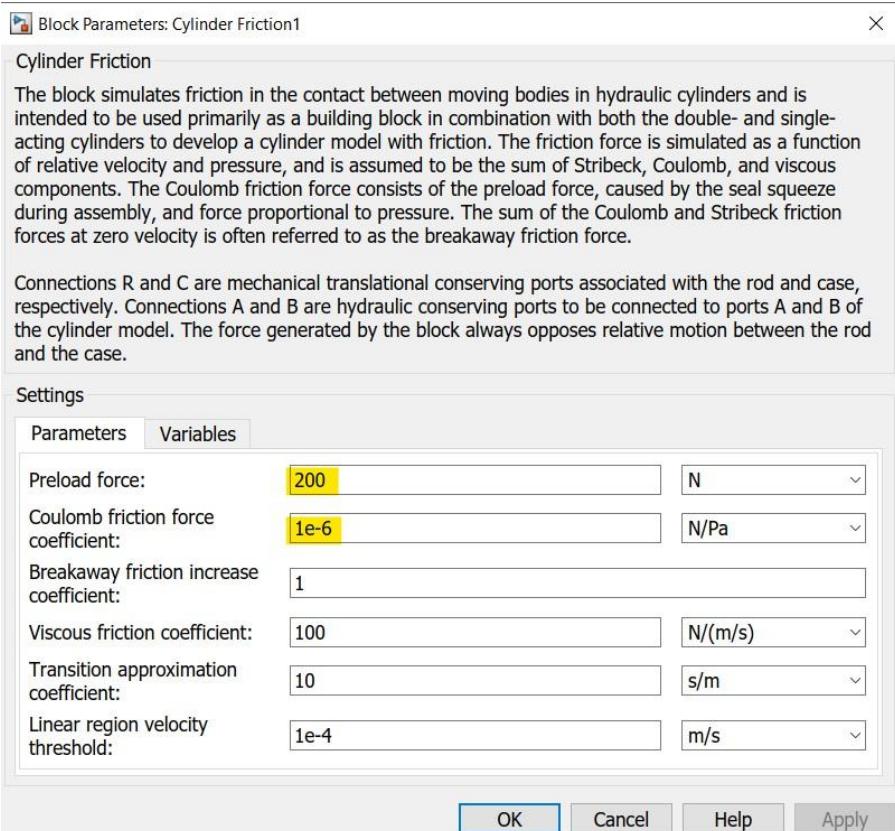
|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|--------|------------------------|----------|--------------------------|----------|-------------------------------------|--------------|--------------------------|----------------|-------------------------------------|
|                                               | <p><b>Properties</b></p> <p>Z Prismatic Primitive (Pz)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ State Targets</li> <li>+ Internal Mechanics</li> <li>- Actuation</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Force</td><td>Provided by Input</td></tr> <tr> <td>Motion</td><td>Automatically Computed</td></tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensing</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Position</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>Velocity</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>Acceleration</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>Actuator Force</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Composite Force/Torque Sensing</li> </ul> <p>OK Cancel Help Apply</p> | Force | Provided by Input | Motion | Automatically Computed | Position | <input type="checkbox"/> | Velocity | <input checked="" type="checkbox"/> | Acceleration | <input type="checkbox"/> | Actuator Force | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Force                                         | Provided by Input                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| Motion                                        | Automatically Computed                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| Position                                      | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| Velocity                                      | <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| Acceleration                                  | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| Actuator Force                                | <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| <br>External Force and Torque                 | <p><b>Khối này cho phép đặt một ngoại lực hoặc moment xoắn lên chi tiết trong Multibody.</b></p> <p>Độ lớn của ngoại lực hoặc moment xoắn phụ thuộc vào tín hiệu đầu vào cung cấp cho khối. Chiều của lực được xác định dựa vào hệ trục tọa độ của chi tiết.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| <br>Translational Intf                        | <p>Dùng để kết hợp phần cơ khí và phần thủy lực thông qua việc kích thích động học và phản hồi lực. (Trao đổi không tồn tháp)</p> <p>The diagram illustrates a translational interface setup. A central component is labeled "Force Sensor". It has four ports: port 2 (top-left) is connected to a force input f; port 3 (top-right) is connected to a velocity output v; port 4 (bottom-left) is connected to a control input C; and port R (bottom-right) is connected to a reference input R. A "Velocity Source" block is connected to port 3 (R) and port R. The "Velocity Source" block has two inputs: one from port 1 (top-left) and one from port C (bottom-left). The "Velocity Source" block also has two outputs: one to port 3 (R) and one to port R.</p>                                            |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |
| <br>Double-Acting Hydraulic Cylinder (Simple) | <p><b>Khối xy lanh thủy lực tác động kép</b> chuyển đổi năng lượng thủy lực thành cơ năng dưới dạng chuyển động tịnh tiến. Chất lỏng thủy lực được bơm dưới áp suất vào một trong hai buồng xy lanh buộc piston chuyển động và tác dụng lực lên thanh ty xi lanh. Xi lanh tác dụng kép truyền lực và chuyển động theo cả hai phương.</p> <p><b>Cổng R và C là các cổng bảo toàn tịnh tiến cơ học tương ứng với thanh xi lanh và cơ cấu kẹp xi lanh. Cổng A và B là các</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |                   |        |                        |          |                          |          |                                     |              |                          |                |                                     |

|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                 | <p><b>cổng bảo toàn thủy lực.</b> Cổng A được kết nối với bộ chuyển đổi A và cổng B được kết nối với bộ chuyển đổi B.</p>                                                                             |
| <br>Mechanical<br>Translational<br>Reference | <p><b>Đại diện cho một điểm tham chiếu, hoặc khung, cho tất cả các cổng tịnh tiến cơ học.</b> Tất cả các cổng tịnh tiến được kẹp chặt vào khung (mặt đất) phải được kết nối với khối tham chiếu tịnh tiến cơ học.</p>                                                                    |
| <br>Translational<br>Damper                  | <p><b>Đại diện cho một van điều tiết nhót tịnh tiến cơ học lý tưởng.</b> Chiều dương của khối là từ cổng R đến cổng C. Điều này có nghĩa là lực là dương nếu nó tác dụng theo chiều từ R đến C.</p>  |



Cylinder Friction

**Khối ma sát xi lanh mô phỏng ma sát khi tiếp xúc giữa các bộ phận chuyển động trong xi lanh thủy lực** và được sử dụng chủ yếu như một khối kết hợp với cả xi lanh tác động kép và đơn để phát triển mô hình xi lanh có ma sát. Lực ma sát được mô phỏng như một hàm của vận tốc và áp suất tương đối, và được giả định là tổng của Stribeck, Coulomb và các thành phần nhót. **Lực ma sát Coulomb bao gồm lực tải trước, gây ra bởi sự ép chặt con dấu trong quá trình lắp ráp, và lực tỷ lệ với áp lực.** Tổng của lực ma sát Coulomb và Stribeck ở vận tốc bằng không thường được gọi là lực ma sát ly khai. Để biết thêm thông tin, hãy xem trang tham chiếu khối Ma sát tĩnh tiên.



Elbow

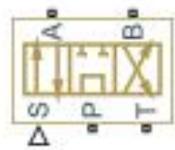
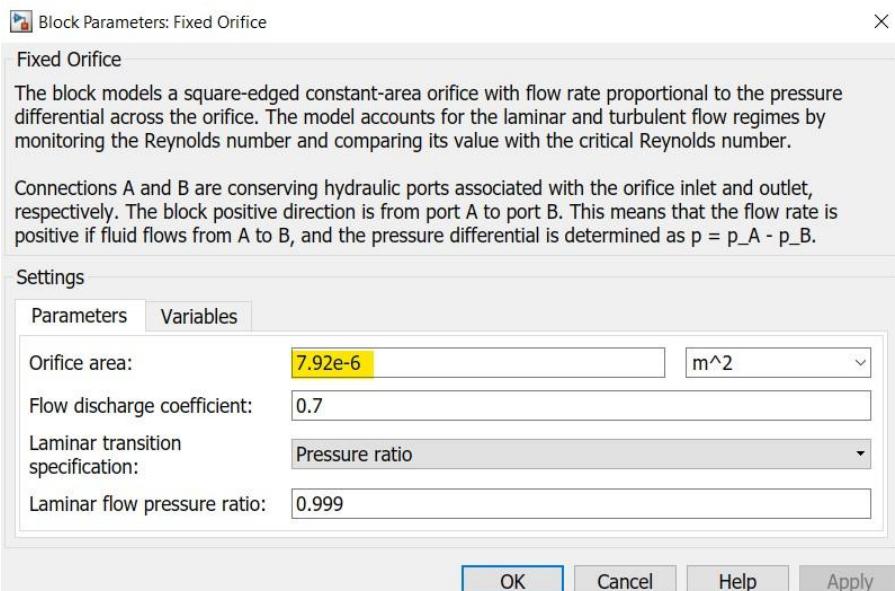
**Khối Elbow đại diện cho đoạn cong của đường ống như một lực cản thủy lực cục bộ.** Tần số áp suất được tính theo công thức bán thực nghiệm dựa trên hệ số tần số áp suất, được xác định theo các khuyến nghị của Crane Co. Hai loại elbow là: cong tròn (tiêu chuẩn) và nhọn (khía cạnh). Khối bao phủ khuỷu tay trong phạm vi 5–100 mm và 0–90 độ.

|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|----------|---------------------------|-----|-----------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|-------|------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------|----------------------|-----|-------------------|---|
|                                                                                                         | <p><b>Settings</b></p> <p><b>Parameters</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Elbow type:</td><td>Smoothly curved</td></tr> <tr> <td>Elbow internal diameter:</td><td>9.525e-3</td></tr> <tr> <td>Elbow angle:</td><td>90</td></tr> <tr> <td>Laminar transition specification:</td><td>Pressure ratio</td></tr> <tr> <td>Laminar flow pressure ratio:</td><td>0.999</td></tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Elbow type:              | Smoothly curved | Elbow internal diameter: | 9.525e-3 | Elbow angle:              | 90  | Laminar transition specification: | Pressure ratio | Laminar flow pressure ratio:                      | 0.999 |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Elbow type:                                                                                             | Smoothly curved                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Elbow internal diameter:                                                                                | 9.525e-3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Elbow angle:                                                                                            | 90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Laminar transition specification:                                                                       | Pressure ratio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Laminar flow pressure ratio:                                                                            | 0.999                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| <br>Hydraulic Pipeline | <p><b>Mô hình hóa các đường ống thủy lực có mặt cắt hình tròn và không tròn.</b> Khối này giải thích cho sự mất mát ma sát dọc theo chiều dài đường ống và cho khả năng nén của chất lỏng. Khối này không tính đến quán tính của chất lỏng và không thể được sử dụng để dự đoán các tác động như búa nước hoặc sự thay đổi áp suất do gia tốc chất lỏng gây ra.</p> <p><b>Parameters</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pipe cross section type:</td> <td>Circular</td> </tr> <tr> <td>Pipe internal diameter:</td> <td>9.525e-3</td> </tr> <tr> <td>Geometrical shape factor:</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Pipe length:</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>Aggregate equivalent length of local resistances:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Internal surface roughness height:</td> <td>15e-6</td> </tr> <tr> <td>Laminar flow upper Reynolds number limit:</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>Turbulent flow lower Reynolds number limit:</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>Pipe wall type:</td> <td>Rigid</td> </tr> <tr> <td>Specific heat ratio:</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Initial pressure:</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Pipe cross section type: | Circular        | Pipe internal diameter:  | 9.525e-3 | Geometrical shape factor: | 64  | Pipe length:                      | 0.5            | Aggregate equivalent length of local resistances: | 1     | Internal surface roughness height: | 15e-6          | Laminar flow upper Reynolds number limit: | 2000  | Turbulent flow lower Reynolds number limit: | 4000                                  | Pipe wall type: | Rigid | Specific heat ratio: | 1.4 | Initial pressure: | 0 |
| Pipe cross section type:                                                                                | Circular                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Pipe internal diameter:                                                                                 | 9.525e-3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Geometrical shape factor:                                                                               | 64                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Pipe length:                                                                                            | 0.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Aggregate equivalent length of local resistances:                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Internal surface roughness height:                                                                      | 15e-6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Laminar flow upper Reynolds number limit:                                                               | 2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Turbulent flow lower Reynolds number limit:                                                             | 4000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Pipe wall type:                                                                                         | Rigid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Specific heat ratio:                                                                                    | 1.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Initial pressure:                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| <br>Check Valve      | <p><b>Đại diện cho một van một chiều thủy lực dưới dạng mô hình</b> dựa trên bảng dữ liệu. Mục đích của van một chiều là <b>cho phép dòng chảy theo một hướng và chặn nó theo hướng ngược lại</b>.</p> <p><b>Parameters</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Maximum passage area:</td> <td>7.126e-5</td> </tr> <tr> <td>Cracking pressure:</td> <td>0.345</td> </tr> <tr> <td>Maximum opening pressure:</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Flow discharge coefficient:</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>Leakage area:</td> <td>1e-12</td> </tr> <tr> <td>Laminar transition specification:</td> <td>Pressure ratio</td> </tr> <tr> <td>Laminar flow pressure ratio:</td> <td>0.999</td> </tr> <tr> <td>Opening dynamics:</td> <td>Do not include valve opening dynamics</td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Maximum passage area:    | 7.126e-5        | Cracking pressure:       | 0.345    | Maximum opening pressure: | 150 | Flow discharge coefficient:       | 0.7            | Leakage area:                                     | 1e-12 | Laminar transition specification:  | Pressure ratio | Laminar flow pressure ratio:              | 0.999 | Opening dynamics:                           | Do not include valve opening dynamics |                 |       |                      |     |                   |   |
| Maximum passage area:                                                                                   | 7.126e-5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Cracking pressure:                                                                                      | 0.345                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Maximum opening pressure:                                                                               | 150                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Flow discharge coefficient:                                                                             | 0.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Leakage area:                                                                                           | 1e-12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Laminar transition specification:                                                                       | Pressure ratio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Laminar flow pressure ratio:                                                                            | 0.999                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |
| Opening dynamics:                                                                                       | Do not include valve opening dynamics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          |                 |                          |          |                           |     |                                   |                |                                                   |       |                                    |                |                                           |       |                                             |                                       |                 |       |                      |     |                   |   |

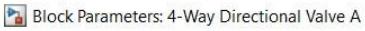
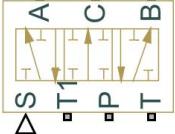


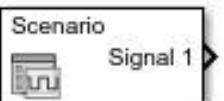
Fixed Orifice

**Tạo mô hình một lỗ có độ lớn nhỏ hơn độ lớn đường ống để giảm tốc độ dòng chảy,** có diện tích không đổi được mài sắc cạnh, tốc độ dòng chảy qua đó tỷ lệ với chênh lệch áp suất qua lỗ.

4-way Directional  
Valve A

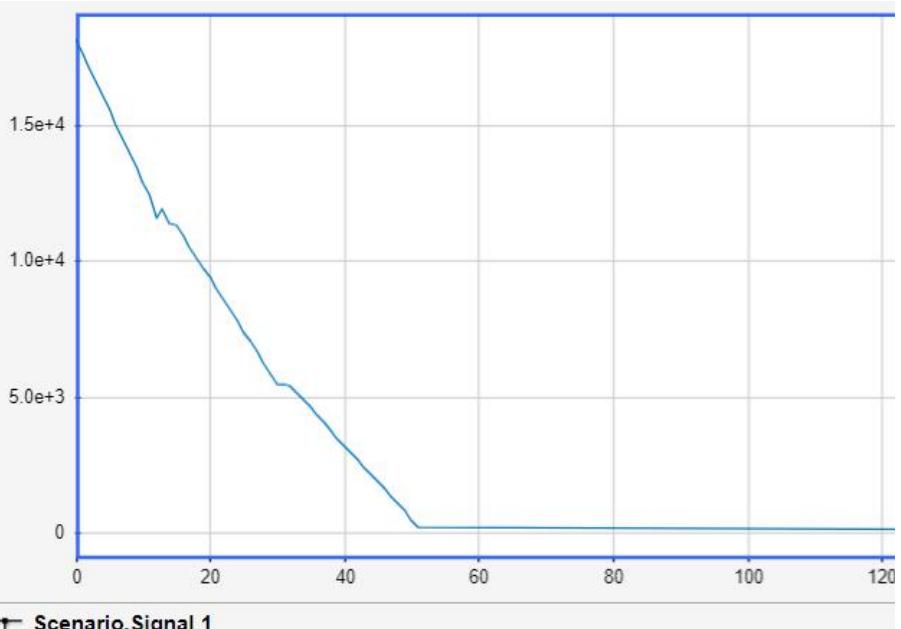
**Mô phỏng cấu hình của van điều hướng 4 cổng 3 vị trí kiểu tandem, trong đó van không tải khi máy bơm ở vị trí trung tính.** Chất lỏng được bơm trong van qua đường vào P và được phân phối giữa hai đường thủy lực bên ngoài A và B (thường được kết nối với thiết bị truyền động tác động kép) và đường hồi T. Khối có bốn kết nối thủy lực, tương ứng với cổng vào. (P), cổng bộ truyền động (A và B), và cổng trả về (T), và một kết nối cổng tín hiệu vật lý (S), điều khiển vị trí ống chỉ.

|                                                                                                                      | <p> Block Parameters: 4-Way Directional Valve A</p> <p><b>4-Way Directional Valve A</b></p> <p>This block models option A of the 4-way directional valve in a hydraulic network. It is built of six variable orifices. The valve unloads the pump in neutral position. To parameterize the block, 3 options are available: (1) by maximum area and control member stroke,(2) by the table of valve area vs. control member displacement, and (3) by the pressure-flow rate characteristics.</p> <p>Ports P, T, A and B are hydraulic conserving ports associated with the valve inlet, outlet, and actuator terminals, respectively. The control member displacement is set by the physical signal input S. A positive displacement opens the connections between ports P-A and B-T, and T1-T and closes the connections between ports A-T, P-B, and P-T1.</p> <p><b>Settings</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Basic Parameters</th> <th>Valve Opening Offsets</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model parameterization: By maximum area and opening</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Valve passage maximum area: 1.27e-4</td> <td>m^2</td> </tr> <tr> <td>Valve maximum opening: 0.005</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Flow discharge coefficient: 0.7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Leakage area: 1e-12</td> <td>m^2</td> </tr> <tr> <td>Laminar transition specification: Pressure ratio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Laminar flow pressure ratio: 0.999</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>OK Cancel Help Apply</p> | Basic Parameters     | Valve Opening Offsets | Model parameterization: By maximum area and opening |              | Valve passage maximum area: 1.27e-4 | m^2 | Valve maximum opening: 0.005                | m | Flow discharge coefficient: 0.7 |  | Leakage area: 1e-12 | m^2 | Laminar transition specification: Pressure ratio |  | Laminar flow pressure ratio: 0.999 |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-----|---------------------------------------------|---|---------------------------------|--|---------------------|-----|--------------------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| Basic Parameters                                                                                                     | Valve Opening Offsets                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Model parameterization: By maximum area and opening                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Valve passage maximum area: 1.27e-4                                                                                  | m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Valve maximum opening: 0.005                                                                                         | m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Flow discharge coefficient: 0.7                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Leakage area: 1e-12                                                                                                  | m^2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Laminar transition specification: Pressure ratio                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Laminar flow pressure ratio: 0.999                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
|  <p>6-Way Directional Valve A</p> | <p><b>Van điều hướng 6 cổng 3 vị trí</b></p> <p>Các cổng P, T, T1, A, B, C đại diện cho các cổng thủy lực của van, sự dịch chuyển vị trí được thi hành nhờ cổng S, tín hiệu dương đẩy van sang khỏi bên phải, có nghĩa là cổng P kết nối với cổng B, cổng A kết nối với cổng T1, ngược lại, tín hiệu âm đẩy van sang khỏi bên trái.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
|  <p>Gain</p>                      | <p>Khối <b>Gain</b> nhận đầu vào với một giá trị không đổi (gain).</p> <p>Đầu vào có thể là một tín hiệu vô hướng, vectơ hoặc ma trận.</p> <p>Có thể chỉ định giá trị của Gain trong tham số Gain. Tham số Multiplication cho phép chỉ định phép nhân theo phần tử hoặc phép nhân ma trận. Đối với phép nhân ma trận, tham số này cũng cho phép chỉ ra thứ tự của các phép nhân.</p> <p><b>Gain</b></p> <p>Element-wise gain (<math>y = K \cdot u</math>) or matrix gain (<math>y = K \cdot u</math> or <math>y = u \cdot K</math>).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Main</th> <th>Signal Attributes</th> <th>Parameter Attributes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gain:<br/>1e7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Multiplication: Element-wise(<math>K \cdot u</math>)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Main                 | Signal Attributes     | Parameter Attributes                                | Gain:<br>1e7 |                                     |     | Multiplication: Element-wise( $K \cdot u$ ) |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Main                                                                                                                 | Signal Attributes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Parameter Attributes |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Gain:<br>1e7                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |
| Multiplication: Element-wise( $K \cdot u$ )                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                       |                                                     |              |                                     |     |                                             |   |                                 |  |                     |     |                                                  |  |                                    |  |



Signal Editor

**Hiển thị, tạo và chỉnh sửa các thông số tín hiệu có thể hoán đổi cho nhau.** Có thể sử dụng khôi để chuyển đổi các thông số tín hiệu trong và ngoài mô hình.



Scenario.Signal 1



| TIME | DATA     |
|------|----------|
| 0    | 18241.3  |
| 1    | 17717.92 |
| 2    | 17194.54 |
| 3    | 16671.15 |
| 4    | 16147.77 |
| 5    | 15624.39 |
| 6    | 15101    |
| 7    | 14577.62 |
| 8    | 14054.24 |
| 9    | 13530.85 |
| 10   | 13007.47 |
| 11   | 12484.09 |

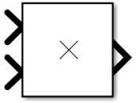
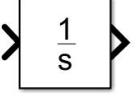
Simulink-PS  
Converter

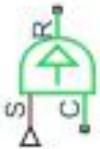
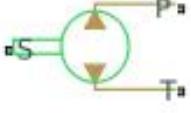
**Chuyển đổi tín hiệu Simulink sang tín hiệu vật lý.**

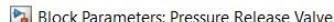


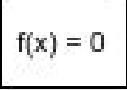
Simulink Constant

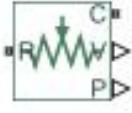
**Tạo ra một tín hiệu có giá trị không đổi.** Có thể chỉ định giá trị và đơn vị của tín hiệu làm hằng số.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                              | <p>Main    Signal Attributes</p> <p>Constant value: <input type="text" value="70.4"/> <span style="float: right;">...</span></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Interpret vector parameters as 1-D</p> <p>Sample time: <input type="text" value="inf"/> <span style="float: right;">...</span></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <br>Multiply                                | <p><b>Khối nhân giá trị của hai tín hiệu đầu vào, có thể điều chỉnh để nhân giá trị của nhiều tín hiệu vào khác nhau</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <br>Integrator                              | <p><b>Khối tích phân tín hiệu đầu vào theo thời gian liên tục.</b></p> <p>Không thiết lập điều kiện ban đầu. Khối này nhằm tính toán năng lượng tiêu thụ ở xy lanh thủy lực dựa theo phương trình (2.3) mục 1.3 Chương 2, bằng cách tích phân hàm P(t) theo thời gian</p> <p>Parameters</p> <p>External reset: <input type="text" value="none"/> <span style="float: right;">▼</span></p> <p>Initial condition source: <input type="text" value="internal"/> <span style="float: right;">▼</span></p> <p>Initial condition: <input type="text" value="0"/> <span style="float: right;">...</span></p> <p><input type="checkbox"/> Limit output</p> <p><input type="checkbox"/> Wrap state</p> <p><input type="checkbox"/> Show saturation port</p> <p><input type="checkbox"/> Show state port</p> <p>Absolute tolerance: <input type="text" value="auto"/> <span style="float: right;">...</span></p> <p><input type="checkbox"/> Ignore limit and reset when linearizing</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Enable zero-crossing detection</p> |
| <br>Mechanical<br>Rotational<br>Reference | <p><b>Đại diện cho một điểm tham chiếu, hoặc khung, cho tất cả các cỗng quay cơ học.</b> Tất cả các cỗng quay được kẹp chặt vào khung (mặt đất) phải được kết nối với khối Mechanical Rotational Reference.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Ideal Angular Velocity Source | <p><b>Đại diện cho một nguồn vận tốc góc lý tưởng tạo ra chênh lệch vận tốc tại các thiết bị đầu cuối của nó tỷ lệ với tín hiệu vật lý đầu vào.</b> Nguồn là lý tưởng theo nghĩa được cho là đủ mạnh để duy trì vận tốc xác định bất kể mô-men xoắn tác dụng lên hệ thống là bao nhiêu.</p> <p><b>Cổng R và C là các cổng bảo toàn quay cơ học.</b> Cổng S là một cổng tín hiệu vật lý, qua đó tín hiệu điều khiển dẫn động nguồn được áp dụng. Vận tốc tương đối (chênh lệch vận tốc) qua nguồn tỷ lệ thuận với tín hiệu tại cổng điều khiển S. Toàn bộ nguồn tín hiệu Simulink có thể được sử dụng để tạo ra cấu hình biến thiên vận tốc mong muốn.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <br>Fixed-Displacement Pump       | <p><b>Bơm có lưu lượng cố định.</b> Nó giải thích cho tổn thất do dòng rò rỉ và mômen ma sát. Máy bơm có thể hoạt động theo cả chiều thuận và chiều ngược lại tùy thuộc vào chuyển động quay của trục. Nó cũng có thể hoạt động như một động cơ truyền động trục.</p> <p>Nhấp chuột phải vào khối và chọn Simscape → Block choices để chọn giữa các tùy chọn tham số hóa. Để tham số hóa dữ liệu phân tích hoặc lập bảng, hãy nhấp chuột phải vào khối và chọn Fluids → Plot Characteristic để trực quan hóa các đường cong đặc trưng. Tham khảo trang tham chiếu khối để biết mô tả về các biến thể và đầu vào khối.</p> <p><b>Kết nối P và T lần lượt là các cổng bảo toàn thủy lực được liên kết với đầu ra và đầu vào của bơm. Kết nối S là một cổng bảo toàn quay cơ học được liên kết với trục dẫn động bơm. Chiều dương của khối là từ cổng T đến cổng P.</b> Điều này có nghĩa là máy bơm chuyển chất lỏng từ T sang P nếu trục S quay theo chiều dương.</p> |

|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------|------------------------|-------|-----------------------------|------------------------------|--------|---------------|------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|------|------------------------------|-----------------|---|-------------------|---------------------------------------|--|
|                                                                                                                   | <p><b>Settings</b></p> <p><b>Parameters</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Displacement:</td><td>112e-6</td><td>m<sup>3</sup>/rev</td></tr> <tr> <td>Leakage and friction parameterization:</td><td>Analytical</td><td></td></tr> <tr> <td>Nominal shaft angular velocity:</td><td>125.6637</td><td>rad/s</td></tr> <tr> <td>Nominal pressure gain:</td><td>200e5</td><td>Pa</td></tr> <tr> <td>Nominal kinematic viscosity:</td><td>40.152</td><td>cSt</td></tr> <tr> <td>Nominal fluid density:</td><td>865.598</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr> <td>Volumetric efficiency at nominal conditions:</td><td>0.95</td><td></td></tr> <tr> <td>No-load torque:</td><td>0</td><td>N*m</td></tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Displacement:                  | 112e-6                            | m <sup>3</sup> /rev   | Leakage and friction parameterization: | Analytical     |                         | Nominal shaft angular velocity: | 125.6637 | rad/s                   | Nominal pressure gain: | 200e5 | Pa                          | Nominal kinematic viscosity: | 40.152 | cSt           | Nominal fluid density: | 865.598        | kg/m <sup>3</sup>                 | Volumetric efficiency at nominal conditions: | 0.95 |                              | No-load torque: | 0 | N*m               |                                       |  |
| Displacement:                                                                                                     | 112e-6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | m <sup>3</sup> /rev            |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Leakage and friction parameterization:                                                                            | Analytical                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Nominal shaft angular velocity:                                                                                   | 125.6637                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | rad/s                          |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Nominal pressure gain:                                                                                            | 200e5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Pa                             |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Nominal kinematic viscosity:                                                                                      | 40.152                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | cSt                            |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Nominal fluid density:                                                                                            | 865.598                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | kg/m <sup>3</sup>              |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Volumetric efficiency at nominal conditions:                                                                      | 0.95                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| No-load torque:                                                                                                   | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | N*m                            |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| <br><b>Pressure Relief Valve</b> | <p><b>Mô hình hóa dòng chảy qua van an toàn để duy trì mức giảm áp suất đặt trước giữa đầu vào (cổng A) và đầu ra (cổng B).</b> Van thường đóng mở khi áp suất giảm từ A đến B vượt quá áp suất cài đặt của van. Diện tích mở van được tính như một hàm của lượng dư trong quá trình giảm áp suất, hoặc là một biểu thức tuyến tính đơn giản hoặc một hàm lập bảng (thường là phi tuyến tính). Van phục vụ mục đích của nó cho đến khi diện tích mở của nó đạt đến mức tối đa - một điểm ở giới hạn của phạm vi điều chỉnh van, vượt quá mức đó áp suất giảm một lần nữa tự do tăng lên, không suy giảm.</p> <p> Block Parameters: Pressure Release Valve <span style="float: right;">×</span></p> <p><b>Pressure Relief Valve</b></p> <p>This block represents a hydraulic pressure relief valve as a data sheet-based model. The valve remains closed while pressure at the valve inlet is lower than the valve preset pressure. When the preset pressure is reached, the valve control member is forced off its seat, thus creating a passage between the inlet and outlet. Some fluid is diverted to a tank through this orifice, thus reducing the pressure at the inlet. If this flow rate is not enough and pressure continues to rise, the area is further increased until the control member reaches its maximum.</p> <p>Connections A and B are hydraulic conserving ports. The block positive direction is from port A to port B.</p> <p><b>Settings</b></p> <p><b>Parameters</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Opening area parameterization:</td> <td>Linear area-pressure relationship</td> </tr> <tr> <td>Maximum passage area:</td> <td>1.27e-04</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Valve pressure setting:</td> <td>1.75e+07</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Valve regulation range:</td> <td>8.5e+05</td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Flow discharge coefficient:</td> <td>0.7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Leakage area:</td> <td>1e-9</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Laminar transition specification:</td> <td>Pressure ratio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Laminar flow pressure ratio:</td> <td>0.999</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Opening dynamics:</td> <td>Do not include valve opening dynamics</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Opening area parameterization: | Linear area-pressure relationship | Maximum passage area: | 1.27e-04                               | m <sup>2</sup> | Valve pressure setting: | 1.75e+07                        | Pa       | Valve regulation range: | 8.5e+05                | Pa    | Flow discharge coefficient: | 0.7                          |        | Leakage area: | 1e-9                   | m <sup>2</sup> | Laminar transition specification: | Pressure ratio                               |      | Laminar flow pressure ratio: | 0.999           |   | Opening dynamics: | Do not include valve opening dynamics |  |
| Opening area parameterization:                                                                                    | Linear area-pressure relationship                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Maximum passage area:                                                                                             | 1.27e-04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | m <sup>2</sup>                 |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Valve pressure setting:                                                                                           | 1.75e+07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Pa                             |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Valve regulation range:                                                                                           | 8.5e+05                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Pa                             |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Flow discharge coefficient:                                                                                       | 0.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Leakage area:                                                                                                     | 1e-9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | m <sup>2</sup>                 |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Laminar transition specification:                                                                                 | Pressure ratio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Laminar flow pressure ratio:                                                                                      | 0.999                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |
| Opening dynamics:                                                                                                 | Do not include valve opening dynamics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                   |                       |                                        |                |                         |                                 |          |                         |                        |       |                             |                              |        |               |                        |                |                                   |                                              |      |                              |                 |   |                   |                                       |  |

|                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Hydraulic Reference  | <p><b>Thể hiện mối liên hệ với áp suất khí quyển.</b> Các cỗng bảo toàn thủy lực của tất cả các khối liên quan đến khí quyển (ví dụ, các cỗng hút của máy bơm thủy lực, hoặc các cỗng hồi lưu của van, xi lanh, đường ống, nếu chúng được coi là kết nối trực tiếp với khí quyển) phải được kết nối với khối Hydraulic Reference.</p>                                                                                                                                                                   |
| <br>Solver Configuration | <p><b>Mỗi mạng vật lý được đại diện bởi một sơ đồ khối Simscape</b> <b>được kết nối yêu cầu thông tin cài đặt bộ giải mô phỏng.</b> Khối Solver Configuration chỉ định các tham số bộ giải mà mô hình cần trước khi có thể bắt đầu mô phỏng.<br/>Mỗi sơ đồ khối Simscape riêng biệt về mặt cấu trúc liên kết yêu cầu chính xác một khối Cấu hình Bộ giải được kết nối với nó.</p>                                                                                                                       |
| <br>Hydraulic Fluid      | <p><b>Khối Hydraulic Fluid</b> cho phép <b>chỉ định loại chất lỏng thủy lực</b> <b>được sử dụng trong một vòng lặp của khối thủy lực.</b> Nó cung cấp các đặc tính của chất lỏng thủy lực, chẳng hạn như độ nhớt động học, tỷ trọng và mô đun số lượng lớn, cho tất cả các khối thủy lực trong vòng lặp. Các đặc tính chất lỏng này được giả định là không đổi trong thời gian mô phỏng. Tỷ trọng được xác định bởi loại chất lỏng, trong khi độ nhớt động học cũng yêu cầu nhiệt độ được chỉ định.</p> |

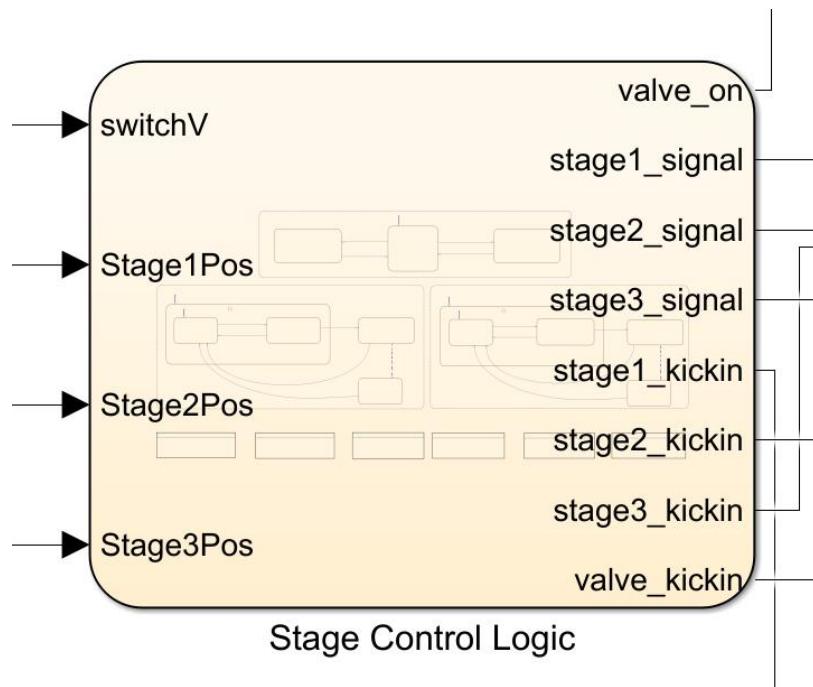
|                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                          | <p><b>Block Parameters: Fluid Properties</b></p> <p>The block assigns working fluid for all components assembled in a particular loop. The loop detection is performed automatically and the block is considered as part of the loop if it is hydraulically connected to at least one of the loop components. The block offers wide selection of fluids to choose from. The custom fluid is assigned with the Custom Hydraulic Fluid block from the Simscape foundation library. If neither Hydraulic Fluid nor Custom Hydraulic Fluid block is connected to the loop, the default properties of the Custom Hydraulic Fluid block are assigned.</p> <p><b>Parameters</b></p> <p>Hydraulic fluid: ISO VG 46 (ESSO UNIVIS N 46)</p> <p>Relative amount of trapped air: 1e-5</p> <p>System temperature (C): 60</p> <p>Viscosity derating factor: 1</p> <p>Pressure below absolute zero: Error</p> <p>Fluid Properties:</p> <p>Density (kg/m<sup>3</sup>): 855.692</p> <p>Viscosity (cSt): 21.3611</p> <p>Bulk modulus (Pa) at atm. pressure: 1.29503e+09</p> |
| <br>Ideal Translational Motion Sensor | <p>Đại diện cho một <b>thiết bị chuyển đổi một biến số được đo giữa hai nút tĩnh tiến cơ học thành tín hiệu điều khiển tỷ lệ với vận tốc hoặc vị trí</b>. Có thể chỉ định vị trí ban đầu (độ lệch) làm tham số khôi.</p> <p>Cảm biến là lý tưởng vì nó không tính đến quán tính, ma sát, độ trễ, tiêu thụ năng lượng, v.v.</p> <p>Kết nối R và C là các <b>cổng bảo toàn tĩnh tiến cơ học kết nối khối với các nút có chuyển động đang được theo dõi</b>. Kết nối V và P lần lượt là <b>các cổng xuất tín hiệu vật lý cho vận tốc và vị trí</b>.</p> <p>Cổng R và C là các <b>cổng bảo toàn tĩnh tiến cơ học kết nối khối với các nút có chuyển động đang được theo dõi</b>. Kết nối V và P</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                              | <p>lần lượt là các cổng xuất tín hiệu vật lý cho vận tốc và vị trí.<br/>Chiều dương của khối là từ cổng R đến cổng C.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <br><b>PS-Simulink<br/>Converter</b>        | <p><b>Chuyển đổi tín hiệu vật lý sang tín hiệu Simulink.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <br><b>Hydraulic Pressure<br/>Sensor</b>    | <p>Đại diện cho một <b>cảm biến áp suất thủy lực lý tưởng</b>, tức là <b>một thiết bị chuyển đổi chênh lệch áp suất thủy lực đo được giữa hai điểm thành tín hiệu điều khiển tỷ lệ với áp suất này</b>.<br/>Cảm biến lý tưởng vì nó không tính đến quán tính, ma sát, độ trễ, mất áp suất, v.v.<br/><b>Cổng A và B bảo toàn các cổng thủy lực kết nối cảm biến với đường thủy lực. Cổng P là một cổng tín hiệu vật lý xuất ra giá trị áp suất.</b> Chiều dương của cảm biến là từ A đến B.</p> |
| <br><b>Hydraulic Flow Rate<br/>Sensor</b> | <p><b>Khối đo lưu lượng dầu thủy lực trong đường ống.</b><br/>Khối này có chiều dương đi từ cổng A đến cổng B, đầu ra là hai tín hiệu vật lý Q và M, lần lượt là tín hiệu lưu lượng thể tích và lưu lượng khối lượng của dòng lưu chất.</p>                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <br><b>Scope</b>                          | <p><b>Hiển thị các tín hiệu được tạo ra trong quá trình mô phỏng.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <br><b>Mux</b>                            | <p><b>Chập các tín hiệu riêng rẽ thành 1 vector tín hiệu mới.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <br><b>Sudden Area<br/>Change</b>         | <p>Đại diện cho <b>một lực cản thủy lực cục bộ</b> chẳng hạn như sự thay đổi diện tích mặt cắt ngang đột ngột, ...Lực cản được đặc trưng bởi sự mở rộng đột ngột nếu chất lỏng chảy từ A đến B, hoặc sự thắt đột ngột khi chất lỏng đi từ B về A.<br/>Chiều dương của khối đi từ A đến B, độ chênh áp được xác định bởi công thức <math>p = p_A - p_B</math></p>                                                                                                                               |

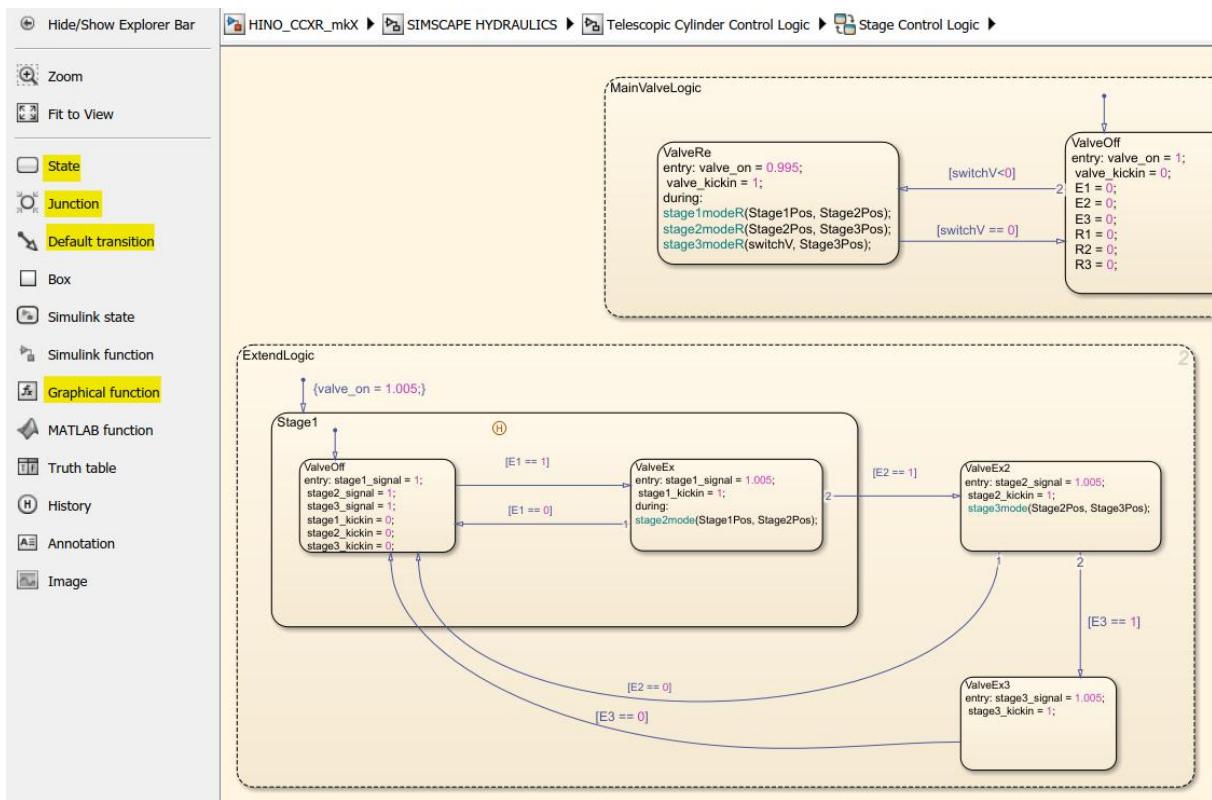
|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|----------|-----------------------------------|----------------|------------------------------|-------|-----------------------------------|----------------|------------------------------|-------|
|                                                                                                        | <p><b>Block Parameters: Sudden Area Change</b></p> <p><b>Sudden Area Change</b></p> <p>The block represents a local hydraulic resistance, such as a sudden cross-sectional area change. The resistance is characterized as a sudden enlargement if fluid flows from port A to port B, or as a sudden contraction if fluid flows from port B to port A. The block offers two methods of the loss coefficient specification: by applying semi-empirical formulas or by table-lookup for the pressure loss coefficient based on the Reynolds number. The block is bidirectional and computes pressure loss for both the direct flow (sudden enlargement) and return flow (sudden contraction). If the second parameterization option is selected (By loss coefficient vs. Re table), the table must cover both the positive and negative Reynolds number regions.</p> <p>Ports A and B are hydraulic conserving ports associated with the block inlet and outlet, respectively. The pressure differential is determined as <math>p = p_A - p_B</math>.</p> <p><b>Settings</b></p> <p><b>Parameters</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Model parameterization:</td> <td>Semi-empirical correlation</td> </tr> <tr> <td>Small diameter:</td> <td>0.0127 m</td> </tr> <tr> <td>Large diameter:</td> <td>0.01905 m</td> </tr> <tr> <td>Correction coefficient:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Laminar transition specification:</td> <td>Pressure ratio</td> </tr> <tr> <td>Laminar flow pressure ratio:</td> <td>0.999</td> </tr> </table> | Model parameterization: | Semi-empirical correlation | Small diameter:       | 0.0127 m | Large diameter:                   | 0.01905 m      | Correction coefficient:      | 1     | Laminar transition specification: | Pressure ratio | Laminar flow pressure ratio: | 0.999 |
| Model parameterization:                                                                                | Semi-empirical correlation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Small diameter:                                                                                        | 0.0127 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Large diameter:                                                                                        | 0.01905 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Correction coefficient:                                                                                | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Laminar transition specification:                                                                      | Pressure ratio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Laminar flow pressure ratio:                                                                           | 0.999                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| <br><b>T-Junction</b> | <p><b>Khớp nối chữ T (ngã ba đầu)</b></p> <p>Khớp nối bao gồm mạch chính và hai nhánh rẽ. Đóng vai trò là một vật cản dòng thủy lực. Chiều dương của khối này đi từ cổng A sang cổng B, cổng A sang cổng A1 và từ cổng A1 sang cổng B.</p> <p><b>Settings</b></p> <p><b>Geometry</b> <b>Pressure Loss</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Main pipe diameter:</td> <td>0.0095 m</td> </tr> <tr> <td>Branch pipe diameter:</td> <td>0.0095 m</td> </tr> <tr> <td>Laminar transition specification:</td> <td>Pressure ratio</td> </tr> <tr> <td>Laminar flow pressure ratio:</td> <td>0.999</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Main pipe diameter:     | 0.0095 m                   | Branch pipe diameter: | 0.0095 m | Laminar transition specification: | Pressure ratio | Laminar flow pressure ratio: | 0.999 |                                   |                |                              |       |
| Main pipe diameter:                                                                                    | 0.0095 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Branch pipe diameter:                                                                                  | 0.0095 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Laminar transition specification:                                                                      | Pressure ratio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |
| Laminar flow pressure ratio:                                                                           | 0.999                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                            |                       |          |                                   |                |                              |       |                                   |                |                              |       |

## PHỤ LỤC II: ỨNG DỤNG STATEFLOW TRONG ĐIỀU KHIỂN THÚ TỰ LÀM VIỆC CỦA XY LANH TẦNG

- Phần phụ lục này giới thiệu sơ lược về module Stateflow của Simulink, về cơ bản Stateflow cung cấp một ngôn ngữ đồ họa bao gồm sơ đồ chuyển đổi trạng thái, lưu đồ, bảng chuyển đổi trạng thái và bảng sự thật (truth table). Người dùng có thể sử dụng Stateflow để mô tả cách các thuật toán MATLAB và mô hình Simulink phản ứng với các tín hiệu đầu vào, sự kiện và điều kiện dựa trên thời gian.
- Stateflow cho phép người dùng thiết kế và phát triển kiểm soát giám sát, lập lịch tác vụ, quản lý lỗi, giao thức truyền thông, giao diện người dùng và hệ thống kết hợp.
- Với Stateflow, người dùng có thể lập mô hình logic quyết định tổ hợp và tuần tự có thể được mô phỏng như một khối trong mô hình Simulink hoặc được thực thi như một đối tượng trong MATLAB. Hoạt ảnh đồ họa cho phép người dùng phân tích và gỡ lỗi logic của mình trong khi nó đang thực thi. Kiểm tra thời gian chỉnh sửa và thời gian chạy đảm bảo tính nhất quán và hoàn chỉnh của thiết kế trước khi triển khai.



Hình II.1 Stateflow điều khiển thứ tự ra vào của xy lanh tầng



Hình II.2 Thanh công cụ làm việc của Stateflow nằm phía bên trái cửa sổ

- Như đã biết, cơ cấu xy lanh tầng là tổ hợp của các xy lanh riêng lẻ, chỉ có sự kết nối ở môi trường Multibody, ở môi trường Hydraulics, chúng không có sự liên kết giống như một xy lanh tầng thực thụ. Do vậy, việc liên kết chúng ở môi trường Hydraulics sẽ cần dùng Stateflow, để thiết lập một sơ đồ logic cho thứ tự mở van của từng xy lanh trong cơ cấu xy lanh tầng, cần phải làm rõ những khói, tín hiệu cần dùng cho Stateflow, bảng sau đây thống kê các bộ phận dùng cho lưu đồ và ý nghĩa của nó.

Bảng II.1 Tên và chức năng của các bộ phận dùng trong Stateflow

| Tên và ký hiệu                                                                                         | Chức năng                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  State              | Đây là khói trạng thái, đại diện cho trạng thái vận hành                                                                      |
|  Default transition | Xác định trạng thái ban đầu, chuyển đổi giữa các trạng thái vận hành                                                          |
|  Connective         | Kết hợp giữa chuyển đổi với khói giao nhau này sẽ tạo ra một mô hình rẽ nhánh, thường dùng trong các hàm (function) điều kiện |

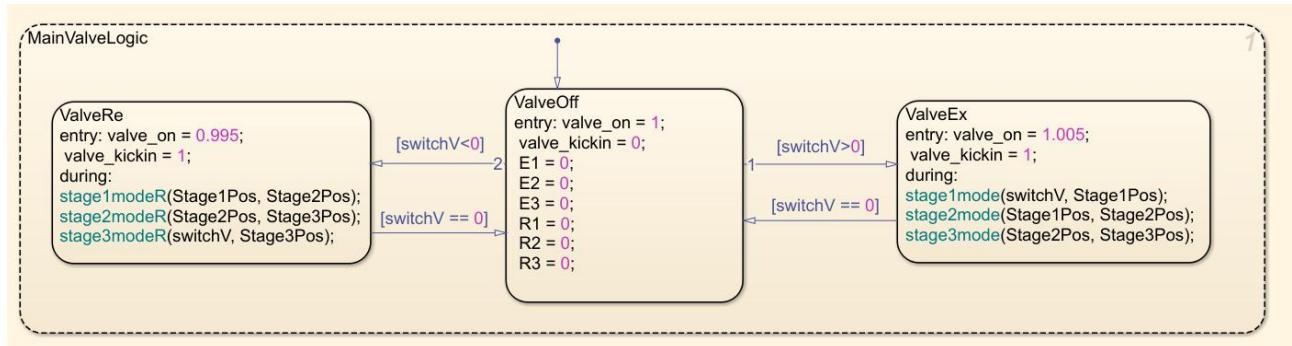
|                                                                                   |                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| junction                                                                          |                                                                                               |
|  | Hàm function dưới dạng đồ họa, sự kết hợp giữa hàm function ở Matlab và đồ họa của Stateflow. |
|  | Khối này dùng để ghi nhớ hoạt động trước đó của khối trạng thái.                              |

- Để điều khiển xy lanh tầng như mong muốn, cần phải làm rõ các vấn đề sau:
  - + Xy lanh tầng có bao nhiêu tầng? Thứ tự đóng/mở của các tầng?
  - + Tín hiệu kích hoạt xy lanh tầng hoạt động là tín hiệu gì?
  - + Hành trình của các tầng là bao nhiêu?
  - + Làm thế nào để nhận biết được xy lanh có đi hết, hay về hết hành trình?
- Khi hoàn thành các câu hỏi trên, người dùng có thể bắt đầu thiết lập các trạng thái cơ bản của xy lanh. Ứng dụng vào xy lanh 3 tầng, với thứ tự tầng 1 ra trước, sau đó là tầng 2 và 3. Khi kéo về, tầng 3 về trước, sau đó là tầng 2 và 1. Tín hiệu đầu vào để kích hoạt xy lanh hoạt động là tín hiệu mở van chính (van chính ở đây là van đóng mở xy lanh tầng thực tế, các van thành phần được đưa vào nhằm mục đích điều khiển xy lanh tầng như mong muốn), các hành trình của xy lanh tầng 1, 2 và 3 lần lượt là 1120 (mm), 1135 (mm), 1130 (mm). Để nhận biết được xy lanh đã đi hết hành trình hay chưa, cần phải có tín hiệu vị trí của nó để từ đó lập nên các hàm nhằm thay đổi trạng thái khi xy lanh đi hết hành trình, các hàm này cơ bản là hàm điều kiện (If... else...), sau đây là cách ứng dụng Stateflow trong điều khiển hoạt động xy lanh tầng.

## 1. Logic đóng mở van chính

Stateflow điều khiển thứ tự đóng mở van bắt đầu với việc thu nhận tín hiệu đầu vào - đó là tín hiệu đóng mở van chính, tín hiệu này không đi trực tiếp vào van chính như thường lệ mà sẽ đi vào Stateflow trước, sau đó Stateflow sẽ gửi tín hiệu đóng mở van chính. Vì là van 6 cổng 3 vị trí nên tương ứng với Stateflow cũng sẽ có 3 vị trí: “ValveOff”, “ValveEx” và “ValveRe”, tương ứng với trạng thái đóng van, mở van để xy lanh đi ra, mở van để xy lanh đi vào. Các trạng thái này được chuyển đổi với nhau nhờ đặt điều kiện tín hiệu đầu vào switchV “lấy cắp” từ tín hiệu mở van chính,

switchV>0 có nghĩa là van mở để xy lanh đi ra, ngược lại có switchV<0, khi switchV==0 thì trở về trạng thái đóng van (hình II.3). Kết quả đầu ra của các trạng thái là “valve\_on” và “valve\_kickin” sẽ được đưa vào khôi “Xu Ly Tin Hieu Mo Van Chinh” (hình 4.23), để kiểm tra các tín hiệu này có được xác nhận là tín hiệu đầu ra hay không, nhấn “RUN” để chạy chương trình, Matlab sẽ tự báo lỗi do không xác định các biến đầu ra, hoặc có dùng view => symbol để hiển thị cửa sổ đặc tính các biến (hình II.4)



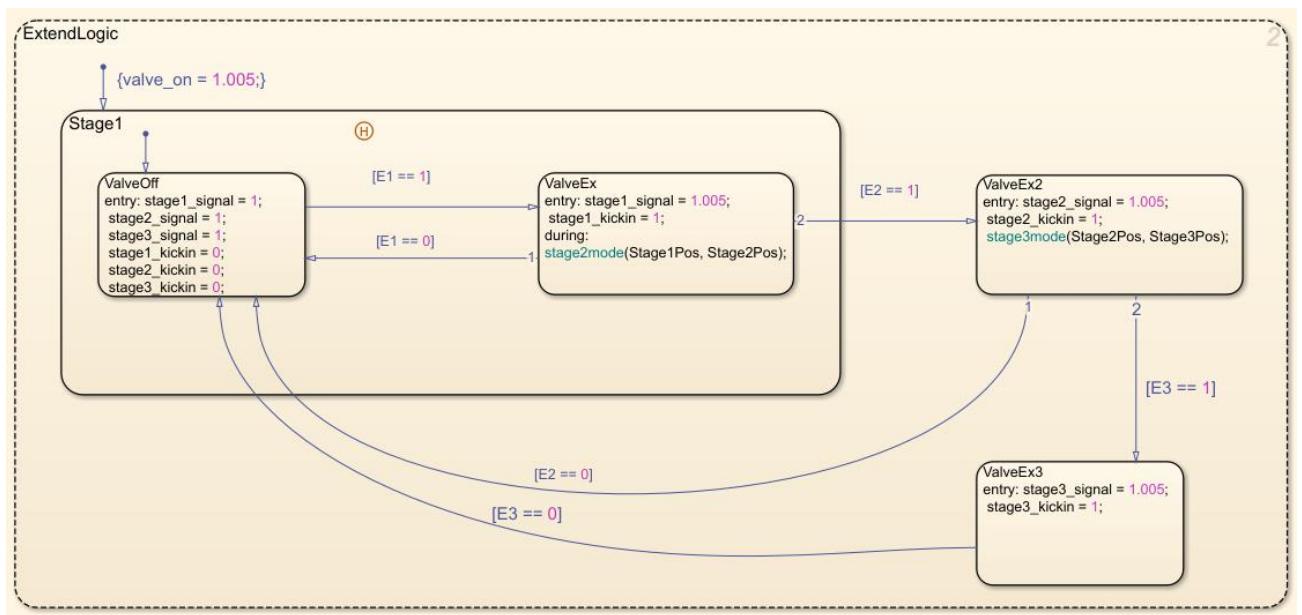
Hình II.3 Logic điều khiển trạng thái van chính

| Symbols |               |      |
|---------|---------------|------|
| TYPE    | NAME          | PORT |
| ▶       | stage2mode    |      |
| ▶       | stage3modeR   |      |
| ▶       | stage2modeR   |      |
| ▶       | stage1modeR   |      |
| ▶       | switchV       | 1    |
| ▶       | valve_on      | 1    |
| ▶       | stage1_signal | 2    |
| ▶       | E1            |      |
| ▶       | Stage1Pos     | 2    |
| ▶       | E2            |      |
| ▶       | stage2_signal | 3    |
| ▶       | Stage2Pos     | 3    |
| ▶       | E3            |      |
| ▶       | Stage3Pos     | 4    |
| ▶       | stage3_signal | 4    |
| ▶       | R3            |      |
| ▶       | R2            |      |
| ▶       | R1            |      |
| ▶       | stage1_kickin | 5    |
| ▶       | stage2_kickin | 6    |
| ▶       | stage3_kickin | 7    |
| ▶       | valve_kickin  | 8    |

Hình II.4 Cửa sổ Symbol

## 2. Logic đóng mở các tầng

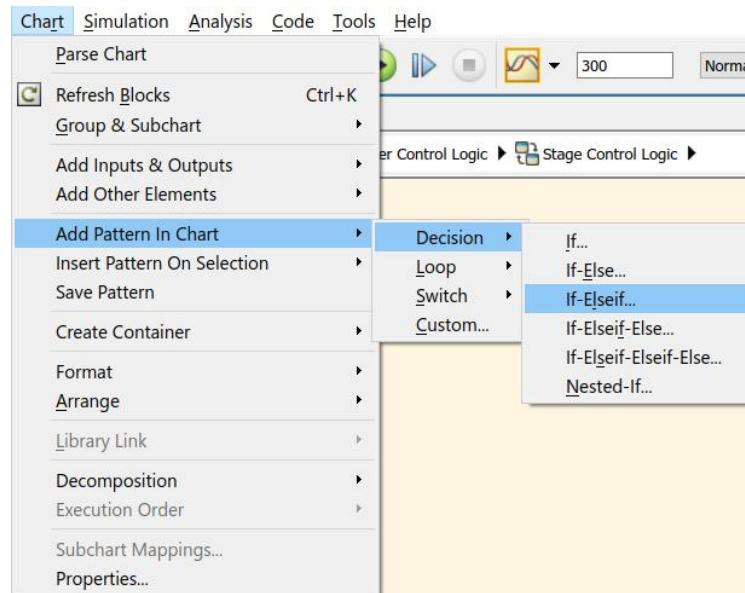
- Tiếp đến, khi đã có được các trạng thái đóng mở van chính, cần mở rộng các trạng thái “ValveEx” và “ValveRe” tương ứng với các trạng thái làm việc của xy lanh tầng, vì thế nên có các khối được khởi tạo là “ExtendLogic” và “RetractLogic” nhằm mục đích chi tiết hóa hai trạng thái “ValveEx” và “ValveRe”. Các trạng thái này lần lượt bắt đầu với tín hiệu  $valve\_on = 1,005^6$  và  $valve\_on = 0,995$ . Do điều khiển các tầng bằng cách mở lần lượt các van, từ đây nảy sinh ra các trạng thái mở van lần lượt “ValveEx”, “ValveEx2”, “ValveEx3” và không thể thiếu trạng thái van không hoạt động “ValveOff”, các trạng thái này sẽ được chuyển đổi tương ứng khi và chỉ khi các biến “E1”, “E2” và “E3” bằng 1, đầu ra ở các trạng thái mở van là tín hiệu độ mở van “stagex\_signal” và tín hiệu kích hoạt van “stagex\_kickin” (Hình II.5), song song đó để các biến “E1”, “E2” và “E3” bằng 1 khi đến thời điểm mở và bằng 0 khi đi hết hành trình, cần phải thu tín hiệu đầu vào vị trí từng tầng và so sánh chúng với giá trị cực đại của hành trình đi, để làm được điều này, Stateflow cho phép chèn đồ họa câu điều kiện if...else thông qua lệnh Chart > Add Pattern In Chart > Decision > if-else... (hình II.5).



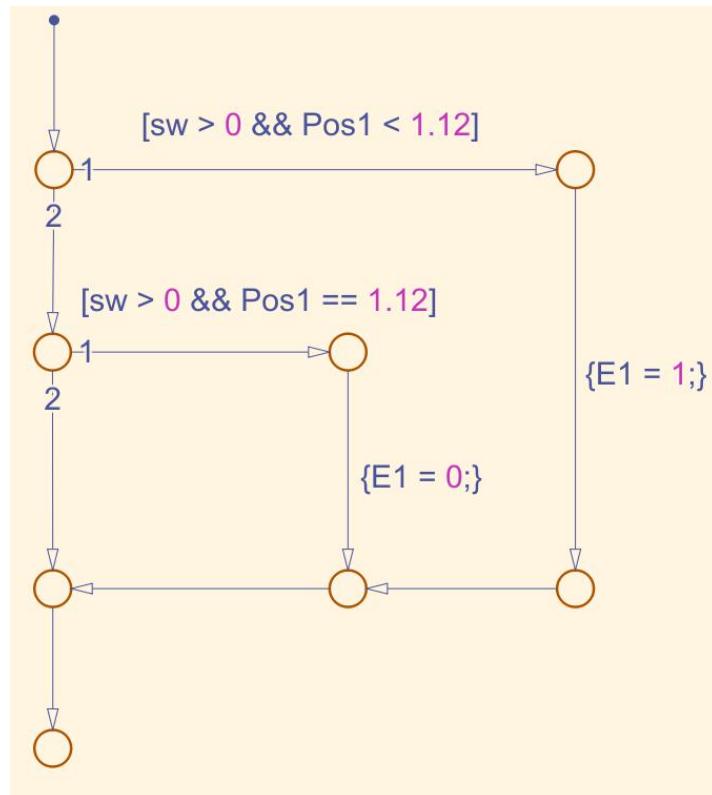
Hình II.5 Logic mở xy lanh

<sup>6</sup> Thông thường, đầu ra ở các trạng thái là 0 hoặc 1, tuy nhiên ở van điều hướng có 3 trạng thái, nên có thể sử dụng các giá trị 0,995; 0; 1,005 để đại diện cho các trạng thái van trượt sang trái, trung gian và sang phải.

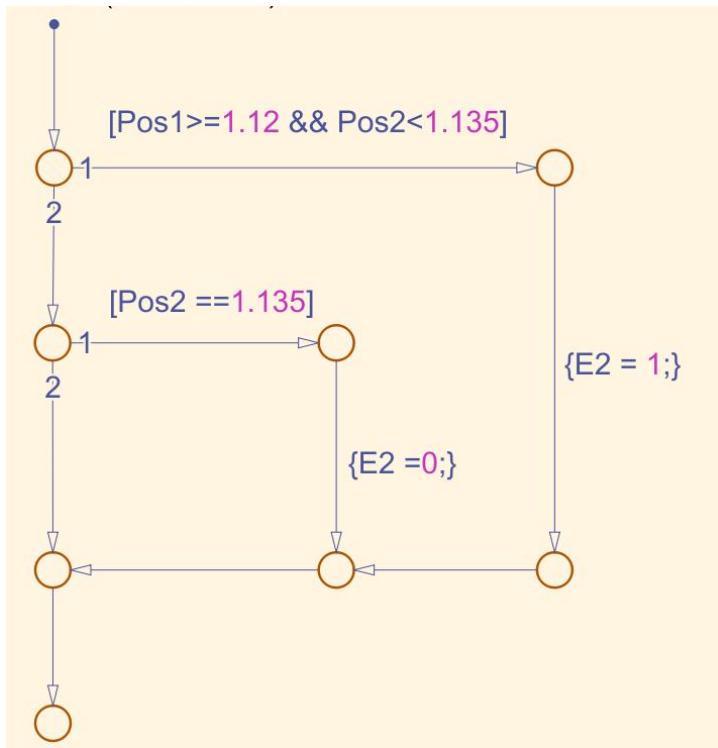
- Từ các giá trị hành trình xy lanh, thiết lập các câu điều kiện cho tín hiệu chuyển tiếp E1, E2 và E3 theo hành trình xy lanh, E1 sẽ được kích hoạt khi vị trí xy lanh tầng 1 nhỏ hơn vị trí cực đại của nó, E1 = 0 khi xy lanh đạt đến điểm hành trình 1,12 (m) (hình II.6), tương tự với các tín hiệu chuyển tiếp khác (hình II.7 và II.8).



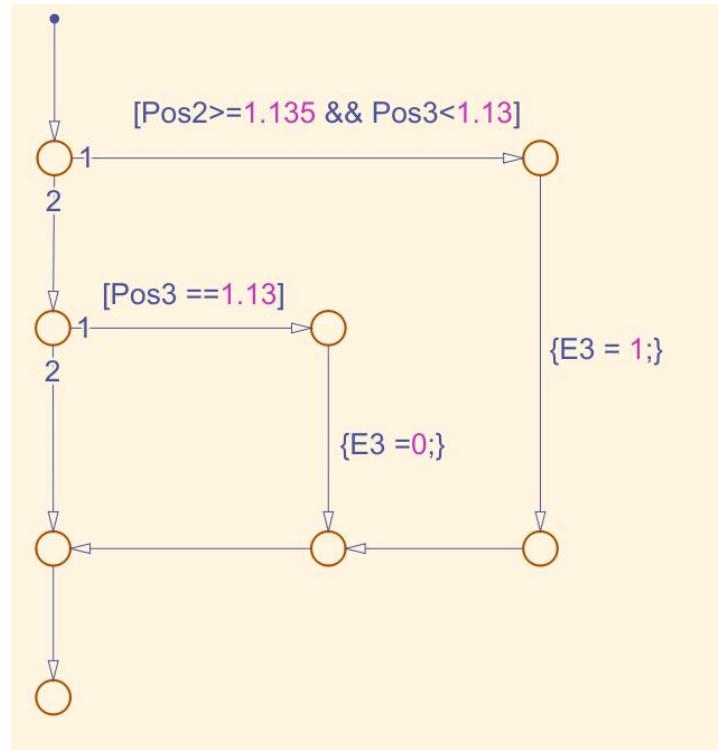
Hình II.6 Thêm vào đồ họa câu điều kiện If-else...



Hình II.7 Đồ họa câu điều kiện If Else dùng cho tín hiệu chuyển trạng thái tầng 1



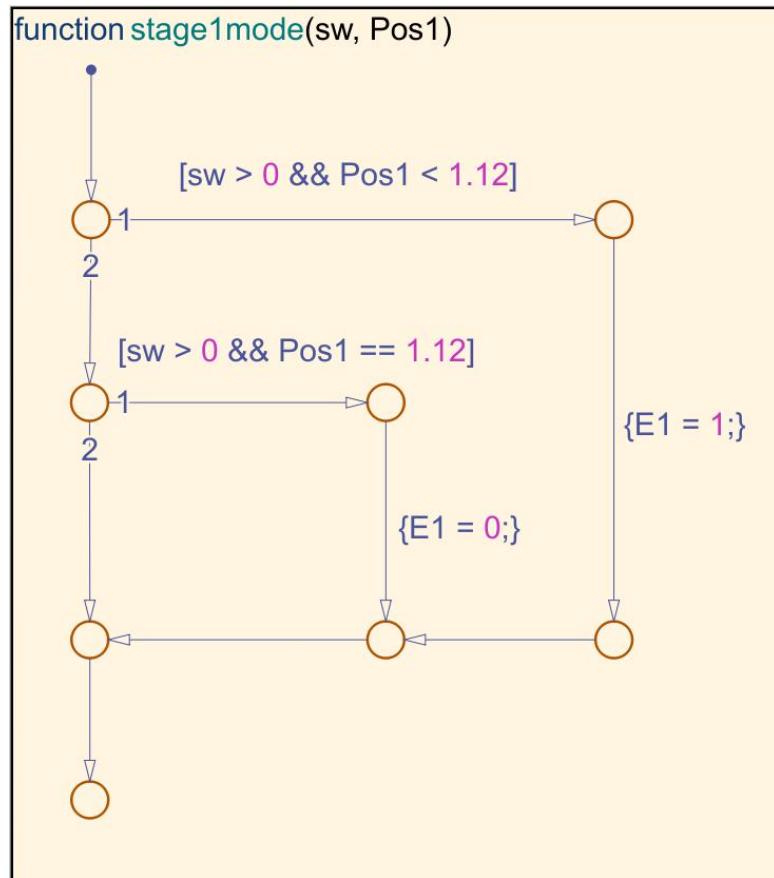
Hình II.8 Đồ họa câu điều kiện If Else dùng cho tín hiệu chuyển trạng thái tầng 2



Hình II.9 Đồ họa câu điều kiện If Else dùng cho tín hiệu chuyển trạng thái tầng 3

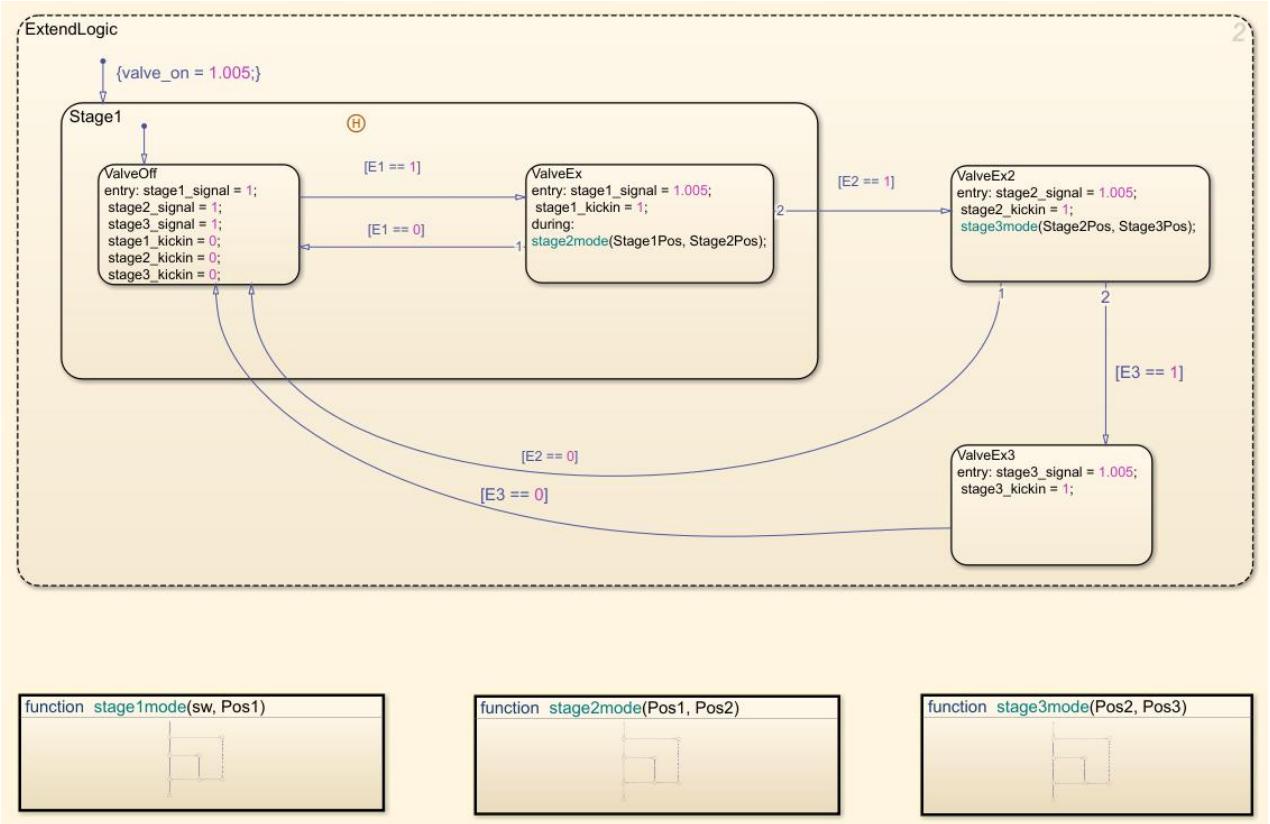
- Các câu điều kiện trên có các biến đầu vào Pos1, Pos2, Pos3 và sw, tương ứng với các biến vị trí các tầng và tín hiệu mở van chính. Tuy nhiên, các điều kiện vẫn chưa có liên kết nào với các trạng thái “ValveEx”, “ValveEx2”,... vì lẽ đó, hàm đồ họa function sẽ được ứng dụng nhằm mục đích gọi các câu điều kiện vào các trạng thái. Hàm function dưới dạng đồ họa này tương đồng với hàm function thuận túy

của Matlab (hình II.10). Với tên hàm “stage1mode” và biến đầu vào “sw”, “Pos1”. Từ đó có thể gọi các hàm này vào các trạng thái.

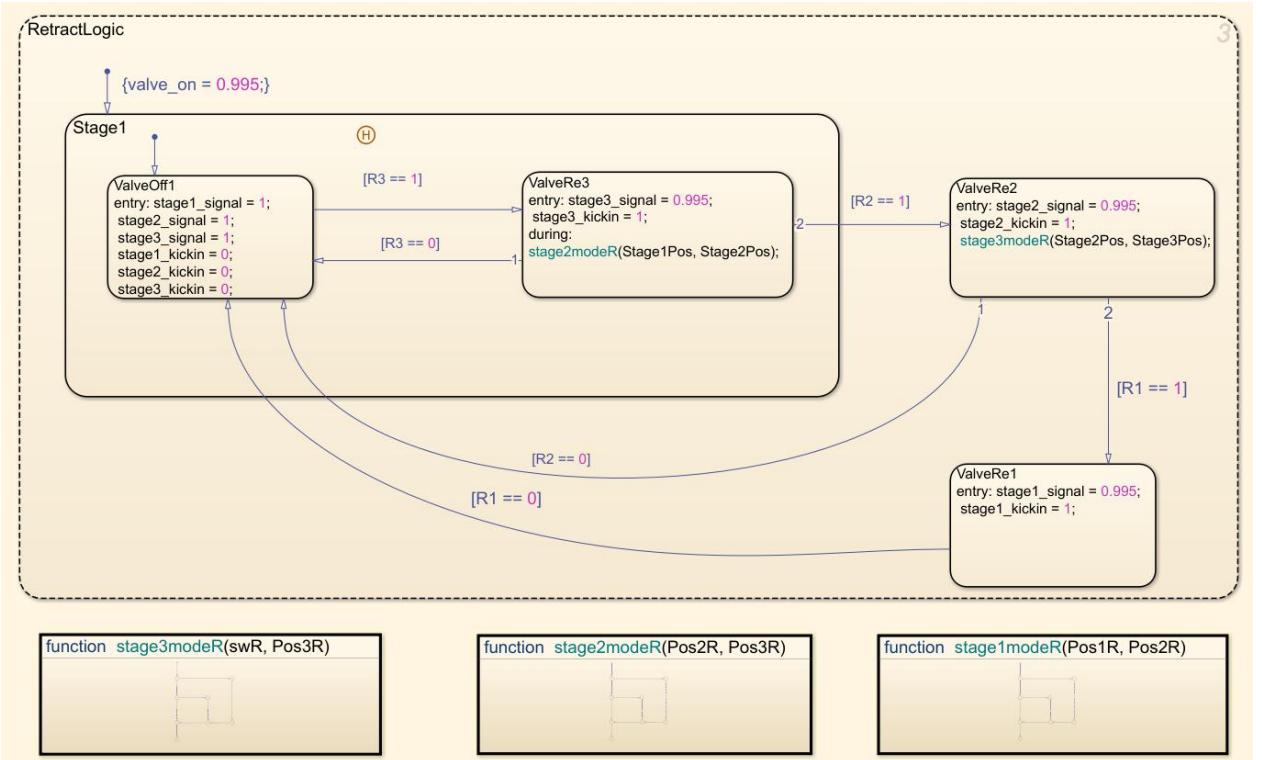


Hình II.10 Hàm function cho tín hiệu chuyển tiếp E1

- Gán các hàm function vào các trạng thái mở từng xy lanh, thu được kết quả như (hình II.11). Một cách tương tự, có thể xây dựng khối trạng thái thứ tự của xy lanh tầng như hình II.12.



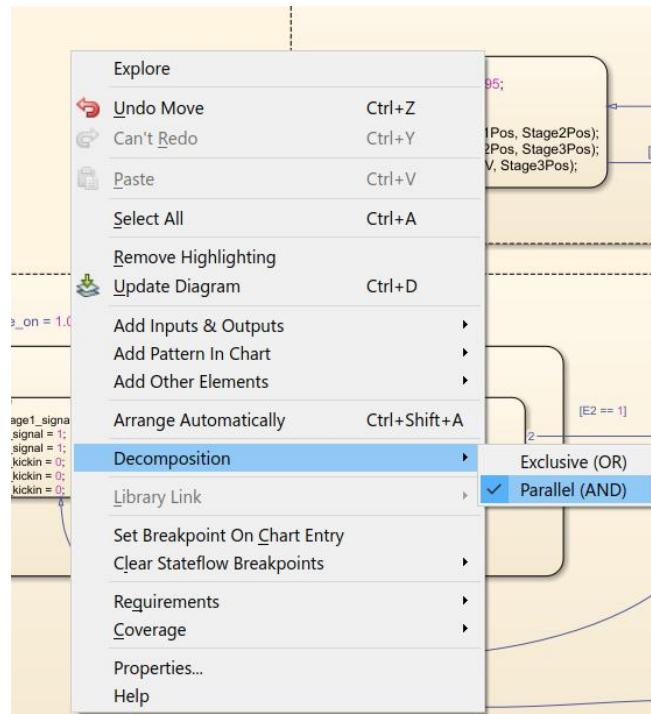
Hình II.11 Logic điều khiển trạng thái đẩy ra của xy lanh tầng (ExtendLogic)



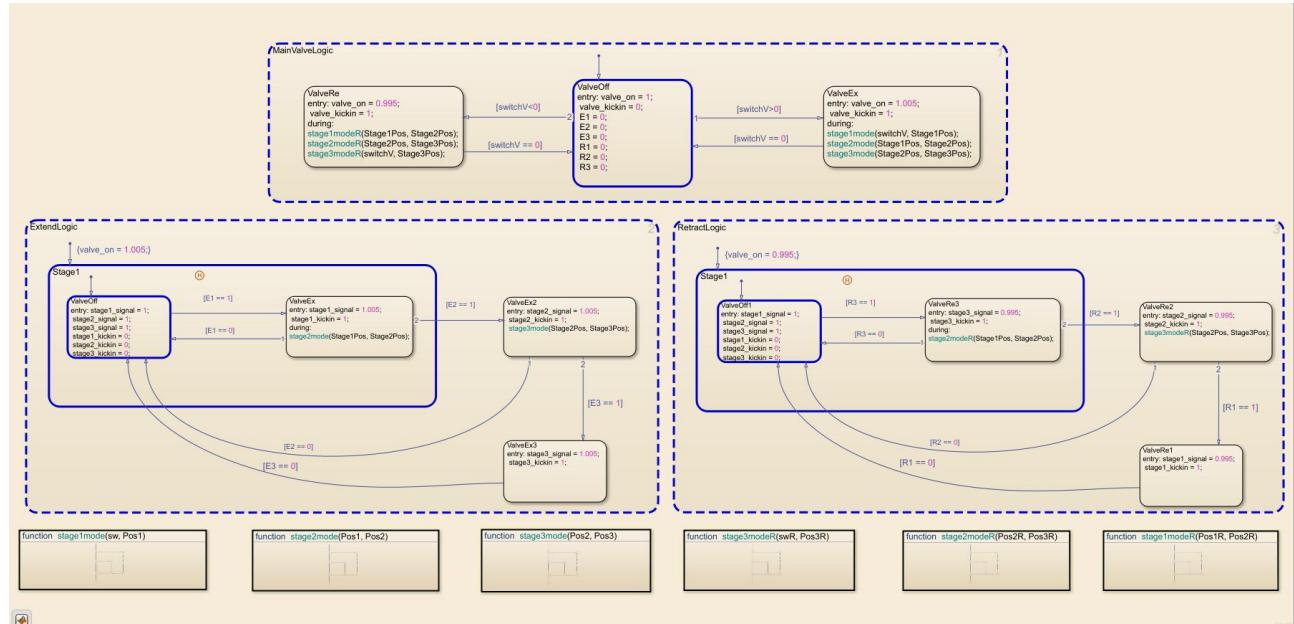
Hình II.12 Logic điều khiển trạng thái thu về của xy lanh tầng (RetractLogic)

\***Lưu ý:** các trạng thái độc lập thực thi sẽ được đóng trong khung nét liền, có nghĩa là trong thời gian thực hiện trạng thái “ValveRe3” thì các trạng thái khác sẽ ở trạng thái chờ, đối với các trạng thái song song (như MainValveLogic, ExtendLogic,

RetractLogic) nét của chúng là nét đứt, trong quá trình hoạt động, các trạng thái này sẽ hoạt động đồng thời. Để chuyển đổi sang trạng thái song song, nhấp chuột phải vào khoảng không của môi trường Stateflow > Decomposition > Parallel (AND). Để quan sát và kiểm tra lỗi của Stateflow một cách dễ dàng dùng Display > Stateflow Animation > Slow.



Hình II.13 Thiết lập trạng thái mô phỏng song song



Hình II.14 Trạng thái làm việc của Stateflow

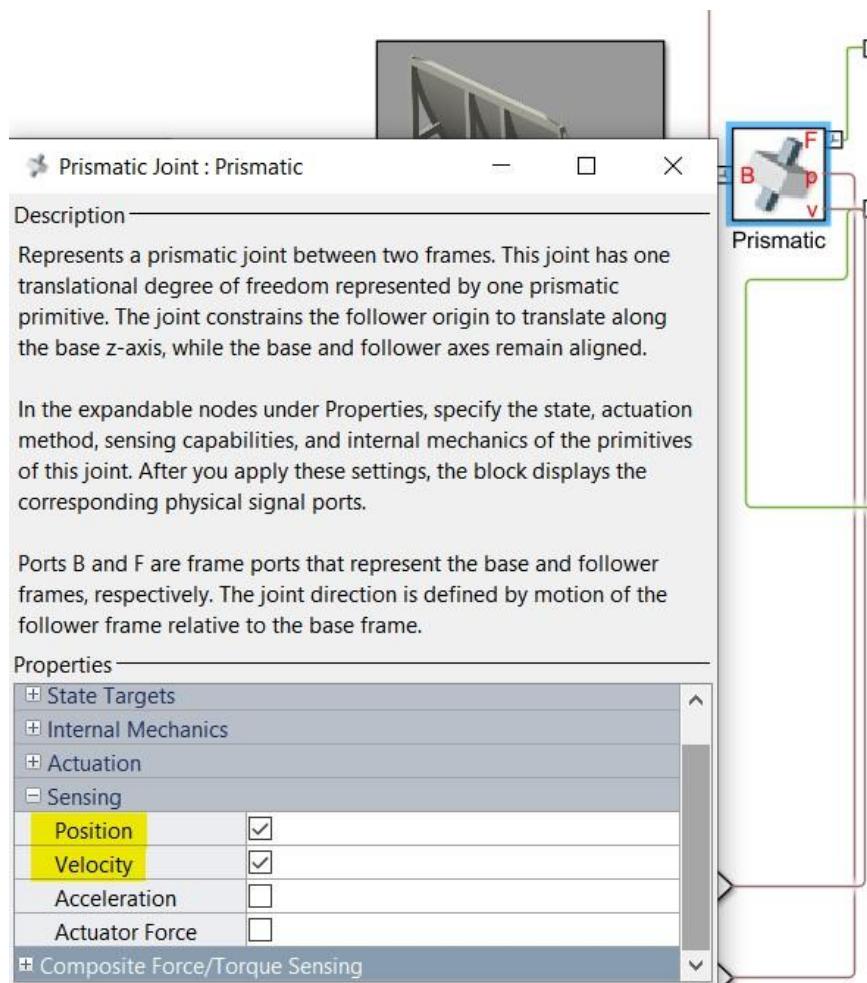
Và đó cũng là phần kết của phụ lục này.

# PHỤ LỤC III: THIẾT LẬP TÍN HIỆU NGOẠI LỰC TÁC DỤNG LÊN CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG THÔNG QUA TRUY XUẤT DỮ LIỆU TỪ MATLAB

Phần phụ lục này đưa ra quy trình xây dựng tín hiệu ngoại lực tác dụng lên cơ cấu chuyên dùng (gồm bàn xả rác, máng xúc, cơ cấu cào - ép rác) thông qua các dữ liệu chạy không tải từ Matlab, do các cơ cấu đã được thiết lập khi hoạt động có tải từ trước, nên khi đặt thêm ngoại lực tác dụng, tốc độ hành trình của các cơ cấu xy lanh hầu như không đổi. Vì thế, có thể dùng các thông số tổng thời gian cơ cấu làm việc và vận tốc xy lanh truy xuất từ Matlab khi chạy không tải dùng để thiết lập tín hiệu ngoại lực cho khối “External Force and Torque” dùng cho mô phỏng.

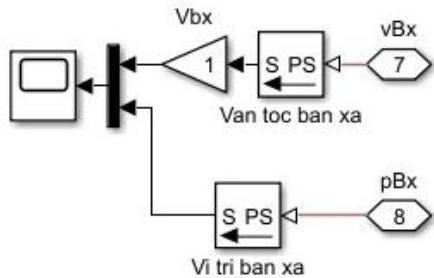
## 1. Xác định các thông số đầu vào

- Tại môi trường Multibody, bật Position và Velocity Sensing để truyền tín hiệu vận tốc và vị trí của bàn xả (hình II.1).



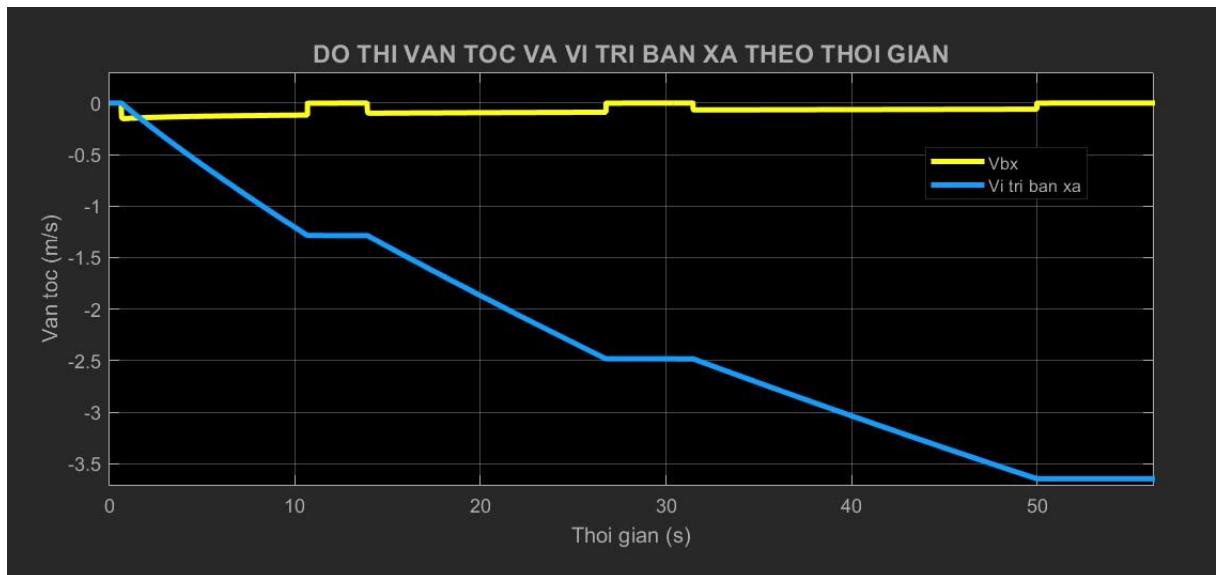
Hình III.1 Bật tín hiệu vận tốc và vị trí bàn xả rác

- Tiếp đến, tại môi trường Simulink, khởi tạo các khối dẫn xuất tín hiệu và khối Scope để xem kết quả vị trí và vận tốc di chuyển của bàn xả rác (hình II.2), kết nối các đường dẫn từ môi trường Multibody sang môi trường Simulink.



Hình III.2 Tạo khối Scope truy xuất kết quả tính toán

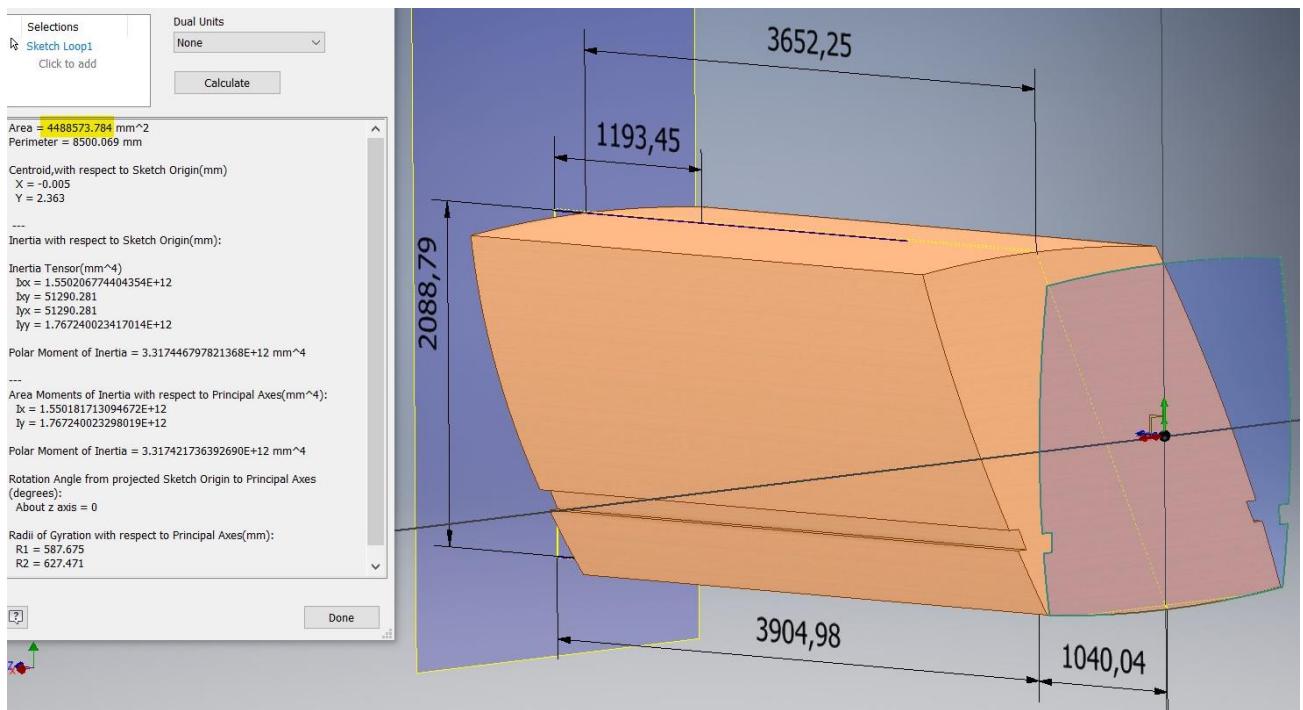
- Sau khi hoàn tất các thiết lập ban đầu, tiến hành chạy mô phỏng, thu được đồ thị trong khoảng thời gian xả rác như sau:



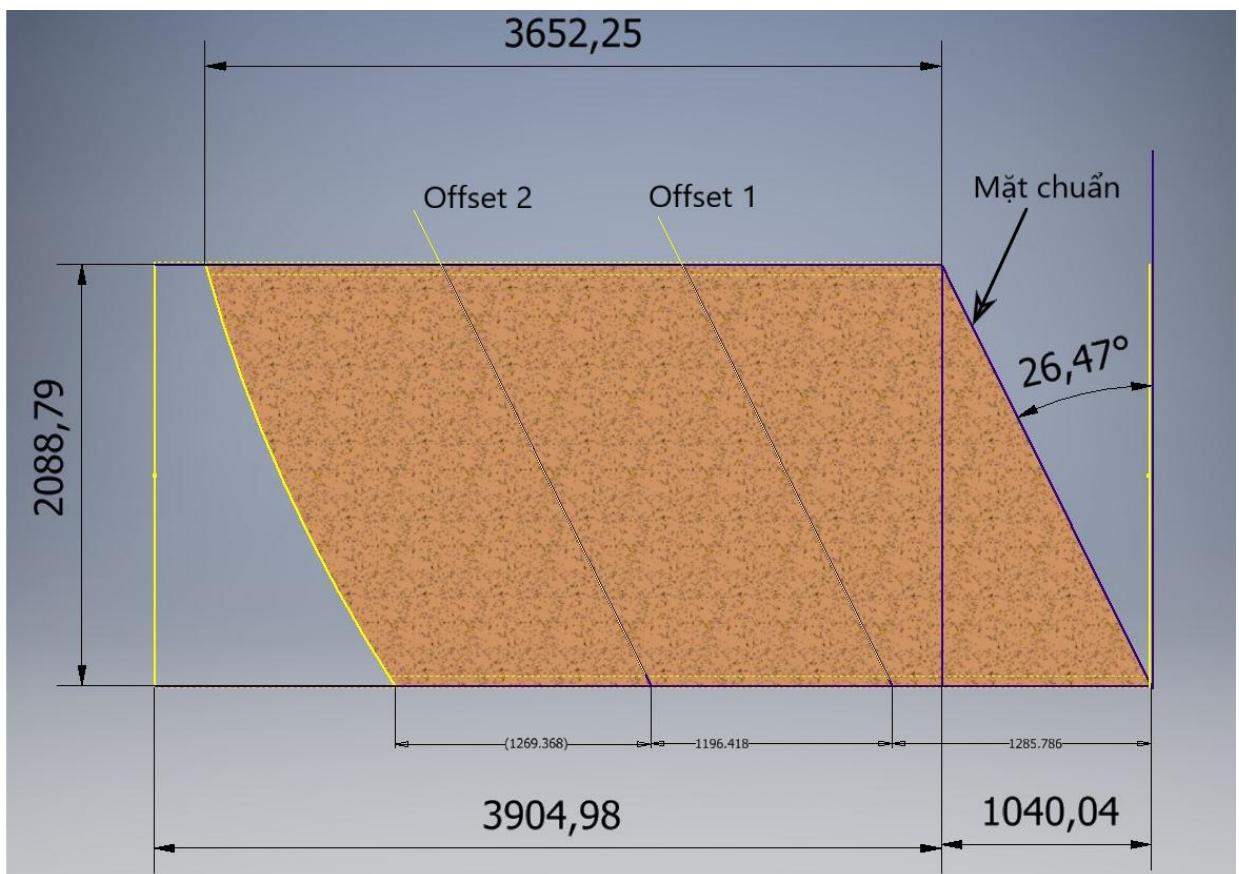
Hình III.3 Đồ thị vận tốc và vị trí bàn xả theo thời gian

- Từ đồ thị Hình II.3, thu được các kết quả sau:
  - + Tổng thời gian xả rác ước tính: 51,2 (s).
  - + Vận tốc xả rác của xy lanh tầng 1 dao động từ 0,12-0,1 (m/s).
  - + Vận tốc xả rác của xy lanh tầng 2 dao động từ 0,08-0,083 (m/s).
  - + Vận tốc xả rác của xy lanh tầng 3 dao động từ 0,056-0,058 (m/s).
  - + Hành trình tối đa khi đi hết tầng 1 (từ 0,6-13,1(s)): 1,286 (m).
  - + Hành trình tối đa khi đi hết tầng 2 (từ 13,8-28,7(s)): 2,482 (m).
  - + Hành trình tối đa khi đi hết tầng 3 (từ 30,7-51,2(s)): 3,622 (m).

- Tiếp đến, dựng thể tích khối rác và hình dạng khối rác bằng phần mềm Inventor, thu được các kết quả sau:



Hình III.4 Mô hình 3D và kích thước cơ bản của khối rác



Hình III.5 Mặt cắt ngang của khối rác

## 2. Xây dựng tín hiệu ngoại lực

- Do sự ảnh hưởng tốc độ ra của xy lanh tầng, nên có sự khác biệt về tốc độ xả rác của bàn xả rác, vì thế có thể chia khối rác thành 3 phần ứng với 3 dãy tốc độ xả rác khác nhau. Cách chia như sau:
  - + Đầu tiên, xác định mặt chuẩn là mặt sau của khối rác khi mở thùng phụ, góc giữa mặt chuẩn và phương thẳng đứng là  $26,47^\circ$  (hình II.5), kết hợp với các hành trình tối đa từng tầng của xy lanh, tính được các khoảng Offset 1, Offset 2 lần lượt là 1,151 (m), 2,222 (m).
  - + Giả thiết lưu lượng rác thải ra khỏi thùng ép là không đổi tương ứng với từng hành trình di chuyển của xy lanh, khối lượng riêng của rác thả tổng hợp khi bị nén là  $0,6\text{g}/\text{cm}^3$  hay  $600\text{kg}/\text{m}^3$ , lưu lượng ra của rác được tính theo công thức:

$$Q = A \cdot v (\text{m}^3/\text{s}) \quad (\text{II.1})$$

Trong đó:  $A$  - Diện tích mặt cắt ngang thùng ép ( $\text{m}^2$ )

$v$  - Vận tốc bàn xả ( $\text{m}/\text{s}$ )

- Từ các kết quả vận tốc, tiến hành tính vận tốc trung bình bàn xả đi ở mỗi tầng, thu được các kết quả sau:  $v_1 = 0,11 (\text{m}/\text{s})$ ,  $v_2 = 0,0815 (\text{m}/\text{s})$ ,  $v_3 = 0,057 (\text{m}/\text{s})$ .
- Theo hình II.4, diện tích mặt cắt ngang của thùng ép là  $4488573,8 \text{ mm}^2 = 4,489 \text{ m}^2$ , áp dụng công thức (II.1), thu được các kết quả sau:
  - + Lưu lượng ra tầng 1:  $Q_1 = 0,494 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - + Lưu lượng ra tầng 2:  $Q_2 = 0,366 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - + Lưu lượng ra tầng 3:  $Q_3 = 0,256 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Khối lượng rác thải giảm dần theo thời gian được tính theo công thức:

$$M(t) = M_0 - Q \cdot D \cdot t (\text{kg}) \quad (\text{II.2})$$

Trong đó:  $M_0$  - Khối lượng rác thải ban đầu,  $M_0 = 10150 (\text{kg})$

$D$  - Khối lượng riêng của rác ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$t$  - Thời gian xả của bàn xả rác (s)

- Từ công thức (II.2), lập được các phương trình lượng rác giảm theo thời gian như sau:
  - + Tầng 1:  $M(t) = 10150 - 0,494 \cdot 0,6 \cdot t$
  - + Tầng 2:  $M(t) = 10150 - 0,366 \cdot 0,6 \cdot (t - 13,8)$
  - + Tầng 3:  $M(t) = 10150 - 0,256 \cdot 0,6 \cdot (t - 30,7)$

- Lực cản của khối rác tác dụng lên bàn xả chính là lực ma sát, chọn hệ số ma sát ướt giữa rác và thùng là 0,18, hệ số ma sát giữa bàn xả và thanh ray là 0,16. Lực cản được tính theo công thức sau:

$$F_{ms} = M(t) \cdot g \cdot \mu_1 + m_{bx} \cdot g \cdot \mu_2 \quad (\text{N}) \quad (\text{II.3})$$

Trong đó:  $g$  - Gia tốc trọng trường,  $g = 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$   
 $m_{bx}$  - Khối lượng bàn xả,  $m_{bx} = 541 \text{ (kg)}$   
 $\mu_1/\mu_2$  - Lần lượt là hệ số ma sát giữa rác và thùng, hệ số ma sát giữa bàn xả và thanh ray. Từ đó lập được bảng lực cản ma sát dưới đây:

Bảng III.1 Giá trị lực cản ma sát theo thời gian

| <b>t</b> | <b>M(t)</b> | <b>F<sub>ms</sub> (N)</b> |
|----------|-------------|---------------------------|
| 0        | 10150       | 18241.30                  |
| 1        | 9853.6      | 17717.92                  |
| 2        | 9557.2      | 17194.54                  |
| 3        | 9260.8      | 16671.15                  |
| 4        | 8964.4      | 16147.77                  |
| 5        | 8668        | 15624.39                  |
| 6        | 8371.6      | 15101.00                  |
| 7        | 8075.2      | 14577.62                  |
| 8        | 7778.8      | 14054.24                  |
| 9        | 7482.4      | 13530.85                  |
| 10       | 7186        | 13007.47                  |
| 11       | 6889.6      | 12484.09                  |
| 12       | 6593.2      | 11960.71                  |
| 13       | 6296.8      | 11437.32                  |
| 14       | 6252.88     | 11359.77                  |
| 15       | 6033.28     | 10972.00                  |
| 16       | 5813.68     | 10584.23                  |
| 17       | 5594.08     | 10196.46                  |
| 18       | 5374.48     | 9808.69                   |
| 19       | 5154.88     | 9420.92                   |
| 20       | 4935.28     | 9033.15                   |
| 21       | 4715.68     | 8645.38                   |
| 22       | 4496.08     | 8257.61                   |

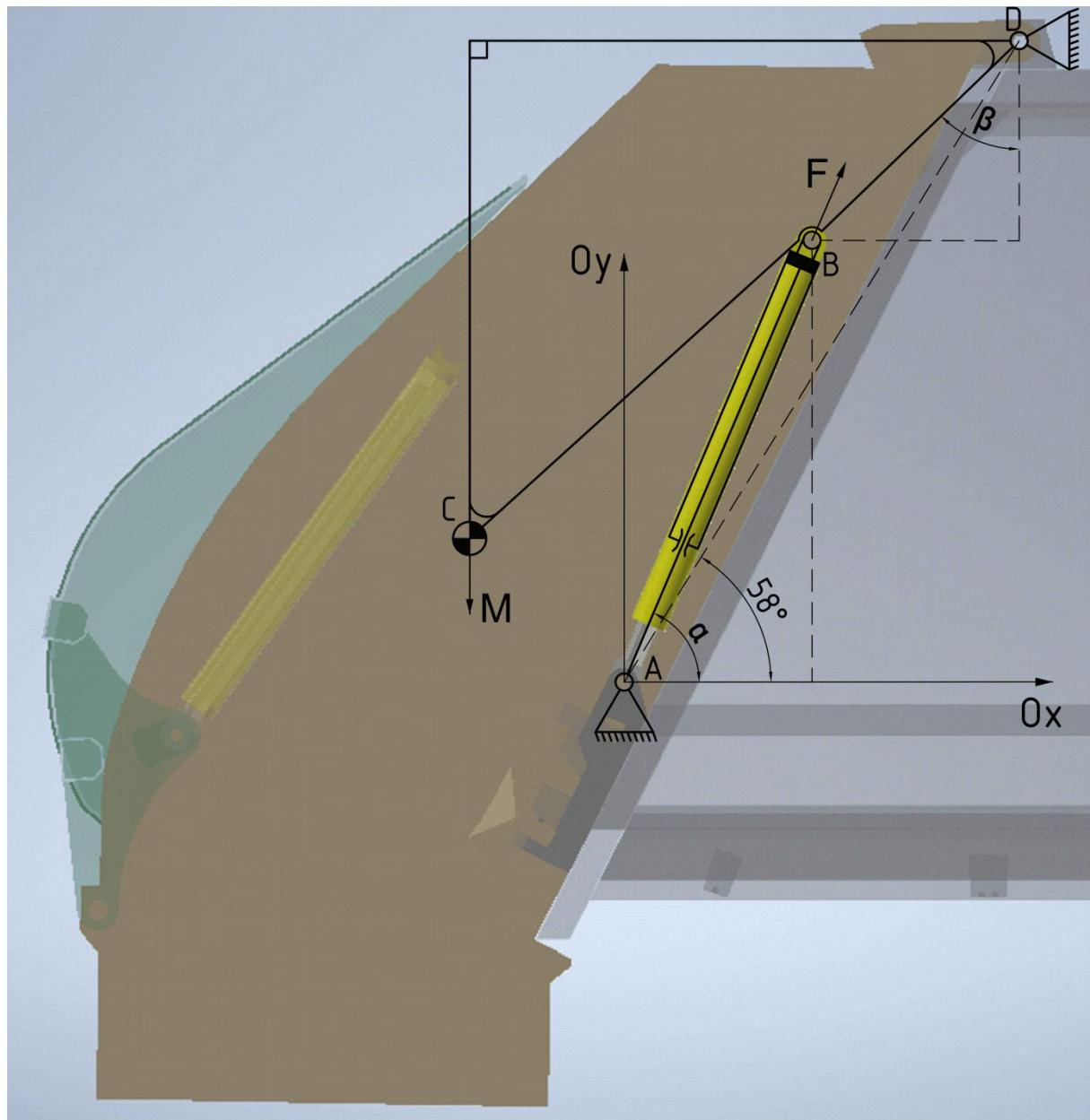
|    |         |         |
|----|---------|---------|
| 23 | 4276.48 | 7869.84 |
| 24 | 4056.88 | 7482.07 |
| 25 | 3837.28 | 7094.30 |
| 26 | 3617.68 | 6706.53 |
| 27 | 3398.08 | 6318.76 |
| 28 | 3178.48 | 5930.99 |
| 29 | 2958.88 | 5543.22 |
| 30 | 2958.88 | 5543.22 |
| 31 | 2912.8  | 5461.85 |
| 32 | 2759.2  | 5190.63 |
| 33 | 2605.6  | 4919.40 |
| 34 | 2452    | 4648.17 |
| 35 | 2298.4  | 4376.95 |
| 36 | 2144.8  | 4105.72 |
| 37 | 1991.2  | 3834.49 |
| 38 | 1837.6  | 3563.27 |
| 39 | 1684    | 3292.04 |
| 40 | 1530.4  | 3020.81 |
| 41 | 1376.8  | 2749.59 |
| 42 | 1223.2  | 2478.36 |
| 43 | 1069.6  | 2207.13 |
| 44 | 916     | 1935.91 |
| 45 | 762.4   | 1664.68 |
| 46 | 608.8   | 1393.45 |
| 47 | 455.2   | 1122.22 |
| 48 | 301.6   | 851.00  |
| 49 | 148     | 579.77  |
| 50 | -5.6    | 308.54  |

- Các giá trị trong bảng sẽ được nhập vào khối External Force and Torque thông qua khối Signal Builder đã được giải thích ở phần phụ lục I.

## PHỤ LỤC IV: TÍNH TOÁN ĐỘNG HỌC CÁC CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP CỔ ĐIỂN

### 1. Tính toán động học nâng hạ thùng phụ

#### 1.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu nâng hạ thùng phụ về bài toán động học nguyên lý máy



Hình IV.1 Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cấu nâng hạ thùng phụ

- Giả thiết mô hình tính toán lực tác dụng của xy lanh thuỷ lực:
  - + Do trường hợp nâng hạ thùng phụ xảy ra khi đầy toàn bộ rác trong thùng chính ra ngoài nên trong tính toán mô phỏng sẽ không xét đến trường hợp thùng phụ chứa tái (rác).

- + Thùng phụ khối lượng tại vị trí trọng tâm tại vị trí vectơ M với khối lượng thùng phụ là 3634,96 kg.
- + Điểm đặt lực nâng của vectơ F nằm trên phía đầu xy lanh thuỷ lực.
- + Bỏ qua khối lượng của cụm xy lanh thuỷ lực khi tính toán nâng hạ thùng phụ.
- + Xét trường hợp thùng phụ được nâng hạ với vận tốc không đổi (gia tốc  $a = 0$ ).

### 1.2. Tính toán lực nâng thùng phụ ứng với hành trình xy lanh

- Áp dụng phương pháp giải tích:

$$\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{DB} \quad (1)$$

- Chiều phương trình (1) lên trực Ox và Oy:

$$AB \cdot \cos(\alpha) = AD \cdot \cos(58^\circ) - DB \cdot \sin(\beta) \quad (2)$$

$$AB \cdot \sin(\alpha) = AD \cdot \sin(58^\circ) - DB \cdot \cos(\beta) \quad (3)$$

- Bình phương 2 phương trình (2) và (3) rồi cộng 2 phương trình đó lại được biểu thức (4) biểu diễn góc  $\beta$  theo hành trình xy lanh AB:

$$\sin(58^\circ + \beta) = \frac{AD^2 + BD^2 - AB^2}{2 \cdot AD \cdot BD} \quad (4)$$

- Xét moment cân bằng tại điểm D:

$$M \cdot CD \cdot \sin(\beta) - F \cdot \sin(\alpha) \cdot BD \cdot \sin(\beta) + F \cdot \cos(\alpha) \cdot BD \cdot \cos(\beta) = 0 \quad (5)$$

$$\Rightarrow F = \frac{M \cdot CD \cdot \sin(\beta)}{-BD \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

Trong đó:

AB - Chiều dài toàn bộ của xy lanh với hành trình xy lanh là 865 mm, AB = [1390 ; 2255] mm.

CD - Khoảng cách từ trọng tâm thùng phụ tới chốt D, CD = 2147,5 mm.

AD - Khoảng cách giữa 2 chốt cứng của thùng phụ, AD = 2182 mm.

BD - Khoảng cách từ chốt trên nóc thùng phụ và chốt đầu xy lanh, BD = 833 mm.

BC - Khoảng cách từ trọng tâm thùng phụ đến đầu chốt xy lanh thuỷ lực, BC = 1314,8 mm.

M - Trọng lượng của thùng phụ, M = 3634,96 . 9,81 = 35658,96 (N).

$\alpha$  - Góc của xylanh hợp với phương ngang.

- $\beta$  - Góc của khâu CD hợp với phương đứng.
- F - Lực tác dụng của xy lanh thuỷ lực để nâng thùng phụ.
- Từ các phương trình (3), (4) và (5) xây dựng bảng thông số tính toán lực nâng thùng phụ cần thiết từ excel:

Bảng IV.1 Thông số tính toán lực nâng thùng phụ

| Hành trình<br>xy lanh<br>nâng (mm) | AB (mm) | $\beta$ (độ) | $\alpha$ (độ) | F của 2 xy lanh<br>(N) | F (N)     |
|------------------------------------|---------|--------------|---------------|------------------------|-----------|
| 0                                  | 1390    | 53.20        | 71.39         | 242739.06              | 121369.53 |
| 40                                 | 1430    | 57.41        | 73.49         | 221463.76              | 110731.88 |
| 80                                 | 1470    | 61.14        | 75.15         | 208504.29              | 104252.14 |
| 120                                | 1510    | 64.57        | 76.50         | 199779.80              | 99889.90  |
| 160                                | 1550    | 67.79        | 77.62         | 193532.55              | 96766.27  |
| 200                                | 1590    | 70.84        | 78.55         | 188864.35              | 94432.17  |
| 240                                | 1630    | 73.78        | 79.33         | 185261.85              | 92630.92  |
| 280                                | 1670    | 76.62        | 79.98         | 182407.09              | 91203.55  |
| 320                                | 1710    | 79.40        | 80.53         | 180090.74              | 90045.37  |
| 360                                | 1750    | 82.11        | 80.97         | 178168.03              | 89084.02  |
| 400                                | 1790    | 84.78        | 81.33         | 176534.66              | 88267.33  |
| 440                                | 1830    | 87.42        | 81.60         | 175112.72              | 87556.36  |
| 480                                | 1870    | 90.03        | 81.81         | 173842.08              | 86921.04  |
| 520                                | 1910    | 92.63        | 81.96         | 172674.87              | 86337.43  |
| 560                                | 1950    | 95.21        | 82.04         | 171571.77              | 85785.88  |
| 600                                | 1990    | 97.78        | 82.07         | 170499.50              | 85249.75  |
| 640                                | 2030    | 100.36       | 82.05         | 169429.00              | 84714.50  |
| 680                                | 2070    | 102.94       | 81.98         | 168334.03              | 84167.01  |
| 720                                | 2110    | 105.53       | 81.86         | 167190.14              | 83595.07  |
| 760                                | 2150    | 108.14       | 81.70         | 165973.79              | 82986.89  |
| 800                                | 2190    | 110.76       | 81.49         | 164661.56              | 82330.78  |
| 840                                | 2230    | 113.41       | 81.24         | 163229.45              | 81614.72  |

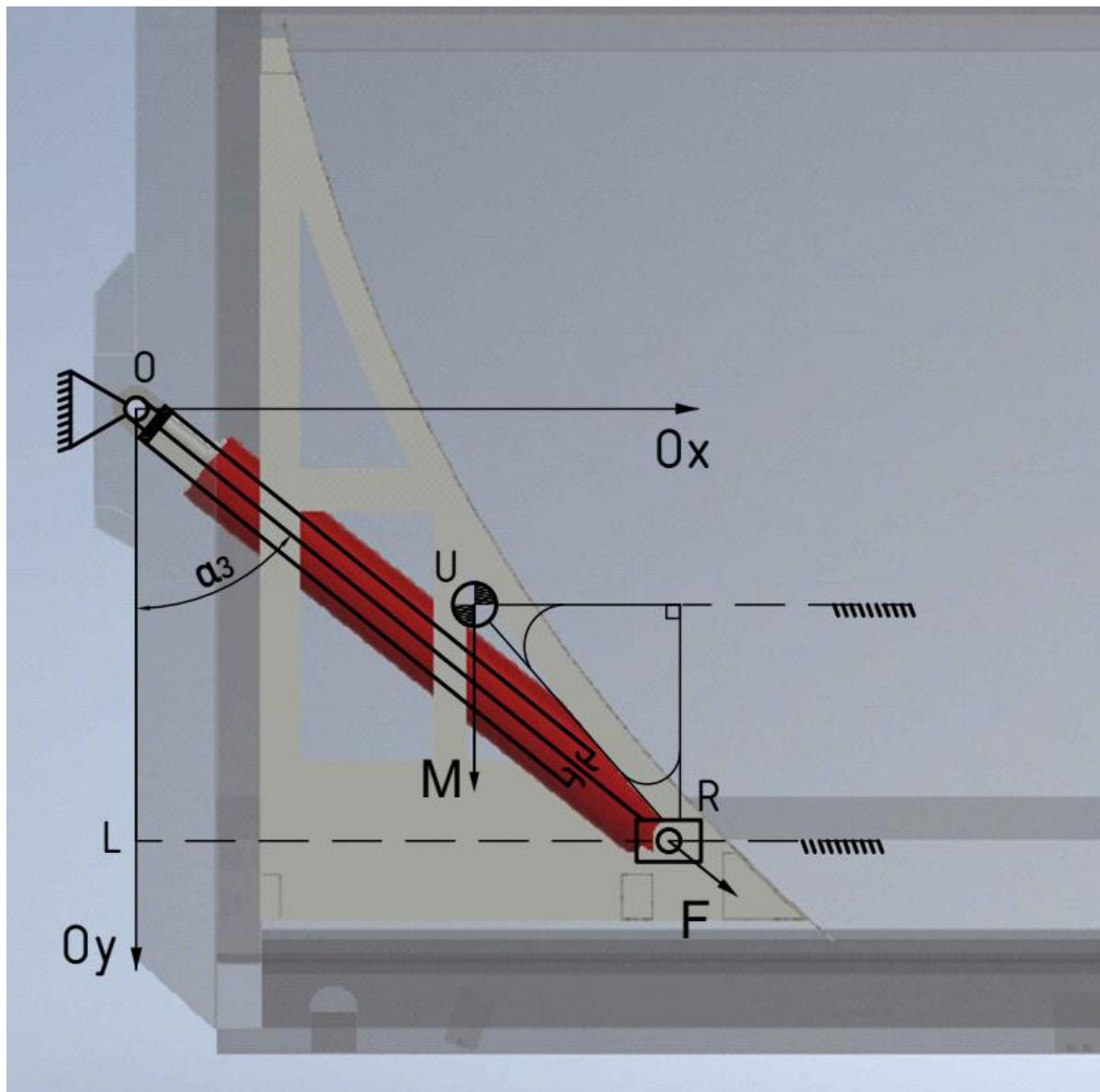
|     |      |        |       |           |          |
|-----|------|--------|-------|-----------|----------|
| 860 | 2250 | 114.74 | 81.10 | 162460.59 | 81230.30 |
|-----|------|--------|-------|-----------|----------|

- Từ bảng thông số tính toán trên, so sánh với kết quả lực tác dụng trên Matlab là 132000 N.

$$\% \text{Sai số} = \frac{132000 - 121369,53}{132000} \approx 8,05\%$$

## 2. Tính toán động học cầu xả rác

### 2.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cầu xy lanh tầng đầy bàn xả rác về bài toán động học nguyên lý máy



Hình IV.2 Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cầu bàn xả rác

- Giả thiết mô hình tính toán lực tác dụng của xy lanh tầng:

- + Bàn xả rác có khối lượng tại vị trí trọng tâm tại vị trí vectơ M với khối lượng là 541,26 kg, bàn xả chỉ di chuyển theo phương của trục Ox.
- + Khối lượng của rác trong thùng chính có vị trí trọng tâm đặt tại M và giảm dần khi xy lanh thuỷ lực đẩy bàn xả đi hết hành trình.
- + Điểm đặt lực tác dụng của xy lanh đặt tại vectơ F tại đầu ty của xy lanh.
- + Bỏ qua khối lượng của xy lanh tầng khi tính toán lực tác động lên bàn xả rác.
- + Xét trường hợp bàn xả di chuyển với vận tốc không đổi (vận tốc  $a = 0$ ).
- + Khi bàn xả di chuyển, sẽ chịu lực ma sát giữa đệm bàn xả với thanh dẫn hướng của thùng chính, chọn hệ số ma sát giữa đệm bàn xả với thanh dẫn hướng:  $\mu = 0,18$ .
- + Thời gian thực hiện 1 chu trình đẩy bàn xả rác (tại số vòng quay 1050 vòng / phút): 52,8 giây.

## 2.2. Tính toán lực đẩy bàn xả rác ứng với hành trình xy lanh

- Áp dụng phương pháp giải tích:

$$\cos(\alpha_3) = \frac{OL}{OR}$$

$$F \cdot \sin(\alpha_3) - \mu \cdot M = 0$$

Trong đó:

OR - Chiều dài toàn bộ của xy lanh tầng với hành trình của xy lanh là 3400 mm, OR = [1515 ; 4915] mm.

OL - Khoảng cách từ vị trí chốt lắp xy lanh tầng với thùng chính đến vị trí chốt lắp xy lanh tầng với bàn xả rác, OL = 955 mm.

M - Trọng lượng của bàn xả rác và lượng rác có trong thùng.

$\alpha_3$  - Góc giữa xy lanh tầng với trục đứng Oy.

F - Lực đẩy của xy lanh tầng tác dụng lên bàn xả rác.

- Từ các phương trình trên, xây dựng bảng thông số tính toán lực đẩy bàn xả rác từ excel:

Bảng IV.2 Bảng thông số tính toán lực đẩy cơ cấu bàn xả rác

| Khối lượng toàn tải (kg) | Khối lượng rác (kg) | Hành trình xy lanh (mm) | OR (mm) | $\alpha_3$ (độ) | F (N)    |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|---------|-----------------|----------|
| 10691.26                 | 10150.00            | 0                       | 1515    | 50.92           | 23406.13 |
| 10394.86                 | 9853.60             | 68                      | 1583    | 52.89           | 22135.42 |

|          |         |      |      |       |          |
|----------|---------|------|------|-------|----------|
| 10098.46 | 9557.20 | 136  | 1651 | 54.66 | 21007.01 |
| 9802.06  | 9260.80 | 204  | 1719 | 56.25 | 19985.60 |
| 9505.66  | 8964.40 | 272  | 1787 | 57.70 | 19046.61 |
| 9209.26  | 8668.00 | 340  | 1855 | 59.01 | 18172.35 |
| 8912.86  | 8371.60 | 408  | 1923 | 60.22 | 17349.82 |
| 8616.46  | 8075.20 | 476  | 1991 | 61.34 | 16569.20 |
| 8320.06  | 7778.80 | 544  | 2059 | 62.37 | 15822.96 |
| 8023.66  | 7482.40 | 612  | 2127 | 63.32 | 15105.24 |
| 7727.26  | 7186.00 | 680  | 2195 | 64.21 | 14411.38 |
| 7430.86  | 6889.60 | 748  | 2263 | 65.04 | 13737.68 |
| 7134.46  | 6593.20 | 816  | 2331 | 65.81 | 13081.12 |
| 6838.06  | 6296.80 | 884  | 2399 | 66.54 | 12439.25 |
| 6794.14  | 6252.88 | 952  | 2467 | 67.23 | 12293.57 |
| 6574.54  | 6033.28 | 1020 | 2535 | 67.87 | 11819.48 |
| 6354.94  | 5813.68 | 1088 | 2603 | 68.48 | 11353.91 |
| 6135.34  | 5594.08 | 1156 | 2671 | 69.05 | 10895.81 |
| 5915.74  | 5374.48 | 1224 | 2739 | 69.59 | 10444.26 |
| 5696.14  | 5154.88 | 1292 | 2807 | 70.11 | 9998.52  |
| 5476.54  | 4935.28 | 1360 | 2875 | 70.60 | 9557.93  |
| 5256.94  | 4715.68 | 1428 | 2943 | 71.06 | 9121.92  |
| 5037.34  | 4496.08 | 1496 | 3011 | 71.51 | 8689.99  |
| 4817.74  | 4276.48 | 1564 | 3079 | 71.93 | 8261.73  |
| 4598.14  | 4056.88 | 1632 | 3147 | 72.33 | 7836.76  |
| 4378.54  | 3837.28 | 1700 | 3215 | 72.72 | 7414.75  |
| 4158.94  | 3617.68 | 1768 | 3283 | 73.09 | 6995.42  |
| 3939.34  | 3398.08 | 1836 | 3351 | 73.44 | 6578.51  |
| 3719.74  | 3178.48 | 1904 | 3419 | 73.78 | 6163.80  |
| 3500.14  | 2958.88 | 1972 | 3487 | 74.11 | 5751.09  |
| 3500.14  | 2958.88 | 2040 | 3555 | 74.42 | 5742.76  |
| 3454.06  | 2912.80 | 2108 | 3623 | 74.72 | 5650.58  |
| 3300.46  | 2759.20 | 2176 | 3691 | 75.00 | 5362.54  |

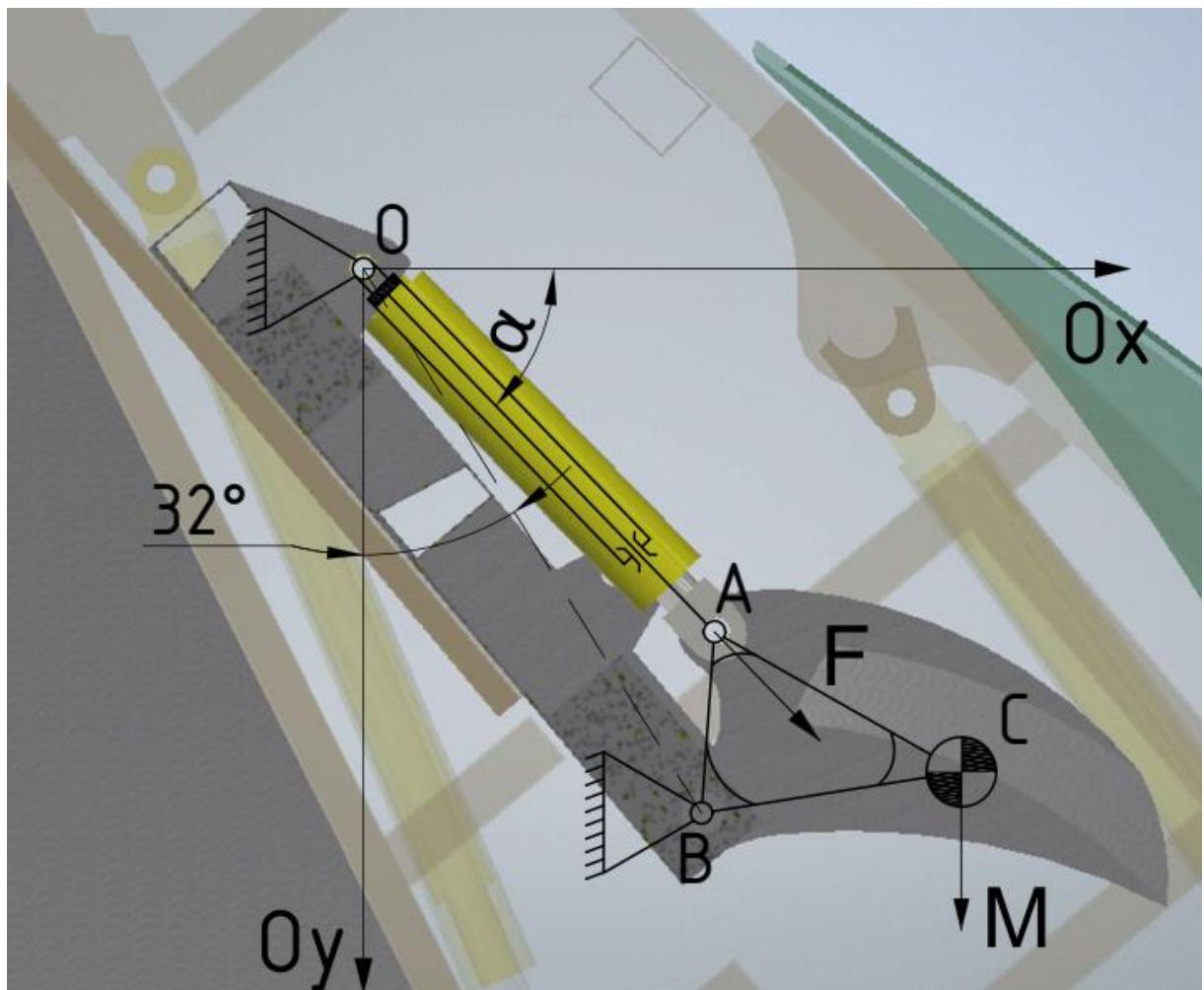
|         |         |      |      |       |         |
|---------|---------|------|------|-------|---------|
| 3146.86 | 2605.60 | 2244 | 3759 | 75.28 | 5075.64 |
| 2993.26 | 2452.00 | 2312 | 3827 | 75.55 | 4789.78 |
| 2839.66 | 2298.40 | 2380 | 3895 | 75.81 | 4504.88 |
| 2686.06 | 2144.80 | 2448 | 3963 | 76.06 | 4220.87 |
| 2532.46 | 1991.20 | 2516 | 4031 | 76.30 | 3937.68 |
| 2378.86 | 1837.60 | 2584 | 4099 | 76.53 | 3655.24 |
| 2225.26 | 1684.00 | 2652 | 4167 | 76.75 | 3373.50 |
| 2071.66 | 1530.40 | 2720 | 4235 | 76.97 | 3092.41 |
| 1918.06 | 1376.80 | 2788 | 4303 | 77.18 | 2811.92 |
| 1764.46 | 1223.20 | 2856 | 4371 | 77.38 | 2531.99 |
| 1610.86 | 1069.60 | 2924 | 4439 | 77.58 | 2252.57 |
| 1457.26 | 916.00  | 2992 | 4507 | 77.77 | 1973.64 |
| 1303.66 | 762.40  | 3060 | 4575 | 77.95 | 1695.16 |
| 1150.06 | 608.80  | 3128 | 4643 | 78.13 | 1417.09 |
| 996.46  | 455.20  | 3196 | 4711 | 78.30 | 1139.42 |
| 842.86  | 301.60  | 3264 | 4779 | 78.47 | 862.11  |
| 689.26  | 148.00  | 3332 | 4847 | 78.64 | 585.15  |
| 541.26  | 0.00    | 3400 | 4915 | 78.80 | 318.59  |

- Từ bảng thông số tính toán trên, so sánh với kết quả lực tác dụng trên Matlab là 23500 N.

$$\%Sai\ số = \frac{23500 - 23406,13}{23500} \approx 0,4\%$$

### 3. Tính toán động học nâng hạ bàn càò

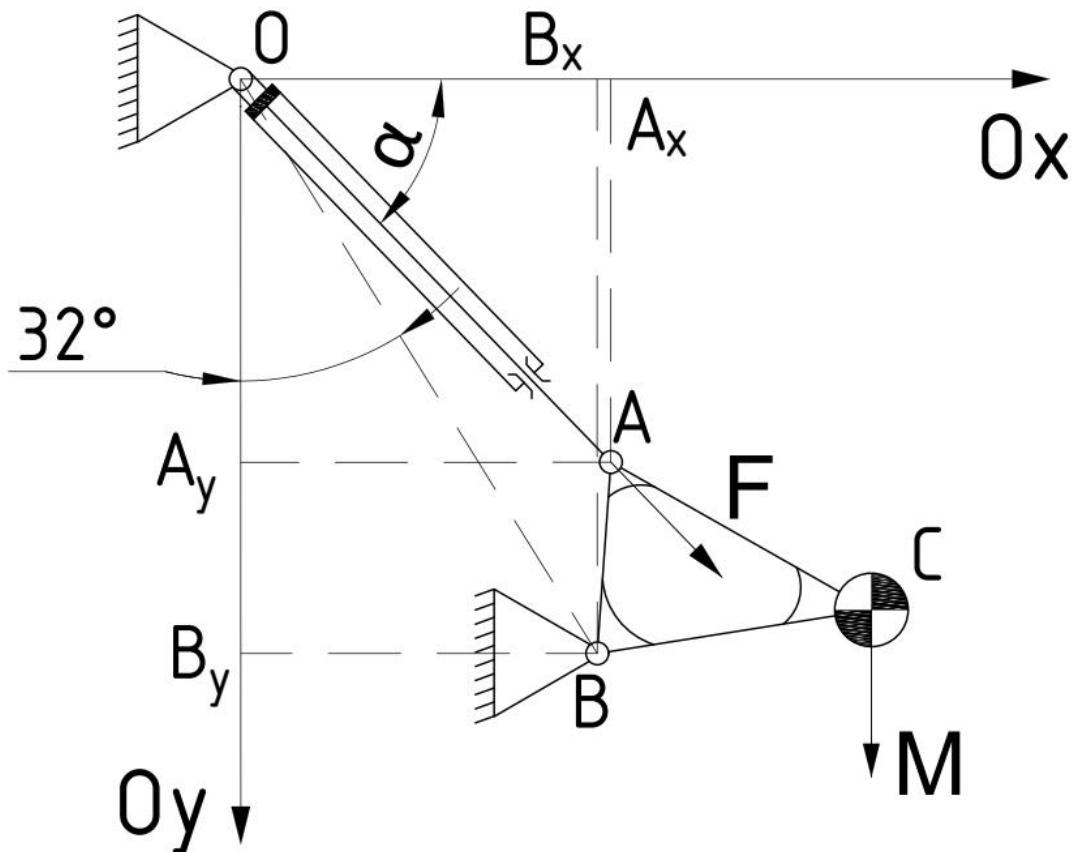
#### 3.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu nâng hạ bàn càò về bài toán động học nguyên lý máy



Hình IV.3 Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cầu nâng hạ bàn cào

- Giả thiết mô hình tính toán lực tác dụng của xy lanh thuỷ lực:
  - + Trong quá trình hoạt động của bàn cào, bàn ép đứng yên.
  - + Bàn cào có khối lượng tại vị trí trọng tâm tại vectơ  $M$  với khối lượng là 289,13 kg.
  - + Khối lượng rác được bàn cào cuốn lên vào trong thùng chính có khối lượng là 1000 kg.
  - + Điểm đặt lực tác dụng lên bàn cào đặt tại vectơ  $F$  nằm trên phia đầu ty xy lanh thuỷ lực.
  - + Bỏ qua khối lượng của xy lanh thuỷ lực, để đơn giản cho bài toán.
  - + Xét trường hợp bàn cào di chuyển với vận tốc không đổi (gia tốc  $a = 0$ ).

### 3.2. Tính toán lực xy lanh để bàn càu cuộn rác ứng với hành trình xy lanh



Hình IV.4 Động học xy lanh thuỷ lực điều khiển bàn càu

- Áp dụng phương pháp giải tích:

+ Xét tam giác OAB, theo định lý cos trong tam giác bất kỳ:

$$\cos(\widehat{AOB}) = \frac{OB^2 + OA^2 - AB^2}{2 \cdot OB \cdot OA}$$

$$\Rightarrow \alpha = 90^\circ - 32^\circ - \widehat{AOB}$$

$$\cos(\widehat{OBA}) = \frac{OB^2 + AB^2 - OA^2}{2 \cdot OB \cdot AB}$$

+ Xét moment cân bằng tại B:

$$F \cdot \cos \alpha \cdot A_y B_y + F \cdot \sin \alpha \cdot B_x A_x + M \cdot \sin(\widehat{OBA} - 32^\circ + \widehat{ABC}) = 0$$

Trong đó:

OB                    - Khoảng cách từ chốt đầu của xy lanh thuỷ lực đến chốt nối của bàn ép với bàn càu, OB = 888,3 mm.

OA                    - Chiều dài toàn bộ của xy lanh thuỷ lực với hành trình của xy lanh là 393 mm, OA = [700 ; 1093] mm.

- $OB_x/OB_y$  - Hình chiếu của cạnh OB lên trục x,  $OB_x = 468,54$  mm  
 và trục y,  $OB_y = 754,65$  mm.
- $OA_x/OA_y$  - Hình chiếu của cạnh OA lên trục x và trục y.
- $AB$  - Khoảng cách từ chốt nối của bàn ép đến chốt nối ty xy  
 lanh thuỷ lực,  $AB = 252$  mm.
- $AC$  - Khoảng cách từ chốt nối của ty xy lanh thuỷ lực đến  
 trọng tâm của bàn cào,  $AC = 393,5$  mm.
- $BC$  - Khoảng cách từ chốt nối của bàn ép đến trọng tâm của  
 bàn cào,  $BC = 364,7$  mm.
- $\alpha$  - Góc giữa xy lanh thuỷ lực với trục ngang Ox.
- $F$  - Lực tác dụng của xy lanh thuỷ lực để điều khiển bàn  
 cào.
- $M$  - Trọng lượng của bàn cào và lượng rác cần cuốn vào.  
 Do rác trong thùng phụ khi bị cuốn vào trong thùng chính thì cần thăng được  
 lực ma sát của rác với thành thùng phụ nên khi tính toán cần nhân thêm hệ số  
 ma sát của rác (chọn hệ số ma sát = 0,18).
- Từ các phương trình trên, xây dựng bảng thông số tính toán lực điều khiển bàn cào từ excel:

Bảng IV.3 Bảng thông số tính lực điều khiển bàn cào

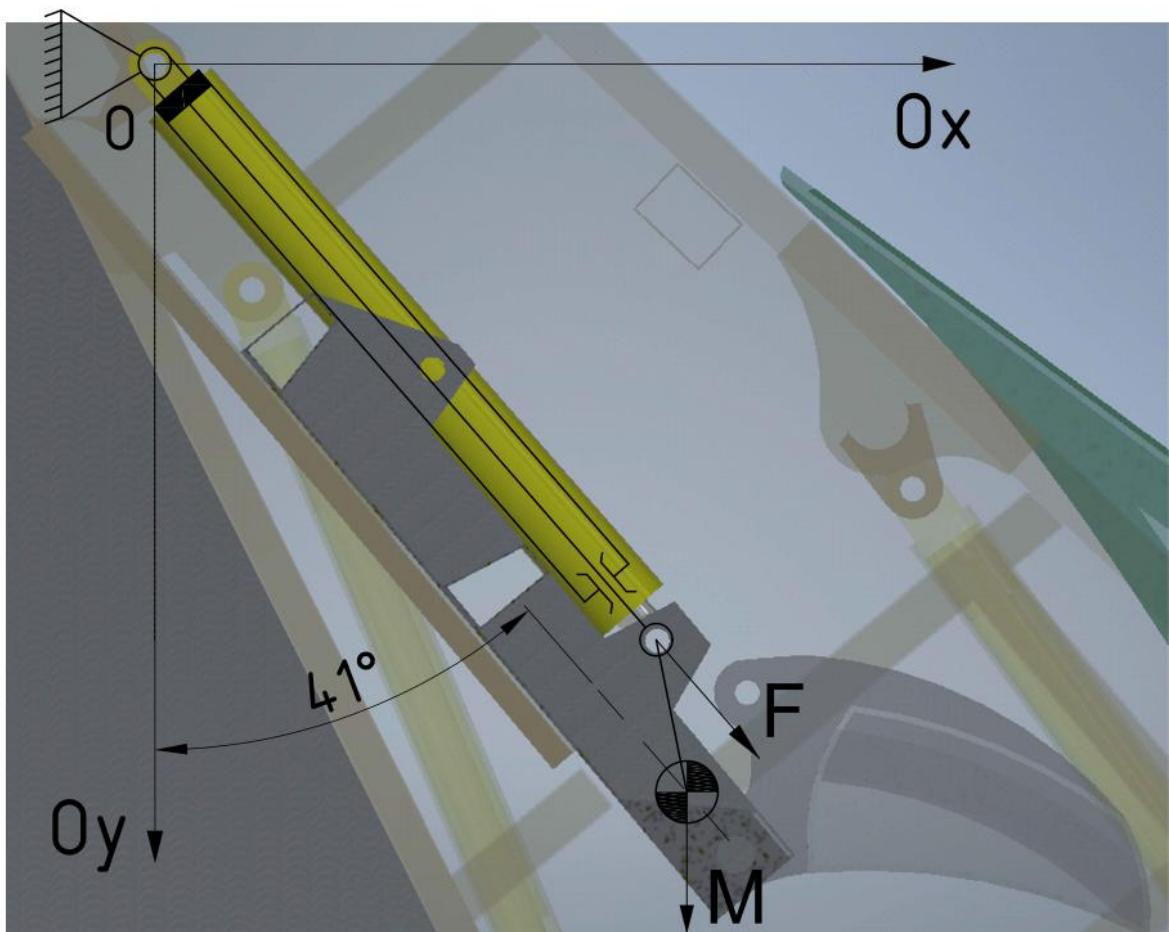
| <b>Hành trình xy lanh (mm)</b> | <b>Góc AOB (độ)</b> | <b>Góc OBA (độ)</b> | <b><math>\alpha</math> (độ)</b> | <b><math>A_yB_y</math></b> | <b><math>B_xA_x</math></b> | <b>M (N)</b> | <b>F (N)</b> | <b>F của 1 xy lanh (N)</b> |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------|----------------------------|
| 700                            | 12.19               | 35.92               | 45.81                           | 252.74                     | 19.40                      | 10378.32     | -6778.11     | -3389.06                   |
| 750                            | 14.83               | 49.61               | 43.17                           | 241.51                     | 78.44                      | 10378.32     | -5661.72     | -2830.86                   |
| 800                            | 16.09               | 61.65               | 41.91                           | 220.33                     | 126.86                     | 10378.32     | -5030.34     | -2515.17                   |
| 850                            | 16.48               | 73.11               | 41.52                           | 191.20                     | 167.88                     | 10378.32     | -4528.86     | -2264.43                   |
| 900                            | 16.18               | 84.54               | 41.82                           | 154.59                     | 202.23                     | 10378.32     | -4031.12     | -2015.56                   |
| 950                            | 15.28               | 96.40               | 42.72                           | 110.21                     | 229.45                     | 10378.32     | -3448.72     | -1724.36                   |
| 1000                           | 13.77               | 109.22              | 44.23                           | 57.05                      | 247.95                     | 10378.32     | -2663.74     | -1331.87                   |
| 1050                           | 11.49               | 123.93              | 46.51                           | 7.17                       | 254.04                     | 10378.32     | -1335.86     | -667.93                    |
| 1090                           | 8.80                | 138.54              | 49.20                           | 70.41                      | 243.76                     | 10378.32     | 339.53       | 169.77                     |
| 1093                           | 8.55                | 139.82              | 49.45                           | 75.80                      | 242.09                     | 10378.32     | 460.52       | 230.26                     |

- Từ bảng thông số tính toán trên, so sánh với kết quả lực tác dụng trên Matlab là 3870 N.

$$\%Sai\ số = \frac{3870 - 3389,06}{3870} \approx 12,43\%$$

#### 4. Tính toán động học nâng hạ bàn ép - bàn cào

##### 4.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu điều khiển bàn ép về bài toán động học nguyên lý máy



Hình IV.5 Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cấu điều khiển bàn ép

- Giả thiết mô hình tính toán lực tác dụng của xy lanh thuỷ lực:
  - + Do bàn ép được liên kết với bàn cào nên khối lượng mà xy lanh thuỷ lực phải tác dụng vào là tổng khối lượng của bàn ép và bàn cào, trọng tâm của bàn ép và bàn cào tại vị trí trọng tâm tại vectơ M với khối lượng bàn ép là 200 kg.
  - + Điểm đặt lực tác dụng lên bàn ép tại vectơ F nằm trên phía đầu xy lanh thuỷ lực.
  - + Bỏ qua khối lượng của xy lanh thuỷ lực, để đơn giản cho bài toán.
  - + Theo kết cấu của mô hình cơ cấu, bàn ép di chuyển tịnh tiến theo phương hợp với trục Oy góc  $41^\circ$ .
  - + Xét trường hợp bàn ép di chuyển với vận tốc không đổi (gia tốc  $a = 0$ ).
  - + Khối lượng rác kéo lên bằng với khối lượng máng xúc xúc vào (có nghĩa là không có sự thất thoát rác trong quá trình cào) với trọng lượng  $M = 10378,32 + 200 \cdot 9,81 = 12340,32$  (N)

#### 4.2. Tính toán lực xy lanh để di chuyển bàn ép ứng với hành trình xy lanh

- Áp dụng phương pháp giải tích:

$$F + M \cdot \cos(41^\circ) = 0$$

$$\Rightarrow F = -M \cdot \cos(41^\circ) = -12340,32 \cdot \cos(41^\circ) \approx -9313,36 \text{ (N)}$$

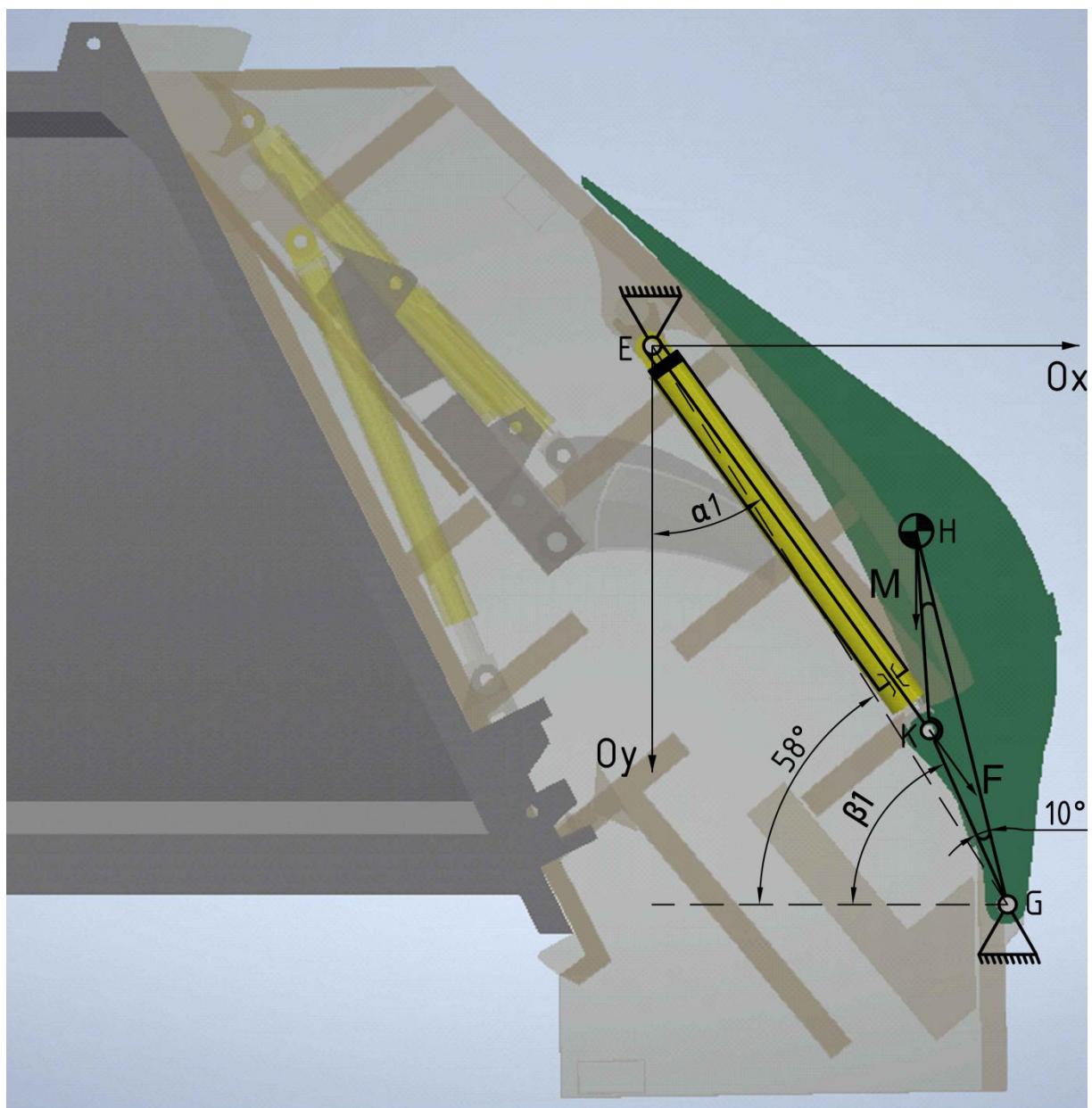
$$\Rightarrow F_{\text{1 xy lanh}} = \frac{9313,36}{2} = 4656,68 \text{ (N)}$$

- So sánh với kết quả lực tác dụng trên Matlab là 4860 N.

$$\% \text{Sai số} = \frac{4860 - 4656,68}{4860} \approx 4,18\%$$

## 5. Tính toán động học nâng hạ máng xúc

### 5.1. Chuyển đổi mô hình 3D cơ cấu nâng hạ máng xúc về bài toán động học nguyên lý máy



Hình IV.6 Sơ đồ phân tích lực dạng dây của cơ cấu nâng hạ máng xúc

- Giả thiết mô hình tính toán lực tác dụng của xy lanh thuỷ lực:

- + Máng xúc có khối lượng tại vị trí trọng tâm tại vectơ M với khối lượng là 845,59 kg.
- + Khối lượng của rác trong máng xúc có vị trí trọng tâm đặt tại M.
- + Điểm đặt lực nâng của vectơ F nằm trên phía đầu ty thuỷ lực.
- + Bỏ qua khối lượng của xy lanh thuỷ lực khi tính toán lực nâng tác dụng lên máng xúc.
- + Xét trường hợp máng xúc di chuyển với vận tốc không thay đổi (gia tốc  $a = 0$ ).

### **5.2. Tính toán lực nâng máng xúc ứng với hành trình xy lanh**

- Áp dụng phương pháp giải tích:

$$\overrightarrow{EK} = \overrightarrow{EG} + \overrightarrow{GK} \quad (1)$$

- Chiều phương trình (1) lên trực Ox và Oy:

$$EK \cdot \sin(\alpha_1) = EG \cdot \cos(58^\circ) - GK \cdot \cos(\beta_1) \quad (2)$$

$$EK \cdot \cos(\alpha_1) = EG \cdot \sin(58^\circ) - GK \cdot \sin(\beta_1) \quad (3)$$

- Bình phương 2 phương trình (2) và (3) rồi cộng 2 phương trình đó lại được biểu thức biểu diễn góc  $\beta_1$  theo hành trình xy lanh EK:

$$\cos(\beta_1 - 58^\circ) = \frac{EG^2 + GK^2 - EK^2}{2 \cdot EG \cdot GK} \quad (4)$$

- Xét moment cân bằng tại điểm G:

$$M \cdot HG \cdot \cos(\beta_1 + 10^\circ) - F \cdot \sin(\alpha_1) \cdot GK \cdot \sin(\beta_1) + F \cdot \cos(\alpha_1) \cdot GK \cdot \cos(\beta_1) = 0$$

- Từ đó suy ra:

$$F = \frac{M \cdot HG \cdot \cos(\beta_1 + 10^\circ)}{-GK \cdot \cos(\alpha_1 + \beta_1)} \quad (5)$$

Trong đó:

EK - Chiều dài toàn bộ của xy lanh với hành trình xy lanh là 1035 mm,  $EK = [1380 ; 2415]$  (mm).

HG - Khoảng cách từ trọng tâm máng xúc tới chốt G,  $HG = 1118$  mm.

GK - Khoảng cách giữa 2 chốt cứng của máng xúc,  $GK = 554,8$  mm.

EG - Khoảng cách từ chốt xoay máng xúc và chốt đầu xy lanh,  $EG = 1926,6$  mm.

M - Trọng lượng của máng xúc và lượng rác có trong máng xúc.

- $\alpha_1$  - Góc của xylanh hợp với phương đứng.  
 $\beta_1$  - Góc của khâu GK hợp với phương ngang.  
 F - Lực tác dụng của xylanh thuỷ lực để nâng máng xúc.  
 - Từ các phương trình (3), (4) và (5) xây dựng bảng thông số tính toán lực nâng máng xúc từ excel:

Bảng IV.4 Bảng thông số tính toán lực nâng cơ cấu máng xúc

| <b>Khối lượng toàn tải (kg)</b> | <b>Khối lượng rác (kg)</b> | <b>Hành trình xylanh nâng (mm)</b> | <b>EK (mm)</b> | <b><math>\beta_1</math>(độ)</b> | <b><math>\alpha_1</math> (độ)</b> | <b>F của 2 xylanh (N)</b> | <b>F (N)</b> |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------|
| 845.59                          | 0                          | 0                                  | 1380           | 82.76                           | 43.02                             | -2062.79                  | -1031.39     |
| 845.59                          | 0                          | 50                                 | 1430           | 89.77                           | 45.41                             | -5984.93                  | -2992.46     |
| 899.59                          | 54                         | 100                                | 1480           | 95.79                           | 47.12                             | -9080.39                  | -4540.20     |
| 953.59                          | 108                        | 150                                | 1530           | 101.26                          | 48.39                             | -11855.13                 | -5927.57     |
| 1007.59                         | 162                        | 200                                | 1580           | 106.38                          | 49.34                             | -14530.82                 | -7265.41     |
| 1061.59                         | 216                        | 250                                | 1630           | 111.27                          | 50.05                             | -17209.73                 | -8604.87     |
| 1115.59                         | 270                        | 300                                | 1680           | 116.00                          | 50.54                             | -19948.88                 | -9974.44     |
| 1169.59                         | 324                        | 350                                | 1730           | 120.64                          | 50.87                             | -22785.30                 | -11392.65    |
| 1223.59                         | 378                        | 400                                | 1780           | 125.21                          | 51.04                             | -25746.70                 | -12873.35    |
| 1277.59                         | 432                        | 450                                | 1830           | 129.76                          | 51.08                             | -28856.59                 | -14428.30    |
| 1331.59                         | 486                        | 500                                | 1880           | 134.32                          | 51.00                             | -32137.41                 | -16068.70    |
| 1385.59                         | 540                        | 550                                | 1930           | 138.90                          | 50.80                             | -35612.64                 | -17806.32    |
| 1439.59                         | 594                        | 600                                | 1980           | 143.55                          | 50.50                             | -39308.84                 | -19654.42    |
| 1493.59                         | 648                        | 650                                | 2030           | 148.29                          | 50.08                             | -43257.92                 | -21628.96    |
| 1547.59                         | 702                        | 700                                | 2080           | 153.15                          | 49.56                             | -47500.20                 | -23750.10    |
| 1601.59                         | 756                        | 750                                | 2130           | 158.16                          | 48.93                             | -52089.03                 | -26044.52    |
| 1655.59                         | 810                        | 800                                | 2180           | 163.38                          | 48.18                             | -57098.48                 | -28549.24    |
| 1709.59                         | 864                        | 850                                | 2230           | 168.86                          | 47.31                             | -62636.73                 | -31318.37    |
| 1763.59                         | 918                        | 900                                | 2280           | 174.67                          | 46.29                             | -68871.97                 | -34435.98    |
| 1817.59                         | 972                        | 950                                | 2330           | 180.95                          | 45.11                             | -76087.36                 | -38043.68    |

|         |      |      |      |        |       |           |           |
|---------|------|------|------|--------|-------|-----------|-----------|
| 1871.59 | 1026 | 1000 | 2380 | 187.86 | 43.72 | -84814.83 | -42407.41 |
| 1925.59 | 1080 | 1035 | 2415 | 193.23 | 42.59 | -88279.41 | -44139.70 |

- Từ bảng thông số tính toán trên, so sánh với kết quả lực tác dụng trên Matlab là 47150 N.

$$\% \text{Sai số} = \frac{47150 - 44139,7}{47150} \approx 6,38\%$$

## PHỤ LỤC V: TÍNH TOÁN SỨC KÉO CỦA XE ÉP RÁC

### 1. Xác định trọng lượng toàn bộ của xe

- Đây là loại xe ép rác chuyên lưu thông trên đường, công thức tính toán toàn bộ khối lượng xe như sau:

$$G = G_0 + n_c G_n + G_h \quad (V.1)$$

Trong đó:  $G_0$  - Khối lượng bản thân ô tô

$n_c$  - Số chỗ ngồi trong xe ép rác (cả người lái)

$G_n$  - Khối lượng trung bình mỗi người,  $G_n = 65$  kg (QCVN 09-2015/BGTVT)

$G_h$  - Khối lượng hàng hóa (rác)

- Theo thông số tham khảo từ bảng 3.1:

- + Trọng lượng toàn bộ của xe:

$$G = 24000 \cdot 9,81 = 235440 \text{ (N)}$$

- + Khối lượng rác mà xe có thể chở:

$$G_h = 24000 - 65.3 - 13780 = 10025 \text{ (kg)}$$

### 2. Lốp xe

- Theo thông số tham khảo từ bảng 3.1, phân bố tải trọng lên các cầu:
  - + Cầu trước:  $G_1 = 3120/3570$  (kg)
  - + Cầu sau:  $G_2 = 4420/10210$  (kg)
- Theo thông số khảo sát ở công ty Đức Long, lốp xe của bánh xe trước/sau có thông số: 11.00R20
- Bán kính thiết kế ( $r_0$ ) của lốp xe:

$$r_0 = \left( B + \frac{d}{2} \right) \cdot 25,4 = \left( 11 + \frac{20}{2} \right) \cdot 25,4 = 533,4 \text{ (mm)} \quad (V.2)$$

- Bán kính làm việc trung bình ( $r_b$ ) của lốp xe:

$$r_b = \lambda_b r_0 = 0,95 \cdot 533,4 = 506,73 \text{ (mm)} \quad (V.3)$$

- Trong đó:  $\lambda_b$  - hệ số kể đến sự biến dạng của lốp, phụ thuộc vào loại lốp

Với: Lốp xe áp suất cao,  $\lambda_b = 0,945 - 0,95$ .

Lốp xe áp suất thấp,  $\lambda_b = 0,93 - 0,935$ .

=> Chọn  $\lambda_b = 0,95$ .

### 3. Công suất cực đại của động cơ tại vận tốc lớn nhất

- Các thông số lựa chọn:

+ Hiệu suất của hệ thống truyền lực: thường được xác định bằng thực nghiệm:

Bảng V.1 Bảng hiệu suất truyền lực theo loại ô tô

| Loại ô tô                                | $\eta_t$ |
|------------------------------------------|----------|
| Ô tô du lịch                             | 0,93     |
| Ô tô tải có truyền lực chính 1 cấp       | 0,89     |
| Ô tô tải có truyền lực chính 2 cấp (kép) | 0,85     |

=> Dựa theo bảng V.1, chọn hiệu suất của hệ thống truyền lực:  $\eta_t = 0,85$

+ Hệ số cản khí động học ( $K$ ),  $Ns^2/m^4$ , phụ thuộc vào dạng ô tô và chất lượng bề mặt của nó, mật độ không khí.

Bảng V.2 Hệ số cản khí động học theo các loại ô tô

| Loại ô tô      | Hệ số $K$   |
|----------------|-------------|
| Du lịch vỏ kín | 0,2 - 0,35  |
| Du lịch vỏ hở  | 0,4 - 0,5   |
| Tải            | 0,6 - 0,7   |
| Ô tô khách     | 0,25 - 0,4  |
| Ô tô đua       | 0,13 - 0,15 |

=> Dựa theo bảng V.2, chọn  $K = 0,7$ .

+ Diện tích cản chính diện:

$$F = B \cdot H = 2,49 \cdot 3,57 = 8,8839 \text{ (m}^2\text{)} \quad (\text{V.4})$$

Trong đó:  $B$  - Chiều rộng của ô tô (m).

$H$  - Chiều cao của ô tô (m).

+ Hệ số cản lăn:

Bảng V.3 Hệ số cản lăn theo các loại đường

| Loại đường         | Hệ số cản lăn $f_0$ ứng với<br>$v \leq 22,2 \text{ m/s (80 km/h)}$ |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Đường nhựa tốt     | 0,015 - 0,018                                                      |
| Đường nhựa bê tông | 0,012 - 0,015                                                      |
| Đường rải đá       | 0,023 - 0,03                                                       |
| Đường đất khô      | 0,025 - 0,035                                                      |

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| Đường đất sau khi mưa | 0,05 - 0,15 |
| Đường cát             | 0,1 - 0,3   |
| Đất sau khi cày       | 0,12        |

=> Dựa theo bảng V.3, chọn  $f_0 = 0,02$ .

Công thức tính toán hệ số cản lăn theo vận tốc:

$$f = f_0 \cdot \left( 1 + \frac{v^2}{1500} \right) \quad (V.5)$$

+ Thông số công suất cực đại của động cơ ứng với tốc độ cực đại:

$$N_V = \frac{f \cdot G \cdot V_{\max} + K \cdot F \cdot V_{\max}^3}{1000 \cdot \eta_t} \text{ (kW)} \quad (V.6)$$

Mà theo thông số từ bảng 3.1 cung cấp công suất cực đại của động cơ  $N_V = 206 \text{ kW}$  tại số vòng quay 2500 vòng/phút. Từ đó, tính được vận tốc cực đại tại công suất lớn nhất:

$$V_{\max} \approx 20,3733 \text{ (m/s)} = 73,34338 \text{ (km/h)}$$

#### 4. Xây dựng đường đặc tính động cơ

- Số vòng quay động cơ ứng với công suất cực đại  $N_{e\max} = 206 \text{ kW}$  của động cơ:

$$n_N = 2500 \text{ vòng / phút.}$$

- Xây dựng đường đặc tính ngoài lý tưởng cho động cơ:

$$N_{e\max} = \frac{N_V}{a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3} \quad (V.7)$$

Trong đó: a,b,c - Các hệ số thực nghiệm, đối với động cơ Diesel, chọn thông số cho động cơ Diesel buồng cháy thông nhất: a = 0,87 ; b = 1,13 ; c = 1.

$\lambda$  - đối với động cơ Diesel,  $\lambda = 0,8 - 0,9$ ; chọn  $\lambda = 0,85$ .

- Số vòng quay chạy không tải của động cơ: 550 vòng/phút (theo tài liệu động cơ HINO).

- Xây dựng đường đặc tính ngoài lý tưởng cho động cơ:

+ Vẽ đồ thị  $N_e = f(n_e)$ :

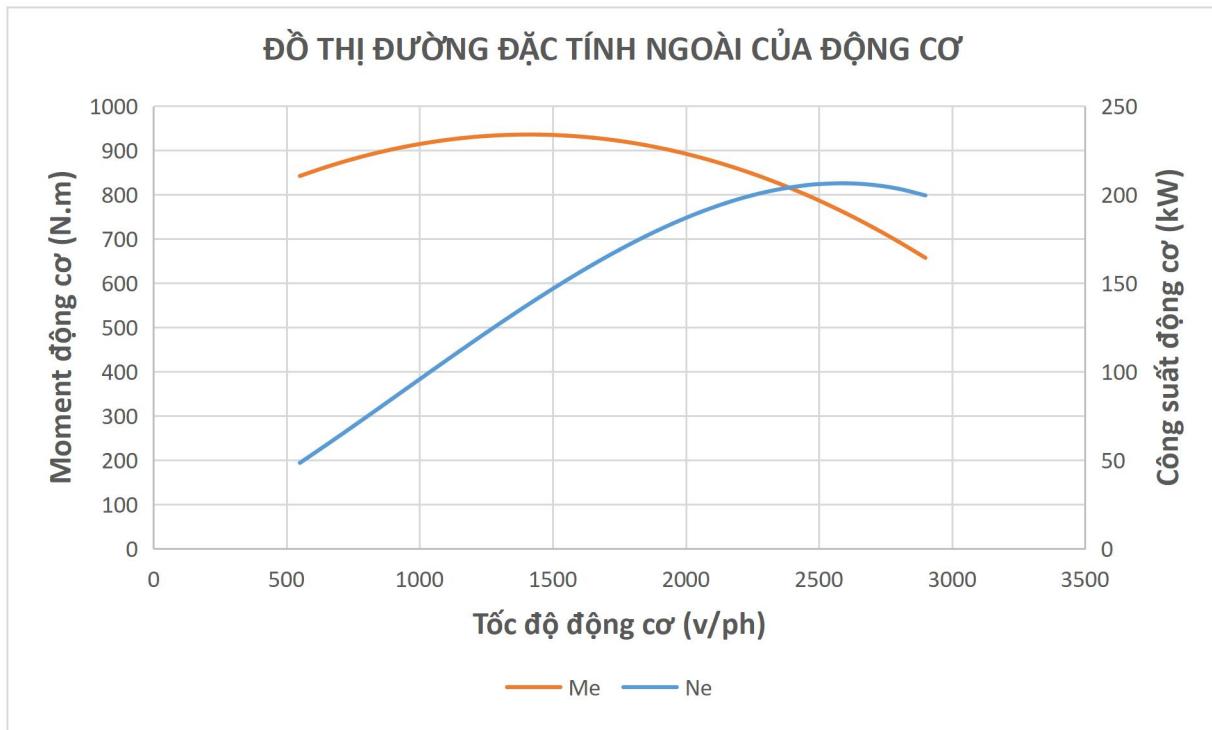
$$N_e = N_{e\max} \cdot \left[ a \cdot \frac{n_e}{n_N} + b \cdot \left( \frac{n_e}{n_N} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{n_e}{n_N} \right)^3 \right] \text{ (kW)} \quad (V.8)$$

$$\Rightarrow N_e = 206 \cdot \left[ 0,87 \cdot \frac{n_e}{2500} + 1,13 \cdot \left( \frac{n_e}{2500} \right)^2 - 1 \cdot \left( \frac{n_e}{2500} \right)^3 \right]$$

+ Vẽ đồ thị  $M_e = f(n_e)$ :

$$M_e = \frac{10^4 \cdot N_e}{1,047 \cdot n_e} \text{ (Nm)} \quad (V.9)$$

- + Đồ thị đặc tính ngoài của động cơ:  $n_e = [500 ; 2900]$  vòng/phút



Hình V.1 Đồ thị đường đặc tính ngoài của động cơ

## 5. Tính toán tỷ số truyền cho cầu chủ động

Do xe không có hộp số phụ nên  $i_{pc} = 1$ , tỷ số truyền cầu chủ động được tính theo công thức:

$$i_0 = \frac{2\pi \cdot r_b \cdot n_V}{60 \cdot i_{ht} \cdot i_{pc} \cdot V_{max}} = \frac{2\pi \cdot 0,50673 \cdot 2500}{60 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 20,3733} \cong 7,526 \quad (\text{V.10})$$

## 6. Tỷ số truyền hộp số

- Theo thông số được cung cấp từ nhà sản xuất, ta có tỷ số truyền của hộp số xe HINO FM8NJ7A-R theo bảng sau:

|          |        |
|----------|--------|
| Tay số 1 | 14,056 |
| Tay số 2 | 9,647  |
| Tay số 3 | 6,993  |
| Tay số 4 | 5,021  |
| Tay số 5 | 3,636  |
| Tay số 6 | 2,653  |
| Tay số 7 | 1,923  |
| Tay số 8 | 1,380  |

|          |        |
|----------|--------|
| Tay số 9 | 1,000  |
| Số lùi   | 13,636 |

- Các thông số chọn để tính toán tỷ số truyền từng tay số:

+ Tỷ số truyền của tay số 1 phải thoả 2 điều kiện sau:

- Lực kéo tiếp tuyến lớn nhất ở bánh xe chủ động phải thắng được lực của tổng cộng lớn nhất của đường:

$$P_{kmax} \geq \Psi_{max} \cdot G \quad (\text{V.11})$$

$$\Leftrightarrow \frac{M_{emax} \cdot i_0 \cdot i_{hi} \cdot \eta_t}{r_b} \geq \Psi_{max} \cdot G \quad (\text{V.12})$$

- Lực kéo tiếp tuyến lớn nhất ở bánh xe chủ động phải thoả mãn điều kiện:

$$P_{kmax} \leq m \cdot G_\varphi \cdot \varphi \quad (\text{V.13})$$

Trong đó:  $\varphi$  - Hệ số bám, chọn  $\varphi = 0,8$

$m$  - Hệ số phân bố tải trọng cầu chủ động,  $m = 0,74$

$\Psi_{max}$  - Hệ số cản tổng cộng lớn nhất của đường

$$\Psi_{max} = f + \tan\alpha = 0,025 + \tan 20,51^\circ = 0,399 \quad (\text{V.14})$$

## 7. Đồ thị cân bằng lực kéo

- Phương trình lực kéo tổng quát: xét điều kiện chuyển động của xe: xe chạy trên đường bằng ( $\alpha = 0^\circ$ ), đầy tải, không kéo romooc, không trích công suất.

$$P_k = P_f + P_\omega \pm P_i + P_j \quad (\text{V.15})$$

Trong đó:  $P_k$  - Lực kéo tiếp tuyến các bánh xe chủ động

$P_f$  - Lực cản lăn

$$P_f = f \cdot G \cdot \cos\alpha = 0,025 \cdot 235440 \cdot \cos 0^\circ = 5886 \text{ (N)} \quad (\text{V.16})$$

$P_i$  - Lực cản leo dốc

$$P_i = G \cdot \sin\alpha = 0 \quad (\text{V.17})$$

$P_\omega$  - Lực cản gió

$$P_\omega = K \cdot F \cdot V_{hi}^2 = 0,7 \cdot 8,8893 \cdot \left( 0,1047 \cdot \frac{0,50673 \cdot n_e}{7,526 \cdot i_{hi}} \right)^2 \quad (\text{V.18})$$

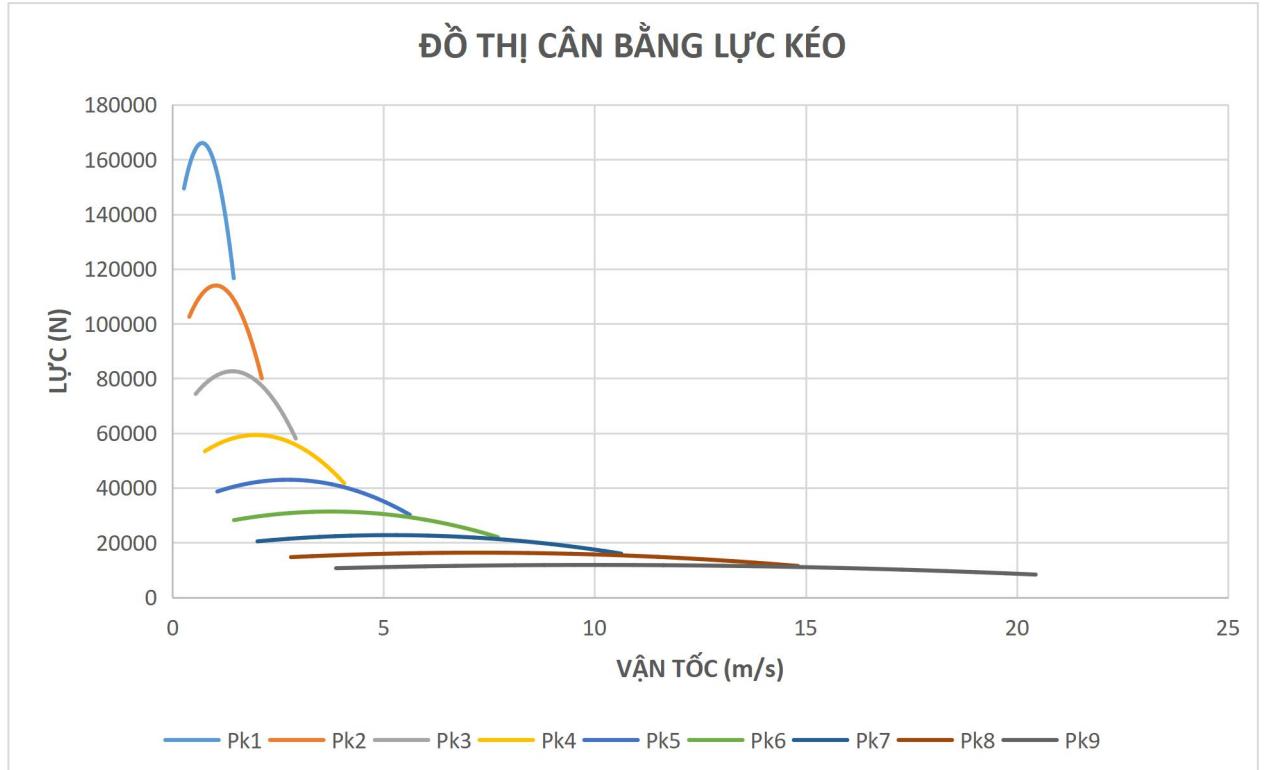
$P_j$  - Lực quán tính của ô tô

$$P_j = j \cdot (1,05 + 0,05 \cdot i_{hi}^2) \cdot \frac{G}{g} \quad (\text{V.19})$$

- Tính toán lực kéo bánh xe chủ động  $P_k$

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_{hi} \cdot \eta_t}{r_b} = 12,62 \cdot M_e \cdot i_{hi} \quad (\text{V.20})$$

- Đồ thị cân bằng lực kéo của xe ép rác:



Hình V.2 Đồ thị cân bằng lực kéo

## 8. Đồ thị cân bằng công suất

- Xác định công suất cực đại và đồ thị đặc tính ngoài của động cơ:

$$\begin{aligned} N_k &= N_e \cdot \eta_t \text{ mà } N_k = N_e - N_t \text{ nên} \\ N_t &= N_e (1 - \eta_t) \end{aligned} \quad (\text{V.21})$$

- Phương trình cân bằng công suất:

$$N_e = N_c = N_t + N_f \pm N_i + N_\omega \pm N_j \quad (\text{V.22})$$

Trong đó:  $N_e$  - Công suất do động cơ phát ra

$N_c$  - Công suất cản

$N_t$  - Công suất tổn hao do ma sát trong hệ thống truyền lực

$N_f$  - Công suất tiêu hao cho cản lăn

$N_\omega$  - Công suất tiêu hao cho lực cản không khí

$N_i$  - Công suất tiêu hao cho lực cản dốc

$N_j$  - Công suất tiêu hao cho lực cản tăng tốc

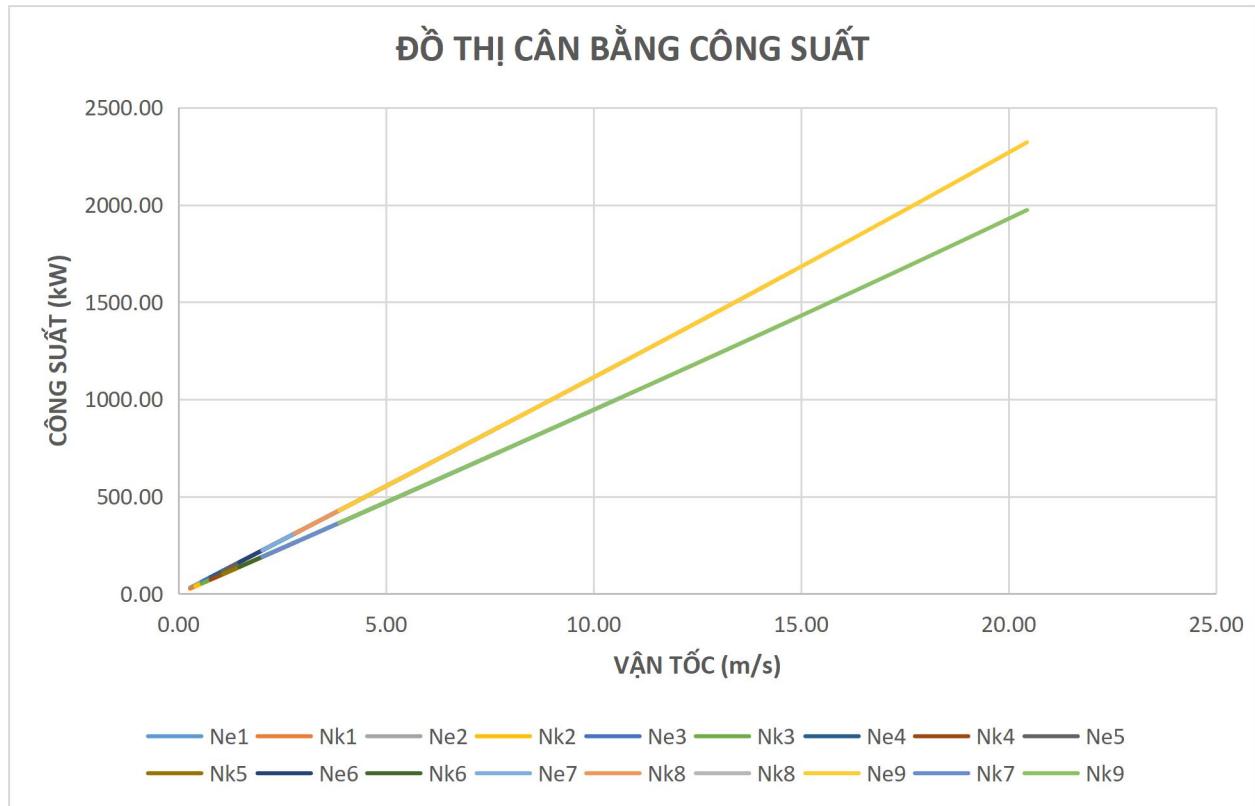
$N_m$  - Công suất cản ở mooc kéo

$N_p$  - Công suất truyền cho thiết bị phụ

- Khai triển phương trình V.21 và V.22, ta được:

$$N_k = G\Psi v + KFv^3 \quad (W) \quad (\text{V.23})$$

$$N_e = \frac{1}{\eta_t} N_k (W) \quad (\text{V.24})$$

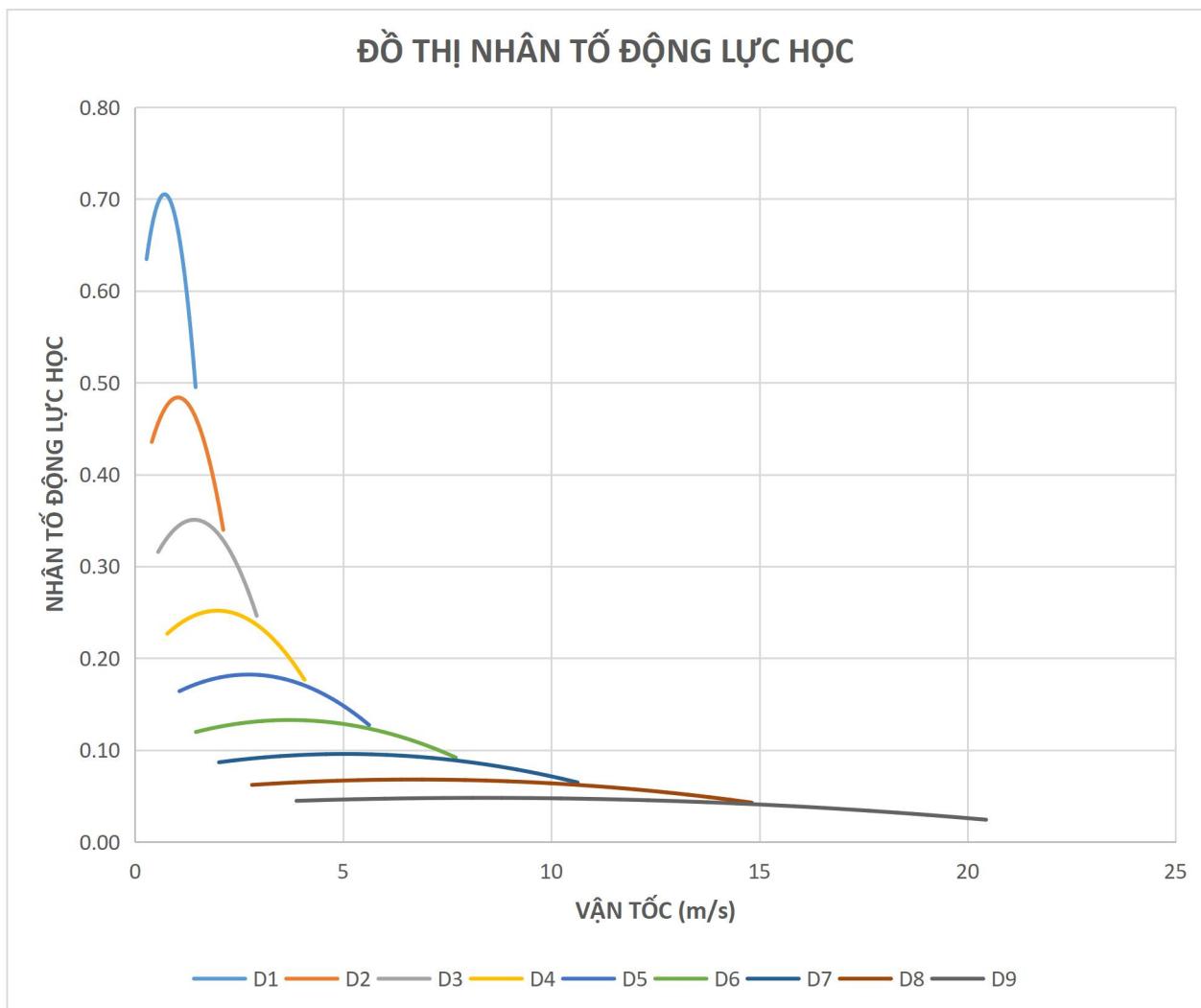


Hình V.3 Đồ thị cân bằng công suất

## 9. Đồ thị đặc tính động lực học

Nhân tốc động lực học được tính theo công thức V.25:

$$D = \frac{P_k - P_\omega}{G} \quad (\text{V.25})$$

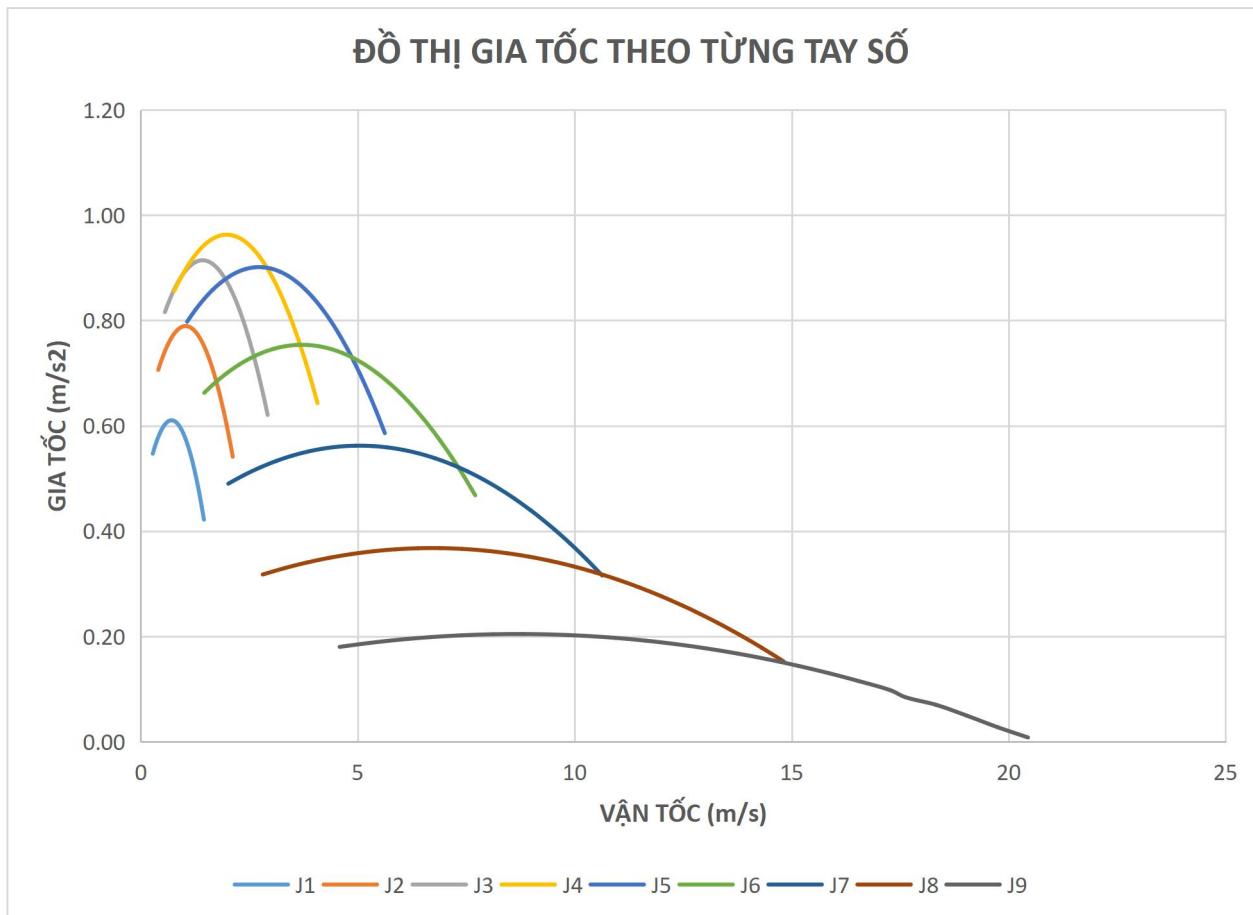


Hình V.4 Đồ thị nhân tố động lực học

#### 10. Đồ thị đặc tính tăng tốc, gia tốc của ô tô

Gia tốc của ô tô khi chuyển động không ổn định được tính bằng công thức V.26:

$$j = (D - \Psi) \cdot \frac{g}{\delta_i} = (D - \Psi) \cdot \frac{g}{1,05 + 0,05 \cdot i_h^2} \quad (\text{V.26})$$



Hình V.5 Đồ thị gia tốc theo từng tay số

## 11. Đồ thị quãng đường và thời gian tăng tốc của ô tô

- Gia tốc của ô tô:

$$j = \frac{dv}{dt} \quad (V.27)$$

- Thời gian tăng tốc của ô tô từ  $v_1$  đến  $v_2$ :

$$t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{j} \cdot dv \quad (V.28)$$

- Thời gian tăng tốc của ô tô từ  $v_1$  đến  $v_2$  ứng với gia tốc đầu  $j_{i1}$  và gia tốc cuối  $j_{i2}$  trong khoảng đó:

$$\Delta t_i = \frac{v_{i1} - v_{i2}}{0.5 \cdot (j_{i1} + j_{i2})} \quad (V.29)$$

- Thời gian tăng tốc:

$$t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots + \Delta t_n = \sum_1^n \Delta t_i \quad (V.30)$$

- Đối với hệ thống truyền lực của ô tô với hộp số có cấp, trị số giảm vận tốc xác định nhờ công thức:

$$\Delta v = \Psi \cdot g \cdot \frac{t_1}{\delta_i} \quad (V.31)$$

Với  $t_1 = 0,5 - 3(s)$ : thời gian chuyển số, tùy trình độ người lái xe, chọn  $t_1 = 1(s)$ .

- Quãng đường tăng tốc của ô tô từ  $v_1$  đến  $v_2$ :

$$s = \int_{v_1}^{v_2} v \cdot dt \quad (V.32)$$

- Quãng đường xe đi được trong mỗi khoảng là:

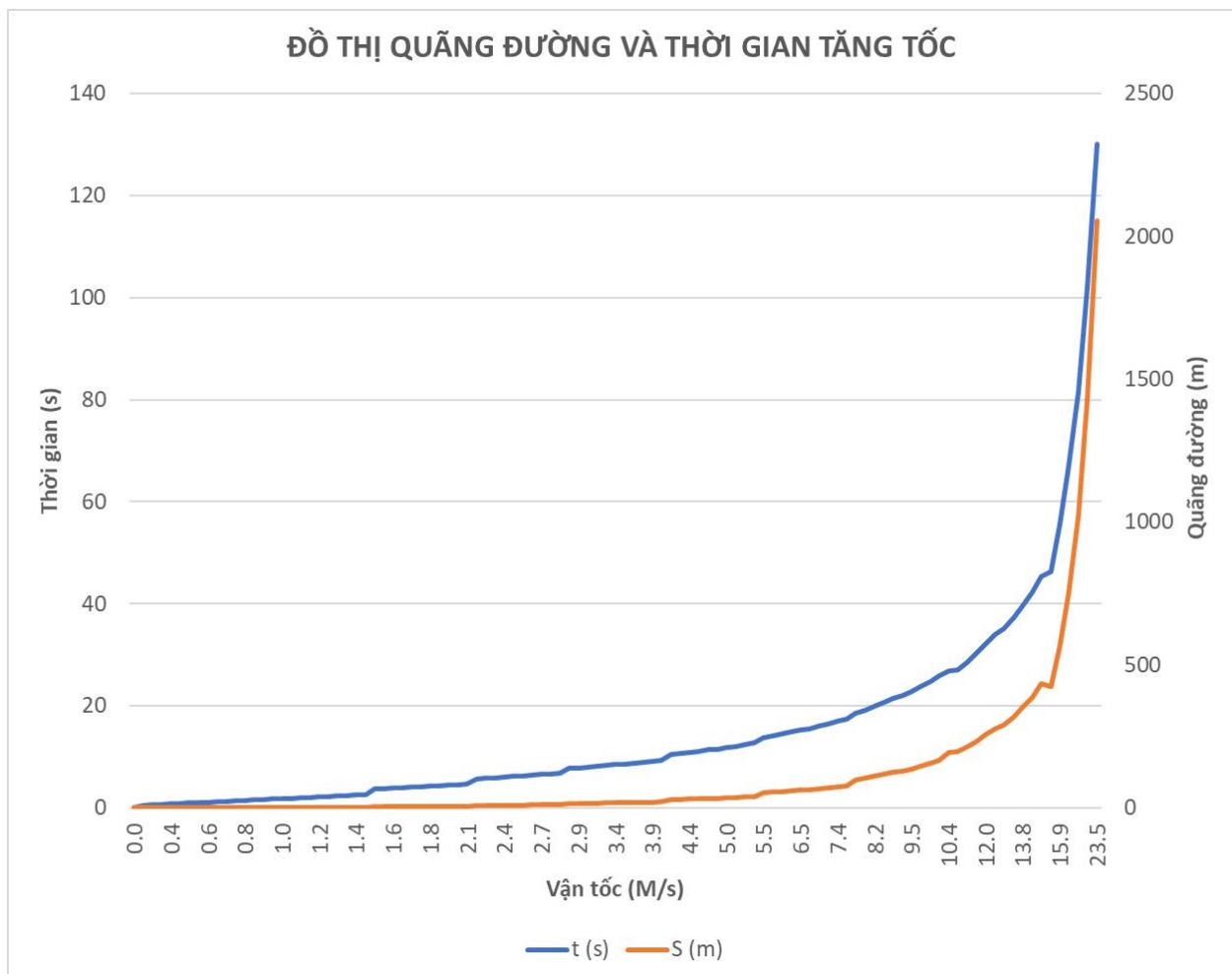
$$\Delta s_i = \frac{1}{2} \cdot (v_{i1} + v_{i2}) \cdot \Delta t_i \quad (V.33)$$

- Quãng đường tổng cộng của ô tô từ tốc độ cực tiểu đến tốc độ cực đại là:

$$s = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \Delta s_n \quad (V.34)$$

- Quãng đường xe đi được trong khoảng thời gian chuyển số:

$$s_{ci} = (v_i - 4,73 \cdot t_1 \cdot \Psi) \cdot t_1 \quad (V.35)$$



Hình V.6 Đồ thị quãng đường và thời gian tăng tốc

## 12. Bảng thông số tính toán trong file excel

Bảng V.4 Thông số tính toán đường đặc tính động cơ

| <b>n<sub>e</sub></b> | <b>N<sub>e</sub></b> | <b>M<sub>e</sub></b> | <b>n<sub>e</sub></b> | <b>N<sub>e</sub></b> | <b>M<sub>e</sub></b> |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 550.00               | 48.50                | 842.26               | 1850.00              | 176.62               | 911.83               |
| 650.00               | 58.71                | 862.72               | 1950.00              | 183.66               | 899.55               |
| 750.00               | 69.15                | 880.66               | 2050.00              | 189.90               | 884.76               |
| 850.00               | 79.75                | 896.09               | 2150.00              | 195.27               | 867.44               |
| 950.00               | 90.41                | 909.00               | 2250.00              | 199.68               | 847.61               |
| 1050.00              | 101.07               | 919.39               | 2350.00              | 203.05               | 825.26               |
| 1150.00              | 111.65               | 927.26               | 2450.00              | 205.31               | 800.39               |
| 1250.00              | 122.06               | 932.61               | 2500.00              | 206.00               | 787.01               |
| 1350.00              | 132.22               | 935.44               | 2600.00              | 206.44               | 758.36               |
| 1450.00              | 142.06               | 935.76               | 2700.00              | 205.57               | 727.20               |
| 1550.00              | 151.50               | 933.55               | 2800.00              | 203.31               | 693.51               |
| 1650.00              | 160.46               | 928.83               | 2900.00              | 199.58               | 657.31               |
| 1750.00              | 168.86               | 921.59               |                      |                      |                      |

Bảng V.5 Thông số tính toán cho tay số 1

| <b>Tay số 1</b> |            | <b>ih1 = 14.056</b>   |                       |                       |           |           |
|-----------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| <b>Vh1</b>      | <b>Pk1</b> | <b>P<sub>ω1</sub></b> | <b>N<sub>k1</sub></b> | <b>N<sub>e1</sub></b> | <b>D1</b> | <b>J1</b> |
| 0.28            | 149405.50  | 0.47                  | 25.91                 | 30.49                 | 0.63      | 0.55      |
| 0.33            | 153035.23  | 0.66                  | 30.62                 | 36.03                 | 0.65      | 0.56      |
| 0.38            | 156218.23  | 0.88                  | 35.34                 | 41.57                 | 0.66      | 0.57      |
| 0.43            | 158954.49  | 1.13                  | 40.05                 | 47.11                 | 0.68      | 0.58      |
| 0.48            | 161244.02  | 1.41                  | 44.76                 | 52.66                 | 0.68      | 0.59      |
| 0.53            | 163086.81  | 1.73                  | 49.47                 | 58.20                 | 0.69      | 0.60      |
| 0.58            | 164482.86  | 2.07                  | 54.18                 | 63.74                 | 0.70      | 0.60      |
| 0.63            | 165432.18  | 2.45                  | 58.89                 | 69.29                 | 0.70      | 0.61      |
| 0.68            | 165934.76  | 2.85                  | 63.61                 | 74.83                 | 0.70      | 0.61      |
| 0.73            | 165990.60  | 3.29                  | 68.32                 | 80.37                 | 0.71      | 0.61      |
| 0.78            | 165599.70  | 3.76                  | 73.03                 | 85.92                 | 0.70      | 0.61      |

|      |           |       |        |        |      |      |
|------|-----------|-------|--------|--------|------|------|
| 0.83 | 164762.07 | 4.26  | 77.74  | 91.46  | 0.70 | 0.61 |
| 0.88 | 163477.70 | 4.79  | 82.45  | 97.00  | 0.69 | 0.60 |
| 0.93 | 161746.60 | 5.36  | 87.17  | 102.55 | 0.69 | 0.59 |
| 0.98 | 159568.76 | 5.95  | 91.88  | 108.09 | 0.68 | 0.59 |
| 1.03 | 156944.18 | 6.58  | 96.59  | 113.64 | 0.67 | 0.58 |
| 1.08 | 153872.86 | 7.23  | 101.30 | 119.18 | 0.65 | 0.56 |
| 1.13 | 150354.81 | 7.92  | 106.02 | 124.72 | 0.64 | 0.55 |
| 1.18 | 146390.03 | 8.64  | 110.73 | 130.27 | 0.62 | 0.54 |
| 1.23 | 141978.50 | 9.39  | 115.44 | 135.81 | 0.60 | 0.52 |
| 1.25 | 139605.21 | 9.78  | 117.80 | 138.59 | 0.59 | 0.51 |
| 1.30 | 134523.58 | 10.58 | 122.51 | 144.13 | 0.57 | 0.49 |
| 1.35 | 128995.22 | 11.41 | 127.22 | 149.67 | 0.55 | 0.47 |
| 1.40 | 123020.11 | 12.27 | 131.94 | 155.22 | 0.52 | 0.45 |
| 1.45 | 116598.27 | 13.16 | 136.65 | 160.76 | 0.50 | 0.42 |

Bảng V.6 Thông số tính toán cho tay số 2

| Tay số 2 |           | <b>ih2 = 9.647</b> |        |        |      |      |
|----------|-----------|--------------------|--------|--------|------|------|
| Vh2      | Pk2       | Po2                | Nk2    | Ne2    | D2   | J2   |
| 0.40     | 102540.90 | 1.01               | 37.76  | 44.42  | 0.44 | 0.71 |
| 0.47     | 105032.08 | 1.40               | 44.62  | 52.50  | 0.45 | 0.72 |
| 0.55     | 107216.65 | 1.87               | 51.49  | 60.57  | 0.46 | 0.74 |
| 0.62     | 109094.62 | 2.40               | 58.35  | 68.65  | 0.46 | 0.75 |
| 0.69     | 110665.98 | 3.00               | 65.22  | 76.73  | 0.47 | 0.77 |
| 0.77     | 111930.74 | 3.66               | 72.08  | 84.80  | 0.48 | 0.77 |
| 0.84     | 112888.88 | 4.39               | 78.95  | 92.88  | 0.48 | 0.78 |
| 0.91     | 113540.42 | 5.19               | 85.81  | 100.96 | 0.48 | 0.79 |
| 0.99     | 113885.36 | 6.06               | 92.68  | 109.03 | 0.48 | 0.79 |
| 1.06     | 113923.68 | 6.99               | 99.55  | 117.11 | 0.48 | 0.79 |
| 1.13     | 113655.40 | 7.98               | 106.41 | 125.19 | 0.48 | 0.79 |
| 1.21     | 113080.51 | 9.05               | 113.28 | 133.27 | 0.48 | 0.78 |
| 1.28     | 112199.02 | 10.18              | 120.14 | 141.35 | 0.48 | 0.78 |

|      |           |       |        |        |      |      |
|------|-----------|-------|--------|--------|------|------|
| 1.35 | 111010.92 | 11.37 | 127.01 | 149.43 | 0.47 | 0.77 |
| 1.42 | 109516.21 | 12.63 | 133.88 | 157.50 | 0.47 | 0.76 |
| 1.50 | 107714.89 | 13.96 | 140.75 | 165.58 | 0.46 | 0.74 |
| 1.57 | 105606.97 | 15.36 | 147.61 | 173.66 | 0.45 | 0.73 |
| 1.64 | 103192.44 | 16.82 | 154.48 | 181.74 | 0.44 | 0.71 |
| 1.72 | 100471.30 | 18.35 | 161.35 | 189.83 | 0.43 | 0.69 |
| 1.79 | 97443.55  | 19.94 | 168.22 | 197.91 | 0.41 | 0.67 |
| 1.83 | 95814.70  | 20.77 | 171.65 | 201.95 | 0.41 | 0.66 |
| 1.90 | 92327.05  | 22.46 | 178.52 | 210.03 | 0.39 | 0.63 |
| 1.97 | 88532.79  | 24.22 | 185.39 | 218.11 | 0.38 | 0.60 |
| 2.05 | 84431.92  | 26.05 | 192.26 | 226.19 | 0.36 | 0.57 |
| 2.12 | 80024.44  | 27.94 | 199.13 | 234.28 | 0.34 | 0.54 |

Bảng V.7 Thông số tính toán cho tay số 3

| Tay số 3 |          | <b>ih3 = 6.993</b> |        |        |      |      |
|----------|----------|--------------------|--------|--------|------|------|
| Vh3      | Pk3      | Pω3                | Nk3    | Ne3    | D3   | J3   |
| 0.55     | 74330.72 | 1.91               | 52.09  | 61.28  | 0.32 | 0.82 |
| 0.66     | 76136.55 | 2.67               | 61.56  | 72.42  | 0.32 | 0.84 |
| 0.76     | 77720.13 | 3.56               | 71.03  | 83.56  | 0.33 | 0.86 |
| 0.86     | 79081.44 | 4.57               | 80.50  | 94.70  | 0.34 | 0.87 |
| 0.96     | 80220.51 | 5.71               | 89.97  | 105.85 | 0.34 | 0.89 |
| 1.06     | 81137.31 | 6.97               | 99.44  | 116.99 | 0.34 | 0.90 |
| 1.16     | 81831.86 | 8.36               | 108.91 | 128.13 | 0.35 | 0.91 |
| 1.26     | 82304.16 | 9.88               | 118.39 | 139.28 | 0.35 | 0.91 |
| 1.36     | 82554.19 | 11.52              | 127.86 | 150.42 | 0.35 | 0.91 |
| 1.46     | 82581.98 | 13.30              | 137.33 | 161.57 | 0.35 | 0.91 |
| 1.56     | 82387.50 | 15.19              | 146.81 | 172.72 | 0.35 | 0.91 |
| 1.66     | 81970.77 | 17.22              | 156.28 | 183.86 | 0.35 | 0.91 |
| 1.76     | 81331.79 | 19.37              | 165.76 | 195.01 | 0.35 | 0.90 |
| 1.86     | 80470.54 | 21.64              | 175.23 | 206.16 | 0.34 | 0.89 |
| 1.97     | 79387.05 | 24.04              | 184.71 | 217.31 | 0.34 | 0.88 |

|      |          |       |        |        |      |      |
|------|----------|-------|--------|--------|------|------|
| 2.07 | 78081.29 | 26.57 | 194.19 | 228.46 | 0.33 | 0.86 |
| 2.17 | 76553.28 | 29.23 | 203.67 | 239.61 | 0.33 | 0.84 |
| 2.27 | 74803.02 | 32.01 | 213.15 | 250.76 | 0.32 | 0.82 |
| 2.37 | 72830.50 | 34.92 | 222.63 | 261.91 | 0.31 | 0.80 |
| 2.47 | 70635.72 | 37.96 | 232.11 | 273.07 | 0.30 | 0.77 |
| 2.52 | 69454.98 | 39.52 | 236.85 | 278.65 | 0.29 | 0.76 |
| 2.62 | 66926.82 | 42.75 | 246.33 | 289.80 | 0.28 | 0.73 |
| 2.72 | 64176.40 | 46.10 | 255.81 | 300.96 | 0.27 | 0.69 |
| 2.82 | 61203.73 | 49.58 | 265.30 | 312.12 | 0.26 | 0.66 |
| 2.92 | 58008.80 | 53.18 | 274.78 | 323.28 | 0.25 | 0.62 |

Bảng V.8 Thông số tính toán cho tay số 4

| Tay số 4 |          | <b>ih4 = 5.021</b> |        |        |      |      |
|----------|----------|--------------------|--------|--------|------|------|
| Vh4      | Pk4      | Pø4                | Nk4    | Ne4    | D4   | J4   |
| 0.77     | 53369.74 | 3.71               | 72.54  | 85.35  | 0.23 | 0.86 |
| 0.91     | 54666.33 | 5.18               | 85.74  | 100.86 | 0.23 | 0.88 |
| 1.05     | 55803.34 | 6.90               | 98.93  | 116.38 | 0.24 | 0.90 |
| 1.19     | 56780.77 | 8.86               | 112.12 | 131.91 | 0.24 | 0.92 |
| 1.33     | 57598.62 | 11.07              | 125.31 | 147.43 | 0.24 | 0.93 |
| 1.47     | 58256.89 | 13.52              | 138.51 | 162.95 | 0.25 | 0.94 |
| 1.61     | 58755.58 | 16.22              | 151.70 | 178.47 | 0.25 | 0.95 |
| 1.76     | 59094.69 | 19.17              | 164.90 | 194.00 | 0.25 | 0.96 |
| 1.90     | 59274.22 | 22.35              | 178.10 | 209.53 | 0.25 | 0.96 |
| 2.04     | 59294.17 | 25.79              | 191.30 | 225.06 | 0.25 | 0.96 |
| 2.18     | 59154.53 | 29.47              | 204.50 | 240.59 | 0.25 | 0.96 |
| 2.32     | 58855.32 | 33.39              | 217.70 | 256.12 | 0.25 | 0.95 |
| 2.46     | 58396.52 | 37.56              | 230.91 | 271.65 | 0.25 | 0.95 |
| 2.60     | 57778.15 | 41.98              | 244.11 | 287.19 | 0.25 | 0.94 |
| 2.74     | 57000.19 | 46.64              | 257.32 | 302.73 | 0.24 | 0.92 |
| 2.88     | 56062.66 | 51.55              | 270.53 | 318.27 | 0.24 | 0.90 |
| 3.02     | 54965.54 | 56.70              | 283.74 | 333.81 | 0.23 | 0.88 |

|      |          |        |        |        |      |      |
|------|----------|--------|--------|--------|------|------|
| 3.16 | 53708.84 | 62.10  | 296.96 | 349.36 | 0.23 | 0.86 |
| 3.30 | 52292.57 | 67.74  | 310.17 | 364.91 | 0.22 | 0.84 |
| 3.44 | 50716.71 | 73.63  | 323.39 | 380.46 | 0.22 | 0.81 |
| 3.51 | 49868.94 | 76.66  | 330.00 | 388.24 | 0.21 | 0.79 |
| 3.65 | 48053.71 | 82.92  | 343.22 | 403.79 | 0.20 | 0.76 |
| 3.79 | 46078.90 | 89.42  | 356.45 | 419.35 | 0.20 | 0.72 |
| 3.93 | 43944.51 | 96.17  | 369.68 | 434.92 | 0.19 | 0.68 |
| 4.07 | 41650.54 | 103.16 | 382.91 | 450.48 | 0.18 | 0.64 |

Bảng V.9 Thông số tính toán cho tay số 5

| Tay số 5        |                 | $i_{h5} = 3.636$ |                 |                 |                |                |
|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| V <sub>h5</sub> | P <sub>k5</sub> | P <sub>ω5</sub>  | N <sub>k5</sub> | N <sub>e5</sub> | D <sub>5</sub> | J <sub>5</sub> |
| 1.07            | 38648.15        | 7.08             | 100.18          | 117.86          | 0.16           | 0.80           |
| 1.26            | 39587.09        | 9.88             | 118.40          | 139.29          | 0.17           | 0.82           |
| 1.45            | 40410.46        | 13.16            | 136.62          | 160.73          | 0.17           | 0.84           |
| 1.65            | 41118.28        | 16.90            | 154.84          | 182.17          | 0.17           | 0.86           |
| 1.84            | 41710.53        | 21.11            | 173.07          | 203.61          | 0.18           | 0.87           |
| 2.04            | 42187.23        | 25.79            | 191.29          | 225.05          | 0.18           | 0.88           |
| 2.23            | 42548.36        | 30.93            | 209.52          | 246.50          | 0.18           | 0.89           |
| 2.42            | 42793.92        | 36.55            | 227.75          | 267.95          | 0.18           | 0.90           |
| 2.62            | 42923.93        | 42.63            | 245.99          | 289.40          | 0.18           | 0.90           |
| 2.81            | 42938.38        | 49.18            | 264.23          | 310.86          | 0.18           | 0.90           |
| 3.01            | 42837.26        | 56.20            | 282.47          | 332.32          | 0.18           | 0.90           |
| 3.20            | 42620.58        | 63.68            | 300.72          | 353.79          | 0.18           | 0.89           |
| 3.39            | 42288.34        | 71.63            | 318.98          | 375.27          | 0.18           | 0.88           |
| 3.59            | 41840.54        | 80.05            | 337.23          | 396.74          | 0.18           | 0.87           |
| 3.78            | 41277.18        | 88.94            | 355.50          | 418.23          | 0.17           | 0.86           |
| 3.97            | 40598.25        | 98.30            | 373.76          | 439.72          | 0.17           | 0.84           |
| 4.17            | 39803.77        | 108.12           | 392.04          | 461.22          | 0.17           | 0.82           |
| 4.36            | 38893.72        | 118.41           | 410.32          | 482.72          | 0.16           | 0.80           |
| 4.56            | 37868.11        | 129.17           | 428.60          | 504.24          | 0.16           | 0.78           |

|      |          |        |        |        |      |      |
|------|----------|--------|--------|--------|------|------|
| 4.75 | 36726.94 | 140.40 | 446.89 | 525.76 | 0.16 | 0.75 |
| 4.85 | 36113.02 | 146.19 | 456.04 | 536.52 | 0.15 | 0.73 |
| 5.04 | 34798.50 | 158.12 | 474.34 | 558.05 | 0.15 | 0.70 |
| 5.23 | 33368.43 | 170.51 | 492.65 | 579.59 | 0.14 | 0.67 |
| 5.43 | 31822.79 | 183.38 | 510.97 | 601.14 | 0.13 | 0.63 |
| 5.62 | 30161.59 | 196.71 | 529.29 | 622.70 | 0.13 | 0.59 |

Bảng V.10 Thông số tính toán cho tay số 6

| Tay số 6        |                 | <b>i<sub>h6</sub> = 2.653</b> |                 |                 |                |                |
|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| V <sub>h6</sub> | P <sub>k6</sub> | P <sub>ω6</sub>               | N <sub>k6</sub> | N <sub>e6</sub> | D <sub>6</sub> | J <sub>6</sub> |
| 1.46            | 28199.54        | 13.29                         | 137.31          | 161.54          | 0.12           | 0.66           |
| 1.73            | 28884.64        | 18.56                         | 162.28          | 190.92          | 0.12           | 0.68           |
| 1.99            | 29485.41        | 24.71                         | 187.26          | 220.31          | 0.13           | 0.70           |
| 2.26            | 30001.87        | 31.74                         | 212.25          | 249.70          | 0.13           | 0.72           |
| 2.52            | 30434.01        | 39.65                         | 237.24          | 279.10          | 0.13           | 0.73           |
| 2.79            | 30781.82        | 48.44                         | 262.23          | 308.51          | 0.13           | 0.74           |
| 3.06            | 31045.32        | 58.10                         | 287.24          | 337.93          | 0.13           | 0.75           |
| 3.32            | 31224.50        | 68.65                         | 312.25          | 367.35          | 0.13           | 0.75           |
| 3.59            | 31319.36        | 80.07                         | 337.27          | 396.79          | 0.13           | 0.75           |
| 3.85            | 31329.90        | 92.37                         | 362.30          | 426.24          | 0.13           | 0.75           |
| 4.12            | 31256.12        | 105.55                        | 387.34          | 455.70          | 0.13           | 0.75           |
| 4.38            | 31098.02        | 119.61                        | 412.39          | 485.17          | 0.13           | 0.75           |
| 4.65            | 30855.60        | 134.55                        | 437.46          | 514.65          | 0.13           | 0.74           |
| 4.92            | 30528.87        | 150.37                        | 462.53          | 544.15          | 0.13           | 0.73           |
| 5.18            | 30117.81        | 167.06                        | 487.62          | 573.67          | 0.13           | 0.72           |
| 5.45            | 29622.43        | 184.64                        | 512.72          | 603.20          | 0.13           | 0.70           |
| 5.71            | 29042.74        | 203.09                        | 537.84          | 632.75          | 0.12           | 0.68           |
| 5.98            | 28378.72        | 222.42                        | 562.97          | 662.32          | 0.12           | 0.66           |
| 6.24            | 27630.39        | 242.63                        | 588.12          | 691.90          | 0.12           | 0.64           |
| 6.51            | 26797.73        | 263.72                        | 613.28          | 721.51          | 0.11           | 0.61           |
| 6.64            | 26349.79        | 274.59                        | 625.87          | 736.32          | 0.11           | 0.60           |

|      |          |        |        |        |      |      |
|------|----------|--------|--------|--------|------|------|
| 6.91 | 25390.66 | 297.00 | 651.06 | 765.95 | 0.11 | 0.57 |
| 7.17 | 24347.20 | 320.28 | 676.27 | 795.61 | 0.10 | 0.54 |
| 7.44 | 23219.43 | 344.45 | 701.49 | 825.28 | 0.10 | 0.50 |
| 7.71 | 22007.34 | 369.49 | 726.74 | 854.99 | 0.09 | 0.47 |

Bảng V.11 Thông số tính toán cho tay số 7

| Tay số 7 |          | <b>ih7 = 1.923</b> |        |         |      |      |
|----------|----------|--------------------|--------|---------|------|------|
| Vh7      | Pk7      | Pø7                | Nk7    | Ne7     | D7   | J7   |
| 2.02     | 20440.15 | 25.30              | 189.46 | 222.89  | 0.09 | 0.49 |
| 2.38     | 20936.74 | 35.33              | 223.93 | 263.45  | 0.09 | 0.51 |
| 2.75     | 21372.20 | 47.04              | 258.41 | 304.01  | 0.09 | 0.52 |
| 3.12     | 21746.55 | 60.42              | 292.91 | 344.60  | 0.09 | 0.53 |
| 3.48     | 22059.78 | 75.47              | 327.42 | 385.20  | 0.09 | 0.54 |
| 3.85     | 22311.89 | 92.19              | 361.95 | 425.82  | 0.09 | 0.55 |
| 4.22     | 22502.88 | 110.59             | 396.50 | 466.47  | 0.10 | 0.56 |
| 4.58     | 22632.76 | 130.66             | 431.07 | 507.14  | 0.10 | 0.56 |
| 4.95     | 22701.52 | 152.40             | 465.66 | 547.84  | 0.10 | 0.56 |
| 5.32     | 22709.16 | 175.82             | 500.28 | 588.56  | 0.10 | 0.56 |
| 5.68     | 22655.68 | 200.90             | 534.92 | 629.32  | 0.10 | 0.56 |
| 6.05     | 22541.08 | 227.66             | 569.60 | 670.11  | 0.09 | 0.55 |
| 6.42     | 22365.37 | 256.09             | 604.30 | 710.94  | 0.09 | 0.55 |
| 6.78     | 22128.54 | 286.20             | 639.04 | 751.81  | 0.09 | 0.54 |
| 7.15     | 21830.59 | 317.97             | 673.81 | 792.71  | 0.09 | 0.53 |
| 7.52     | 21471.52 | 351.42             | 708.61 | 833.66  | 0.09 | 0.51 |
| 7.88     | 21051.33 | 386.55             | 743.46 | 874.65  | 0.09 | 0.50 |
| 8.25     | 20570.03 | 423.34             | 778.34 | 915.69  | 0.09 | 0.48 |
| 8.61     | 20027.61 | 461.81             | 813.26 | 956.78  | 0.08 | 0.46 |
| 8.98     | 19424.06 | 501.94             | 848.23 | 997.92  | 0.08 | 0.44 |
| 9.16     | 19099.38 | 522.64             | 865.73 | 1018.51 | 0.08 | 0.43 |
| 9.53     | 18404.16 | 565.29             | 900.77 | 1059.72 | 0.08 | 0.40 |
| 9.90     | 17647.82 | 609.61             | 935.85 | 1101.00 | 0.07 | 0.38 |

|       |          |        |         |         |      |      |
|-------|----------|--------|---------|---------|------|------|
| 10.26 | 16830.37 | 655.60 | 970.98  | 1142.33 | 0.07 | 0.35 |
| 10.63 | 15951.80 | 703.27 | 1006.17 | 1183.73 | 0.06 | 0.32 |

Bảng V.12 Thông số tính toán cho tay số 8

| Tay số 8 |          | $ih8 = 1.380$ |         |         |      |      |
|----------|----------|---------------|---------|---------|------|------|
| Vh8      | Pk8      | Pw8           | Nk8     | Ne8     | D8   | J8   |
| 2.81     | 14668.44 | 49.12         | 264.07  | 310.67  | 0.06 | 0.32 |
| 3.32     | 15024.80 | 68.60         | 312.15  | 367.24  | 0.06 | 0.33 |
| 3.83     | 15337.31 | 91.34         | 360.26  | 423.84  | 0.06 | 0.34 |
| 4.34     | 15605.95 | 117.32        | 408.41  | 480.48  | 0.07 | 0.35 |
| 4.85     | 15830.73 | 146.55        | 456.60  | 537.17  | 0.07 | 0.36 |
| 5.36     | 16011.65 | 179.02        | 504.83  | 593.92  | 0.07 | 0.36 |
| 5.87     | 16148.72 | 214.74        | 553.12  | 650.73  | 0.07 | 0.37 |
| 6.39     | 16241.92 | 253.71        | 601.47  | 707.61  | 0.07 | 0.37 |
| 6.90     | 16291.26 | 295.93        | 649.88  | 764.56  | 0.07 | 0.37 |
| 7.41     | 16296.74 | 341.40        | 698.36  | 821.59  | 0.07 | 0.37 |
| 7.92     | 16258.37 | 390.11        | 746.90  | 878.71  | 0.07 | 0.36 |
| 8.43     | 16176.13 | 442.07        | 795.53  | 935.92  | 0.07 | 0.36 |
| 8.94     | 16050.03 | 497.28        | 844.24  | 993.22  | 0.07 | 0.35 |
| 9.45     | 15880.07 | 555.73        | 893.03  | 1050.62 | 0.07 | 0.34 |
| 9.96     | 15666.26 | 617.44        | 941.92  | 1108.14 | 0.06 | 0.33 |
| 10.47    | 15408.58 | 682.39        | 990.90  | 1165.77 | 0.06 | 0.32 |
| 10.98    | 15107.04 | 750.59        | 1039.99 | 1223.51 | 0.06 | 0.31 |
| 11.49    | 14761.64 | 822.03        | 1089.18 | 1281.39 | 0.06 | 0.29 |
| 12.00    | 14372.38 | 896.73        | 1138.48 | 1339.39 | 0.06 | 0.28 |
| 12.52    | 13939.27 | 974.67        | 1187.91 | 1397.54 | 0.06 | 0.26 |
| 12.77    | 13706.26 | 1014.86       | 1212.66 | 1426.66 | 0.05 | 0.25 |
| 13.28    | 13207.35 | 1097.67       | 1262.27 | 1485.02 | 0.05 | 0.23 |
| 13.79    | 12664.58 | 1183.73       | 1312.00 | 1543.53 | 0.05 | 0.20 |
| 14.30    | 12077.96 | 1273.03       | 1361.87 | 1602.21 | 0.05 | 0.18 |
| 14.81    | 11447.47 | 1365.59       | 1411.88 | 1661.04 | 0.04 | 0.15 |

Bảng V.13 Thông số tính toán cho tay số 9

| Tay số 9 |          | <b>ih9 = 1.000</b> |         |         |      |      |
|----------|----------|--------------------|---------|---------|------|------|
| Vh9      | Pk9      | Pω9                | Nk9     | Ne9     | D9   | J9   |
| 3.88     | 10629.30 | 93.54              | 364.59  | 428.93  | 0.04 | 0.18 |
| 4.58     | 10887.54 | 130.65             | 431.05  | 507.12  | 0.05 | 0.18 |
| 5.29     | 11113.99 | 173.94             | 497.60  | 585.41  | 0.05 | 0.19 |
| 5.99     | 11308.66 | 223.42             | 564.24  | 663.81  | 0.05 | 0.20 |
| 6.70     | 11471.54 | 279.08             | 630.99  | 742.34  | 0.05 | 0.20 |
| 7.40     | 11602.65 | 340.93             | 697.87  | 821.02  | 0.05 | 0.20 |
| 8.11     | 11701.97 | 408.96             | 764.89  | 899.87  | 0.05 | 0.20 |
| 8.81     | 11769.51 | 483.17             | 832.05  | 978.88  | 0.05 | 0.20 |
| 9.52     | 11805.26 | 563.57             | 899.38  | 1058.10 | 0.05 | 0.20 |
| 10.22    | 11809.23 | 650.16             | 966.89  | 1137.51 | 0.05 | 0.20 |
| 10.93    | 11781.42 | 742.93             | 1034.58 | 1217.16 | 0.05 | 0.20 |
| 11.63    | 11721.83 | 841.88             | 1102.48 | 1297.04 | 0.05 | 0.19 |
| 12.34    | 11630.46 | 947.02             | 1170.59 | 1377.17 | 0.05 | 0.18 |
| 13.04    | 11507.30 | 1058.34            | 1238.94 | 1457.57 | 0.04 | 0.17 |
| 13.75    | 11352.36 | 1175.85            | 1307.52 | 1538.26 | 0.04 | 0.16 |
| 14.45    | 11165.64 | 1299.54            | 1376.36 | 1619.25 | 0.04 | 0.15 |
| 15.16    | 10947.13 | 1429.42            | 1445.47 | 1700.55 | 0.04 | 0.14 |
| 15.86    | 10696.84 | 1565.48            | 1514.86 | 1782.19 | 0.04 | 0.12 |
| 16.57    | 10414.77 | 1707.73            | 1584.54 | 1864.17 | 0.04 | 0.11 |
| 17.27    | 10100.92 | 1856.16            | 1654.53 | 1946.51 | 0.04 | 0.09 |
| 17.62    | 9932.07  | 1932.69            | 1689.65 | 1987.82 | 0.03 | 0.08 |
| 18.33    | 9570.55  | 2090.40            | 1760.13 | 2070.74 | 0.03 | 0.06 |
| 19.03    | 9177.24  | 2254.29            | 1830.94 | 2154.05 | 0.03 | 0.04 |
| 19.74    | 8752.14  | 2424.37            | 1902.11 | 2237.78 | 0.03 | 0.02 |
| 20.44    | 8295.27  | 2600.63            | 1973.65 | 2321.94 | 0.02 | 0.02 |

Bảng V.14 Thông số tính toán quãng đường và thời gian tăng tốc

| V | t (s) | S (m) | V | t (s) | S (m) | V | t (s) | S (m) |
|---|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|
|---|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|

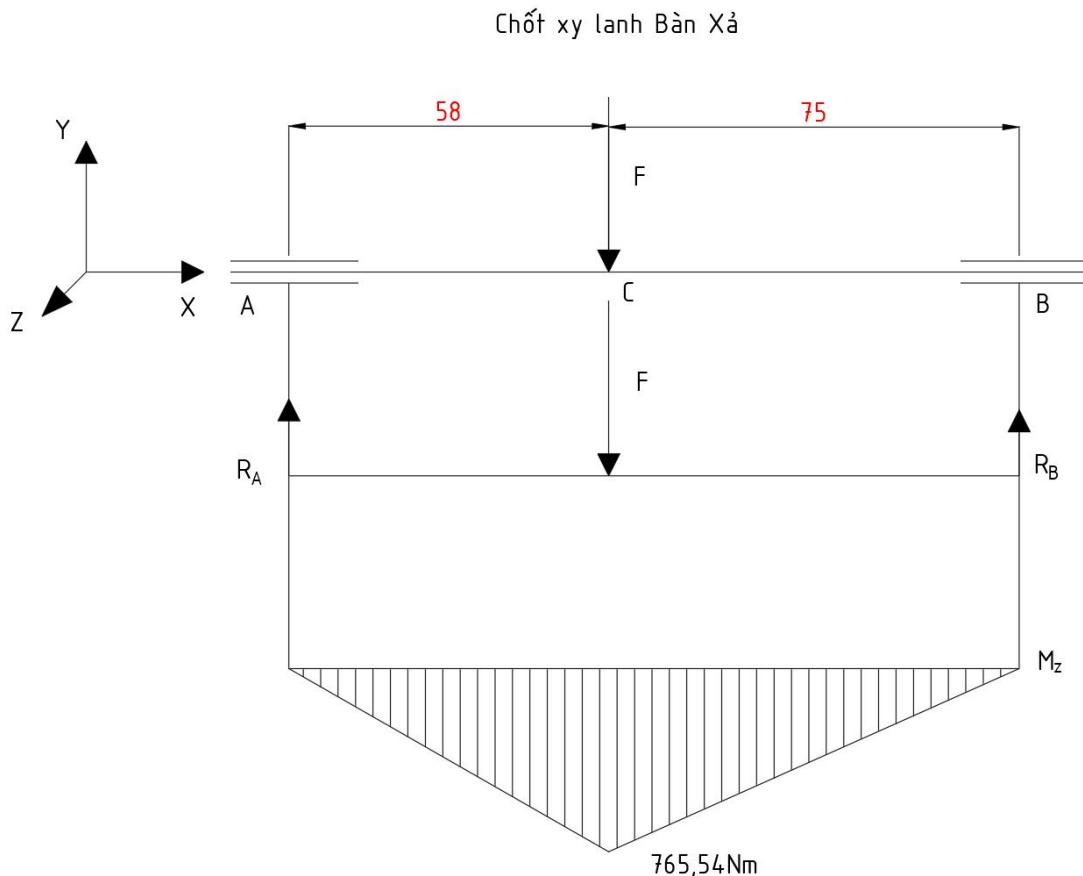
| (m/s) |      |      | (m/s) |       |       | (m/s) |       |        |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0.00  | 0.00 | 0.00 | 2.12  | 4.68  | 5.50  | 6.51  | 15.27 | 62.28  |
| 0.28  | 0.50 | 0.07 | 2.08  | 5.68  | 7.98  | 6.64  | 15.49 | 63.72  |
| 0.33  | 0.59 | 0.10 | 2.17  | 5.79  | 8.21  | 6.91  | 15.94 | 66.80  |
| 0.38  | 0.68 | 0.13 | 2.27  | 5.91  | 8.48  | 7.17  | 16.42 | 70.17  |
| 0.43  | 0.77 | 0.16 | 2.37  | 6.03  | 8.76  | 7.44  | 16.93 | 73.89  |
| 0.48  | 0.85 | 0.20 | 2.47  | 6.16  | 9.08  | 7.71  | 17.48 | 78.02  |
| 0.53  | 0.94 | 0.24 | 2.52  | 6.23  | 9.24  | 7.53  | 18.48 | 98.77  |
| 0.58  | 1.02 | 0.29 | 2.62  | 6.36  | 9.59  | 7.88  | 19.17 | 104.11 |
| 0.63  | 1.10 | 0.34 | 2.72  | 6.50  | 9.97  | 8.25  | 19.92 | 110.15 |
| 0.68  | 1.18 | 0.39 | 2.82  | 6.65  | 10.38 | 8.61  | 20.69 | 116.70 |
| 0.73  | 1.27 | 0.45 | 2.92  | 6.81  | 10.83 | 8.98  | 21.51 | 123.86 |
| 0.78  | 1.35 | 0.51 | 2.85  | 7.81  | 15.04 | 9.16  | 21.93 | 127.69 |
| 0.83  | 1.43 | 0.58 | 2.88  | 7.84  | 15.13 | 9.53  | 22.81 | 135.94 |
| 0.88  | 1.51 | 0.65 | 3.02  | 8.00  | 15.60 | 9.90  | 23.75 | 145.07 |
| 0.93  | 1.60 | 0.72 | 3.16  | 8.16  | 16.09 | 10.26 | 24.77 | 155.29 |
| 0.98  | 1.68 | 0.81 | 3.30  | 8.32  | 16.63 | 10.63 | 25.87 | 166.84 |
| 1.03  | 1.77 | 0.89 | 3.44  | 8.50  | 17.20 | 10.43 | 26.87 | 194.95 |
| 1.08  | 1.86 | 0.99 | 3.51  | 8.58  | 17.51 | 10.47 | 26.99 | 196.22 |
| 1.13  | 1.95 | 1.09 | 3.65  | 8.76  | 18.16 | 10.98 | 28.61 | 213.62 |
| 1.18  | 2.04 | 1.20 | 3.79  | 8.95  | 18.86 | 11.49 | 30.31 | 232.72 |
| 1.23  | 2.14 | 1.31 | 3.93  | 9.15  | 19.63 | 12.00 | 32.11 | 253.81 |
| 1.25  | 2.19 | 1.37 | 4.07  | 9.36  | 20.48 | 12.52 | 34.02 | 277.28 |
| 1.30  | 2.29 | 1.50 | 3.97  | 10.36 | 28.40 | 12.77 | 35.03 | 290.06 |
| 1.35  | 2.40 | 1.65 | 4.17  | 10.61 | 29.40 | 13.28 | 37.19 | 318.14 |
| 1.40  | 2.51 | 1.80 | 4.36  | 10.85 | 30.43 | 13.79 | 39.57 | 350.30 |
| 1.45  | 2.63 | 1.97 | 4.56  | 11.10 | 31.55 | 14.30 | 42.24 | 387.82 |
| 1.43  | 3.63 | 3.62 | 4.75  | 11.36 | 32.75 | 14.81 | 45.32 | 432.67 |
| 1.50  | 3.72 | 3.76 | 4.85  | 11.49 | 33.39 | 14.60 | 46.32 | 422.56 |
| 1.57  | 3.82 | 3.91 | 5.04  | 11.77 | 34.76 | 15.94 | 55.58 | 564.03 |
| 1.64  | 3.93 | 4.08 | 5.23  | 12.06 | 36.26 | 17.40 | 66.84 | 751.65 |

|      |      |      |      |       |       |       |        |         |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|---------|
| 1.72 | 4.03 | 4.25 | 5.43 | 12.37 | 37.90 | 19.10 | 81.61  | 1021.12 |
| 1.79 | 4.14 | 4.44 | 5.62 | 12.70 | 39.73 | 21.09 | 101.91 | 1429.21 |
| 1.83 | 4.19 | 4.54 | 5.48 | 13.70 | 52.88 | 23.47 | 130.01 | 2055.24 |
| 1.90 | 4.31 | 4.75 | 5.71 | 14.04 | 54.77 |       |        |         |
| 1.97 | 4.42 | 4.98 | 5.98 | 14.44 | 57.08 |       |        |         |
| 2.05 | 4.55 | 5.23 | 6.24 | 14.84 | 59.58 |       |        |         |

## PHỤ LỤC VI: TÍNH TOÁN BỀN MỐI GHÉP CHỐT GIỮA XY LANH VÀ CƠ CẤU CHUYÊN DÙNG

### 1. Chốt xy lanh bàn xả

- Từ mô hình 3D của chốt xy lanh bàn xả, có thể chuyển đổi về mô hình lý thuyết như sau:



Hình VI.1 Sơ đồ lực tính toán bền chốt xy lanh bàn xả

- Lực tác dụng cực đại lên chốt  $F = 23406,13 \text{ N}$  (phụ lục IV, mục 2), các kích thước đo được từ phần mềm Inventor.
  - Cân bằng moment tại A:

$$M_{AZ} = -F \cdot 58 + R_B(75 + 58) = 0 \rightarrow R_B = 10207,18 \text{ (N)}$$

- Cân bằng lực theo phương Y:

$$R_A + R_B - F = 0 \rightarrow R_A = 23406,13 - 10207,18 = 13198,95 \text{ (N)}$$

- Moment tại C:

$$M = R_A \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 765,54 \text{ (Nm)}$$

- Ứng suất uốn tại C:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M \cdot 10^3}{\pi d^3} = \frac{32.765,54 \cdot 10^3}{\pi \cdot 40^3} = 121,84 \text{ (N/mm}^2)$$

+ Úng suất cắt tại C:

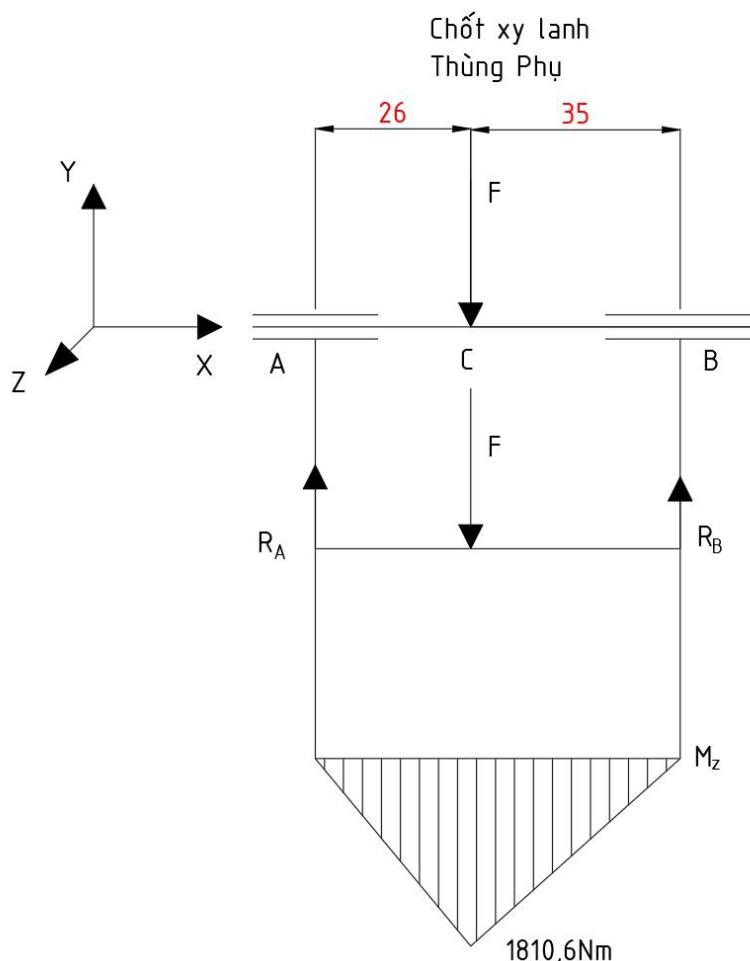
$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{23406,13}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 40^2} = 9,31 \text{ (N/mm}^2)$$

+ Úng suất tương đương tính theo thuyết bùn 4:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{121,84^2 + 3.9,31^2} = 122,9 \text{ (N/mm}^2)$$

## 2. Chốt xy lanh thùng phụ

- Một cách tương tự, mô hình tính toán bùn chốt xy lanh thùng phụ được biểu diễn như sau:



Hình VI.2 Sơ đồ lực tính toán bùn chốt xy lanh thùng phụ

- Lực tác dụng cực đại lên chốt F = 121370 N (phụ lục IV, mục 1), các kích thước đo được từ phần mềm Inventor.
  - + Cân bằng moment tại A:

$$M_{AZ} = -F \cdot 26 + R_B(26 + 35) = 0 \rightarrow R_B = 51731,97 \text{ (N)}$$

+ Cân bằng lực theo phương Y:

$$R_A + R_B - F = 0 \rightarrow R_A = 121370 - 51731,97 = 69638,52 (N)$$

+ Moment tại C:

$$M = R_A \cdot 26 \cdot 10^{-3} = 1810,6 (\text{Nm})$$

+ Ứng suất uốn tại C:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M \cdot 10^3}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 1810,6 \cdot 10^3}{\pi \cdot 40^3} = 288,17 (\text{N/mm}^2)$$

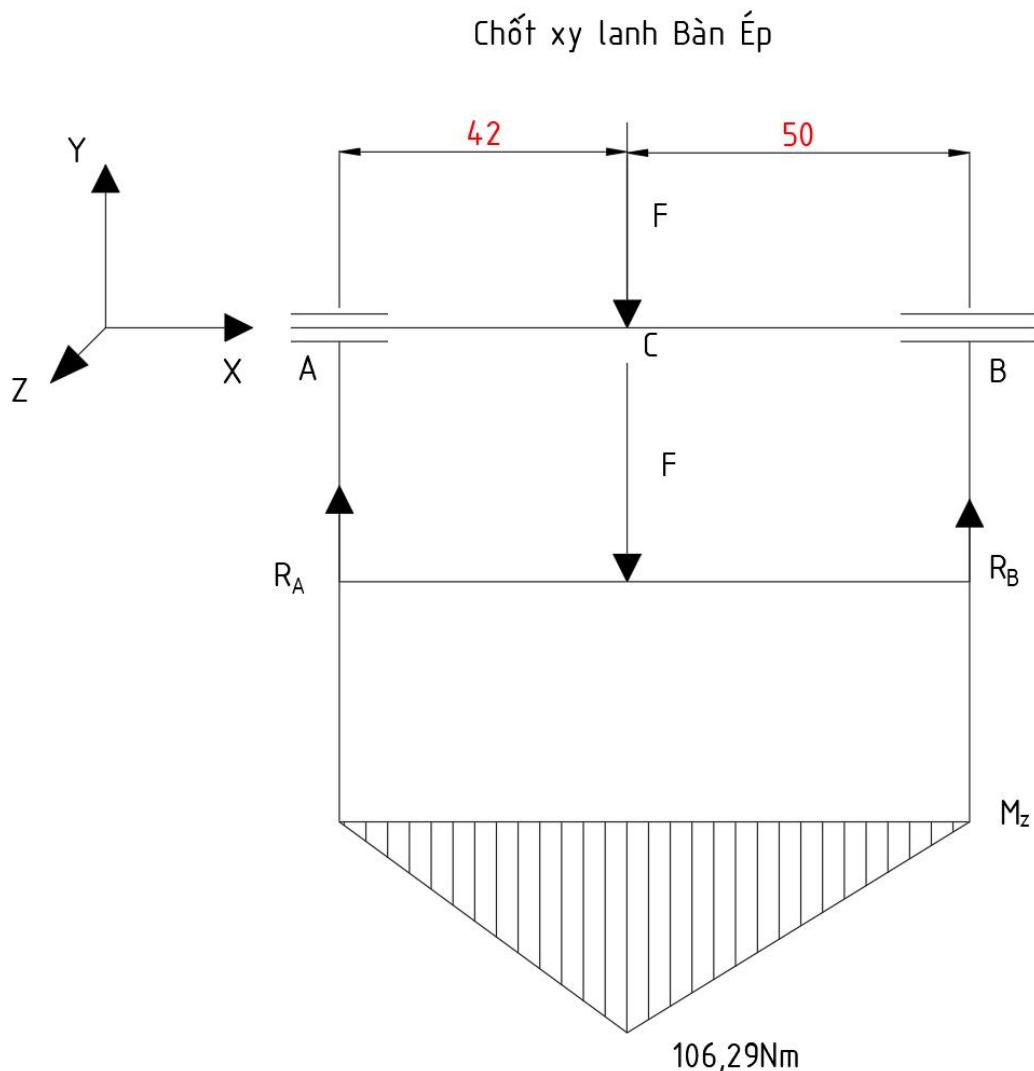
+ Ứng suất cắt tại C:

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{121370}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 40^2} = 48,29 (\text{N/mm}^2)$$

+ Ứng suất tương đương tính theo thuyết bền 4:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{288,17^2 + 3 \cdot 48,29^2} = 300,06 (\text{N/mm}^2)$$

### 3. Chốt xy lanh bàn ép



Hình VI.3 Sơ đồ lực tính toán bền chốt xy lanh bàn ép

- Lực tác dụng cực đại lên chốt  $F = 4656,68$  N (phụ lục IV, mục 4), các kích thước đo được từ phần mềm Inventor.

+ Cân bằng moment tại A:

$$M_{AZ} = -F \cdot 42 + R_B(42 + 50) = 0 \rightarrow R_B = 2125,88 \text{ (N)}$$

+ Cân bằng lực theo phương Y:

$$R_A + R_B - F = 0 \rightarrow R_A = 4656,68 - 2125,88 = 2530,8 \text{ (N)}$$

+ Moment tại C:

$$M = R_A \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 106,29 \text{ (Nm)}$$

+ Úng suất uốn tại C:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M \cdot 10^3}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 106,29 \cdot 10^3}{\pi \cdot 40^3} = 16,92 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

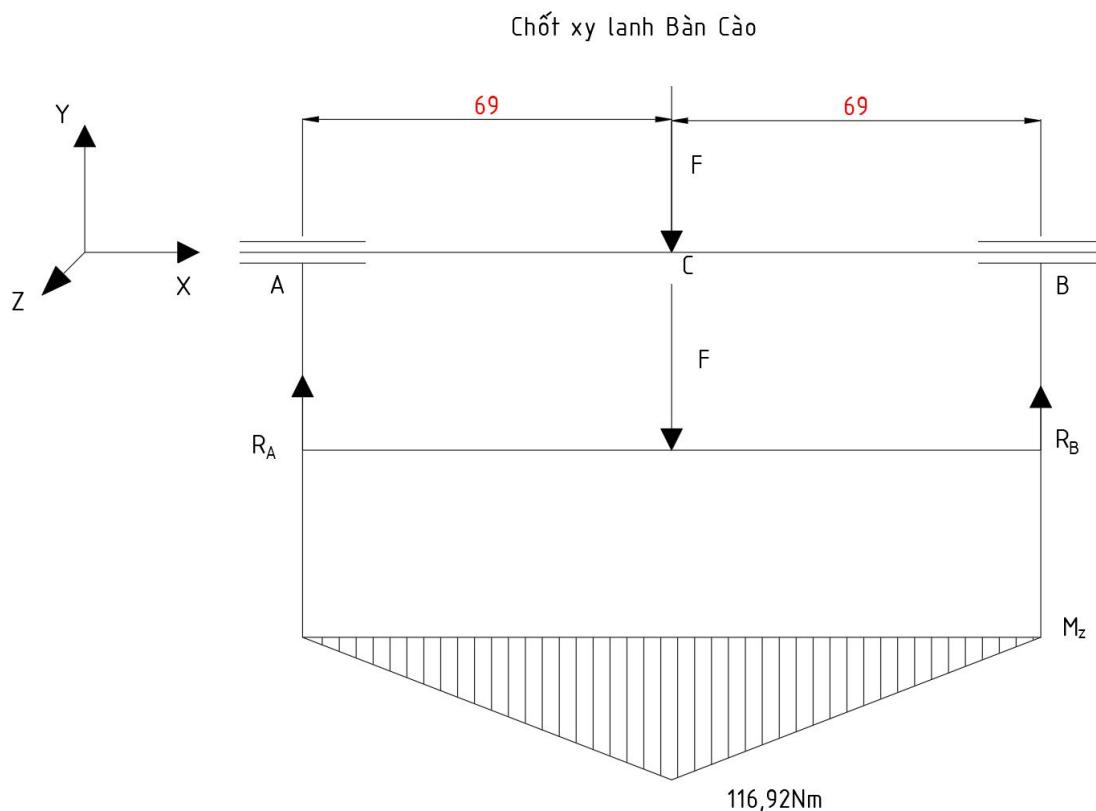
+ Úng suất cắt tại C:

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{4656,68}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 40^2} = 1,85 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

+ Úng suất tương đương tính theo thuyết bền 4:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{16,92^2 + 3 \cdot 1,85^2} = 17,22 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

#### 4. Chốt nối xy lanh bàn cào



Hình VI.4 Sơ đồ lực tính toán bền chốt nối xy lanh bàn cào

- Lực tác dụng cực đại lên chốt  $F = 3389,06$  N (phụ lục IV, mục 3), các kích thước đo được từ phần mềm Inventor.

+ Cân bằng moment tại A:

$$M_{AZ} = -F \cdot 69 + R_B(69 + 69) = 0 \rightarrow R_B = 1694,53 \text{ (N)} = R_A$$

+ Moment tại C:

$$M = R_A \cdot 69 \cdot 10^{-3} = 116,92 \text{ (Nm)}$$

+ Ứng suất uốn tại C:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M \cdot 10^3}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 116,92 \cdot 10^3}{\pi \cdot 40^3} = 18,61 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

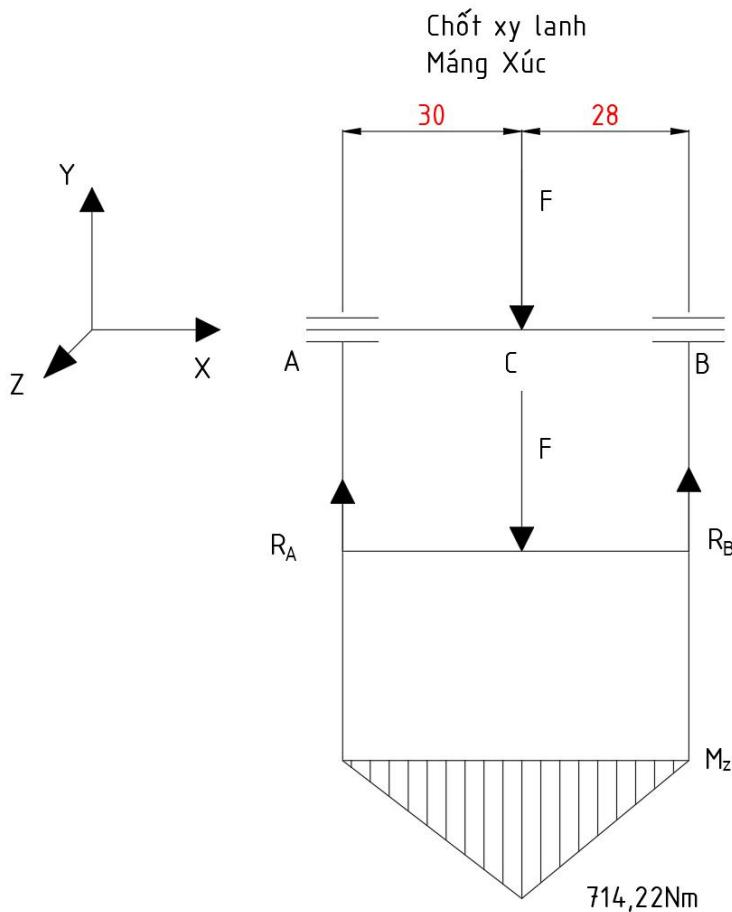
+ Ứng suất cắt tại C:

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{3389,06}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 40^2} = 1,35 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

+ Ứng suất tương đương tính theo thuyết bền 4:

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{18,61^2 + 3 \cdot 1,35^2} = 18,76 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

## 5. Chốt xy lanh máng xúc



Hình VI.5 Sơ đồ lực tính toán bền chốt nối xy lanh máng xúc

- Lực tác dụng cực đại lên chốt F = 47150 N (phụ lục IV, mục 5), các kích thước đo được từ phần mềm Inventor.

+ Cân bằng moment tại A:

$$M_{AZ} = -F \cdot 30 + R_B(28 + 30) = 0 \rightarrow R_B = 25507,38 \text{ (N)}$$

+ Cân bằng lực theo phương Y:

$$R_A + R_B - F = 0 \rightarrow R_A = 47150 - 25507,38 = 21642,92 \text{ (N)}$$

+ Moment tại C:

$$M = R_A \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 714,22 \text{ (Nm)}$$

+ Úng suất uốn tại C:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M \cdot 10^3}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 714,22 \cdot 10^3}{\pi \cdot 40^3} = 113,67 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

+ Úng suất cắt tại C:

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{47150}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 40^2} = 18,76 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

+ Úng suất tương đương tính theo thuyết bền 4:

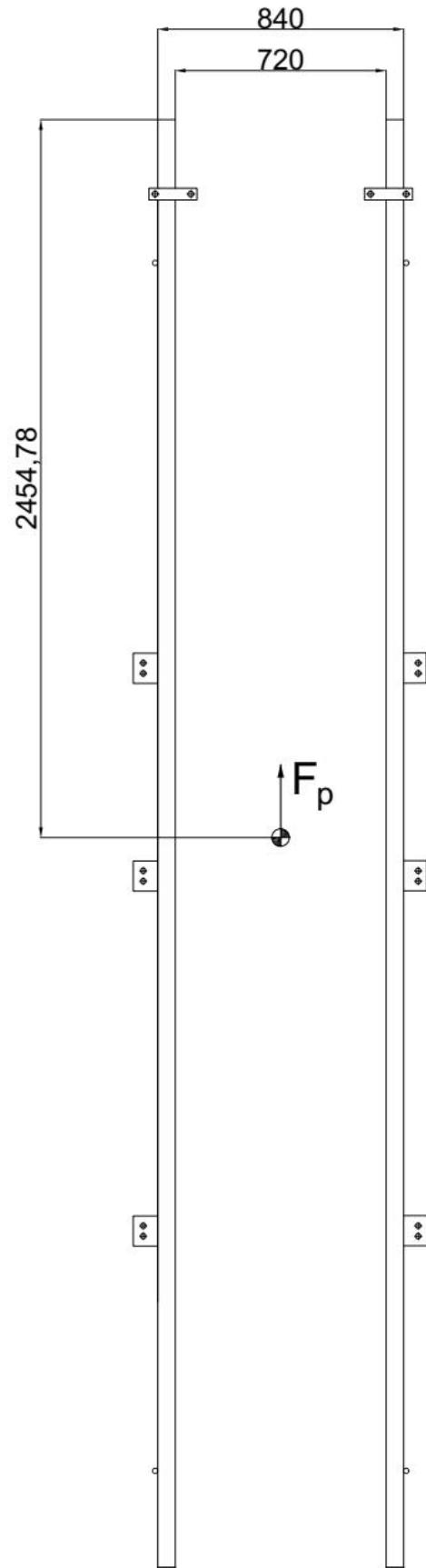
$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{113,67^2 + 3 \cdot 18,76^2} = 118,22 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

## **PHỤ LỤC VII:TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT MỐI GHÉP BU LÔNG TẠI PAT ĐỨNG TRƯỜNG HỢP XE PHANH GẤP**

### **1. Giải thiết bài toán**

- Bề mặt tiếp xúc giữa các tâm ghép là phẳng.
- Các bu lông trong mối ghép có kích thước và chịu lực xiết bằng nhau.
- Trường hợp này tính toán cho mối ghép bu lông tại pat đứng và pat nghiêng.
- Lực tác dụng trong trường hợp này là trọng tâm của thùng chuyên dùng với trạng thái đầy tải di chuyển với gia tốc phanh là  $7 \text{ m/s}^2$ .
- Chiều cao trọng tâm của thùng tương tự như hình 5.29 đã trình bày ở trên.

## 2. Tính toán lực tác dụng lên mối ghép



Hình VII.1 Sơ đồ lực tác dụng lên mối ghép bu lông khi xe phanh

- Để mối ghép không bị trượt:

$$V_1 = \frac{k \cdot F_{phanh}}{f \cdot z} = \frac{k \cdot 16265.7}{0,316}$$

- Theo công thức tính toán lực xiết bu lông trong trường hợp bu lông chịu tác dụng lực ngang, nằm trên mặt ghép:

$$V = \frac{k \cdot F_{lý\ thuyết}}{i \cdot f} = \frac{k \cdot F_{lý\ thuyết}}{1.0,3}$$

- Với  $V = V_1$  thì tính toán được:

$$F_{lý\ thuyết} \approx 7115,94\ (N)$$

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hồng Đức Thông - Slide Bài giảng Kỹ Thuật Thủy Lực và Khí Nén - Đại học Bách Khoa - 2020.
- [2] Nguyễn Hữu Hường - Ô Tô Chuyên Dùng - NXB Đại học Quốc gia TP.HCM - 2011.
- [3] Nguyễn Hữu Lộc - Giáo Trình Cơ Sở Thiết Kế Máy - NXB Đại học Quốc Gia TP.HCM - 2018.
- [4] Lê Thanh Long - Slide Bài giảng Nguyên Lý Máy - Đại học Bách Khoa - 2021.
- [5] Nguyễn Hoàng Tiến - Luận Văn Đại Học: Ứng Dụng Matlab/Simscape SimHydraulics Trong Mô Phỏng Hệ Thống Thủy Lực Xe Cứu Hộ Sàn Trượt - Đại học Bách Khoa TP.HCM (2021).
- [6] Hồ Bảo Nam, Hoàng Công Tâm - Luận Văn Tốt Nghiệp: Ứng Dụng Matlab/Simscape Trong Việc Tính Toán Kiểm Nghiệm Cơ Cấu Nâng Hạ Của Xe Tự Đỗ - Đại học Bách Khoa (2021).
- [7] Yiming (Kevin) Rong, Samuel Huang - Advanced Computer-Aided Fixture Design - Academic Press (2005).
- [8] Owen C. Duffy, Scott A. Heard, Gus Wright - Fundamentals of Mobile Heavy Equipment (1<sup>st</sup> Edition) - CDX Learning System (2019)
- [9] R.S. Khurmi, J.K. Gupta - Theory of Machines - S Chand & Co Ltd (2005)
- [10] Robert L. Norton - Machine design An Integrated Approach - Prentice Hall (2020)
- [11] Reza N. Jazar (auth.) - Vehicle Dynamics Theory and Application - Springer - Verlag New York (2014)
- [12] MathWorks - Simscape Multibody Link Reference - 2021.
- [13] MathWorks - Simscape Multibody User's Guide - 2021.
- [14] MathWorks - Simscape Multibody Reference - 2021.
- [15] MathWorks - Stateflow User's Guide - 2022
- [16] HANSA TMP - Monoblock Directional Control Valve
- [17] PSM HYDRAULICS - Fixed Displacement Axial Piston Pumps And Motors - 310 Series Technical Catalogue.
- [18] TNG - TDR Hydraulic Cylinder Dimensional Features