

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG

# ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG  
KIỂM NGHIỆM BỀN KHUNG VỎ XE BUS**

*Giáo viên hướng dẫn:* ThS. Trương Lê Hoàn Vũ

*Sinh viên thực hiện:* Trần Tấn Linh

Phạm Nhật Long

*Lớp:*

20C4A

*Đà Nẵng, 2025*

## TÓM TẮT

Tên đề tài: Tính toán, thiết kế, kiểm nghiệm bền khung vỏ xe bus.

Sinh viên thực hiện: Trần Tấn Linh      MSSV: 103200021      Lớp: 20C4A

Phạm Nhật Long      MSSV: 103200022      Lớp: 20C4A

Sau một quá trình nghiên cứu nghiêm túc và làm việc không ngừng nghỉ, cùng với sự hướng dẫn tận tâm của **ThS. Trương Lê Hoàn Vũ**, nhóm chúng em đã hoàn thành đề tài **“Tính toán, thiết kế và mô phỏng kiểm nghiệm bền khung vỏ xe bus”**.

Trong khuôn khổ đề tài, nhóm đã tập trung xây dựng cơ sở lý thuyết và kỹ thuật để thiết kế một bộ khung xe bus phù hợp với điều kiện tại Việt Nam. Bằng việc phân tích các tiêu chuẩn hiện hành, kết hợp với cấu trúc đặc thù của xe bus, nhóm đã lựa chọn phương án thiết kế hiệu quả nhất. Sau đó, nhóm tiến hành tính toán thiết kế và đánh giá khả năng làm việc của kết cấu khung xe, đặc biệt chú trọng đến các yếu tố về độ bền kéo và độ ổn định tổng thể.

Mô hình khung xe được nhóm thiết kế bằng phần mềm Autodesk Inventor và được kiểm nghiệm trên phần mềm Ansys. Từ đó, nhóm đã đánh giá được độ bền, cũng như tính ổn định của xe.

## LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng phương tiện giao thông công cộng ngày càng gia tăng, đặc biệt là xe bus – một loại hình vận chuyển hành khách phổ biến, tiện lợi và thân thiện với môi trường. Trong đó, khung vỏ xe bus đóng vai trò đặc biệt quan trọng, không chỉ đảm bảo độ bền và độ an toàn khi vận hành, mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và tuổi thọ của toàn bộ phương tiện.

Trước yêu cầu ngày càng cao về mặt kỹ thuật, tính an toàn và tối ưu hóa hiệu quả chi phí trong thiết kế và sản xuất, việc ứng dụng các công cụ mô phỏng hiện đại như phần mềm **Ansys Workbench** và **Autodesk Inventor** trở thành giải pháp thiết yếu. Phần mềm này hỗ trợ mô hình hóa, tính toán, và kiểm nghiệm độ bền kết cấu khung vỏ trong nhiều điều kiện tải trọng thực tế, từ đó giúp giảm thiểu thời gian và chi phí thử nghiệm vật lý, đồng thời nâng cao độ chính xác trong thiết kế.

Xuất phát từ ý nghĩa thực tiễn đó, nhóm em đã lựa chọn đề tài **“Tính toán, thiết kế và mô phỏng kiểm nghiệm bền khung vỏ xe bus”** để thực hiện đồ án tốt nghiệp. Trong quá trình thực hiện, nhóm đã nhận được sự hướng dẫn tận tình và sâu sát của **ThS. Trương Lê Hoàn Vũ**, những người đã truyền đạt nhiều kiến thức chuyên môn quý báu cũng như hỗ trợ giải đáp kịp thời các thắc mắc của nhóm em.

Mặc dù nhóm đã nỗ lực hoàn thành đầy đủ khối lượng công việc theo yêu cầu, song do đề tài có tính chuyên sâu và phạm vi khá rộng, nhóm em khó tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Rất mong nhận được những góp ý quý báu từ quý thầy cô để nhóm có thể hoàn thiện đề tài một cách tốt nhất.

Nhóm em xin chân thành cảm ơn!

Đà Nẵng, ngày.....tháng....năm 2025

Sinh viên thực hiện

Trần Tấn Linh

Phạm Nhật Long

## MỤC LỤC

TÓM TẮT.....	i
LỜI NÓI ĐẦU.....	iii
MỤC LỤC.....	iv
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	vii
DANH MỤC BẢNG.....	xi
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ KHUNG VỎ XE BUS.....	2
1.1. Mục tiêu, phạm vi và phương pháp nghiên cứu.....	2
1.1.1. Mục tiêu.....	2
1.1.2. Phạm vi.....	2
1.1.3. Phương pháp.....	2
1.2. Lịch sử phát triển của ô tô bus trên thế giới và Việt Nam.....	3
1.2.1. Lịch sử phát triển ô tô bus trên thế giới.....	3
1.2.2. Lịch sử phát triển ô tô bus tại Việt Nam.....	5
1.2.3. Phân loại xe ô tô bus.....	6
1.2.4. Xu hướng phát triển của xe ô tô bus: Xe điện, xe tự lái, vật liệu mới.....	11
1.3. Tổng quan về khung vỏ xe ô tô bus.....	11
1.3.1. Giới thiệu về khung vỏ ô tô:.....	11
1.3.2. Phân tích các đặc điểm kết cấu của ô tô bus:.....	12
1.3.3. Sàn chịu lực của ô tô bus:.....	13
1.4. Tổng quan về phần mềm INVENTOR, ANSYS trong mô phỏng và phân tích kết cấu.....	16
1.4.1. Phần mềm ANSYS.....	16
1.4.2. Phần mềm INVENTOR.....	17
1.5. Tổng kết	17
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	19
2.1. Các tiêu chuẩn về an toàn và kỹ thuật cho xe bus.....	19
2.2. Các tiêu chuẩn về an toàn.....	20
2.3. Tiêu chuẩn về khoang hành khách.....	21
2.4. Tiêu chuẩn về cửa lên xuống.....	21
2.5. Cơ sở lý thuyết về tải trọng tĩnh, tải trọng động và tính toán kết cấu xe bus.....	22

2.5.1. Cơ sở lý thuyết về tải trọng tĩnh.....	22
2.5.2. Cơ sở lý thuyết về tải trọng động.....	22
2.5.3. Lý thuyết về tính toán.....	23
2.6. Vật liệu chế tạo khung vỏ xe bus.....	27
2.6.1. Các yêu cầu về vật liệu chế tạo khung vỏ.....	27
2.6.2. Vật liệu thép.....	27
2.6.3. Vật liệu hợp kim nhôm.....	28
2.7. Tổng kết.....	28
<b>CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ KHUNG VỎ XE BUS.....</b>	<b>30</b>
3.1. Các thông số cơ bản.....	30
3.2. Tính toán thiết kế kích thước tổng thể xe bus.....	31
3.3. Phương án bố trí cửa lên xuống và không gian bên trong xe bus.....	32
3.3.1. Phương án bố trí cửa lên xuống.....	32
3.3.2. Phương án bố trí ghế ngồi.....	33
3.3.3. Bố trí khoang lái.....	33
3.3.4. Ghế hành khách.....	35
3.4. Bố trí khoang động cơ.....	36
3.5. Bố trí các hệ thống chính trên xe.....	36
3.5.1. Bố trí hệ thống truyền lực.....	36
3.5.2. Bố trí hệ thống treo.....	37
3.5.3. Bố trí hệ thống điều hoà.....	38
3.6. Thiết kế khung vỏ xe bus.....	38
3.7. Tính trọng lượng và phân bố trọng lượng trên xe bus.....	45
3.7.1. Xác định trọng lượng bản thân.....	45
3.7.2. Xác định trọng lượng toàn bộ.....	47
3.7.3. Phân bố tải trọng trên ô tô thiết kế.....	47
3.8. Xác định bán kính quay vòng của xe bus.....	51
3.9. Tính ổn định dọc của xe.....	52
3.9.1. Tính ổn định dọc của ô tô.....	52
3.9.2. Tính ổn định ngang của xe.....	53
3.10. Tổng kết.....	56
<b>CHƯƠNG 4: PHÂN TÍCH ĐỘ BỀN KẾT CẤU VÀ ĐẶC TÍNH KHÍ ĐỘNG HỌC BẰNG ANSYS.....</b>	<b>57</b>

4.1. Các bước giải bài toán kiểm nghiệm bền trong ansys.....	57
4.1.1. Khởi động phần mềm và lựa chọn Analysis Systems .....	57
4.1.2. Thiết lập các thông số vật liệu.....	59
4.1.3. Xây dựng mô hình .....	59
4.1.4. Gán vật liệu và thiết lập ràng buộc.....	60
4.1.5. Chia lưới .....	61
4.1.6. Gán các tải trọng, các điều kiện tác động ( Thiết lập điều kiện biên) .....	63
4.1.7. Chọn yêu cầu kiểm tra và chạy ra kết quả.....	64
4.1.8. Phân tích kết quả và tối ưu hoá mô hình .....	65
4.2. Kiểm nghiệm với các điều kiện tải trọng cơ bản.....	67
4.2.1. Trường hợp chịu tải tĩnh .....	67
4.2.2. Trường hợp phanh gấp.....	72
4.2.3. Trường hợp xe quay vòng bên phải.....	76
4.2.4 Trường hợp xe quay vòng bên trái .....	81
4.2.5 Trường hợp tải xoắn khi hai bánh trước phụ sau tải đi qua mấp mô.....	85
4.3. Phân tích khí động học bằng phần mềm ansys.....	91
4.3.1. Xây dựng mô hình: .....	91
4.3.2.Mô phỏng và thu thập kết quả .....	92
4.4. Tổng kết.....	111
CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN.....	112
5.1. Kết luận.....	112
5.2. Hướng phát triển trong tương lai:.....	112
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	114

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Xe bus thời kỳ đầu do ngựa kéo.....	4
Hình 1.2: Xe bus hơi nước được sản xuất nhưng chưa phải là phương tiện phổ biến....	5
Hình 1.3: Toyota Hiace 14 Seats Mini Bus .....	7
Hình 1.4: xe bus Hino Rainbow midibus .....	8
Hình 1.5: xe bus Reep M3 Standard.....	8
Hình 1.6: Xe bus khớp nối.....	9
Hình 1.7: Xe bus 2 tầng ngắm cảnh .....	9
Hình 1.8: Xe bus siêu cỡ của Van Hool ExquiCity .....	10
Hình 1.9: Kết cấu chung thân vỏ ô tô khách .....	13
Hình 1.10: Kết cấu sàn xe khách kiểu chung .....	14
Hình 1.11: Sàn chịu lực kiểu khung không gian .....	14
Hình 1.12: Sàn chịu lực kiểu khung thấp .....	15
Hình 1.13: Sàn chịu lực kiểu khung sàn có dầm chìa ngang.....	16
Hình 1.14: Sàn chịu lực kiểu sàn thấp .....	16
Hình 3.1: Kích thước tổng thể của xe.....	32
Hình 3.2: Phương án bố trí ghế ngồi trên xe bus.....	32
Hình 3.3: Bố trí ghế ngồi cho xe bus 29 chỗ .....	33
Hình 3.4: Bố trí không gian buồng lái.....	35
Hình 3.5: Bố trí khoang động cơ .....	36
Hình 3.6: Bố trí hệ thống truyền lực trên xe bus 29 chỗ .....	37
Hình 3.7: Bố trí hệ thống treo.....	38
Hình 3.8: Bố trí hệ thống điều hoà trên xe bus.....	38
Hình 3.9: Khung gầm xe bus .....	39
Hình 3.10: Sàn xe bus.....	40
Hình 3.11: Khung thân bên trái, phải .....	41
Hình 3.12: Đầu xe bus .....	42
Hình 3.13: Đuôi xe .....	42
Hình 3.14: Mái xe bus .....	43
Hình 3.15: Máng ghế sau.....	43
Hình 3.16: Bán kính quay vòng của xe .....	51
Hình 3.17: Sơ đồ lực và momen tác dụng lên xe khi lên dốc.....	52

Hình 3.18: Sơ đồ lực và momen tác dụng lên xe khi lên dốc.....	53
Hình 3.19: Sơ đồ tính toán ổn định ngang của xe bus.....	53
Hình 4.1: Các bước giải bài toán trong Ansys.....	57
Hình 4.2: Khởi động phần mềm Ansys .....	58
Hình 4.3: Mở Static Structural .....	59
Hình 4.4: Bảng cài đặt các thông số vật liệu .....	59
Hình 4.5: Chỉnh chế độ xem để có thể hiển thị file đã lưu.....	60
Hình 4.6: Các công cụ kiểm tra lỗi.....	60
Hình 4.7: Cài đặt vật liệu.....	60
Hình 4.8: Kiểm tra lại việc điều chỉnh vật liệu của mô hình.....	61
Hình 4.9: Giao diện làm việc để thiết lập lại các ràng buộc giữa các body .....	61
Hình 4.10: Kết quả chia lưới .....	63
Hình 4.11: Thiết lập điều kiện biên. ....	64
Hình 4.12: Ansys tiến hành giải bài toán.....	65
Hình 4.13: Gán Force .....	67
Hình 4.14: Cài đặt Standard Earth Gravity .....	67
Hình 4.15: Cài đặt vị trí ngầm cho mô hình .....	68
Hình 4.16: Các lực đặt lên mô hình trường hợp tải tĩnh.....	68
Hình 4.17: Biến dạng trường hợp tải tĩnh.....	69
Hình 4.18: Biến dạng vị trí đặt điều hoà .....	69
Hình 4.19: Độ biến dạng của mặt dưới khung xe.....	70
Hình 4.20: Ứng suất trường hợp tải tĩnh .....	70
Hình 4.21: Ứng suất tại bộ đỡ bầu hơi cầu trước .....	71
Hình 4.22: Ứng suất tại vùng phía sau đuôi khung xe .....	71
Hình 4.23: Hệ số an toàn trường hợp tải tĩnh .....	72
Hình 4.24: Gán các Point Mass lên mô hình .....	72
Hình 4.25: Thiết lập gia tốc .....	73
Hình 4.26: Các lực trường hợp phanh gấp .....	73
Hình 4.27 : Biến dạng trường hợp phanh gấp .....	74
Hình 4.28: Biến dạng phần mái.....	74
Hình 4.29: Biến dạng tại vị trí đặt động cơ .....	75
Hình 4.30: Ứng suất trường hợp phanh gấp.....	75
Hình 4.31: Ứng suất cực đại tại vị trí đặt động cơ .....	76

Hình 4.32: Hệ số an toàn trường hợp phanh gấp.....	76
Hình 4.33: Thiết lập gia tốc cho trường hợp queo phải.....	77
Hình 4.34: Các lực trường hợp xoay vòng queo phải .....	77
Hình 4.35: Biến dạng của trường hợp queo phải.....	78
Hình 4.36: Độ biến dạng lớn nhất trong trường hợp queo phải .....	78
Hình 4.37: Ứng suất trường hợp queo phải.....	79
Hình 4.38: Ứng suất tại vị trí đặt cầu trước.....	79
Hình 4.39: Ứng suất tại phần đuôi xe.....	80
Hình 4.40: Hệ số an toàn của trường hợp queo phải.....	81
Hình 4.41: Thiết lập gia tốc cho trường hợp queo trái .....	81
Hình 4.42: Các lực và điều kiện đặt trong trường hợp quay vòng queo trái.....	82
Hình 4.43: Độ biến dạng trong trường hợp quay vòng queo trái .....	82
Hình 4.44: Sự khác nhau về độ biến dạng hai bên thân .....	83
Hình 4.45: Ứng suất trong trường hợp quay vòng queo trái .....	84
Hình 4.46: Ứng suất suất hiện quanh vị trí đặt bầu hơi phía trước .....	84
Hình 4.47: Hệ số an toàn trường hợp xoay vòng bên trái .....	85
Hình 4.48: Đặt điều kiện biên và gán lực cho mô hình trường hợp xoắn trước phụ sau tài. ....	86
Hình 4.49: Biến dạng trường hợp trước phụ sau tài.....	87
Hình 4.50: Biến dạng phần phía sau.....	87
Hình 4.51: Ứng suất trường hợp tải xoắn trước phụ sau tài.....	89
Hình 4.52: Ứng suất tại vị trí đặt bầu hơi phía sau bên phụ.....	89
Hình 4.53: Hệ số an toàn trường hợp tải xoắn trước phụ sau tài .....	90
Hình 4.54: Sơ đồ các bước giải bài toán khí động học.....	91
Hình 4.55: Mô hình xe bus thiết kế trong phần mềm Inventor .....	91
Hình 4.56: Nhập mô hình .....	92
Hình 4.57: Thiết lập miền tính toán.....	92
Hình 4.58: Thiết lập boolean .....	93
Hình 4.59: Chia lưới cho mô hình.....	94
Hình 4.60: Thiết lập tên cho các bề mặt làm việc .....	94
Hình 4.61: Cửa sổ Fluent Launcher .....	95
Hình 4.62: Gán trọng lực.....	95
Hình 4.63: Thiết lập Viscous Model.....	96

---

---

Hình 4.64: Thiết lập điều kiện biên inlet.....	97
Hình 4.65: Thiết lập điều kiện biên outlet.....	97
Hình 4.66: Thiết lập Reference Values.....	98
Hình 4.67: Thiết lập Solution Initialization.....	98
Hình 4.68: Thiết lập solution methods.....	99
Hình 4.69:Tiến hành mô phỏng.....	100
Hình 4.70: Đồ thị biểu diễn độ hội tụ của các phương trình điều khiển Residuals....	100
Hình 4.71: Đồ thị hệ số cản Cd.....	101
Hình 4.72: Đồ thị lực cản Drag.....	102
Hình 4.73 : Dòng khí quanh xe bus ở tốc độ 100km/h.....	103
Hình 4.74: Đồ thị hệ số cản Cd.....	104
Hình 4.75: Đồ thị lực cản khí động học.....	105
Hình 4.76: Dòng khí quanh xe bus ở tốc độ 60km/h.....	106
Hình 4.77: Đồ thị hội tụ residuals.....	107
Hình 4.78: Đồ thị hệ số cản khí động học Cd.....	107
Hình 4.79: Đồ thị lực cản khí động học.....	108
Hình 4.80: Dòng khí quanh xe buýt ở tốc độ 30km/h.....	110

## **DANH MỤC BẢNG**

Bảng 3.1: Bảng tham số kỹ thuật .....	30
Bảng 3.2: Thông số vật liệu sử dụng để thiết kế nên khung vỏ xe bus .....	43
Bảng 3.3: Bảng khối lượng chi tiết các hạng mục cấu thành xe bus .....	45
Bảng 3.4: Giá trị giá trị trọng lượng và tọa độ trọng tâm theo chiều cao của các thành phần. ....	48
Bảng 4.1: Bảng các thông số tải trọng .....	63

## MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh đô thị hóa phát triển mạnh mẽ, nhu cầu sử dụng các phương tiện vận tải hành khách công cộng ngày càng gia tăng. Trong đó, xe bus vẫn luôn là lựa chọn tối ưu nhờ tính linh hoạt, khả năng chuyên chở lớn và mức độ thân thiện với môi trường. Để đảm bảo hiệu quả vận hành, độ an toàn và tuổi thọ của xe bus, việc thiết kế và kiểm nghiệm kết cấu khung vỏ — bộ phận đóng vai trò là “bộ xương sống” của xe — là một khâu vô cùng quan trọng.

Xuất phát từ ý nghĩa thực tiễn đó, nhóm em lựa chọn thực hiện đề tài “**Tính toán, thiết kế và mô phỏng kiểm nghiệm bền khung vỏ xe bus**” nhằm xây dựng mô hình thiết kế hợp lý, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, đồng thời tiến hành kiểm nghiệm độ bền và khả năng chịu lực của khung vỏ thông qua phần mềm mô phỏng **Ansys Workbench**. Thông qua việc mô phỏng các điều kiện tải trọng thực tế, nhóm có thể đánh giá mức độ an toàn, độ ổn định và khả năng làm việc của kết cấu khung trong quá trình vận hành.

Mục tiêu chính của đề tài là thiết kế mô hình khung vỏ xe bus phù hợp với các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành, đồng thời ứng dụng phần mềm Ansys để kiểm nghiệm khả năng làm việc của kết cấu trong nhiều trạng thái khác nhau như: chịu tải tĩnh, tải trọng động, phanh gấp, rung lắc, xoắn, ... Qua đó đánh giá tính hợp lý và hiệu quả của phương án thiết kế đề xuất.

Cấu trúc đề án tốt nghiệp bao gồm 5 chương chính:

Chương 1: Tổng quan về khung vỏ xe bus

Chương 2: Cơ sở lý thuyết

Chương 3: Tính toán, thiết kế khung vỏ xe bus

Chương 4: Phân tích độ bền kết cấu và đặc tính khí động học về phần mềm ansys

Chương 5: Kết luận

## CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ KHUNG VỎ XE BUS

### 1.1. Mục tiêu, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

#### 1.1.1. Mục tiêu

Mục tiêu của đề tài là thiết kế khung vỏ xe ô tô bus 29 ghế trên cơ sở nền tảng xe THACO Cruizer 81s, đảm bảo các yêu cầu về an toàn, hiệu quả và thẩm mỹ. Cụ thể, nghiên cứu nhằm đạt được các mục tiêu sau:

- Thiết kế khung vỏ đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật và an toàn.
- Đảm bảo độ bền và độ cứng vững của kết cấu khung vỏ khi chịu tải trọng thực tế.
- Cải thiện tính khí động học và giảm trọng lượng xe nhằm nâng cao hiệu suất vận hành.
- Tối ưu hóa thiết kế nhằm tăng khả năng chịu lực và tuổi thọ của khung vỏ xe.
- Đảm bảo tính thẩm mỹ, hài hòa với thiết kế tổng thể của xe.

#### 1.1.2. Phạm vi

Phạm vi nghiên cứu của đề tài tập trung vào các nội dung sau:

- Nghiên cứu và thiết kế kết cấu khung vỏ xe bus 29 ghế, bao gồm vật liệu, hình dạng và cách bố trí kết cấu.
- Ứng dụng phần mềm để xây dựng mô hình 3D của khung vỏ xe.
- Sử dụng phần mềm ANSYS để mô phỏng và phân tích độ bền, độ cứng vững của khung vỏ dưới tác động của tải trọng.
- So sánh, đánh giá kết quả mô phỏng với các tiêu chuẩn an toàn và kết cấu hiện hành.
- Không đi sâu vào thiết kế động cơ, hệ thống truyền động hay hệ thống điện của xe.

#### 1.1.3. Phương pháp

Để đạt được mục tiêu đề ra, đề tài áp dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

Nghiên cứu lý thuyết và thu thập số liệu.

- Tìm hiểu các tiêu chuẩn liên quan đến thiết kế khung vỏ xe bus.
- Thu thập các tài liệu về kết cấu khung vỏ xe khách, các phương pháp tính toán và đánh giá độ bền kết cấu.

- Phân tích các công nghệ chế tạo khung vỏ xe hiện đại.

Thiết kế khung vỏ xe trên phần mềm Inventor

- Xây dựng mô hình 3D khung vỏ xe bằng phần mềm thiết kế Inventor
- Xác định vật liệu phù hợp để thiết kế khung vỏ, đảm bảo độ bền và khả năng gia công.
- Bố trí các chi tiết khung sao cho đảm bảo khả năng chịu lực tốt nhất.

Mô phỏng và phân tích kết cấu bằng Inventor và Ansys

- Mô phỏng và phân tích ứng suất, biến dạng của khung vỏ xe dưới các điều kiện tải trọng khác nhau.
- Kiểm tra độ bền mỏi và độ an toàn của khung vỏ thông qua phần mềm Ansys.
- Đánh giá khả năng hấp thụ lực tác động khi có va chạm.
- Mô phỏng và đánh giá đặc tính khí động bằng phần mềm Ansys.

So sánh kết quả với tiêu chuẩn

- Đối chiếu kết quả mô phỏng với các tiêu chuẩn an toàn hiện hành như TCVN, ECE hay SAE.
- Đánh giá mức độ phù hợp của thiết kế và đề xuất các phương án tối ưu hóa nếu cần thiết.

## **1.2. Lịch sử phát triển của ô tô bus trên thế giới và Việt Nam**

### **1.2.1. Lịch sử phát triển ô tô bus trên thế giới**

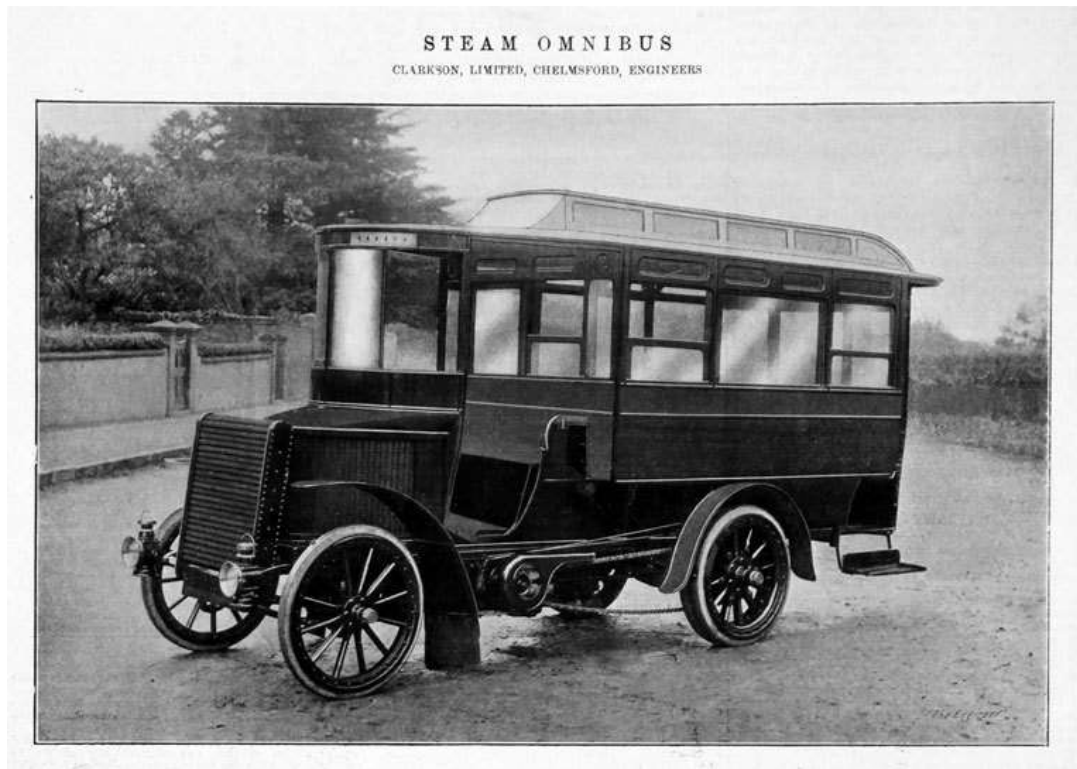
Hình thức xe bus đầu tiên của nhân loại do nhà toán học Blaise Pascal nghĩ ra và năm 1662 tại Paris, nước Pháp. Xe bus lúc này vận hành bằng sức ngựa, khoang hành khách chứa tối đa được 8 người, giá vé cao – một số tiền không nhỏ vào lúc đó nên hầu hết người sử dụng phương tiện này đều thuộc tầng lớp thượng lưu. Cũng chính vì hoạt động không hiệu quả, giá vé cao nên những chiếc xe bus sức ngựa của Pascal chỉ duy trì hoạt động được 15 năm.



Hình 1.1: Xe bus thời kỳ đầu do ngựa kéo

Phải tới 150 năm sau, vào năm 1812 xe bus sức ngựa mới được “hồi sinh” với thiết kế hiện đại hơn, tiện nghi hơn, có mái che mưa nắng. Chúng được gọi là Omnibus – Xe cho tất cả mọi người, thời gian sau đó Omnibus bắt đầu xuất hiện phổ biến trên toàn nước Pháp.

Đến cuối những năm 1830, với sự ra đời của động cơ hơi nước, những chiếc xe bus động cơ hơi nước cũng ra đời và dần phát triển thành phương tiện giao thông công cộng quan trọng ở nhiều quốc gia.



Hình 1.2: Xe bus hơi nước được sản xuất nhưng chưa phải là phương tiện phổ biến

Quá trình đô thị hóa ngày càng tập nập. Chỉ trong vài năm, omnibus của New York đã có đối thủ là xe điện: Tuyến xe điện đầu tiên chạy dọc Bowery, Manhattan và nó mang lại cho hành khách mức tiện nghi cao hơn rất nhiều khi chạy trên những đường ra bằng thép trơn nhẵn. Sau này, xe điện đã chiếm lấy vị trí của omnibus trong quá trình đô thị hóa.

Khi phương tiện vận chuyển có động cơ đã chứng minh được khả năng của mình từ sau năm 1905, một omnibus có động cơ thịnh vượng được gọi là autobus.

Ngày nay, trong bối cảnh phương tiện cá nhân như ô tô, xe máy ngày một nhiều, xe bus đã không còn được sử dụng nhiều như trước. Tuy nhiên nếu xét về nhiều khía cạnh thì xe bus vẫn là phương tiện công cộng tối ưu giúp giảm ùn tắc giao thông, ô nhiễm môi trường.

### ***1.2.2. Lịch sử phát triển ô tô bus tại Việt Nam***

Theo lịch sử, GM là nhãn hiệu xe được dùng làm xe bus đầu tiên tại Việt Nam từ sau chiến tranh thế giới lần thứ nhất vào khoảng năm 1919. Xe bus hay ô tô bus là mượn từ tiếng Pháp autobus chỉ xe chở mọi người. Những chiếc xe bus này xuất hiện đầu tiên ở Hà Nội và nơi 4 chiếc xe này đón - trả khách là bên cột Đồng Hồ gần cầu Long Biên.

Xe bus thời Pháp chỉ có một cửa lên xuống ở phía sau. Ban đầu có 2 hàng ghế gỗ sát thành xe như ghế tàu điện và tàu hỏa, ở giữa là chỗ đi lại. Nhưng sau đó nhận thấy để ghế dọc chở ít khách nên các hãng xe cải tiến thành ghế ngang chở được nhiều khách hơn, trung bình mỗi xe trở khoảng 30 khách.

Năm 1930 cả miền Bắc có gần 5.000 xe các loại trong đó có 405 xe bus nhưng tập trung chủ yếu ở Hà Nội, số xe ở Hải Phòng bằng một phần ba Hà Nội.

Vài năm trước, các dòng xe bus đến từ Trung Quốc gần như chiếm ưu thế nhờ giá thành rẻ, song trong thời điểm hiện tại, các sản phẩm xe bus sản xuất bởi các doanh nghiệp “nội” trong nước hoàn toàn đủ sức cạnh tranh trên thị trường.

Hiệp hội các nhà sản xuất ô tô Việt Nam (VAMA), trong Quý I/2019, thị phần của Thaco-bus đứng đầu với 456 chiếc (dòng xe bus 28 - 45 chỗ), mặc dù vậy, so với cùng kỳ năm 2018, doanh số của Thaco-bus giảm 10%. Trong năm 2018, tổng doanh số của Thaco-Bus đạt 2.019 chiếc; trong năm 2017 là hơn 3.000 chiếc.

Tiếp đến là thương hiệu Vinamotor với dòng xe bus Hyundai 29 - 80 chỗ đạt 46 chiếc trong Quý I. Một số nhà sản xuất, lắp ráp "nội" khác như Vida Bus, Samco,... vẫn tiếp tục cung cấp ra thị trường các dòng xe bus hiện đại.

Tỉ lệ nội địa hóa trong việc sản xuất xe tại các doanh nghiệp ngày càng tăng lên.

Ngày 2/5/2019 tập đoàn Vingroup đã công bố thành lập Công ty TNHH Dịch vụ Vận tải VinBus, rót 1.000 tỷ, cung cấp dịch vụ xe bus điện đầu tiên tại Việt Nam. Vingroup cho biết VinBus sẽ sử dụng 100% xe bus điện. Trước mắt, công ty sẽ đưa vào vận hành 3.000 xe bus điện do hãng xe VinFast sản xuất.

Hiện nhà máy sản xuất xe bus điện VinFast đang trong quá trình xây dựng và lắp đặt hệ thống nhà xưởng. Đối tác cung cấp công nghệ và linh kiện để sản xuất xe bus điện cho VinFast là Siemens (Đức).

### **1.2.3. Phân loại xe ô tô bus**

#### **1.2.3.1. Theo kích thước**

Tùy theo số lượng chỗ ngồi trên mỗi xe mà có kích thước chiều dài khác nhau. Cụ thể dựa theo các thông số kích thước có thể chia xe bus thành các loại:

- Xe bus cỡ nhỏ (Mini Bus)



Hình 1.3: Toyota Hiace 14 Seats Mini Bus

- Xe bus cỡ trung (Midibus)



Hình 1.4: xe bus Hino Rainbow midibus

- Xe bus cỡ lớn (Standard Bus)



Hình 1.5: xe bus Reep M3 Standard

- Xe bus khớp nối (Articulated Bus)



Hình 1.6: Xe bus khớp nối

- Xe bus 2 tầng (Double-Decker Bus)



Hình 1.7: Xe bus 2 tầng ngắm cảnh

- Xe bus siêu cỡ (Bi-articulated Bus)



Hình 1.8: Xe bus siêu cỡ của Van Hool ExquiCity

1.2.3.2. Theo công năng

- Xe bus công cộng: Vận chuyển hành khách trong đô thị theo tuyến cố định.
- Xe bus nhanh (BRT- Bus Rapid Transit): Dành riêng cho hệ thống xe bus nhanh với làn đường ưu tiên. Kích thước lớn, thường là xe bus khớp nối hay loại siêu cỡ.
- Xe bus du lịch (Tourist Bus): Phục vụ khách du lịch theo tuyến tham quan.
- Xe bus trường học (School Bus): Chuyên đưa đón học sinh đến trường.
- Xe bus sân bay (Airport Shuttle Bus): Vận hành tại sân bay để đưa đón khách trong sân bay hoặc từ sân bay đến trung tâm thành phố.

1.2.3.5. Theo loại nhiên liệu.

- Xe bus chạy bằng nhiên liệu hóa thạch: Dầu diesel hoặc xăng.
- Xe bus chạy bằng điện ( EV Bus): Năng lượng từ pin hoặc siêu tụ điện. Ví dụ: Xe bus VinFast EV, BYD K9...
- Xe bus hybrid: Loại nhiên liệu kết hợp giữa động cơ diesel hoặc xăng với hệ thống pin điện. Ví dụ cho dòng xe này là Toyota Coaster Hybrid, Volvo 7900 Hybrid...
- Xe bus chạy bằng Hydro: Dùng nhiên liệu Hydro kết hợp với pin nhiên liệu để tạo điện năng. Một số xe thuộc loại này là Toyota Sora, Van Hool A330 FC, Hyundai Elec City FCEV....

- Xe bus chạy bằng khí nén tự nhiên (CNG Bus - Compressed Natural Gas): Nhiên liệu là khí nén thiên nhiên CNG.

#### **1.2.4. Xu hướng phát triển của xe ô tô bus: Xe điện, xe tự lái, vật liệu mới.**

Chuyển sang xe bus xanh là xu hướng tất yếu. Lợi ích của phương tiện xanh, sạch đã rõ và là xu hướng phát triển trong tương lai. Tuy nhiên, vấn đề đặt ra là chi phí đầu tư phương tiện năng lượng điện, năng lượng xanh cao gấp hai đến bốn lần so với xe bus diesel, đang là những khó khăn, thách thức lớn với doanh nghiệp. Cùng với đó là các vấn đề về hạ tầng, trạm sạc... Để thực hiện mục tiêu trên, đòi hỏi sự vào cuộc đồng bộ, quyết liệt của cơ quan quản lý cũng như doanh nghiệp.

Chính phủ Việt Nam đã triển khai nhiều chính sách khác nhau để thúc đẩy phát triển xe điện (EV) và cơ sở hạ tầng cần thiết. Kế hoạch nêu rõ rằng đến năm 2025, 100% xe bus mới hoặc thay thế sẽ sử dụng năng lượng điện hoặc năng lượng xanh. Đến năm 2030, yêu cầu tương tự sẽ áp dụng đối với taxi. Đến năm 2050, 100% xe bus và taxi dự kiến sẽ chạy bằng năng lượng điện hoặc năng lượng xanh.

Chính phủ cũng đã đưa ra nhiều chính sách trợ giá cho xe bus, chuyển sang dần loại xe sử dụng năng lượng sạch, đạt chuẩn khí thải Euro IV. Việc này đang được đẩy mạnh ở 2 nơi là Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh.

Bên cạnh đó, hiện nay hãng xe hơi Mercedes-Benz đã cho giới thiệu loại xe tự lái tên Future Bus. Mercedes tuyên bố Future Bus sẽ tiết kiệm hơn xe bus thông thường nhờ khả năng tự lái. Các cảm biến trên xe bus tương lai có thể sớm phát hiện những điểm dừng xe, đèn giao thông để tối ưu cho vận tốc. Việc tiêu giảm nhiên liệu cũng đồng nghĩa với việc giảm lượng khí thải và thân thiện hơn với môi trường. Trong tương lai, xe tự lái có lẽ cũng là 1 phương án tối ưu có thể được lựa chọn để phát triển hệ thống giao thông công cộng ở nước ta.

### **1.3. Tổng quan về khung vỏ xe ô tô bus**

#### **1.3.1. Giới thiệu về khung vỏ ô tô:**

Thân vỏ xe là một trong 3 cụm tổng thành quan trọng của xe, được lắp đặt (hoặc tích hợp) trên chassis (dàn gầm) hoặc khung xe, dùng để chứa hàng hóa, hành khách, hành lý, lắp đặt các trang thiết bị nội ngoại thất của xe. Đối với xe du lịch, thân xe chiếm đến 20% trọng lượng xe và 44% tỷ lệ thép tấm của xe. Tùy theo chủng loại xe mà được chia ra thân xe du lịch, thân xe khách, thân xe tải,... mỗi loại này lại tùy theo kết cấu của thân xe mà được phân chia thành nhiều loại khác nhau.

Thân xe có vai trò:

- Là kết cấu chịu lực, chịu tải trọng bên ngoài (mặt đường và môi trường) và tải trọng của xe. Là kết cấu đảm bảo an toàn cho hành khách và hàng hóa khi bị tai nạn.
- Là không gian đảm bảo điều kiện tiện nghi và an toàn cho lái xe và hành khách theo điều kiện nhân trắc học khi di chuyển.
- Là không gian để xếp đặt và tháo dỡ hàng hóa, hành lý.
- Là kết cấu để lắp đặt tất cả các trang thiết bị thân xe, kể cả trang thiết bị phụ của ô tô.
- Là kết cấu tạo nên hình dáng thẩm mỹ và hình dáng khí động cho xe.

### **1.3.2. Phân tích các đặc điểm kết cấu của ô tô bus:**

Các đặc điểm cơ bản:

Những lưu ý chung về kết cấu thân xe khách: Việc thiết kế kết cấu chịu lực của xe khách phải được tính đến mục đích sử dụng, vận chuyển càng nhiều càng tốt của hành khách trong điều kiện tiết kiệm, an toàn, thoải mái, thân thiện nhất cho môi trường.

Tiêu chí kinh tế (chi phí hoạt động) là một yếu tố rất quan trọng quan trọng trong việc xác định loại cấu trúc. Ví dụ: xe bus nội thành có thể có tải trọng khác nhau trong tùy thuộc vào các tuyến được phục vụ và lịch trình hoạt động. Cùng một tuyến đường có thể được phục vụ bởi các xe bus với tải trọng khác nhau: vào giờ cao điểm xe bus có sức chứa lớn được sử dụng, và lúc các giờ khác, xe bus có sức chứa nhỏ.

Đối với xe bus có sức chứa lớn đòi hỏi phải dễ dàng tiếp cận xe bus cho tất cả hành khách và những người khuyết tật. So với xe bus có nhiều bậc lên xuống, thân xe với sàn thấp, không có bậc cửa, cho khả năng tiếp cận tốt cho người khuyết tật, giảm thời gian đậu xe trong các nhà ga. Các yêu cầu thân xe bus phải đáp ứng là rất đa dạng và đôi khi mâu thuẫn như:

- Không gian bên trong đủ lớn để chở số lượng hành khách mong muốn, hành khách dễ ra vào từ bên trong.
- Cách nhiệt và cách âm.
- Có tính khí động và thẩm mỹ.
- Dễ dàng tiếp cận cho người khuyết tật cả ở khu vực cửa lên xuống và bên trong xe bus, bảo vệ hành khách trong trường hợp tai nạn.
- Dễ dàng bảo trì cho các cụm, hệ thống khác nhau của thân xe.
- Tự trọng nhỏ và đảm bảo độ bền và độ cứng vững, chống ăn mòn.

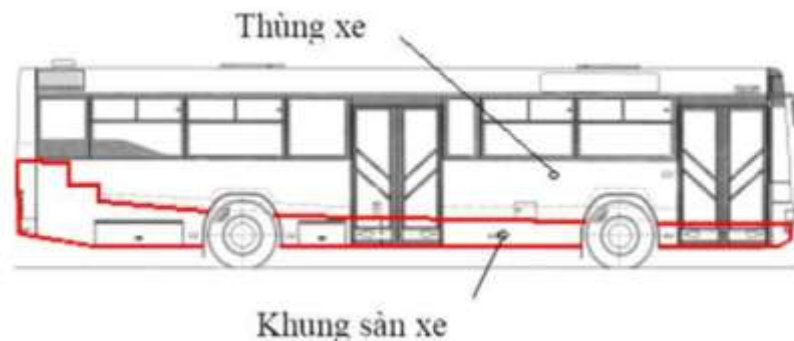
- Sử dụng vật liệu có thể tái chế. Có khả năng sửa chữa tốt, trong trường hợp tai nạn.

- Công nghệ sản xuất giá rẻ và linh hoạt có thể được sử dụng cho nhiều loại xe bus, công nghệ không gây ô nhiễm, v.v.

Xe khách các loại thường do những công ty sản xuất lớn thiết kế và chế tạo thân xe, còn động cơ và dàn gầm thường được mua từ các nhà cung cấp cũng như các trang thiết bị phụ khác của thân xe. Khi thiết kế thân xe khách, các yêu cầu của người sử dụng phải được tính đến, cũng như các quy chuẩn và quy định quốc tế để tiêu chuẩn hóa các linh kiện thân xe. Các nhà sản xuất xe bus có thể lựa chọn, tùy thuộc vào trình độ công nghệ và năng lực sản xuất, những kết cấu thân xe có tính kinh tế nhất.

Thân xe khách có vai trò nâng đỡ tất cả các bộ phận khác các cụm trên xe, chẳng hạn như cụm động cơ, hộp số, cầu trước, sau, hệ thống lái, hệ thống phanh, thiết bị điện... và cung cấp một cấu trúc trong đó lái xe làm việc trong điều kiện tiện lợi và hành khách được thoải mái và an toàn.

Trên quan điểm kết cấu, thân vỏ ô tô khách thông thường chia làm 2 phần: phần sản xe chịu lực bên dưới để lắp đặt động cơ và các hệ thống, cụm của dàn gầm (còn gọi là chassis) và thùng xe (thân vỏ) phía trên được làm khoang hành khách, người lái và hành lý như trên hình.



Hình 1.9: Kết cấu chung thân vỏ ô tô khách

Thông thường 2 phần này được gắn với nhau thông qua mối hàn hoặc lắp ghép. Phụ thuộc vào phương pháp công nghệ mà 2 phần này có thể được chế tạo rời hoặc chế tạo nguyên khối.

### 1.3.3. Sản chịu lực của ô tô bus:

Sản chịu lực của kết cấu xe khách có thể được làm theo một số các giải pháp kết cấu như sau:

- Loại sản chịu lực kiểu khung-khung: đây là giải pháp làm thân xe khách từ xe tải, thân xe không chịu tải có phần thùng liên kết mềm với khung xe riêng (hình 1.11).

Thùng xe có kết cấu khung xương (khung dàn), không chịu tải trọng mặt đường, còn khung xe có kết cấu theo kiểu 2 thanh xà dọc và các đà ngang như xe tải.



Hình 1.10: Kết cấu sàn xe khách kiểu chung

Ưu điểm của kết cấu này là đơn giản trong chế tạo (có thể lấy sẵn khung và dàn gầm xe tải để đóng thùng thành xe khách), có tính chống uốn tốt, tuy nhiên khung xe phải có độ cứng vững cao, trọng lượng lớn, toạ độ trọng tâm của xe cao. Hiện nay kiểu kết cấu này hầu như chỉ được dùng cho một số xe bus chở học sinh (school bus) và một số xe khách ở các nước kém phát triển.

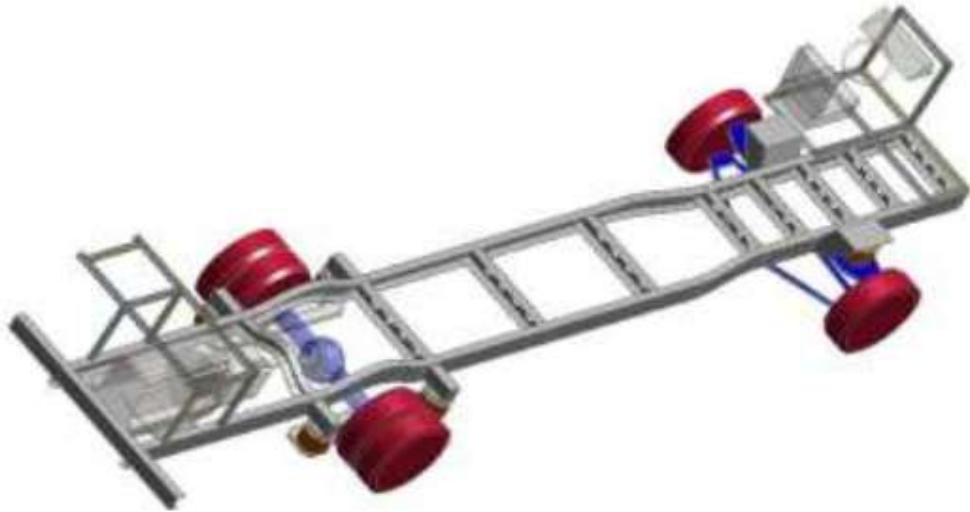
Loại sàn chịu lực kiểu khung không gian (space-frame): Để đạt được cấu trúc cứng và nhẹ trên xe bus dài với chiều dài cơ sở lớn, người ta dùng giải pháp “khung không gian” trong đó, toàn bộ sàn xe được chế tạo dưới dạng dầm liên kết không gian. Sàn chịu lực này được làm bằng một tập hợp các dầm dọc và dầm ngang có thể được gia cố thêm bằng dầm chéo, được hàn lại với nhau (hình 1.12)



Hình 1.11: Sàn chịu lực kiểu khung không gian

Sàn xe khách loại này rất cao, kết hợp với thân xe chịu lực hoàn toàn. Vị trí của nhóm động cơ có thể đặt ở giữa dưới sàn hoặc phía sau, cho phép sàn xe có chiều dài trên toàn bộ thân xe.

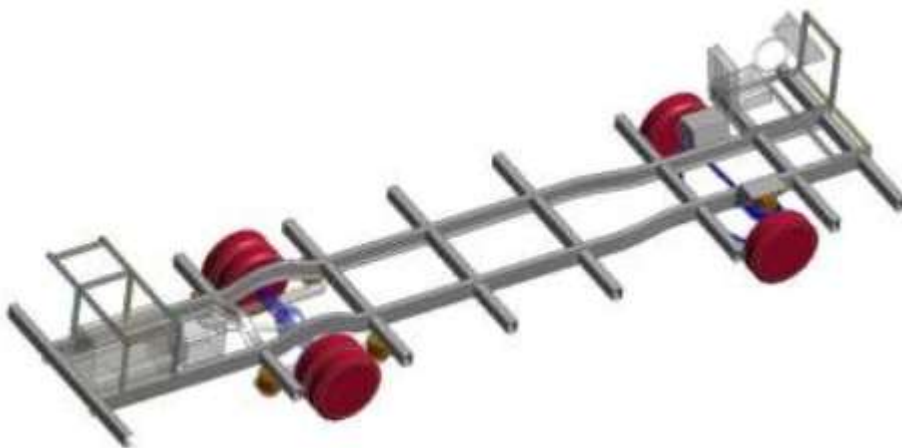
Loại sàn chịu lực kiểu khung thấp: Để hành khách lên xuống dễ dàng, dùng thiết kế loại sàn thấp, các xà dọc được làm bằng nhiều đoạn nối với nhau, có tiết diện chữ U khác nhau, khoảng cách giữa 2 xà dọc cũng khác nhau và có thể được uốn cong ở phía cầu sau để hạ thấp sàn xe (hình 2.13). Để có thể hạ thấp sàn thường dùng hệ thống treo khí nén, kiểu tay đòn ở phía trước.



Hình 1.12: Sàn chịu lực kiểu khung thấp

Loại sàn chịu lực có khung dầm ngang: Trên nguyên tắc tương tự như trong giải pháp trước, giải pháp này (hình 2.5) có sự khác biệt là các dầm ngang kết nối hai các xà dọc theo kiểu dầm chia công sơn (console) có chiều dài bằng chiều rộng của kết cấu thân xe bus.

Ở loại sàn chịu lực này, có nhiều khu vực đặc trưng theo dạng mô-đun được kết nối: khu vực khung sàn đặt trên bộ của vị trí lái xe, khu vực của trục trước có cấu trúc phải đảm bảo các tay đòn và túi khí của hệ thống treo khí nén trước, khu vực của sàn ở giữa, khu vực của trục sau có sàn uốn cong ở cầu sau và công sơn cho việc đặt động cơ và các phụ kiện của nó. Loại khung sàn này cho phép hạ thấp nhiều hơn sàn xe.



Hình 1.13: Sàn chịu lực kiểu khung sàn có dầm chìa ngang

Sàn chịu lực kiểu sàn thấp: Để đảm bảo hành khách đi xe bus thành phố tiếp cận tốt nhất, sàn được hạ xuống mức của bậc thang đầu tiên, trong khu vực trung tâm và ở khu vực phía trước, thông qua một kết cấu sàn đặc biệt bao gồm hai các xà dọc bên và một số dầm dọc, ngang theo toàn bộ chiều rộng của sàn (hình 1.15). Sàn chịu lực do đó có độ cứng uốn yếu và xoắn trong giới hạn trung bình, thường kết hợp lắp ráp với thân xe chịu lực thành kết cấu toàn bộ thân xe chịu lực (kiểu monocoque) để vừa đảm bảo độ bền thân xe vừa có sàn xe thấp.



Hình 1.14: Sàn chịu lực kiểu sàn thấp

Khung sàn cho xe khách hiện đại được sản xuất dưới dạng mô-đun: Mô-đun phía trước, bao gồm trục trước, hệ thống treo, hệ thống lái, cơ cấu phanh cho cầu trước và các thiết bị trên xe. Mô-đun phía sau bao gồm trục sau với hệ thống treo và cơ chế phanh liên quan, nhóm động cơ, máy nén khí, hệ thống điều khiển cho động cơ và hộp số và thùng nhiên liệu. Có những công ty chuyên sản xuất các mô-đun phía trước và mô-đun phía sau, nhà chế tạo xe khách chỉ phải thiết kế các cấu trúc sàn trung tâm và cấu trúc thân xe khách. Giải pháp này cho phép người thiết kế tự làm các bố trí chung tổng thể, với nhiều loại thân xe được điều chỉnh cho các mô-đun khác nhau.

#### **1.4. Tổng quan về phần mềm INVENTOR, ANSYS trong mô phỏng và phân tích kết cấu**

##### **1.4.1. Phần mềm ANSYS**

Sử dụng Ansys Fluent để mô phỏng khí động học qua đó đánh giá tính năng khí động học của xe.

Ansys fluent được lập trình theo các phương trình cơ bản của dòng chất lỏng. Đó là các phương trình Navie-Stock, Becnuli hay Euler. Các thông số cài đặt chính giúp chúng ta khép kín được các ràng buộc để ansys tính toán. Ansys fluent chứa các phần

chúng ta có thể thiết kế mô hình 2D, 3D hoặc chuyển đổi từ các phần mềm khác vô cùng linh hoạt. Ở đây ta sẽ sử dụng bản thiết kế mô hình 3D được thiết kế từ phần mềm INVENTOR để mô phỏng.

Từ kết quả thu được, chúng ta có thể biết được vận tốc, nhiệt độ, áp suất cũng như quỹ đạo chuyển động và ảnh hưởng của các biên dạng lên dòng khí. Đồ thị Ansys suất ra hỗ trợ tối đa cả về định tính và định hướng.

Dùng Ansys Static Structural để kiểm nghiệm bền khung nhờ phương pháp phần tử hữu hạn để lập trình tính toán các cấu trúc. Trong nhiều lĩnh vực khác nhau như cơ khí, xây dựng, nhiệt, hàng không... Trong lĩnh vực cơ học vật rắn biến dạng dưới tác động tải trọng ngoài dạng cơ, nhiệt hiện nay thường dùng phần mềm ANSYS của Mỹ. Nhờ vào công cụ này mà tiết kiệm được thời gian, công sức tính toán, nâng cao chất lượng trong thiết kế.

Với phần mềm ANSYS chủ yếu dùng để kiểm tra trong thiết kế và tính toán, hệ khung giàn, chịu lực theo phương pháp phần tử hữu hạn. Và nghiên cứu các bài toán tĩnh động, kết cấu khung giàn theo phương pháp phần tử hữu hạn trong các bài toán không gian, và yêu cầu đối với bản toán kiểm bền cho khung xe khách ta chỉ sử dụng phần tính kiểm tra bền cho khung xe trong không gian.

Từ kết quả thu được, chúng ta có thể biết được mẫu thiết kế có thỏa mãn tiêu chuẩn ngành đã yêu cầu về các tính năng kỹ thuật, yêu cầu sử dụng, độ bền, độ an toàn và độ ổn định cần thiết để hoạt động hay không.

#### **1.4.2. Phần mềm INVENTOR**

Sử dụng phần mềm Autodesk Inventor để thiết kế hoàn chỉnh mô hình 3D. Mô hình hoàn chỉnh bao gồm các mảng riêng.

Từ đó cung cấp mô hình 3D hoàn chỉnh để chuyển vào ansys để thực hiện mô phỏng khí động học và kiểm nghiệm bền.

### **1.5. Tổng kết**

Chương 1 trình bày tổng quan về đề tài tính toán, thiết kế, kiểm nghiệm bền khung vỏ xe bus 29 chỗ. Mục tiêu chính là tạo ra kết cấu đảm bảo độ bền, độ cứng, tính khí động học, thẩm mỹ và hiệu quả vận hành. Phạm vi nghiên cứu tập trung vào thiết kế khung vỏ, mô hình hóa 3D và phân tích kết cấu bằng phần mềm Inventor và ANSYS, không đi sâu vào động cơ hay hệ truyền động.

Chương này cũng nêu lịch sử phát triển xe bus thế giới và Việt Nam, phân loại xe theo kích thước, công năng và nhiên liệu, cùng xu hướng hiện đại hóa bằng xe điện và tự lái. Khung vỏ xe bus được phân tích kỹ về vai trò, đặc điểm kết cấu và các dạng sản phẩm chịu lực, từ kiểu truyền thống đến sản phẩm hiện đại, phù hợp yêu cầu sử dụng và sản xuất.

Cuối cùng, chương giới thiệu phần mềm Inventor để thiết kế mô hình 3D và ANSYS để mô phỏng, kiểm nghiệm độ bền và đặc tính khí động học. Đây là nền tảng quan trọng phục vụ cho các bước thiết kế và phân tích trong các chương tiếp theo.

## CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1. Các tiêu chuẩn về an toàn và kỹ thuật cho xe bus

Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia nước ta đã có 1 bộ “quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe ô tô” và bộ tiêu chuẩn ngành 22TCN 307:2006 yêu cầu an toàn chung đối với ô tô.

Quy chuẩn này được áp dụng đối với các Cơ sở sản xuất, lắp ráp, tổ chức, cá nhân nhập khẩu xe, linh kiện xe và các cơ quan, tổ chức, các nhân liên quan đến quản lý, kiểm tra, thử nghiệm và chứng nhận an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe, linh kiện xe.

Trong đó có yêu cầu về kích thước giới hạn cho phép của xe:

- Chiều dài: không lớn hơn 12.2m
- Chiều rộng: không lớn hơn 2.5m
- Chiều cao: không lớn hơn 4m

Ngoài ra, đối với các loại xe có khối lượng toàn bộ thiết kế lớn nhất không lớn hơn 5,0 tấn thì chiều cao của xe, trừ phần nhô do lắp ăng ten, cột thu phát sóng hoặc các thiết bị có kết cấu tương tự nhưng không ảnh hưởng đến tính ổn định của xe ô tô chuyên dùng được định nghĩa tại TCVN 6211 “Phương tiện giao thông đường bộ - Kiểu - Thuật ngữ và định nghĩa” phải đáp ứng quy định sau:

$$H_{\max} \leq 1,75 W_t$$

Trong đó:

+  $H_{\max}$ : Chiều cao lớn nhất cho phép của xe;  
+  $W_t$ : Khoảng cách giữ tâm vết tiếp xúc của hai bánh xe sau với mặt đường, Trường hợp trục sau lắp bánh đơn hoặc khoảng cách giữa tâm vết tiếp xúc của hai bánh xe sau phía ngoài với mặt đường, trường hợp trục sau lắp bánh kép.

- Chiều dài đuôi xe: không lớn hơn 65% chiều dài cơ sở  
- Khoảng sáng gầm xe: không nhỏ hơn 120 mm (trừ xe chuyên dùng). Đối với các xe có thể điều chỉnh độ cao của gầm xe thì khoảng sáng gầm xe được đo ở vị trí lớn nhất.

- Khối lượng cho phép lớn nhất trên trục xe:

+ Trục đơn: 10 tấn.

+ Cụm trục kép phụ thuộc vào khoảng cách hai tâm trục d:

- $d < 1,0$  m: 11 tấn;
- $1,0 \leq d < 1,3$  m: 16 tấn;
- $d \geq 1,3$  m: 18 tấn.

+ Cụm trục ba phụ thuộc vào khoảng cách hai tâm trục liền kề nhỏ nhất d:

- $d \leq 1,3$  m: 21 tấn;
- $d > 1,3$  m: 24 tấn.

- Các yêu cầu khác:

+ Xe và các bộ phận trên xe phải phù hợp với việc tham gia giao thông bên phải theo quy định.

+ Khối lượng phân bố lên trục dẫn hướng (hoặc các trục dẫn hướng) phải đáp ứng yêu cầu dưới đây trong cả hai trường hợp xe không tải và xe đầy tải (đối với xe khách nối toa, tỷ lệ này được xác định đối với toa xe đầu tiên):

- Không nhỏ hơn 25% đối với xe khách (trừ xe ô tô khách thành phố).
- Không nhỏ hơn 20% đối với các loại xe khác.

## 2.2. Các tiêu chuẩn về an toàn

- Khả năng chịu lực và độ ổn định

+ Khung vỏ xe bus phải được thiết kế đủ khả năng chịu tải trọng của xe khi đầy tải, bao gồm hành khách, hành lý và các trang bị đi kèm.

+ Kết cấu phải đảm bảo độ bền, độ cứng vững và ổn định trong quá trình vận hành, đặc biệt khi phanh gấp hoặc xe bị nghiêng, lật.

- Vật liệu chế tạo khung

+ Phải sử dụng vật liệu có:

- Độ bền cơ học cao.
- Độ dẻo dai tốt (chịu va đập).
- Khả năng chống ăn mòn.

+ Vật liệu phải đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật như: TCVN, ISO, ECE hoặc các tiêu chuẩn tương đương.

- Thiết kế đảm bảo an toàn người sử dụng

+ Thân xe không được có gờ sắc cạnh hoặc chi tiết nhô ra gây nguy hiểm cho người đi lại trong xe.

+ Trên xe phải có cửa thoát hiểm ở vị trí phù hợp, đảm bảo dễ tiếp cận trong các tình huống khẩn cấp.

+ Các lối đi và cửa phải được bố trí đủ rộng, không bị cản trở.

- Trang bị an toàn bắt buộc

+ Bình chữa cháy: Xe phải được trang bị ít nhất một bình chữa cháy có thể dễ dàng tiếp cận, ít nhất một bình đặt gần ghế lái.

+ Kính an toàn: Tất cả kính trên xe phải là kính an toàn (an toàn khi vỡ) theo tiêu chuẩn ECE R43 hoặc tương đương.

### 2.3. Tiêu chuẩn về khoang hành khách

Phải được thiết kế đảm bảo an toàn khi vận hành.

Lối đi dọc của xe khách trên 16 chỗ ngồi phải có chiều rộng hữu ích không nhỏ hơn 300mm, chiều cao hữu ích không nhỏ hơn 1700mm.

Quy định này không được áp dụng với xe được lắp ghế gập.

Lối đi dọc của xe khách phải thỏa mãn tiêu chuẩn 22TCN 302-06.

### 2.4. Tiêu chuẩn về cửa lên xuống

Dựa vào QCVN 09:2015/BGTVT – tiêu chuẩn về cửa lên xuống như sau:

- Số lượng cửa: xe bus 29 chỗ phải có ít nhất 1 cửa lên xuống chính cho hành khách, bố trí phía bên tay phải theo hướng chuyển động (để phù hợp với quy tắc giao thông tại Việt Nam).

- Kích thước cửa

+ Chiều rộng thông thủy của cửa chính không được nhỏ hơn 650 mm.

+ Chiều cao thông thủy không được nhỏ hơn 1600 mm.

+ Các kích thước này phải đảm bảo dễ dàng cho việc lên xuống, kể cả với người già hoặc trẻ em.

- Vị trí bố trí cửa: cửa lên xuống chính phải được bố trí ở vị trí thuận tiện, gần buồng lái.

- Cơ cấu đóng mở cửa

+ Có thể sử dụng:

- Cửa mở tay.
- Cửa bán tự động.
- Cửa điều khiển bằng khí nén hoặc điện.

+ Cửa phải có cơ chế khóa an toàn để ngăn không cho mở khi xe đang di chuyển.

- Bậc lên xuống

+ Bậc đầu tiên (so với mặt đất khi xe đứng yên) không được cao quá 400 mm.

- + Giữa các bậc, chiều cao không quá 250 mm.
- + Bề mặt bậc phải chống trượt và có rãnh thoát nước.
- An toàn tại khu vực cửa
  - + Phải bố trí tay vịn gần cửa để hỗ trợ hành khách.
  - + Nếu xe có hệ thống mở cửa tự động, phải có cảm biến hoặc thiết bị bảo vệ để tránh kẹp người.
  - + Cửa lên xuống không được có các gờ sắc, chi tiết nhọn, gây nguy hiểm trong quá trình sử dụng.

## **2.5. Cơ sở lý thuyết về tải trọng tĩnh, tải trọng động và tính toán kết cấu xe bus**

### **2.5.1. Cơ sở lý thuyết về tải trọng tĩnh**

Tải trọng tĩnh lên thân xe do trọng lượng của các cụm, hệ thống đặt trên thân xe (nhóm động cơ, hệ thống nhiên liệu, hệ thống xả, lái và phanh được đặt trên thân xe, thiết bị điện, linh kiện nội thất và thành phần đóng mở của thân xe), trọng lượng của hành khách và trọng lượng của hành lý hoặc hàng hóa vận chuyển. Tất nhiên, tự trọng của thân xe cũng phải được tính đến nhưng không tính đến trọng lượng không được treo (trục và hệ thống treo, bánh xe, một phần của hệ thống phanh và lái).

Tất cả các trọng lượng này được phân bố trên cấu trúc thân xe ở dạng lực hoặc ở dạng khối lượng tập trung hay phân bố. Các tải trọng tĩnh này tác động lên thân xe theo phương thức khác nhau ở những trường hợp sau:

- Xe đang đỗ.
- Xe được nâng lên trên kích.
- Xe được nâng lên trên thang xe nâng.
- Xe được vận chuyển trên xe sàn kéo hoặc bằng nâng cầu.

### **2.5.2. Cơ sở lý thuyết về tải trọng động**

Hoạt động của các cụm trên xe và chuyển động của xe trên đường làm xuất hiện các tải trọng động, dưới dạng quá tải động tức thời hoặc tải trọng lâu dài có thể ảnh hưởng đến cấu trúc thông qua hiện tượng mỏi.

Quá tải động tức thời, có độ lặp lại thấp, thời gian ngắn, nhưng có thể có biên độ cao (bậc 104N), so với tải trọng tĩnh. Những tải trọng này xảy ra khi điều khiển xe trên những con đường có độ mấp mô lớn (ổ gà, lồi lõm, lề đường, v.v.), trong trường hợp

tăng tốc hoặc phanh gấp đột ngột, trong trường hợp quay vòng ngoặt, khi di chuyển trên tình trạng không đường, trong trường hợp có moment xoắn lớn của nhóm động cơ, khi hoạt động dịch vụ vận chuyển, nâng xe trên sàn kéo, thang nâng,...

Các trường hợp điển hình của tải trọng động được xác định bởi tương tác giữa bánh xe và mấp mô mặt đường và được truyền đến thân xe thông qua trục và khớp treo như các loại hình sau:

- Tải trọng thẳng đứng đối xứng.
- Tải trọng không đối xứng theo phương thẳng đứng
- Tải trọng ngang
- Tải trọng dọc
- Tải trọng kết hợp

### 2.5.3. Lý thuyết về tính toán

#### 2.5.3.1. Đánh giá sử bền thân xe

Các ứng suất xuất hiện trong cấu trúc thân xe dưới tác động của ứng suất tĩnh và động trong điều kiện hoạt động bình thường, không được làm ảnh hưởng đến chức năng của bất kỳ thành phần nào của thân xe. Sự mất chức năng của một thành phần xảy ra khi ứng suất vượt quá giới hạn ứng suất chảy của vật liệu, xô lệch một số thành phần, phá vỡ các phần tử lắp ráp (điểm hàn, các phần tử lắp ráp cơ khí, chất kết dính, v.v.) hoặc bởi sự mỏi của vật liệu và sự xuất hiện của các vết nứt thân xe. Nói chung, yêu cầu trong điều kiện tải trọng động cao nhất, ứng suất hiệu dụng lớn nhất trong kết cấu không được vượt quá  $2/3$  ứng suất chảy  $\sigma_c$  của vật liệu, tức là ứng suất cho phép được tính với hệ số an toàn  $C = 1,5$

$$\sigma_{ef \max} \leq \frac{\sigma_c}{C} = \frac{\sigma_c}{1,5} = \frac{2}{3} \sigma_c$$

#### 2.5.3.2. Đánh giá độ cứng vững của thân xe

Chất lượng của cấu trúc thân xe có thể được đánh giá từ một số quan điểm: sức bền dưới các tải trọng tĩnh và động, sức bền mỏi, độ cứng vững, trọng lượng, khả năng chịu rung động, khả năng chịu va đập, khả năng chống ăn mòn, v.v. Ở đây ta chỉ trình bày đến độ cứng vững và trọng lượng thân xe, thông qua các chỉ tiêu về độ cứng xoắn, độ cứng uốn và hệ số độ nhẹ kết cấu.

#### 2.5.3.3. Xác định chỉ số gia tốc

Trong một số trường hợp mô phỏng kiểm nghiệm bền, sẽ phải đánh giá sự chuyển vị của các chi tiết, các chỉ tiêu về ứng suất nguy hiểm xuất hiện ở khung xe dưới sự tác

động của điều kiện bên ngoài, trong đó có yếu tố quan trọng là gia tốc. Tại các trường hợp khác nhau thì cách xác định cũng sẽ khác nhau.

Gia tốc hướng tâm: Gia tốc này hướng vào tâm của vòng cua của xe, nguyên nhân tạo ra cảm giác bị nghiêng khi xe ôm cua. Nếu gia tốc này quá lớn thì có thể gây lật xe khi ôm cua do lực quán tính quá lớn.

Công thức: 
$$a = \frac{v^2}{r}$$

Trong đó:

- $a$ : Gia tốc hướng tâm ( $m/s^2$ )
- $v$ : Vận tốc của xe (m/s)
- $r$ : Bán kính vòng cua (m)

Bán kính quay vòng khi vào cua phụ thuộc vào các yếu tố: Chiều dài cơ sở của xe, góc đánh khi ôm cua, cấu hình hệ thống lái cầu xe.

Công thức: 
$$r = \frac{L}{\tan(\delta)}$$

Trong đó:

- $L$ : Chiều dài cơ sở của xe (m)
- $\delta$ : Góc đánh lái của bánh trước (Góc giữa hướng bánh xe và phương dọc xe)

Gia tốc khi phanh gấp: Tùy tình hình giao thông mà có những lúc ta không thể tự từ cho xe giảm tốc được mà phải phanh đột ngột, điều này tạo ra một gia tốc ngược tác động lên xe. Gia tốc này gây nên một lực quán tính được xác định bằng công thức  $F=m.a$ . Trong đó  $a$  là gia tốc ngược..

Xác định  $a$  dựa vào công thức quan hệ giữa gia tốc, quãng đường và vận tốc:

$$v^2 - v_0^2 = 2aS$$

Và công thức : 
$$t = \frac{v}{a}$$

#### 2.5.3.4. Xác định hệ số an toàn

Sau khi tính toán để xác định được vị trí có ứng suất nguy hiểm lớn nhất trong các trường hợp thì tùy vào vị trí thuộc chi tiết nào mà ta có thể xác định được vật liệu dùng để chế tạo nó. Từ đó xác định được giới hạn chạy cho phép tại vị trí đó. Để chính

xác hơn thì ta có thể tính hệ số an toàn xem ứng suất nguy hiểm tại vị trí đó có được cho phép hay không.

Công thức: 
$$FoS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}}$$

Trong đó:

- $FoS$  : Hệ số an toàn.
- $\sigma_{yield}$  : Giới hạn chảy cho phép của vật liệu (Mpa)
- $\sigma_{max}$  : Ứng suất cực đại (Mpa)

#### 2.5.3.5. Xác định giá trị mô men uốn tại vị trí chịu lực

Tại các vị trí chịu lực khác nhau trên mô hình thì sẽ có kết cấu để phân tích lực khác nhau, công thức tính momen

- Trường hợp lực tập trung:  $M = \frac{L.F}{4}$ . Đối với kết cấu một đầu ngàm, một đầu tựa.

- Trường hợp lực phân bố đều:  $M = \frac{q.L^2}{8}$ .

#### 2.5.3.6. Hệ số Reynolds

Hệ số Reynolds (ký hiệu:  $Re$ ) là một đại lượng vô thứ nguyên đặc trưng cho tỉ lệ giữa lực quán tính và lực nhớt trong dòng chảy. Đây là yếu tố quan trọng để xác định chế độ dòng chảy (ổn định hay rối) xung quanh vật thể.

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu} = \frac{u L}{\nu}$$

Trong đó:

- $\rho$ : mật độ chất lỏng hoặc không khí ( $\text{kg/m}^3$ )
- $u$ : vận tốc dòng chảy tương đối so với vật thể (m/s)
- $L$ : chiều dài đặc trưng của vật thể (m)
- $\mu$ : độ nhớt động lực học ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ )
- $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ : độ nhớt động học ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Ý nghĩa:

- Nếu  $Re < 2300$ : dòng chảy ổn định (laminar)
- Nếu  $Re > 4000$ : dòng chảy rối (turbulent)
- $2300 < Re < 4000$ : vùng chuyển tiếp

### 2.5.3.7. Lực cản khí động

Khi một vật thể chuyển động trong không khí, nó sẽ chịu một lực cản ngược chiều với chuyển động gọi là lực cản khí động. Lực này được tính theo công thức:

$$F_D = \frac{1}{2} C_d \rho A u^2$$

Trong đó:

- $F_D$ : lực cản khí động (N)
- $C_d$ : hệ số cản khí động (không thứ nguyên)
- $\rho$ : mật độ không khí ( $\text{kg/m}^3$ )
- $A$ : diện tích chiếu vuông góc với dòng chảy ( $\text{m}^2$ )
- $u$ : vận tốc tương đối của dòng chảy (m/s)

Lực cản tỷ lệ thuận với bình phương vận tốc, nên khi xe chạy ở tốc độ cao, lực cản khí động tăng mạnh, ảnh hưởng lớn đến hiệu suất nhiên liệu.

### 2.5.3.8. Hệ số cản khí động

Trong thiết kế xe bus, đặc biệt là với các dòng xe hoạt động ở tốc độ trung bình và cao (trên 50 km/h), lực cản khí động trở thành một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu suất tiêu thụ nhiên liệu, tính ổn định và khả năng vận hành của xe.

Hệ số cản khí động (ký hiệu:  $C_d$ ) là một đại lượng vô thứ nguyên, biểu thị mức độ ảnh hưởng của hình dạng thân xe đến lực cản do không khí gây ra khi xe chuyển động. Hệ số này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như:

- Hình dáng tổng thể của xe
- Góc nghiêng đầu xe, đuôi xe
- Vị trí và hình dạng gương chiếu hậu, khe hở giữa các bộ phận
- Chế độ dòng chảy (tầng hay rối)

Đối với xe bus thông thường, hệ số cản khí động thường dao động trong khoảng:  $C_d = 0.60 \div 0.80$

Xe có thiết kế càng khí động (bo tròn góc cạnh, ít khe hở, sàn thấp, mui vuốt) thì  $C_d$  càng thấp, giúp giảm đáng kể lực cản, từ đó cải thiện mức tiêu hao nhiên liệu lên đến 10–15% ở tốc độ hành trình.

## **2.6. Vật liệu chế tạo khung vỏ xe bus**

### **2.6.1. Các yêu cầu về vật liệu chế tạo khung vỏ**

Các yêu cầu chính của thân xe là: Trọng lượng bản thân thấp, đảm bảo độ cứng, độ bền cơ học và an toàn cần thiết cho hoạt động của các cụm khác và bảo vệ hành khách trong điều kiện hoạt động bình thường hoặc có sự cố. Việc giảm trọng lượng hay đảm bảo độ cứng của xe bị ảnh hưởng trực tiếp bởi các loại vật liệu được sử dụng trong thiết kế thân vỏ xe.

### **2.6.2. Vật liệu thép**

Thép đã và đang là vật liệu được sử dụng nhiều nhất để chế tạo thân xe. Theo truyền thống, thân xe được sản xuất từ thép tấm dập định hình ghép nối thông qua mối hàn. Thép cũng được sử dụng từ các loại bán thành phẩm được cán định hình thành thanh để làm khung xương cho các thân xe du lịch, xe bus và xe tải. Đối với một xe du lịch, khoảng 63% vật liệu thân xe được làm từ thép.

#### **Ưu điểm của việc sử dụng thép:**

- Độ cứng và độ bền cơ học tốt.
- Ứng xử vật liệu tốt vì có sự hấp thụ năng lượng tác động.
- Khả năng sử dụng bán thành phẩm như tấm nhiều lớp.
- Dễ tiếp cận trong sửa chữa và có thể tự động hoá các công nghệ sản xuất (dập, cán, hàn, v.v.).

- Khả năng tái chế vật liệu tốt. Tái chế không chỉ trong trường hợp thân xe bị thải hồi, mà còn trong trường hợp thu hồi phế liệu tại nơi sản xuất. Ví dụ, khi chế tạo một thân xe chịu lực hoàn toàn, có khoảng 40% - 45% phế liệu thép bị thải ra do quá trình công nghệ cán và dập.

- Có quá trình ô xy hóa hoặc điện hóa để bảo vệ chống lại ăn mòn.
- Giá thành thấp, ngoại trừ thép cường độ cao hoặc thép không gỉ.

#### **Nhược điểm bao gồm:**

- Trọng lượng riêng cao so với nhôm hoặc hợp kim và vật liệu nhựa. Tuy nhiên, việc sử dụng thép cường độ cao và cực cao làm cho nó có thể giảm trọng lượng của thân xe, có độ cứng và sức bền rất tốt.

- Khả năng chống ăn mòn giảm, nhưng bằng cách áp dụng đúng công nghệ chống ăn mòn, tuổi thọ của thân xe có thể đạt được hơn 15 năm.

### 2.6.3. Vật liệu hợp kim nhôm

Ngày nay, với nhiều ưu điểm và khả năng ứng dụng công nghệ để giảm giá thành, hợp kim nhôm đang ngày càng được sử dụng trên thân xe du lịch, thậm chí làm thân xe cho các loại xe chuyên dùng như xe bồn nhôm chở chất lỏng để chống ô xy hóa. Hợp kim nhôm có thành phần thông thường gồm: Al (85 - 99,9%) ngoài ra là các thành phần (Mn), (Mg), (Zn), (Cu), (Si) và (Li).

Hợp kim nhôm có các đặc điểm sau so với thép:

#### Ưu điểm:

- Trọng lượng riêng nhỏ (40 - 60% so với thép).
- Độ bền và độ cứng tốt, độ bền ăn mòn cao, có khả năng bảo vệ bề mặt bằng công nghệ, có lớp ô-xít nhôm ( $Al_2O_3$ ) cứng và bền.
- Dễ gia công cơ học và dễ chế tạo bằng các phương pháp công nghệ như đúc, kéo, cán,...
- Có khả năng tái sử dụng cao.

#### Nhược điểm:

- Giá thành cao hơn từ 3 - 5 lần so với thép.
- Tính hàn kém hơn thép.
- Tính dễ sửa chữa kém hơn thép.

Tuy nhiên, dù giá vật liệu cao nhưng giá linh kiện chỉ cao hơn 2 lần so với thép vì trọng lượng nhỏ hơn, góp phần giảm trọng lượng ô tô, giảm tiêu hao nhiên liệu và ô nhiễm môi trường. Hợp kim nhôm dễ cán, kéo thành các linh kiện có tiết diện phức tạp của thân xe.

## 2.7. Tổng kết

Chương 2 cung cấp nền tảng lý thuyết và hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật cần thiết cho việc thiết kế khung vỏ xe bus. Trước hết, chương trình bày các quy định về kích thước, tải trọng, chiều cao, phân bố tải và các yêu cầu an toàn theo QCVN và TCVN như 22TCN 307:2006. Các yếu tố đảm bảo an toàn cho người sử dụng như cửa thoát hiểm, tay vịn, kính an toàn, bậc lên xuống, cũng được nêu rõ.

Phần tiếp theo đi sâu vào cơ sở lý thuyết về tải trọng tĩnh và động – các lực tác động lên thân xe trong điều kiện vận hành thực tế như phanh gấp, ôm cua, hoặc khi xe bị nâng. Từ đó, các phương pháp tính toán độ bền, độ cứng vững, ứng suất, hệ số an

toàn, lực cản khí động và hệ số cản khí động được trình bày để đánh giá chất lượng thiết kế.

Cuối cùng, chương phân tích đặc điểm của vật liệu chế tạo khung như thép và hợp kim nhôm, từ đó làm cơ sở chọn vật liệu phù hợp trong thiết kế.

## CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ KHUNG VỎ XE BUS

### 3.1. Các thông số cơ bản

Bảng 3.1: Bảng tham số kỹ thuật

Thứ tự	Hạng mục	Đơn vị	Thông số kỹ thuật
<b>1</b>	<b>Thông tin chung</b>		
1.1	Loại phương tiện		Ô tô khách
1.2	Nhãn hiệu		
1.3	Công thức bánh xe		4 x 2R
<b>2</b>	<b>Kích thước</b>		
2.1	Kích thước tổng thể	mm	8,180 x 2,370 x 3,150
2.2	Chiều dài cơ sở	mm	3,900
2.3	Vệt bánh trước/ sau	mm	1,997/1,738
2.4	Khoảng sáng gầm xe	mm	150
2.5	Khoang hành lý	mm	590
		m <sup>3</sup>	2.3
<b>3</b>	<b>Khối lượng</b>		
3.1	Khối lượng bản thân	kg	7,470
3.2	Khối lượng toàn bộ	kg	9,565
3.3	Số chỗ		29 ( 28 ghế khách, 1 ghế lái)
<b>4</b>	<b>Động cơ</b>		
4.1	Tên động cơ		Weichai WP4.6NQ220E50

4.2	Kiểu loại		Diesel 4 kỳ, 4 xilanh thẳng hàng, tăng áp, làm mát bằng nước
4.3	Dung tích xy lanh	cc	4088/4580
4.4	Công suất cực đại	Ps/rpm	170 - 220
4.5	Mô men cực đại	Nm/rpm	800 /1200 - 1800
<b>5</b>	<b>Hệ thống khung gầm</b>		
5.1	Hệ thống lái		Trục vít – êcubi trợ lực thuỷ lực
5.2	Hệ thống treo trước		Treo phụ thuộc, 2 bầu hơi, 2 giảm chấn và thanh cân bằng
5.3	Hệ thống treo sau		Treo phụ thuộc 4 bầu hơi, 2 giảm chấn và thanh cân bằng

### 3.2. Tính toán thiết kế kích thước tổng thể xe bus

Thiết kế xe bus được thực hiện trên cơ sở tham khảo mẫu xe Cruiser 81s (29 chỗ). Tuy nhiên, để đáp ứng các yêu cầu sử dụng cụ thể và tối ưu hoá kết cấu, một số kích thước tổng thể có thể được điều chỉnh so với mẫu xe tham khảo.

Các kích thước chính của xe bus bao gồm:

- Kích thước phủ bì (Dài x Rộng x Cao)
- Chiều dài cơ sở (L)

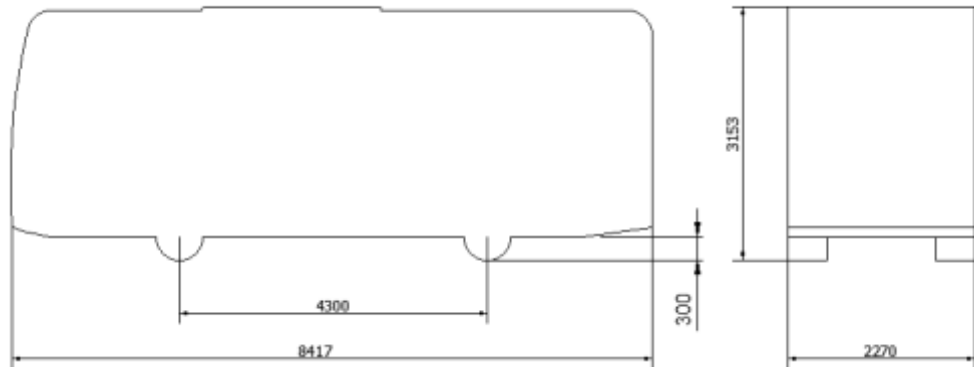
Trong đó, chiều dài cơ sở được giữ nguyên bằng với mẫu tham khảo để đảm bảo tương đồng về phân bố tải trọng và đặc tính vận hành:  $E = 3900 \text{ mm}$

Kích thước tổng thể của mẫu xe tham khảo là:  $D \times R \times C = 8180 \times 2370 \times 3150 \text{ mm}$

Tuy nhiên, trong quá trình thiết kế, các kích thước tổng thể của xe bus có thể được điều chỉnh sao cho:

- Đảm bảo phù hợp với công suất động cơ nguyên thủy.
- Phù hợp với khả năng chịu tải của cầu xe, khung gầm và hệ số phân bố tải trọng.
- Tuân thủ các quy định về kích thước, tiêu chuẩn an toàn và điều kiện khai thác thực tế.

Sau khi thiết kế, kích thước tổng thể của xe thiết kế là  $D \times R \times C = 8417 \times 2270 \times 3153$  mm. Và chiều dài cơ sở  $E = 4300$  mm

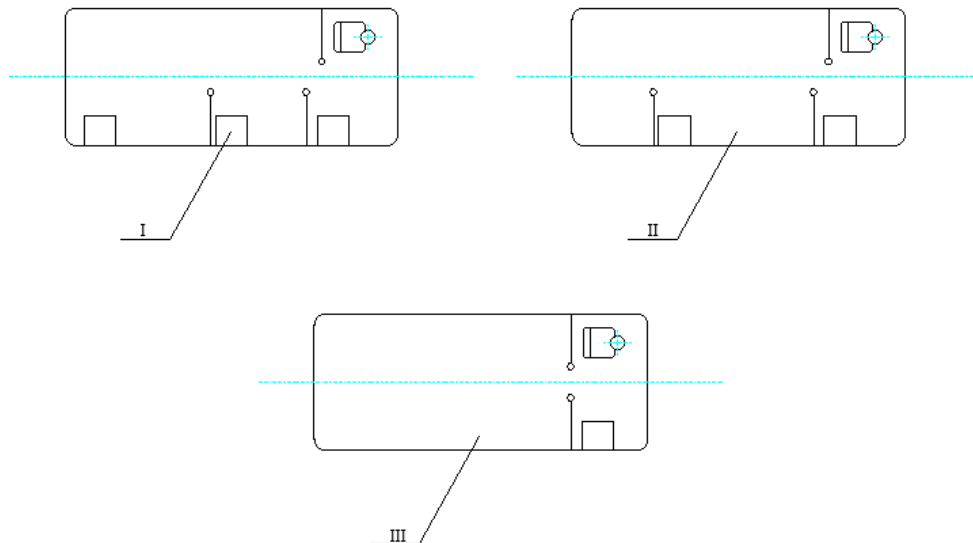


Hình 3.1: Kích thước tổng thể của xe

### 3.3. Phương án bố trí cửa lên xuống và không gian bên trong xe bus

#### 3.3.1. Phương án bố trí cửa lên xuống

Hiện nay, xe bus có các phương án bố trí cửa lên xuống như hình 3.2:



Hình 3.2: Phương án bố trí ghế ngồi trên xe bus

- Phương án 1

Ô tô được bố trí 03 cửa lên xuống dành cho hành khách phía thân xe bên phải. Bố trí như vậy chỉ phù hợp với những xe có chiều dài thân xe lớn và số lượng chỗ ngồi lớn. Phương án này không phù hợp với ô tô đang thiết kế.

- Phương án 2

Ô tô sẽ có 02 cửa lên xuống dành cho hành khách phía thân xe bên phải. Hai cửa này có thể chọn dạng cửa kép cho cả cửa trước và cửa sau, hoặc cửa trước là cửa đơn

còn cửa sau là cửa kép. Phương án này phù hợp với những xe có số lượng chỗ ngồi trên 50 chỗ ngồi.

- Phương án 3

Ô tô chỉ có 01 cửa lên xuống dành cho hành khách phía thân xe bên phải. Cửa sử dụng cho phương án này là dạng cửa kép kiểu cánh gập. Phương án này phù hợp với các loại xe khách cỡ nhỏ, cỡ trung bình và xe bus trong thành phố.

Ô tô thiết kế có 29 chỗ ngồi nên phương án 3 là phương án bố trí cửa lên xuống phù hợp và tối ưu nhất. Vậy, chọn phương án 3 làm phương án bố trí cửa lên xuống trên ô tô thiết kế.

### 3.3.2. Phương án bố trí ghế ngồi

Ghế được chia làm 2 dãy: 1 dãy bên trái và 1 dãy bên phải và 1 hàng ghế cuối cùng

Mỗi dãy ghế gồm 6 cụm ghế đôi ( tức là 2 ghế ngồi liền kề nhau)

Hàng ghế cuối cùng gồm 4 ghế liền kề nhau.

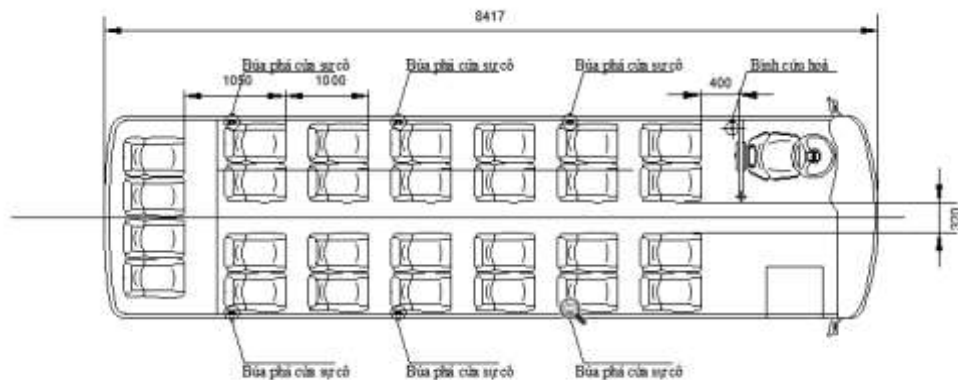
Từ phía trước đi về phía sau khoảng cách giữa các hàng ghế là 1000mm

Khoảng cách giữa hàng ghế cuối cùng và ghế phía trên là 1050 mm

Khoảng cách giữa ghế tài và ghế hành khách là 400 mm

Trên xe còn có bố trí các búa phá cửa khi xảy ra sự cố; được bố trí đều đặn dọc theo thân xe ở cả 2 bên

Bình cứu hoả được bố trí ở gần đầu xe, bên phải sau vị trí ghế tài( vị trí dễ lấy khi khẩn cấp



Hình 3.3: Bố trí ghế ngồi cho xe bus 29 chỗ

### 3.3.3. Bố trí khoang lái

Một số yêu cầu trong buồng lái:

- Kính chắn gió phía trước buồng lái phải là loại kính an toàn (hai lớp kính, ở giữa có lớp nhựa hoặc loại kính khi vỡ mảnh vụn, không có cạnh sắc).

- Cột kính ở góc không được quá lớn làm giảm tầm nhìn của người lái.

- Phải có tấm chắn che ánh nắng mặt trời chiếu thẳng, tấm này phải có khả năng điều chỉnh được vị trí.

- Các thiết bị, đèn báo hiệu, đồng hồ và công tắc điều khiển liệt kê dưới đây (nếu có) phải được lắp đặt trong phạm vi giới hạn bởi hai mặt phẳng song song với mặt phẳng trung tuyến dọc của xe cách đường tâm trục lái 500 mm về hai phía và đảm bảo cho người lái có thể nhận biết, điều khiển chúng một cách dễ dàng:

+ Công tắc khởi động, tắt động cơ;

+ Các cơ cấu điều khiển hệ thống phanh, ly hợp và bàn đạp ga;

+ Công tắc đèn chiếu sáng phía trước, còi, đèn báo rẽ, gạt nước;

+ Đồng hồ tốc độ, đèn báo hiệu tình trạng làm việc của các đèn báo rẽ, đèn pha, hệ thống nhiên liệu, nước làm mát động cơ, dầu bôi trơn, hệ thống phanh và hệ thống nạp ắc quy.

- Cơ cấu lò xo hồi vị của bàn đạp ga, phanh, ly hợp (nếu có) phải đảm bảo tự đưa các bàn đạp này trở về được vị trí ban đầu khi người lái thôi tác dụng lực.

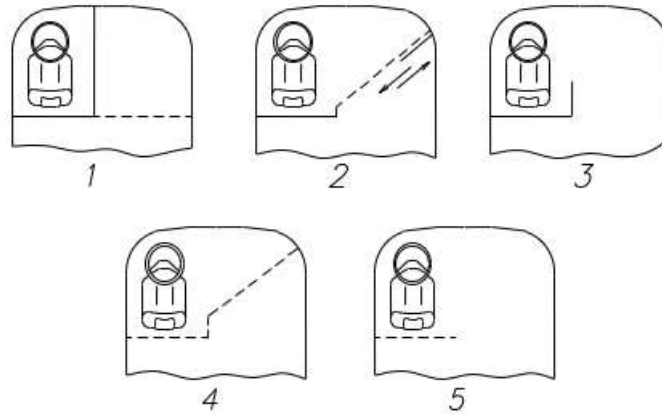
- Phải có ký hiệu để nhận biết được dễ dàng vị trí các tay số.

- Việc bố trí chỗ ngồi bên cạnh người lái không được ảnh hưởng tới khả năng điều khiển xe của người lái;

- Ghế lái phải được lắp đặt sao cho đảm bảo tầm nhìn của người lái để điều khiển xe. Ghế lái phải có đủ không gian để người lái vận hành các thiết bị điều khiển một cách dễ dàng. Độ lệch tâm giữa ghế lái và trục lái không được ảnh hưởng đến khả năng điều khiển xe của người lái và không được lớn hơn 40 mm.

- Ghế lái điều chỉnh được theo chiều dọc của xe trong khoảng 120mm, đệm tựa lưng điều chỉnh được độ nghiêng từ  $90^\circ$  ÷  $135^\circ$ .

- Khoảng không gian buồng lái là phần không gian dành riêng cho người lái và các bộ phận điều khiển (bảng đồng hồ, vô lăng, các bàn đạp ga, ly hợp, phanh chân, phanh tay, ...). Khoảng không gian buồng lái ảnh hưởng đến tính linh hoạt và tính hiệu quả của người điều khiển. Do đó cần phân tích và bố trí một cách hợp lý. Hiện nay có năm phương án ngăn khoảng không gian buồng lái như hình 3-4.



Hình 3.4: Bố trí không gian buồng lái

- Sơ đồ 1: Ngăn hẳn buồng lái, người lái ra vào bằng cửa riêng và liên hệ với người phụ (người bán vé) bằng micrôphôn, tín hiệu còi hoặc qua cửa phía sau vách ngăn. Phương án này đảm bảo an toàn cho người lái nhưng hạn chế quan sát và thông thoáng cho người lái và hành khách.

- Sơ đồ 2: Vách phía sau cố định, có cửa ra vào để qua lại giữa buồng lái và hành khách. Có thể có hoặc không có cửa dành cho người lái nằm ở bên trái buồng lái. Loại này phổ biến trên các loại xe bus.

- Sơ đồ 3: Vách phía sau người lái ngăn lửng, người lái lên xuống bằng cửa phía bên phải buồng lái.

- Sơ đồ 4: Ngăn bằng thanh chắn và tấm ngăn di động được. Loại này thường được áp dụng trên các loại xe khách nội tỉnh, xe bus thành phố.

- Sơ đồ 5: Không ngăn hẳn, chỉ bằng một thanh chắn phía sau buồng lái.

Năm sơ đồ trên mỗi sơ đồ có ưu nhược điểm riêng, ta chọn sơ đồ 5 để ngăn khoảng không gian buồng lái. Vì phương án này có ưu điểm là tạo khoảng không gian lớn, người lái dễ quan sát phía trong ngoài xe nhờ các gương chiếu hậu. Do đó tạo độ thoải mái cho người lái khi làm việc và đảm bảo tận dụng được nhiều diện tích sàn xe.

### 3.3.4. Ghế hành khách

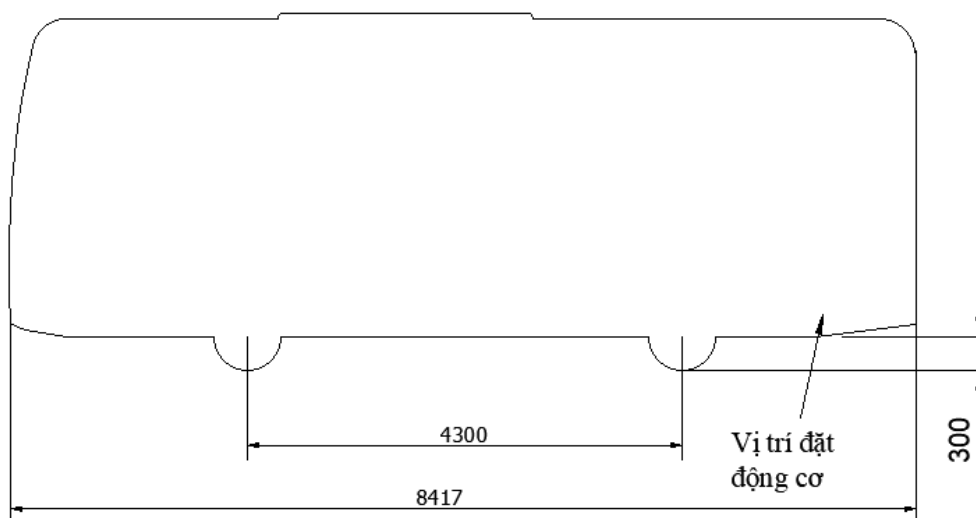
Trong khoang hành khách bố trí ghế ngồi cho 29 người, kể cả người lái. Chiều rộng mặt ghế cho mỗi chỗ ngồi của các loại ghế đảm bảo tiêu chuẩn 400x400 mm, chiều cao từ sàn ô tô đến mặt đệm ngồi là 400 mm, đảm bảo tiêu chuẩn ngành đối với xe khách liên tỉnh.

Khung xương ghế được chế tạo từ thép ống  $\Phi 27$ . Ghế ngồi được bắt chắc chắn với sàn ô tô bằng các bulông M10.

### 3.4. Bố trí khoang động cơ

Đối với xe bus động cơ đặt phía sau sẽ tối ưu cho việc đi lại trong khoang hành khách trở nên dễ dàng, giảm thiểu khối lượng của xe, cải thiện lực bám, động cơ đặt phía sau giảm thiểu độ ồn cho khoang hành khách.

Các thanh ngang, dưới đáy khoang động cơ được bố trí song song và gắn kết với các thanh dọc để tạo thành khung đỡ động cơ giúp tăng khả năng chịu tải và ổn định cấu trúc.



Hình 3.5: Bố trí khoang động cơ

### 3.5. Bố trí các hệ thống chính trên xe

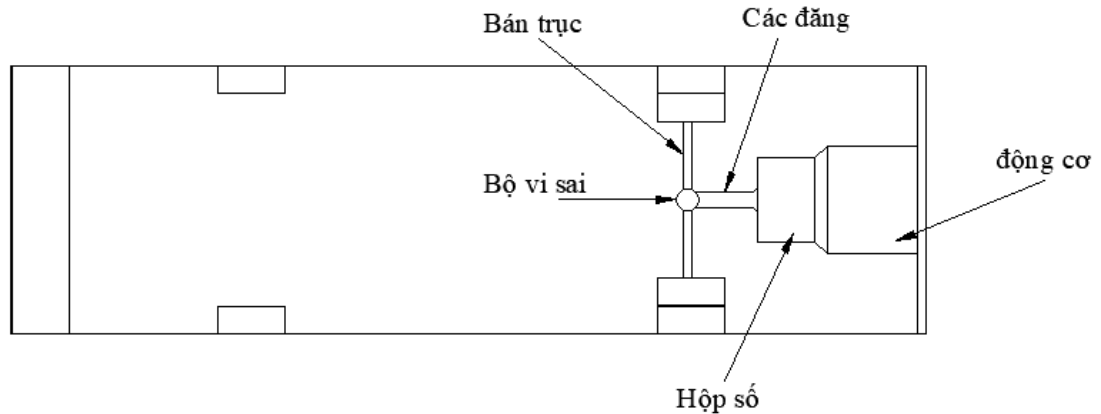
#### 3.5.1 Bố trí hệ thống truyền lực

Trên xe bus 29 chỗ, hệ thống truyền lực thường được bố trí theo kiểu động cơ đặt dọc phía sau, kết nối trực tiếp với hộp số và dẫn động thông qua trục các đăng đến hệ thống truyền lực chính và bán trục ở cụm cầu sau.

Cấu trúc này thường sử dụng cụm bánh sau gồm hai bánh mỗi bên trên cùng một trục, giúp phân tán tải trọng hiệu quả hơn, đồng thời tăng độ bám đường khi xe vận hành ở tốc độ cao hoặc khi tải nặng. Bố trí động cơ và cụm truyền lực phía sau còn góp phần giảm rung động và tiếng ồn truyền lên khoang hành khách, từ đó cải thiện độ êm ái khi vận hành.

Bên cạnh đó, kiểu bố trí này còn giúp tối ưu không gian khoang hành khách, đặc biệt là ở khu vực giữa thân xe, tạo điều kiện thuận lợi cho việc bố trí ghế và lối đi. Hệ truyền lực phía sau cũng giúp việc bảo dưỡng, kiểm tra kỹ thuật trở nên dễ tiếp cận hơn, nhờ cụm động lực được tách biệt rõ ràng khỏi khoang lái.

Ngoài ra, cách bố trí hợp lý còn giúp kéo dài tuổi thọ của hệ thống treo và các chi tiết cơ khí khác, do tải trọng được phân bổ đồng đều hơn lên các bánh xe phía sau.



Hình 3.6: Bố trí hệ thống truyền lực trên xe bus 29 chỗ

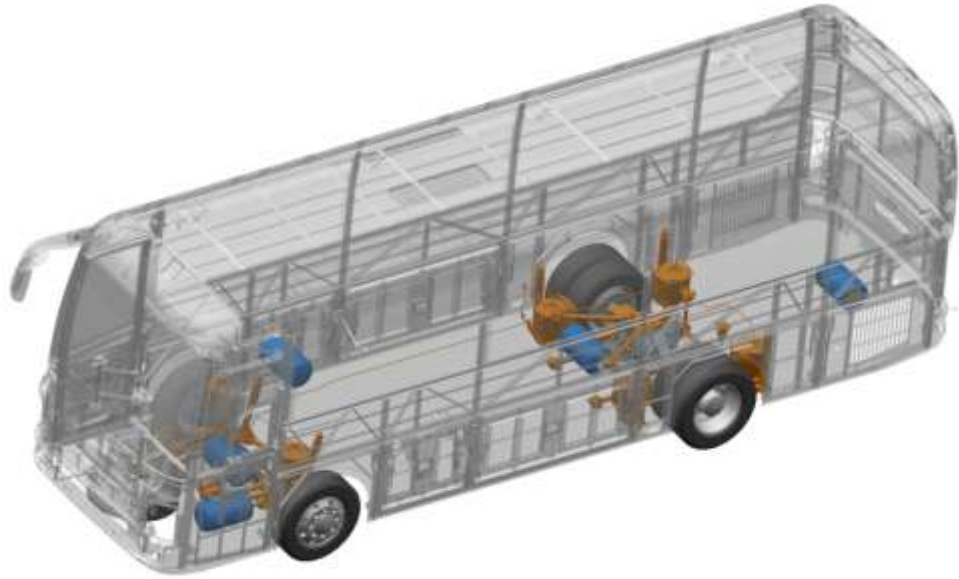
### 3.5.2. Bố trí hệ thống treo

Hệ thống treo của xe bus 29 chỗ được bố trí nhằm đảm bảo phân bổ tải trọng đều giữa các trục và tăng độ êm ái khi vận hành. Cụ thể, hệ thống treo trước và sau đều được bố trí gần các bánh xe, liên kết với khung gầm thông qua các bầu hơi giảm chấn.

Ở phía trước, hệ thống treo đảm nhiệm vai trò hấp thụ chấn động trực tiếp từ mặt đường truyền lên, hỗ trợ điều hướng và duy trì độ ổn định khi đánh lái.

Phía sau, hệ thống treo được thiết kế để chịu tải chính cho toàn bộ khoang hành khách và khoang động cơ, thường được trang bị tổ hợp giảm xóc đôi và thanh liên kết nhằm tăng khả năng đàn hồi và độ ổn định trục xe. Cấu trúc này giúp xe hạn chế dao động dọc và ngang, đồng thời kéo dài tuổi thọ của khung vỏ cũng như tăng sự thoải mái cho hành khách khi di chuyển trên quãng đường dài.

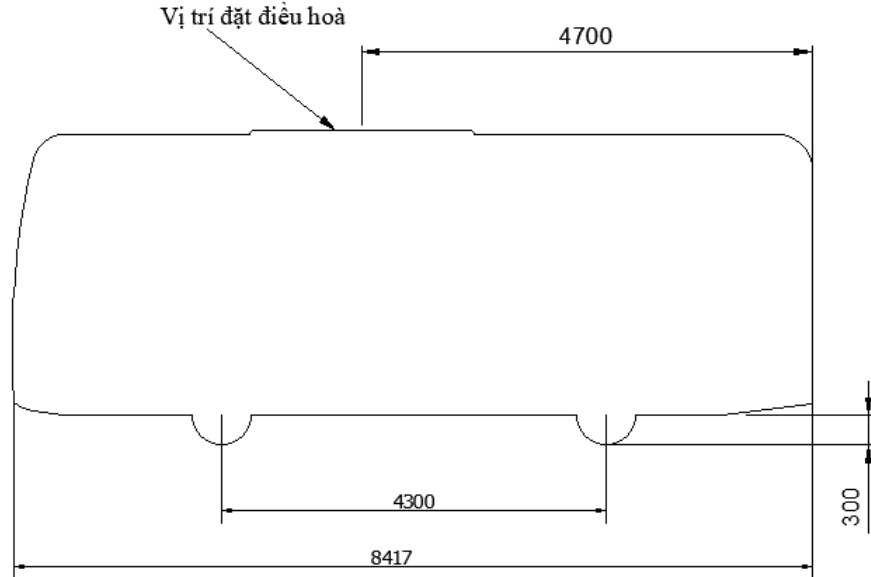
Xe bố trí hệ thống treo phụ treo phụ thuộc với ở trước gồm 02 bầu hơi, giảm chấn thủy, ở sau gồm 04 bầu hơi giảm chấn



Hình 3.7: Bố trí hệ thống treo

### 3.5.3. Bố trí hệ thống điều hoà

Hệ thống điều hoà không khí thường được **lắp đặt trên mái xe**, ngay phía trên khoang hành khách, nhằm tận dụng tối đa không gian bên trong và đảm bảo hiệu quả phân phối luồng không khí lạnh đồng đều khắp xe.



Hình 3.8: Bố trí hệ thống điều hoà trên xe bus

### 3.6. Thiết kế khung vỏ xe bus

Khung vỏ xe bus được thiết kế theo dạng kết cấu không gian dạng khối (space frame structure), bao gồm nhiều thanh thép hộp được hàn với nhau thành các mảng

chính: khung gầm, sàn xe, khung bên trái, khung bên phải, khung đầu, khung sau, khung mái và khung ghế sau.

Việc phân chia thành các mảng giúp dễ dàng thiết kế, kiểm tra độ bền từng phần, thuận lợi trong chế tạo, lắp ráp và kiểm nghiệm bằng phần mềm mô phỏng. Dưới đây là trình tự thiết kế từng mảng khung, kèm lý do lựa chọn vật liệu và kích thước.

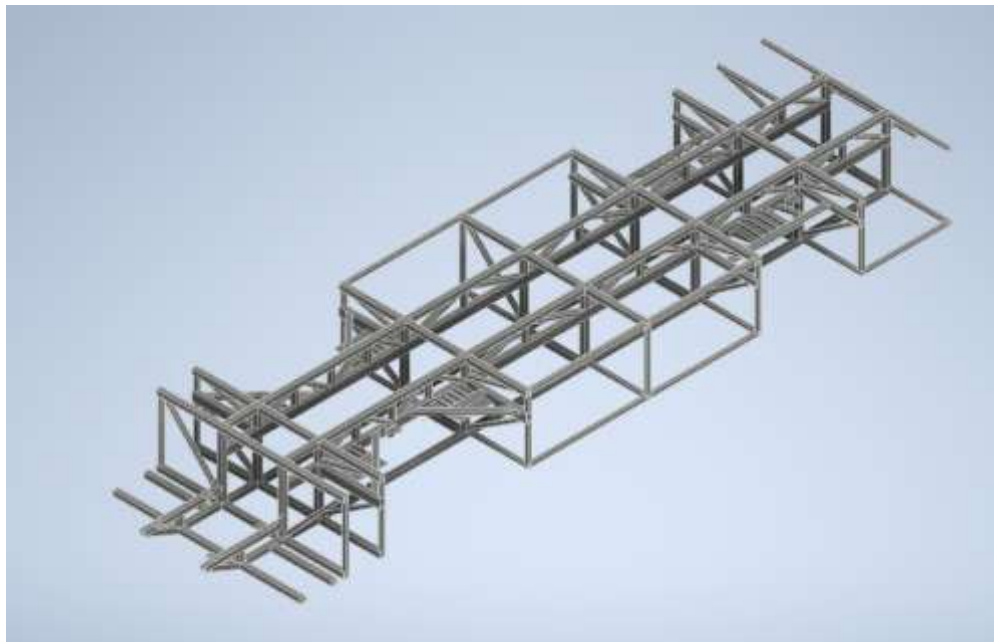
#### ❖ Khung gầm

Vật liệu chế tạo: Khung gầm là phần rất quan trọng, 2 thanh dầm chính có làm từ thép hộp Q345 có kích thước 60x 100 x 4 mm, 40x40x2 mm, 60x60x60 mm

Mô tả: Gồm hai dầm chính chạy dọc theo chiều dài xe, kết nối bởi các thanh ngang tại vị trí đặt động cơ, cầu, thùng nhiên liệu, hộp số. Đây là bộ phận chịu lực chính của toàn bộ xe, truyền tải toàn bộ trọng lượng xuống hệ thống treo.

Lý do chọn thiết kế và vật liệu:

- Yêu cầu chịu uốn và xoắn cao nên cần thép có tiết diện lớn và độ dày lớn (4 mm) để đảm bảo độ bền mỏi và độ cứng vững.
- Là nền tảng lắp đặt toàn bộ thân vỏ và hệ thống cơ khí của xe.



Hình 3.9: Khung gầm xe bus

#### ❖ Sàn xe

Vật liệu chế tạo: Sàn xe được làm từ các thanh thép hộp có kích thước mặt cắt ngang 40mm x 40mm x 1.7mm, cùng với tấm nhôm hợp kim 6061-T1 dày 6 mm

Mô tả:

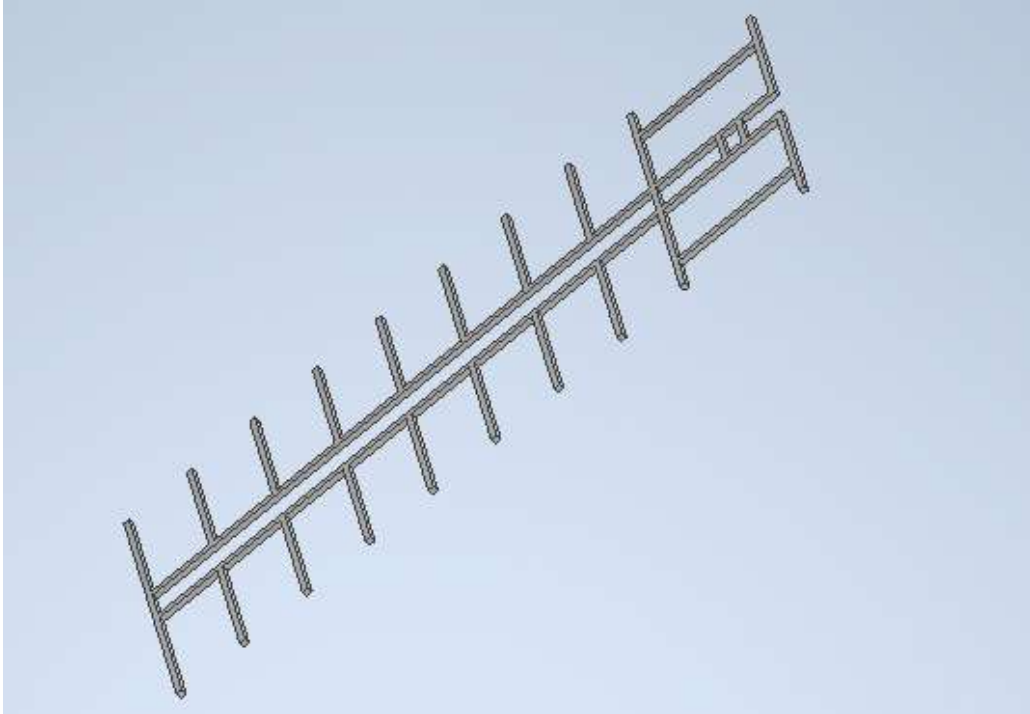
- Sàn xe là bộ khung lưới đan ngang – dọc để tạo mặt bằng bố trí chỗ ngồi.

- Gắn trực tiếp lên khung gầm.

Lý do chọn thiết kế và vật liệu

- Thép 40×40 có đủ độ cứng và nhẹ.

- Tấm nhôm 6061-T1 chống ăn mòn, giảm trọng lượng xe, tăng độ phẳng cho sàn.



Hình 3.10: Sàn xe bus

❖ Khung thân bên trái, phải

Vật liệu

- Trụ đứng:  $40 \times 80 \times 2$  mm

- Dưới cửa sổ:  $40 \times 80 \times 1.9$  mm

Mô tả:

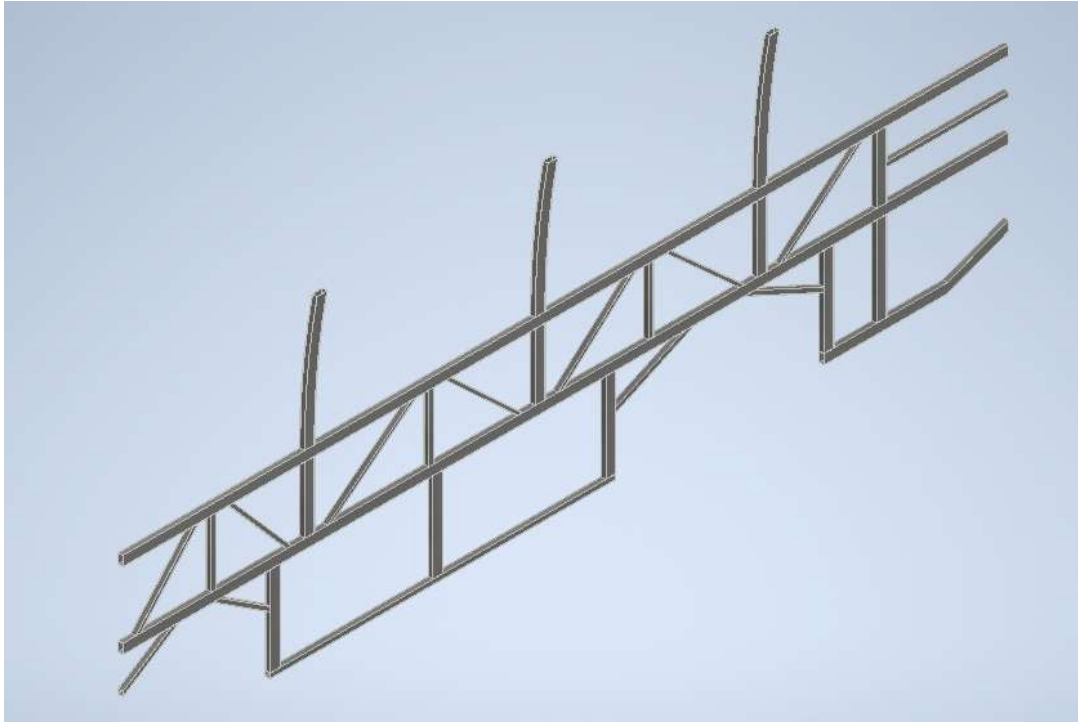
- Hai khung bên định hình thân xe, chia thành nhiều khoang cửa sổ và cửa ra vào

- Có các thanh xiên tăng cứng bên dưới cửa sổ.

Lý do chọn thiết kế và vật liệu:

- Khung bên chịu tác động ngang và tải trọng từ khách.

- Hình học nhiều cửa sổ → cần tiết diện lớn và bố trí thanh xiên để đảm bảo độ bền.



Hình 3.11: Khung thân bên trái, phải

❖ Máng đầu xe

Vật liệu: Thép hộp 40x40x1.7mm

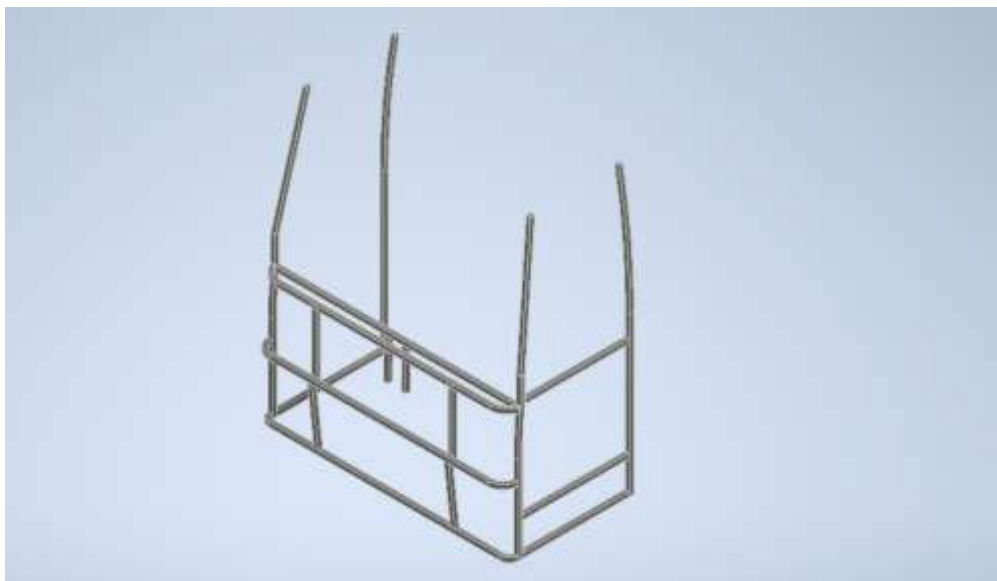
Mô tả:

- Gồm các thanh uốn cong nối từ sàn đến mái để tạo hình mũi xe.
- Có khung kính chắn gió lớn, chịu lực va chạm trước.

Lý do chọn thiết kế và vật liệu:

- Ảnh hưởng đến khí động học, an toàn va chạm và thẩm mỹ.
- Cần tạo cong để giảm lực cản gió, nên chọn tiết diện nhỏ, dễ uốn, nhưng vẫn đảm

bảo cứng vững



Hình 3.12: Đầu xe bus

❖ Khung sau xe

Vật liệu: thép hộp 40x40x1.7

Mô tả:

- Gồm 4 thanh dọc và 2 thanh cong tạo cửa hậu, nơi lắp cốp, đèn hậu.
- Khung kính sau nhỏ hơn kính trước.

Lý do chọn thiết kế và vật liệu:

- Không chịu tải trọng lớn như khung đầu → dùng tiết diện tương đương nhưng nhẹ.
- Cần đảm bảo thẩm mỹ và bố trí dễ dàng cho bảo trì, bảo dưỡng động cơ nếu đặt sau.



Hình 3.13: Đuôi xe

❖ Khung mái

Vật liệu:

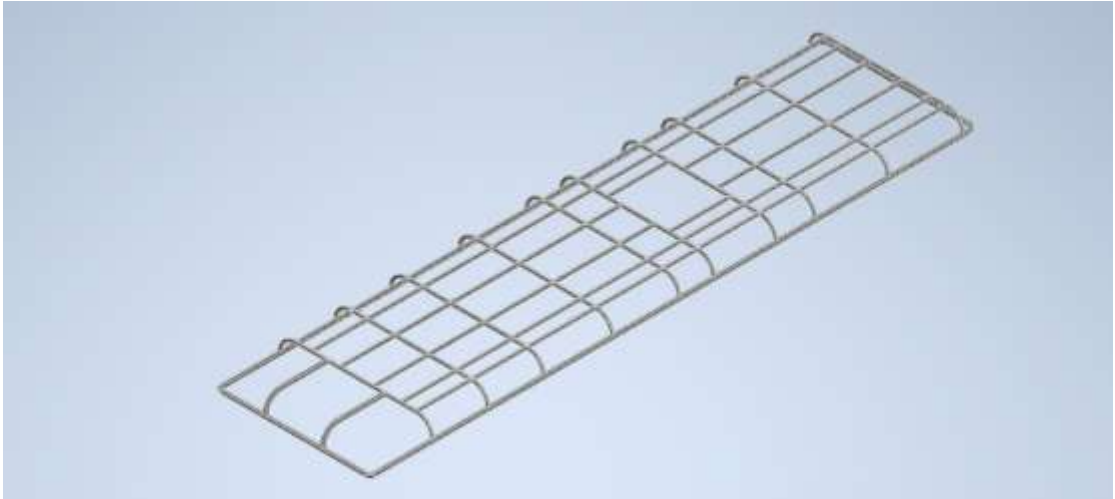
- 40x40x2 mm (xương chính)
- 20x40x2 mm (xương phụ)

Mô tả:

- Nối hai khung bên thành một khối không gian kín.
- Có lỗ chừa để lắp điều hòa, đèn trần, thoát hiểm.

Lý do chọn thiết kế và vật liệu:

- Chịu tác động nhỏ, nhưng yêu cầu độ nhẹ để không nâng trọng tâm xe.
- Cần dễ gia công, thiết kế theo dạng uốn cong mái.



Hình 3.14: Mái xe bus

❖ Khung ghế sau

Vật liệu:

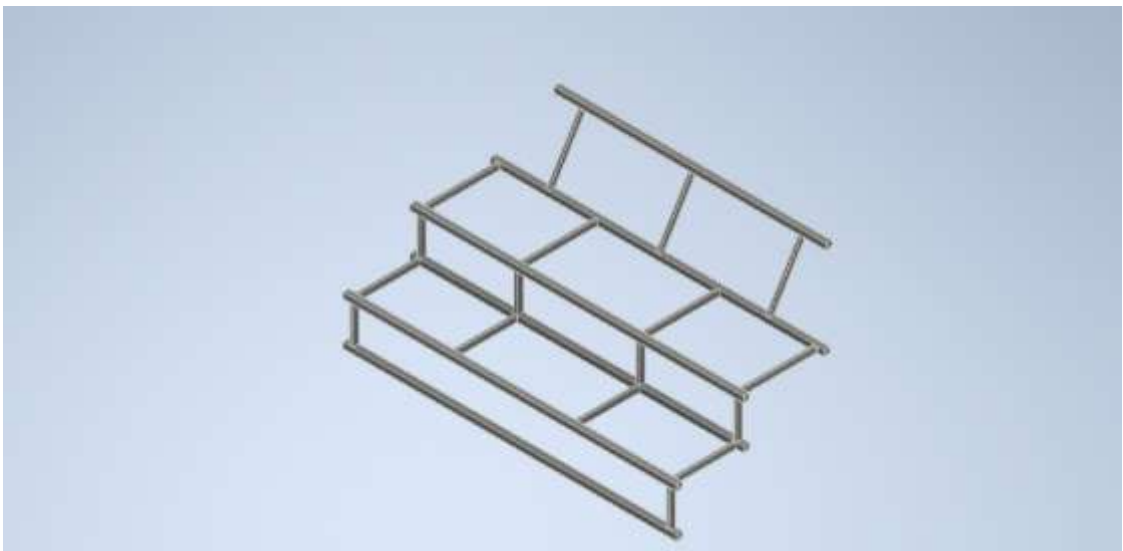
- Thanh ngang: 40x40x2 mm
- Thanh đứng: 20x40x2 mm

Mô tả:

- Khung đơn giản, chịu tải trọng của người ngồi.
- Gắn trên khung sàn, phía cuối xe.

Lý do chọn thiết kế và vật liệu:

- Cấu tạo nhỏ gọn, dễ gia công.
- Nhẹ nhưng chắc chắn, dễ lắp đệm hoặc ốp nhựa.



Hình 3.15: Màng ghế sau

Bảng 3.2: Thông số vật liệu sử dụng để thiết kế nên khung vỏ xe bus

Tên vật liệu	Khối lượng riêng (Kg/m <sup>3</sup> )	Độ cứng vật liệu(Pa)	Tỷ số Poisson	Giới hạn chảy khi kéo (Mpa)	Giới hạn chảy khi nén (Mpa)	Giới hạn chịu kéo cực đại (Mpa)
SS400	7850	$1.9 \cdot 10^{11}$	0.26	245	245	400
Q345B	7850	$2.1 \cdot 10^{11}$	0.3	345	345	470
AL6061-T6	2700	$689 \cdot 10^9$	0.33	276	276	310

### 3.7. Tính trọng lượng và phân bố trọng lượng trên xe bus

#### 3.7.1. Xác định trọng lượng bản thân

Bảng 3.3: Bảng khối lượng chi tiết các hạng mục cấu thành xe bus

STT	Hạng mục	Chi tiết thành phần	Khối lượng (kg)
1	Khung xe	Khung xe thiết kế trên phần mềm	2022.044
2	Hệ thống treo và cầu	Cầu trước	220
		Cầu sau	400
		Hệ thống treo trước	120
		Hệ thống treo sau	250
3	Hệ thống truyền động	Động cơ	460
		Hộp số 6MT	110
		Trục các đăng	40
		Ly hợp, bộ vi sai	80
4	Hệ thống phanh, lái, trục bánh	Hệ thống phanh	150
		Hệ thống lái	90
		Moay-ơ, ổ bi, trục bánh	150
5	Hệ thống điện, điện tử	2 bình ắc quy 12V/120-150Ah	90
		Máy phát, máy khởi động	30
		Dây điện, hộp điều khiển ECU	40
		Hệ thống chiếu sáng, còi, bảng tap-lô	50

6	Thân vỏ và nội thất	Cửa xe	150
		Ghế lái + 28 ghế hành khách	230
		Nền sàn, ốp sàn	300
		Cách âm, cách nhiệt	80
		Kính xe	
		Tay vịn, rèm	50
		Vỏ thân xe	1300
7	Hệ thống điều hòa, giải trí	Dàn lạnh + dàn nóng điều hòa	100
		Máy nén lạnh (gắn động cơ)	40
		TV + loa	10
8	Dầu mỡ và dung dịch kỹ thuật	Dầu máy	10
		Dầu hộp số + cầu	12
		Dầu phanh, nước làm mát	10
		Các chất lỏng khác	30
		Bình nhiên liệu + đầy nhiên liệu	100
9	Trang bị khác	Lốp và mâm (bao gồm bánh dự phòng)	330
		Dụng cụ cứu hộ	10
		Bình chữa cháy	5

Tổng khối lượng không tải của xe:  $G_0 = 7059,044\text{kg} \approx 7060\text{kg}$

### 3.7.2. Xác định trọng lượng toàn bộ [1]

$$G = G_0 + n.A + G_{hl} \quad (\text{kg}) \quad (3.1)$$

Trong đó:

A: Trọng lượng trung bình một hành khách. Chọn  $A = 68\text{Kg}$

$G_{hl}$ : Tải trọng toàn bộ hành lý. Chọn  $G_{hl} = 300\text{Kg}$

n: Số người ( 28 hành khách và một tài xế)

$$G = 7060 + 29.68 + 300 = 9332 \quad (\text{Kg})$$

### 3.7.3. Phân bố tải trọng trên ô tô thiết kế

❖ Phân bố tải trọng lên cầu trước và cầu sau

Hệ số phân bố tải trọng lên cầu trước và cầu sau lần lượt là 0,35 và 0,65

Tải trọng phân bố lên cầu trước và cầu sau khi đầy tải được xác định theo công thức II-26 [2]:

$$Z_1 = 0,35.G = 0,35.9332 = 3266,2(\text{kg}) \quad (3.2)$$

$$Z_2 = 0,65.G = 0,65.9332 = 6065,8(\text{kg}) \quad (3.3)$$

Tải trọng phân bố lên cầu trước và cầu sau khi không tải được xác định theo công thức II-26[2]:

$$Z_{01} = 0,35.G = 0,35.7060 = 2471(\text{kg}) \quad (3.4)$$

$$Z_{02} = 0,65.G = 0,65.7060 = 4589(\text{kg}) \quad (3.5)$$

❖ Xác định tọa độ trọng tâm theo chiều dọc

Gọi a là khoảng cách từ trọng tâm đến cầu trước

b là khoảng cách từ trọng tâm đến cầu sau

Ta có phương trình cân bằng mômen đối với cầu trước khi đầy tải:

$$Z_2.L = G_a.a \quad (3.6)$$

Trong đó:  $L = 4,3\text{m}$ : chiều dài cơ sở của xe

$$a = \frac{Z_2.L}{G_a} = \frac{6065,8.4,3}{9332} = 2,795 \quad (\text{m})$$

$$b = L - a = 4,3 - 2,795 = 1,505 \quad (\text{m})$$

Tương tự đối với khi không tải

$$a = \frac{Z_{02} \cdot L}{G} = \frac{4589.4,3}{7060} = 2,75 \quad (\text{m})$$

$$b = L - a = 4,3 - 2,75 = 1,55 \quad (\text{m})$$

❖ Xác định tọa độ trọng tâm theo chiều cao

Chiều cao trọng tâm ô tô được xác định trên cơ sở cân bằng chiều cao khối tâm các thành phần trọng lượng.

Ta có: 
$$h_{og} = \frac{\sum G_i \cdot h_{gi}}{G} \quad (3.7)$$

Trong đó:  $h_g$ : Tọa độ trọng tâm ô tô khách theo chiều cao

$G_i$ : Trọng lượng các thành phần của ô tô

$h_{gi}$ : Tọa độ trọng tâm của các  $G_i$  theo chiều cao

Để thuận tiện cho quá trình tính toán, ta lập bảng giá trị giá trị trọng lượng và tọa độ trọng tâm theo chiều cao của các thành phần.

Bảng 3.4: Giá trị giá trị trọng lượng và tọa độ trọng tâm theo chiều cao của các thành phần.

Hạng mục	Khối lượng (kg) $G_i$	Chiều cao trọng tâm ước lượng (mm) $h_{gi}$	$G_i \cdot h_{gi}$
Khung xe	2022	600	1213.2
Cầu trước	220	450	99
Cầu sau	400	450	180
Hệ treo trước	120	500	60
Hệ treo sau	250	500	125
Động cơ	460	650	299
Hộp số 6MT	110	600	66
Trục các đăng	40	500	20

Ly hợp, bộ vi sai	80	500	40
Phanh	150	550	82.5
Hệ thống lái	90	700	63
Moay ơ, ổ bi, trục bánh	150	400	60
Ắc quy	90	500	45
Máy phát, khởi động	30	600	18
Dây điện, ECU	40	1000	40
Chiếu sáng, taplo	50	1100	55
Cửa xe	150	1100	165
Ghế lái + hành khách	230	800	184
Nền sàn, ốp sàn	300	600	180
Cách âm, cách nhiệt	80	1600	128
Tay vịn, rèm	50	1600	80
Vỏ thân xe	1300	1400	1820
Dàn lạnh + nóng ĐH	100	2500	250
Máy nén lạnh	40	650	26
TV + loa	10	1800	18
Dầu máy	10	500	5

Dầu hộp số + cầu	12	500	6
Dầuphanh, nước làm mát	10	800	8
Các chất lỏng khác	30	800	24
Bình nhiên liệu + nhiên liệu	100	500	50
Lốp và mâm	330	400	132
Dụng cụ cứu hộ	10	600	6
Bình chữa cháy	5	600	3
Bình nhiên liệu + nhiên liệu	100	500	50

Toạ độ trọng tâm theo chiều cao khi không tải:

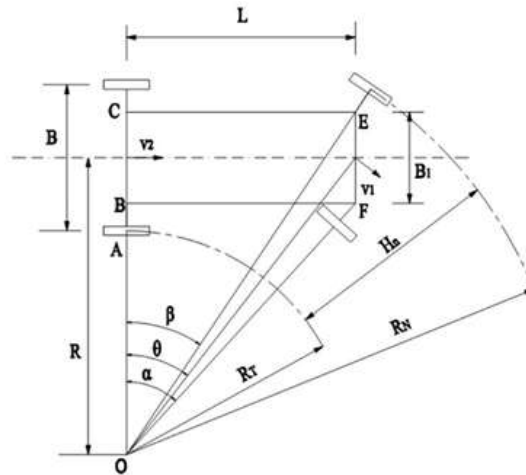
$$h_{og} = \frac{\sum G_i \cdot h_{gi}}{G} = \frac{5600,7}{7060} = 0,793 \text{ (m)}$$

Khi xe bus đầy tải sẽ có trọng lượng người và hành lý tương ứng với tạo độ trọng tâm lần lượt là: 1050mm và 500mm

Toạ độ trọng tâm xe bus khi đầy tải:

$$h_g = \frac{\sum G_i \cdot h_{gi} + m_{hk} \cdot 1050 \cdot 10^{-3} + m_{hl} \cdot 500 \cdot 10^{-3}}{G_a} = 0,838 \text{ (m)}$$

### 3.8. Xác định bán kính quay vòng của xe bus



Hình 3.16: Bán kính quay vòng của xe

- Bán kính quay vòng nhỏ nhất tính đến tâm trục dọc của xe:

$$R = OB + \frac{B_1}{2} = \frac{L}{\tan \alpha} + \frac{B_1}{2} \quad (3.8)$$

Trong đó:

$L = 4,3\text{m}$  : Chiều dài cơ sở của xe

$B_1 = 1,738\text{ m}$  : Khoảng cách giữa hai bánh xe sau

$\alpha = 35^\circ$  : Góc quay vòng của

$$\Rightarrow R = 7\text{m}$$

- Bán kính vòng quay giới hạn phía trong của xe

$$R_T = OB - AB = OB - \frac{B - B_1}{2} \quad (3.9)$$

Với  $B = 2,25\text{m}$ : chiều rộng toàn bộ xe

$$\Rightarrow R_T = 5,88\text{m}$$

- Bán kính quay vòng giới hạn phía ngoài của xe

$$R_N = OE + AB$$

$$OE = \sqrt{L^2 + OC^2} = \sqrt{L^2 + (OB + B_1)^2} = 8.97\text{m} \quad (3.10)$$

$$\Rightarrow R_N = 9,23\text{m}$$

- Hành lang quay vòng của ô tô:

$$H_N = R_N - R_T = 3.09\text{m} \quad (3.11)$$

- Điều kiện để xe quay vòng không trượt

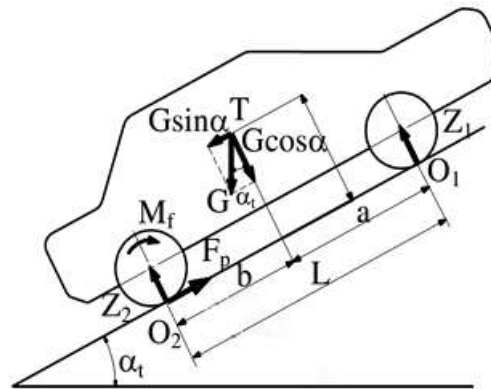
$$\cot \alpha \beta - \cot \alpha \alpha = \frac{B_1}{L} \quad (3.12)$$

=> Góc quay vòng không trượt:  $\beta = 28,6^\circ$

### 3.9. Tính ổn định dọc của xe

#### 3.9.1. Tính ổn định dọc của ô tô

##### 4.3.1.1. Khi xe lên dốc



Hình 3.17: Sơ đồ lực và momen tác dụng lên xe khi lên dốc

Khi ô tô lên dốc chuyển động ổn định với tốc độ thấp do vậy các lực cản gió, lực quán tính có thể bỏ qua và ảnh hưởng của lực cản lăn coi như không đáng kể.

Với sơ đồ tính toán như hình 4-2, ta xác định được góc dốc giới hạn mà xe bị lật khi xe chuyển động lên dốc là:

$$G.b.\cos \alpha_1 - G.h_g.\sin \alpha_1 = 0 \quad (3.13)$$

$$\Rightarrow \tan \alpha_1 = \frac{b}{h_g} \quad (3.14)$$

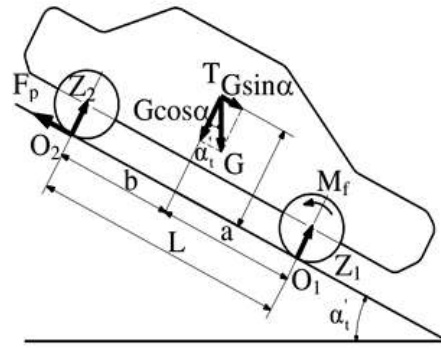
$$\text{Không tải: } \tan \alpha_1 = \frac{b}{h_g} = \frac{1,55}{0,793} = 1,95$$

$$\Rightarrow \alpha_1 = 62,8^\circ$$

$$\text{Đầy tải: } \tan \alpha_1 = \frac{b_o}{h_{og}} = \frac{1,505}{0,838} = 1,79$$

$$\Rightarrow \alpha_{o1} = 60,8^\circ$$

##### 4.3.1.2. Khi xe xuống dốc



Hình 3.18: Sơ đồ lực và momen tác dụng lên xe khi lên dốc

Góc dốc giới hạn mà xe bị lật khi xuống dốc

$$G.a.\cos\alpha'_1 - G.h_g.\sin\alpha'_1 = 0 \quad (3.15)$$

$$\tan\alpha'_1 = \frac{a}{h_g} \quad (3.16)$$

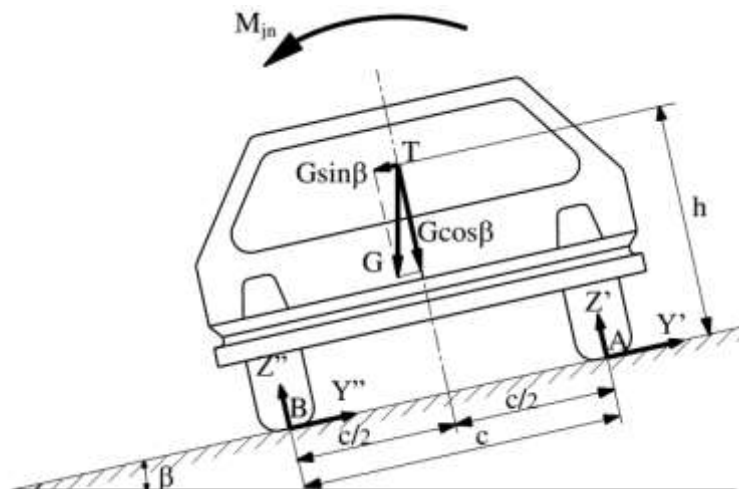
Không tải:  $\tan\alpha'_1 = \frac{a_o}{h_{og}} = \frac{2,75}{0,793} = 3,46$

$$\Rightarrow \alpha'_1 = 73,8^\circ$$

Khi đầy tải:  $\tan\alpha'_1 = \frac{a}{h_g} = \frac{2,795}{0,838} = 3,33$

$$\Rightarrow \alpha'_1 = 73,28^\circ$$

### 3.9.2. Tính ổn định ngang của xe



Hình 3.19: Sơ đồ tính toán ổn định ngang của xe bus

#### 4.3.2.1. Tính ổn định ngang khi xe chuyển động trên đường nghiêng

Giả thiết trị số mômen của các lực quán tính tiếp tuyến  $M_{jn}$  tác dụng trong mặt phẳng ngang khi xe chuyển động không ổn định là nhỏ, có thể bỏ qua  $M_{jn} \approx 0$ , ta có:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{C}{2h_g} \quad (3.17)$$

Trong đó

$\beta$ : góc giới hạn mà xe bị lật đổ

C: khoảng cách giữa hai vệt bánh xe sau,  $C = 1740$  (mm)

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{1740}{2 \times 838} = 1,038 \Rightarrow \beta = 46,06^\circ$$

#### 4.3.2.2. Tính ổn định ngang khi xe chuyển động quay vòng trên đường nghiêng ngang

Giả thiết mặt đường bằng phẳng và ngang. Khi ô tô quay vòng trên mặt đường nghiêng ngang (hình 4-4) thì tốc độ giới hạn nguy hiểm của ô tô là:

$$V_n = \sqrt{g \cdot R \cdot \operatorname{tg}\beta_{\max}} \quad (3.18)$$

Trong đó

$V_n$ : Vận tốc giới hạn nguy hiểm khi ô tô bị lật;

$R_{\min}$ : Bán kính quay vòng bé nhất của ô tô,  $R_{\min} = R_T = 5,88$  [m];

$g$ : Gia tốc trọng trường,  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>.

$$\Rightarrow V_n = 7,73 \text{ [m/s]} \approx 27,828 \text{ [km/h]}$$

Điều kiện để ô tô bị trượt trước khi bị lật đổ là:

$$V_\varphi < V_n \quad (3.19)$$

$V_\varphi$  - Vận tốc giới hạn khi ô tô bị trượt ngang.

$$V_\varphi = \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi_y} \quad (3.20)$$

$\varphi_y$  - Hệ số bám ngang của đường và bánh xe.

Kết hợp (4.18), (4.19) và (4.20) ta có điều kiện:

$$\varphi_y < \frac{C}{2.h_g} = 1,038$$

### 3.10. Tổng kết

Chương 3 đã trình bày toàn diện quá trình tính toán và thiết kế kết cấu khung vỏ xe bus 29 chỗ, bao gồm việc xác định kích thước tổng thể, bố trí không gian bên trong, các hệ thống chính và cấu tạo khung chịu lực. Dựa trên mẫu xe tham khảo, các thông số được điều chỉnh hợp lý nhằm đáp ứng yêu cầu sử dụng thực tế, đảm bảo khả năng vận hành, tính công năng và phù hợp với quy chuẩn hiện hành.

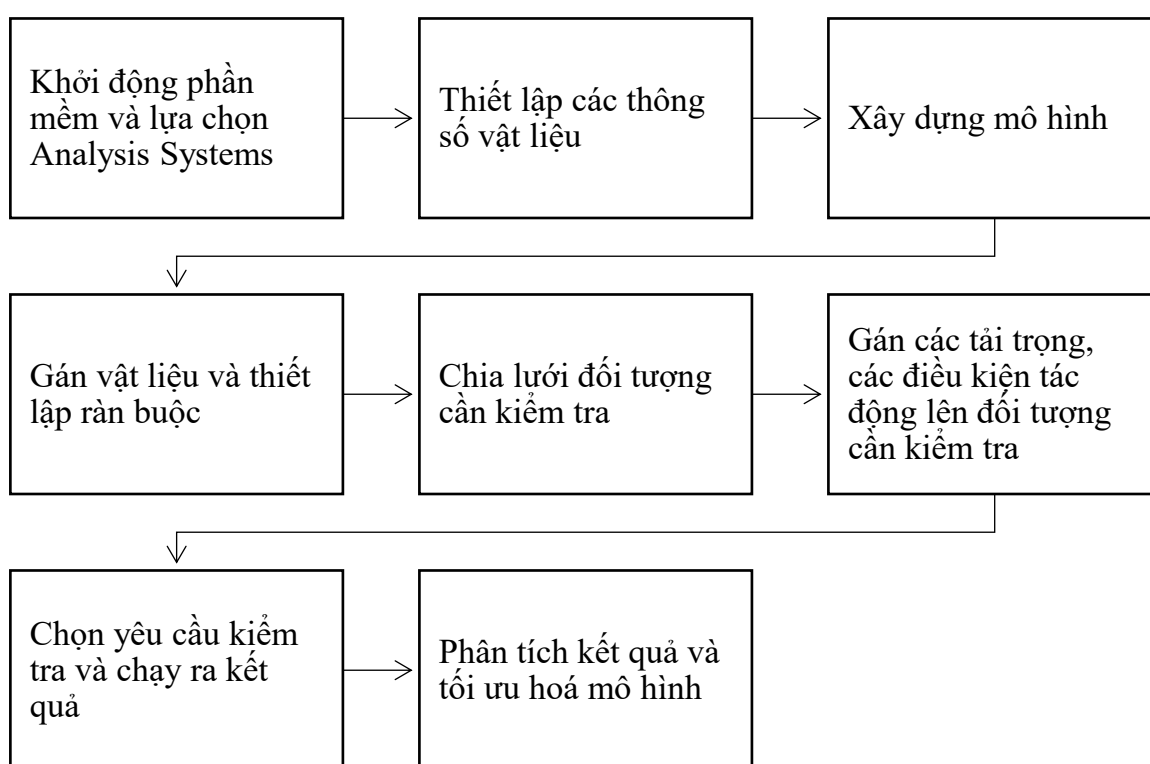
Phần thiết kế khung vỏ được xây dựng theo mô hình kết cấu không gian, sử dụng các loại thép hộp có tiết diện và độ dày phù hợp với từng vị trí làm việc, đảm bảo nguyên tắc phân tải, chịu uốn – xoắn hợp lý. Các hệ thống như truyền lực, treo, điều hòa... cũng được bố trí sao cho tối ưu không gian và thuận tiện cho vận hành và bảo trì. Từ việc tính toán phân bố tải trọng, tọa độ trọng tâm và bán kính quay vòng, mô hình xe bước đầu đáp ứng yêu cầu về tính ổn định, linh hoạt khi khai thác thực tế.

Kết quả thiết kế trong chương này là cơ sở quan trọng để xây dựng mô hình số 3D và tiến hành mô phỏng kiểm nghiệm độ bền, biến dạng và ứng suất của kết cấu khung vỏ bằng phần mềm ANSYS ở chương tiếp theo. Đây là bước liên kết chặt chẽ giữa thiết kế lý thuyết và kiểm chứng bằng mô phỏng số, từ đó từng bước hoàn thiện và tối ưu hóa kết cấu xe bus trong toàn bộ quá trình nghiên cứu.

## CHƯƠNG 4: PHÂN TÍCH ĐỘ BỀN KẾT CẤU VÀ ĐẶC TÍNH KHÍ ĐỘNG HỌC BẰNG ANSYS

Ở đây ta thiết kế bộ khung là loại khung gầm khung không gian và các mảng khung sẽ được gắn liền với nhau thành một khối hoàn chỉnh không tách rời nên ta sẽ dùng phần mềm ansys để kiểm nghiệm bền cho khung vỏ xe bus đã thiết kế.

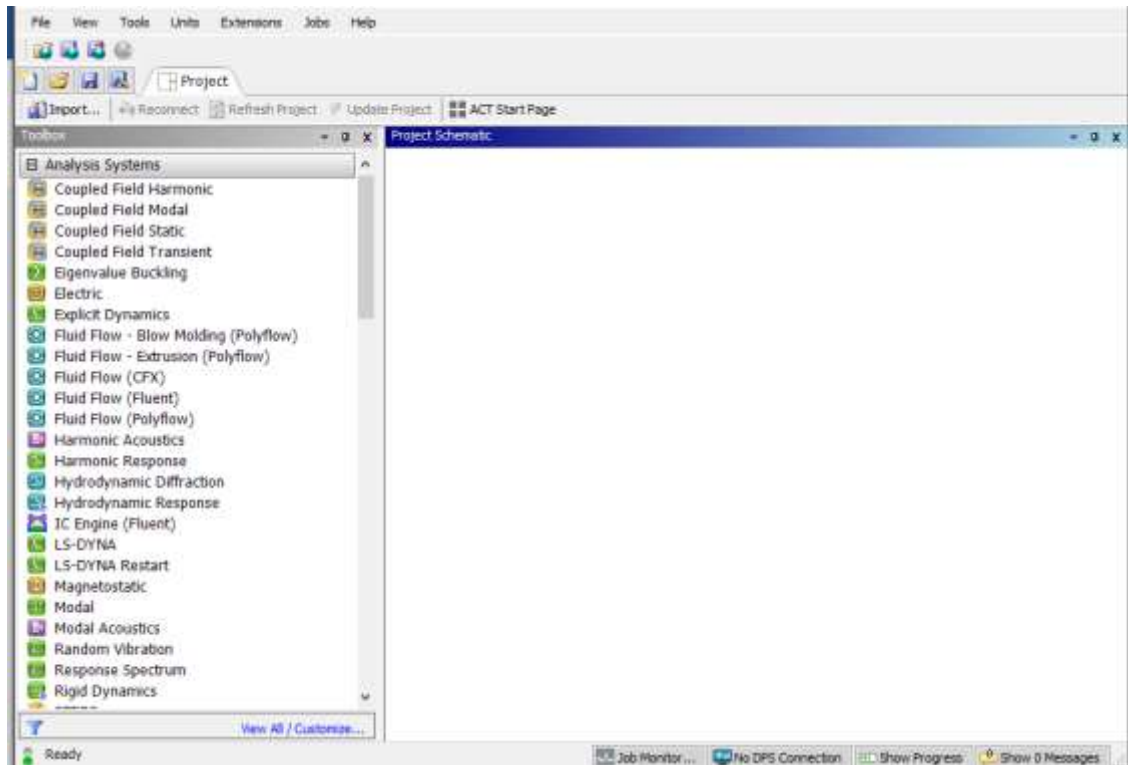
### 4.1. Các bước giải bài toán kiểm nghiệm bền trong ansys



Hình 4.1: Các bước giải bài toán trong Ansys

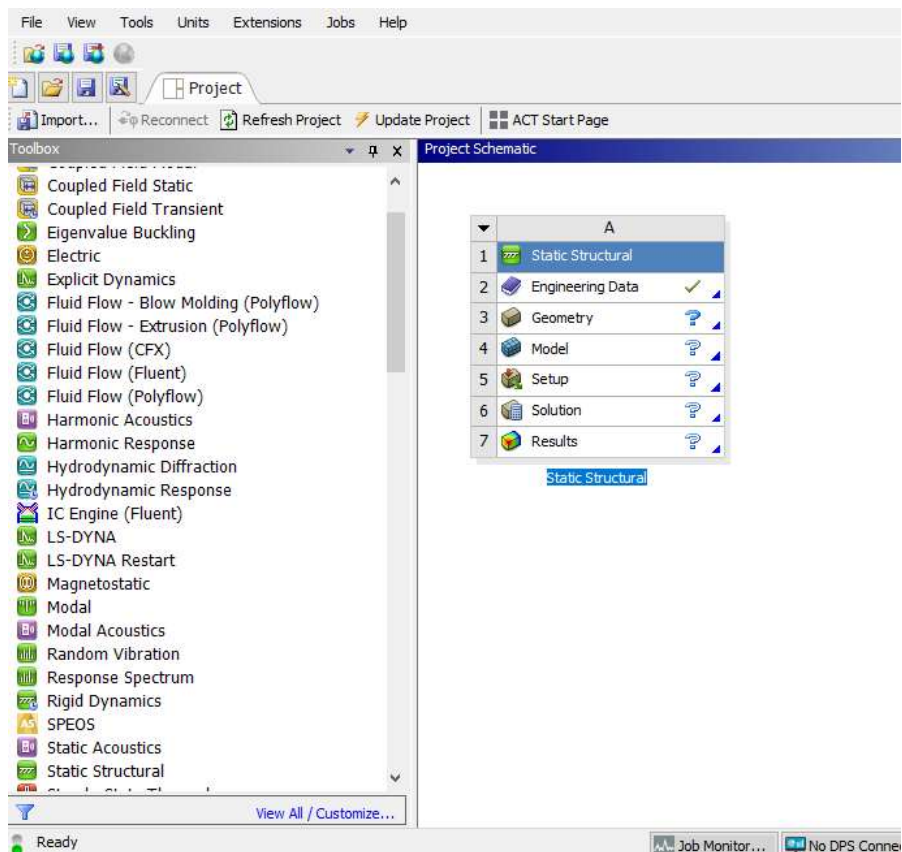
#### 4.1.1. Khởi động phần mềm và lựa chọn Analysis Systems

- Trong Toolbox của ANSYS Workbench có nhiều Analysis Systems để sử dụng tính giải bài toán mô phỏng. Mỗi loại đều có đặc tính riêng phù hợp cho từng trường hợp, loại bài toán khác nhau. Ta đang thực hiện giải bài toán kiểm nghiệm bền cho khung xe bus đã thiết kế nên sẽ sử dụng Static Structural. Đây là phương pháp phù hợp nhất đối với việc tính toán về ứng suất, biến dạng của đối tượng dưới tác động của các tải trọng.



Hình 4.2: Khởi động phần mềm Ansys

- Kéo thả Static Structural vào Project Schematic hoặc nhấp đúp chuột vào Static Structural.



Hình 4.3: Mở Static Structural

#### 4.1.2. Thiết lập các thông số vật liệu

- Trong thư viện Ansys Workbench có hỗ trợ các loại vật liệu khá đa dạng và phổ biến như các loại: Thép, sắt, đồng, nhôm, nhựa tổng hợp, bê tông,... và các thông số được thiết lập cho các vật liệu này đều rất cụ thể. Ngoài ra chúng ta có thể tự định nghĩa vật liệu cho mô hình nếu thư viện không có hoặc không đáp ứng tiêu chuẩn.

- Vào mục Engineering Data.
- Thêm các vật liệu.

The image shows two screenshots from the Ansys Workbench Engineering Data interface. The top screenshot is titled 'Outline of Schematic A2: Engineering Data' and displays a table with columns A, B, C, D, and E. Row 1 is 'Contents of Engineering Data' with sub-columns 'Source' and 'Description'. Row 2 is 'Material'. Rows 3-5 list materials: AL6061-T6, Q345, and SS400, each with a source path. Row 6 is 'Structural Steel' with source 'General\_Materials.xml' and a description about fatigue data. A link to add a new material is at the bottom.

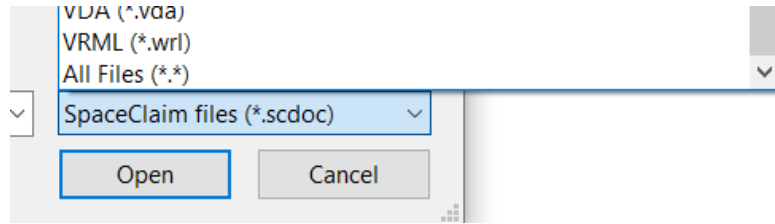
The bottom screenshot is titled 'Properties of Outline Row 4: Q345' and shows a table with columns A, B, C, D, and E. Row 1 is 'Property' with sub-columns 'Value' and 'Unit'. Rows 2-13 list various material properties for Q345, such as Density (7850 kg m^-3), Young's Modulus (2E+11 Pa), Poisson's Ratio (0.3), and various yield and ultimate strengths.

Hình 4.4: Bảng cài đặt các thông số vật liệu

- Ta nhập các thông số vật liệu của bảng 3.2 vào.

#### 4.1.3. Xây dựng mô hình

- Ta thiết kế mô hình trên phần mềm Inventor, lưu file dưới dạng đuôi .igs hoặc .stp.
- Nhấn vào geometry, ta chọn file-> open -> chọn mô hình 3d đã lưu.



Hình 4.5: Chỉnh chế độ xem để có thể hiển thị file đã lưu

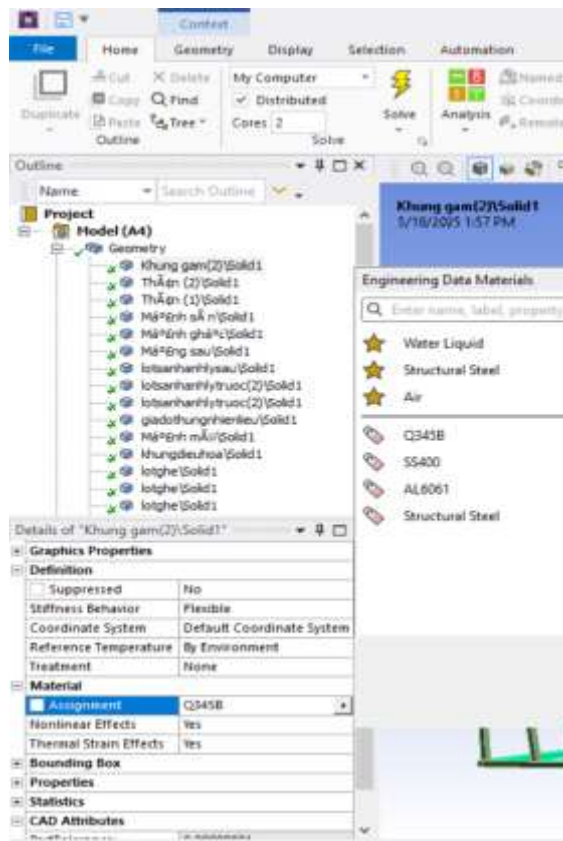
- Tại Repair, sử dụng các công cụ để kiểm tra xem mô hình có lỗi gì không và chỉnh sửa.



Hình 4.6: Các công cụ kiểm tra lỗi

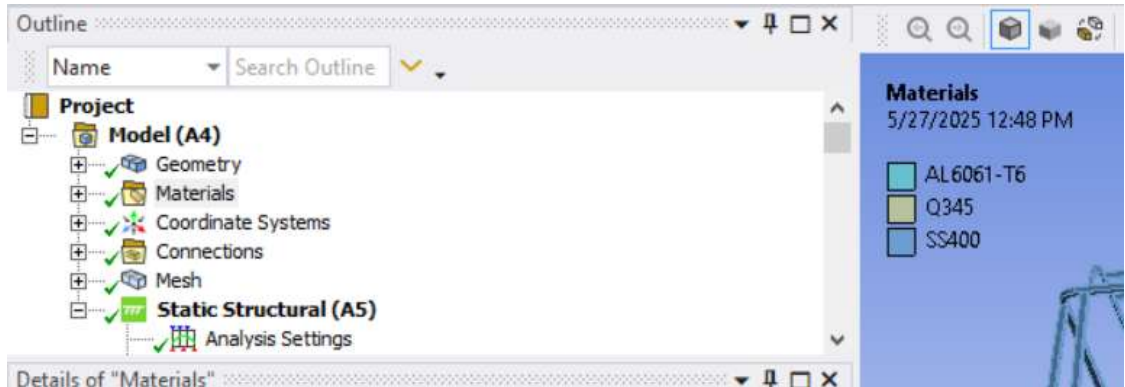
#### 4.1.4. Gán vật liệu và thiết lập ràng buộc

- Mở giao diện Mechanical bằng cách nhấp đúp vào Model.
- Tiến hành cài đặt lại vật liệu của các bộ phận trong mô hình theo các bước Geometry -> Material -> Gán vật liệu cho từng phần của khung xe.



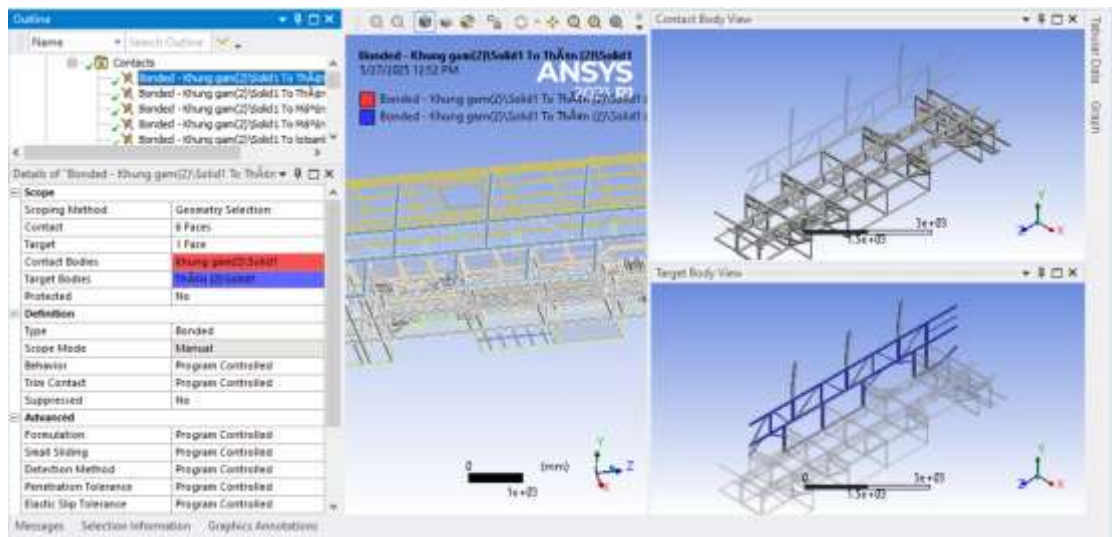
Hình 4.7: Cài đặt vật liệu

- Tại nhánh Materials, ta chọn thẻ geometry để kiểm tra xem đã đặt lại vật liệu hết chưa. Còn bộ phận nào để nguyên liệu thép mặc định của ansys hay không.



Hình 4.8: Kiểm tra lại việc điều chỉnh vật liệu của mô hình

- Tại khung Outline, ta lần lượt mở rộng nhanh Connections-> Contacts. Tại đây ta sẽ cài đặt các điều kiện ràng buộc giữa các khối body.
- Khi Import mô hình 3d vào ansys thì phần mềm đã tự động thiết lập các mối ràng buộc này nhưng nó chưa chính xác nên ta phải kiểm tra và cài đặt lại.
- Kiểm tra lại các ô là Contact, Target xem các bộ phận gắn kết với nhau của các body đã đúng chưa và thay đổi lại cho đúng. Kiểm tra luôn lại loại ràng buộc ở Type, ở đây ta đều cài đặt loại ràng buộc là Bonded.



Hình 4.9: Giao diện làm việc để thiết lập lại các ràng buộc giữa các body

#### 4.1.5. Chia lưới

- Chia lưới là bước có tính quyết định trong quá trình tính toán. Độ chính xác của việc tính toán sẽ càng chuẩn xác khi lưới càng mịn, mô phỏng kết quả càng gần kết quả thực tế, đặc biệt là tại các vùng biến dạng, ứng suất lớn.

- Lưới càng mịn thì số phần tử càng nhiều dẫn đến thời gian tính lâu hơn, yêu cầu về tài nguyên máy tính càng lớn. Vì vậy phải chia lưới hợp lý để cân bằng giữ độ chính xác và khả năng của máy tính.

- Việc chia lưới không hợp lý có thể gây sai số lớn, hội tụ kém, hoặc mô phỏng bị lỗi. Chia lưới kích thước phần tử quá nhỏ thì có thể cho ra kết quả số lượng phần tử và nút quá nhiều. Khi tính toán nếu máy tính không đáp ứng được thì phần mềm sẽ báo lỗi và dừng việc tính toán lại.

- Quá trình tạo lưới tự động trong Ansys Workbench sinh ra lưới dựa trên kích thước phần tử chung, mức sai lệch và đặc điểm kiểm soát lưới. Việc kiểm soát lưới cho phép xác định cỡ các phần tử cho các chi tiết, các bề mặt, cạnh và đỉnh.

- Đối với bài toán biến dạng lớn như kiểm nghiệm bền cho khung xe bus thì lưới yêu cầu phải mịn hơn ở những vùng quan trọng. Ta có thể chủ động kiểm soát cách chia lưới bằng cách thêm các lệnh Sizing và thiết lập cụ thể.

- Mở Model trong Static Structural.

- Tại phần Mesh:

+ Nháy chuột phải vào Mesh (ở khung Outline)->insert->Sizing.

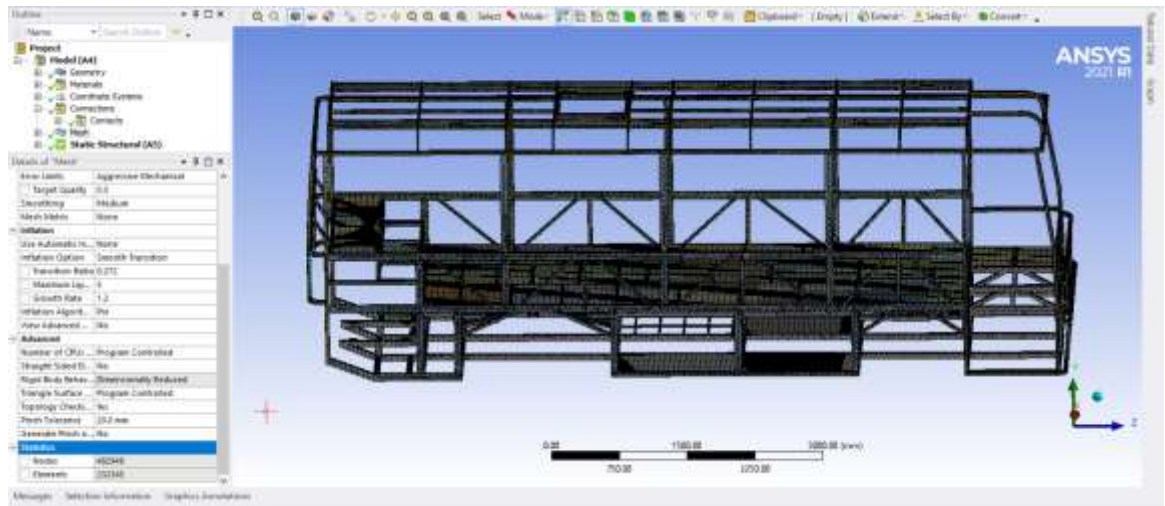
+ Tại geometry ta tiến hành chọn body rồi apply, nhấn giữ phím Ctrl để chọn nhiều body 1 lúc.

+ Tại Element size ta cài đặt kích thước lưới. Chọn Body sizing trên khung outline rồi F2 hoặc nháy chuột phải chọn rename để đổi tên cho dễ phân biệt.

+ Tại phần thiết lập mesh chung, ta chỉnh Target quality từ 0.01 (mặc định ban đầu của ansys) lên 0.3 để nâng mức chất lượng phần tử được chia ra có chất lượng trung bình, đủ tốt để tính toán. Ở đây mức cao nhất là 1 các phần tử hình học lý tưởng như tam giác đều, tứ diện đều,... nhưng như vậy sẽ gây khó khăn cho việc tính toán mesh. Còn 0 là chất lượng kém nhất, phần tử sẽ bị bóp méo nặng. Ta thiết lập 0.3 là đủ đáp ứng rồi.

+ Tại phần mesh chung, ta thiết lập yêu cầu về chất lượng của lưới. Thiết lập Smoothing là Medium hoặc High.

+ Nếu cần độ chính xác cao hơn của kết quả tính toán thì có thể tạo thêm các sizing tại các bề mặt, vị trí vùng liên kết, vị trí chịu tải.



Hình 4.10: Kết quả chia lưới

- Việc thiết lập thủ công các lệnh Sizing đã giúp ta có được kết quả chia lưới tốt đẹp, với độ mịn của lưới tại bộ phận khung gầm sẽ mịn hơn các bộ phận khác. Số lượng lưới cũng nằm ở mức vừa đủ nằm trong khả năng đáp ứng của máy tính.

**4.1.6. Gán các tải trọng, các điều kiện tác động ( Thiết lập điều kiện biên)**

- Trong Setup:

+ Gán lực: tải trọng mô phỏng hành khách ngồi, ghế, tài xế, động cơ, hộp số,...

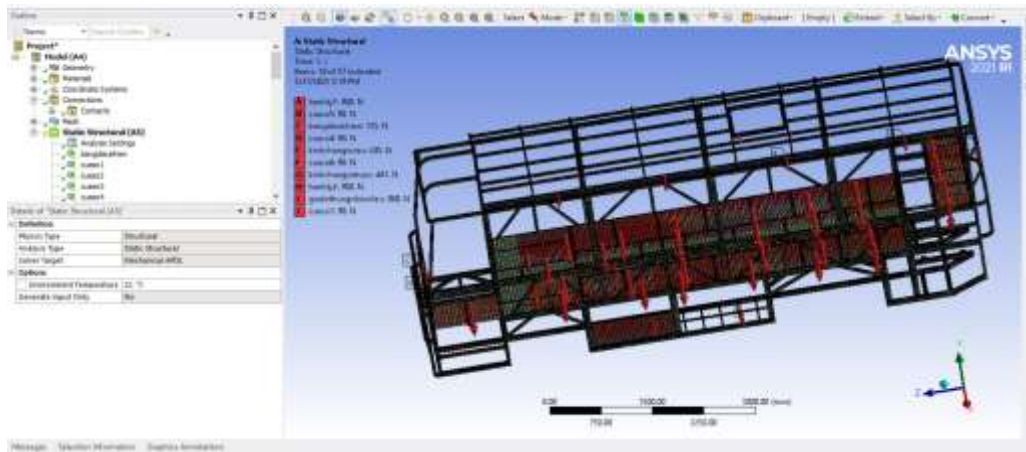
+ Gán liên kết: Các chỗ gắn kết với bộ đỡ hệ thống treo hoặc lớp xe được dùng lệnh Fixed Support để cố định.

+ Các điều kiện khác như Standard Earth Gravity (trọng lực), Acceleration (gia tốc), Remote Force (cố định có thể tự thiết lập).

Bảng 4.1: Bảng các thông số tải trọng

Các tải trọng tác dụng	Giá trị (N)
Động cơ	4508
Ly hợp	294
Hộp số	1078
Ghế lái	294
Ghế ngồi	196
Hệ thống điều hoà	833
Bình nhiên liệu khi chứa nhiên liệu	980

Kính chắn gió trước	441
Kính chắn gió sau	245
Kính cửa sổ	98
Hành khách	666.4
Hành lý	2940
Tải trọng lên 1 bầu hơi trước	16004.38
Tải trọng lên 1 bầu hơi sau	14861.21
Hệ thống lái	294
Cụm bơm dẫn động bằng động cơ	294
Hệ thống làm mát	196
Cửa lên xuống	400
Thiết bị chữa cháy	147
Hệ thống đèn chiếu sáng chạy dọc thân xe	250
Cụm đèn chiếu sáng đặt ở đầu xe	343
Bình ắc quy (24V/150Ah)	441



Hình 4.11: Thiết lập điều kiện biên.

#### 4.1.7. Chọn yêu cầu kiểm tra và chạy ra kết quả

- Vào Solution chọn các đại lượng cần giải như Total Deformation (biến dạng tổng), Equivalent Stress(von-Mises). Thực hiện bằng các bước sau:

- + Di chuyển chuột tới khung Outline.
- + Chuột phải vào cột Solution -> Chọn Insert -> Chọn Deformation -> Chọn Total.
- + Chuột phải vào cột Solution -> Chọn Insert -> Chọn Stress -> Chọn Equivalent ( von-Mises ).
- Nhấn Solve để tiến hành tính toán.



Hình 4.12: Ansys tiến hành giải bài toán

#### 4.1.8. Phân tích kết quả và tối ưu hoá mô hình

Phân tích kết quả thu được:

- Tại kết quả Equivalent ( von-Mises ) Stress so sánh xem ứng suất lớn nhất với giới hạn chịu lực của vật liệu:

+ Nếu ứng suất lớn nhất lớn hơn giới hạn chảy của vật liệu chế tạo bộ phận tại đó =>Kết cấu sẽ hỏng. Nên tiến hành gia cố.

+ Nếu ứng suất lớn nhất nhỏ hơn giới hạn chảy của vật liệu chế tạo bộ phận tại đó =>Kết cấu an toàn.

- Tại kết quả Total Deformation, kiểm tra độ biến dạng lớn nhất để xác định xem có ảnh hưởng đến kết cấu, việc lắp ráp các chi tiết khác lên xe hay không.

- Phân tích hệ số an toàn: Xác định xem kết cấu được thiết kế có quá thừa bền (gây nặng) hay qua yếu (cần gia cố). Có thể tối ưu về khối lượng nhưng vẫn phải đảm bảo đủ độ an toàn.

- Xác định vị trí nguy hiểm nhất (vùng có ứng suất tập trung cao nhất hay biến dạng lớn nhất).

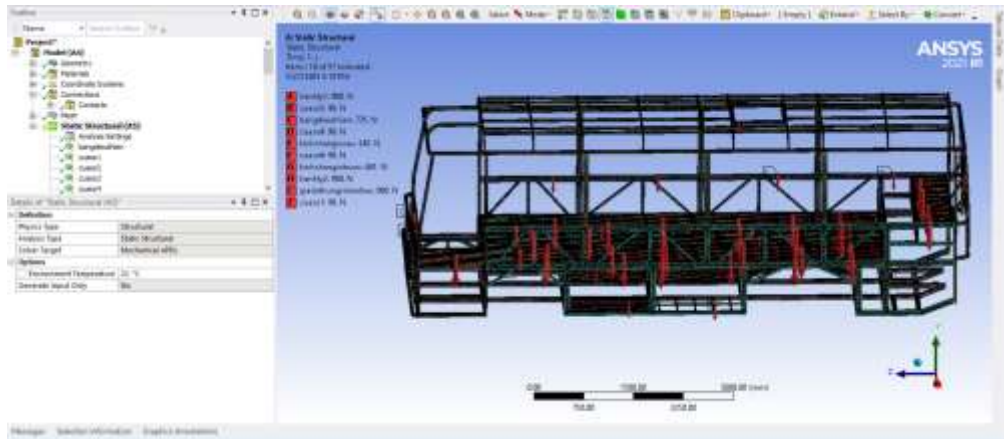
- Thông qua quá trình phân tích kết quả ta tiến hành chỉnh sửa mô hình lại những điểm chưa hợp lý, sau đó tiến hành mô phỏng lại. và cứ lặp lại vòng lặp như vậy.

## 4.2. Kiểm nghiệm với các điều kiện tải trọng cơ bản

### 4.2.1. Trường hợp chịu tải tĩnh

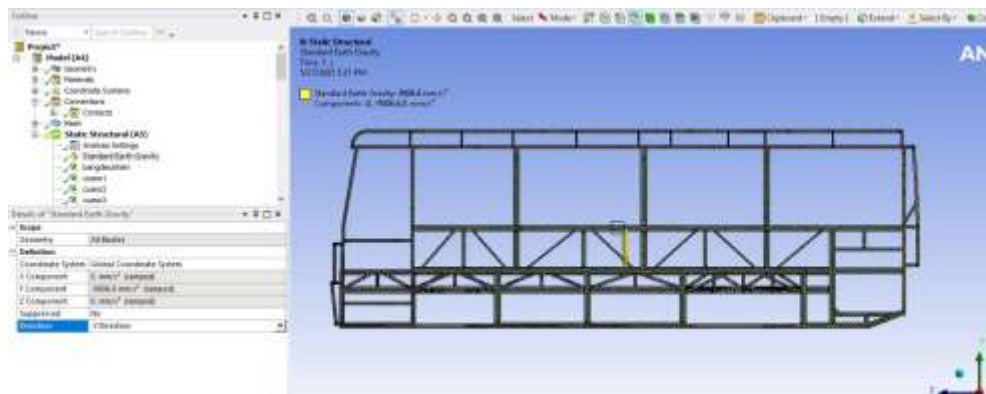
#### 4.2.1.1. Đặt lực và thiết lập các điều kiện biên.

- Gán Force để mô hình hoá các tải trọng tác dụng lên khung xe.



Hình 4.13: Gán Force

- Cài đặt Standard Earth Gravity để mô phỏng trọng lực. Tại Direction chọn hướng cho trọng lực để phù hợp với mô hình đang làm. Ở đây ta chọn hướng của trọng lực là -Y.



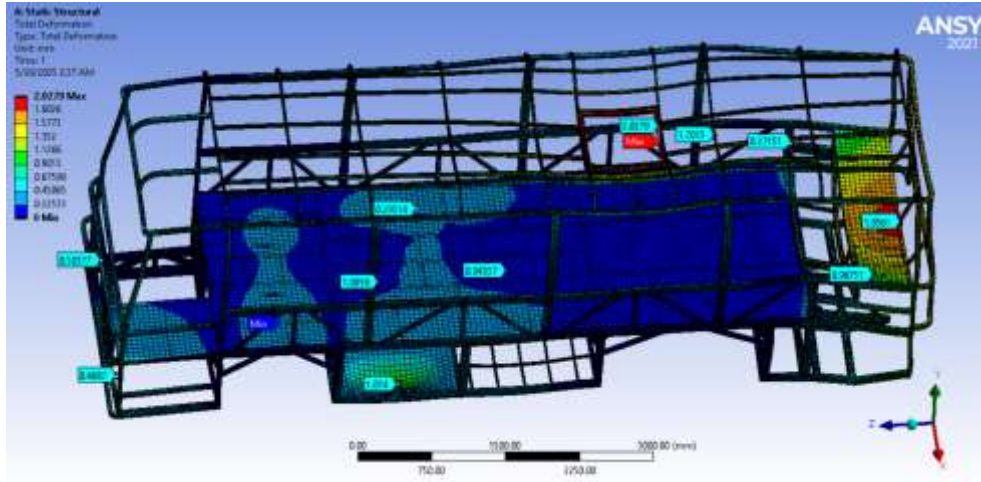
Hình 4.14: Cài đặt Standard Earth Gravity

- Dùng Fixed Support để ngàm các vị trí lắp hệ thống treo.

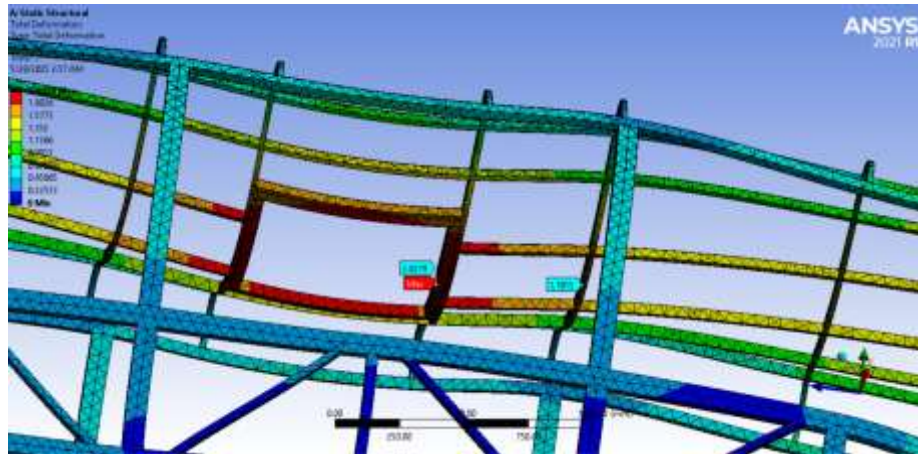


4.2.1.2. Kết quả thu được và phân tích

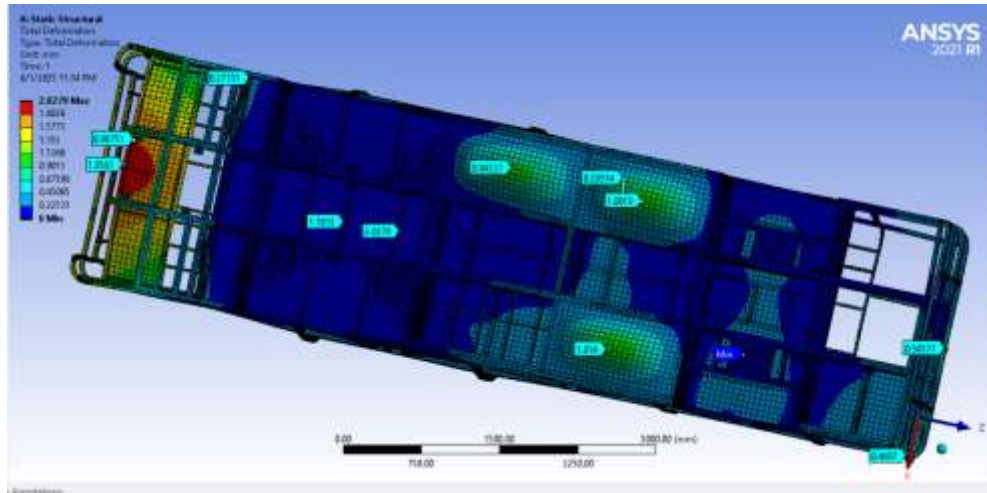
**Biến dạng:** Kết quả của Total Deformation.



Hình 4.17: Biến dạng trường hợp tải tĩnh



Hình 4.18: Biến dạng vị trí đặt điều hoà

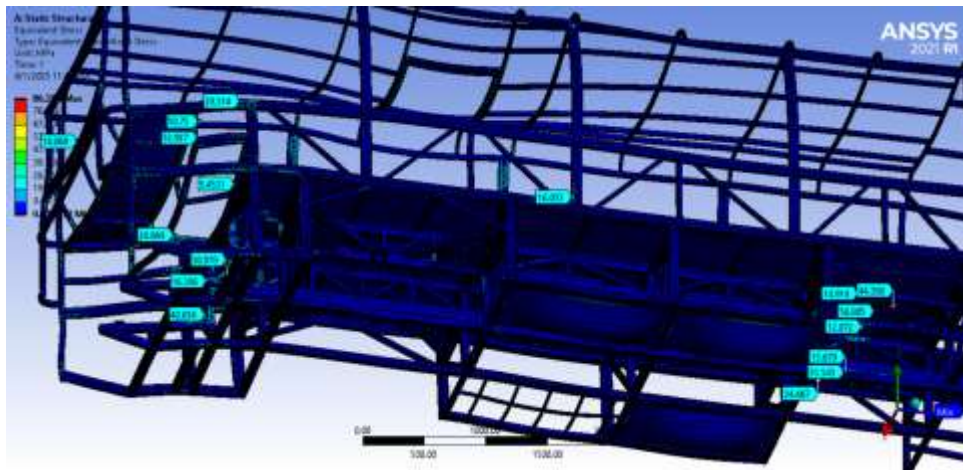


Hình 4.19: Độ biến dạng của mặt dưới khung xe

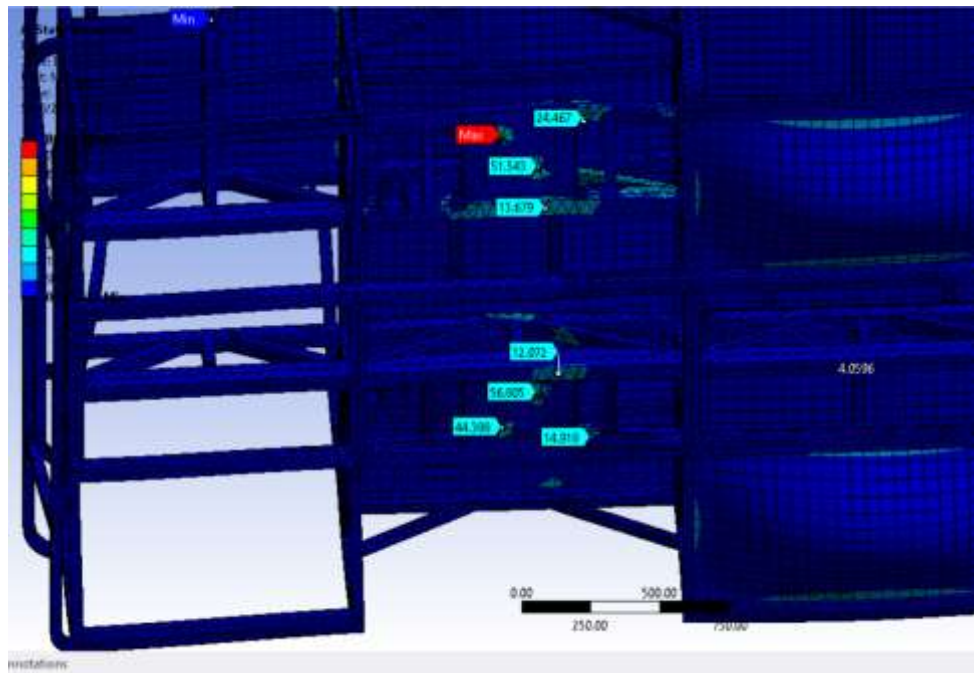
- Phần mái là phần có biến dạng lớn nhất, đặc biệt là vị trí đặt điều hoà, độ biến dạng lên tới 2.0279mm. Nhìn tổng thể thì khung mái có xu hướng biến dạng võng xuống ở giữa, những chỗ chỉ nhiều nhất là 2.0279mm, tiến về phía 2 đầu thì độ biến dạng phần mái giảm dần.

- Phần đuôi xe và đầu xe đều có xu hướng biến dạng cong xuống, phần đuôi cong hơn đặc biệt là vị trí khung ghế phía sau, độ biến dạng đạt tới 1.8561mm. Độ biến dạng giảm dần về giữ khung. Do tại đây bộ khung gồm đủ vũng chãi để tiếp nhận các tải trọng mà không bị biến dạng.

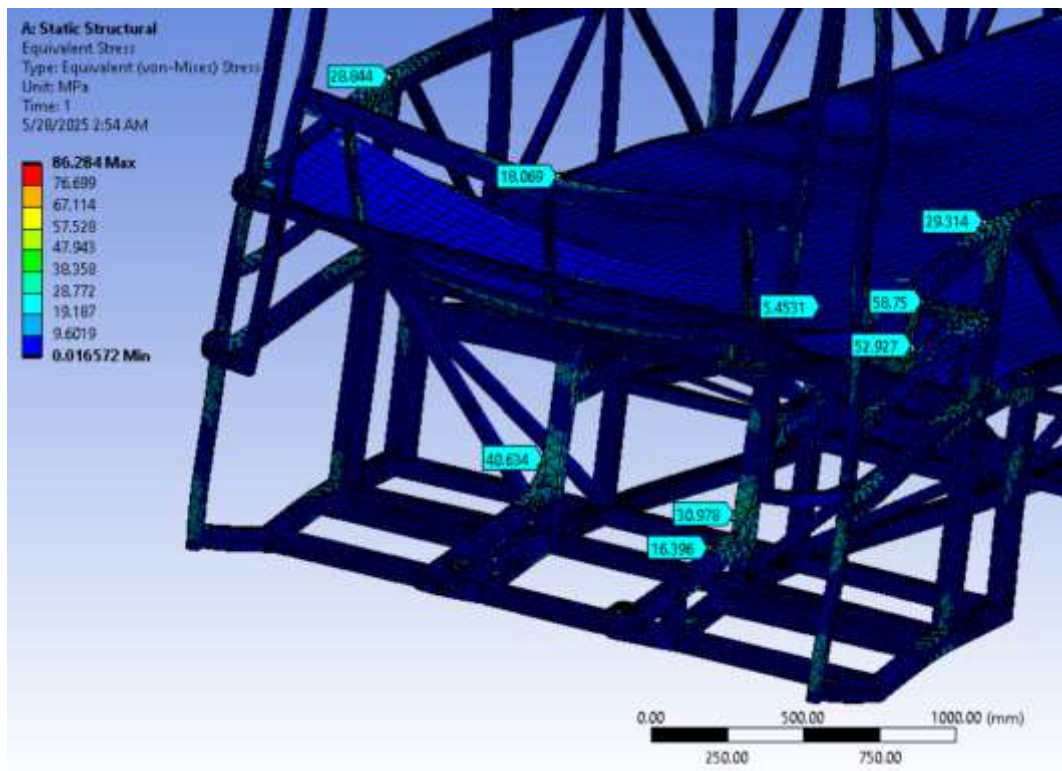
**Ứng suất:** Kết quả của Equivalent (Von-Mises) Stress.



Hình 4.20: Ứng suất trường hợp tải tĩnh



Hình 4.21: Ứng suất tại bộ đỡ bầu hơi cầu trước

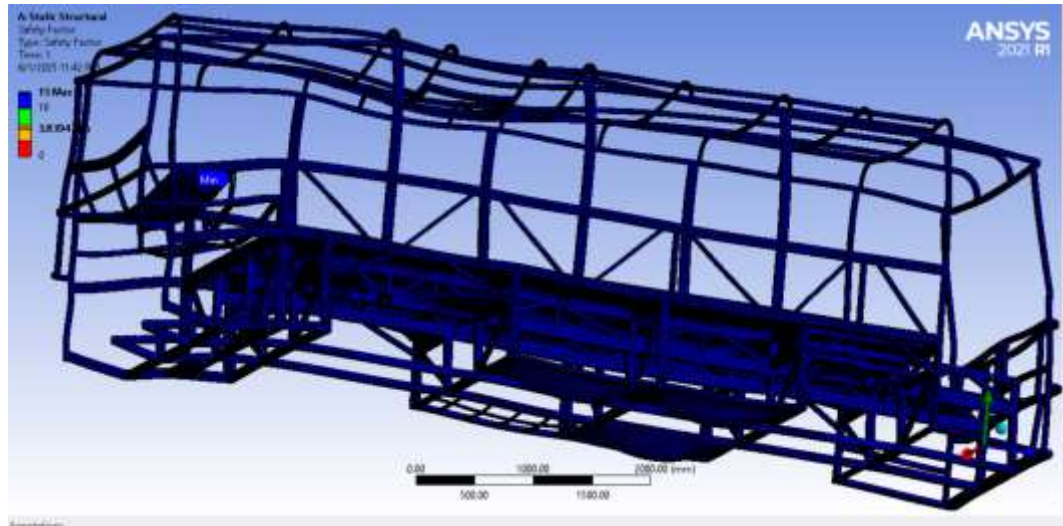


Hình 4.22: Ứng suất tại vùng phía sau đuôi khung xe

- Ta có ứng suất lớn nhất là 86,284Mpa, mức ứng suất này xuất hiện tại vị trí cố định bầu hơi vào bộ đỡ. Ta thấy được  $86,284\text{Mpa} < 345\text{Mpa}$  (giới hạn chảy cho phép của thép Q345 dùng chế tạo khung gầm)  $\Rightarrow$  Kết cấu khung đảm bảo. Ứng suất tập trung xuất hiện nhiều ở các vị trí gần điểm đặt bầu hơi vì đây là vùng chịu ảnh hưởng lớn của

phản lực từ mặt đường và vùng đặt cụm tổng thành động cơ vì đây là nơi bố trí các bộ phận có tải trọng lớn.

**Hệ số an toàn:** Kết quả của Safety Factor.



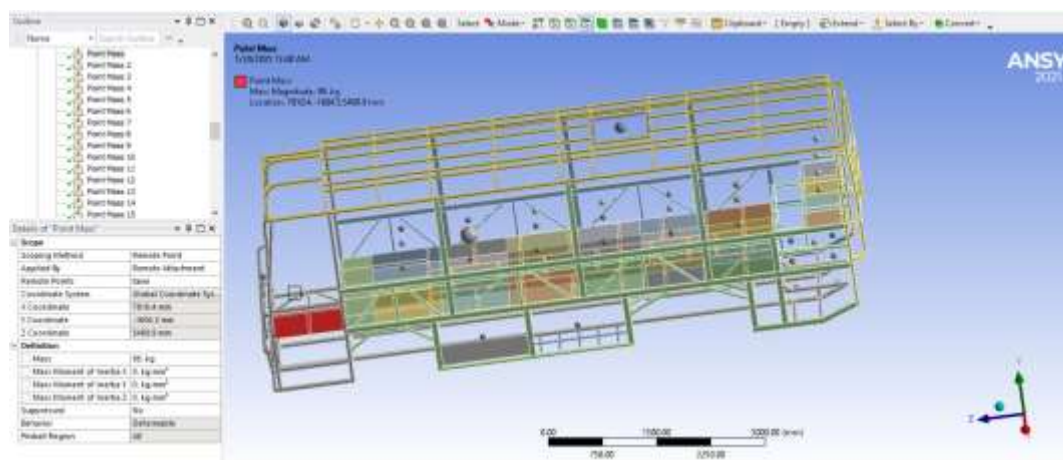
Hình 4.23: Hệ số an toàn trường hợp tải tĩnh

- Giá trị nhỏ nhất là 3,8394. Kết cấu khung xe đảm bảo yêu cầu về độ bền trong trường hợp tải tĩnh.

#### 4.2.2. Trường hợp phanh gấp

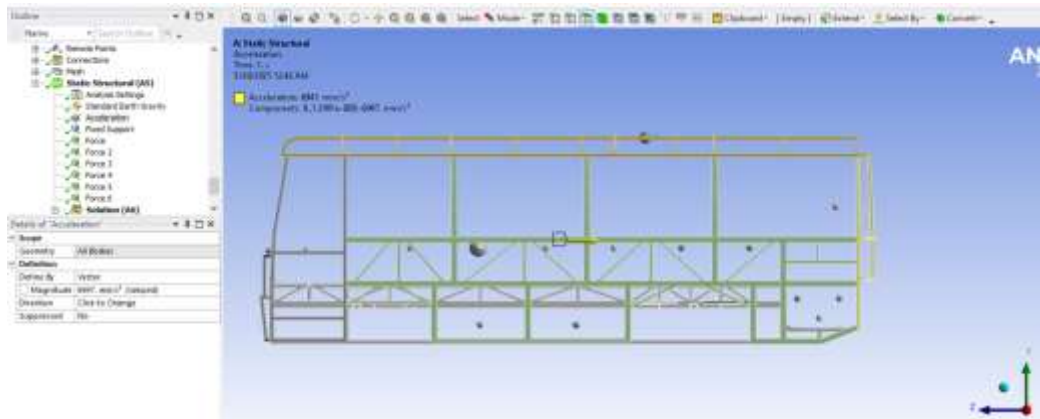
##### 4.2.2.1. Đặt lực và thiết lập các điều kiện biên

- Tại trường hợp này ta dùng Point Mass để mô hình hoá các khối lượng tác dụng lên khung xe. Vì đây là bài toán có sự tham gia của gia tốc sẽ tác động lên các vật thể mang khối lượng này tạo ra lực. Nếu dùng Force để gán lực như đã làm ở trường hợp tải tĩnh thì bài toán mô phỏng sẽ lỗi, kết quả không đúng như mong muốn.

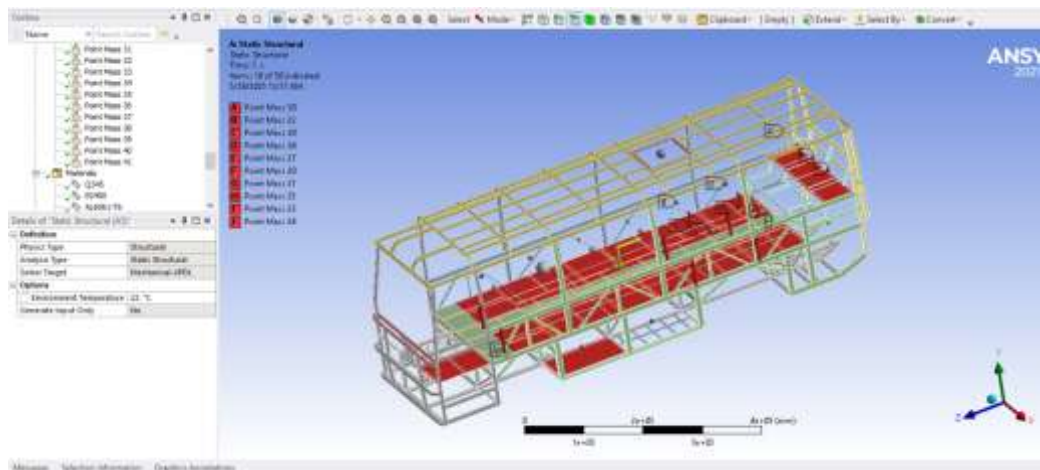


Hình 4.24: Gán các Point Mass lên mô hình

- Bậc Standard Earth Gravity để mô phỏng trọng lực.
- Dùng Fixed Support để neo giữ mô hình tại các vị trí như đã làm ở trường hợp tải tĩnh.
- Thiết lập gia tốc theo phương ngược chiều chuyển động, đối với mô hình đang mô phỏng thì chiều gia tốc ngược này sẽ là chiều -Z.



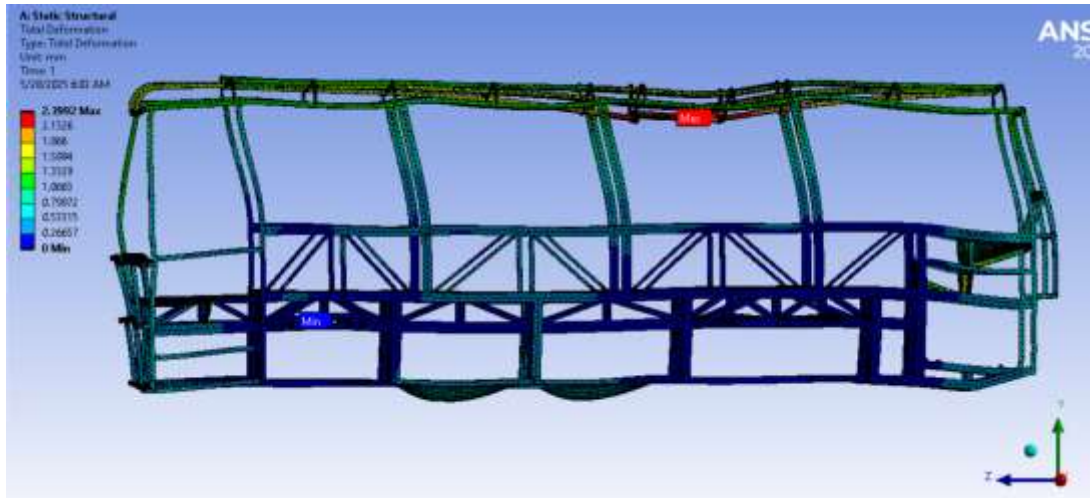
Hình 4.25: Thiết lập gia tốc



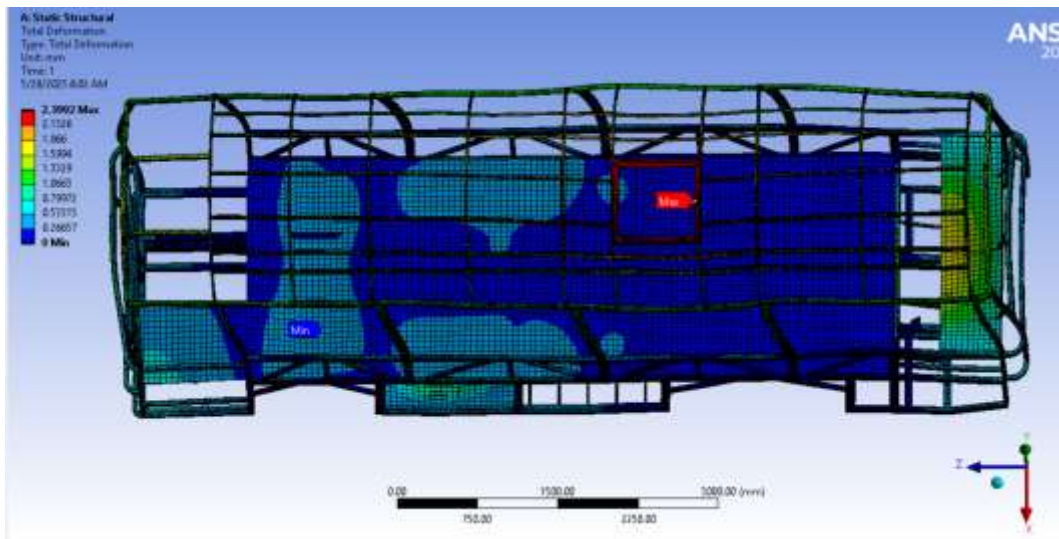
Hình 4.26: Các lực trường hợp phanh gấp

#### 4.2.2.2. Kết quả thu được và phân tích

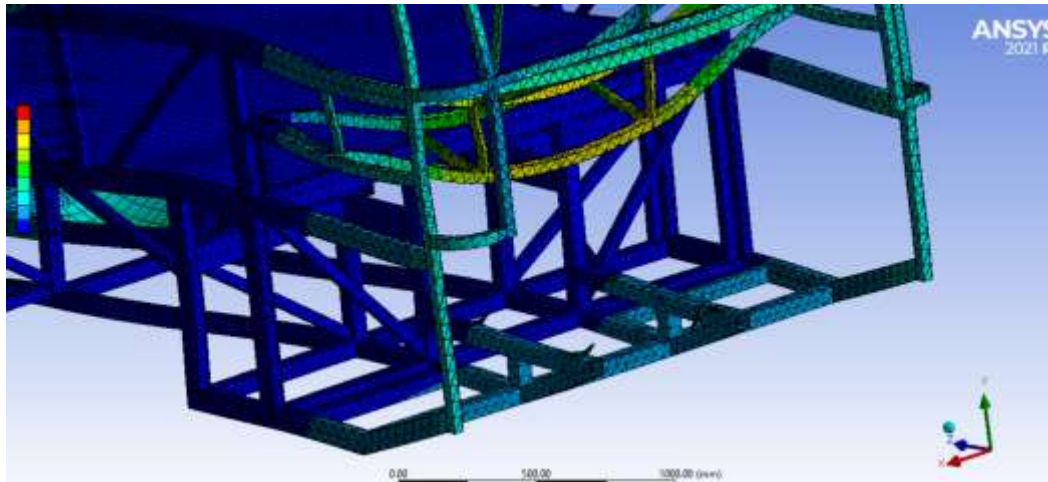
**Biến dạng:** Kết quả của Total Deformation.



Hình 4.27 : Biến dạng trường hợp phanh gấp



Hình 4.28: Biến dạng phần mái



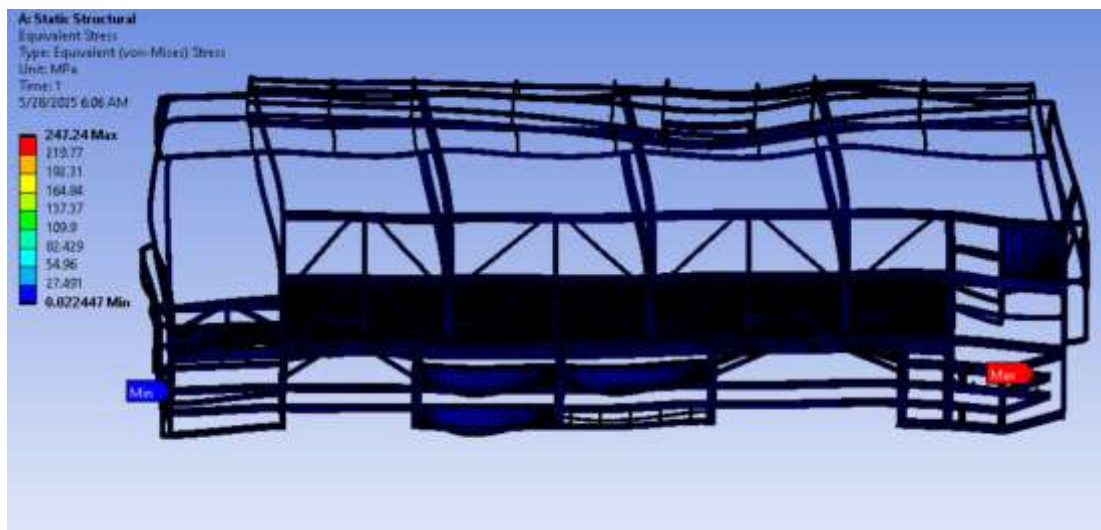
Hình 4.29: Biến dạng tại vị trí đặt động cơ

- Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy được khung xe biến dạng dồn về phía trước do phanh gấp.

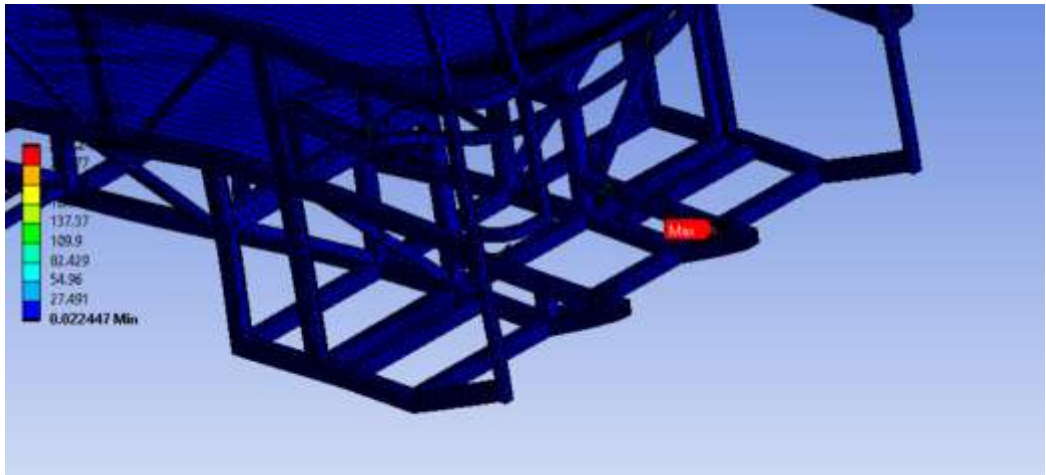
- Phần biến dạng nhiều sau đó từ từ giảm bớt khi truyền dần về phía sau. Nhưng ở vị trí lắp điều hoà, biến dạng ở đây cực đại 2.3992mm. Tại vị trí này ở trên cao hơn xo với trọng tâm xe, khi phanh gấp lực quán tính do khối điều hoà tạo ra truyền ngay tới phần mái. Phần mái thì lại không có kết cấu vòm chắc như phần gầm. Độ biến dạng giảm dần khi truyền về phía sau xe.

- Vị trí đặt động cơ cũng bị biến dạng. Các nơi để cố định khối động cơ cũng bị xoắn do lực quán tính của khối động cơ sinh ra. Dù rằng độ biến dạng không lớn

**Ứng suất:** Kết quả của Equivalent (Von-Mises) Stress.



Hình 4.30: Ứng suất trường hợp phanh gấp

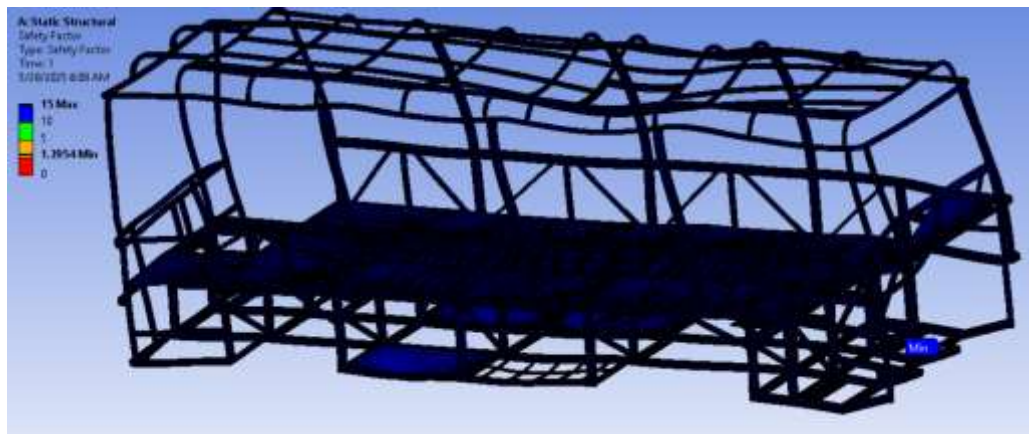


Hình 4.31: Ứng suất cực đại tại vị trí đặt động cơ

- Ứng suất cực đại tại vị trí đặt động cơ độ lớn  $247,24\text{Mpa} < 345\text{Mpa} \Rightarrow$  Kết cấu vẫn an toàn. Ứng suất sinh ra do lực quán tính của khối động cơ khi phanh gấp lớn, làm xuất hiện mô men xoắn tại vị trí cố định động cơ.

- Ứng suất cực tiểu là  $0,22447\text{Mpa}$  gần bằng 0. Không có ứng suất âm.

**Hệ số an toàn:** Kết quả của Safety Factor.



Hình 4.32: Hệ số an toàn trường hợp phanh gấp

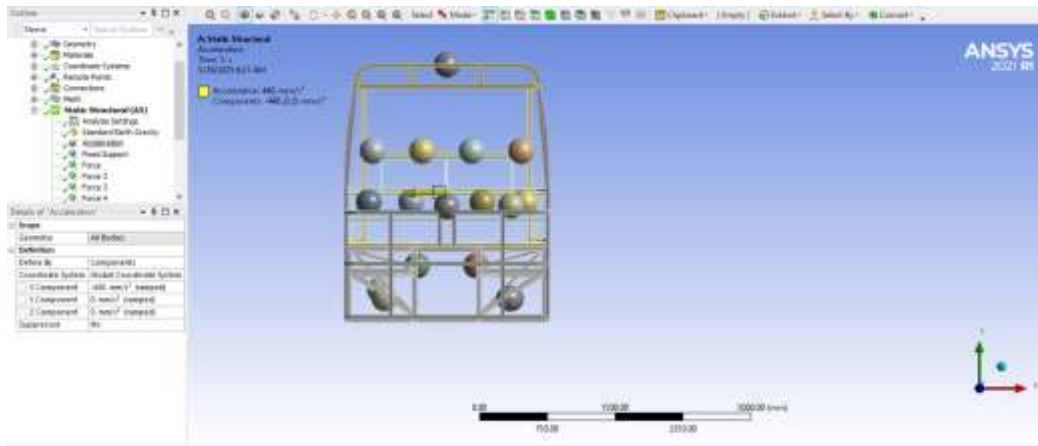
- Hệ số an toàn nhỏ nhất là  $1,3954$ . Vậy nên mô hình có kết cấu an toàn.

#### 4.2.3. Trường hợp xe quay vòng bên phải

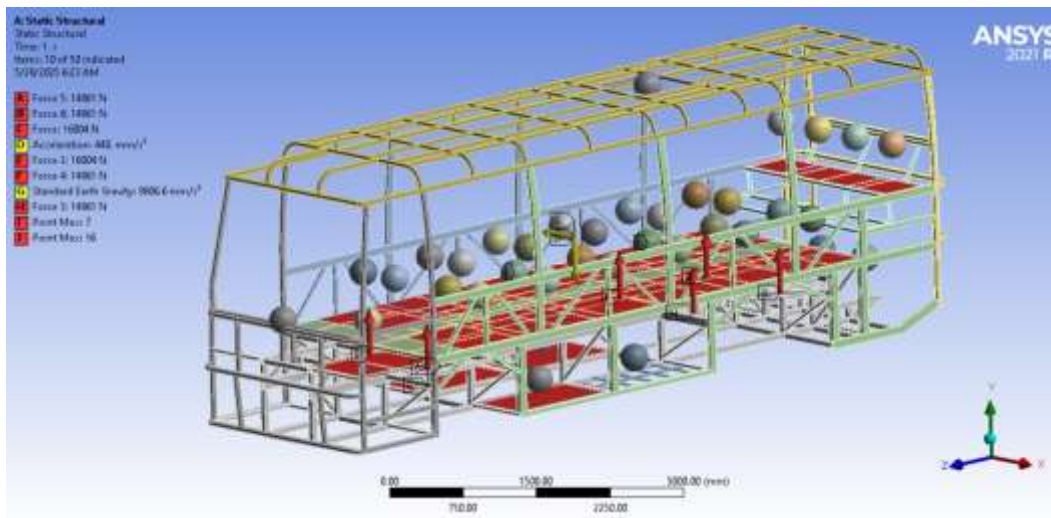
##### 5.2.3.1. Đặt lực và thiết lập các điều kiện biên

- Tiến hành đặt lực và điều kiện biên như trường hợp phanh gấp.

- Thay đổi tại cài đặt gia tốc. Thiết lập gia tốc quay vòng cho xe theo phương X, hướng -X. Độ lớn của gia tốc là 440



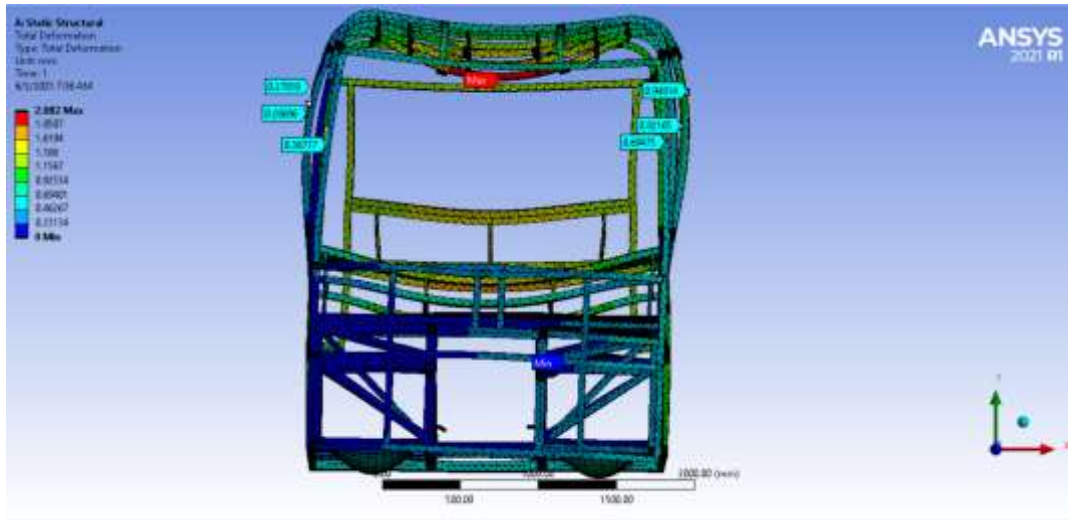
Hình 4.33: Thiết lập gia tốc cho trường hợp queo phải



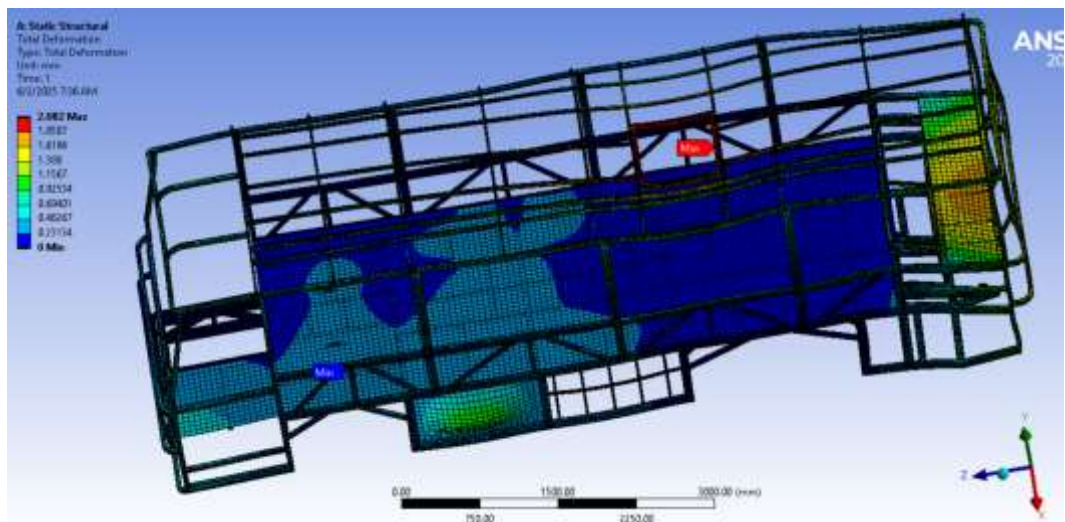
Hình 4.34: Các lực trường hợp xoay vòng queo phải

#### 4.2.3.2. Kết quả thu được và phân tích

**Biến dạng:** Kết quả của Total Deformation.



Hình 4.35: Biến dạng của trường hợp queo phải

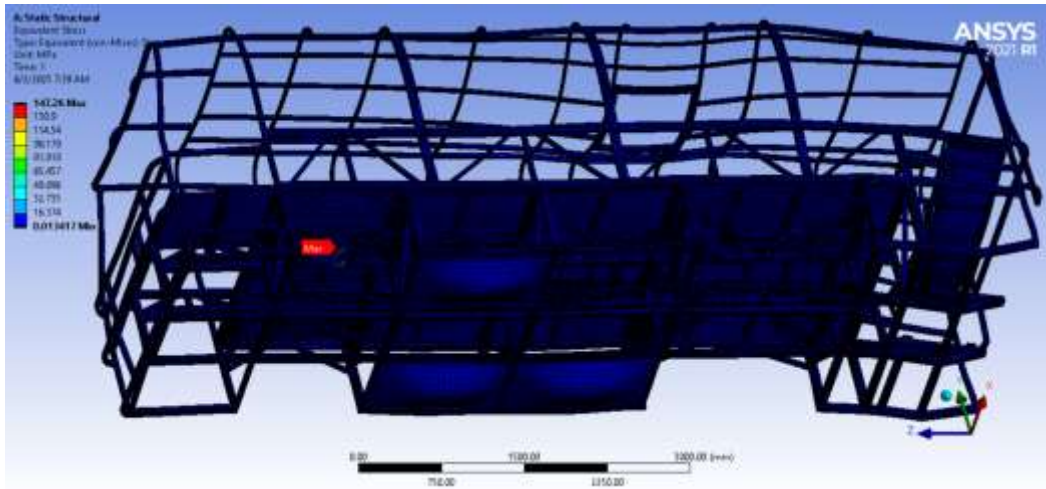


Hình 4.36: Độ biến dạng lớn nhất trong trường hợp queo phải

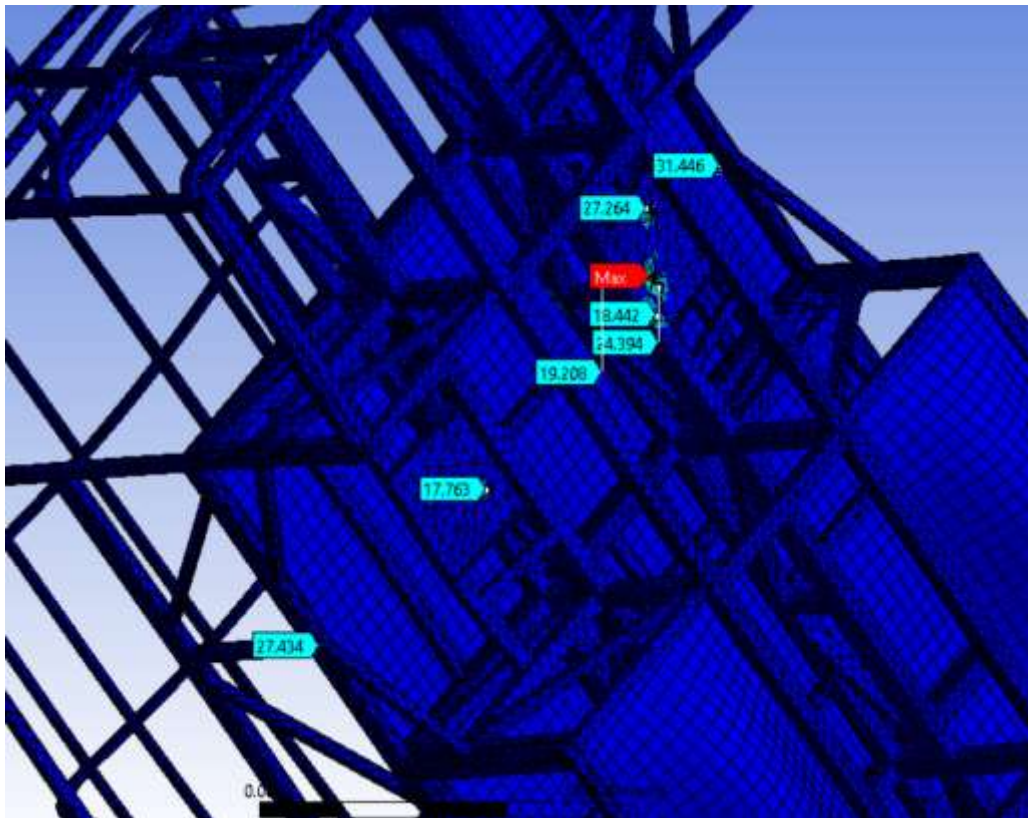
- Khung xe bị biến dạng nghiêng về hướng dương trục X do lực ly tâm. Đặc biệt là phần phía trên của khung xe, độ biến dạng này giảm dần khi truyền xuống do phần kết cấu phía dưới có khung gầm rất vững chắc. Độ biến dạng lớn nhất là 2,082mm.

- Có thể thấy sự chênh lệch về độ biến dạng của hai bên thân. Mảng thân bên phải chịu biến dạng nhiều hơn bên trái. Do ở đây trực tiếp biến dạng, còn mảng thân bên trái thì độ biến dạng này có thể truyền đi qua các thanh giằng ngang trên mái hay các thanh ngang trong khung gầm, sàn,... để truyền bởi lực quán tính sinh ra đi nên biến dạng ít hơn.

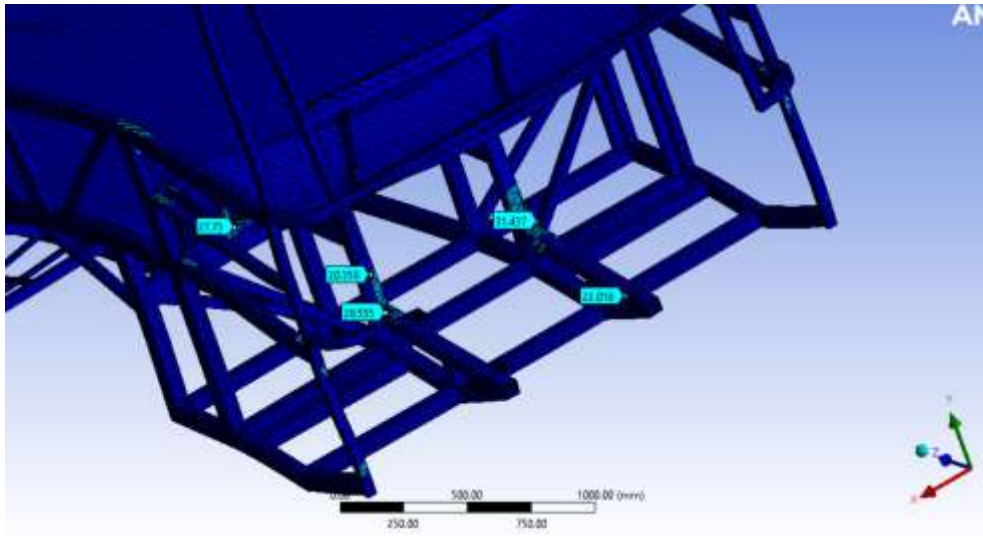
**Ứng suất:** Kết quả của Equivalent (Von-Mises) Stress.



Hình 4.37: Ứng suất trường hợp queo phải



Hình 4.38: Ứng suất tại vị trí đặt cầu trước

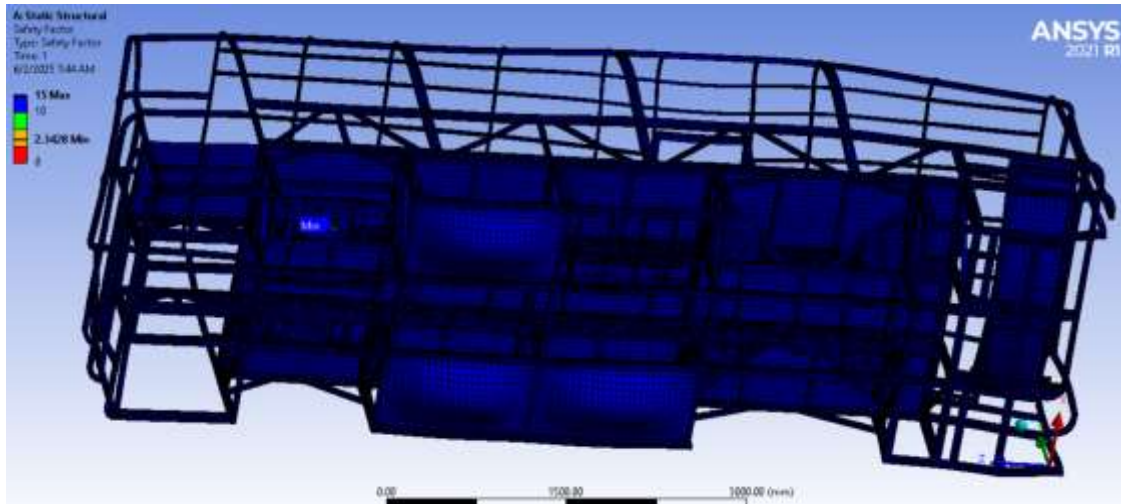


Hình 4.39: Ứng suất tại phần đuôi xe

- Ứng suất lớn nhất xuất hiện tại vị trí để gắn bầu hơi phía trước,  $147,26\text{Mpa} < 345\text{Mpa} \Rightarrow$  Kết cấu vẫn an toàn.

- Xung quang phần đặt bầu hơi cũng xuất hiện nhiều ứng suất tập trung tại vài vị trí. Nhưng đều chưa vượt ngưỡng cho phép.

## Hệ số an toàn: Kết quả của Safety Factor.



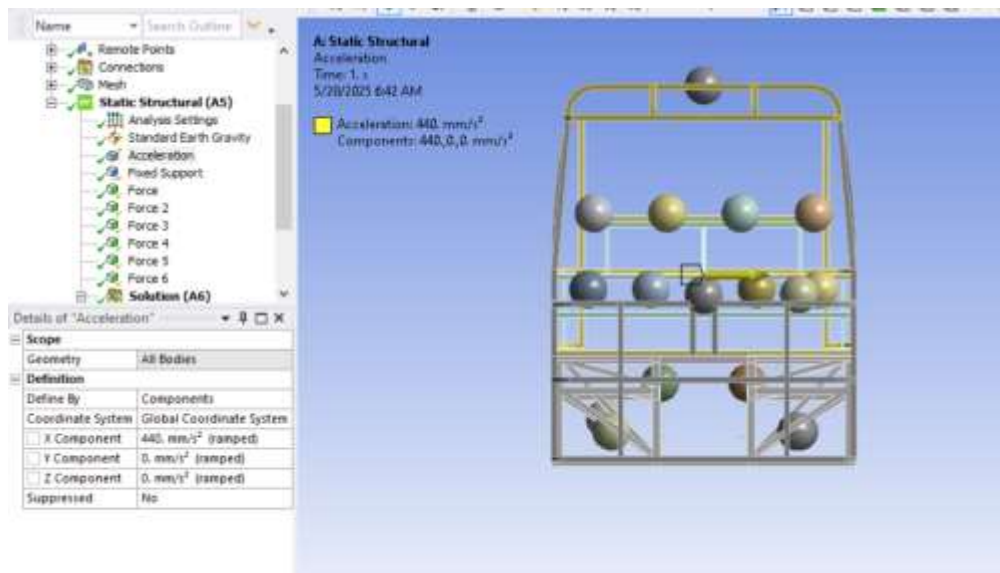
Hình 4.40: Hệ số an toàn của trường hợp queo phải

- Hệ số an toàn thấp nhất là 2,3428. Kết cấu khung an toàn trong trường hợp chịu tải khi queo phải gấp.

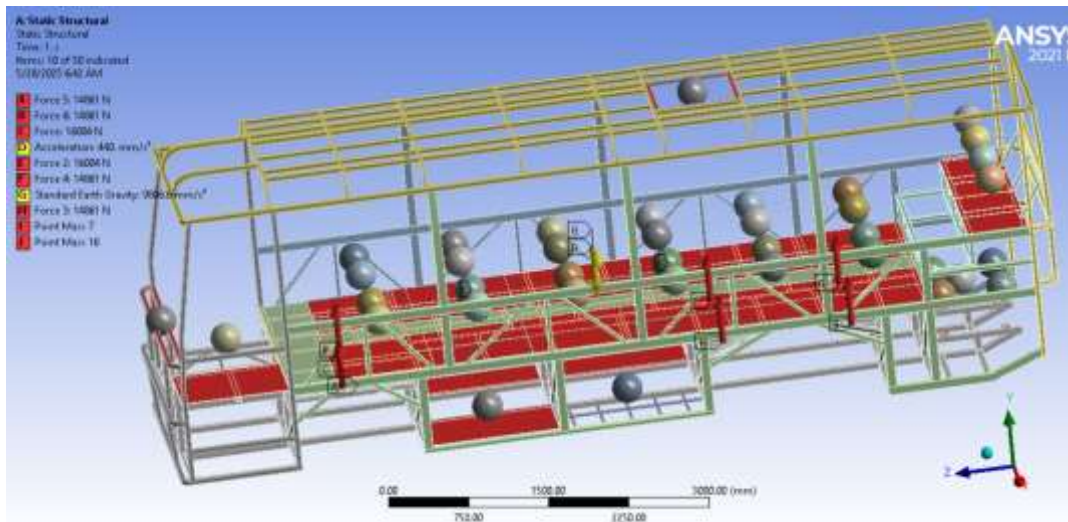
### 4.2.4 Trường hợp xe quay vòng bên trái

#### 4.2.4.1. Đặt lực và thiết lập các điều kiện biên

- Tiến hành đặt lực và điều kiện biên như trường hợp phanh gấp.
- Thay đổi tại cài đặt gia tốc. Thiết lập gia tốc quay vòng cho xe theo phương X, hướng X. Độ lớn của gia tốc là 440



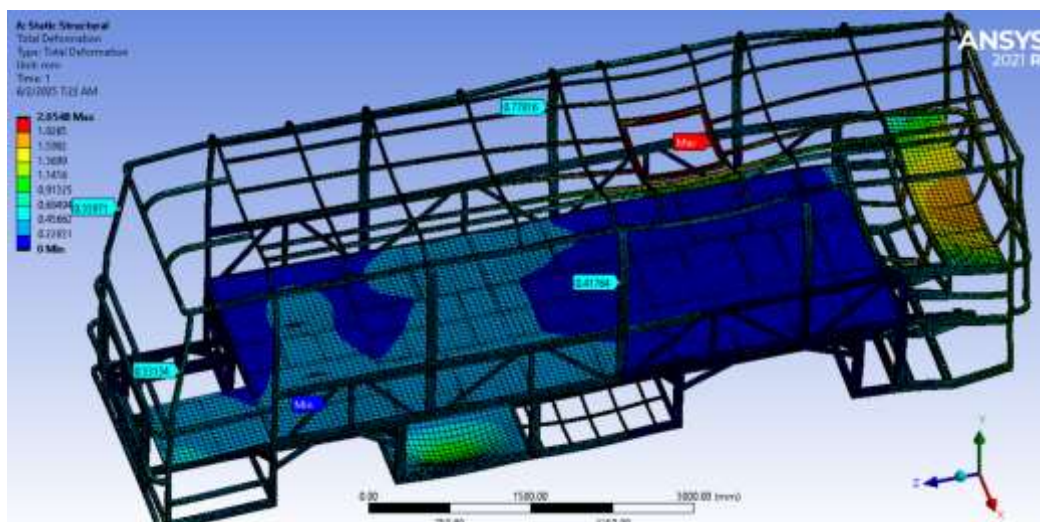
Hình 4.41: Thiết lập gia tốc cho trường hợp queo trái



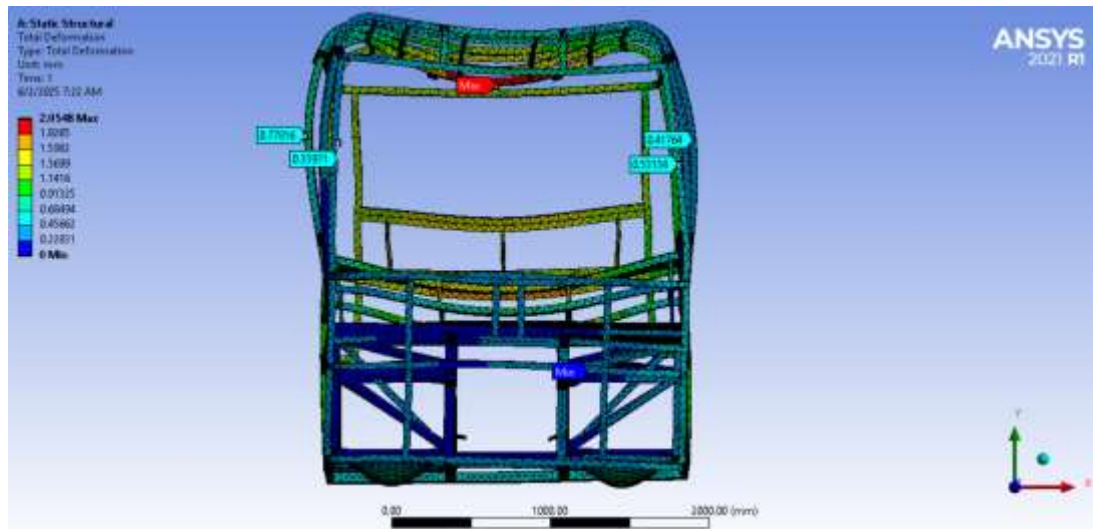
Hình 4.42: Các lực và điều kiện đặt trong trường hợp quay vòng queo trái

#### 4.2.4.2. Kết quả thu được và phân tích

**Biểu dạng:** Kết quả của Total Deformation.



Hình 4.43: Độ biến dạng trong trường hợp quay vòng queo trái



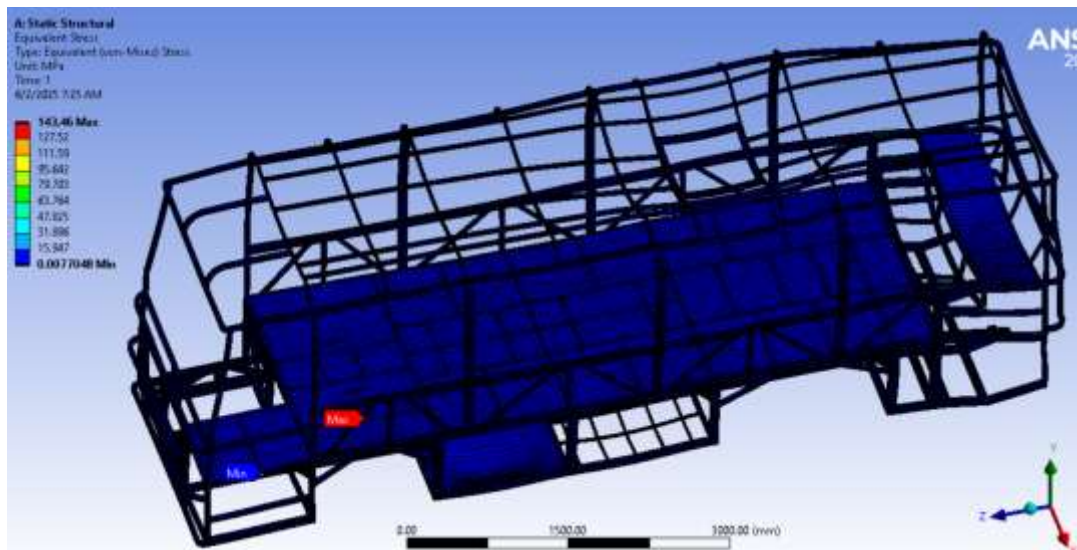
Hình 4.44: Sự khác nhau về độ biến dạng hai bên thân

- Khung xe biến dạng về bên phải . Độ biến dạng lớn nhất là 2.0548mm.

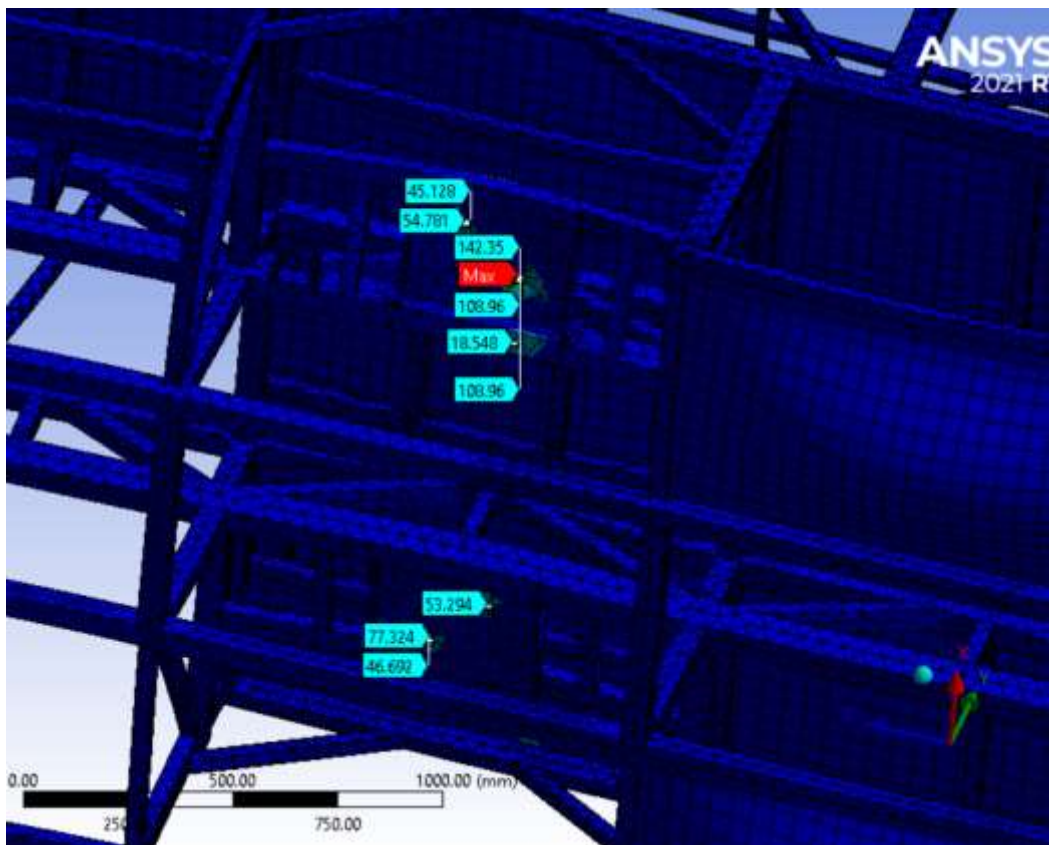
- Như trong hình ta thấy được độ biến dạng của phần phía trên khung xe sẽ lớn hơn nhiều so với phần dưới. do phần dưới có khung gầm vững chãi hấp thụ được lực gây biến dạng này và truyền về vị trí neo. Khung gầm đủ bền để không bị biến dạng khi thực hiện truyền lực này.

- Có sự khác nhau của độ biến dạng 2 bên thân. Do phần thân bên phải khi chịu lực gây biến dạng thì có thể truyền tải sự biến dạng này qua các thanh ngang trong mô hình để giảm bớt độ biến dạng.

**Ứng suất:** Kết quả của Equivalent (Von-Mises) Stress.



Hình 4.45: Ứng suất trong trường hợp quay vòng queo trái

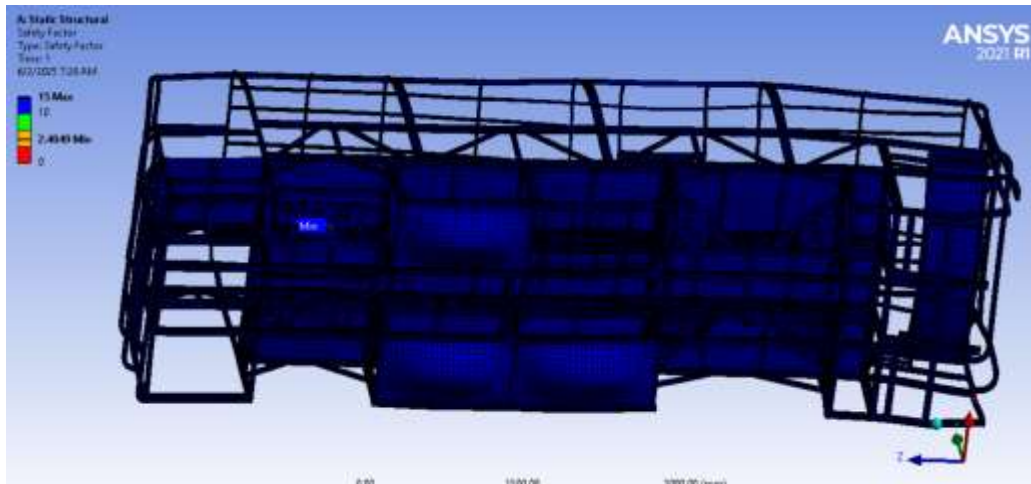


Hình 4.46: Ứng suất suất hiện quanh vị trí đặt bầu hơi phía trước

- Ứng suất cực đại xuất hiện tại vị trí bắt vít để gắn bầu hơi ở phía trước bên tài vào khung gầm, trong trường hợp này là 143,46MPa<345Mpa. Kết cấu đủ bền.
- Xung qua vị trí bắt bầu hơi cũng xuất hiện các ứng suất tập trung. Nhưng không vượt những cho phép của vật liệu Q345 nên không sao.

- Việc xuất hiện ứng suất lớn nhất tại vị trí bắt vít là có thể hiểu được, vì khi xe quẹo cua gấp thì xe có xu hướng lật ngang. Vị trí này có liên kết khung gầm và hệ thống treo nên sẽ có ứng suất lớn.

**Hệ số an toàn:** Kết quả của Safety Factor.



Hình 4.47: Hệ số an toàn trường hợp xoay vòng bên trái

- Hệ số an toàn nhỏ nhất là 2,4049. Kết cấu vẫn an toàn. Vị trí có hệ số an toàn thấp nhất là tại nơi bắt vít cố định bầu hơi trước bên tài với khung gầm.

#### **4.2.5 Trường hợp tải xoắn khi hai bánh trước phụ sau tài đi qua mấp mô.**

- Trong quá trình hoạt động, khung xe bus sẽ chịu tải xoắn nguy hiểm trong nhiều trường hợp như:

+ Tải trọng lệch sang một bên: Phân bố hành khách, hàng hoá tập trung lệch hẳn sang một bên trái hoặc phải của xe làm trọng tâm xe bị dịch chuyển, gây xoắn khung khi xe lăn bánh (tải trọng không đối xứng).

+ Leo lên lè hay di chuyển qua ổ gà: Khi chỉ một bên bánh ( trước hoặc sau) tiếp xúc gờ giảm tốc hoặc ổ gà trong khi bên kia thì không, khung chịu mô men xoắn dọc rất lớn.

+ Xe nghiêng/lật xe: Một số trường hợp tai nạn dẫn đến tình huống này, khung xe chịu cả tải xoắn và uốn (rất hiếm gặp trừ khi tai nạn giao thông, nguy hiểm nhất về mặt xoắn).

+ Phanh gấp (trạng thái chịu gia tốc ngược hay tăng tốc âm tính): Khi đó, khung chịu cả mô-men xoắn do quán tính của xe và tải trọng dồn về phía trước.

+ Quẹo gấp/ đánh lái đột ngột: Khi xe vào cua ở tốc độ cao hay đánh lái gấp, khung xe chịu lực ly tâm bất đối xứng gây ra mô men xoắn.

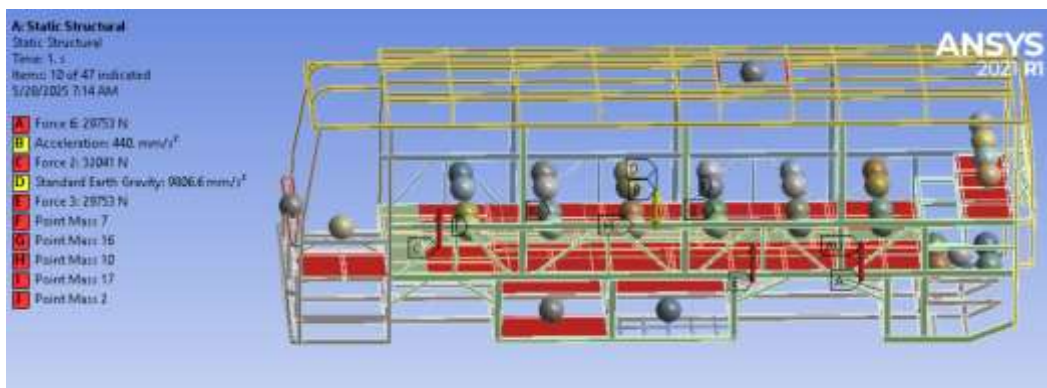
- Tình huống khung xe chịu tải xoắn nguy hiểm nhất mà ta muốn mô phỏng tính toán để kiểm nghiệm xem khung xe đã thiết kế có đáp ứng được yêu cầu hay không là trường hợp leo lên lề hay di chuyển qua ổ gà.

#### 4.2.5.1. Đặt lực và thiết lập điều kiện biên

- Thiết lập đặt lực và điều kiện biên tương tự trường hợp phanh gấp

- Những trường hợp này ta sẽ không gán gia tốc cho mô hình. Thay vào đó ta sẽ thiết lập lại việc đặt phản lực.

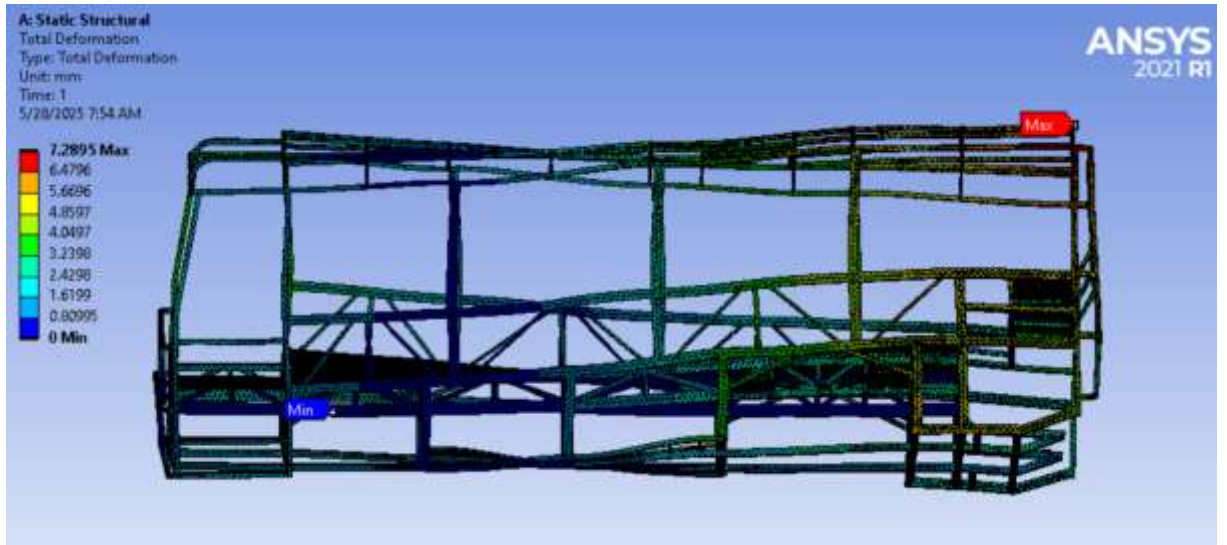
- Phản lực tại bầu hơi phía bánh trước phụ là 32041N, tại 2 bầu hơi sau tải là 29753N.



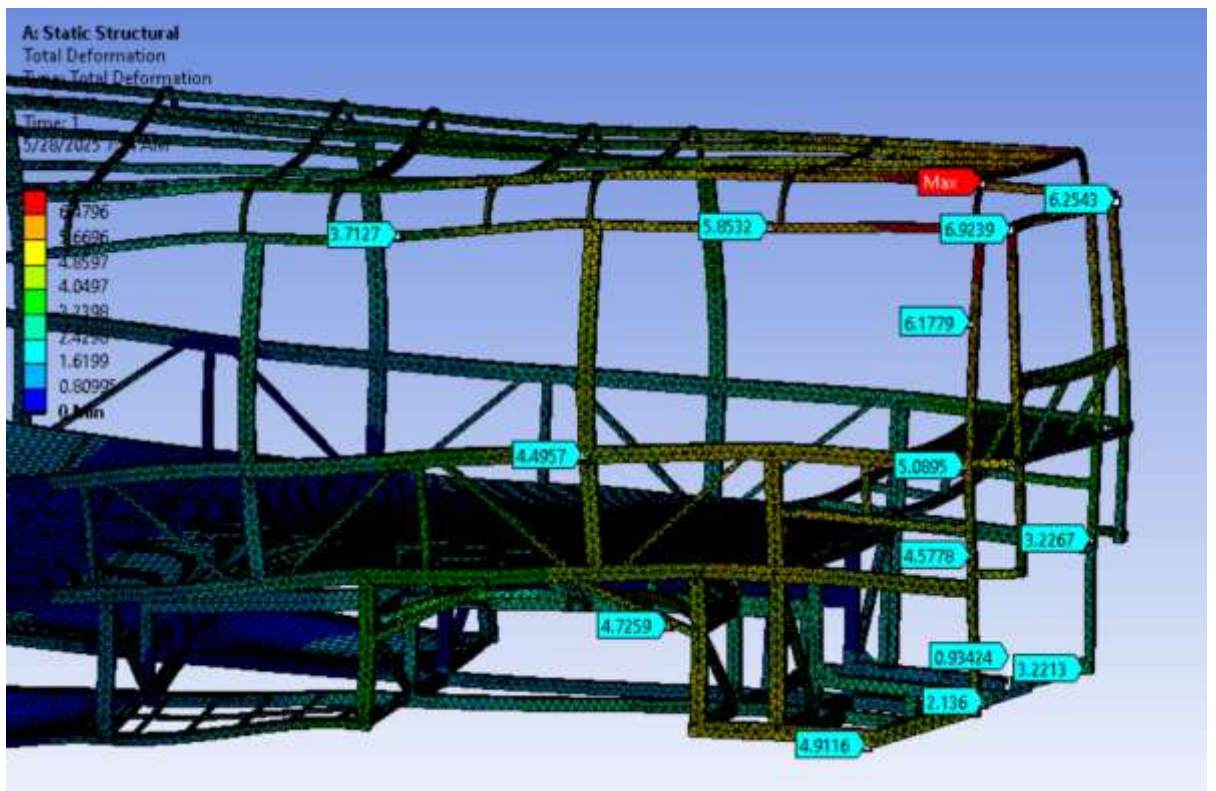
Hình 4.48: Đặt điều kiện biên và gán lực cho mô hình trường hợp xoắn trước phụ sau tải.

#### 4.2.5.2. Thu được kết quả và phân tích

**Biến dạng:** Kết quả của Total Deformation.



Hình 4.49: Biến dạng trường hợp trước phụ sau tài



Hình 4.50: Biến dạng phần phía sau

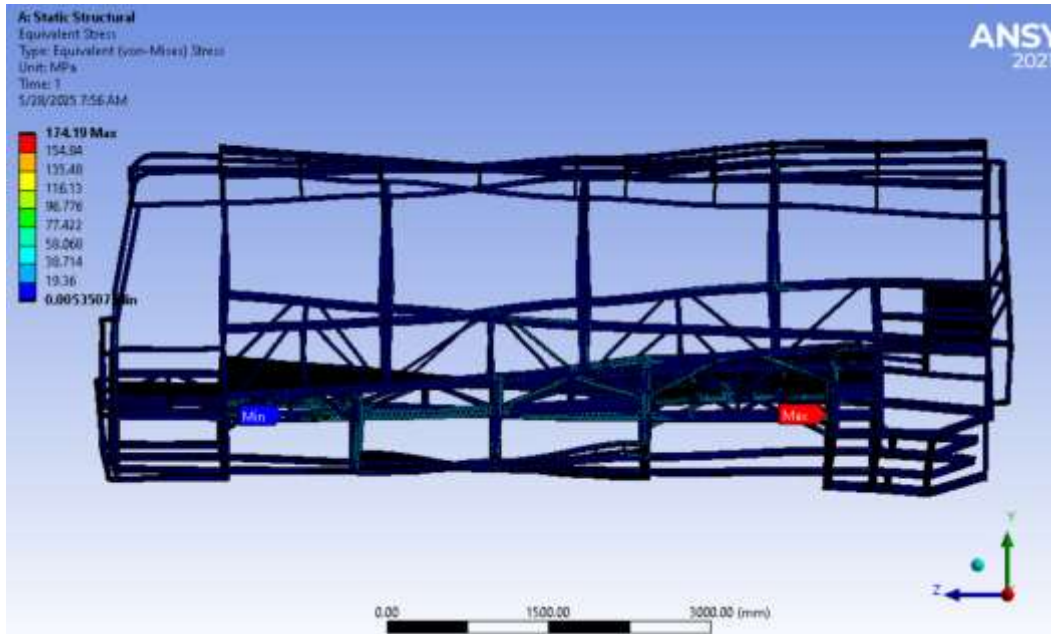
- Khung xe xuất hiện tải xoắn do điều kiện tải không đối xứng – Biến dạng tối đa lên tới 7,2895mm tại phần sau cùng của mảng mái, phía bên bánh sau tài. Đây là vùng xa trục xoắn nhất nhưng lại có kết cấu không cứng như phần bên dưới nên có chuyển vị lớn nhất-phù hợp với quy luật của biến dạng xoắn.

- Có sự khác nhau về độ biến dạng 2 bên xe tuy cùng phần đuôi nhưng phía bên bánh bị nâng lên thì có độ biến dạng lớn hơn.

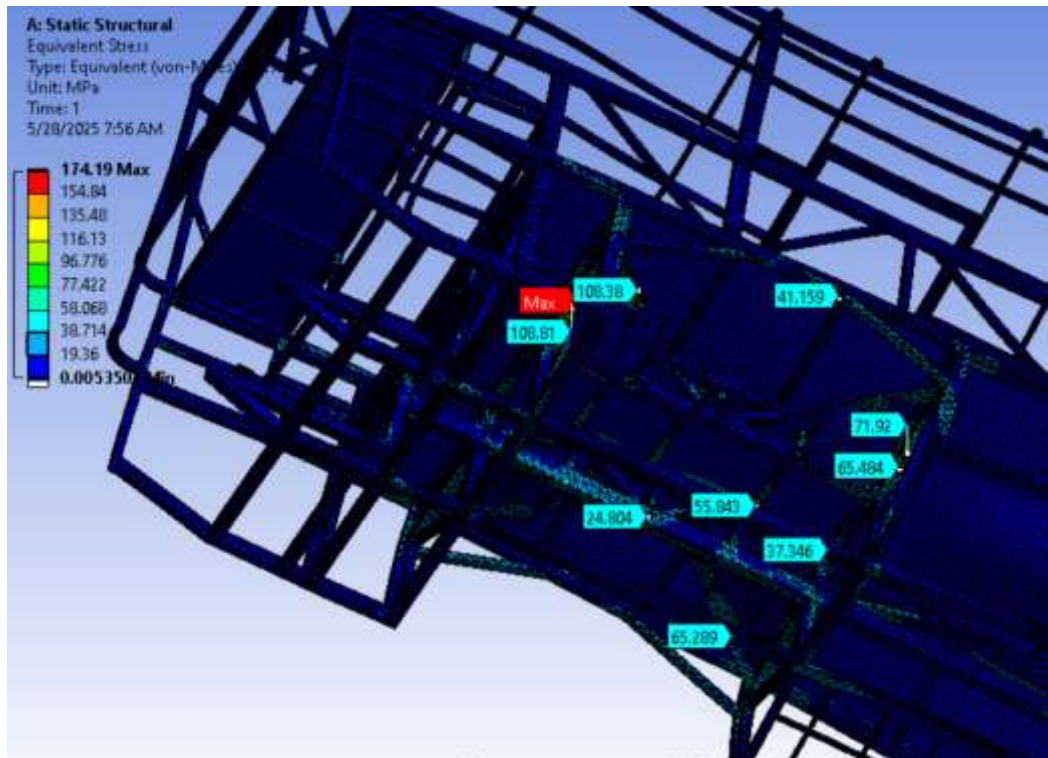
- Mô men xoắn quanh trục Z sinh ra quanh do phản lực tạo ra làm biến dạng xoắn cả mô hình. Biến dạng lan truyền dạng xoắn, với biên độ tăng dần theo đường chéo từ bên dưới phụ lên phần mái bên tài( đối với phía sau xe). Các thành phần dầm mái, thanh dọc và trụ đứng ở khu vực này đều bị vặn.

- Phía giữa thân xe bên tài và khu vực đầu xe bên phụ xuất hiện biến dạng trung bình (2-4mm), chứng tỏ xoắn lan đều trên toàn thân xe mà không tập trung cục bộ. Điều này phản ánh lên việc kết cấu khung có khả năng phân tán ứng suất tốt.

**Ứng suất:** Kết quả của Equivalent (Von-Mises) Stress.



Hình 4.51: Ứng suất trường hợp tải xoắn trước phụ sau tải



Hình 4.52: Ứng suất tại vị trí đặt bầu hơi phía sau bên phụ

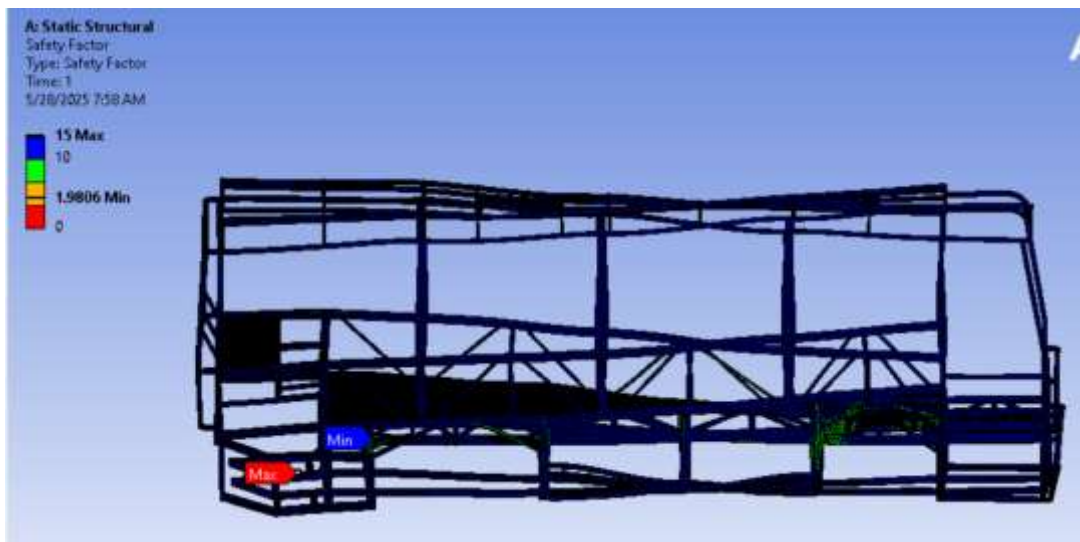
- Ứng suất lớn nhất của mô hình là  $174,19\text{MPa} < 345\text{MPa}$ . Kết cấu đảm bảo độ an toàn. Đây là vị trí gia cố để gắn bầu hơi, nơi truyền lực xoắn lớn nhất khi hệ thống treo bị vắn chéo-Phản ánh đúng hiện tượng truyền moment xoắn từ các điểm neo cố định lên khung.

- Các vùng xung quanh điểm ứng suất cực đại cũng xuất hiện những điểm ứng suất cao, dao động từ 108-116MPa, điều này cho thấy các kết cấu chịu lực chính như đầu khung gầm, các thanh giằng đã làm tốt nhiệm vụ phân tán nội lực hiệu quả.

- Các vùng khung bên tài (có bánh tiếp đất) xuất hiện ứng suất trung bình khoảng 55–75 MPa, còn các vùng phía phụ (bánh bị nâng) có ứng suất thấp hơn (dưới 40 MPa), chứng tỏ lực truyền về phía bánh tiếp đất là chủ yếu.

- Một số khu vực khung phụ, khung đuôi xe và đầu xe có ứng suất rất thấp, dưới 10MPa, và vùng nhỏ có giá trị gần bằng 0,005MPa là các vùng xa vị trí tải, phản ánh đúng cơ chế lan truyền ứng suất tuyến tính trong các kết cấu không đối xứng.

**Hệ số an toàn:** Kết quả của Safety Factor.

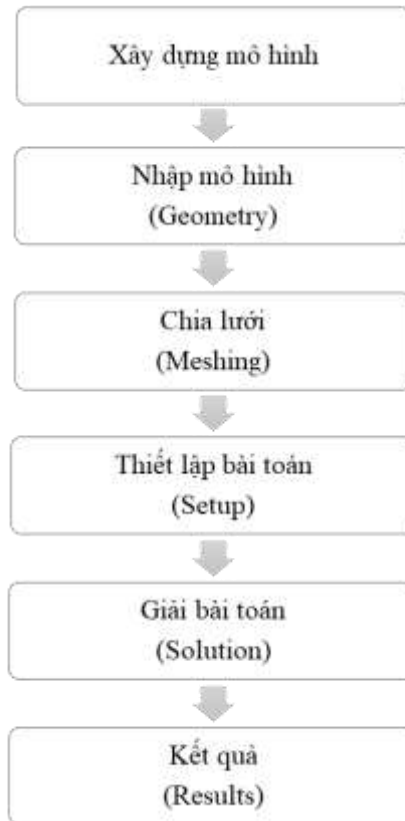


Hình 4.53: Hệ số an toàn trường hợp tải xoắn trước phụ sau tài

- Hệ số an toàn nhỏ nhất là 1.9806 => kết cấu an toàn

### 4.3. Phân tích khí động học bằng phần mềm ansys

Sơ đồ các bước giải bài toán mô phỏng khí động học:



Hình 4.54: Sơ đồ các bước giải bài toán khí động học

#### 4.3.1. Xây dựng mô hình:

Thiết kế mô hình xe bus 29 chỗ trên phần mềm Inventor, sau đó import vào phần mềm ansys để tính toán mô phỏng khí động học.



Hình 4.55: Mô hình xe bus thiết kế trong phần mềm Inventor

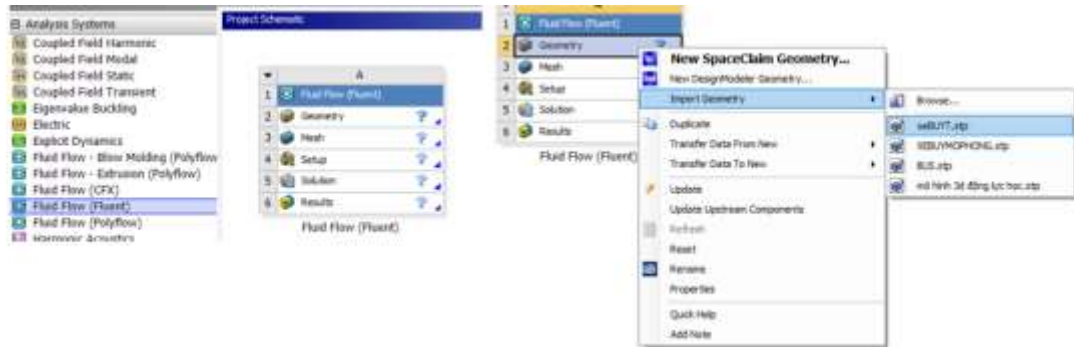
Sau khi thiết kế được mô hình 3D trên phần mềm Inventor -> Xuất file dưới dạng “.stp” để có thể nhập vào phần mềm Ansys

### 4.3.2. Mô phỏng và thu thập kết quả

#### 4.3.1.1. Nhập mô hình (Geometry)

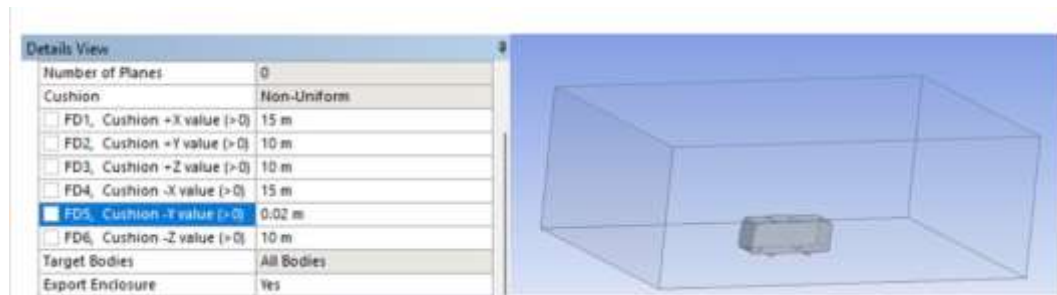
Mở phần mềm Ansys Workbench, khởi động modul Fluid Flow ( Fluent) từ khung bên trái và khung làm việc chính.

Click chuột phải vào ô Geometry, chọn Import Geometry, chọn file mô hình 3D đã lưu trước đó.



Hình 4.56: Nhập mô hình

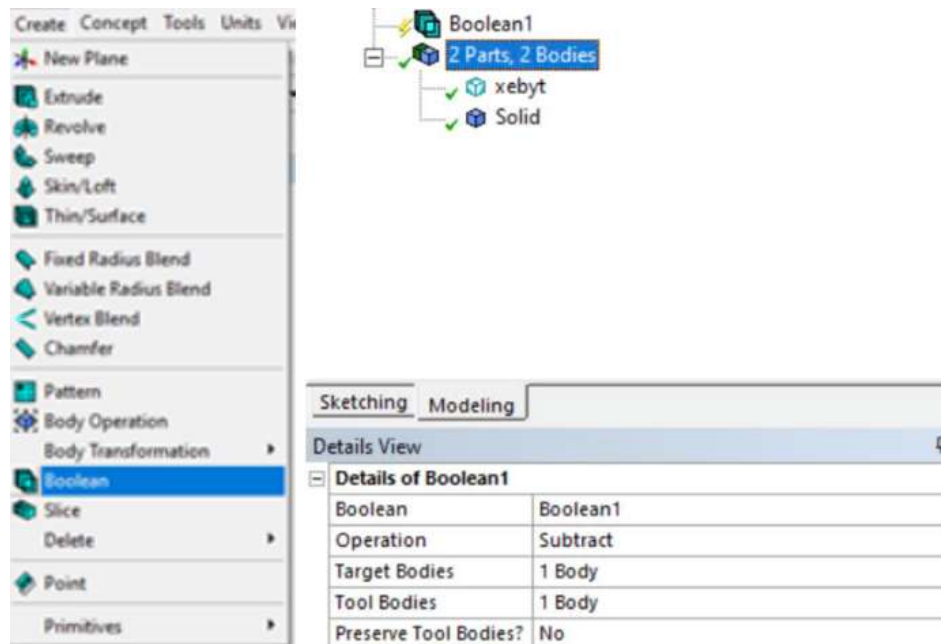
Sau khi đã import mô hình vào, chọn DesignModeler để chỉnh sửa mô hình cũng như thiết lập miền tính toán và đặt tên cho các bề mặt làm việc.



Hình 4.57: Thiết lập miền tính toán

Tạo miền tính toán bao quanh hình học chính. Miền này đại diện cho vùng mà dòng chảy hoặc các hiện tượng vật lý diễn ra.

Miền tính toán bao quanh hình học chính cách đầu xe 15000mm, đuôi xe 15000mm, cách trần xe 10000 mm và cách hai bên xe mỗi bên 10000mm



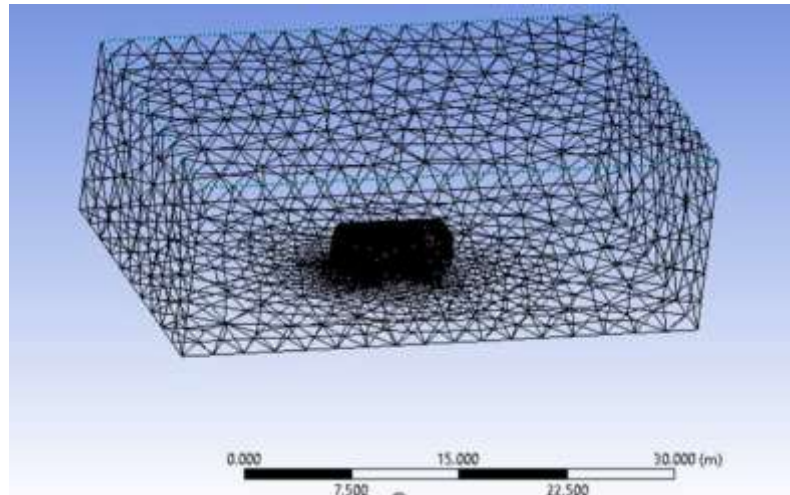
Hình 4.58: Thiết lập boolean

Sử dụng Boolean để loại bỏ phần hình học rấn của xe khỏi Enclosure, chỉ giữ lại không gian của dòng chảy cho mô phỏng.

#### 4.3.2.2. Chia lưới (Meshing):

Sau khi đã tạo được miền tính toán, ta tiến hành chia ,lưới cho cả miền tính toán và khối hình học.

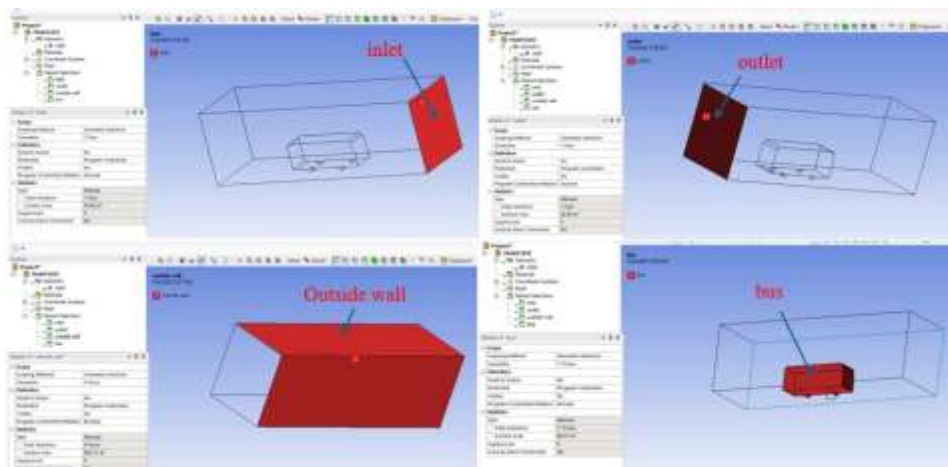
Tiến hành chia lưới tự động, với kích thước phần tử lưới mặc định khoảng 1.41m. Chọn loại phân tích CFD ( dòng chảy chất lỏng), dùng bộ phân giải fluent- chuyên giải các bài toán CFD. Sau đó nhấp chuột phải vào Mest và chọn General Mesh để tiến hành chia lưới.



Hình 4.59: Chia lưới cho mô hình

Sau khi đã chia lưới cho xe bus và miền tính toán, ta thiết lập tên cho các bề mặt làm việc.

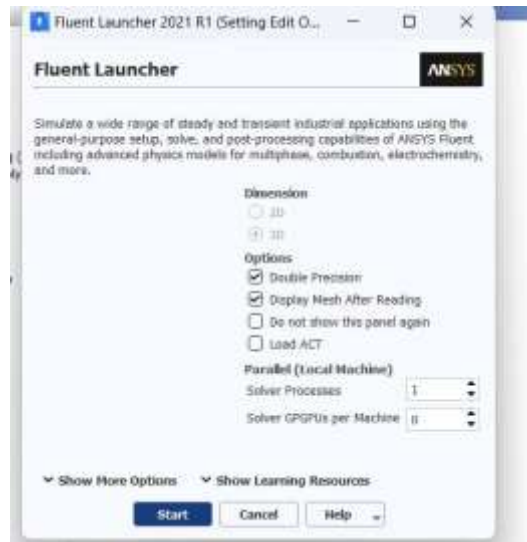
Click vào bề mặt muốn thiết lập tên ( name selections ), sau khi bề mặt được chọn đã tô sáng, click chuột phải và chọn “ create named selections”, hộp thoại hiện ra và nhập tên cho các bề mặt muốn đặt tên.



Hình 4.60: Thiết lập tên cho các bề mặt làm việc

#### 4.3.2.3. Thiết lập Bài toán (Setup)

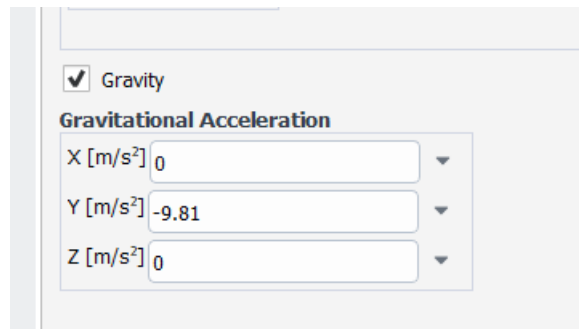
Sau khi đã nhập mô hình hình học và hoàn tất quá trình chia lưới trong ANSYS Workbench, ta tiến hành thiết lập các điều kiện biên và tham số mô phỏng. Ở bước này, cửa sổ Fluent Launcher sẽ xuất hiện như hình ..., cho phép người dùng lựa chọn các thông số khởi động phù hợp với mô hình tính toán.



Hình 4.61: Cửa sổ Fluent Launcher

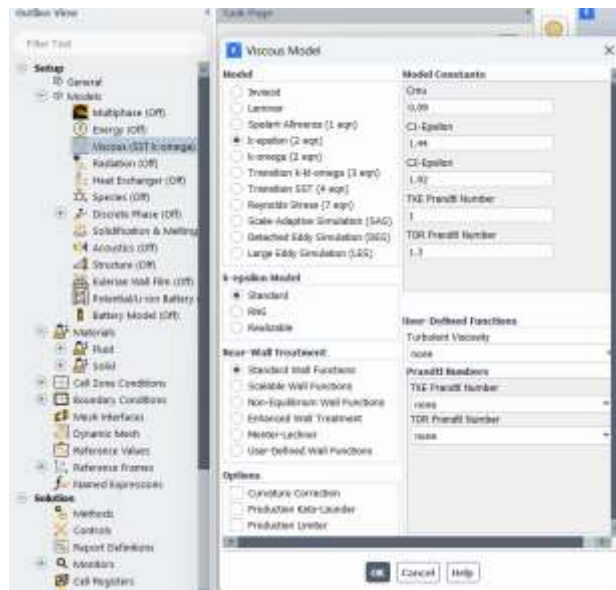
Nhấn Start để khởi chạy Ansys Fluent và chuyển sang bước thiết lập các điều kiện biên, mô hình vật lý và các thông số mô phỏng khác.

Tiến hành gán trọng lực cho bài toán, trọng lực hướng xuống theo trục Y.



Hình 4.62: Gán trọng lực

Sau khi đã gán trọng lực cho bài toán, ta tiến hành thiết lập mô hình vật lý (models). Trong bài toán này, mô hình SST  $k-\omega$  được sử dụng nhằm mô phỏng chính xác hiện tượng dòng rối quanh thân xe bus. Mô hình này phù hợp với các bài toán có dòng tách và lớp biên phức tạp, nhờ khả năng chuyển đổi linh hoạt giữa mô hình  $k-\omega$  (gần tường) và  $k-\epsilon$  (vùng xa tường).



Hình 4.63: Thiết lập Viscous Model

Trong cửa sổ Viscous Model chọn k-epsilon (2-eqn)

Thiết lập điều kiện biên cho bài toán.

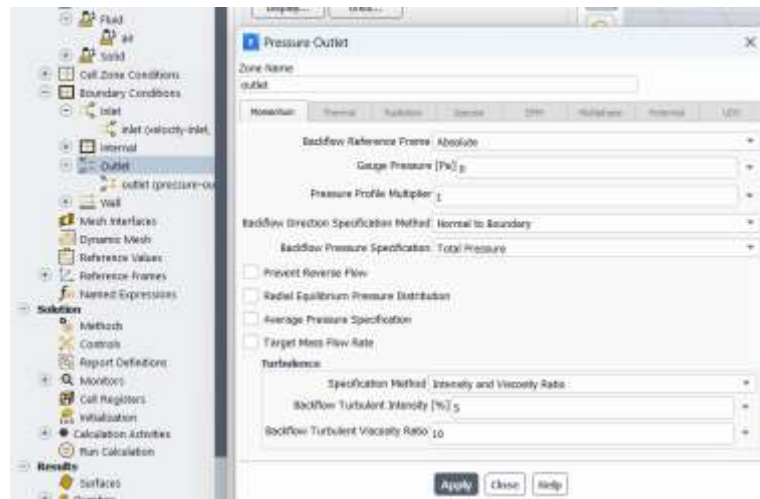
Để đánh giá đặc tính khí động học của xe bus một cách toàn diện trong các điều kiện vận hành thực tế, bài toán được tiến hành mô phỏng với ba trường hợp vận tốc khác nhau: 100 km/h, 60 km/h và 30 km/h. Các mức vận tốc này lần lượt đại diện cho điều kiện di chuyển trên đường cao tốc, đường quốc lộ và đường đô thị – qua đó phản ánh đầy đủ phạm vi hoạt động phổ biến của xe bus trong thực tế. Việc khảo sát đa dạng các điều kiện vận tốc không chỉ giúp làm rõ ảnh hưởng của tốc độ đến phân bố áp suất, lực cản khí động và trường dòng quanh xe mà còn góp phần nâng cao độ tin cậy và tính ứng dụng của mô hình mô phỏng.

Tại điều kiện biên inlet, vận tốc không khí được đặt ở mức 100 km/h, 60km/h, 30km/h – đại diện cho vận tốc xe ngoài trời. Dòng rối được mô hình hóa với cường độ rối 5% và tỷ số độ nhớt rối 10 nhằm phản ánh điều kiện khí quyển thực tế và đảm bảo độ chính xác cho bài toán ô phỏng khí động.



Hình 4.64: Thiết lập điều kiện biên inlet

Điều kiện biên 'Pressure Outlet' được thiết lập với áp suất chuẩn bằng 0 Pa cho cả ba trường hợp trên, biểu diễn môi trường không khí bên ngoài. Các thông số dòng rối được chọn ở mức tiêu chuẩn (5% và 10) nhằm đảm bảo độ ổn định và chính xác trong mô phỏng, đặc biệt trong trường hợp có dòng ngược xảy ra phía sau xe.



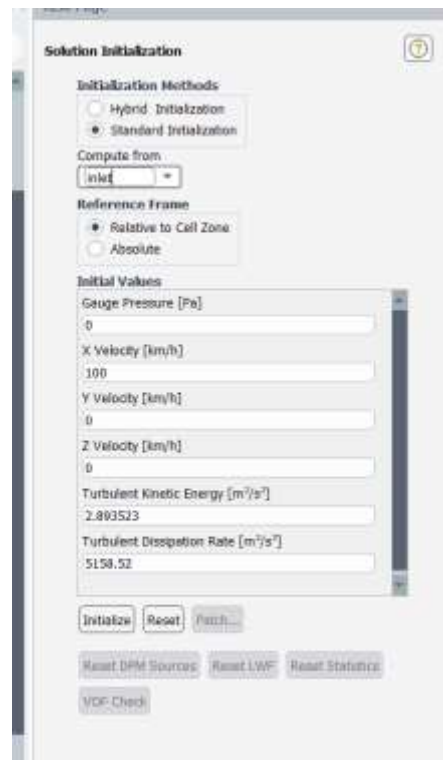
Hình 4.65: Thiết lập điều kiện biên outlet

Reference Values được thiết lập từ mặt vào (inlet), với tốc độ gió 100 km/h, 60km/h, 30km/h và các thông số khí quyển tiêu chuẩn ( $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$ ,  $T = 288.16 \text{ K}$ ). Điều này đảm bảo việc tính toán các hệ số lực khí động chính xác và có thể so sánh.



Hình 4.66: Thiết lập Reference Values

Phương pháp Standard Initialization được sử dụng, với vị trí khởi tạo tại biên inlet và hệ quy chiếu tương đối với vùng ô. Các giá trị ban đầu bao gồm: áp suất 0 Pa, vận tốc X 100 km/h, 60km/h, 30km/h, vận tốc Y và Z bằng 0, năng lượng động học nhiễu loạn  $2.89 \text{ m}^2/\text{s}^2$  và tốc độ tiêu tán  $5158.52 \text{ m}^2/\text{s}^3$ .



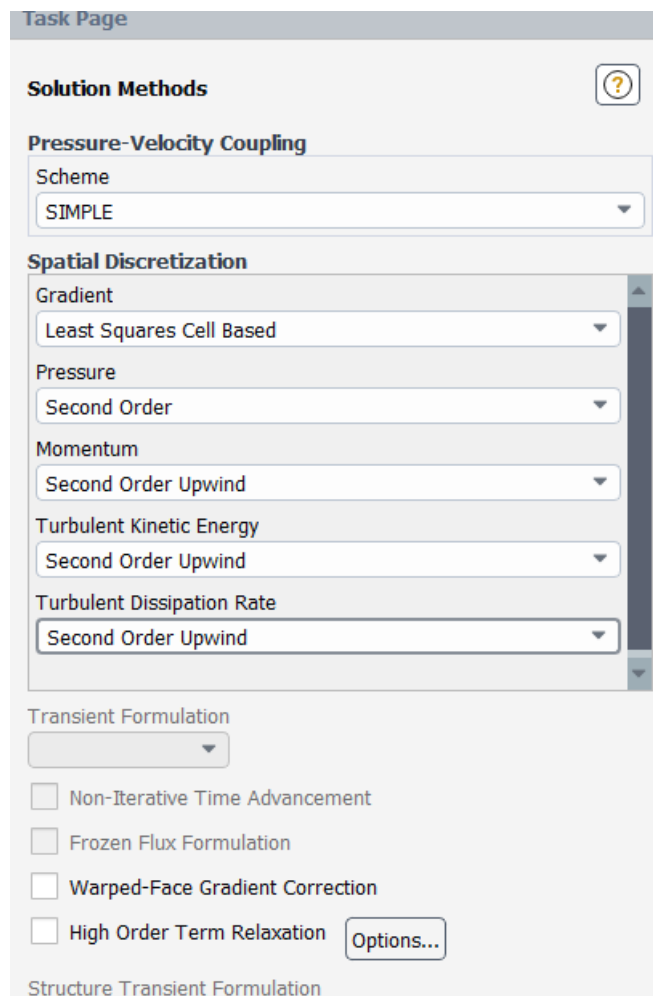
Hình 4.67: Thiết lập Solution Initialization

#### 4.3.2.4. Giải bài toán (Solution)

Phép ghép áp suất – vận tốc được thực hiện theo sơ đồ SIMPLE. Phần rời rạc không gian (Spatial Discretization) sử dụng các phương pháp chính xác bậc hai, bao gồm:

- ❖ Gradient: Least Squares Cell Based
- ❖ Pressure: Second Order
- ❖ Momentum: Second Order Upwind
- ❖ Turbulent Kinetic Energy: Second Order Upwind
- ❖ Turbulent Dissipation Rate: Second Order Upwind

Việc sử dụng các lược đồ bậc hai giúp nâng cao độ chính xác của mô phỏng, đặc biệt quan trọng trong các bài toán có dòng rối.



Hình 4.68: Thiết lập solution methods

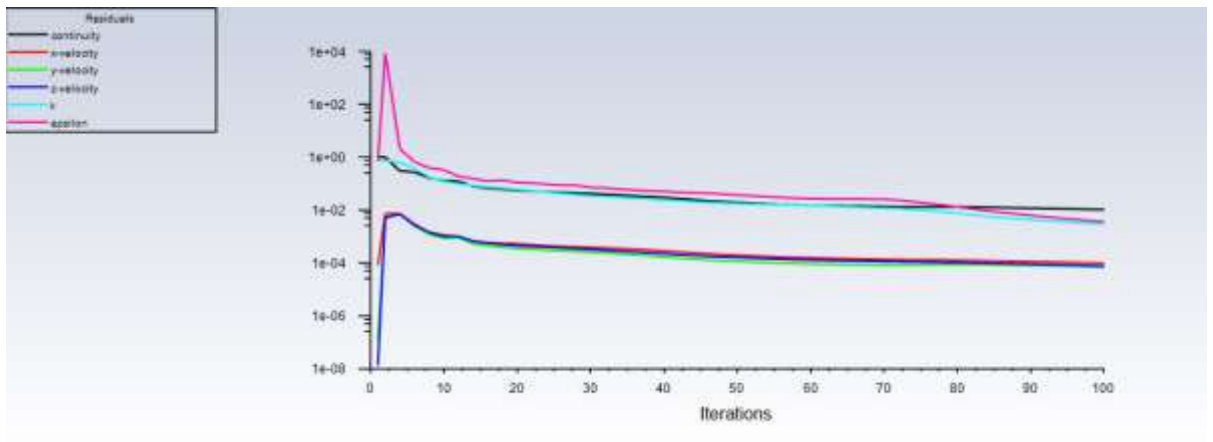
Mô phỏng được thực hiện với 100 vòng lặp (iterations). Chu kỳ báo cáo kết quả (Reporting Interval) và cập nhật hồ sơ (Profile Update Interval) đều được đặt là 2, nhằm theo dõi quá trình hội tụ của nghiệm trong suốt quá trình tính toán



Hình 4.69: Tiến hành mô phỏng

#### 4.3.2.5. Kết quả (Results)

Trường hợp 1: mô phỏng khí động học của xe bus ở vận tốc 100km/h



Hình 4.70: Đồ thị biểu diễn độ hội tụ của các phương trình điều khiển Residuals

#### ❖ Nhận xét đồ thị hội tụ Residuals

Các đại lượng hiển thị:

- Đồ thị thể hiện sự thay đổi sai số (residuals) theo số vòng lặp (iterations) đối với các phương trình điều khiển:

+ continuity (liên tục khối lượng),

+ x-velocity, y-velocity, z-velocity (vận tốc theo 3 phương),

+ k (năng lượng rối),

+ epsilon (tỉ lệ phân tán năng lượng rối).

Xu hướng hội tụ:

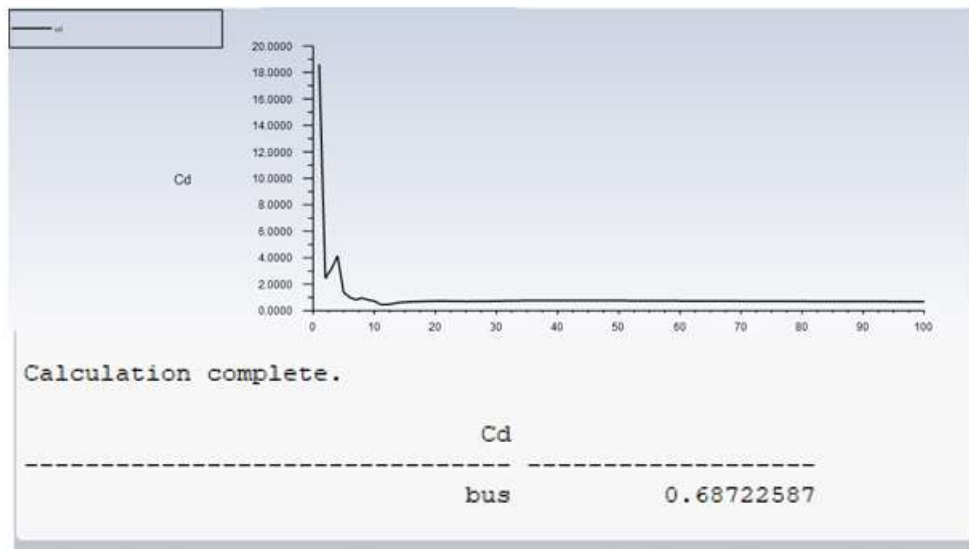
- Tất cả các đường residuals đều giảm nhanh chóng trong khoảng 0–20 iteration đầu, cho thấy quá trình giải đang hội tụ tốt ban đầu.

- Sau khoảng 20–30 vòng lặp, các đường cong bắt đầu tiệm cận và dao động nhẹ quanh một giá trị nhỏ, cho thấy giải pháp gần đạt trạng thái ổn định.

Mức độ hội tụ:

- Một số thành phần như continuity, x-velocity, y-velocity... đã hội tụ đến mức dưới  $10^{-4}$ , đây là mức hội tụ thường được chấp nhận trong các mô phỏng CFD.

- Đặc biệt epsilon và k vẫn dao động ở mức  $10^{-2}$ – $10^{-3}$ , điều này thường thấy do bản chất của mô hình rối (turbulence) khó hội tụ hơn.



Hình 4.71: Đồ thị hệ số cản Cd

❖ Nhận xét đồ thị hệ số cản Cd

Giai đoạn đầu (0–10s):

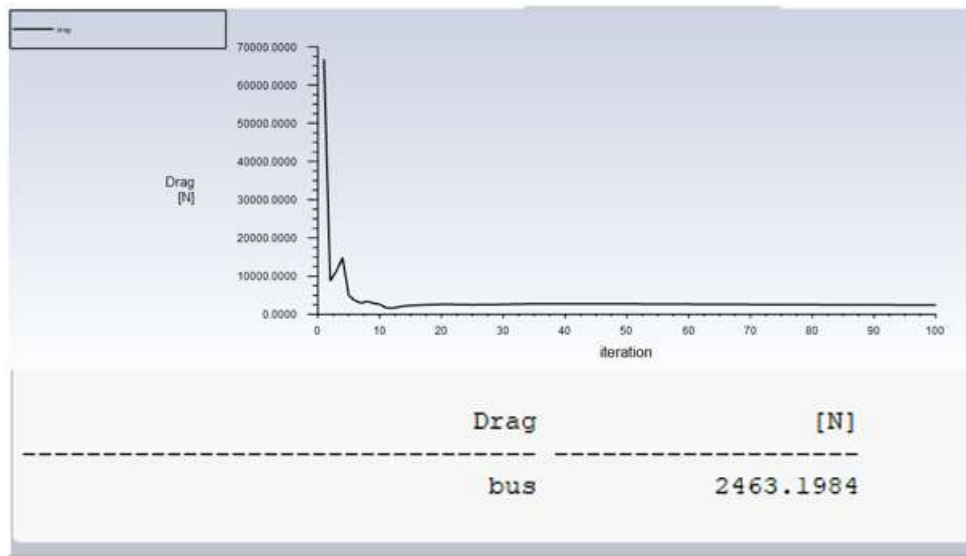
- Hệ số cản Cd biến thiên rất mạnh, có giá trị ban đầu cao tới gần 20.
- Biến thiên dao động rồi giảm nhanh chóng xuống mức ổn định.
- Điều này cho thấy mô phỏng đang trong giai đoạn khởi tạo dòng chảy, chưa ổn định.

Giai đoạn sau (từ ~15s trở đi):

- Đồ thị gần như ổn định, dao động nhẹ quanh một giá trị trung bình.
- Đây là giai đoạn dòng chảy ổn định, hệ số cản đã đạt giá trị cuối cùng đáng tin cậy.

Giá trị  $C_d$  cuối cùng:

- Giá trị  $C_d$  cuối cùng có thể làm tròn là 0.687.
- Đây là một giá trị hợp lý cho xe bus, thường dao động trong khoảng 0.6 – 0.8 tùy hình dạng và điều kiện mô phỏng.



Hình 4.72: Đồ thị lực cản Drag

❖ Nhận xét đồ thị lực cản Drag:

Giai đoạn đầu (0–10 iterations):

- Lực cản khí động dao động rất lớn, từ giá trị cực đại khoảng 70,000 N xuống nhanh.
- Đây là giai đoạn hệ thống chưa hội tụ, dòng chảy và lực cản chưa ổn định.

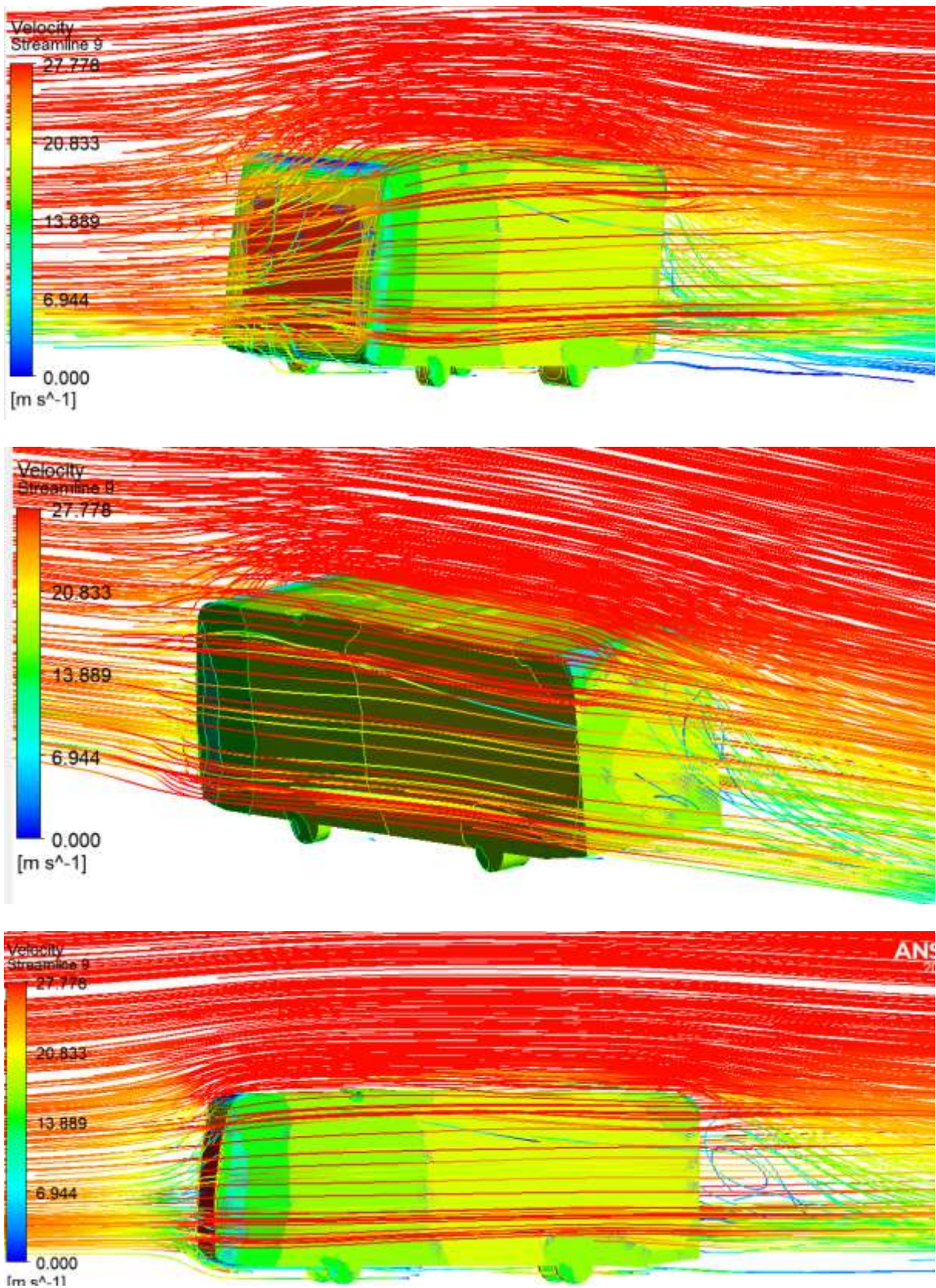
Giai đoạn từ iteration ~15 trở đi:

- Lực cản giảm xuống mức ổn định và chỉ dao động nhẹ quanh một giá trị nhất định.
- Đường cong gần như nằm ngang từ iteration 20 đến 100 → mô phỏng đã hội tụ tốt.

Giá trị lực cản cuối cùng:

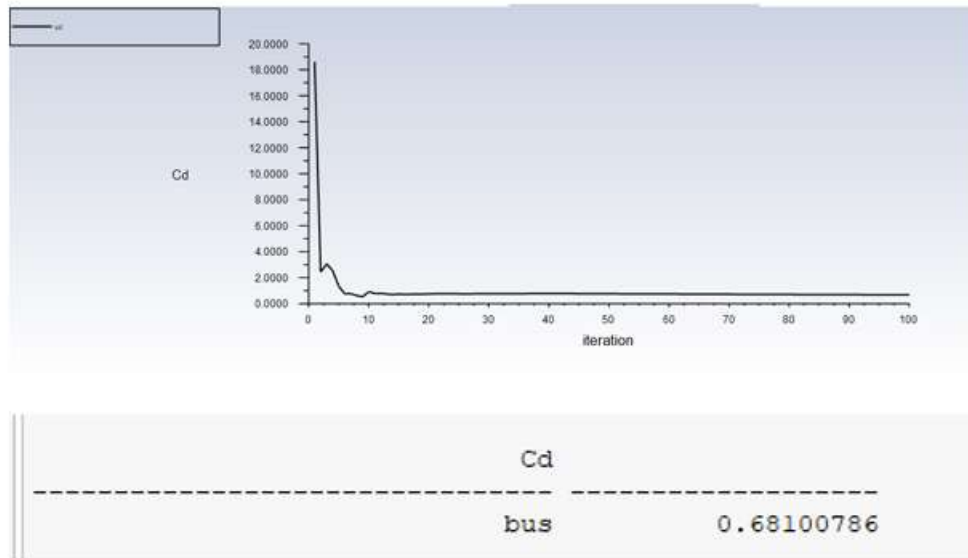
- Được ghi nhận là 2463.1984 N.

- Đây là lực cản khí động toàn phần tác dụng lên xe bus trong điều kiện mô phỏng.



Hình 4.73 : Dòng khí quanh xe bus ở tốc độ 100km/h

Trường hợp 2: mô phỏng khí động học của xe bus ở trường hợp 60km/h



Hình 4.74: Đồ thị hệ số cản Cd

❖ Nhận xét đồ thị hệ số cản Cd:

Giai đoạn đầu (0–10s):

- Cd biến thiên mạnh, đạt giá trị cao  $>10$  do dòng chưa ổn định.
- Sau đó nhanh chóng giảm mạnh về mức ổn định.

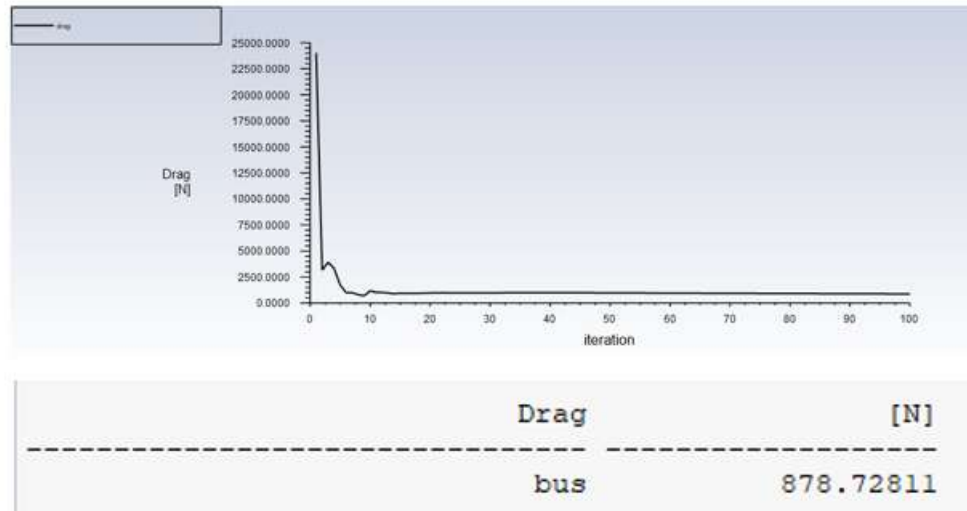
Giai đoạn ổn định (từ ~15s trở đi):

- Đồ thị dao động nhẹ quanh giá trị trung bình → mô phỏng đã ổn định.

Giá trị Cd cuối cùng:

- $Cd \approx 0.695$

- Đây là giá trị phù hợp cho xe bus ở tốc độ thấp hơn (60 km/h), gần với trường hợp 1 ( $Cd = 0.687$ )



Hình 4.75: Đồ thị lực cản khí động học

❖ Nhận xét đồ thị lực cản khí động học

Giai đoạn đầu (từ iteration 0 đến ~10):

- Lực cản dao động rất mạnh, đỉnh ban đầu lên tới hơn 22,000 N → đây là hiện tượng bình thường trong CFD khi dòng chảy chưa ổn định, chưa hội tụ.

- Sau vài iteration đầu, lực cản giảm nhanh chóng xuống dưới 2,000 N, cho thấy hệ thống bắt đầu tiệm cận trạng thái ổn định.

Giai đoạn giữa và sau (iteration 15 đến 100):

- Đường cong bắt đầu ổn định dần từ iteration ~15.

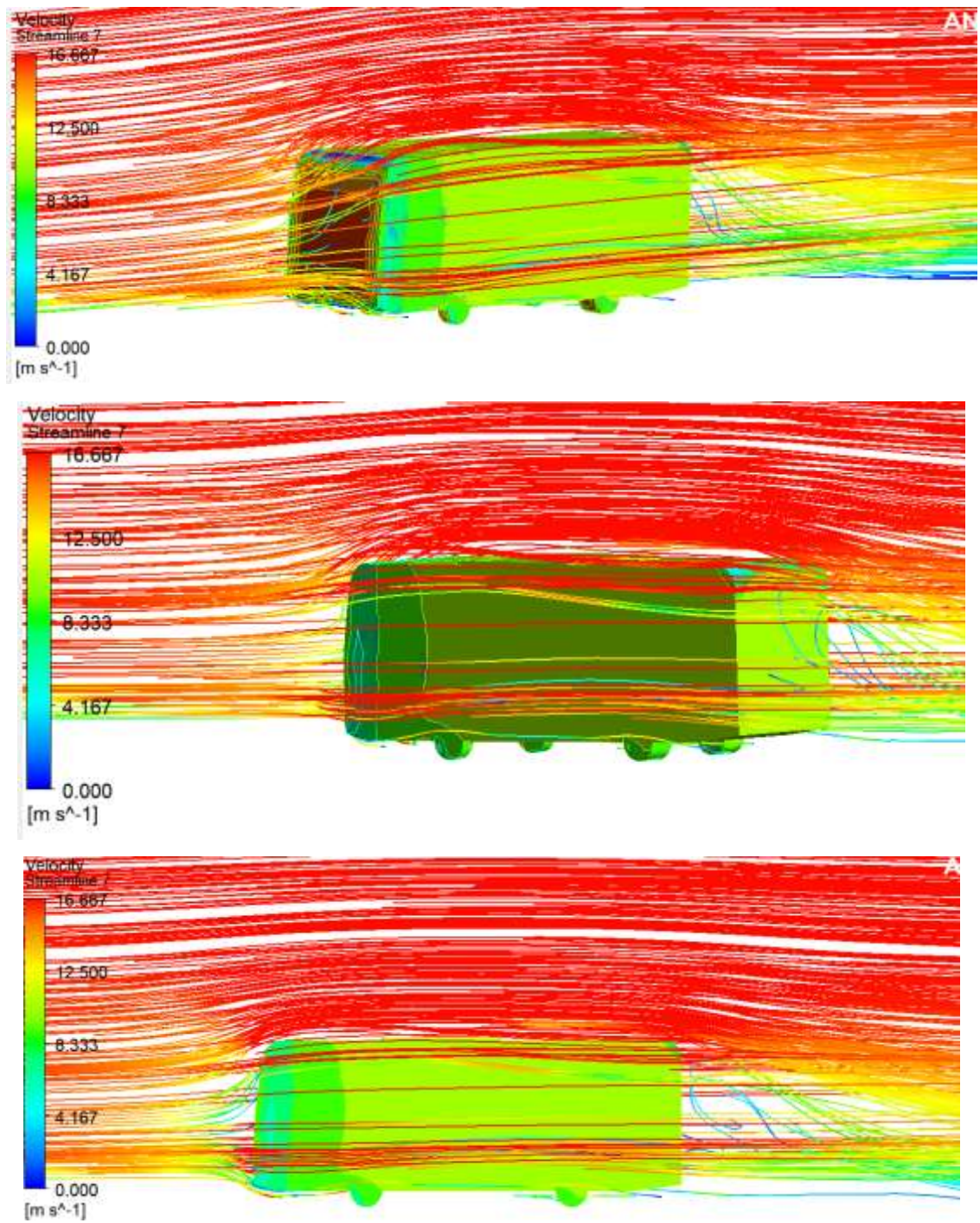
- Từ iteration ~30 trở đi, đồ thị dao động rất nhỏ và nằm ngang, chứng tỏ dòng chảy đã hội tụ tốt và mô phỏng đáng tin cậy.

Giá trị lực cản cuối cùng:

- Được ghi nhận rõ trong kết quả in: 878.28N

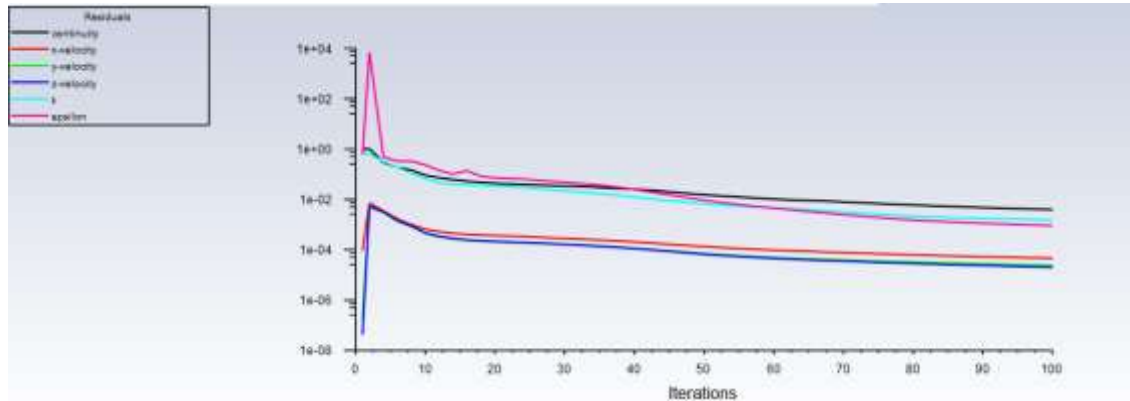
- Đây là giá trị lực cản khí động học toàn phần tác dụng lên toàn bộ xe bus trong điều kiện mô phỏng tại 60 km/h.

- So với trường hợp 1 ( 100km/h): lực cản nhỏ hơn rõ rệt theo đúng quy luật  $F_D \approx v^2$



Hình 4.76: Dòng khí quanh xe bus ở tốc độ 60km/h

Trường hợp 3: mô phỏng khí động học xe bus ở vận tốc 30km/h



Hình 4.77: Đồ thị hội tụ residuals

❖ Nhận xét:

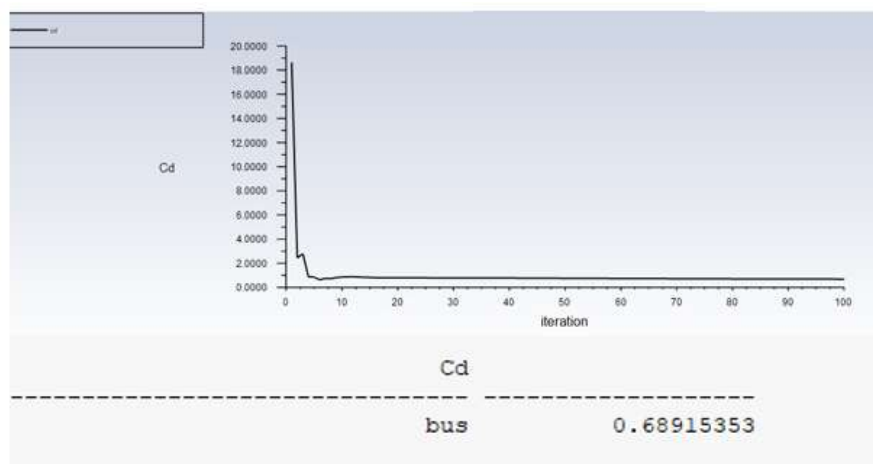
Giai đoạn đầu (0–10 iterations):

- Tất cả các đường sai số tăng vọt lúc đầu, đặc biệt là epsilon (hồng) và k (lam nhạt), cho thấy:

- Dòng chảy bắt đầu được thiết lập.
- Mô hình turbulence cần thời gian để ổn định (điều bình thường).

Giai đoạn giữa và sau (iteration 15–100):

- Các đường residuals dần tiệm cận và dao động nhẹ quanh các giá trị thấp:
- Vận tốc (x, y, z) đạt mức dưới  $10^{-4}$  – đạt tiêu chuẩn hội tụ.
- Continuity chậm hơn một chút nhưng vẫn đi xuống dần, quanh mức  $10^{-3}$ .
- K và epsilon dao động nhẹ quanh mức  $10^{-2}$  đến  $10^{-3}$ , khó hội tụ sâu hơn do bản chất mô hình rối (turbulence models như k-epsilon thường như vậy).



Hình 4.78: Đồ thị hệ số cản khí động học Cd

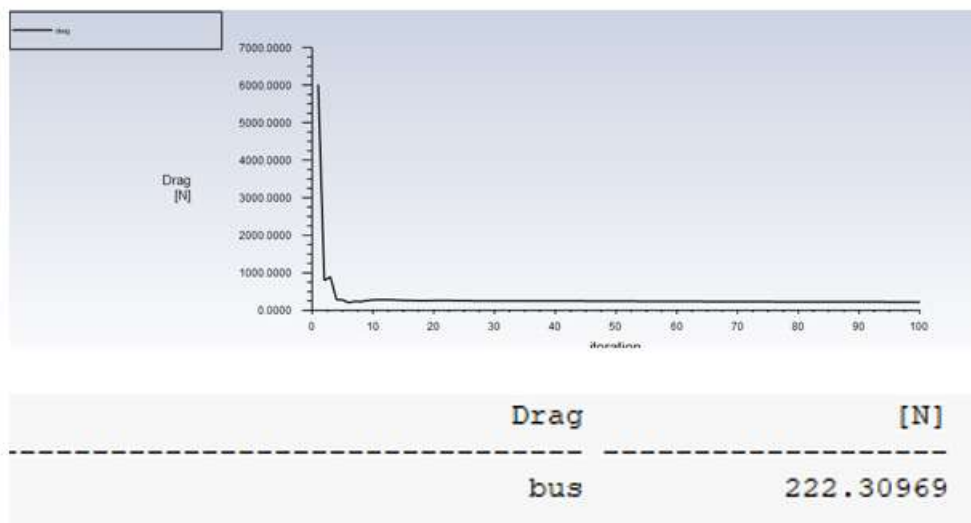
❖ Nhận xét đồ thị hệ số cản khí động học Cd

Giai đoạn đầu (0–10 iteration đầu):

- Cd biến thiên rất lớn và mạnh: khởi đầu ở mức cao bất thường (>18).
- Sau vài iteration, giá trị giảm rất nhanh chỉ còn dưới 1.5, cho thấy:
  - + Giai đoạn này dòng chảy chưa ổn định.
  - + Bộ solver đang điều chỉnh để thiết lập trường dòng.

Giai đoạn từ iteration 15 trở đi:

- Đường cong Cd tiệm cận về một giá trị ổn định (~0.689).
- Đồ thị dao động nhẹ quanh giá trị này từ iteration ~20 đến 100, chứng tỏ:
  - + Trường dòng đã ổn định.
  - + Mô phỏng đã hội tụ tốt và kết quả Cd là đáng tin cậy.
- So với các vận tốc cao hơn thì giá trị Cd gần như tương đương, ở 60km/h (~0.695) và ở 100km/h (~0.687)
- Điều này cho thấy Cd gần như không đổi theo vận tốc, giá trị Cd chỉ phụ thuộc vào hình dạng của xe.



Hình 4.79: Đồ thị lực cản khí động học

❖ Nhận xét đồ thị lực cản khí động học

Giai đoạn đầu (0–10 iterations):

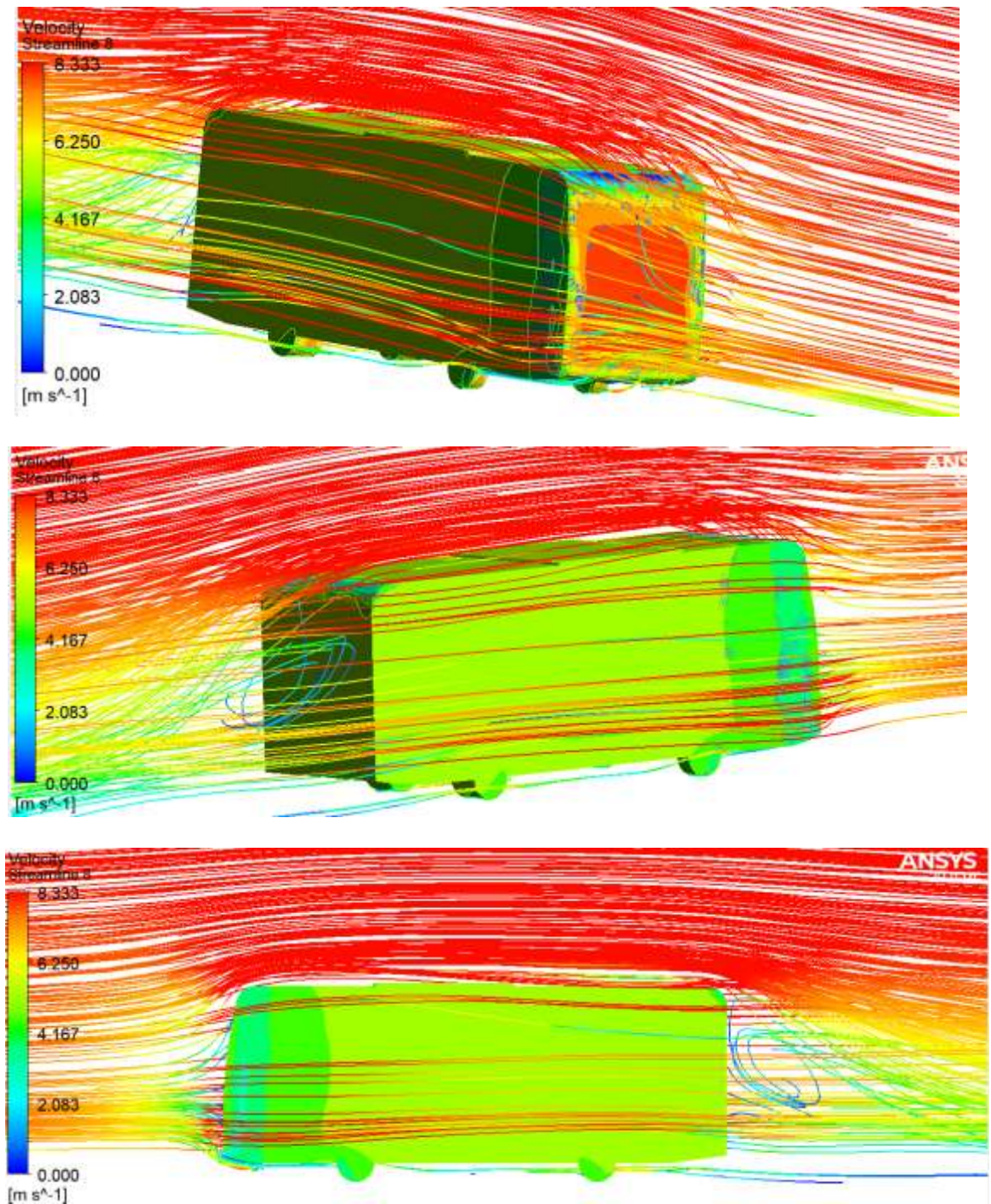
- Lực cản dao động rất lớn, khởi đầu ở mức trên 6,000,000 N, giảm cực nhanh xuống dưới 500 N sau vài iteration.

- Đây là giai đoạn dòng chảy chưa ổn định, solver đang khởi tạo điều kiện dòng và thiết lập trường tính toán.

Giai đoạn từ iteration 15 trở đi:

- Đường cong lực cản ổn định và nằm ngang, chỉ dao động nhẹ quanh giá trị trung bình.

- Biểu hiện cho thấy mô phỏng đã hội tụ, kết quả ổn định và đáng tin cậy.



Hình 4.80: Dòng khí quanh xe buýt ở tốc độ 30km/h

Nhận xét chung về kết quả

- Hệ số cản của xe bus 29 theo kết quả mô phỏng được trong cả 3 trường hợp đều dao động từ 0,68-0,7. Kết quả này cho thấy hệ số cản của xe bus nằm trong khoảng cho phép về hệ số cản của xe bus ( từ 0,6-0,8).

- Theo cơ sở lý thuyết tính toán hệ số Reynolds ở chương 2:  $Re = \frac{\rho u L}{\mu} = \frac{u L}{\nu}$

Ta xác định được hệ số Reynolds trong cả ba trường hợp lần lượt là:  $1,67.10^7$  ,  $0,96.10^7$  và  $0,48.10^7$ . Vì cả ba trường hợp đều có hệ số Reynolds  $>4000$ , nên dòng khí quanh xe xuất hiện dòng chảy rối. Điều này chứng minh cho việc hệ số cản không thay đổi trong cả 3 trường hợp mô phỏng.

- Ở cả ba trường hợp vận tốc 30 km/h, 60 km/h và 100 km/h, đều xuất hiện vùng xoáy và dòng khí rối ở phía sau xe. Đây là khu vực tách dòng rõ rệt, tạo nên vùng áp suất thấp và là nguyên nhân chính gây ra lực cản khí động học.

- Ở phía đầu xe, do thiết kế mặt trước phẳng và có diện tích lớn, dòng khí bị tách và chuyển hướng mạnh, gây ra sự tăng áp cục bộ và làm biến dạng trường dòng ở hai bên thân xe.

- Tổng thể, mô hình dòng chảy cho thấy đặc trưng khí động học phù hợp với hình dáng của xe 29 chỗ hiện nay, tuy nhiên vẫn còn tiềm năng để tối ưu phần đuôi nhằm giảm vùng hồi lưu và lực cản.

#### 4.4. Tổng kết

Chương 5 trình bày quá trình phân tích độ bền kết cấu và đặc tính khí động học của xe bus 29 chỗ bằng phần mềm ANSYS. Phần đầu mô tả chi tiết quy trình kiểm nghiệm độ bền khung vỏ bằng mô-đun Static Structural: từ khởi tạo mô hình, gán vật liệu, thiết lập điều kiện biên, chia lưới đến chạy mô phỏng và phân tích kết quả. Các tình huống tải trọng được xét bao gồm: chịu tải tĩnh, phanh gấp, quay vòng gấp trái/phải và tải xoắn khi đi qua mấp mô. Kết quả cho thấy khung xe đảm bảo độ bền, các ứng suất đều nhỏ hơn giới hạn chảy của vật liệu và hệ số an toàn luôn lớn hơn 1.

Tiếp theo, chương thực hiện mô phỏng khí động học với mô-đun Fluent ở ba vận tốc khác nhau (30 km/h, 60 km/h, 100 km/h). Kết quả cho thấy hệ số cản Cd dao động từ 0.687 đến 0.695 – phù hợp với tiêu chuẩn khí động của xe bus. Các phân tích trường dòng, vùng tách dòng, lực cản và dòng rối đều chứng minh mô hình thiết kế có khả năng hướng dòng tốt và vận hành ổn định ở nhiều điều kiện thực tế.

## CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN

### 5.1. Kết luận

- Hoàn thành thiết kế và mô phỏng khung xe:

+ Đồ án tốt nghiệp “tính toán, thiết kế, và mô phỏng kiểm nghiệm bền khung vỏ xe bus” đã hoàn tất thiết kế mô hình, tạo ra được kết cấu khung xe đảm bảo được độ bền, tính khí động học, đáp ứng đủ các tiêu chí đã nêu ra. Thiết kế và mô hình hoá 3d bằng phần mềm Autodesk Inventor và phân tích được kết cấu bằng ANSYS Workbench.

+ Trong suốt quá trình thiết kế thì các chi tiết luôn đáp ứng đủ các quy định của QCVN, TCVN. Đồ án đã đi sâu vào phân tích được cơ sở lý thuyết về tải trọng tĩnh-động. Tìm hiểu chọn lựa được loại vật liệu phù hợp để chế tạo và phương pháp hàn gắn các chi tiết với nhau.

+ Đã bố trí được không gian, vị trí các khoang trên xe, cũng như việc bố trí các bộ phận như ghế ngồi, cửa, ... hợp lý để tối ưu được không gian.

+ Tính toán, kiểm nghiệm khả năng kéo và tính ổn định của xe.

+ Tiến hành mô phỏng được các trường hợp tải tĩnh, phanh gấp, quay vòng, tải xoắn trên ansys. Thu được kết quả để phân tích ứng suất, biến dạng xuất hiện trên mô hình. Ta thấy được các vị trí chịu tải trọng lớn hay xuất hiện ứng suất cực đại trong các tính huống mô phỏng thì ngưỡng ứng suất vẫn nằm trong mức chịu đựng của vật liệu.

+ Đã thực hiện mô phỏng khí động học, thu được kết quả có sự chỉnh sửa để tối ưu được cho việc hoạt động của xe.

- Đánh giá độ bền kết cấu:

+ Giá trị ứng suất luôn nhỏ hơn giới hạn chảy của vật liệu, chứng minh rằng khung xe đủ bền trong các điều kiện khai thác bình thường.

+ Hệ số an toàn luôn lớn hơn 1, điều này khẳng định kết cấu đã được thiết kế hợp lý.

- Đáp ứng yêu cầu thực tế:

+ Thiết kế khung xe có tính khả thi cao để áp dụng vào thực tế, đặc biệt trong các ứng dụng giao thông đô thị, thân thiện môi trường.

### 5.2. Hướng phát triển trong tương lai:

- Tối ưu hóa khối lượng và hình học khung xe:

+ Sử dụng thuật toán tối ưu hoặc phương pháp phần tử hữu hạn nâng cao để giảm trọng lượng nhưng vẫn đảm bảo độ bền.

- Tích hợp thêm mô phỏng động lực học:

+ Phân tích động học và mô phỏng toàn bộ hệ thống xe (bao gồm hệ thống treo, bánh xe) để nâng cao tính thực tế.

- Thử nghiệm thực tế:

+ Sản xuất nguyên mẫu để kiểm nghiệm thực tế, so sánh kết quả mô phỏng và thực tế nhằm hiệu chỉnh mô hình.

- Ứng dụng vật liệu mới:

+ Khảo sát và thử nghiệm các vật liệu nhẹ hơn như hợp kim nhôm, vật liệu composite nhằm giảm khối lượng xe.

- Phát triển thành sản phẩm hoàn chỉnh:

+ Tiếp tục phát triển thành mô hình hoàn chỉnh bao gồm hệ thống truyền động, điện tử điều khiển và năng lượng (nếu tích hợp điện hoặc năng lượng mặt trời).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TS. Phan Minh Đức, *Giáo trình Lý thuyết ô tô - Biên soạn dành cho sinh viên Khoa CKGT*, Trường Đại học Bách khoa – ĐHQĐHN, 2007
- [2] Nguyễn Hữu Cần, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng, *Lý thuyết ô tô máy kéo*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 7/2003.
- [3] Jason C. Brown, A. John Robertson, Stan T. Serpento, *Motor vehicle structures: Concepts and fundamentals*
- [4] TS. Trần Thanh Tùng, Nguyễn Văn Mẫn, “*Tính toán kiểm bền khung xe tải 500Kg*”, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2017
- [5] Thái Thế Hùng, *Sức bền vật liệu*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2009
- [6] PSG.TS. Nguyễn Trọng Hoan, *Bài giảng thiết kế tính toán ô tô*, Hà Nội, 2018
- [7] Thiet Ke Than Vo Oto
- [8] Giancarlo Genta, Lorenzo Morello, *The Automotive Chassis Volume I: Components Design*.
- [9] Giancarlo Genta, Lorenzo Morello, *The Automotive Chassis Volume II: System Design*.
- [10] Lorenzo Morello, Lorenzo Rosti Rossini, Giuseppe Pia, Andrea Tonoli, *The Automotive Body volume I: Components Design*.
- [11] Lorenzo Morello, Lorenzo Rosti Rossini, Giuseppe Pia, Andrea Tonoli, *The Automotive Body volume II: System Design*.
- [12] THƯ VIỆN PHÁP LUẬT. QCVN 09:2015/BGTVT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng an toàn kỹ thuật và bảo vệ môi trường đối với xe ô tô [trực tuyến]. Truy cập tại: <https://thuvienphapluat.vn/phap-luat/ho-tro-phap-luat/qcvn-092015bgtvt-quy-dinh-ve-chat-luong-an-toan-ky-thuat-va-bao-ve-moi-truong-doi-voi-xe-o-to-113470.html>
- [13] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6724:2000 về phương tiện giao thông đường bộ-ô tô khách cỡ lớn-yêu cầu về cấu tạo chung trong công nhận kiểu ban hành bởi Bộ trưởng Bộ khoa học Công nghệ và Môi trường (năm 2000, vẫn đang có hiệu lực).
- [14] BEBON International. Giới thiệu công ty và sản phẩm thép [trực tuyến]. Truy cập tại: <https://www.bebonchina.com>.

- [15] MatWeb - Online Materials Information Resource. Truy cập tại: <https://www.matweb.com>
- [16] THACO. (n.d.). *Cruizer 81S*. THACO Bus. <https://thacobus.vn/cruizer-81s>
- [17] Ninh Đức Tôn, Sổ tay dung sai lắp ghép.
- [18] Nanibi.(n.d.).*Động cơ thủy Weichai WP4*. Nanibi.
- [19] CATALOGUE\_BUSGHE\_2024
- [20] Tiêu chuẩn ngành-22TCN 307\_2006 về phương tiện giao thông cơ giới đường bộ- ô tô- yêu cầu an toàn chung.