

KHỬ NHIỀU TRONG KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM AN TOÀN CỦA NẮP CA-PÔ Ô TÔ ĐỐI VỚI ĐẦU NGƯỜI ĐI BỘ

NOISE REDUCTION IN HEADFORM IMPACTOR TO BONNET TOP TEST

Ngô Văn Lực^{1,*}, Nguyễn Thị Loan², Nguyễn Văn Hải¹, Đầu Văn Kiên¹, Hà Trí Hùng¹

¹Khoa Cơ khí - Cơ điện tử, Trường Kỹ thuật Phenikaa, Đại học Phenikaa

²Khoa Khoa học Cơ bản, Đại học Phenikaa

*Email: luc.ngovan@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT

Thử nghiệm an toàn của nắp ca-pô ô tô đối với đầu người đi bộ (headform impactor to bonnet top test) là một trong những thử nghiệm rất quan trọng và bắt buộc phải thực hiện trong quá trình kiểm định an toàn của xe ô tô trước khi bán ra thị trường các nước thuộc Liên minh Châu Âu. Thử nghiệm này được đề xuất bởi Ủy ban an toàn Châu Âu năm 1998 và được cập nhật vào năm 2002. Một số nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, thử nghiệm này tiềm ẩn khả năng gây ra sai số cho kết quả thử nghiệm. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào đưa ra phương pháp để loại bỏ những khả năng gây ra sai số cho thử nghiệm này. Trên cơ sở phân tích nguyên nhân gây ra sai số, nghiên cứu này sẽ đề xuất một giải pháp để loại bỏ sai số trong kết quả thử nghiệm an toàn của nắp ca-pô ô tô với đầu người đi bộ. Nghiên cứu này rất có ý nghĩa trong khoa học và thực tiễn, giúp tăng độ tin cậy của kết quả thử nghiệm trong nghiên cứu và kết luận chính xác trong kiểm định an toàn của ô tô với người đi bộ.

Từ khóa: *Headform impactor; Độ tin cậy thử nghiệm nắp ca-pô; An toàn của nắp ca-pô ô tô; Chấn thương đầu người đi bộ; Nâng cao độ tin cậy.*

ABSTRACT

The pedestrian headform to bonnet top test is one of the most important and mandatory safety tests that must be performed during automobile certification before vehicles are marketed in European Union countries. This test procedure was proposed by the European Safety Commission in 1998 and updated in 2002. Previous studies have indicated that this test may lead to potential errors in the test results. However, no previous study has proposed a method to eliminate the possible sources of such errors. Based on an analysis of the causes of error, this study proposes a solution to eliminate errors in pedestrian headform impactor to bonnet top tests. This research is highly significant both scientifically and practically, as it helps improve the reliability of test results in automotive research and certification.

Keywords: *Headform impactor; Bonnet top test reliability; Automobile bonnet safety; Pedestrian head injury; Increase reliability.*



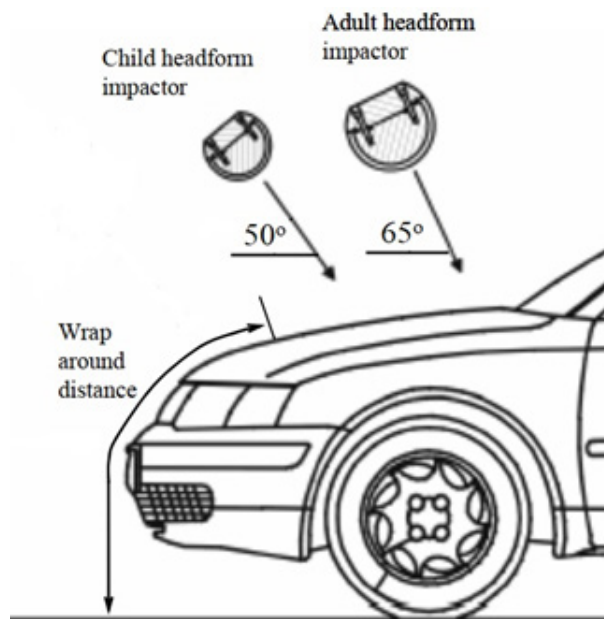
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kể từ năm 2003, theo quy định của Liên minh Châu Âu (EU) tất cả các xe ô tô bán trên thị trường EU đều phải qua kiểm định an toàn đối với người đi bộ khi chạm [1]. Một trong những thử nghiệm bắt buộc phải thực hiện trong quá trình kiểm định đó là thử nghiệm an toàn của nắp ca-pô ô tô đối với đầu người đi bộ. Thử nghiệm này được đề xuất bởi Ủy ban an toàn Châu Âu và được mô tả tóm tắt như trên Hình 1 [2]. Theo đó, có hai mô hình riêng phần đầu (headform) người đi bộ được sử dụng là mô hình đầu người lớn và mô hình đầu trẻ em. Hai mô hình này có cấu tạo giống nhau nhưng khác nhau về kích thước và khối lượng. Mô hình đầu trẻ em (child headform impactor) được sử dụng để kiểm định ở vùng trước nắp ca-pô, khu vực có khoảng cách vòng (wrap around distance) nhỏ hơn 1.500 mm. Mô hình đầu người lớn (adult headform impactor) được sử dụng để kiểm định ở vùng sau của nắp ca-pô, khu vực có khoảng cách vòng từ 1.500 mm đến 2.100 mm. Các mô hình này được sử dụng để bắn vào vị trí cần được thử nghiệm với vận tốc ban đầu là 40 Km/h. Mô hình đầu trẻ em và mô hình đầu người lớn được bắn theo phương nghiêng các góc lần lượt là 50° và 65° so với phương ngang. Tại điểm trọng tâm của các mô hình đầu có một gia tốc kế để đo gia tốc điểm trọng tâm của các mô hình riêng phần đầu trong quá trình va chạm. Mức độ an toàn đối với đầu người đi bộ được đánh giá thông qua chỉ số HIC (Head Injury Criterion), được tính căn cứ vào đặc điểm biến thiên của giá trị gia tốc tổng hợp điểm trọng tâm các mô hình riêng phần đầu thu được từ các gia tốc kế. Công thức tính toán giá trị HIC như sau:

$$HIC = \text{Max} \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} A dt \right]^{2.5} (T_2 - T_1)$$

Với điều kiện:

$$\Delta T = T_2 - T_1 \leq 15 \text{ (ms = mili giây)}$$



Hình 1. Mô tả quy trình thử nghiệm an toàn của nắp ca-pô đối với đầu người đi bộ [2]

Trong đó, A là gia tốc của điểm trọng tâm các mô hình riêng phần đầu người đi bộ trong quá trình va chạm, đơn vị tính là [G] ($1G = 9,81m/s^2$). T_1 và T_2 là hai thời điểm bất kỳ trong quá trình va chạm và T_1 nhỏ hơn T_2 . Giá trị HIC thu được càng lớn thì mức độ nguy hiểm đối với đầu người đi bộ càng cao. Giá trị HIC nhỏ hơn 1000 được coi là an toàn, chỉ có thể gây ra chấn thương nhẹ như choáng váng. Giá trị HIC ở mức từ 1000 đến 2000 là mức có thể gây ra chấn thương nặng như nứt hộp sọ, vỡ hộp sọ hay chấn thương sọ não. Giá trị HIC ở mức lớn hơn 2000 là mức độ nguy hiểm, có thể gây tử vong.

Mức độ tin cậy của thử nghiệm này là rất quan trọng vì nó ảnh hưởng đến một mẫu xe có thể được cấp phép hoặc không được cấp phép bán trên thị trường EU cũng như một số nước phát triển khác. Tuy nhiên, một số nghiên

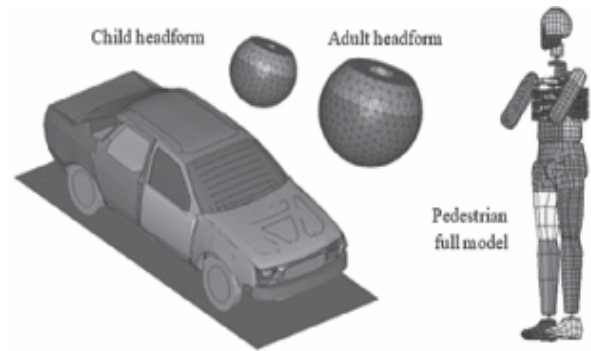
cứ gần đây của nhóm tác giả đã chỉ ra rằng, thử nghiệm này tiềm ẩn nhiều sai số. Do đó, cần thiết phải có một giải pháp để khử sai số cho những thử nghiệm này. Trên cơ sở phân tích nguyên nhân gây ra sai số, nghiên cứu này sẽ đưa ra một số giải pháp để khử nhiễu làm tăng độ tin cậy cho các thử nghiệm này. Kết quả của nghiên cứu này không chỉ có ý nghĩa về mặt khoa học mà rất cần thiết đối với thực tiễn. Góp phần vào việc đưa ra quyết định liên quan đến kiểm định an toàn của ô tô với người đi bộ một cách chính xác.

2. PHÂN TÍCH VÀ ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN

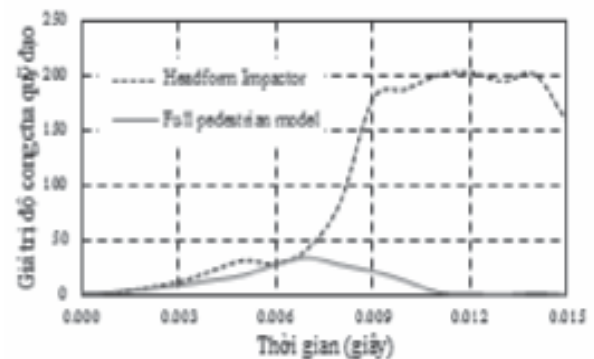
2.1. Phân tích nguyên nhân gây ra sai số

Các nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả đã chỉ ra rằng, kết quả thử nghiệm tiềm ẩn nhiều khả năng chứa sai số [3, 4]. Xuất phát từ công thức tính giá trị HIC như đã trình bày ở trên, thành phần quan trọng nhất trong công thức này là gia tốc tổng hợp. Trên cơ sở phân tích, so sánh sự biến thiên các thành phần cấu thành gia tốc tổng hợp khi thử nghiệm với mô hình người đi bộ đầy đủ [5] và mô hình riêng phần đầu [6] như trong thử nghiệm an toàn của nắp ca-pô với đầu người đi bộ. Trong các nghiên cứu trước đây, nhóm tác giả đã chỉ ra rằng các thành phần như gia tốc tiếp tuyến, vận tốc tổng hợp thu được khi mô phỏng va chạm với hai mô hình có đặc điểm biến thiên tương đối khác nhau. Tuy nhiên, thành phần độ cong quỹ đạo thì có giai đoạn biến thiên rất khác nhau, như chỉ ra trên Hình 3. Sự khác nhau nằm ở giai đoạn cuối của quá trình va chạm, trong khi thử nghiệm với mô hình đầu đủ độ cong quỹ đạo giảm xuống giá trị rất nhỏ gần như bằng không thì độ cong của quỹ đạo thử nghiệm với mô hình riêng phần đầu lại tăng lên rất cao. Sự tăng lên của độ cong quỹ đạo này là nguyên nhân gây ra đỉnh thứ hai của gia tốc

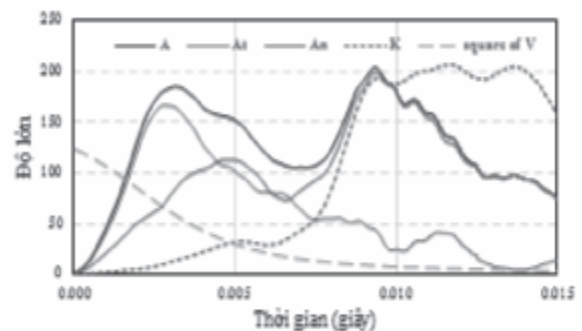
tổng hợp như thể hiện trên Hình 4. Với việc gia tốc tổng hợp xuất hiện đỉnh thứ hai ngay cạnh đỉnh thứ nhất sẽ làm cho khoảng thời gian tính giá trị HIC rộng ra và chứa cả phần nhiễu trong kết quả tính giá trị HIC.



Hình 2. Mô hình sử dụng để mô phỏng va chạm giữa ô tô và đầu người đi bộ [5, 6]



Hình 3. Đặc điểm biến thiên của độ cong quỹ đạo điểm trọng tâm phần đầu

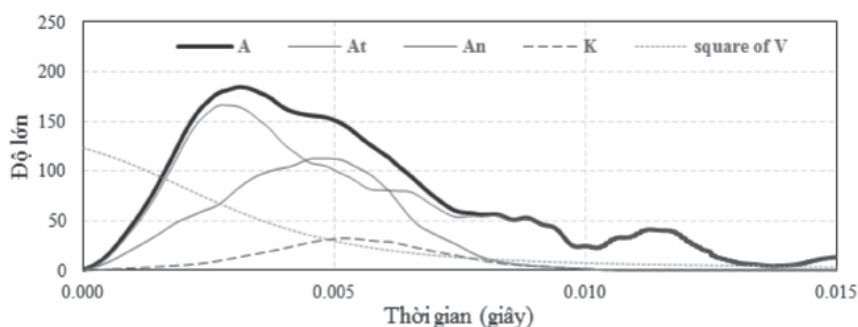


Hình 4. Ảnh hưởng của độ cong quỹ đạo đến gia tốc tổng hợp (A)

2.2. Phương án khử nhiễu trong kết quả thử nghiệm

Như trong phân tích trên, đỉnh thứ hai của gia tốc tổng hợp như biểu diễn trên Hình 4 là do sự tăng lên của độ cong quỹ đạo. Với gia tốc tổng hợp như vậy, áp dụng công thức tính giá trị HIC ở trên sẽ tính được giá trị HIC là 3034 với $T_1 = 1,15$ ms và $T_2 = 14,6$ ms. Với khoảng thời gian tính giá trị HIC như vậy thì đỉnh thứ hai của gia tốc cũng nằm trong vùng tính toán, hay nói cách khác là nhiễu có nằm trong kết quả thử nghiệm. Để loại bỏ phần nhiễu trong kết quả tính toán giá trị HIC, nghiên cứu này đề xuất điều chỉnh sự biến thiên của độ cong quỹ đạo trong đoạn nhiễu đồng dạng với sự biến thiên độ cong quỹ đạo của điểm trọng tâm phần đầu người đi bộ đầy đủ

khi va chạm với nắp ca-pô ô tô. Như biểu diễn trên Hình 3, độ cong quỹ đạo của điểm trọng tâm phần đầu của mô hình người đi bộ đầy đủ chỉ có một đỉnh duy nhất và gần như đối xứng, khi hết va chạm độ cong của quỹ đạo gần như bằng không. Độ cong quỹ đạo của điểm trọng tâm mô hình riêng phần đầu cũng đạt đến cực đại và sau đó có xu hướng giảm xuống nhưng sau đó lại tăng lên đột ngột. Để khử nhiễu, phần tăng lên đột biến của độ cong quỹ đạo sẽ bỏ đi và lấy dữ liệu đối xứng qua đỉnh thứ nhất. Hình 5 mô tả sự biến thiên của độ cong quỹ đạo và gia tốc tổng hợp cũng như các thành phần của gia tốc tổng hợp sau khi khử nhiễu. Khi điều chỉnh độ cong của quỹ đạo thì đỉnh thứ hai của gia tốc tổng hợp không còn nữa.



Hình 5. Đặc điểm biến thiên của các thành phần gia tốc sau khử nhiễu

Khi tính giá trị HIC với gia tốc tổng hợp sau khi khử nhiễu thì được giá trị là 1362 với $T_1 = 1,5$ ms và $T_2 = 6,7$ ms. Như vậy, khoảng tính giá trị HIC đã nằm gọn trong khoảng thời gian va chạm và không còn chứa nhiễu nữa và giá trị HIC cũng giảm đi rất nhiều.

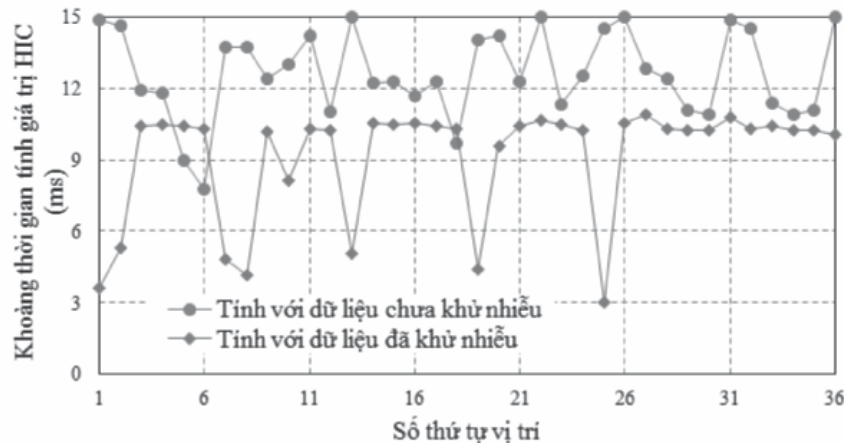
3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN

Để kiểm nghiệm phương pháp đề xuất, nghiên cứu này thực hiện thử nghiệm và khử nhiễu cho 36 điểm phân bố đều trên bề mặt nắp

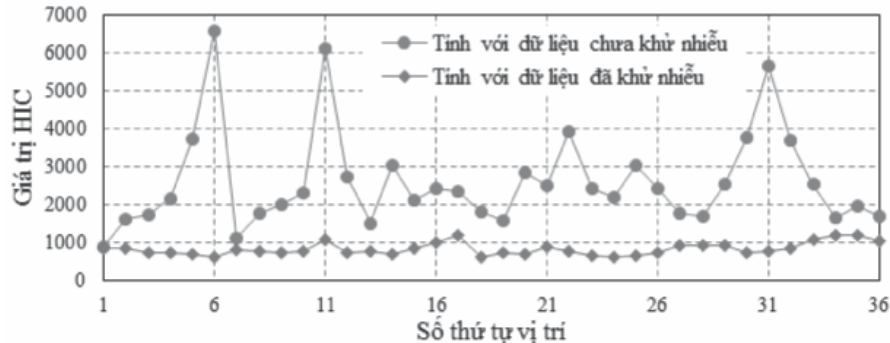
ca-pô ô tô. Hình 6 so sánh khoảng thời gian tính giá trị HIC với dữ liệu gốc thu được từ thử nghiệm và khoảng thời gian tính giá trị HIC với dữ liệu sau khi đã được khử nhiễu. Kết quả cho thấy, khi tính với dữ liệu gốc khoảng thời gian tính giá trị HIC lớn hơn, đa số xấp xỉ giới hạn 15 ms. Điều này tiềm ẩn nhiều khả năng chứa dữ liệu nhiễu trong kết quả tính toán vì nhiễu thường nằm ở giai đoạn cuối. Khi tính với dữ liệu đã qua khử nhiễu, khoảng thời gian tính giá trị HIC đa số đều giảm xuống và tất cả các điểm đều từ ngưỡng khoảng 10ms trở xuống.

Kết quả này nói lên rằng phần nhiều tương ứng do sự tăng lên đột biến của độ cong quỹ đạo sau giai đoạn đã bị loại ra khỏi kết quả tính toán giá trị HIC. Hình 7 so sánh kết quả giá trị HIC tính với dữ liệu gốc thu được từ thử nghiệm và tính với dữ liệu sau khi đã được khử nhiễu. Kết quả

cho thấy, sau khi khử nhiễu chỉ có một điểm duy nhất giá trị HIC không bị giảm xuống, một vài điểm giảm ít còn hầu hết là giảm nhiều. Kết quả này chứng tỏ một điều, tỷ lệ nhiễu trong các kết quả thử nghiệm là rất lớn và việc khử nhiễu là cần thiết.



Hình 6. So sánh khoảng thời gian tính giá trị HIC với dữ liệu gốc và với dữ liệu đã được khử nhiễu



Hình 7. So sánh giá trị HIC tính với dữ liệu gốc và dữ liệu đã được khử nhiễu

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, độ cong của quỹ đạo là nguyên nhân gây ra sai số trong kết quả thử nghiệm an toàn của nắp ca-pô ô tô đối với đầu người đi bộ. Nghiên cứu này đã đưa ra phương pháp khử nhiễu bằng cách đồng dạng hóa sự biến thiên độ cong quỹ đạo điểm trọng tâm mô hình riêng phần đầu với

sự biến thiên độ cong quỹ đạo điểm trọng tâm phần đầu của mô hình người đi bộ đầy đủ. Kết quả cho thấy, sau khi khử nhiễu thì kết quả khoảng tính giá trị HIC đã thu hẹp lại và không bao gồm phần chứa nhiễu do sự biến thiên bất thường của độ cong quỹ đạo ở giai đoạn sau của va chạm. Thử nghiệm với 36 vị trí khác nhau trên bề mặt nắp ca-pô cũng cho kết quả khoảng thời gian tính giá trị HIC đã thu hẹp lại, 

không bao gồm phần biến thiên bất thường của độ cong của quỹ đạo điểm trọng tâm mô hình riêng phần đầu. Giá trị HIC thu được khi tính với dữ liệu đã khử nhiễu cũng giảm rất mạnh. Tính cho 36 vị trí thử nghiệm chỉ có 01 vị trí giá trị HIC không đổi, một số vị trí giảm nhẹ còn đa số giảm rất nhiều. Kết quả này cho thấy, nhiễu trong kết quả thử nghiệm an toàn của nắp ca-pô ô tô đối với đầu người đi bộ là rất lớn và việc khử nhiễu trong kết quả thử nghiệm này là rất quan trọng. Qua đó sẽ góp phần làm kết quả thử nghiệm được tin cậy hơn, những kết luận trong kiểm định an toàn của ô tô đối với người đi bộ chính xác và thuyết phục hơn.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Phenikaa cho đề tài mã số: PU2024-4-A-04. ❖

Ngày nhận bài: **10/9/2025**

Ngày phản biện: **06/10/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Directive 2003/102/EC of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003.
- [2]. EEVC/WG 17 Report (1998, updated 2002), “*Improved Test Methods to Evaluate Pedestrian Protection Afforded by Passenger Cars*”. European Enhanced Vehicle-safety Committee.
- [3]. Van-Luc Ngo (2022), “*Analysis of Headform Impactor Kinematics during the Collision Process*”. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp 389-395.
- [4]. Van-Luc Ngo; Ngoc-An Tran; Van-Hai Nguyen (2024), “*Analysis of pedestrian head kinematics during impact to car process using a full deformable pedestrian model*”. Lecture Notes in Mechanical Engineering, Volume, pp219-225.
- [5]. Tso-Liang Teng and Trung-Kien Le (2009), “*Development and validation of a pedestrian deformable finite element model*”. Journal of Mechanical Science and Technology, 23, 2268-2276.
- [6]. Teng, T. L., and Nguyen, T. H. (2008), “*Development and Validation of FE Models of Impactor for Pedestrian Testing*”. Journal of Mechanical Science and Technology, Vol.22, No.9, 1660-1667.