

# JTST - JOURNAL OF TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY

MANUSCRIPT ID: JIST-2022-0031

## NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VỎ PHAO CỨU SINH CÁ NHÂN ĐIỀU KHIỂN TỪ XA

<b>Manuscript ID</b>	JIST-2022-0031
<b>Full title</b>	Nghiên Cứu Chế Tạo Vỏ Phao Cứu Sinh Cá Nhân Điều Khiển Từ Xa
<b>Summary</b>	<p>Phao cứu sinh cá nhân là một trong thiết bị bảo vệ cuộc sống của con người trên sông, biển. Đã có rất nhiều loại phao cứu sinh cá nhân được nghiên cứu, thiết kế, chế tạo nhằm đáp ứng tốt hơn nhu cầu cứu nạn, cứu hộ con người trong điều kiện khẩn nguy. Phao cứu sinh cá nhân điều khiển từ xa được nhóm tác giả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo cũng nhằm mục đích ấy. Phao được thiết kế kích thước, hình dáng phù hợp với quy định của các tổ chức quốc tế và quốc gia. Đồng thời phao được nghiên cứu chế tạo bằng vật liệu chất dẻo cốt sợi thủy tinh (FRP) phù hợp với điều kiện Việt Nam. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo vỏ phao nói trên. Qua các thử nghiệm thực tế sau chế tạo, phao đã đáp ứng được các quy định hiện hành. Trên cơ sở kết quả thu được từ nghiên cứu, nhóm hướng tới xây dựng quy trình thiết kế, chế tạo phao cứu sinh điều khiển từ xa bằng vật liệu FRP.</p>
<b>Research Area</b>	Kỹ thuật tàu thủy
<b>Research Topic</b>	Kỹ thuật tàu thủy
<b>Keywords</b>	Phao cứu sinh cá nhân; vật liệu FRP; công nghệ vật liệu composite
<b>Authors</b>	<p>Vũ Ngọc Bích, Email: vubich@ut.edu.vn , Insitution: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Department: . Nguyễn Huy Minh, Email: , Insitution: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Department: . Bùi Hoàng Sơn, Email: , Insitution: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Department: . Nguyễn Minh Toàn, Email: , Insitution: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Department: . Huỳnh Trần Ngọc Thịnh, Email: , Insitution: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Department: . Hồ Đắc Nguyên, Email: , Insitution: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Department: . Trần Nhất Tri, Email: , Insitution: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành</p>

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VỎ PHAO CỨU SINH CÁ NHÂN ĐIỀU KHIỂN TỪ XA

## RESEARCH MANUFACTURING THE SHELL OF A REMOTE CONTROLLED LIFE SAVING BUOY

Vũ Ngọc Bích, Nguyễn Huy Minh, Bùi Hoàng Sơn,  
Nguyễn Minh Toàn, Huỳnh Trần Ngọc Thịnh,  
Hồ Đắc Nguyên, Trần Nhất Tri, Võ Trường Giang

Viện Cơ khí, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

**Tóm tắt:** Phao cứu sinh cá nhân là một trong thiết bị bảo vệ cuộc sống của con người trên sông, biển. Đã có rất nhiều loại phao cứu sinh cá nhân được nghiên cứu, thiết kế, chế tạo nhằm đáp ứng tốt hơn nhu cầu cứu nạn, cứu hộ con người trong điều kiện khẩn nguy. Phao cứu sinh cá nhân điều khiển từ xa được nhóm tác giả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo cũng nhằm mục đích ấy. Phao được thiết kế kích thước, hình dáng phù hợp với quy định của các tổ chức quốc tế và quốc gia. Đồng thời phao được nghiên cứu chế tạo bằng vật liệu chất dẻo cốt sợi thủy tinh (FRP) phù hợp với điều kiện Việt Nam. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo vỏ phao nói trên. Qua các thử nghiệm thực tế sau chế tạo, phao đã đáp ứng được các quy định hiện hành. Trên cơ sở kết quả thu được từ nghiên cứu, nhóm hướng tới xây dựng quy trình thiết kế, chế tạo phao cứu sinh điều khiển từ xa bằng vật liệu FRP.

**Từ khóa:** Phao cứu sinh cá nhân, vật liệu FRP, công nghệ vật liệu composite.

**Mã phân loại:** 10.1

**Abstract:** Lifebuoy is one of the devices that protect human life on the river and sea. There are many types of lifebuoys that have been researched, designed, and manufactured to better meet the needs of human rescue and rescue in emergency conditions. The lifebuoy with remote control is researched, designed, and manufactured by a team of authors for the same purpose. The lifebuoys are designed in size and shape following regulations of international and national organizations. At the same time, the lifebuoy was researched and manufactured using fiberglass reinforced plastic (FRP) suitable for Vietnamese conditions. The article presents the results of research and manufacturing the lifebuoy cover above. Through the actual tests after fabrication, the lifebuoy has met the current regulations. Based on the obtained results, the research, the group aims to build the process of designing and manufacturing remote control lifebuoys using FRP materials.

**Keywords:** Lifebuoy, FRP material, FRP material technology.

**Classification code:** 10.1

### 1. Giới thiệu

Thiết bị cứu sinh là một trong những thiết bị bảo vệ cuộc sống của con người trên sông, biển. Trong Công ước quốc tế về an toàn sinh mạng người trên biển (SOLAS) và các tiêu chuẩn liên quan đến hàng hải khác, tàu thủy phải mang theo các thiết bị cứu sinh trong đó có phao cứu sinh [1]. Trong số các thiết bị cứu sinh cá nhân, phao cứu sinh cá nhân là một thiết bị được thiết kế để ném vào người dưới nước nhằm cung cấp sức nổi. Phao cứu sinh cá nhân thường có dạng hình tròn (hình 1) hoặc hình móng ngựa (hình 2).



Hình 1. Phao tròn cứu sinh [2].



**Hình 2.** Phao cứu sinh hình móng ngựa [2].

Mặc dù SOLAS đã liên tục cải tiến và hoàn thiện các quy định và tiêu chuẩn về thiết bị cứu sinh cá nhân [3], tuy nhiên mức độ đáp ứng của các phao cứu sinh cá nhân trong những tình huống khẩn nguy vẫn không đáp ứng được nhu cầu thực tiễn về thời gian phản ứng hoặc những tình huống khắc nghiệt của thời tiết biển như điều kiện sóng gió, khoảng cách tới tàu do khoảng cách ném là có hạn (trên dưới 10 m cách tàu).

Trong những năm gần đây, các nhà nghiên cứu về thiết bị cứu sinh cá nhân hướng đến việc nâng cao khả năng đáp ứng của phao tròn cứu sinh (liffe buoy) ứng cứu người khi gặp nạn bằng việc nâng cao tính cơ động của thiết bị. Đi theo hướng này, đã có nhiều nghiên cứu với những giải pháp khác nhau được đặt ra [4 - 6].

Một trong những giải pháp nghiên cứu này là phao cá nhân điều khiển từ xa. Hình 3 giới thiệu phao cứu sinh điều khiển từ xa “U-SAFE” do Noras Performance phát minh và phát triển vào năm 2017 [7], [8]. Phao có kích thước bên ngoài: 100 cm x 80 cm x 20 cm; trọng lượng: 13 kg; độ nổi: > 22kg; thời gian làm việc: 30 phút; vận tốc tối đa: 15 km/giờ; Khoảng cách điều khiển: 500 m.



**Hình 3.** Phao cứu sinh điều khiển từ xa “U Safe”.

Với cách tiếp cận nâng cao tính cơ động của phao cứu sinh cá nhân, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thiết kế, chế tạo thử nghiệm phao cứu sinh cá nhân điều khiển từ xa với điều kiện trong nước. Bài báo trình bày kết quả của nhóm nghiên cứu về việc chế tạo thiết bị này.

## 2. Thiết kế phao

### 2.1. Các yêu cầu đối với phao

Phao cứu sinh điều khiển từ xa hiện chưa có một quy định riêng, do vậy hiện tại vẫn được đánh giá thông qua các yêu cầu chung cho phao cứu sinh cá nhân được quy định bởi các tổ chức quốc tế và quốc gia [9 – 13]. Một số yêu cầu như sau:

- Có đường kính ngoài  $\leq 800$  mm và đường kính trong  $\geq 400$  mm;
- Có khả năng nâng tối thiểu 14,5 kg sắt trong nước ngọt liên tục trong 24 giờ;
- Có kết cấu chịu được thả rơi từ độ cao được cất giữ bên trên đường nước tải nhẹ nhất hoặc 30 m, lấy giá trị lớn hơn;
- Thử rơi ba lần theo chiều cao thẳng đứng từ độ cao 2 m xuống nền bê tông. Sau khi thử, phao không bị hư hỏng;
- Được gắn một dây bám có đường kính  $\geq 9,5$  mm.

### 2.2. Lựa chọn hình dạng phao

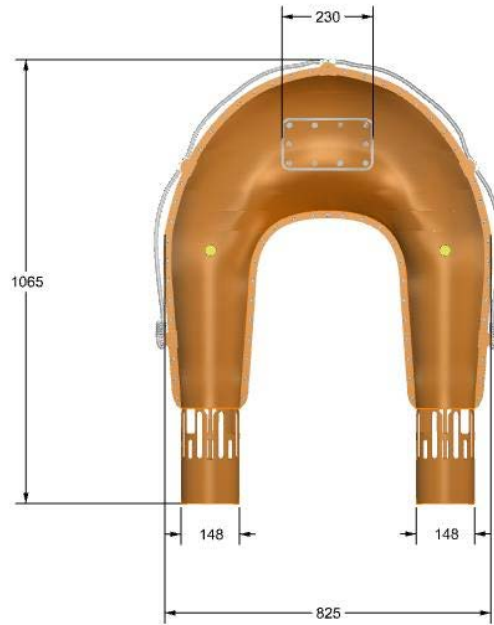
Phao cứu sinh cá nhân điều khiển từ xa thường được chế tạo theo hình móng ngựa (horseshoe life buoy), bởi đây là hình dạng có dạng thủy động lực tốt. Hình dạng điển hình của dạng phao này được thể hiện như trên hình 2.

### 2.3. Thiết kế kích thước và hình dáng phao

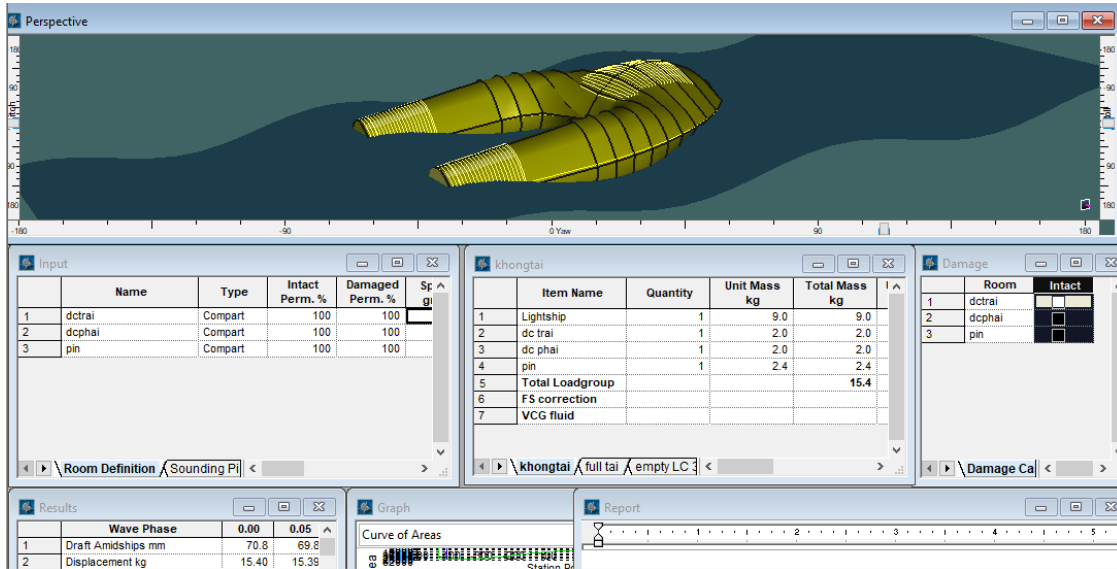
Trên cơ sở các thông số yêu cầu trên, nhóm nghiên cứu đưa ra hình dáng và kích thước dự kiến của phao như hình 4.

Thông qua sự hỗ trợ của phần mềm tính toán Maxsurf (hình 5) [14], kết quả thu được đặc trưng thủy tĩnh quan trọng như mô tả ở hình 6, trong đó có những thông số như:

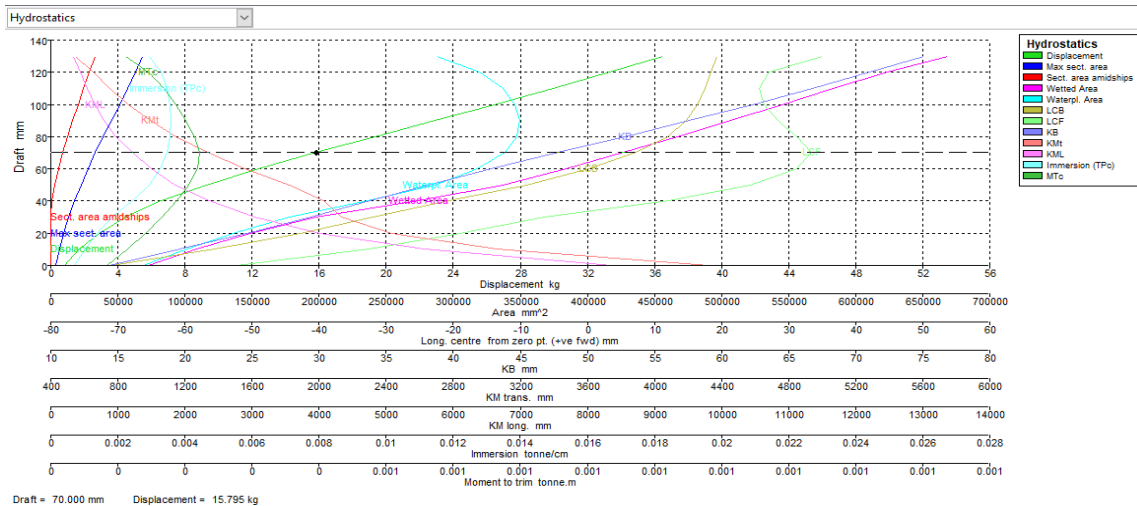
- Khối lượng phao dự kiến: 15, 4 kg;
- Chiều chìm không tải: 70 mm;
- Chiều chìm toàn tải: 130 mm;
- Lực nổi: 22 kG.



Hình 4. Hình dáng phao.



Hình 5. Tính toán thủy tĩnh của phao bằng MaxSurf.



Hình 6. Các đặc trưng thủy tĩnh của phao.

### 3. Lựa chọn phương pháp chế tạo phao phù hợp với điều kiện hiện có

#### 3.1. Lựa chọn vật liệu chế tạo

Để chế tạo phao, người ta có thể sử dụng một số loại vật liệu sau:

#### Nhựa Polyethylene

Nhựa Polyethylene có hai loại chính là mật độ cao (HDPE) và mật độ thấp (LDPE). HDPE là một loại nhựa nhiệt dẻo, có thể gia công chế tạo ở nhiệt độ thấp ( $70\pm 300$ )<sup>0</sup>C với áp suất (10÷80)bar. Phao tròn cứu sinh cũng được chế tạo bằng vật liệu này do nó có độ bền cao, có khả năng chống ăn mòn và chịu được tia tử ngoại, dầu mỡ, hoá chất [15].

Phao cứu sinh U- Safe của hãng Noras Performance được chế tạo bằng vật liệu này, hình 7.

#### Chất dẻo cốt sợi thủy tinh

Vật liệu chất dẻo cốt sợi thủy tinh (Fiberglass Reinforced Plastic – FRP) được cấu tạo bởi vật liệu nền là nhựa polyester không no và vật liệu cốt là sợi thủy tinh. Đây là một

vật liệu composite làm bằng polymer ma trận được gia cố bằng sợi được sử dụng phổ biến trong ngành giao thông vận tải [17 – 21].

Vật liệu FRP có ưu điểm là dễ chế tạo trong điều kiện Việt Nam, không bị thấm thấu, ngâm nước (tỉ lệ ngâm nước của vật liệu nằm trong giới hạn 1/10.0000), không bị lão hoá nhanh.

Trong nghiên cứu này, nhóm chọn vật liệu chế tạo là FRP để chế tạo phao. Thành phần vật liệu chế tạo chủ yếu được nêu trong bảng 1.



Hình 7. Phao cứu sinh chế tạo bằng HDPE [16].

Bảng 1. Thành phần nguyên liệu chủ yếu.

Nguyên vật liệu	Chủng loại
Sợi thủy tinh	Sợi CMS và WR
Nhựa polyester	Nhựa Isophthalic
Chất xúc tác	Butanox M-60
Chất xúc tiến	Cobalt
Chất tạo bề mặt	CFS
Chất tách khuôn (Wax)	W8
Tấm Formx	loại dày 3mm
Xốp cách nhiệt	
Chất đánh bóng	Cana
Vật tư phụ (silicon, đinh rive nhôm loại 4 mm, giấy nhám các loại, ...)	

### 3.2 Các bước chuẩn bị chế tạo phao

#### 3.2.1. Phóng dạng

Việc phóng dạng các tiết diện điển hình của phao được thực hiện thông qua chương trình máy tính (*Rhinoceros và autoship*), hạ liệu chi tiết thông qua máy cắt CNC, hình 8.



Hình 8. Chi tiết phao đã cắt CNC.

#### 3.2.2. Chế tạo khuôn

Khuôn là thiết bị dùng để tạo hình sản phẩm theo phương pháp định hình. Kết cấu và kích thước của khuôn được thiết kế, chế tạo phụ thuộc vào hình dáng, kích thước, chất lượng và số lượng của sản phẩm cần tạo ra. Việc chế tạo khuôn phụ thuộc vào phương pháp chế tạo phao. Trong thực tiễn, có một số phương pháp chế tạo vật liệu FRP, như: chế tạo thủ công (lăn tay); phun hỗn hợp composite; đúc túi chân không; đúc ép; đúc chuyển nhựa; uốn tấm panel,...[22]. Mỗi phương pháp chế tạo vật liệu FRP đều có ưu điểm và nhược điểm riêng. Với kích thước và hình dạng phao khá đơn giản, nhóm sử dụng phương pháp chế tạo thủ công.

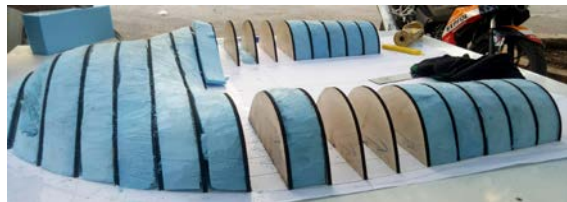
Phương pháp thủ công sử dụng khuôn hở, có thể sử dụng khuôn dương hoặc khuôn âm (khuôn âm là phần lõm vào xác định hình dạng bên ngoài của sản phẩm, còn khuôn dương là phần lồi ra xác định hình dạng bên trong của sản phẩm). Với nghiên cứu này, nhóm chế tạo cả khuôn âm và khuôn dương. Trình tự chế tạo như sau:

- Cắt CNC các chi tiết tạo hình để chế tạo khuôn dương;
- Từ khuôn dương tạo ra khuôn âm;
- Từ khuôn âm chế tạo vỏ phao.

##### (1) Chế tạo khuôn dương

Quy trình chế tạo khuôn dương được thực hiện theo trình tự sau:

- Dựng sườn phao (các tấm formex đã được cắt định hình bằng CNC), hình 8;
- Cất xốp chèn đầy khe hở giữa các khoang sườn, hình 9;
- Làm nhẵn bề mặt và bả matit tạo bề mặt, hình 10;
- Đắp nhựa composite, chờ khô, đánh bóng bề mặt;
- Phủ gelcoat làm bóng bề mặt, làm bóng, hoàn thiện, hình 11;
- Kiểm tra biên dạng hình học, độ nhẵn bề mặt của khuôn dương sau khi thi công hoàn chỉnh để chuẩn bị chuyển bước chế tạo khuôn âm.



Hình 9. Tạo hình phao bằng formex và xốp.



Hình 10. Tạo hình phao bằng matit.



Hình 11. Khuôn dương đã hoàn thiện.

##### (2) Chế tạo khuôn âm

- Phủ chất tách khuôn (sáp tách khuôn wax 8) lên bề mặt khuôn dương đã xử lý hoàn chỉnh, hình 12;
- Đắp nhựa composite, hình 13;

- Tách khuôn, tạo hình khuôn âm mặt dưới (hình 14), khuôn âm mặt trên (hình 15).



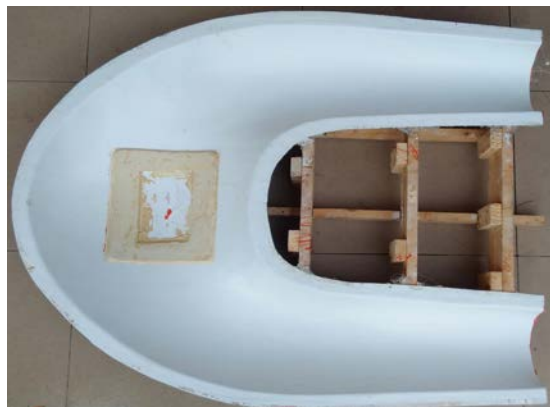
Hình 12. Phủ gelcoat tách khuôn.



Hình 13. Đắp nhựa composite tạo khuôn âm.



Hình 14. Khuôn âm, mặt dưới đã hoàn thiện.



Hình 15. Khuôn âm, mặt trên đã hoàn thiện.

## 4. Chế tạo vỏ phao

### 4.1. Chế tạo vỏ phao

Việc chế tạo vỏ phao cứu sinh cá nhân bằng vật liệu FRP dựa trên nền tảng khuôn âm đã hoàn thành ở bước trước (hình 14 và hình 15). Trình tự chế tạo tiến hành như sau:

- Quét phủ lớp hỗ trợ tháo khuôn lên bề mặt khuôn;
- Phủ lớp tạo bề mặt sản phẩm (gel-coat), hình 16;



Hình 16. Phủ lớp tạo bề mặt sản phẩm.

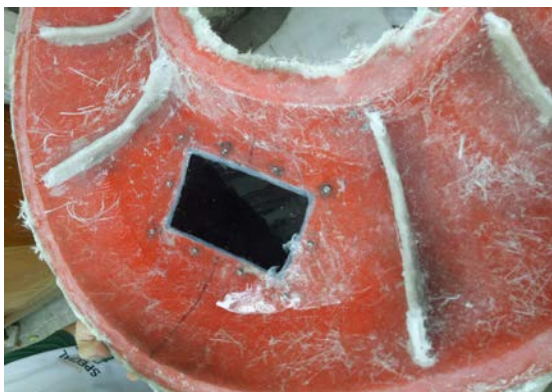
- Phủ nhựa polymer trên lớp tạo bề mặt, hình 17;
- Rải lớp vật liệu gia cường trên nền nhựa polymer;
- Dùng con lăn để lăn ép vật liệu gia cường với nhựa;
- Phủ lớp tạo bề mặt trên lớp vật liệu gia cường cuối cùng;
- Sau khi quá trình rải vật liệu gia cường và thấm nhựa đã hoàn thành, sản phẩm được để đông kết tại nhiệt độ môi trường, sau đó dỡ khuôn, hình 18;
- Gia cường tăng cứng vỏ phao, hình 19;
- Gia công nắp phao;
- Liên kết nửa trên và dưới của phao bằng đinh rive nhôm 4 mm, hình 20;
- Gắn dây bám loại 10 mm vào vỏ phao, hoàn thiện vỏ phao, hình 21.



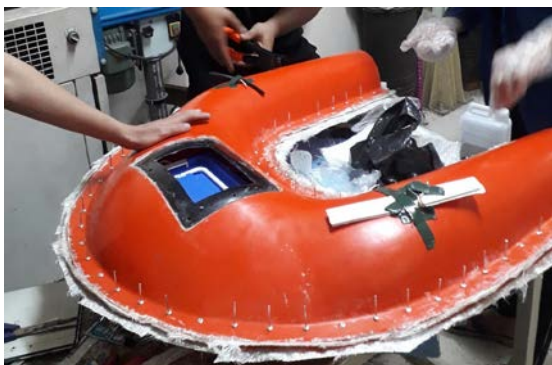
Hình 17. Phủ nhựa polymer.



Hình 18. Vỏ mặt dưới phao cứu sinh.



Hình 19. Gắn gân tăng cứng vào phao cứu sinh.



Hình 20. Ghép phao cứu sinh bằng đinh nhôm 4 mm.



Hình 21. Gắn dây bám vào phao cứu sinh.

#### 4.2. Kiểm tra phao cứu sinh

Kiểm tra phao được tiến hành trong suốt quá trình chế tạo phao. Tuy nhiên, quá trình kiểm tra có thể được thực hiện qua các bước sau:

##### (1) Kiểm tra vật liệu

Để kiểm tra vật liệu, nhóm nghiên cứu đã chế tạo mẫu, kích thước mẫu là 30 x 30 mm theo quy định của tổ chức thử nghiệm, hình 22.



Hình 22. Gia công mẫu thử vật liệu.

Mẫu được gửi thử tại Trung tâm tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3 (Quatest 3). Kết quả thử nghiệm:

- Độ bền kéo: 65, 9 MPa;
- Độ bền uốn: 130 MPa.

##### (2) Kiểm tra kết cấu, hình dạng trong quá trình chế tạo

Việc kiểm tra kết cấu, hình dạng phao được tiến hành liên tục trong quá trình chế tạo vỏ phao. Vỏ phao được chế tạo đảm bảo quy cách kết cấu và kích thước thiết kế.

##### (3) Kiểm tra bằng thử rơi

Việc thử rơi nhằm kiểm tra độ bền kết cấu của phao. Việc thử rơi được tiến hành trong hai trạng thái:

- Thử rơi ba lần từ độ cao 2 m xuống nền bê tông: Việc thử rơi trên sàn bê tông nhằm kiểm tra độ bền của phao, hình 23. Việc thử rơi được tiến hành tại xưởng. Kết quả đạt được, phao không hư hỏng kết cấu, biến dạng;



Hình 23. Thử rơi 2 m trên sàn bê tông.

- Thử rơi từ độ cao 30 m xuống mặt nước: nhóm tiến hành thử rơi phao tại cầu Phú Mỹ, phía Quận 2, Thành phố Hồ Chí Minh. Chiều cao từ vị trí thả phao xuống mặt nước là 44,0 m. Nhóm thả phao qua mặt cầu 14 m, sau đó cho rơi tự do ở chiều cao 30 m tính đến mặt nước, hình 24. Kết quả cho thấy vỏ phao không có biến dạng, nứt vỡ.



Hình 24. Thử rơi 30 m tại cầu Phú Mỹ.

#### (4) Kiểm tra tư thế và lực nổi

Việc kiểm tra tư thế và lực nổi của phao được tiến hành tại hồ bơi của Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh và tại câu lạc bộ Thể thao Thanh Đa. Khối lượng phao với đầy đủ trang thiết bị là 15,4

kg. Việc thử nghiệm nhằm xác định lực nổi của phao khi mang tải cũng như tư thế của phao. Hình 25 mô tả tư thế và lực nổi của phao thử hoạt động trên nước tại Câu lạc bộ Thể thao Thanh Đa. Quá trình kiểm tra, phao có lực nổi và tư thế nổi đảm bảo yêu cầu.



Hình 25. Thử tư thế và lực nổi của phao.

#### 5. Kết luận

Vỏ phao cứu sinh cá nhân điều khiển từ xa đã được thiết kế, chế tạo bằng vật liệu FRP phù hợp với điều kiện Việt Nam. Việc thử nghiệm phao tuân thủ đầy đủ các yêu cầu quốc tế và quốc gia cho phao cứu sinh cá nhân. Kết quả thử nghiệm đáp ứng yêu cầu.

Đây là sản phẩm có hàm lượng trí tuệ cao, thể hiện óc sáng tạo, đam mê và khát khao làm chủ khoa học của nhóm nghiên cứu. Sản phẩm có ý nghĩa thiết thực đối với công tác cứu hộ cứu nạn hàng hải. Mặc dù đã có nhiều cố gắng, song khối lượng phao vẫn khá lớn (cỡ 15,4 kg), chưa thoả mãn kỳ vọng của nhóm do vỏ được chế tạo bằng vật liệu FRP có tỷ trọng khá cao so với vật liệu HDPE ( $1,55 \text{ g/cm}^3$  so với  $0,97 \text{ g/cm}^3$ ). Trong thời gian tới, nhóm tiếp tục nghiên cứu nhằm tối thiểu hoá khối lượng của phao □

#### Tài liệu tham khảo

- [1] IMO (1974), *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*, Available: [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\)-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)-1974.aspx), Accessed: 17/06/2019;
- [2] *Boat horseshoe lifebuoy - BODYGUARD - Veleria San Giorgio*, Available: <https://www.nauticexpo.com/prod/veleria-san-giorgio/product-24682-220272.html>, Accessed: 25/02/2021;
- [3] *History of SOLAS (The International Convention for the Safety of Life at Sea)*;

- [4] WIRED, *A Robot Life Preserver Goes to Work in the Greek Refugee Crisis*,  
Available: <https://www.wired.com/2016/01/a-robot-life-preserver-goes-to-work-in-the-greek-refugee-crisis/>,  
Accessed: 29/06/2019;
- [5] Curcio JM, Gillivary P, Fall KM, Maffei AS, Schwehr KT, Wiggs BK, Kitts CB, Ballou P, *Self-Positioning Smart Buoys, The 'Un-Buoy'; Solution: Logistic Considerations using Autonomous Surface Craft Technology and Improved Communications Infrastructure*, in OCEANS 2;
- [6] Mike (2010), *Remote-controlled lifeguard could come S.D.'s way*, *San Diego Union Trib.*;
- [7] *U-Safe: Remote-controlled sea rescue*, Design Indaba;
- [8] *Self-propelled lifesaving buoy zips out and retrieves drowning swimmers*,  
Available: <https://newatlas.com/noras-u-safe-powered-lifesaving-buoy/47533/>,  
Accessed: 15/06/2019;
- [9] Tổ chức hàng hải quốc tế (1996), Bộ luật quốc tế về trang bị cứu sinh (Bộ luật LSA);
- [10] Bộ Giao thông vận tải (2015), *QCVN 85:2015/BGTVT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chế tạo và kiểm tra thiết bị cứu sinh dùng cho phương tiện thủy nội địa (National Technical Regulation on Inspection and Manufacture of Inland Waterway Ship's Life Saving Equipment)*;
- [11] Bộ Giao thông vận tải (2015), *QCVN 42:2015/BGTVT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về trang bị an toàn cho tàu biển - National Technical Regulation on Safety Equipment of Ships*, p. 365;
- [12] Bộ Khoa học và Công nghệ (2008), *Tiêu chuẩn quốc gia TCNV 7283: 2008 - Phao tròn cứu sinh*;
- [13] Bộ Tài chính (2012), *QCVN 05:2012/BTC - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với phao tròn cứu sinh dự trữ quốc gia*, p. 10;
- [14] Đ. M. T. Võ Trọng Cang, Trần Văn Tạo (2010), *Hướng dẫn sử dụng phần mềm thiết kế tàu - MaxSurt*. NXB Đại học quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh;
- [15] *Polyethylene là gì? 4 Loại Polyethylene được sử dụng nhiều nhất 2020*,  
Available: <https://rmtco.com.vn/polyethylene-la-gi-4-loai-polyethylene-duoc-su-dung-nhieu-nhat-2020/>,  
Accessed: 10/02/2021;
- [16] *U-SAFE | NORAS Performance*,  
Available:  
<https://www.norasperformance.com/en/u-safe-2/>,  
Accessed: 09/04/2019;
- [17] A. K. Kaw (2005), *Mechanics of Composite Materials, Second Edition*;
- [18] G. S. S. László P. Kollár (2003), *Mechanics of composite Structures*, Cambridge University Press;
- [19] E. M. V.V. Vasiliev (2001), *Mechanics and Analysis of Composite Materials*, Elsevier Science;
- [20] *Polymers and Composites | Transportation Applications*,  
Available:  
<https://www.polymerexpert.biz/industries/172-transportation>.  
Accessed: 18/02/2021;
- [21] A. G. Koniuszewska and J. W. Kaczmar (2016), *Application of Polymer Based Composite Materials in Transportation*, Prog. Rubber Plast. Recycl. Technol., vol. 32, no. 1, pp. 1–24, Feb.;
- [22] T. Đ. T. T. Loan (2013), *Gia công Composite*, NXB Bách khoa - Hà Nội.

**Ngày nhận bài: 26/01/2021**

**Ngày chuyển phản biện: 29/01/2021**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 19/02/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 26/2/2021**

Ngoài hình ảnh, bảng biểu đã chú thích nguồn từ tài liệu tham khảo, những hình ảnh, bảng biểu còn lại đều thuộc bản quyền của tác giả/nhóm tác giả.