

Nghiên cứu, chế tạo thiết bị thí nghiệm xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh lên thành phẳng

Research and manufacturing experimental
equipment to determine the hydrostatics thrust acting on a plane surface immersed in water

Nguyễn Phước Bình, Lê Thị Thanh Bình

*Khoa Xây dựng, Đại học Duy Tân, Việt Nam
Faculty of Civil Engineering, Duy Tan University, Vietnam*

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu thiết bị thí nghiệm **HYD201** - xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh lên thành phẳng; là kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường tại Đại học Duy Tân. Đây là thiết bị thí nghiệm có sự kế thừa và cải tiến kết quả nghiên cứu từ các thiết bị cùng loại hiện có trên thế giới, với các tính năng tương tự, có giá thành thấp hơn rất nhiều so với ngoại nhập nhưng đảm bảo độ chính xác cao.

Từ khóa: Áp lực thủy tĩnh, mặt cong, mặt phẳng ngập trong chất lỏng, điểm đặt áp lực, độ lớn áp lực, áp suất thủy tĩnh, thiết bị thí nghiệm.

Abstract

This paper introduces the experimental equipment **HYD201** – to determine the center of hydrostatic force; it is the result of project at Duy Tan university. It is not only inheritance but also improvements from the same type of equipment available in the world. It has abilities which like other equipment and has a much lower price than the imported ones but ensures accuracy.

Keywords: Hydrostatic force, curved surface, plane surface immersed in a liquid, center of pressure, resultant force, hydrostatic pressure, experimental equipment.

© 2014 Bản quyền thuộc Đại học Duy Tân

1. Đặt vấn đề

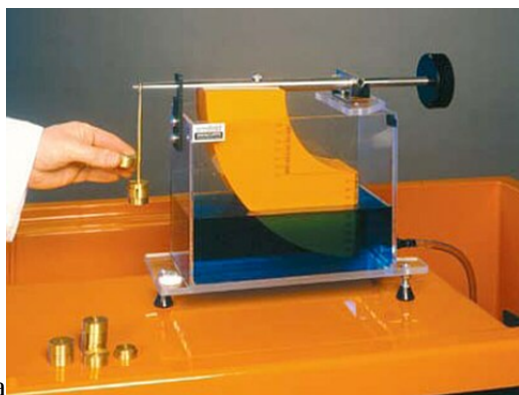
Đối với các công trình như bể chứa, đập, tường chắn và các kết cấu thủy lực khác, sự có mặt của mực chất lỏng ở trạng thái tĩnh gây nên áp lực lên các mặt công trình bị ngập nước. Vì vậy việc xác định áp lực thủy tĩnh lên bề mặt công trình ngập trong chất lỏng đóng vai trò quan

trọng trong việc thiết kế và thi công các công trình loại này. Tuy nhiên, điểm đặt áp lực thủy tĩnh là vị trí trừu tượng. Nhằm giúp sinh viên có cái nhìn trực quan về áp lực thủy tĩnh khi học tập môn Thủy lực, các tác giả đã thiết kế, chế tạo thiết bị thí nghiệm HYD201 cho phép xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh lên thành phẳng.[2]

Hiện nay, thiết bị thí nghiệm xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh xuất hiện phổ biến trong phòng thí nghiệm thủy lực ở các nước trên thế giới, được nhiều hãng sản xuất thiết bị thí nghiệm thiết kế, chế tạo và sản xuất như: Anh, Hà Lan, Ấn Độ, ... [3][4]. Tuy nhiên, do giá ngoại nhập khá cao nên việc sử dụng thiết bị này tại Việt Nam còn hạn chế.

2. Các thiết bị thí nghiệm xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh hiện có trên thế giới

Hiện nay, các thiết bị thí nghiệm xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh lên mặt phẳng của các hãng sản xuất thiết bị thí nghiệm trên thế giới



được thiết kế và chế tạo trên cơ sở lý thuyết về áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt phẳng và mặt cong và phân theo 2 nhóm mô hình khác nhau:

Nhóm thiết bị thứ nhất: Xây dựng trên cơ sở khối lăng trụ hình vành khăn chịu lực chính nằm bên trong chất lỏng. Đại diện cho nhóm này có thể kể đến thiết bị Armfield Hydrostatic Pressure - **Model: F1-12** (Hình 1a) của Hãng Armfield – Anh quốc. [3]

Nhóm thiết bị thứ hai: Xây dựng trên cơ sở chất lỏng nằm bên trong khối lăng trụ hình vành khăn chịu lực. Đại diện cho nhóm này có thể kể đến thiết bị Centre of Pressure - **Model: H11** (Hình 1b) của Hãng TecQuipment – Anh quốc. [4]



Hình 1. Các thiết bị xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh
a, Thiết bị Armfield Hydrostatic Pressure - **Model: F1-12**
b, Thiết bị Centre of Pressure - **Model: H11**

Cả hai nhóm thiết bị đều xác định vị trí điểm đặt áp lực chất lỏng lên mặt phẳng chịu lực dựa vào phương trình cân bằng mômen của khối chất lỏng và của đối trọng treo trên cánh tay đòn đối với tâm xoay của khối lăng trụ chịu lực.

Trên cơ sở kế thừa các kết quả nghiên cứu chế tạo thiết bị thí nghiệm nói trên, nhóm tác giả đã nghiên cứu, chế tạo thiết bị HYD201 – Xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh lên thành phẳng, hoạt động theo nguyên lý chất lỏng nằm bên trong khối lăng trụ hình vành khăn chịu lực.

3. Nguyên lý làm việc của thiết bị HYD 201

3.1. Sơ đồ làm việc

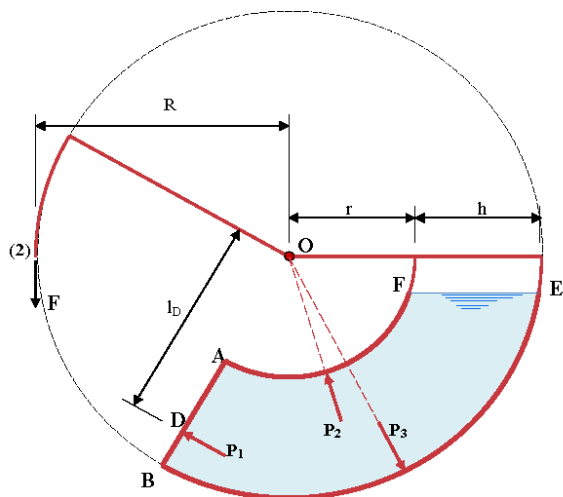
Thiết bị HYD201 gồm khối lăng trụ hình vành khăn 120⁰ ABEF chứa chất lỏng, có thể xoay tự do quanh trục qua O và được giữ cân bằng nhờ đối trọng treo trên thanh gánh tại vị trí (2) (Hình 2). Cụ thể:

AB – mặt phẳng hình chữ nhật b×h chịu áp lực P₁;

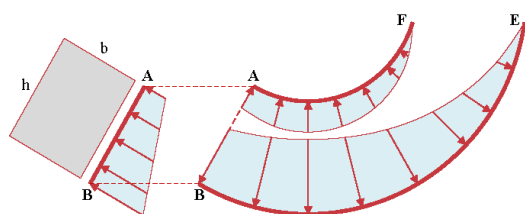
BE – mặt trụ tròn bán kính R, rộng b, chịu áp lực P₂;

AF – mặt trụ tròn bán kính r, rộng b, chịu áp lực P₃;

F – Trọng lượng khối đối trọng cách trục xoay O khoảng cách R;
 l_D – Cánh tay đòn của áp lực P_1 đối với trục xoay O



Hình 2. Sơ đồ làm việc của thiết bị HYD201

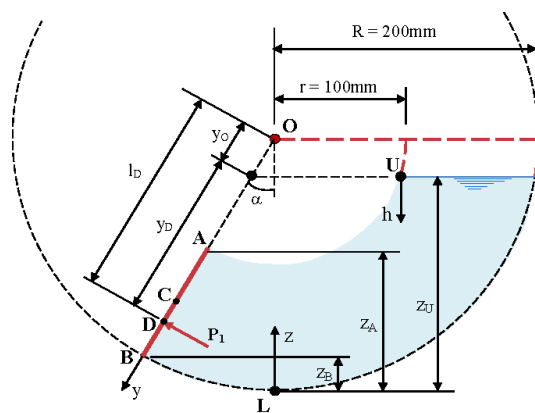


Hình 3. Biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh lên các mặt chịu lực AB, BE, AF

Như vậy, trên các mặt AB, BE, AF của khối lăng trụ vành khăn tồn tại áp suất thủy tĩnh (Hình 3). Tuy nhiên, do áp lực lên mặt cong AF (P_2) và áp lực lên mặt cong BE (P_3) có phương vuông góc với mặt chịu lực (mặt trụ tròn) nên không gây ra mômen đối với trục xoay qua O. Riêng đối với áp lực lên mặt phẳng AB (P_1) (có biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh có dạng hình thang) gây nên chuyển động xoay quanh trục qua O của toàn khối lăng trụ.

3.2. Nguyên lý tính toán [2][5]

Xác định vị trí điểm đặt áp lực lên mặt phẳng AB dựa trên nguyên lý cân bằng mômen của hệ thống đối với trục xoay qua O của khối lăng trụ xét trong điều kiện chất lỏng chứa trong khối lăng trụ:



Hình 4. Sơ đồ tính toán của khối lăng trụ vành khăn

- Độ lớn áp lực lên mặt phẳng AB (P_1) được xác định theo công thức:

$$P_1 = \gamma \cdot h_C \cdot A \quad (1)$$

- Khi $Z_U > Z_A$ (thành phẳng ngập hoàn toàn trong chất lỏng)

$$h_C = Z_U - R + \frac{R+r}{2} \cos \alpha \quad (2)$$

$$A = b \cdot h \quad (3)$$

- Khi $Z_U < Z_A$ (thành phẳng ngập một phần trong chất lỏng)

$$h_C = \frac{Z_U - R(1 - \cos \alpha)}{2} \quad (4)$$

$$A = \frac{b \cdot (Z_U - Z_B)}{\cos \alpha} \quad (5)$$

- Vị trí điểm đặt áp lực (D) được xác định:

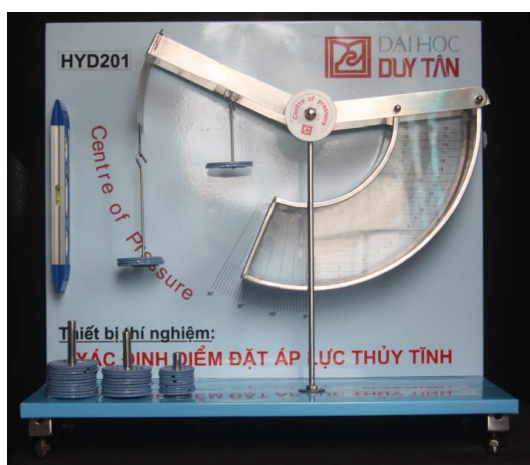
$$l_D = \frac{F \cdot R}{P_1} \quad (6)$$

Theo lý thuyết, điểm đặt áp lực (D) còn xác định theo công thức:

$$l_D = y_0 + y_D = y_0 + y_C + \frac{I_C}{y_C \cdot A} \quad (7)$$

4. Thiết kế, chế tạo thiết bị thí nghiệm HYD201 [1]

Thiết bị xác định áp lực thủy tĩnh cho phép sinh viên xác định được mômen do tổng áp lực chất lỏng lên mặt phẳng ngập toàn bộ hoặc một phần trong nước. Sau đó có thể so sánh giá trị này với phân tích lý thuyết. Mặt phẳng chịu lực có thể đặt nghiêng so với phương thẳng đứng, do đó có thể nghiên cứu được cho trường hợp tổng quát.



Hình 5. Cấu tạo thiết bị thí nghiệm HYD201

4.1. Thông số kỹ thuật của thiết bị HYD201

- Kích thước: 540mm x 440mm x 200mm
- Trọng lượng: 06kg
- Kích thước góc phần tư:
 - Bán kính trong: 100mm
 - Bán kính ngoài: 200mm
 - Chiều rộng: 74mm
 - Cánh tay đòn: 200mm
 - Góc hoạt động: 0° đến 30°
- Bộ đối trọng gồm: 10 x 20g và 30 x 50g

4.2. Cấu tạo của thiết bị HYD201

- **Khối lăng trụ vành khăn 120°(1)** : Là bộ phận chịu lực chính của thiết bị. Có cấu tạo gồm 2 bản mặt phẳng chịu áp lực bằng mica và bản mặt cong chịu áp lực bằng inox được liên kết với nhau bằng keo silicon.
- **Hệ thanh gánh (2)**: Trụ trên trục xoay, được gắn với khối lăng trụ vành khăn 120° và hệ đối trọng treo tại vị trí (1) và (2). Khoảng cách tự đối trọng treo tại (2) đến trục xoay được giữ cố định (200mm) nhờ bản mặt trụ tròn của hệ thanh gánh.
- **Trục xoay và thanh chống (3)**: Trục xoay của thiết bị nằm ngang, được giữ cố định trên bảng đo cao độ mực nước - góc xoay và thanh chống . Thanh chống thẳng đứng tựa trên bệ đỡ của thiết bị.
- **Chân máy (4)**: Có thể điều chỉnh cao độ bằng cách vặn chân máy theo chiều kim đồng hồ (tăng cao độ) hay ngược chiều kim đồng hồ (giảm cao độ).
- **Bộ đối trọng (5)** : Bộ đối trọng gồm hai cỡ khối lượng 50g và 20g treo tại vị trí (1) và (2) trên hệ thanh gánh. Bộ đối trọng được treo tại vị trí (1) để tạo góc nghiêng α ban đầu của mặt phẳng chịu lực và treo tại vị trí (2) nhằm cân bằng với mômen do áp lực chất lỏng tác dụng lên mặt chịu lực khi thí nghiệm.

5. Thử nghiệm trên thiết bị thí nghiệm HYD201 [1]

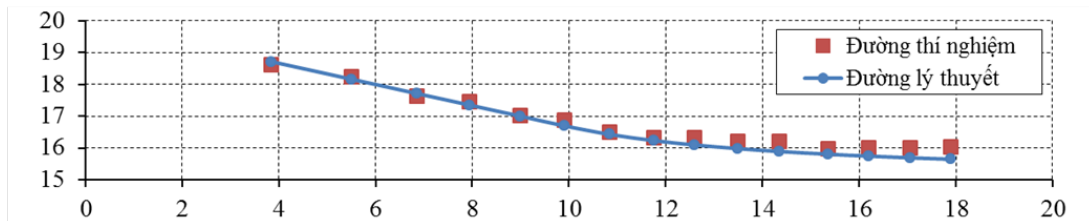
Đối với việc thiết kế và chế tạo thiết bị thí nghiệm, thử nghiệm và đánh giá sai số là một khâu rất quan trọng. Do thiết bị thí nghiệm **HYD201** được chế tạo nhằm phục vụ cho sinh viên học tập, giúp sinh viên có được cái nhìn trực quan trong việc xác định vị trí đặt của áp lực thủy tĩnh đối với công trình ngập trong nước. Vì vậy, yêu cầu về độ chính xác của thí nghiệm có sai số không vượt quá 10%.

Để tiến hành công việc này, tác giả cần thực hiện nhiều thí nghiệm trên thiết bị xét cho trường

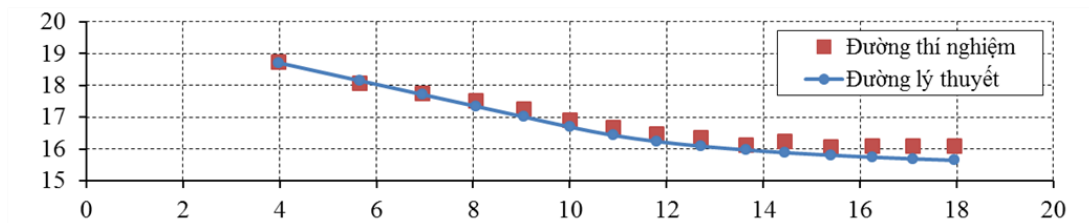
hợp mặt phẳng chịu lực ngập một phần trong chất lỏng hoặc ngập hoàn toàn trong chất lỏng và mặt phẳng chịu lực nghiêng một góc bất kỳ so với phương đứng.

Tác giả tiến hành làm thí nghiệm với góc nghiêng của mặt phẳng chịu lực (AB) so với phương đứng cho 7 trường hợp: $\alpha=1^0$; 7^0 ; 11^0 ;

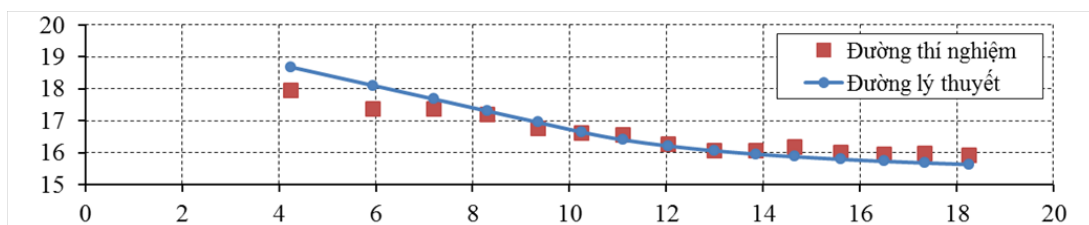
17^0 ; 20^0 ; 24^0 ; 27^0 . Tương ứng với mỗi góc nghiêng α , mực nước trong khối lăng trụ thay đổi, cân bằng với trọng lượng đối trọng tăng dần theo cấp số cộng 50g được treo tại vị trí (2). Từ kết quả thí nghiệm, vẽ đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_D (Hình 6 đến Hình 12):



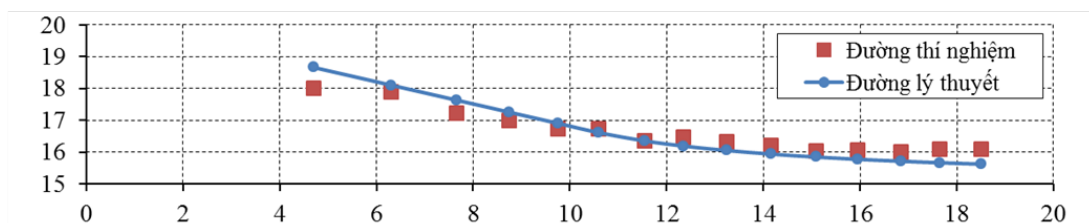
Hình 6. Đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_D trường hợp $\alpha = 1^0$



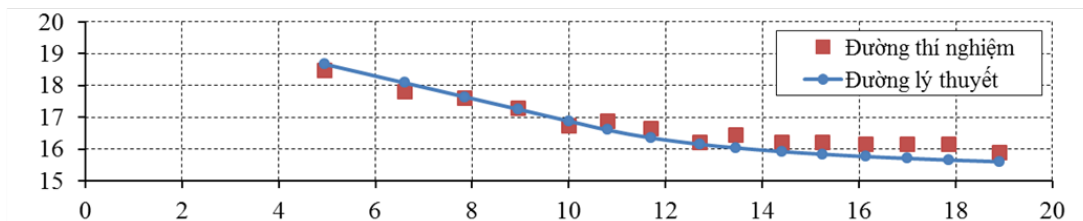
Hình 7. Đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_D trường hợp $\alpha = 7^0$



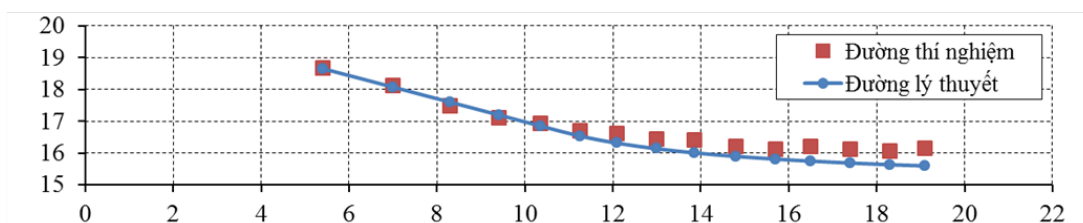
Hình 8. Đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_D trường hợp $\alpha = 11^0$



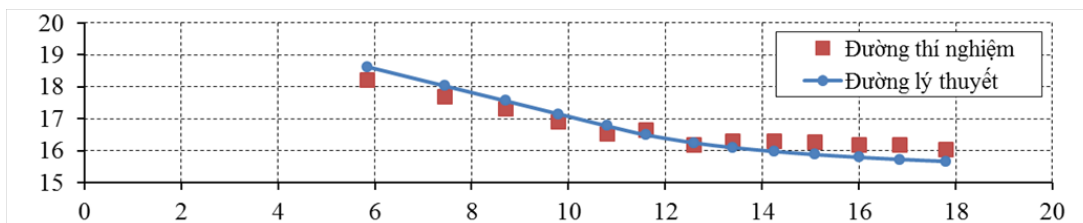
Hình 9. Đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_D trường hợp $\alpha = 17^0$



Hình 10. Đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_D trường hợp $\alpha = 20^\circ$



Hình 11. Đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_D trường hợp $\alpha = 24^\circ$



Hình 12. Đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_U trường hợp $\alpha = 27^\circ$

Từ kết quả nhận được qua 103 lượt thí nghiệm, có thể đưa ra một số nhận xét:

- Quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_U là quan hệ nghịch biến (khi cao độ mặt thoáng Z_U tăng thì cánh tay đòn l_U giảm).
- Hình dạng đường quan hệ giữa cao độ mặt thoáng Z_U với cánh tay đòn l_U của lý thuyết và kết quả thực nghiệm là gần như trùng nhau. Sai số thí nghiệm nhỏ ($\Delta l_U < 5\%$). Đạt yêu cầu thiết kế ($\Delta l_U < 10\%$).
- Kiểm tra sự chuyển động tự do của toàn hệ thống xung quanh trục xoay, nếu cần có thể tra dầu máy vào ổ trục để giảm ma sát tại trục xoay.
- Để tăng độ chính xác của số liệu đọc cần:
 - Điều chỉnh chân máy để mặt bệ đỡ ở vị trí nằm ngang, bảng đo cao độ mặt nước, góc xoay thẳng đứng.
 - Đặt mắt ngang mặt nước khi đọc giá trị cao độ mặt nước

Và để giảm sai số, khi thực hiện thí nghiệm cần lưu ý:

6. Kết luận

Thiết bị thí nghiệm **xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh HYD201** được thiết kế và chế tạo đảm bảo các tính năng như các thiết bị cùng loại hiện có trên thế giới, đảm bảo độ chính xác cao; có giá thành thấp hơn rất nhiều so với giá ngoại nhập. Đây sẽ là một phương án rất kinh tế nhằm khắc phục thực trạng thiếu thiết bị thí nghiệm, đồng thời mở ra một hướng mới cho việc nghiên cứu và chế tạo các thiết bị thí nghiệm khác nhằm từng bước mở rộng quy mô phòng thí nghiệm và nâng tầm chất lượng đào tạo thí nghiệm thực hành tại Đại học Duy Tân với kinh phí đầu tư ít nhưng sẽ đạt hiệu quả cao.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài NCKH cấp trường, mang mã số 1534/QĐ-ĐHDT tại Đại học Duy Tân.

Tài liệu tham khảo

- [1] *Đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường: Nghiên cứu, chế tạo thiết bị thí nghiệm xác định điểm đặt áp lực thủy tĩnh*, Nguyễn Phước Bình, Đại học Duy Tân, 2014.
- [2] *Fluid mechanics*, JF Douglas, JM Gasiorek and JA Swaffield, Longman Scientific & Technical, second edition, 1986.
- [3] <http://discoveramfield.com/en/products/view/f1>
- [4] <http://www.techquipment.com/Fluid-Mechanics/Hydrostatics/H11.aspx>
- [5] Nguyễn Phước Bình, Giáo trình Thủy lực (lưu hành nội bộ), Đại học Duy Tân, 2014