

Phương trình (12) dùng để tính toán TST  $u_2$  của bộ truyền cấp chậm trong HGT hai cấp bánh răng trụ. Từ  $u_2$  ta dễ dàng xác định được TST  $u_1$  của bộ truyền cấp nhanh theo công thức (1).

Đặc biệt, nếu chọn  $[K_{02}]/[K_{01}] = 1$ ;  $d_{w22}/d_{w21} = 1$ ;  $\psi_{ba2}/\psi_{ba1} = 1,3$ ;  $\eta_{brt} = 0,97$ ;  $\eta_{oi} = 0,992$  rồi thay vào (12), ta có:

$$u_2 \approx 1,113\sqrt{u_h}. \quad (13)$$

### 3. Kết luận

1. Bài báo đã thiết lập được công thức giải tích dùng để phân phối TST trong HGT hai cấp bánh răng trụ. Công thức này không những cho phép xác định nhanh chóng và chính xác TST của các cấp theo tỷ số truyền chung, mà còn tạo điều kiện thuận lợi để lập trình tự động tính toán thiết kế;

2. Kết quả của bài báo có thể dùng để tính toán phân phối tỷ số truyền trong HGT hai cấp bánh răng trụ, làm cơ sở khoa học cho việc phân phối TST trong các loại HGT khác, đồng thời có thể dùng làm tài liệu tham khảo khi nghiên cứu, cũng như giảng dạy và học tập.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đào Ngọc Biên, Cao Ngọc Vi, *Phân phối tỷ số truyền trong hộp giảm tốc hai cấp bánh răng côn – trụ*. Tạp chí Giao thông vận tải, số 5/2011, Tr37, 43.
- [2] Đào Ngọc Biên, *Thiết kế môn học Chi tiết máy*, Nxb Hải Phòng. Hải Phòng, 2008.
- [3] Trịnh Chất, *Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
- [4] Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí tập 1 và 2*, NXB Giáo dục, Hà Nội, 1998.
- [5] Nguyễn Trọng Hiệp, *Chi tiết máy tập 1 và 2*, Nxb Giáo dục, Hà Nội, 2001.
- [6] V.B. Bhandari, *Design of machine elements*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 2008.
- [7] Кудрявцев В.Н, и др, *Конструкции и расчет зубчатых редукторов*, Машиностроение, Ленинград, 1971.
- [8] М.Н. Иванов, В.А. Финогенов, *Детали Машин*, Высшая школа, Москва, 2008.

**Phản biện: ThS. Bùi Thức Đức**

## NGUYÊN LÝ LẶN - NỔI LÊN CỦA TÀU NGẦM

diving and floating principles of the submarine

**KS. HUỖNH XUÂN SINH; TS. ĐỖ QUANG KHÁI**  
*Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*  
**ThS. PHẠM THANH HƯƠNG**  
*Đại học Bách khoa Hà nội*

### Tóm tắt

*Bài báo này trình bày các chế độ hoạt động và nguyên lý lặn, nổi lên của tàu ngầm và giải pháp lặn tối ưu của tàu ngầm khi thực hiện nhiệm vụ.*

### Abstract

*This paper presents diving and floating principles of the submarine and optimal diving solution for submarines team in executing a mission.*

### 1. Sơ lược về lịch sử phát triển

Tàu ngầm là loại phương tiện thủy có thể hoạt động ở cả hai chế độ bơi và lặn sâu trong nước để thực hiện những nhiệm vụ xác định. Theo phương án điều khiển tàu mà ta có thể chia ra làm ba loại: Tàu ngầm có điều khiển (Submarine), Phương tiện lặn tự động điều khiển (AUV – Autonomous Underwater Vehicle) và phương tiện lặn điều khiển từ tàu mẹ (ROV – Remotely Operation Vehicle). Trong nội dung bài báo này tập trung vào trình bày về nguyên lý lặn và nổi lên của tàu ngầm.

Tàu ngầm đơn giản nhất được phát minh vào năm 1875, mang tên là The TURTLE do David Bushnell chế tạo [2], từ đó đến nay tàu ngầm được không ngừng phát triển và đóng vai trò quan trọng trong lĩnh vực quân sự cũng như khai thác thương mại, thăm dò khảo sát đại dương.

Trong quân sự, tàu ngầm tham gia nhiệm vụ phòng thủ và tấn công đường biển, là thiết bị hiệu quả sử dụng chống tàu mặt nước cũng như chống tàu ngầm. Nó có khả năng sống sót cao so với các phương tiện thủy khác. Ở các nước có lực lượng Hải quân phát triển, tàu ngầm là phương tiện không thể thiếu trong biên chế và ngày càng được đầu tư nghiên cứu, phát triển.

Trong lĩnh vực thương mại, tàu ngầm sử dụng để phục vụ du lịch, khảo sát nghiên cứu biển, thăm lục địa, thăm dò tìm kiếm tài nguyên khoáng sản, nghiên cứu nguồn lợi thủy sản. Trong công nghiệp, tàu ngầm được sử dụng để lắp đặt, sửa chữa các công trình biển nơi mà thợ lặn không thể xuống được vv...

Việt nam là quốc gia biển, có vị trí địa lý chiến lược, trong vùng nhạy cảm của châu lục. Với chiến lược quốc gia là phải “vươn xa hơn, xuống sâu hơn” để phát triển kinh tế biển thì nhất thiết phải có đội tàu ngầm hiện đại để thực hiện các nhiệm vụ nghiên cứu phát triển kinh tế biển cũng như đảm bảo an ninh quốc phòng.

Trong những năm vừa qua, chúng ta cũng đã có quan tâm đầu tư nhất định cho lực lượng tàu ngầm. Để làm chủ công nghệ, để phát triển, khai thác hiệu quả đội tàu này đòi hỏi chúng ta phải nắm bắt thấu đáo nguyên lý, tính năng hoạt động của đội tàu này.

Tuy nhiên hiện nay, việc hiểu biết và khai thác hoạt động của tàu ngầm còn có nhiều hạn chế, chủ yếu là sự khai thác của kíp thuyền viên được huấn luyện về vận hành phương tiện nhưng chưa thực sự hiểu sâu về bản chất các tính năng của tàu, nên việc khai thác có hiệu quả, đảm bảo an toàn tin cậy và xử lý các tình huống khẩn cấp còn nhiều hạn chế.

Do tính đặc biệt của đội tàu, đặc thù nhiệm vụ nó phải thực hiện và để đảm bảo an toàn phương tiện, rất cần thiết phải nghiên cứu thấu đáo để khai thác hiệu quả đội tàu này. Một trong những nhiệm vụ cấp bách là nghiên cứu và đưa ra các giải pháp lặn hợp lý cho từng tình huống nhiệm vụ thực tế.

Trong nội dung báo cáo này tác giả trình bày các nguyên lý lặn nổi của tàu ngầm, ưu nhược điểm của từng phương án. Căn cứ vào tính năng trang bị, điều kiện khai thác sử dụng cũng như điều kiện khu vực biển Việt Nam tự đó lựa chọn phương án lặn tối ưu nhất cho tàu đáp ứng hiệu quả cao nhất khi thực hiện nhiệm vụ.

## 2. Nguyên lý lặn – nổi của tàu ngầm

### 2.1. Các chế độ hoạt động của tàu ngầm

Tàu ngầm có ba chế độ hoạt động cơ bản: chế độ bơi, chế độ chạy nửa chìm nửa nổi và chế độ đi ngầm [4]. Đối với chế độ bơi, tàu ngầm hoạt động như một tàu nổi trên mặt nước và có tất cả các tính năng cơ bản về ổn định và quay trở hoàn toàn giống tàu nổi. Khi chịu tác động của sóng, gió tàu bị nghiêng ngang một góc nhất định, khi đó tâm nổi của tàu sẽ thay đổi, dịch từ B đến B1, lúc này sẽ phát sinh mô men hồi phục do lực nổi với cánh tay đòn là khoảng cách theo phương ngang giữa 2 lực. Giá trị mô men hồi phục lúc này là :

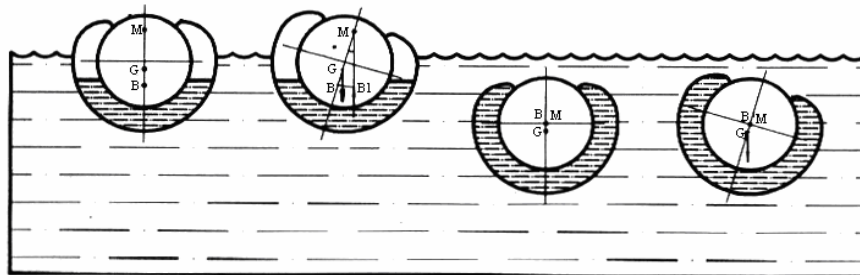
$$M_{hp} = D.GZ$$

Khi chuyển sang chế độ chạy nửa chìm nửa nổi và chế độ đi ngầm, tính năng ổn định của tàu hoàn toàn khác so với các tàu nổi. Khi tàu chìm dần vào trong nước, do lượng chiếm nước tăng dần nên chiều cao tâm nổi B của tàu tăng và chiều cao tâm nghiêng M giảm (điểm B và M tiến dần lại trọng tâm hình học của mặt cắt ngang). Khi tàu chìm hoàn toàn trong nước có thể xem như B và M trùng vào tâm của hình tròn mặt cắt ngang thân chịu lực (vỏ mạnh) của tàu.

Trong chế độ tàu đi ngầm trong nước, ta có thể bỏ qua ảnh hưởng tác động của sóng và gió, tuy nhiên nếu gặp tác động của các dòng chảy ở các độ sâu nhất định, tàu vẫn có thể bị nghiêng ngang. Lúc này mô men hồi phục của tàu là :

$$M_{hp} = m.GM \sin\alpha$$

với m: trọng lượng của tàu



Hình 1. Sự khác biệt mô men hồi phục khi tàu ở chế độ đi ngầm.

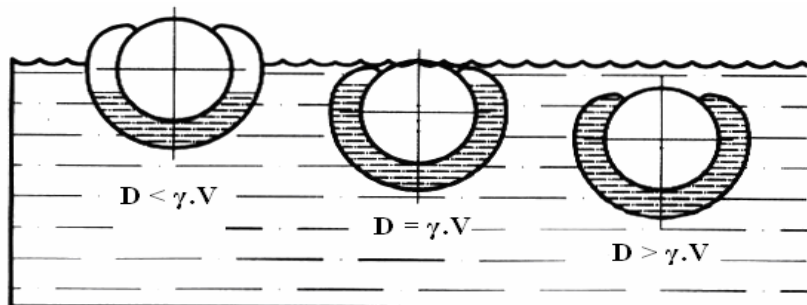
Khi tàu ngập hoàn toàn trong nước, vị trí G và B là cố định, do đó giá trị GB là hằng số. Như vậy, momen hồi phục lúc này chỉ phụ thuộc vào chiều cao trọng tâm của tàu và có giá trị rất bé, nếu trọng tâm tàu tiến đến tâm hình học của mặt cắt ngang thì mô men hồi phục sẽ bằng không, tàu sẽ mất ổn định, không có khả năng quay về trạng thái ban đầu. Như vậy, ở chế độ đi ngầm, tính ổn định (ngang và dọc) của tàu hoàn toàn phụ thuộc vào chiều cao trọng tâm của tàu. Chiều cao trọng tâm tàu càng thấp, tàu càng ổn định, tức là càng dễ quay về lại trạng thái ban đầu khi nghiêng do ngoại lực tác dụng.

### 2.2. Phương án lặn – nổi lên tĩnh:

Đa phần các loại tàu ngầm quân sự có lượng chiếm nước lớn đều sử dụng phương án lặn và nổi lên tĩnh. Cơ sở của phương án lặn này là phương trình lực nổi Acsimet giữa lượng chiếm nước và trọng lượng tàu:

$$D = \gamma \cdot V$$

Để tàu lặn xuống, tiến hành cho nước ngập vào các khoang dẫn bố trí trong tàu. Như vậy lúc này trọng lượng tàu (có kèm cả khối lượng nước dẫn) sẽ tăng, tàu từ từ chìm xuống. Khi  $D > \gamma \cdot V$ , tàu sẽ ngập chìm hoàn toàn trong nước. Để tàu nổi lên, tiến hành bơm hoặc dùng khí nén cao áp đẩy nước ra khỏi các khoang, trọng lượng tàu giảm, tàu nổi dần lên. Khi  $D < \gamma \cdot V$ , tàu sẽ nổi hoàn toàn trên mặt nước. Như vậy, đối với phương án lặn tĩnh, tàu lặn và nổi lên thông qua việc thay đổi lực nổi mà không chịu tác động của động cơ đẩy tàu. Nhược điểm của phương án này là cần nhiều thời gian cho nước tràn vào hoặc thoát ra qua các cửa van thông và cần kiểm soát được lượng nước trong các két để cân bằng tàu.

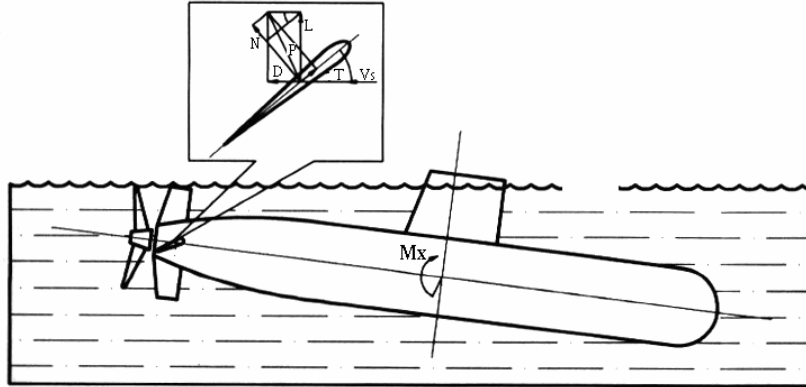


Hình 2. Nguyên lý lặn tĩnh của tàu ngầm.

### 2.3. Chế độ lặn – nổi lên động

Phương án lặn – nổi lên động thường được sử dụng đối với các tàu ngầm loại nhỏ, các loại thiết bị trạm lặn và các phương tiện ngầm. Nguyên lý của phương án này là sử dụng động cơ chân vịt đẩy tàu thông qua các bộ bánh lái tầm (bánh lái độ sâu) tạo ra các lực hướng lên hoặc xuống để tàu lặn hoặc nổi lên. Các bộ bánh lái tầm này thường được đặt ở mũi hoặc lái, cách xa tâm nổi của tàu để tạo giá trị mô men chúi lớn đẩy tàu lên hoặc xuống. Theo hình 3 ta thấy khi chân vịt hoạt động đẩy tàu đi với tốc độ  $V_s$  khi bánh lái tầm quay một góc  $\alpha$ , dưới tác động của dòng chảy chất lỏng phân bố áp lực ở trên và ở dưới profin mặt cắt bánh lái, làm xuất hiện các lực tác động thẳng đứng. Các lực thủy động tác động lên bánh lái gồm có: lực nâng N và lực cản D, tổng hợp của lực N và D ta có P là lực chính tác động lên bánh lái. Lực này sẽ tạo ra mômen làm cho tàu

chúi quanh tâm nổi M và làm cho tàu lặn xuống. Nhược điểm chính của phương án lặn này là động cơ lai chân vịt phải luôn hoạt động nên tốn nhiều năng lượng.



Hình 3. Nguyên lý lặn động của tàu ngầm.

### 3. Phương án lặn tối ưu cho khai thác tàu trong điều kiện biển Việt Nam

Trong điều kiện khu vực biển Việt Nam, là khu vực biển có độ sâu lớn thuận lợi cho công tác điều động tàu và các tàu thuộc đội tàu là nhỏ có khả năng quay trở tốt. Qua việc tìm hiểu nguyên lý hoạt động của từng phương án lặn cụ thể, căn cứ vào nhiệm vụ yêu cầu đòi hỏi phải nhanh chóng và dứt khoát đảm bảo tính sống còn trong chiến đấu, tác giả đề xuất lựa chọn phương án lặn như sau:

Chọn lựa đồng thời hai phương án lặn cho tàu thông qua hai giai đoạn:

*Giai đoạn 1:* Sử dụng phương án lặn tĩnh cho tàu từ chế độ nổi chìm xuống vừa ngập mặt boong tàu (toàn bộ tháp điều khiển vẫn còn nổi trên mặt nước).

*Giai đoạn 2:* Sử dụng kết hợp cả hai phương án lặn tĩnh và lặn động để đưa tàu chìm sâu xuống độ sâu qui định (trong quá trình này có điều chỉnh lượng nước trong két đồng thời với độ nghiêng bánh lái tầm để tàu dần dần đạt vị trí cân bằng)

### 4. Kết luận

Nắm bắt các nguyên lý, tính năng hoạt động của tàu ngầm để khai thác sử dụng có hiệu quả trong quân sự cũng như khai thác thương mại là nội dung thật sự cần thiết nhằm khai thác tốt và bảo đảm tuyệt đối an toàn cho con người và trang bị.

Để tiếp cận với các tính năng mới của các chủng loại trang thiết bị tàu ngầm hiện đại, công tác nghiên cứu tìm hiểu phải đi trước một bước, chuẩn bị mọi điều kiện thật sự đồng bộ, giữ gìn nhân tố về trình độ khoa học kỹ thuật trong khai thác sử dụng với tính năng hiện đại của trang bị. Điều này đòi hỏi các Cơ quan nghiên cứu khoa học, các nhà trường, Viện nghiên cứu cần quan tâm hơn nữa đến việc trang bị những kiến thức lý thuyết và thực tế về tính năng tàu ngầm cho đội ngũ cán bộ khoa học trẻ, đội ngũ sinh viên ngành Hàng hải để từng bước tiếp cận với việc khai thác hiệu quả trang bị trong những năm tiếp theo.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Submarine design and development. Norman Friedman. Conway Maritime University, 1984
- [2] Fleet type submarine. San Francisco Maritime National Park Association, 2004
- [3] Submeges statibility and Manoeuvrability, Aspects of submarine (Page 169-172), Evan den Pol, 2000.
- [4] Submarine Dive Technology, Johan J. Heiszwolf, 2001
- [5] KS Nguyễn Hữu Vượng, GS PTS Nguyễn Đức Ân, GS PTS Trương Cẩm, GS PTS Trần Công Nghị, KS Hồ Quang Long, PTS Trần Hùng Nam. *Sổ tay Kỹ thuật tàu thủy và Công trình nổi*. Nhà xuất bản GTVT, 1998.

**Phản biện: PGS.TS. Lê Hồng Bang**