

**Đồ án tốt nghiệp: Hệ thống đường
ống biển**



LỜI CẢM ƠN

Tôi xin chân thành cảm ơn Viện Xây dựng Công trình biển, trường Đại học Xây dựng đã cung cấp cho tôi nền tảng kiến thức chuyên ngành, là tiền đề cho việc tiếp cận các kiến thức mới và các tiếp cận thực tế sau này.

Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn tới Ban Lãnh đạo Cục Đăng kiểm Việt Nam, trực tiếp là Ban Lãnh đạo Phòng Công trình biển, đã tiếp nhận và tạo mọi điều kiện thuận lợi nhất cho tôi hoàn thành tốt đồ án tốt nghiệp này.

*Tôi xin cảm ơn sâu sắc tới các kỹ sư và thạc sĩ Phòng Công trình biển, đặc biệt, **PGS.TS. Phan Văn Khôi** đã trực tiếp hướng dẫn trong suốt quá trình hoàn thành đồ án, giúp đỡ tôi tiếp cận với các phương pháp nghiên cứu, những vấn đề mới về mặt lý thuyết, tài liệu tham khảo cũng như các áp dụng thực tế.*

Hà Nội, tháng 05 năm 2007
Sinh viên

VŨ VĂN HOAN

MỤC LỤC

<u>CHƯƠNG 1 - TỔNG QUAN</u>	4
<u>1.1. Giới thiệu hệ thống đường ống biển Việt Nam</u>	4
<u>1.1.1. Hệ thống đường ống biển</u>	4
<u>1.1.2. Thống kê số liệu về nhịp hẫng</u>	4
<u>1.2. Hiện tượng môi đường ống biển</u>	6
<u>1.2.1. Tổng quan</u>	6
<u>1.2.2. Các loại nhịp hẫng của đường ống</u>	8
<u>1.3. Tình trạng về các số liệu đầu vào cho bài toán môi</u>	10
<u>1.4. Phạm vi nghiên cứu</u>	11
<u>CHƯƠNG 2 - CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MÔI ĐƯỜNG ỐNG</u>	12
<u>2.1. Các bài toán môi nhịp hẫng</u>	12
<u>2.2. Lý thuyết tổn thương tích lũy của Palmgren – Miner</u>	13
<u>2.3. Đường cong môi S-N</u>	15
<u>2.4. Phương pháp phân tích môi tiền định</u>	17
<u>2.5. Phân tích môi bằng phương pháp phổ</u>	20
<u>2.5.1. Trường hợp phổ ứng suất dải hẹp</u>	21
<u>2.5.2. Trường hợp hàm mật độ phổ ứng suất dạng dải rộng</u>	25
<u>2.6. Phân tích môi theo tiêu chuẩn</u>	26
<u>2.6.1. Các chỉ tiêu phân tích môi</u>	27
<u>2.6.2. Các hệ số an toàn</u>	32
<u>2.6.3. Mô hình phản ứng</u>	33
<u>2.6.4. Mô hình lực tác dụng</u>	40

<u>CHƯƠNG 3 - CÁC SỐ LIỆU ĐẦU VÀO PHỤC VỤ PHÂN TÍCH MÔI ĐƯỜNG</u>	
<u> <u> ỐNG BIÊN VIỆT NAM</u></u>	48
<u> 3.1. <u>Hệ thống hóa các loại vật liệu làm đường ống biên</u></u>	48
<u> 3.1.1. <u>Các loại vật liệu làm đường ống</u></u>	48
<u> 3.1.2. <u>Các tính chất cơ học của vật liệu làm đường ống</u></u>	49
<u> 3.2. <u>Đường cong mỏi S-N cho vật liệu làm đường ống biên</u></u>	52
<u> 3.3. <u>Hình học và liên kết</u></u>	60
<u> 3.3.1. <u>Mô hình hoá liên kết theo sơ đồ khớp</u></u>	61
<u> 3.3.2. <u>Mô hình hóa liên kết theo sơ đồ ngàm</u></u>	62
<u> 3.3.3. <u>Mô hình hóa liên kết bằng phương pháp phân tử hữu hạn</u></u>	63
<u> 3.3.4. <u>Độ cứng của đất nền theo tiêu chuẩn DnV</u></u>	65
<u> 3.4. <u>Điều kiện môi trường</u></u>	68
<u> 3.4.1. <u>Chuyển sóng bề mặt xuống tới đáy biển</u></u>	69
<u> 3.4.2. <u>Chuyển phổ sóng bề mặt xuống tới đáy biển</u></u>	71
<u> 3.4.3. <u>Về dòng chảy ở đáy biển</u></u>	73
<u> 3.4.4. <u>Các loại số liệu sóng và dòng chảy</u></u>	79
<u> 3.4.5. <u>Sự tách xoáy</u></u>	84
<u>CHƯƠNG 4 - VÍ DỤ ÁP DỤNG</u>	89
<u> 4.1. <u>Chương trình phân tích môi nhịp hằng đường ống biên</u></u>	89
<u> 4.1.1. <u>Sheet1: ĐẦU VÀO</u></u>	89
<u> 4.1.2. <u>Dữ liệu sóng</u></u>	90
<u> 4.1.3. <u>Dữ liệu dòng chảy</u></u>	91
<u> 4.1.4. <u>Sheet2: KẾT QUẢ</u></u>	91
<u> 4.2. <u>Ví dụ áp dụng</u></u>	91

<u>4.2.1. Số liệu đầu vào</u>	91
<u>4.2.2. Kết quả tính toán</u>	93
<u>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ</u>	96
<u>TÀI LIỆU THAM KHẢO</u>	99
<u>PHỤ LỤC.....</u>	101

1 TỔNG QUAN

1. Giới thiệu hệ thống đường ống biển Việt Nam

1. Hệ thống đường ống biển

Do nhu cầu về dầu khí ngày một tăng cao nên đã có một số lớn các dự án thăm dò khai thác dầu khí được thực hiện trên thế giới. Kể từ khi hệ thống đường ống biển đầu tiên được lắp đặt ở vịnh Mêhicô tới nay đã có hàng ngàn km đường ống được lắp đặt trên thế giới.

Tiềm năng dầu khí ở nước ta là tương đối lớn. Các hệ thống đường ống biển hiện có ở nước ta có thể kể đến như: hệ thống đường ống tại mỏ Bạch Hổ, mỏ Rồng và mỏ Rubi, đường ống dẫn khí Bạch Hổ - Kỳ Vân, hệ thống đường ống mềm tại mỏ Đại Hùng. Tổng chiều dài hệ thống đường ống nội mỏ Bạch Hổ khoảng 289km, vận chuyển dầu, khí... Đường ống Bạch Hổ - Vũng tàu dài 125km.

Hiện nay, 362km đường ống Nam Côn Sơn từ mỏ Lan Tây vào bờ đã được tiến hành xây dựng. Hệ thống đường ống này có độ sâu cỡ 100m nước, đường kính 26 inch (660 mm) làm bằng vật liệu thép C-Mn X65 629,8ID (theo TCVN [4], DnV [6]), vận chuyển khí gas và khí hóa lỏng.

Trong tương lai, dự kiến sẽ có hệ thống đường ống biển ở vùng Tây nam vào bờ. Các dự án về đường ống biển qui mô lớn ở độ sâu hơn 200m nước cũng đang được tiến hành nghiên cứu, dự tính tới năm 2010 sẽ triển khai các dự án này.

Như vậy cùng với hệ thống đường ống biển thế giới, hệ thống đường ống biển ở Việt Nam cũng đang ngày càng phát triển mở rộng với quy mô ngày càng lớn, giá trị kinh tế của các hệ thống đường ống biển cũng ngày một tăng cao. Chính vì vậy, các tính toán chi tiết cho an toàn đường ống biển ngày càng được chú trọng.

2. Thống kê số liệu về nhịp hẫng

Theo [14], về điều kiện địa hình, địa chất, địa hình đáy biển thềm lục địa phía Nam Việt Nam có đặc điểm chung là rất bằng phẳng. Địa tầng phía trên chủ yếu là cát hạt mịn đến hạt trung. Đối với các công trình xây dựng tại Bạch Hổ, Rồng và Rubi thì các tính chất trên càng nổi bật. Thực tế các đường ống ở đây đều không có chướng ngại vật tự nhiên, độ sâu đáy biển từ 48m đến 55m, địa chất lớp mặt là cát.

Tuy nhiên, sóng và gió tại khu vực này theo mùa rõ rệt, dòng chảy có vận tốc khá lớn, ở đáy vận tốc đạt tới 1,36 m/s theo hướng Tây Nam. Hướng sóng chủ đạo là Đông Bắc với chiều cao sóng đáng kể: m. Với chế độ

hải văn đó, địa hình đáy biển ở đây thay đổi liên tục, hiện tượng nhíp hằng cũng biến đổi hàng năm, thậm chí biến đổi theo mùa.

Cũng theo tài liệu [14], số liệu về nhíp hằng được Công ty Tư vấn Thiết kế và Xây dựng dầu khí tiến hành khảo sát vào các năm 1999 và 2001 với 50 tuyến ống. Kết quả khảo sát được cho trong **Bảng 1.1**.

Bảng 1.1-Thống kê số lượng nhíp hằng

Lần khảo sát	Số nhíp treo	Số điểm giao cắt	Số dị vật
Năm 1999	159	135	145
Năm 2001	98	-	-
Tổng hợp	257	>135	>145

Qua số liệu sơ bộ như trên, có thể thấy rằng hiện tượng nhịp hẫng trên đường ống biển của nước ta là rất phổ biến, trong đó:

- chiều dài nhịp phổ biến nhất là khoảng 15m đến 30m;
- các nhịp xuất hiện chủ yếu theo hướng Bắc - Đông Bắc, là hướng vuông góc với hướng dòng chảy lớn nhất (Tây - Nam);
- chiều sâu nhịp phổ biến nhất là khoảng 25cm đến 33 cm, phần lớn các nhịp hẫng có chiều dài nằm trong khoảng 13cm đến 42cm;
- trung bình cứ 972m đường ống xuất hiện 1 nhịp hẫng.

Tài liệu này cũng cho biết, tất cả các vị trí nhịp hẫng đều thay đổi, không có nhịp hẫng nào giữ nguyên vị trí giữa hai lần khảo sát. Số lượng, chiều dài và chiều sâu nhịp thay đổi đáng kể.

Như vậy hiện tượng nhịp hẫng xảy ra phổ biến và biến đổi mạnh hàng năm. Do đó, tổn thương môi của các nhịp ống rất cần được lưu tâm xem xét và xem xét với thời gian không dài (chẳng hạn là 1 năm).

2. Hiện tượng môi đường ống biển

1. Tổng quan

Lần đầu tiên hiện tượng môi được quan tâm là năm 1850 khi hàng loạt trục bánh xe của tàu hỏa bị gãy mà không rõ nguyên nhân. Sau đó nghiên cứu đầu tiên về hiện tượng này được thực hiện bởi Wöhler. Tiếp sau đó các hiện tượng phá hủy môi ở tàu thủy và máy bay lần lượt được nghiên cứu và công bố.

Đối với kết cấu đường ống biển, năm 1976, quy phạm về “Thiết kế, thi công và kiểm định đường ống biển và ống đứng” của DnV (Nauy) đã quy định về việc phân tích môi cho kết cấu đường ống biển, trong đó quan tâm đến các đoạn ống treo có rung động và các ống đứng. Quy phạm này quy định sơ lược về trình tự tính toán môi cho đường ống sử dụng phương pháp của Palmgren-Miner. Các quy phạm phân tích môi đường ống biển của DnV đã

Viện Xây dựng Công trình biển

được tái bản và bổ sung nhiều lần. Các tổn thương mỗi xảy ra trong thi công đã được chú ý tới, đồng thời phương pháp tính toán tuổi thọ mỗi theo lý thuyết cơ học phá hủy đã được cho phép sử dụng. Các phương pháp phân tích mỗi trong các quy phạm này ngày càng được cải tiến để tiếp cận gần hơn với thực tế làm việc của các hệ thống đường ống biển.

Ngoài quy phạm nêu trên, về thiết kế đường ống biển còn nhiều quy phạm khác, của Đăng kiểm Anh L'loyd, Hội Cơ khí Mỹ: ASME, Viện Dầu mỏ Mỹ: API... cũng quy định về việc phân tích mỗi cho đường ống.

Trong các quy phạm nêu trên, quy phạm DnV là tài liệu đầy đủ nhất. Ngoài phần quy định khá chi tiết về các yêu cầu trong thiết kế, tài liệu này còn có một khối lượng lớn các phụ lục và tài liệu hướng dẫn. Do đó hiện nay ở nhiều nước, quy phạm nói trên được sử dụng chủ yếu trong công tác thiết kế, thi công và kiểm định đường ống biển.

Như vậy hiện tượng mỗi đã và đang trở thành yêu cầu bắt buộc trong thiết kế lắp đặt và vận hành các hệ thống đường ống biển.

Mỗi đường ống gây ra do ba tác nhân chính: tác động trực tiếp của sóng, dao động do tách xoáy theo phương vuông góc với hướng dòng và dao động do tách xoáy theo hướng dòng. Tùy theo điều kiện môi trường và độ sâu của đường ống mà một trong số các tác nhân trên có thể có ảnh hưởng vượt trội.

Hiện tượng mỗi, nói chung, có thể xảy ra ở mọi bộ phận của kết cấu đường ống biển. Tuy nhiên, chỉ một số loại tải trọng mới có khả năng gây hiện tượng mỗi đáng kể. Chúng phải được tính đến trong quá trình thiết kế và kiểm định. Các bộ phận kết cấu thường xảy ra hiện tượng mỗi có thể được kể đến như sau:

- **Đoạn ống đứng** chịu tác động lớn của tải trọng sóng và dòng chảy do nằm gần mặt nước, tác động của gió, các rung động trên giàn, các xung áp lực của dòng sản phẩm, các biến đổi nhiệt... Ngoài ra, ống đứng còn bị ăn mòn rất mạnh do môi trường nước biển, đồng thời có hà bám với chiều dày đáng kể. Có thể nói ống đứng là bộ phận ống

đễ bị phá hủy mỗi nhất.

- **Đoạn ống ngầm có nhịp hẫng (nhịp treo)** là đoạn ống ngầm dưới biển, lộ trên mặt đáy và tách rời một phần khỏi đáy biển. Tải trọng gây mỗi trên đoạn ống này chủ yếu là các lực thủy động tạo ra bởi sóng và dòng chảy. Các nguyên nhân khác như xung áp lực, biến đổi nhiệt... thường không có vai trò đáng kể. Phân tích mỗi cho nhịp hẫng của đường ống là một bài toán chủ yếu trong thực tế thiết kế và thi công đường ống biển.
- **Đoạn ống vào bờ** nếu không được vùi cũng là một bộ phận dễ bị phá hủy mỗi bởi vì ngoài các tác động thông thường, đoạn ống này còn phải chịu tải trọng sóng vỡ có giá trị lớn và thường xuyên.
- **Đường ống trong giai đoạn thi công**, đặc biệt là được thi công bằng phương pháp kéo (tow). Với cách thi công này, đoạn ống dài được kéo từ bờ ra điểm nối ghép ngoài biển, đường ống chịu tác động của tải trọng sóng, tuy nhỏ nhưng gây biên độ ứng suất lớn trong ống do chiều dài ống lớn chỉ được đỡ bằng các phao.

2. Các loại nhịp hẫng của đường ống

Các nhịp hẫng của đường ống có thể xuất hiện trong quá trình lắp đặt nếu đáy biển gồ ghề và trong quá trình khai thác do xói và hóa lỏng đất đáy biển. Nhịp hẫng dao động do sóng và tách xoáy, do đó gây ra mỗi, phụ thuộc vào số chu trình của tải trọng.

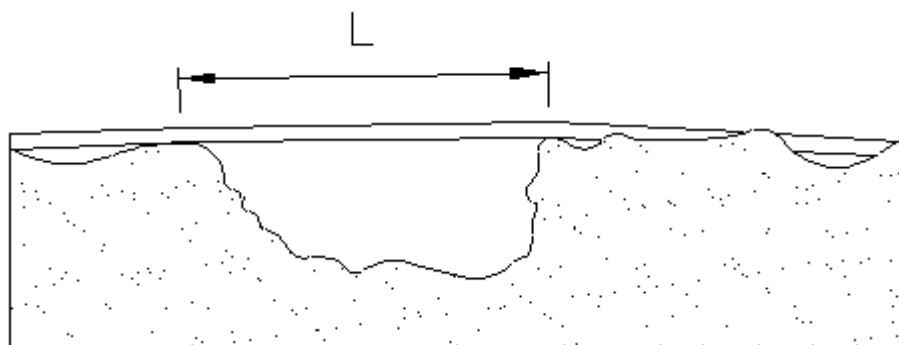
Tại một đoạn của đường ống có thể xuất hiện một hay nhiều nhịp hẫng. Tuy nhiên kinh nghiệm cho thấy, dạng nhịp hẫng đơn chiếm đến hơn 80% các trường hợp, [13]. Do vậy trong phạm vi đồ án này chỉ đề cập đến các phương pháp phân tích mỗi cho nhịp hẫng đơn.

Ta có thể phân loại nhịp theo nguyên nhân gây ra nó. Theo đó, có bốn kiểu nhịp hẫng chính sau:

1/ Nhịp hẫng gây ra do đáy biển không bằng phẳng

Loại nhịp hẫng này, nói chung, xảy ra trong quá trình lắp đặt đường ống. Lực dọc trong ống khi đó bằng lực kéo dư do quá trình rải ống. Lực dọc trong ống có ảnh hưởng quan trọng đến các thuộc tính tĩnh và động của nhịp (hình học, ứng suất, tần số dao động riêng...).

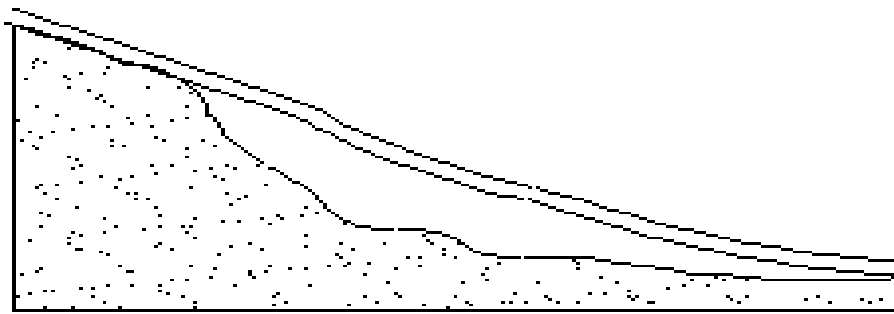
Nhịp hẫng gây ra do sự gồ ghề của đáy biển có thể được phân ra làm một số trường hợp, có thể tính toán bằng các phương pháp đơn giản, như **Hình 1.1**.



a) Ống qua hố lõm



b) Ống vượt địa hình có đá trôi



c) Ống vượt địa hình có độ dốc thay đổi

Hình 1.1- Nhịp hẫng do địa hình đáy biển

2/ Nhịp hẫng gây ra do sự xói mòn dưới ống

Sự xuất hiện của đường ống nói chung làm thay đổi sự cân bằng vận tốc dòng chảy. Khi vận tốc phần tử nước sát đáy đủ lớn để nâng lên và mang theo các hạt trầm tích đáy, nó sẽ gây ra hiện tượng xói dưới đường ống và gây ra nhịp hẫng, **Hình 1.2**.

Hiện tượng xói dưới ống có thể xảy ra trong bất cứ giai đoạn làm việc nào của đường ống: ngay sau khi rải ống hoặc trong quá trình khai thác.



Hình 1.2-Nhịp hẫng do xói đáy ống

Điểm khác nhau cơ bản giữa nhịp hẫng gây ra do địa hình không bằng phẳng và nhịp hẫng gây ra bởi xói dưới đáy ống là nhịp hẫng gây ra bởi xói dưới đáy ống dẫn đến sự phân phối lại đáng kể của ứng suất trong ống. Biến dạng võng của ống làm tăng thêm lực căng trong ống. Lực này phải kể đến trong tính toán ứng suất và tần số dao động riêng của nhịp hẫng.

Bên cạnh đó, do dao động của sóng, gây ra bởi vận tốc của phần tử nước và các hoạt động của công trình, dẫn đến sự hóa lỏng của đất. Quá trình

này có thể gây ra hiện tượng nổi của đường ống do sự tăng khối lượng riêng của dòng chất lỏng bao quanh ống. Hiện tượng vận động của sóng cát dưới đáy biển cũng là nguyên nhân gây nhíp hẫng.



Hình 1.3-Nhíp hẫng gây ra do chuyển động của sóng cát

3/ Nhíp hẫng được lắp đặt có chủ đích

Trong một số trường hợp, nhíp hẫng có thể được xây dựng như một phần của dự án đường ống. Mục đích có thể là để tạo điều kiện cho các đoạn ống tự do chuyển vị, hoặc ống phải vượt qua các công trình ngầm nào đó.

4/ Nhíp hẫng gây ra do các hiện tượng bất thường

Nhíp hẫng có thể xảy ra do một số nguyên nhân không lường trước được trong quá trình thiết kế, thường là do các tải trọng sự cố. Chẳng hạn, chuyển dịch của ống do mắc lưới rà hoặc neo tàu thuyền có thể gây ra nhíp hẫng.

3. Tình trạng về các số liệu đầu vào cho bài toán mới

Như đã nói ở trên, hiện tượng mới gây nguy hiểm và nhiều tổn thất trong quá trình thi công và vận hành đường ống biển. Thực tế đòi hỏi phải giải quyết bài toán này.

Hiện nay, đường lối phân tích mới cho kết cấu nói chung đã được giải quyết. Đối với các kết cấu cụ thể, như kết cấu khối chân đế ngoài biển [2]..., bài toán mới đã được giải quyết khá triệt để.

Các phương pháp phân tích mới áp dụng cho đường ống đã được đề cập khá chi tiết ở một số tiêu chuẩn, quy phạm về đường ống biển, như DnV [5]. Thực tế yêu cầu công tác thiết kế bắt buộc phải tuân theo một tiêu chuẩn nhất định đã được công nhận. Tuy nhiên, ở Việt Nam hiện nay, tài liệu về mới đường ống hầu như chưa có. Các luận văn Thạc sĩ khoa học kỹ thuật, như [16],

[18] tại trường Đại học Xây dựng, đã có đề cập tới mỗi đường ống nhưng chỉ đưa ra đường lối chung, chưa có các phân tích cụ thể về đầu vào và đầu ra cho bài toán này.

Mặt khác, trong thực tế xây dựng, các đơn vị thiết kế đường ống biển đã và đang sử dụng một số phần mềm tính toán đường ống, như OffPipe, FatFree (dựa theo tiêu chuẩn DnV [5])... Đây là các phần mềm đề cập đến phân tích mỗi chi tiết cho đường ống. Để sử dụng tốt các phần mềm này, sự chính xác trong khâu số liệu đầu vào mang tính quyết định, đòi hỏi người sử dụng phải hiểu được các phương pháp phân tích mỗi đường ống.

Cho đến nay, chưa có tài liệu đã công bố nào đề cập đến công tác chuẩn bị đầu vào cho phân tích mỗi đường ống, hay là các số liệu đầu vào cho phân tích mỗi đường ống chưa được hệ thống.

4. Phạm vi nghiên cứu

Với những lí do đã nêu ở mục 1.3, đồ án này tập trung vào việc giải quyết các vấn đề sau:

- 1/ Hệ thống hoá các phương pháp tính mỗi áp dụng vào đối tượng cụ thể là đường ống biển. Trong đó, giới thiệu các phương pháp phân tích mỗi tiên định, ngẫu nhiên và đặc biệt là phương pháp phân tích mỗi đường ống theo tiêu chuẩn.
- 2/ Hệ thống lại các thông số đầu vào cho bài toán mỗi đường ống.

Hiện nay, ở Việt Nam và trên thế giới, phương pháp thi công thả ống bằng tàu rải ống (lay barge) được áp dụng phổ biến. Phương pháp này có thời gian treo ống rất ngắn nên tổn thương mỗi gây ra cho ống là không lớn. Do vậy trong đồ án này không đề cập đến mỗi của đường ống trong thi công. Các tiêu chuẩn và quy phạm đường ống trên thế giới cũng quy định rất chặt chẽ về việc vùi ống, do vậy bài toán mỗi của đoạn ống vào bờ cũng ít được quan tâm.

Với những lí do trên, đồ án này tập trung vào việc giải quyết bài toán mỗi của nhịp hẫng của đường ống đặt trên đáy biển.

2 CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MÔI ĐƯỜNG ỐNG

1. Các bài toán môi nhịp hằng

Có thể chia phân tích môi nhịp hằng đường ống làm hai loại bài toán:

a. Tính toán tuổi thọ môi của nhịp hằng

Bài toán này đòi hỏi phải có đầy đủ thông số chiều dài nhịp hằng và thông số về đường ống: đường kính , sản phẩm vận chuyển trong ống, vật liệu chế tạo ống: các đặc tính cơ học, đường cong môi $S-N$. Từ đó, với các số liệu cụ thể về môi trường (sóng, dòng chảy), dựa vào các phương pháp phân tích môi, ta tính được thời gian cho phép ống làm việc bình thường đến khi bị phá hủy môi.

Bài toán này được sử dụng trong quá trình thiết kế và kiểm tra, **Hình 2.1**.

Hình 2.1- Sơ đồ khối tính tuổi thọ môi của nhịp hằng

b. Tính toán chiều dài nhịp cho phép

Cũng như bài toán trên, các số liệu đầu vào yêu cầu số liệu về môi trường và đường ống. Ở bài toán này, tuổi thọ môi của nhịp hằng được coi là thông số đầu vào. Kết quả của quá trình tính toán là chiều dài nhịp hằng cho phép của đường ống, **Hình 2.2**.

Việc tính toán ra chiều dài cho phép mang nhiều ý nghĩa thực tiễn hơn so với việc dự báo tuổi thọ môi của nhịp hằng. Thực tế, các đường ống được

thiết kế đảm bảo bền mỗi. Trong quá trình khai thác và vận hành, sự thay đổi chiều dài nhịp hẫng sẽ được phát hiện qua các đợt kiểm tra định kì và kiểm tra bất thường. Nếu các đoạn ống có chiều dài nhịp hẫng lớn hơn chiều dài nhịp hẫng cho phép thì tiến hành khắc phục.

Hình 2.2- Sơ đồ khối tính chiều dài nhịp cho phép của đường ống

Trong phân tích mỗi các kết cấu ngoài biển khác, ảnh hưởng của xoáy ít được quan tâm. Đối với đường ống biển, tách xoáy là một nguyên nhân chủ yếu dẫn đến hiện tượng phá hủy mỗi. Theo các tài liệu về đường ống biển hiện nay, tuổi thọ mỗi của đường ống được tính cho hai phương vuông góc:

- (b) Tuổi thọ mỗi đối với tách xoáy làm ống dao động theo hướng dòng chảy và tải trọng sóng trực tiếp;
- (c) Tuổi thọ mỗi đối với tách xoáy làm ống dao động theo hướng vuông góc với dòng chảy.

Khi phân tích nhịp hẫng thông thường phải thực hiện các công việc sau:

- 1/ Lập mô hình kết cấu;
- 2/ Lập mô hình tương tác giữa ống và nền đất;
- 3/ Lập mô hình tải trọng;
- 4/ Phân tích tĩnh để có được kết quả tĩnh của đường ống;

- 5/ Phân tích dao động riêng để cung cấp các tần số dao động riêng và các hình dạng mode dao động tương ứng cho các dao động theo hướng dòng và vuông góc với hướng dòng của nhịp hẫng;
- 6/ Phân tích các phản ứng để có được số gia ứng suất do tải trọng môi trường.

2. Lý thuyết tổn thương tích lũy của Palmgren – Miner

Hiện nay việc tính toán mỏi cho đường ống chủ yếu đi theo hai quan điểm: theo quan điểm *tổn thương tích lũy*, dựa vào lý thuyết tổn thương tích lũy của Palmgren-Miner và theo quan điểm *cơ học phá hủy*, dựa vào lý thuyết phát triển vết nứt của Paris.

Đối với các công trình ngoài biển đang khai thác, đã có vết nứt, quan điểm cơ học phá hủy tỏ ra thích hợp hơn. Đối với các hệ thống đường ống biển, hiện nay quan điểm tổn thương tích lũy đang được áp dụng phổ biến.

Trong chương này sẽ trình bày các phương pháp phân tích mỏi chi tiết cho kết cấu đường ống theo lý thuyết tổn thương tích lũy của Palmgren – Miner.

Trên cơ sở các nghiên cứu, Palmgren và Miner cho rằng, mỗi bậc ứng suất cao hơn giới hạn mỏi đều gây ra một phần tổn thương cho vật liệu.

Nếu phần tử kết cấu chịu một tập hợp ứng suất gồm I bậc khác nhau thì số đo tổn thương tổng cộng sẽ là:

$$(2.1)$$

trong đó: n_i là số chu trình ứng suất mà phần tử phải chịu với ứng suất S_i không đổi và N_i là số chu trình tới phá hủy lấy theo đường cong mỏi $S-N$ ứng với S_i đó.

Về mặt lý thuyết, phần tử ống sẽ bị phá hủy khi số đo tổn thương bằng đơn vị, $D = 1$.

Trong các tiêu chuẩn thiết kế đường ống hiện nay, điều kiện không phá hủy về mỏi được viết dưới dạng:

(2.2)

trong đó: là giá trị cho phép của tổn thương mỗi, với ý nghĩa là tổng tổn thương tích lũy trong tuổi thọ thiết kế của đường ống dưới điều kiện chịu tải đã cho không được vượt giá trị cho phép đó.

Hiện nay, tồn tại hai phương pháp phân tích mỗi khác nhau: *tiền định* và *ngẫu nhiên*. Từ thống kê chế độ sóng dài hạn, ta có thể nhận được biểu đồ phân tán sóng, mỗi sóng được coi là điều hòa thì phương pháp phân tích mỗi sẽ được gọi là *tiền định*. Nếu xuất phát từ mật độ phổ sóng, phân tích động lực học kết cấu sẽ cho phép nhận được phản ứng dưới dạng mật độ phổ hoặc hàm mật độ phân phối xác suất, phương pháp phân tích mỗi sẽ được gọi là *phương pháp xác suất*. Phương pháp xác suất còn được gọi là *phương pháp ngẫu nhiên*, bao gồm *phương pháp phổ* và *phương pháp mô phỏng*.

Các phương pháp phân tích mỗi được trình bày chi tiết ở các mục 2.4, 2.5, và 2.6.

3. Đường cong mỗi S-N

Tính toán mỗi theo quan điểm tổn thương tích lũy yêu cầu phải xác định được mối quan hệ giữa một đặc trưng ứng suất với số chu trình tới phá hủy của vật liệu. Mối quan hệ này được thể hiện bởi hệ thống các *đường cong mỗi S-N*.

Các đường cong mỗi được xác định từ các thí nghiệm mỗi đối với vật liệu. Người ta có thể tiến hành thí nghiệm *Thử mỗi với vật liệu cơ bản* hay *Thử mỗi các mẫu mỗi hàn* hoặc *Thử mỗi các bộ phận kết cấu*.

Khi thí nghiệm xác định đường cong mỗi, ta cần tiến hành với nhiều mẫu giống nhau ở những mức ứng suất khác nhau để nhận được quan hệ *S-N*. Khi chuyển từ mức này sang mức khác cần giữ hoặc ứng suất trung bình không đổi hoặc hệ số bất đối xứng không đổi.

Đường ống biển chịu tải trọng sóng nên thường có ứng suất trung bình không đổi, đường cong mỗi thực nghiệm nhận được nói chung đều có thể biểu

diễn được dưới dạng một hàm lũy thừa :

(2.3)

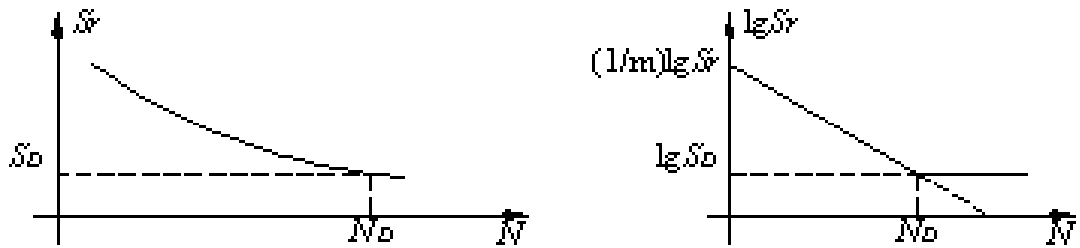
trong đó:

- số chu trình tới phá hủy (tuổi thọ mỗi),
- số gia ứng suất:
- các hằng số thực nghiệm.

Biểu thức (2.3) trên đây có thể viết thành :

(2.4)

Do đó, trong hệ tọa độ loga, đường $S-N$ là một đoạn thẳng.

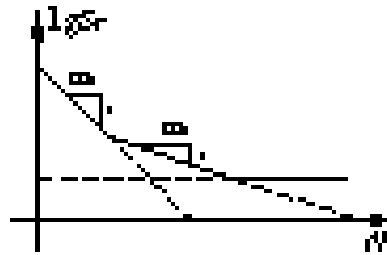


Hình 2.3-Đường cong mỏi

Ứng suất được gọi là *giới hạn mỏi*, với ý nghĩa là nếu số gia ứng suất thấp hơn giá trị đó thì mẫu thử sẽ không bị phá hủy vì mỏi (số chu trình tiến tới vô cùng). Trong thực tế khó có thể xác định chính xác giới hạn mỏi. Khi đó người ta quy ước chỉ kéo dài thí nghiệm tới một số chu trình nhất định đủ lớn . Tới đó, nếu mẫu thử chưa bị phá hủy thì có thể coi nó là không bị phá hủy vì mỏi, tức là từ đó trở đi, đường song song với trục hoành. Số chu trình được gọi là *số chu trình cơ sở* và ứng với nó là *giới hạn mỏi quy ước*.

Số chu trình cơ sở được quy định trong các tiêu chuẩn kỹ thuật thường nằm trong khoảng . Đối với các kết cấu thực tế, như kết cấu đường ống thép ngoài biển, thường được lấy bằng

Trong nhiều trường hợp, thực nghiệm cho thấy các hằng số a và m là không đổi chỉ trong một miền nhất định. Khi đó, đồ thị $S-N$ sẽ gồm những đoạn thẳng gãy khúc, **Hình 2.4**. Tham số m được gọi là chỉ số lũy thừa của đường $S-N$. Trên hệ tọa độ loga, đường $S-N$ có độ dốc bằng



Hình 2.4-Đường cong mỏi nhiều độ dốc

Một loại đường cong mỏi khác, không phụ thuộc vào hệ số bất đối xứng R , có dạng :

$$(2.5)$$

trong đó:

- biên độ ứng suất;
- độ bền dài hạn;
- các hằng số thực nghiệm, biến thiên trong khoảng 2 và 4.

Đường cong mỗi S - N có thể được xác định từ :

- các dữ liệu thử ở phòng thí nghiệm chuyên dụng;
- thuyết cơ học phá hủy được chấp nhận ;
- hệ thống đường cong mỗi trong [7], hay là hệ thống các đường cong mỗi trong mục 3.2.

Đường S - N phải áp dụng được cho ống tại vị trí có khuyết tật ban đầu (điểm khởi đầu vết nứt) và môi trường ăn mòn.

4. Phương pháp phân tích mỗi tiền định

Đối với phương pháp này, sóng được biểu diễn bởi một loạt các sóng điều hòa (tiền định) với các chiều cao và chu kì khác nhau và dòng chảy được coi là đều. Tổn thương tích lũy mỗi dài hạn được xác định bởi số gia của các biên độ ứng suất (tiền định) do các tải trọng kết hợp giữa sóng điều hòa và dòng chảy đều gây ra.

Đối với đường ống ngoài biển, thực tế, thống kê sóng dài hạn trong một năm là đủ đại diện cho một chu kì thời tiết. Các sóng cực trị ở mỗi năm có thể khác nhau, nhưng những sóng này gây ra số rất ít chu trình ứng suất nên phần đóng góp của chúng vào tổn thương tích lũy là không đáng kể.

Sau khi phân tích kết cấu theo quan điểm tiền định, ứng với mỗi sóng và dòng chảy, ta nhận được một bậc ứng suất, và với tập sóng đã cho có thể nhận được tập hợp nhiều bậc ứng suất, $i = 1, 2, \dots, I$. Mỗi bậc được đặc trưng bằng số gia ứng suất cực bộ lớn nhất S_{r_i} và số chu trình ứng suất n_i . Trong trường hợp sóng điều hòa đang xét, số chu trình ứng suất bằng số lần sóng. Thông thường có thể chia quá trình ứng suất trong một năm thành vài chục bậc.

Sau khi chọn được đường cong mỗi S - N thích hợp (xem 3.2), ta có thể tính được số chu trình phá hủy N_i ứng với các số gia S_{r_i} từ phương trình đường cong mỗi (2.3).

Từ đó, có thể tính được tổn thương mỗi theo (2.1). Nếu tập hợp sóng và do đó tập hợp ứng suất được lấy trong 1 năm thì tổn thương tính được theo (

2.1) là tổn thương trong 1 năm. Trong giai đoạn thiết kế, khi đã chọn trước tuổi thọ thiết kế L_d (năm) thì điều kiện để không bị phá hủy mỗi được viết thành:

$$(2.6)$$

và tuổi thọ mỗi thực của phần tử kết cấu đang xét là:

$$(năm) \quad (2.7)$$

Có thể tóm tắt trình tự tính toán tuổi thọ mỗi theo quan điểm tiền định như sau:

Các số liệu đầu vào:

- Các yếu tố về môi trường biển cần cho tính toán tải trọng và phân tích kết cấu: độ sâu nước, dữ liệu nhịp ống, dữ liệu về sóng và dòng chảy, xem 3.4.4;
- Các thông số về kết cấu, vật liệu, hình học và liên kết;
- Tiêu chuẩn tính toán được lựa chọn, đường cong mỏi $S - N$ và số đo tổn thương cho phép .

Các bước phân tích mỏi

- 1/ Xét hướng sóng vuông góc với trục ống;
- 2/ Xét sóng biển thứ $i = 1, (i = 1 \dots I, \text{ trong khoảng thời gian thống kê } 1 \text{ năm})$. Mỗi sóng này được đặc trưng bằng chiều cao H_i , chu kỳ T_i và số lần sóng n_i ;
- 3/ Xét một vị trí tương đối giữa đỉnh sóng và ống $j = 1, (j = 1 \dots J)$
- 4/ Chuyển sóng bề mặt xuống mức đường ống (độ sâu của trục ống);

- 5/ Tính toán lực sóng theo công thức Morison;
- 6/ Tính toán nội lực dọc và các mô men uốn;
- 7/ Lập lại từ bước 3/ cho mọi vị trí sóng;
- 8/ Lập lại từ bước 2/ cho mọi trường hợp sóng;
- 9/ Lập lại từ bước 1/ cho mọi hướng sóng chính;
- 10/ Tính số gia ứng suất lớn nhất S_{ri} ứng với sóng biển thứ I ;
- 11/ Tính số chu trình phá hủy N_i ứng với S_{ri} từ phương trình đường cong mỏi $S - N$;
- 12/ Tính tổn thương mỏi ứng với sóng biển thứ I ;
- 13/ Lấy tổng theo i , ta được tổn thương mỏi của đường ống D_{fat} 1 năm
- 14/ Tính tuổi thọ mỏi của đường ống:

Các bước phân tích nói trên được biểu diễn trên sơ đồ khối, **Hình 2.5**.

Hình 2.5-Phương pháp phân tích mỏi tiên định

5. Phân tích mỏi bằng phương pháp phổ

Phương pháp phổ là phương pháp đầu tiên trong các phương pháp xác suất phân tích mỏi đường ống. Trong đó, sóng được xem như các quá trình ngẫu nhiên dừng và được biểu diễn bởi các trạng thái biên khác nhau. Với mỗi trạng thái biên được đặc trưng bởi một phổ năng lượng. Phương pháp này đòi hỏi giả thiết đã thực hiện tuyến tính hóa các số hạng lực cản vận tốc trong phương trình Morrison, đồng thời bản thân sức chịu của đường ống (đặc trưng bởi tương tác ống – nền đất) cũng phải được mô tả dưới dạng tuyến tính.

Việc tuyến tính hoá các thông số này được nêu chi tiết trong các tài liệu: [1], [2] và [8].

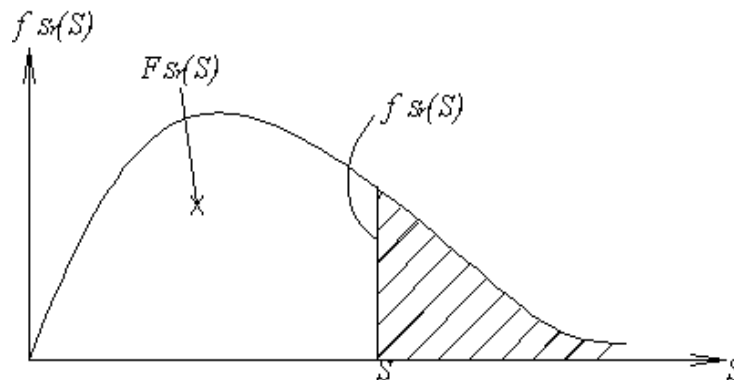
Thông thường, trong tính toán mỏi đường ống biên, số gia ứng suất được giả thiết tuân theo luật Weibull hai tham số, với hàm mật độ xác suất

(2.8)

và hàm phân phối xác suất có dạng

(2.9)

trong đó: k , m là tham số hình dạng và tham số kích thước của phân phối, σ . Đặc biệt, khi $k=1$, phân phối Weibull trở thành phân phối Rayleigh.



Hình 2.6 – Đồ thị hàm phân phối của số gia ứng suất

Theo đó, trong một trạng thái biến dài hạn, giả sử đường ống chịu tổng số chu trình ứng suất thì tổn thương tích lũy của đường ống, từ (2.1), sẽ có dạng:

(2.10)

(2.11)

trong đó:

- độ dốc của đường cong mỗi $S-N$;
- hàm gamma định nghĩa bởi biểu thức

(2.12)

Giá trị của hàm gamma thường đã được cho trong các bảng tính hoặc được hỗ trợ tính toán bằng phần mềm tính toán.

2. Trường hợp phổ ứng suất dải hẹp

Theo các quan sát cho thấy, quá trình ứng suất điển hình trong các công trình đường ống biển thường được coi là quá trình dải hẹp, trong đó

(2.13)

M_k là mô men bậc k của hàm mật độ phổ ứng suất, được định nghĩa bởi biểu thức

(2.14)

trong đó là hàm mật độ phổ một phía quá trình ứng suất.

1/ Tôn thương mỗi trong một chu trình ứng suất

Trường hợp ứng suất là quá trình dải hẹp, phân phối xác suất của biên độ ứng suất danh nghĩa S_a có dạng Rayleigh, với độ lệch chuẩn của quá trình ứng suất. Số gia ứng suất cũng có phân phối Rayleigh, nhưng với độ lệch chuẩn bằng , tức là:

(2.15)

Kể đến sự tập trung ứng suất, , thì trung bình tổn thương mỗi của một chu trình ứng suất là

(2.16)

2/ *Tổn thương mỗi trong một trạng thái biến ngắn hạn*

Ở một hướng sóng chính nhất định, một trạng thái biến ngắn hạn kéo dài trong khoảng thời gian (vài giờ) gây ra một quá trình ứng suất danh nghĩa có mật độ phổ là và số chu trình là .

Theo thuyết tổn thương tích lũy tuyến tính, trung bình tổn thương mỗi trong trạng thái biến ngắn hạn là

(2.17)

trong đó:

- số chu trình ứng suất trong trạng thái biến đang xét;
- trung bình tổn thương mỗi trong một chu trình ứng suất ở trạng thái biến đó.

Nói chung, là một biến ngẫu nhiên. Với quá trình dải hẹp ta có:

(2.18)

trong đó:

- khoảng thời gian của trạng thái biến ngắn hạn đang xét, từ khi thành hình đến khi chuyển sang trạng thái mới;
- trung bình chu kì cắt không của quá trình ứng suất trong trạng thái biến đó:

(2.19)

- mômen phổ bậc không và bậc hai của quá trình ứng suất, xem công thức (2.14).

3/ *Tổn thương mỗi trong một khoảng thời gian dài*

Trong khoảng thời gian dài có nhiều trạng thái biển ngắn hạn ngẫu nhiên xảy ra. Khi ấy tổn thương mỗi được tính bằng cách cộng tuyến tính các tổn thương ở riêng mỗi trạng thái:

(2.20)

trong đó:

- số trạng thái biển xảy ra trong khoảng thời gian dài T đang xét;
- chỉ số dùng để chỉ trạng thái biển thứ i , bao gồm nhiều trạng thái biển giống nhau được gộp lại, trong khoảng thời gian T .

Công thức (2.20) có thể biểu diễn qua hàm mật độ phân phối hai chiều dài hạn :

(2.21)

Tuy nhiên, thông thường, thống kê dài hạn sóng biển chỉ cho biết chiều cao sóng đáng kể H_S . Khi đó, phân phối xác suất hai chiều được thay bằng phân phối của chiều cao sóng đáng kể , và biểu thức (2.21) trở thành

(2.22)

Hàm mật độ xác suất dài hạn thường tuân theo luật phân phối

Weibull. Các tham số của phân phối được xác định từ tập số liệu đo chiều cao sóng ở vùng biển đang xét.

Khi xét đến sự phân bố hệ sóng đỉnh ngắn quanh hướng sóng chính, các biểu thức tính tổn thương mỗi trên cần được tích phân một lần nữa. Khi thiếu thông tin về phân bố hướng, người ta thừa nhận hàm hướng phân bố đều giữa 0 và π . Như vậy, (2.22) được viết thành:

$$(2.23)$$

trong đó: α là góc làm bởi sóng đỉnh ngắn và hướng sóng chính.

Xét các hướng sóng chính k khác nhau, thông thường $\alpha_k = \frac{\pi}{2}$. Lập lại các tính toán trên đây với các hướng sóng k ta được các tổn thương mỗi D_{tk} và cuối cùng tổn thương mỗi tổng cộng do các trạng thái biển khác nhau, theo các hướng khác nhau trong khoảng thời gian T được tính bằng:

$$(2.24)$$

trong đó: α_k là xác suất xảy ra hướng sóng k , được xác định nhờ thống kê hướng sóng có liên quan đến hướng gió ở vùng biển đang xét.

Nếu thời gian thống kê dài hạn là $T = 1$ năm thì các tổn thương mỗi nói trên là tính trong 1 năm. Trong giai đoạn thiết kế, nếu tuổi thọ L_f được cho trước, điều kiện bền mỗi trong thời gian L_f là:

$$(2.25)$$

Như vậy, khi đã xác định được phổ ứng suất qua phân tích phổ, có thể tóm tắt thuật toán tiếp tục xác định tuổi thọ mỗi của đường ống biển như sau:

- 1/ Xác định độ lệch chuẩn của quá trình ứng suất, ;
- 2/ Lựa chọn tiêu chuẩn tính toán: đường cong mỗi $S - N$ và tổn thương mỗi cho phép ;
- 3/ Xét hướng sóng chính ;
- 4/ Xét trạng thái biển , theo hướng sóng đó trong một năm;
- 5/ Tính các mô men phổ của ứng suất trong ống;
- 6/ Tính các chu kì của quá trình ứng suất;
- 7/ Tính tham số bề rộng dải . Kiểm tra điều kiện dải hẹp;
Nếu dải là hẹp, tiếp tục các bước sau đây;
- 8/ Tính ;
- 9/ Tính số chu trình ứng suất ;
- 10/ Tính ;
- 11/ Lặp lại từ bước 4/ cho mọi trạng thái biển;
- 12/ Tính tổn thương mỗi do mọi trạng thái biển thuộc hướng đang xét gây ra: ;

13/ Lập lại từ bước 3/ cho mọi hướng sóng;

14/ Tính tổn thương mỗi cho đường ống;

15/ Tính tuổi thọ mỗi của đường ống:

Hình 2.7-Phương pháp hàm mật độ phân tích mối cho quá trình dài hạn

3. Trường hợp hàm mật độ phổ ứng suất dạng dải rộng

Mặc dù trong thiết kế đường ống biển, người ta thường giả thiết quá trình ứng suất là dải hẹp, song thực tế phân tích động lực kết cấu vẫn có thể nhận được quá trình ứng suất dải rộng. Đặc biệt khi phân tích mỏi và độ tin cậy, cần xét ảnh hưởng của bề rộng dải tới số gia ứng suất và tới số chu trình ứng suất.

Có thể áp dụng trực tiếp phương pháp dòng mưa để giải quyết trường hợp này, nhưng đòi hỏi phải có đầy đủ các thể hiện ứng với các trạng thái biển khác nhau.

Một cách khác để tính tổn thương mỏi trong trường hợp phổ ứng suất dải rộng là dùng *hệ số hiệu chỉnh* , trong đó có kể đến tham số của quan hệ $S-N$ và sự phân phối mật độ phổ trong miền tần số .

Theo đó, trung bình tổn thương mỏi trong trường hợp ứng suất dải rộng được tính thông qua tổn thương mỏi với giả thiết ứng suất dải hẹp như sau :

$$(2.26)$$

Biểu thức này tương đương với :

$$(2.27)$$

trong đó và tương ứng là các số gia ứng suất cục bộ lớn nhất trong trường hợp dải rộng và trong trường hợp được coi là dải hẹp.

6. Phân tích mỏi theo tiêu chuẩn

Như đã nói ở mục 1.2, hiện nay hầu hết các hệ thống tiêu chuẩn về đường ống biển trên thế giới đã đưa vào quy trình tính toán mỏi như một yêu cầu bắt buộc. Tiêu chuẩn DnV [5] đưa ra quy trình tính toán mỏi cho đường ống đầy đủ và chi tiết nhất. Nhiều tiêu chuẩn phân tích mỏi đường ống biển của các nước trên thế giới được biên soạn dựa trên tiêu chuẩn DnV [5].

Dưới đây, phương pháp phân tích mỏi theo DnV [5] được trình bày chi tiết. Tiêu chuẩn này đưa ra phương pháp tính toán mỏi dựa trên lý thuyết tổn thương tích lũy Palmgren-Miner, thông qua các chỉ tiêu kiểm tra mỏi (sơ bộ và chi tiết).

1. Các chỉ tiêu phân tích mỏi

1/ *Chỉ tiêu kiểm tra mỏi sơ bộ*

Các chỉ tiêu sơ bộ ở đây áp dụng cho tính toán mỏi gây ra bởi dao động do tách xoáy (VIV – vortex shedding Induced Vibrations) và tải trọng sóng trực tiếp trong trạng thái tải trọng sóng và dòng chảy kết hợp. Các chỉ tiêu mỏi sơ bộ này được hiệu chuẩn theo phân tích mỏi đầy đủ để đưa ra tuổi thọ mỏi trên 50 năm. Các chỉ tiêu này chỉ nên áp dụng cho phân tích sơ bộ. Nếu không thỏa mãn các chỉ tiêu này thì phải thực hiện phân tích mỏi chi tiết hơn.

Phải luôn kiểm tra các chỉ tiêu trạng thái giới hạn cực đại (ULS).

(b) Các tần số dao động riêng theo hướng dòng $f_{0,IL}$ phải thỏa mãn:

$$(2.28)$$

trong đó:

– hệ số an toàn cho tần số riêng, Bảng 2.1;

- hệ số kiểm tra sơ bộ cho thành phần theo hướng dòng, ;
- tỉ số dòng chảy

(2.29)

- D – đường kính ngoài của ống bao gồm cả lớp bọc;
- L – chiều dài nhịp hằng;
- $U_{c,100y}$ – giá trị vận tốc dòng chảy chu kỳ lặp 100 năm tại mức đường ống;
- ear
- $U_{w,1ye}$ – giá trị vận tốc dòng chảy có nghĩa, chu kỳ lặp 1 năm do sóng gây ra tại mức đường ống tương ứng với chiều cao sóng đáng kể trong 1 năm ;
- ar – giá trị bắt đầu của vận tốc quy đổi theo hướng dòng, (2.50).

Nếu chỉ tiêu (a) không được thỏa mãn thì phải thực hiện phân tích mối đầy đủ do VIV theo hướng dòng gây ra. Tuổi thọ mỗi ứng với VIV hướng dòng được xác định bằng mô hình biên độ phản ứng, mục 2.6.3, công thức (2.33).

- (c) Các tần số dao động riêng vuông góc với dòng phải thỏa mãn điều kiện:

(2.30)

trong đó

- giá trị bắt đầu của vận tốc quy đổi theo hướng vuông góc dòng, **Hình 2.11**;

- hệ số kiểm tra sơ bộ cho thành phần mỗi theo hướng vuông góc với hướng dòng,

Nếu chỉ tiêu (b) không thỏa mãn thì phải thực hiện phân tích mỗi đầy đủ do VIV theo hướng dòng và vuông góc với dòng gây ra. Tuổi thọ mỗi do VIV vuông góc với dòng chảy được xác định dựa trên mô hình biên độ phản ứng, *mục 2.6.3, công thức (2.34)*.

- (d) Phân tích mỗi do tải trọng sóng trực tiếp không cần phải thực hiện nếu thỏa mãn các chỉ tiêu kiểm tra sơ bộ cho VIV theo hướng dòng (a) và chỉ tiêu nêu dưới đây:

(2.31)

Nếu chỉ tiêu (c) không thỏa mãn thì phải phân tích mỗi đầy đủ do VIV theo hướng dòng và do tải trọng sóng trực tiếp gây ra. Tuổi thọ mỗi do sóng trực tiếp được tính toán dựa trên mô hình lực tác dụng, *mục 2.6.4*.

2/ *Chỉ tiêu kiểm tra mỗi chi tiết*

Chỉ tiêu mỗi được thể hiện qua công thức:

(2.32)

trong đó:

- hệ số an toàn về mỗi, **Bảng 2.1**;
- tuổi thọ mỗi thiết kế;
- tuổi thọ thiết kế.

Đánh giá hư hỏng mỗi được dựa trên quy luật tổn thương tích lũy Palmgren – Miner, *công thức (2.1)*.

Tổng tuổi thọ mỗi theo hướng dòng và vuông góc với dòng được thiết lập bằng cách thực hiện tích phân cho mọi trạng thái biến:

(2.33)

(2.34)

trong đó:

- số chu trình ứng suất tại đó độ dốc đường S – N thay đổi.
thông thường bằng $6 \div 7$;
- xác suất xảy ra cho mỗi trạng thái biển riêng lẻ, ví như xác suất xảy ra được phản ánh qua biểu đồ phân tán sóng.

Tuổi thọ mỗi thành phần được đánh giá cho các trạng thái biển đặc trưng bởi

- tuổi thọ mỗi thành phần chống lại VIV theo hướng dòng và chuyển động theo hướng dòng do dòng ngang gây ra trong một trạng thái biển đơn , được tích phân trên hàm mật độ phân phối dài hạn của dòng chảy, *công thức (2.45)*;
- tuổi thọ mỗi thành phần chống lại VIV theo hướng ngang với dòng trong một trạng thái biển đơn , được tích phân trên hàm mật độ phân phối dài hạn của dòng chảy, *(2.59)*;
- tuổi thọ mỗi thành phần chống lại tải trọng sóng trực tiếp trong một trạng thái biển đơn khi sử dụng trị trung bình của dòng chảy, *(2.72)*.

Các công thức tính tuổi thọ mỗi thành phần được trình bày trong *mục 2.5.5 và 2.5.6.*

3/ *Chỉ tiêu của trạng thái giới hạn cực đại (ULS)*

Môment uốn động tối đa do VIV và/hoặc do tải trọng sóng trực tiếp có thể được tính từ ứng suất động:

(2.35)

trong đó:

- ứng suất động;
- moment quán tính của tiết diện ống;
- đường kính ngoài của ống thép;
- chiều dày thành ống;

Ứng suất động được tính như sau:

- theo hướng dòng:

(2.36)

- vuông góc với dòng:

(2.37)

trong đó:

- số gia ứng suất theo hướng dòng , (2.46);
- số gia ứng suất theo hướng vuông góc dòng, (2.60);
- số gia ứng suất tối đa do tải trọng trực tiếp (mô hình lực);
- ứng suất gây ra do độ võng của dạng dao động hướng dòng với ống có đường kính bằng đơn vị, (2.58);
- biên độ ứng suất gây ra do độ võng của dạng dao động vuông góc với hướng dòng với ống có đường kính bằng đơn vị (**Hình 2.11**);

Ứng suất động tối đa do tải trọng sóng trực tiếp có thể được tính toán theo phương pháp “bão thiết kế”:

(2.38)

trong đó:

– hệ số đỉnh (peak):

(2.39)

– khoảng thời gian bão bằng 3 giờ;

– tần số dao động riêng;

– độ lệch chuẩn của ứng suất lấy từ phân tích theo miền thời gian hay miền tần số.

Ứng suất theo hướng dọc ống được tính bằng:

(2.40)

trong đó:

– ứng suất tĩnh do lực dọc trục, , với N_{tr} là lực dọc trục

thực, A_S là diện tích tiết diện ống;

– ứng suất do moment uốn tĩnh, áp dụng cho cả hướng ngang và hướng thẳng đứng;

– ứng suất động, áp dụng cho cả hướng dòng và hướng vuông góc với dòng .

Các giá trị của mô men và ứng suất tối đa phải nhỏ hơn giá trị thiết kế theo phương pháp hệ số an toàn riêng phần.

Các bước phân tích mỗi nói trên được mô tả bằng sơ đồ khối, **Hình 2.8**.

Hình 2.8-Sơ đồ khối kiểm tra nhíp hẫng

2. Các hệ số an toàn

Các hệ số an toàn được quy định cho từng cấp an toàn của đường ống, được quy định trong [6] và [7]. Các cấp an toàn của đường ống bao gồm: cấp thấp, cấp bình thường và cấp cao, phụ thuộc vào loại sản phẩm vận chuyển, giai đoạn sử dụng (tạm thời và vận hành).

Các hệ số an toàn được cho trong bảng sau:

Bảng 2.1-Các hệ số an toàn của đường ống

Hệ số an toàn	Cấp an toàn của đường ống		
	Thấp	Bình thường	Cao
	1,0	0,5	0,25

	1,05(1)	(1,0)
	1,20(1)	(1,15)
	1,30	
	1,30	

(1): Hệ số an toàn này được dùng trong thiết kế khi không có các dữ liệu chi tiết về chiều dài và chiều cao nhịp, v.v.v... Trong quá trình khai thác nếu có khả năng tiếp cận kiểm tra và sửa chữa đường ống, dữ liệu về nhịp được cập nhật thì có thể sử dụng các hệ số trong ngoặc.

Trong bảng trên:

- hệ số an toàn mỗi, áp dụng cho cả mô hình lực tác dụng và mô hình biên độ phản ứng, (2.32);
- hệ số an toàn cho ứng suất, (2.46), (2.74);
- hệ số áp dụng cho tần số dao động riêng của ống, , (2.28);
- áp dụng cho thông số ổn định , (2.49).
- áp dụng cho giá trị bắt đầu của VIV hướng dòng và vuông góc với hướng dòng trong mô hình phản ứng, xem 2.6.3.

3. Mô hình phản ứng

Mô hình phản ứng biên độ là mô hình theo thực nghiệm đưa ra phản ứng biên độ lớn nhất của dao động do xoáy ở trạng thái ổn định như một hàm của các tham số thủy động lực học và kết cấu.

Mô hình phản ứng đưa ra ở đây được dựa trên các dữ liệu thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và một số ít các thử nghiệm với kích thước thật cho các trạng thái dòng như sau:

- vận tốc dao động do tách xoáy (Vortex-Induced Vibration: VIV) theo hướng dòng trong trạng thái dòng chảy ổn định và trong trạng thái dòng chảy chiếm ưu thế;
- dịch chuyển theo hướng dòng do VIV vuông góc với dòng gây ra;

- VIV vuông góc với dòng trong trạng thái dòng chảy ổn định và trạng thái dòng và sóng kết hợp.

Trong mô hình phản ứng, các dao động theo hướng và vuông góc với hướng dòng được xem xét riêng rẽ.

Phản ứng biên độ phụ thuộc vào một bộ các tham số thủy động lực học tạo ra sự liên kết giữa dữ liệu môi trường và mô hình phản ứng:

- vận tốc quy đổi, U_{ref} ;
- số Keulegan - Carpenter, KC;
- tỉ số vận tốc dòng chảy, U_{ref}/U_{wave} ;
- cường độ rôi, R ;
- góc dòng, tương đối với đường ống, θ ;
- thông số ổn định, β .

Vận tốc quy đổi của dòng kết hợp (flow) do sóng (wave) và dòng chảy (current) gây ra trong trường hợp chung xác định bằng:

$$(2.41)$$

trong đó:

- tần số riêng cơ bản cho một mode dao động cho trước;
- trị trung bình của vận tốc dòng chảy vuông góc với đường ống;
- vận tốc dòng do sóng có nghĩa gây ra;
- đường kính ngoài ống, có kể đến lớp bọc.

Số Keulegan-Carpenter được định nghĩa như sau :

(2.42)

Tỉ số vận tốc dòng chảy được định nghĩa bằng :

(2.43)

Thông số ổn định, , đặc trưng cho độ cản của một dạng mode cho trước được tính bằng

(2.44)

trong đó:

- mật độ nước biển;
- tỉ số cản dạng dao động tổng, bao gồm độ cản do kết cấu, độ cản do đất, độ cản thủy động lực học;
- khối lượng hữu hiệu, bao gồm khối lượng kết cấu, lượng nước kèm và khối lượng sản phẩm bên trong ống, trong đó có kể đến ảnh hưởng của mode dao động.

1/ Phản ứng theo hướng dòng

Đối với VIV theo hướng dòng, tuổi thọ mỗi thành phần trong một trạng thái biến đơn đặc trưng bởi được tính bằng

(2.45)

trong đó:

- số gia ứng suất theo hướng dòng;

Viện **Xây dựng Công trình biển**

- biên độ ứng suất gây ra do độ võng của dạng dao động theo hướng dòng với ống có đường kính bằng đơn vị;
 - ứng suất gây ra do độ võng của dạng dao động vuông góc với dòng với ống có đường kính bằng đơn vị;
 - tần số dao động lấy bằng tần số dao động cơ bản với VIV theo hướng dòng;
 - hằng số môi, *xem* (3.2);
 - tích phân lấy trên phân phối dài hạn của vận tốc dòng chảy được biểu diễn bằng phân phối Weibull hoặc biểu đồ mật độ xác suất (histogram).
- được tính bằng mô hình phản ứng

(2.46)

trong đó:

- hệ số an toàn cho số gia ứng suất, **Bảng 2.1**;
- hệ số hiệu chỉnh cho tỉ số dòng chảy

(2.47)

được định nghĩa là biên độ VIV theo hướng dòng lớn nhất, được chuẩn hóa với D , là một hàm của V và V_{IV} , độ lệch chuẩn tương ứng có thể lấy bằng

Trong việc đánh giá thì giá trị của vận tốc quy đổi và thông số ổn định được tính bằng

(2.48)

(2.49)

trong đó và là các hệ số an toàn, **Bảng 2.1**.

Mô hình phản ứng có thể được xác định từ các tọa độ trong **Hình 2.9**.

Các đại lượng trong **Hình 2.9** được xác định như sau:

(2.50)

(2.51)

(2.52)

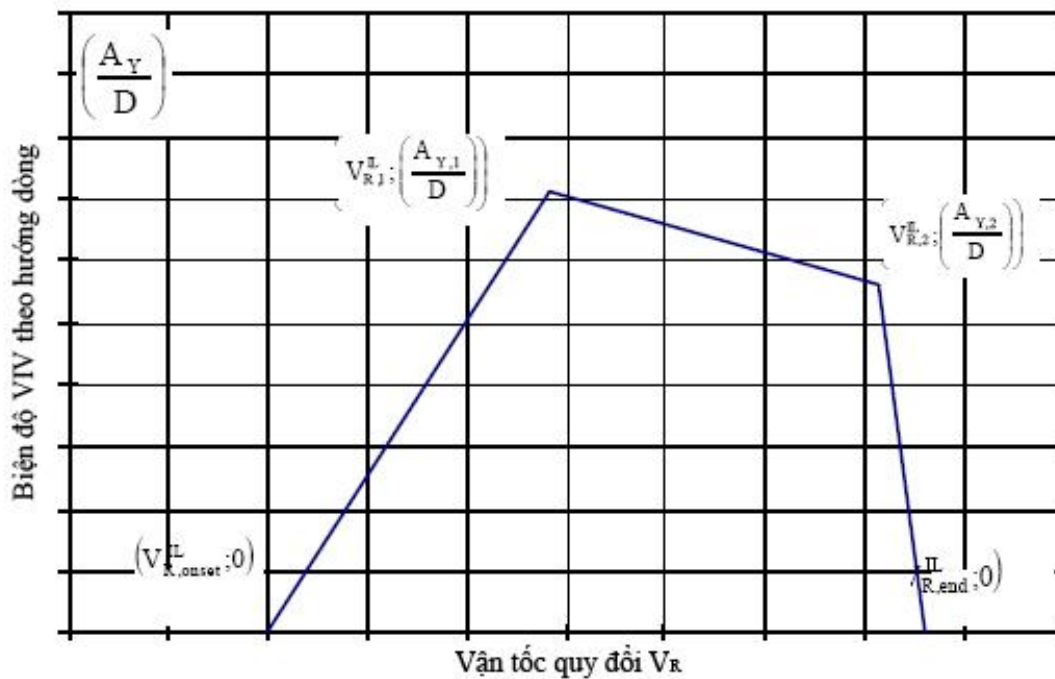
(2.53)

(2.54)

(2.55)

(2.56)

(2.57)



Hình 2.9 – Mô hình phản ứng theo hướng dòng

Biên độ ứng suất gây ra do độ võng của dạng dao động theo hướng dòng (vuông góc với dòng) với ống có đường kính bằng đơn vị, có thể được xác định như sau:

(2.58)

trong đó:

- là đường kính ngoài có kể đến các lớp bọc và đường kính ngoài của ống thép;

- hệ số độ cứng bê tông;
- hệ số điều kiện biên, **Bảng 3.9**;
- chiều dài hữu hiệu của nhịp ống.

2/ *Phản ứng vuông góc với dòng*

Đối với VIV vuông góc với hướng dòng, tuổi thọ mỗi thành phần trong một trạng thái biên đơn đặc trưng bởi được tính bằng

(2.59)

trong đó:

- số gia ứng suất do dao động uông góc với dòng chảy;
- tần số dao động lấy bằng 2 lần tần số dao động cơ bản của kết cấu ống;

Số gia ứng suất do dao động uông góc với dòng chảy được xác định theo mô hình phản ứng

(2.60)

trong đó: là hệ số giảm biên độ do sự cản dao động.

(2.61)

Biên độ VIV vuông góc với dòng được xác định từ Error!

Reference source not found.. Độ lệch chuẩn tương ứng có thể lấy bằng

Phản ứng biên độ là một hàm của và , được xây dựng
như sau:

(2.62)

(2.63)

(2.64)

(2.65)

(2.66)

(2.67)

(2.68)

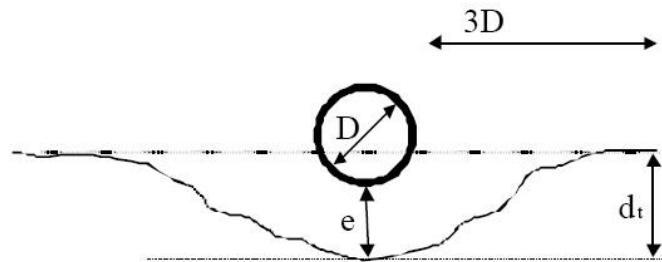
(2.69)

(2.70)

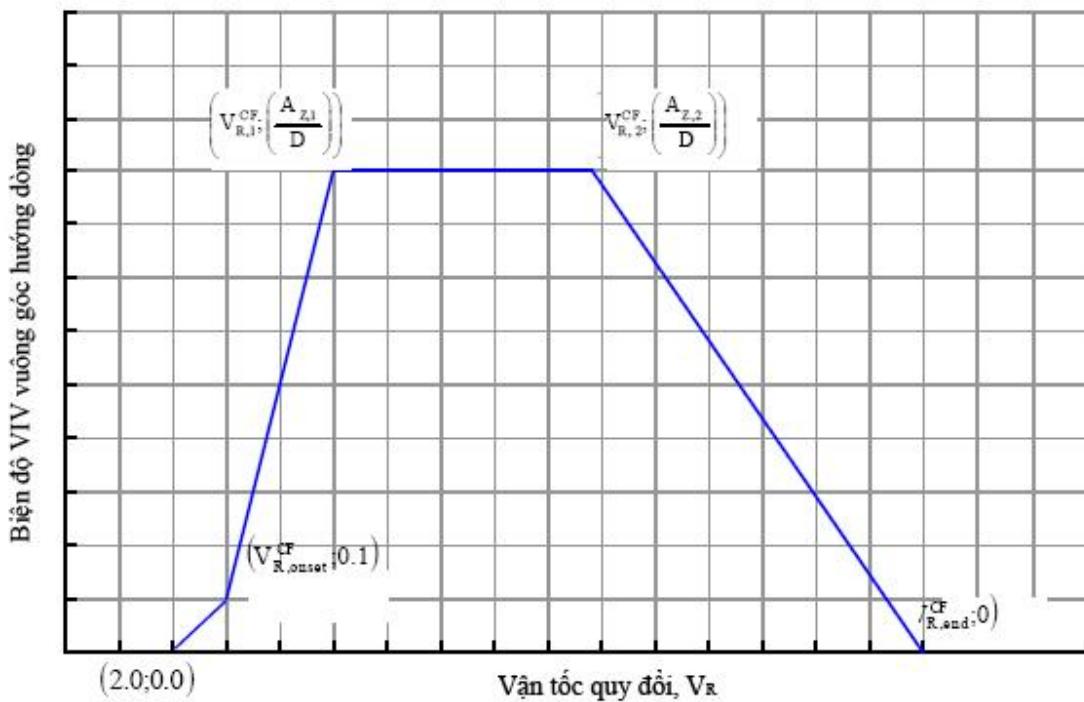
trong đó

- tỉ khối giữa khối lượng ống và mật độ nước biển;
- độ sâu rãnh tương đối

(2.71)



Hình 2.10 – Định nghĩa các kích thước trong rãnh



Hình 2.11-Mô hình phản ứng vuông góc với hướng dòng

4. Mô hình lực tác dụng

Mô hình lực tác dụng dựa trên phương trình Morison cho tải trọng trực tiếp theo hướng dòng.

DnV [5] cho rằng, mô hình lực tác dụng, về nguyên tắc, có thể được dùng cho tất cả các loại tải trọng do sóng, dòng chảy và tách xoáy gây ra. Nhưng đối với VIV vuông góc với dòng, DnV [5] khuyến nghị dùng mô hình biên độ phản ứng. Tài liệu này đưa ra lời giải đầy đủ cho mô hình lực tác dụng trong miền tần số.

1/ *Lời giải trong miền tần số cho hướng dòng*

Lời giải này được khuyến nghị cho tính toán tổn thương mỗi ngắn hạn do tải trọng sóng trực tiếp và dòng chảy kết hợp trong một trạng thái biển đơn dựa trên các giả thuyết sau:

- phương pháp Palmgreen - Miner dùng đường cong mỏi $S - N$;
- tuyến tính hóa lực cản nhớt trong phương trình Morison dựa trên bảo toàn tổn thương ;
- ảnh hưởng trung bình dòng chảy đồng tuyến tính được đưa vào trong số hạng tuyến tính hóa ;
- tổn thương mỗi ở dải hẹp với hiệu chỉnh bản thực nghiệm để tính đến đặc tính dải rộng ;

Các công thức được dựa trên các giả thuyết sau:

- phần tổn thương chính là do mode dao động riêng thấp nhất, tức là đối với các mode dao động bậc cao hơn, tần số kích động rất khác tần số riêng ;
- khối lượng hữu hiệu, m_e , và độ lệch chuẩn của vận tốc dòng không thay đổi trên độ dài nhịp ống, hay độ dài nhịp ống nhỏ hơn chiều dài sóng chiếm ưu thế.

Tuổi thọ mỗi ngắn hạn do tải trọng sóng trực tiếp trong một trạng thái

biên ngắn hạn đơn đặc trưng bởi

được tính theo:

(2.72)

(2.73)

(2.74)

trong đó:

- các hằng số mới;
- chỉ số lũy thừa của đường cong mới;
- số gia ứng suất mà tại đó xảy ra sự thay đổi độ dốc của đường cong $S-N$;
- hệ số an toàn cho số gia ứng suất;
- độ lệch chuẩn của quá trình ứng suất;
- hàm gamma bù không hoàn chỉnh;

(2.75)

- hàm gamma không hoàn chỉnh;

(2.76)

Tần số dao động đặc trưng của phản ứng ứng suất của đường ống đang xét, f_v , được lấy bằng trung bình tần số cắt không, xem (2.19):

(2.77)

Hệ số hiệu chỉnh cho phương pháp đếm dòng mưa, , tính đến tổn thương chính xác khi xét cả đến dải rộng, tức là hiệu chỉnh giả thiết dùng phân phối Rayleigh dải hẹp cho biên độ ứng suất để đưa ra kết quả tương tự với kết quả tính bằng phương pháp đếm dòng mưa:

(2.78)

(2.79)

(2.80)

với là chỉ số lũy thừa của đường cong mỗi, xem (2.3), là tham số bề rộng dải được xác định bằng công thức (2.13).

Mômen phổ phản ứng bậc n được tính bằng

(2.81)

trong đó, là hàm mật độ phổ một phía của quá trình ứng suất được xác định bằng:

(2.82)

trong đó:

- hệ số tính đến độ lan rộng của sóng và hướng sóng;
- hệ số lực cản nhớt;
- hệ số lực quán tính;

- hàm truyền tần số, xem (3.30);
- phổ một phía của tung độ mặt sóng, xem (3.32);
- tần số dao động cơ bản của ống

(2.83)

- tần số dao động cơ bản của ống, kể cả nước kèm;
- tỉ số cản tổng cộng, bao gồm:
 - tỉ số cản kết cấu , ;
 - tỉ số cản của đất, ;
 - tỉ số cản thuỷ động lực,
- hệ số ứng suất tương đương

(2.84)

- hàm dạng mode dao động thứ nhất;
- mô đun đàn hồi Young;
- hệ số độ cứng của bê tông;
- đường kính ngoài của ống thép;
- chiều dày thành ống;
- chiều dài dạng mode;
- hệ số ảnh hưởng chiều hình dáng mode dao động, thường lấy giá trị 1,3;
- hệ số tuyến tính hoá

b

(2.85)

- vận tốc trung bình của dòng chảy;
- độ lệch chuẩn của vận tốc do sóng gây ra;

(2.86)

(2.87)

(2.88)

2/ *Đánh giá mới theo phương pháp đơn giản*

Trong những trường hợp mà ứng suất gần như là ứng suất tĩnh (khi chu kỳ sóng lớn hơn rất nhiều so với chu kỳ dao động riêng của nhịp ống) thì có thể đánh giá mới theo phương pháp đơn giản thay cho cách tiếp cận dùng miền tần số hoặc miền thời gian.

Theo đó, tuổi thọ mới ngắn hạn đối với tải trọng sóng trong một trạng thái biển đơn đặc trưng bởi có thể được xác định như sau:

(2.89)

trong đó: S là số gia ứng suất tựa tĩnh do tải trọng sóng điều hòa tác dụng trực tiếp tại mức đường ống tính bằng phương trình Morison, T_z là chu kỳ cắt không của sóng.

3/ Lực tác dụng

Lực $P(x,t)$ trên một đơn vị chiều dài của ống nhịp hẫng được diễn tả bằng phương trình Morison. Giả thiết rằng vận tốc của kết cấu không nhỏ so với vận tốc của phần tử nước, phương trình Morison sẽ là:

(2.90)

trong đó:

- mật độ nước biển
- đường kính ngoài ống kể cả lớp bọc;
- vận tốc dòng tức thì (phụ thuộc vào thời gian);
- độ dịch chuyển ngang của ống;
- là lực cản nhớt:
- là lực quán tính:
- hệ số cản nhớt;
- hệ số quán tính.

Hệ số cản nhớt C_D được lấy bằng:

(2.91)

là hệ số cản nhớt cơ bản trong dòng dao động cho nhịp hẫng được bọc bằng bê tông :

(2.92)

là hệ số hiệu chỉnh tính đến khoảng cách từ đường ống tới đáy
biển:

(2.93)

là hệ số tính đến độ nhám của đường ống:

(2.94)

Nếu không có tài liệu chi tiết về độ nhám bề mặt ống thì có thể áp dụng
các giá trị trong bảng **Bảng 2.2**.

Bảng 2.2 – Độ nhám bề mặt ống

Bề mặt ống	
Thép, sơn	
Thép, không bảo vệ (không bị gỉ)	
Bê tông	
Hà bám	

là hệ số hiệu chỉnh tính đến tác động của ống trong rãnh:

(2.95)

trong đó là chiều sâu rãnh tương đối, *xem (2.71)*.

là hệ số động lực do dao động vuông góc với dòng, hay là tỉ lệ
với diện tích chiều trên dòng trung bình:

(2.96)

Hệ số quán tính được tính bằng:

(2.97)

là hệ số quán tính cơ bản cho nhịp hẫng được bọc bằng bê tông và
được tính bằng:

(2.98)

(2.99)

(2.100)

(2.101)

(2.102)

3 CÁC SỐ LIỆU ĐẦU VÀO PHỤC VỤ PHÂN TÍCH MÔI ĐƯỜNG ỐNG BIỂN VIỆT NAM

1. Hệ thống hóa các loại vật liệu làm đường ống biển

Ở Việt Nam, trước đây kết cấu đường ống biển thường được chế tạo bằng thép ống API-5L Grade 45-60. Những năm gần đây, các hệ thống đường ống biển ở nước ta có xu hướng sử dụng vật liệu chế tạo theo tiêu chuẩn DnV.

Năm 2006, Tiêu chuẩn Việt Nam [6] đã được biên soạn, dựa theo Tiêu chuẩn DnV [8]. Tiêu chuẩn này quy định chặt chẽ các loại vật liệu được dùng để chế tạo đường ống biển.

Việc hệ thống hóa lại các loại vật liệu làm đường ống biển là sự chuẩn bị các thông số đầu vào về vật liệu đường ống: các tính chất cơ học, đường cong mỏi $S-N$, dùng cho quá trình tính toán mỏi.

1. Các loại vật liệu làm đường ống

Tiêu chuẩn Việt nam [6], quy định các loại vật liệu chế tạo đường ống biển gồm:

- thép các bon – măng gan (C-Mn);
- hợp kim chống ăn mòn (CRA) bao gồm thép austenit (thép duplex), thép không gỉ austenit, thép không gỉ martensit (13% Cr), các loại thép không gỉ khác và hợp kim niken.

Việc lựa chọn vật liệu phải đảm bảo được tính tương thích của tất cả các bộ phận cấu thành hệ thống đường ống.

Theo tiêu chuẩn này, các ống thép C – Mn và ống thép có lớp phủ/lót kim loại phải được đánh kí hiệu, trong đó phải chỉ rõ các thông tin sau :

- quá trình chế tạo;
- SMYS : ứng suất chảy tối thiểu quy ước;
- cấp NDT : cấp phá hủy;

- yêu cầu bổ sung.

Ví dụ :

- SML 450 I S - ống đúc liền, SMYS = 450 MPa, NDT cấp I và phải phù hợp các yêu cầu về môi trường chứa khí chua.
- SAWL 415 II L-UNS XXXXX- ống hàn hồ quang dưới lớp trợ dung, SMYS = 415 MPa, NDT cấp II, ống được lót bằng vật liệu có cấp UNS XXXXX.

Các ống bằng thép không gỉ duplex phải được đánh kí hiệu, trong đó phải chỉ rõ các tiêu chí sau :

- quá trình chế tạo;
- cấp thép ;
- yêu cầu bổ sung.

Ví dụ :

- SML 22Cr D - ống đúc liền bằng thép 22Cr phù hợp với các yêu cầu bổ sung về kích thước.

Tiêu chuẩn [6] còn quy định chặt chẽ thành phần hóa học của vật liệu chế tạo ống và các yêu cầu bổ sung nhằm đảm bảo vật liệu đạt được các chỉ tiêu cơ học như trình bày dưới đây.

2. Các tính chất cơ học của vật liệu làm đường ống

Các tính chất đặc trưng của vật liệu được sử dụng trong tính toán các quá trình ứng suất của đường ống.

Các quy định trong tiêu chuẩn Việt Nam [6] áp dụng cho các loại ống thép C-Mn có SMYS nhỏ hơn hoặc bằng 555MPa, các loại thép không gỉ duplex cấp 22Cr và 25Cr. Trong đó, giới hạn chảy và độ bền kéo phải được xác định dựa vào đường cong ứng suất – biến dạng.

Các tính chất cơ học của đường ống phải được lựa chọn theo loại vật liệu và khả năng bị ảnh hưởng của lão hóa do nhiệt độ và phải bao gồm các

tính chất sau đây :

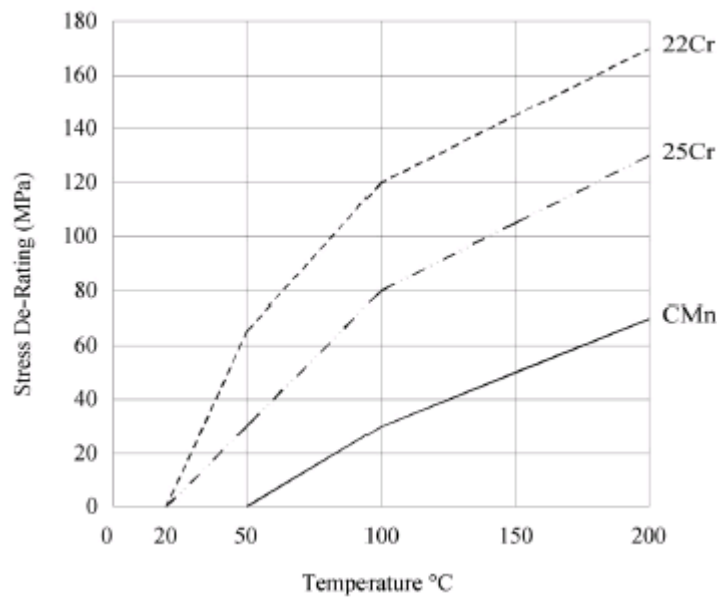
- giới hạn chảy ;
- độ bền kéo ;
- môđun đàn hồi Young ;
- hệ số giãn nở vì nhiệt.

Các giá trị độ bền đặc trưng của vật liệu sử dụng trong chỉ tiêu trạng thái giới hạn được đưa ra ở **Bảng 3.1**.

Bảng 3.1-Các giới hạn bền đặc trưng của đường ống làm bằng thép C-Mn

Tính chất	Giá trị
Giới hạn chảy đặc trưng	
Độ bền kéo đặc trưng	
Ghi chú:	
và	: giá trị giảm do nhiệt độ của giới hạn chảy và độ bền kéo tương ứng;
:	hệ số độ bền của vật liệu;
:	hệ số không đẳng hướng; đối với hướng dọc trục ống; đối với các trường hợp khác.

Ảnh hưởng của nhiệt độ gây giảm ứng suất chảy đối với thép C-Mn và thép duplex 22Cr và 25Cr có thể được xác định theo **Hình 3.1**.



Hình 3.1-Giá trị giảm của độ bền chảy do nhiệt độ

Bất kì giá trị chênh lệch nào của giá trị giảm độ bền do nhiệt độ đối với độ bền kéo và nén đều phải được xem xét. (Sự chênh lệch này xuất hiện ở thép 13% Cr).

Đối với các quá trình chế tạo mà sự biến dạng nguội gây ra sự chênh lệch giữa độ bền kéo và nén, phải xác định và kê đến hệ số chế tạo .

1/ Ống thép các bon – mangan (C-Mn)

Bảng 3.2-Tính chất cơ học của đường ống làm bằng thép C-Mn

SMYS (MPa)(1) Mẫu dọc - ngang	SMTS (MPa)(2) Mẫu ngang
245	370
290	415
360	460
415	520
450	535

485	570
555	625
Ghi chú:	
(1).Ứng suất chảy thực tế theo hướng dọc không được cao hơn SMYS quá 120 MPa..	
(2).Các giá trị SMTS theo hướng dọc có thể nhỏ hơn 5% so với giá trị yêu cầu theo hướng ngang..	

2/ Ống thép ferrit-austenit (thép duplex)

**Bảng 3.3-Tính chất cơ học của đường ống thép không gỉ duplex
ferrit-austenit**

Cấp thép	SMYS (MPa)(1,2)	SMTS (MPa)(1,2)
22Cr	450	620
25Cr	550	750
Ghi chú:		
(1).Ứng suất chảy thực tế theo hướng dọc không được cao hơn SMYS quá 120 MPa..		
(2).Khi nhiệt độ thiết kế lớn hơn 500 ⁰ C, ứng suất chảy tại nhiệt độ thiết kế tối đa (Tmax) phải phù hợp với các yêu cầu về các thí nghiệm thử cơ tính.		

Trong các bảng trên :

- ứng suất chảy tối thiểu quy ước,
- độ bền kéo tối thiểu quy ước.

3/ Đường ống chế tạo bằng các loại thép khác

- a. Đường ống bằng các loại thép không gỉ khác và hợp kim Ni chống ăn mòn:
 - phải được chế tạo theo các tiêu chuẩn được công nhận và tuân theo các tiêu chí cơ học chung nêu ở mục này.
 - thép không gỉ martensit (13%Cr) phải thỏa mãn các yêu cầu về độ dai gãy tương tự như các yêu cầu về độ dai gãy đối với thép C-Mn.
- b. Đường ống thép có lớp phủ/lớp lót

- là các loại đường ống thép có vật liệu cơ bản là thép C-Mn và một lớp kim loại mỏng hơn ở bên trong.
- đường ống gọi là đường ống có lớp phủ nếu liên kết giữa vật liệu cơ bản và vật liệu phủ là liên kết cấu trúc; đường ống được gọi là đường ống có lớp lót nếu liên kết giữa vật liệu cơ bản và vật liệu lót là liên kết cơ học;
- các tính chất cơ học của vật liệu làm đường ống loại này phải phù hợp với các yêu cầu nêu ở **Bảng 3.2** và **Bảng 3.3**.

2. Đường cong mỏi S-N cho vật liệu làm đường ống biển

Hiện nay ở nước ta chưa có đủ điều kiện để thực hiện các thí nghiệm xác định các đường cong mỏi cho vật liệu nói chung và vật liệu làm đường ống nói riêng. Do đó, việc tính toán mỏi cho đường ống đang phải sử dụng hệ thống các đường cong mỏi của tiêu chuẩn nước ngoài, như DnV, API.... Chính vì vậy, hệ thống lại các đường cong mỏi trong các tiêu chuẩn nước ngoài là một việc làm cần thiết.

Tiêu chuẩn DnV [11] là tiêu chuẩn có hệ thống đường cong mỏi đầy đủ và chi tiết nhất cho vật liệu làm đường ống biển.

Theo đó, các thí nghiệm mỏi được thực hiện cho *chi tiết kết cấu* và đường cong mỏi cơ bản được cho bởi:

$$(3.1)$$

$$(3.2)$$

trong đó : là độ lệch chuẩn của $\log N$.

Đối với đường cong mỏi cho vật liệu tại mỗi nối, ảnh hưởng của chiều dày ống được kể đến:

$$(3.3)$$

trong đó :

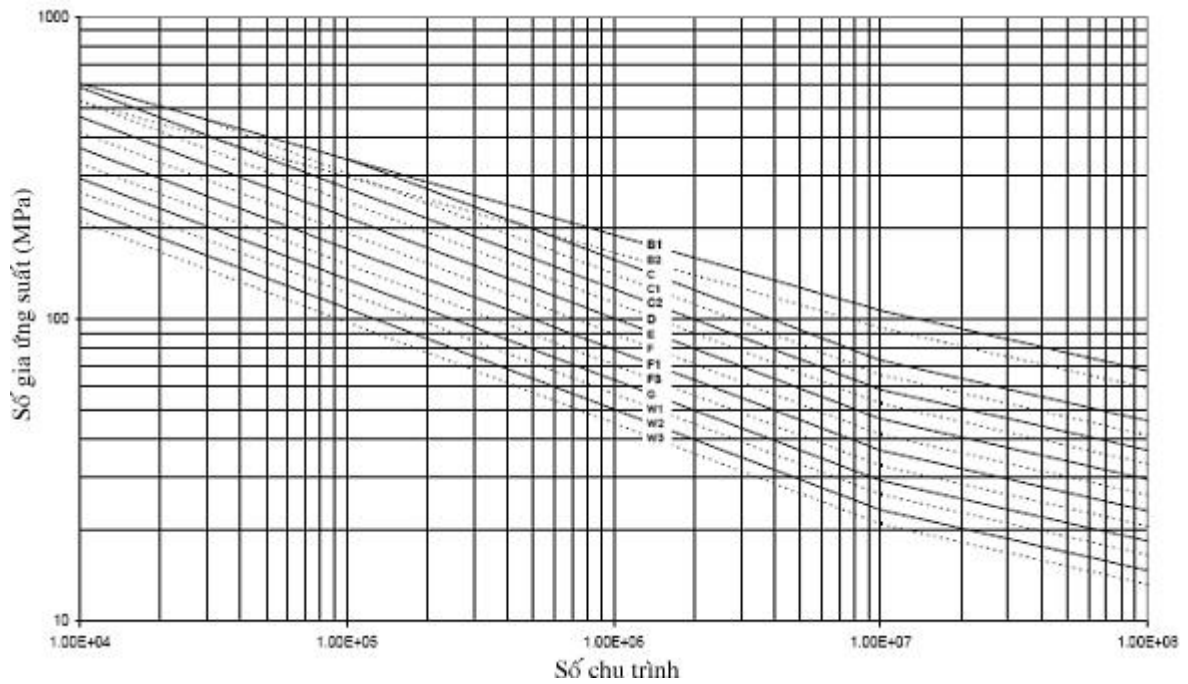
- chiều dày qui ước, bằng 25 mm với liên kết hàn, bằng 32 mm với liên kết hình ống, bằng 25 mm với liên kết bulông.
- chiều dày ở vị trí mà vết nứt sẽ phát triển, lấy nếu ,
- hệ số mũ, bằng 0,10 cho mỗi hàn ống đối đầu từ một phía

Hệ thống các đường cong mỏi được xác lập cho 3 trường hợp môi trường làm việc của kết cấu như dưới đây. Trong các bảng các hệ thống đường cong mỏi, các đường S-N được sử dụng cho các chi tiết kết cấu có cùng tên trong **Bảng 3.8**.

1/ Các đường cong S-N cho vật liệu làm việc trong không khí

Bảng 3.4- Đường cong S-N cho vật liệu làm việc trong không khí

Đường S-N				Giới hạn mỏi ở chu trình	Hệ số mũ k	Hệ số tập trung ứng suất nhận được từ phương pháp điểm nóng
D	3,0	12,164	15,606	52,63	0,20	1,00
E	3,0	12,101	15,350	46,78	0,20	1,13
F	3,0	11,855	15,091	41,52	0,25	1,27
F1	3,0	11,699	14,832	36,84	0,25	1,43
F3	3,0	11,546	14,576	32,75	0,25	1,61



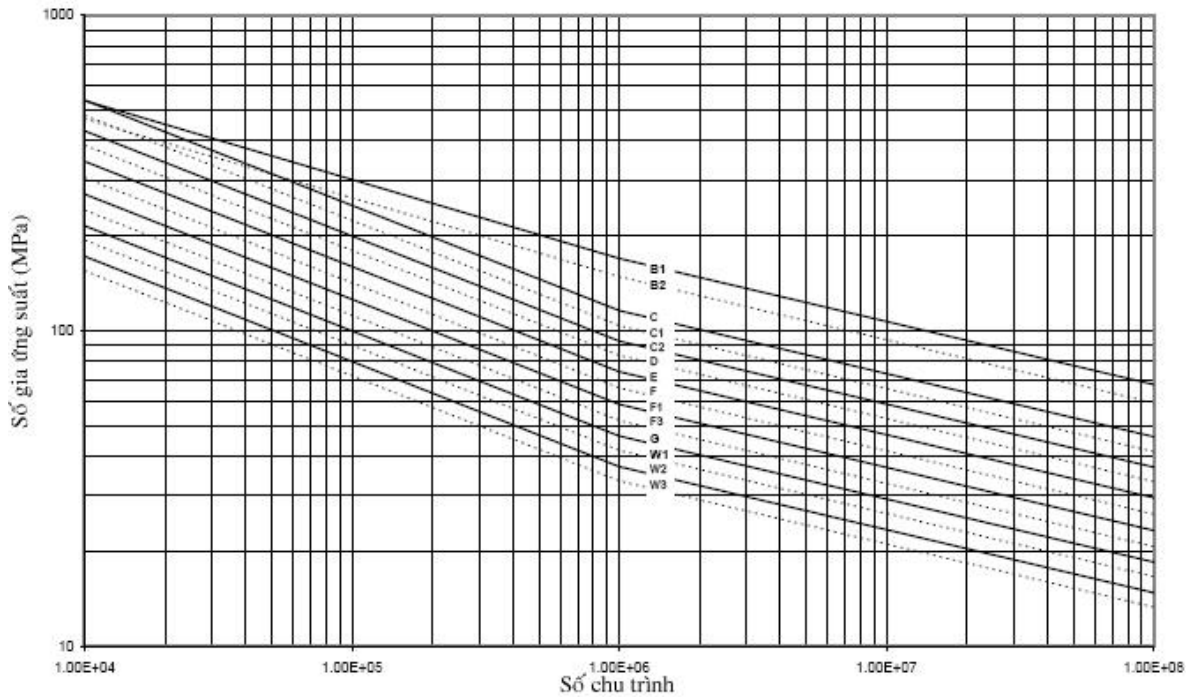
Hình 3.2 – Các đường cong mỏi cho vật liệu làm việc trong không khí

2/ Các đường cong S-N cho vật liệu làm việc trong nước biển, có catốt bảo vệ

Bảng 3.5- Các đường S-N cho vật liệu làm việc trong nước biển, có catốt bảo vệ

Đường S-N			Giới hạn mỏi ở chu trình	Hệ số mũ k	Hệ số tập trung ứng suất nhận được từ phương pháp điểm nóng	
D	3,0	11,764	15,606	52,63	0,20	1,00
E	3,0	11,610	15,350	46,78	0,20	1,13
F	3,0	11,455	15,091	41,52	0,25	1,27

F1	3,0	11,299	14,832	36,84	0,25	1,43
F3	3,0	11,146	14,576	32,75	0,25	1,61



Hình 3.3- Các đường S-N cho vật liệu làm việc trong nước biển, có catốt bảo vệ

3/ Các đường cong S-N cho vật liệu bị ăn mòn tự do

Bảng 3.6- Các đường cong S-N cho vật liệu bị ăn mòn tự do

Đường S-N	(cho tất cả mọi chu trình)	Hệ số lũy thừa độ dày
D	11,687	0,20
E	11,533	0,20

F	11,378	0,25
F1	11,222	0,25
F3	11,068	0,25

Đối với vật liệu cơ bản cường độ cao, nếu cường độ chảy dẻo cỡ 500 MPa và độ nhám bề mặt hoặc tốt hơn, thì có thể dùng đường cong mỏi sau đây :

(3.4)

Tại các mối hàn, ứng suất không phân bố đều trên toàn bộ tiết diện ngang của ống, vì vậy trong phân tích mỏi phải kể đến hệ số tập trung ứng suất SCF. Theo đó, mối quan hệ giữa ứng suất cục bộ và ứng suất danh nghĩa như sau:

(3.5)

Hệ số *SCF* của đường ống có thể được tính theo công thức:

(3.6)

(3.7)

(3.8)

(3.9)

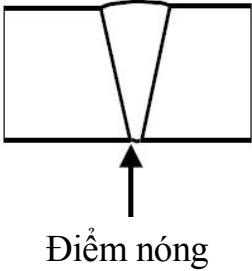
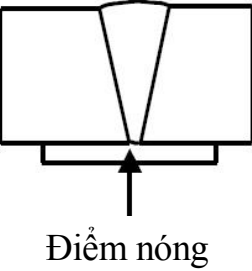
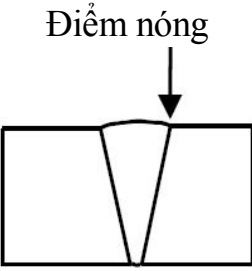
(3.10)

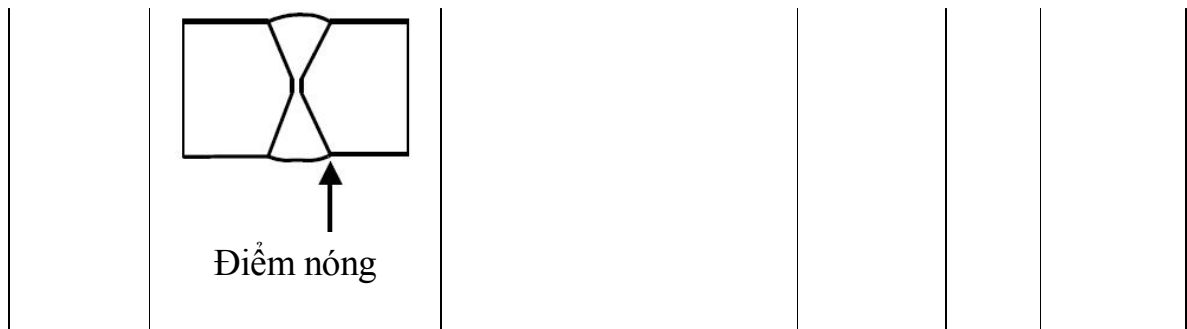
trong đó:

- đường kính ngoài của đường ống thép, không kể các lớp bọc;
- chiều dày ống thép;

Mỗi loại mối hàn có một hệ số tập trung ứng suất. Các mối hàn thường gặp ở đường ống biển được phân loại như trong **Bảng 3.7**, mỗi loại mối hàn có hệ số SCF tương ứng.

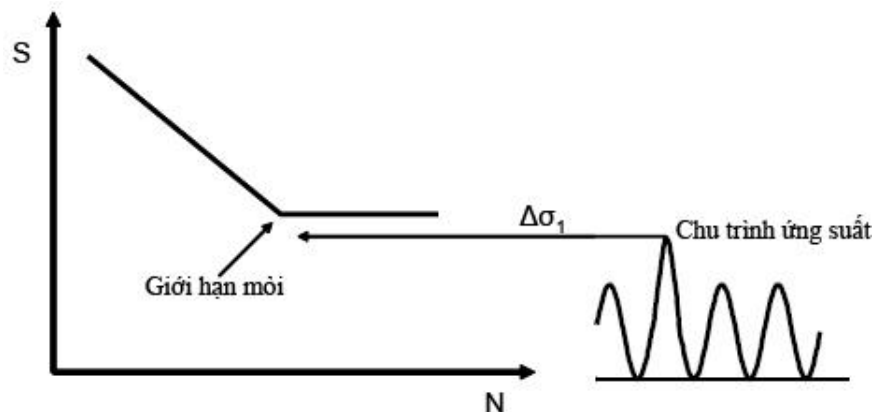
Bảng 3.7 – Phân loại mối hàn ống

Cách hàn	Hình dạng	Yêu cầu	Đường S-N	k	SCF
Một phía			F1	0.00	1.0
			F3	0.00	1.0
Một phía, trên đệm			F	0.00	1.0
			F1	0.00	1.0
Một phía			D	0.15	Cthức (3.6)
Hai phía			D	0.15	Cthức (3.6)



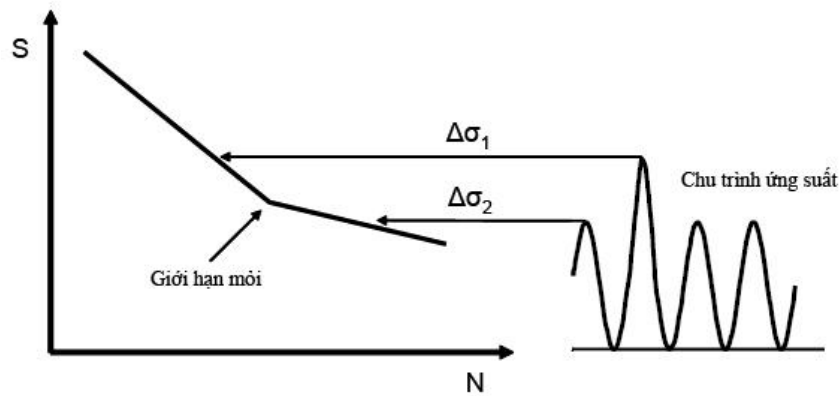
Cách sử dụng các đường cong mỗi trong **Bảng 3.4**, **Bảng 3.5** được minh họa trong **Hình 3.4**.

Theo đó, phân tích mỏi chi tiết có thể được bỏ qua nếu số gia ứng suất lớn nhất của kết cấu thực tế nhỏ hơn giới hạn mỏi tại chu trình ứng suất.



Hình 3.4 – Chu trình ứng suất mà phân tích mỏi chi tiết có thể được bỏ qua

Tuy nhiên, chu trình ứng suất trong **Hình 3.5** có một số gia ứng suất ở bên trên giới hạn mỏi. Điều đó có nghĩa là phân tích mỏi chi tiết hơn là bắt buộc. Điều đó cũng có nghĩa là phá hủy mỏi do số chu trình ứng suất có số gia ứng suất phải được kể đến.

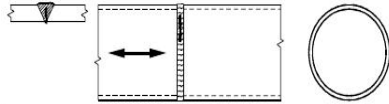


Hình 3.5 – Chu trình ứng suất mà phân tích mỏi chi tiết là bắt buộc

Các đường cong mỏi trong **Bảng 3.4**, **Bảng 3.5** và **Bảng 3.6** trên đây được chỉ định sử dụng cho các chi tiết kết cấu tương ứng trong phụ lục A của cùng tài liệu [11]. Các chi tiết kết cấu đường ống thuộc vào nhóm chi tiết kết cấu có mặt cắt rỗng được nêu trong bảng A-9 của [11].

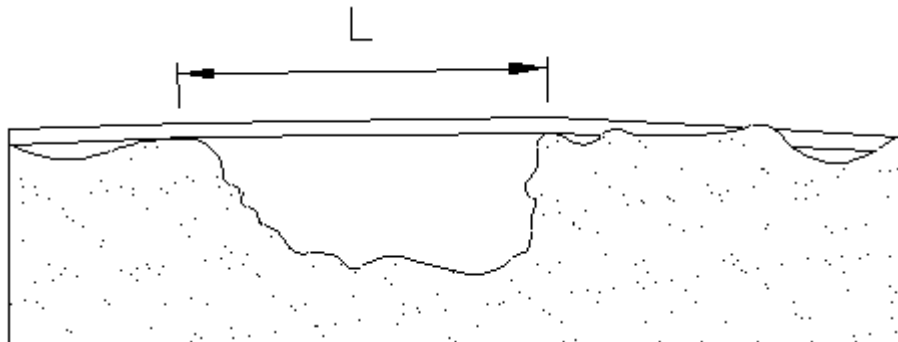
Bảng 3.8- Phân loại các chi tiết kết cấu

Loại chi tiết	Hình dạng kết cấu	Mô tả	Yêu cầu
D		Mối hàn đối đầu theo chu vi ống từ hai phía	Ứng suất sử dụng tính toán mối phải bao gồm hệ số tập trung ứng suất để kể đến sự thay đổi bề dày và khả năng chịu đựng của ống khi thi công.
E		Mối hàn đối đầu theo chu vi ống từ hai phía, tại nơi lắp đặt.	
F			
F3			

		<p>Mỗi hàn đối đầu theo chu vi ống được hàn từ một phía trên đệm chân mỗi hàn (backing bar).</p>	
		<p>Mỗi hàn đối đầu một phía, theo chu vi, không có đệm chân mỗi hàn.</p>	
F1		<p>Mỗi hàn đối đầu một phía, theo chu vi được mài nhẵn bằng máy để loại bỏ khuyết tật và làm dày mỗi hàn.</p>	<p>Ứng suất sử dụng tính toán mỗi phải bao gồm hệ số tập trung ứng suất để kể đến sự thay đổi bề dày và khả năng chịu đựng của ống khi thi công.</p>
			<p>Việc mài nhẵn bề mặt sẽ làm giảm chiều dày ống. Đặc biệt ở phía chân mỗi hàn, vật liệu cơ bản phải được loại bỏ. Trong tính toán ứng suất phải kể đến sự giảm chiều dày ống. Mỗi hàn phải được kiểm tra không phá hủy.</p>

3. Hình học và liên kết

Việc lựa chọn mô hình liên kết giữa đường ống và nền đất ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả tính toán nội lực đường ống, do đó ảnh hưởng đến kết quả tính toán tuổi thọ mỏi. Đây là khâu rất quan trọng trong quy trình tính toán mỏi đường ống.



Hình 3.6- Ống qua hố lõm

Mô hình hóa liên kết ống và đất nền là rất khó khăn. Nguyên nhân chủ yếu là do đặc điểm hình học đa dạng tại vị trí tiếp xúc và tương tác phi tuyến đường ống – đất nền.

Việc mô hình hóa liên kết ống – nền đất phải đảm bảo được các yêu cầu sau:

- thể hiện đúng sự làm việc của đất nền đáy biển trong tương tác nền - ống. Sự làm việc này là phi tuyến ;
- mô tả đúng dạng hình học của tiếp xúc nền và ống. Thực tế dạng hình học này hết sức đa dạng và vì vậy khó tổng quát hóa.

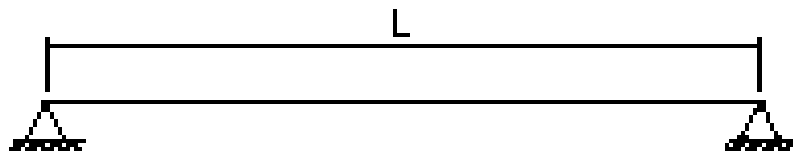
Các yêu cầu trên rất khó thỏa mãn. Thông thường các mô hình liên kết chỉ có thể chấp nhận một cách rất tương đối.

Dưới đây nêu ra một vài mô hình liên kết đường ống – đất nền thường dùng.

2. *Mô hình hoá liên kết theo sơ đồ khớp*

Để đơn giản cho tính toán và thiên về an toàn, có thể coi như ống có hai đầu liên kết khớp.

Mô hình này có thể chấp nhận nếu ống có đường kính nhỏ và nhịp dài, nền yếu (độ cứng nhỏ). Khi đó ứng suất do lực đứng và lực ngang xuất hiện ở giữa ống. Mô hình liên kết khớp cho kết quả ứng suất lớn hơn nên thiên về an toàn. Sơ đồ này cũng rất đơn giản và thuận tiện cho tính toán.



Hình 3.7-Mô hình liên kết khớp

Với sơ đồ tính này, tần số dao động riêng cơ bản của nhịp ống có thể được tính gần đúng theo công thức của DnV [7] như sau:

$$(3.11)$$

trong đó:

- hệ số điều kiện biên;
- mô đun đàn hồi của thép;
- mô men quán tính của tiết diện thép;
- hệ số độ cứng do lớp bọc bê tông
- chiều dài nhịp hữu hiệu;
- khối lượng hữu hiệu bao gồm khối lượng ống, lượng nước kèm và khối lượng chất lỏng, khí bên trong;
- đường kính ngoài của ống có kể đến lớp bọc;
- tải trọng ổn định Euler

(3.12)

- độ võng tĩnh, thông thường được bỏ qua cho hướng dòng và được giới hạn là $4D$;
- lực dọc trục hữu hiệu (nhận giá trị âm khi nén).

Mô men uốn tĩnh có thể được tính bằng:

(3.13)

trong đó:

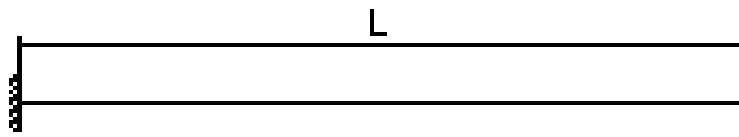
- biểu diễn tải trọng, hay trọng lượng trong nước của đường ống theo hướng thẳng đứng (vuông góc với dòng) và/hoặc tải trọng cản nhớt ở hướng ngang (theo hướng dòng);
- hệ số điều kiện biên.

Bảng 3.9-Các hệ số điều kiện biên cho liên kết ống – đất nền

	Khớp - khớp	Ngàm - ngàm	Nhịp đơn trên đáy biển
	1,57	3,56	3,56
	1,00	0,25	0,25
	0,8	0,2	0,4
	1/8	1/12	vai nhịp: , giữa nhịp: 8,6

3. Mô hình hóa liên kết theo sơ đồ ngàm

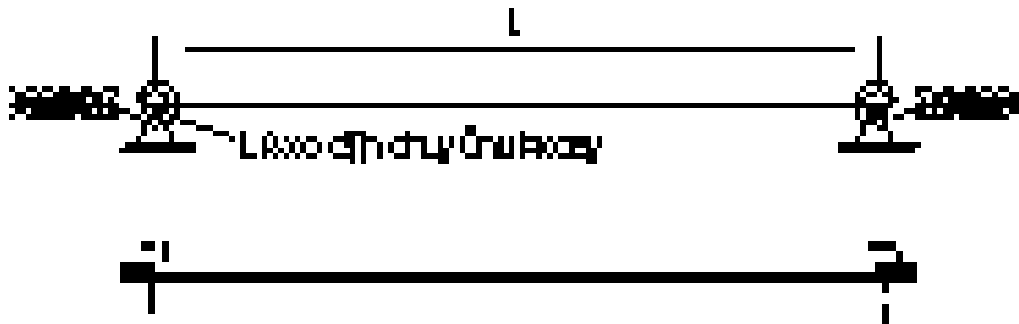
Khi đất nền là tốt và ống được vùi sâu ở hai đầu nhịp, liên kết ống – nền đất có thể được mô hình hóa bằng liên kết ngàm.



Hình 3.8-Mô hình liên kết ngàm

Tần số dao động riêng cơ bản và mômen uốn tĩnh của nhịp có thể được xác định từ các công thức (3.11) và (3.13).

Thực tế, mô hình này đã bỏ qua sự làm việc đàn hồi của đất. Để mô tả trung thực hơn, cần quan niệm liên kết đó là ngàm đàn hồi. Độ cứng đàn hồi của liên kết phụ thuộc vào chiều dài nhịp tự do L , vào đặc trưng cơ lý của đất và các đặc trưng hình học, vật liệu của đường ống.



Hình 3.9-Mô hình ngàm đàn hồi

4. Mô hình hóa liên kết bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Để mô hình hóa liên kết ống – nền đất bằng PTHH, người ta rời rạc hóa nền thành các gối tựa đàn hồi có các đặc trưng xác định từ tính chất cơ lý của đất và đặc tính hình học của đường ống tại vị trí tiếp xúc.

Đường ống có thể được mô hình hóa như tập hợp các phần tử thanh hoặc phần tử vỏ (shell) hoặc phần tử ống (pipe). Mô hình vỏ và mô hình ống là các mô hình hiện đại, cho độ chính xác cao và hiện nay nhiều tiêu chuẩn khuyến khích sử dụng mô hình vỏ hoặc ống để tính ứng suất đường ống biển.

Tại một nút ở vùng tương tác ống – đất nền, liên kết được mô tả qua ba gối tựa đàn hồi theo ba phương:

- 1/ Gối tựa đàn hồi theo phương đứng

Gối tựa đàn hồi theo phương đứng biểu diễn sự làm việc của đất nền bên dưới ống. Nếu mô tả gối tựa đàn hồi này như 1 thanh hai đầu khớp, có chiều dài L , diện tích mặt cắt F , mô đun đàn hồi là E thì quan hệ của các thông số này với chỉ số cơ lý của đất nền được biểu diễn qua biểu thức

$$(3.14)$$

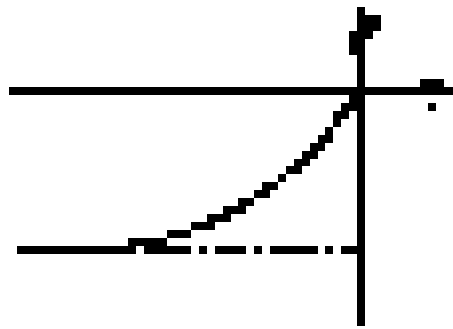
trong đó :

- hệ số nền của đất theo phương đứng;
- diện tích phần đất được gối tựa đàn hồi thay thế.

Khi sử dụng mô hình này, cần lưu ý là sự làm việc của đất mang tính phi tuyến, cụ thể là:

- độ cứng của đất khi chịu kéo bằng 0, khi gối tựa chịu kéo thì liên kết cần được loại bỏ ;
- khi ứng suất trong gối tựa đàn hồi lớn hơn ứng suất chảy của đất thì đất làm việc trong trạng thái chảy, khi đó cần loại bỏ gối tựa đàn hồi và thay bằng lực có giá trị ;
- nếu chương trình tính toán có thể tính với vật liệu phi tuyến thì phần tử đất (hay gối tựa) cần được mô tả với mô đun đàn hồi là một hàm phi tuyến.

Hệ số đàn hồi phi tuyến của gối tựa theo phương đứng phải xác định qua thực nghiệm, có dạng như **Hình 3.10**.



Hình 3.10-Quan hệ ứng suất biến dạng của phần tử gôi tựa đứng

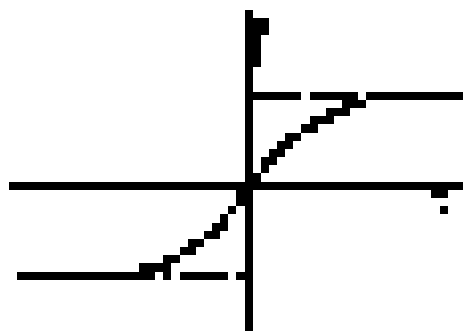
Gôi tựa theo phương ngang và dọc ống biểu diễn sự làm việc ma sát của đất nền.

2/ Gôi tựa đàn hồi theo phương dọc ống

Đường ống chịu lực ma sát với đất theo phương dọc được mô hình hóa bằng các lò xo với hệ số tỉ lệ . Thực tế, ống biến dạng dọc trục rất nhỏ và có thể bỏ qua sự làm việc của nền - ống theo phương này.

3/ Gôi tựa đàn hồi theo phương ngang ống

Lực ma sát theo phương ngang được mô hình hóa bằng các lò xo với hệ số tỉ lệ . Hệ số ma sát giữa nền đất và đường ống phụ thuộc vào các đặc trưng cơ lý của ống và loại đất nền, được xác định bằng thực nghiệm. Hệ số tỉ lệ là hàm của biến dạng theo lực tác dụng như hình **Hình 3.11**.



Hình 3.11- Hệ số tỉ lệ k3

Dưới đây là các mô hình tương tác ống – nền đất dùng cho phương pháp PTHH.



Hình 3.12-Mô hình hóa liên kết bằng các phần tử thanh



Hình 3.13-Mô hình hóa liên kết bằng các lò xo

Các hệ số tỉ lệ (còn gọi là độ cứng) của nền đất được tiêu chuẩn DnV [9] đề cập và đưa ra các công thức tính toán chi tiết. Phần dưới đây trình bày phương pháp tính độ cứng của đất nền trong mô hình lò xo mô phỏng tương tác giữa nền đất và đường ống.

5. Độ cứng của đất nền theo tiêu chuẩn DnV

Độ cứng theo phương đứng, K_v , và theo phương ngang, K_h , được tính theo các công thức sau:

$$(3.15)$$

$$(3.16)$$

trong đó :

$$K_v \text{ (kN/m) đối với nền cát} \quad (3.17)$$

$$K_h \text{ (kN/m) với nền} \quad (3.18)$$

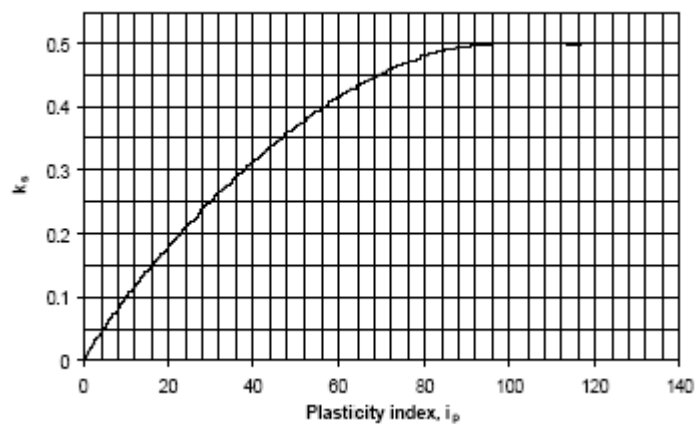
– ứng suất hiệu quả trong đất (kN/m^2)

(3.19)

– tỉ số quá cố kết;

– hệ số độ rỗng của đất;

Độ cứng theo phương dọc trục, k_s , được xác định theo **Hình 3.14**.



Hình 3.14-Hệ số k_s theo chỉ số dẻo của đất

Nếu không có các số liệu cụ thể thì k_s có thể lấy bằng độ cứng theo phương ngang, k_h .

Các thông số đất được xác định qua các thử nghiệm địa kỹ thuật. Nếu không có các thông tin chi tiết có thể dùng các giá trị trong **Bảng 3.10** và **Bảng 3.11**.

Bảng 3.10-Thông số kĩ thuật tiêu biểu của cát

Loại cát		(kN/m^3)		
-----------------	--	-------------------------------------	--	--

Chảy			0,35	
Trung bình			0,35	
Chặt			0,35	

Bảng 3.11-Thông số địa kĩ thuật tiêu biểu của sét

Loại đất				
		(kN/m³)		
Rất mềm				
Mềm				
Chắc				
Cứng				
Rất cứng				

Tương tác giữa ống và nền đất là một vấn đề hết sức phức tạp. Nói chung, để đạt được kết quả có độ chính xác cao phải tiến hành các phân tích bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Tiêu chuẩn DnV [5] có đưa ra các công thức tính toán kể đến các quá trình dao động của ống. Việc áp dụng các công thức này là rất phức tạp, đòi hỏi các phân tích động lực học nhịp ống.

Đây là một vấn đề còn cần thêm nhiều nghiên cứu đánh giá, để có thể đưa ra các công thức tính toán thực hành tiệm cận với sự làm việc của nhịp ống trong thực tế.

Khi áp dụng vào đường ống biển ở Việt Nam thì tùy theo khu vực đặt đường ống mà kết quả khảo sát địa chất tại đó sẽ cho ta biết lịa đất nền là cát hey sét và các thông số kĩ thuật của đất.

Chẳng hạn, tại các vùng biển Bạch Hổ và Cà Mau, các thông số địa chất tiêu biểu được cho trong **Bảng 3.12** và **Bảng 3.13**.

Bảng 3.12 – Các lớp địa chất tiêu biểu tại vùng biển Bạch Hổ và Cà Mau

Độ sâu dưới đáy biển (m)	Mô tả
---------------------------------	--------------

Từ	Đến	Độ dày	
0,0	16,8	16,8	Cát chặt vừa
16,8	22,0	5,2	Sét rất cứng
22,0	29,5	7,5	Sét cứng tới rất cứng
29,5	47,0	17,5	Cát chặt vừa
47,0	57,6	10,6	Sét rất cứng tới rắn
57,6	80,4	22,8	Cát chặt tới rất chặt
80,4	100,2	19,8	Sét rất cứng tới tới rắn
100,2	109,2	9,0	Cát rất chặt
109,2	110,0	0,8	Sét cứng

Bảng 3.13 – Thông số kỹ thuật của đất đáy biển tại vùng biển Bạch Hổ và Cà Mau

Độ sâu (m)		Sét		Cát/Bùn		
Từ	Đến	(kPa)	(%)	(MN/m³)	(độ)	(kN/m³)
0,0	16,8	-	-	3,3	25 ⁰	9,0
16,8	22,0		1,0	-	-	9,5
22,0	29,5		1,0	-	-	8,5
29,5	47,0	-	-	3,3	25 ⁰	10,0

4. Điều kiện môi trường

Các yếu tố môi trường quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp tới tuổi thọ mỗi của đường ống bao gồm: sóng, dòng chảy, dòng triều, điều kiện nền đất, sinh vật biển bám.

Đối với các công trình ngoài biển khác, mỗi do sóng gây ra là chủ yếu. Đối với đường ống ở dưới đáy biển, tác nhân gây mỗi chủ yếu là dòng chảy. Trường hợp đường ống nằm ở vùng nước sâu, tác dụng gây mỗi của sóng là không đáng kể. Ngoài ra, dòng chảy gây mỗi thông qua một tác nhân gây mỗi trực tiếp khác là tách xoáy.

Phần này trình bày các yếu tố môi trường cần xác định khi tính toán mỗi đường ống.

Theo DnV [5], cần lưu ý rằng, tất cả các lực tác dụng môi trường tính toán cho đường ống đều được xác định ở mức đường ống (pipeline level), tức là tại độ sâu nước của trục đường ống, **Hình 3.16**.

1. Chuyển sóng bề mặt xuống tới đáy biển

Tính toán tải trọng thủy động tác dụng lên kết cấu đường ống đòi hỏi phải biết các thành phần vận tốc và gia tốc của phần tử nước trong sóng. Các thành phần này phụ thuộc vào độ sâu nước và các thông số sóng, trước hết là chiều cao sóng, chu kì tương ứng và hướng. Đối với đường ống, do không thể có trực tiếp các thông số sóng ở gần đáy nên phải áp dụng các phương pháp chuyển các số liệu sóng bề mặt tới đáy biển.

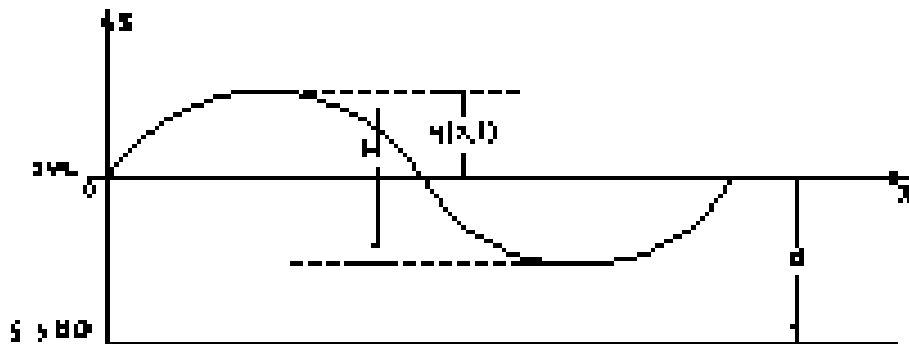
Theo tài liệu [3], các nghiên cứu để tìm ra các lí thuyết thích hợp nhất biểu diễn động học của sóng/dòng chảy ở đáy biển đã chỉ ra rằng: lí thuyết sóng tuyến tính đã cho một kết quả tốt về động học, trong một phạm vi rộng của chiều sâu nước và độ dốc của sóng. Nguyên nhân là do ảnh hưởng phi tuyến bị giảm đi theo độ sâu, tức là tính phi tuyến trong các lí thuyết sóng bậc cao được thấy rõ ràng nhất chỉ ở bề mặt hay gần bề mặt.

Lý thuyết sóng tuyến tính Airy mô tả mặt sóng có dạng hình sin:

(3.20)

trong đó, các thông số quan trọng của sóng điều hòa gồm:

- tung độ mặt sóng,
- chiều cao sóng,
- tần số góc của sóng,
- thời gian,
- số sóng,
- bước sóng,
- chu kì sóng,
- trục nằm ngang ở SWL, có chiều dương theo hướng lan truyền sóng,
- chiều sâu nước.



Hình 3.15-Profil sóng tuyến tính Airy

Các thành phần vận tốc và gia tốc của phần tử chất lỏng được xác định từ các công thức dưới đây, với z là tọa độ sâu, lấy gốc từ SWL, hướng lên.

- Vận tốc theo phương ngang:

(3.21)

– Gia tốc theo phương ngang:

(3.22)



Hình 3.16-Mức đường ống (Pipeline level)

Tại trục đường ống, cách đáy một khoảng , vận tốc và gia tốc phần tử nước theo phương ngang là:

(3.23)

(3.24)

Do đó, biên độ của thành phần vận tốc và gia tốc phần tử nước ở mức đường ống theo phương ngang bằng:

(3.25)

(3.26)

Như vậy, khi đã biết chiều cao, chu kì sóng trên bề mặt và độ sâu nước, ta có thể dễ dàng tính được các biên độ vận tốc và gia tốc phần tử nước do sóng đó gây ra ở mức đường ống đang xét.

2. Chuyển phổ sóng bề mặt xuống tới đáy biển

Tương tự như việc chuyển đổi một sóng đơn nói trên, ta cũng có thể chuyển đổi phổ sóng bề mặt để nhận được phổ vận tốc và gia tốc ở đáy. Mỗi một thành phần tần số được chuyển xuống đáy biển bằng một hàm truyền tuyến tính, tức là áp dụng lí thuyết sóng tuyến tính trong chuyển đổi phổ.

Với một trạng thái biển ngắn hạn, sóng là một quá trình ngẫu nhiên dừng, ergodic. Trong phân tích động lực học và môi trường ống, hàm mật độ phổ sóng thường được sử dụng, nó biểu diễn phân phối năng lượng sóng của một trạng thái biển ngắn hạn theo tần số.

Phổ của thành phần vận tốc ngang được xác định theo công thức:

(3.27)

Theo đó, hàm truyền phổ của thành phần vận tốc ngang là

(3.28)

Tương tự:

(3.29)

Tại mức đường ống, , hàm truyền phổ sóng có dạng:

(3.30)

(3.31)

Phổ sóng có thể được tạo ra từ các số liệu đo sóng, sau đó dựa trên những giả thiết nhất định và hiệu chuẩn số liệu đo, người ta có thể biểu diễn hàm mật độ phổ sóng dưới dạng giải tích. Có nhiều dạng phổ được đề xuất như của Philip, Neumann, Pierson-Moskowitz, Bréschneider, JONSWAP, ISSC, ITTC, vv...

Phổ Pierson-Moskowitz tỏ ra thích hợp cho thích hợp cho sóng ở vùng biển Việt Nam, đã phát triển đầy đủ ở vùng nước sâu, tức là vùng không có đả gió hay không hạn chế khoảng thời gian gió thổi.

Các tính toán theo quan điểm ngẫu nhiên cho đường ống trong phạm vi đồ án này sử dụng phổ sóng Pierson-Moskowitz, được xác định bằng thực nghiệm:

(3.32)

trong đó:

- vận tốc gió,
- gia tốc rơi tự do,
- các hằng số không thứ nguyên phụ thuộc vào và , xác định theo các biểu thức dưới đây:

(3.33)

(3.34)

- chiều cao sóng đáng kể,
- chu kì trung bình cắt không của sóng.

3. *Về dòng chảy ở đáy biển*

Dòng chảy ở biển do hai chuyển động chủ yếu gây nên: dòng thủy triều và dòng do gió. Ngoài ra còn một số loại dòng mà đôi khi cũng đóng vai trò quan trọng như dòng mật độ, dòng do sóng và dòng thuần túy do sự chênh lệch mực nước.

Trong tính mỗi đường ống, cần xác định được các đặc trưng của dòng chảy (vận tốc dòng chảy, hướng dòng chảy, xác suất xuất hiện dòng chảy...). Đồng thời phải xác định được chế độ dòng chảy, đây là yếu tố rất quan trọng để xác định mức độ tác động lên đường ống của các nhân tố môi trường.

2/ Chế độ dòng chảy

Dòng chảy dưới đáy biển là dòng chảy kết hợp (flow), do các yếu tố sóng (wave), gió (wind), dòng chảy (current) gây nên. Các nhân tố này gây ra 3 loại tải trọng làm mỗi đáng kể cho đường ống: tải trọng sóng trực tiếp, tải trọng do tách xoáy hướng dòng và tách xoáy vuông góc với hướng dòng. Xác định chế độ dòng chảy là xác định mức độ ảnh hưởng của các tác nhân nói trên để xác định phương pháp tính toán mỗi hợp lý.

Theo DnV [5], chế độ dòng chảy tại khu vực đường ống được xác định dựa vào tỉ lệ vận tốc dòng chảy:

(3.35)

trong đó:

- vận tốc dòng chảy vuông góc với đường ống;

- vận tốc dòng vuông góc với ống do sóng đáng kể gây ra.

Chế độ dòng chảy được xác định trong **Bảng 3.14**.

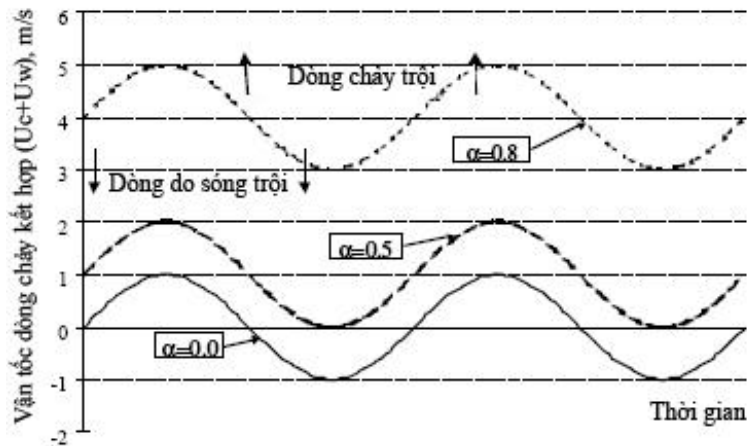
Bảng 3.14 – Chế độ dòng chảy

Giá trị	Chế độ dòng chảy
	<p>Sóng là chủ yếu: sóng được cộng tác dụng bởi dòng chảy.</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Theo hướng dòng</i>: tải trọng theo hướng dòng có thể được mô tả theo phương trình Morison. Dao động theo hướng dòng do tách xoáy là không đáng kể. – <i>Hướng vuông góc với dòng</i>: tải trọng theo hướng vuông góc với dòng chủ yếu là do tách xoáy không đối xứng.
	<p>Sóng là chủ yếu: dòng chảy được cộng tác dụng bởi sóng.</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Theo hướng dòng</i>: tải trọng theo hướng dòng có thể được mô tả theo phương trình Morison. Dao động dòng do tách xoáy bị giảm đi do sóng. – <i>Hướng vuông góc với dòng</i>: tải trọng theo hướng vuông góc với dòng chủ yếu là do tách xoáy không đối xứng và giống như trường hợp dòng chảy là chủ yếu.
	<p>Dòng chảy là chủ yếu.</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Theo hướng dòng</i>: tải trọng theo hướng dòng bao gồm các thành phần: <ul style="list-style-type: none"> – thành phần chi phối bởi lực cản đều; – thành phần dao động do tách xoáy đối xứng. – <i>Hướng vuông góc với dòng</i>: tải trọng theo hướng vuông góc với dòng có tính lặp và do tách xoáy gây ra, giống như trường hợp dòng chảy thuần túy.

Như vậy, với , có thể bỏ qua tính mỏi do sóng trực tiếp.

Lưu ý rằng, tương ứng với dòng dao động thuần túy do sóng và tương ứng với dòng thuần túy do dòng chảy đều.

Chế độ dòng chảy được minh họa trong **Hình 3.17**.



Hình 3.17-Chế độ dòng chảy

3/ Vận tốc dòng chảy

Đối với các công trình đường ống biển, các yếu tố cần thiết được biết của vận tốc dòng chảy bao gồm hướng của dòng, tốc độ dòng và sự thay đổi của tốc độ dòng theo chiều sâu ở vùng xây dựng công trình.

Khi thiếu các số liệu quan trắc, tốc độ dòng do gió trên mặt biển ở mực nước lặng (SLW) có thể được xác định theo công thức kinh nghiệm của DNV, đối với vùng biển thoáng:

$$(3.36)$$

trong đó:

- tốc độ dòng do gió ở SWL ()
- tốc độ gió trung bình trong 1 giờ ở độ cao 10 m.

Sự thay đổi tốc độ dòng do gió theo chiều sâu có thể được xác định như sau:

(3.37)

trong đó:

- tốc độ dòng do gió ở độ sâu z tính từ SWL, chiều dương hướng lên,
- chiều sâu tới hạn, thường lấy z_{max} . Ở độ sâu dưới z_{max} , gió không gây ra dòng.

Tốc độ dòng do thủy triều thường thay đổi theo chiều sâu theo quy luật sau:

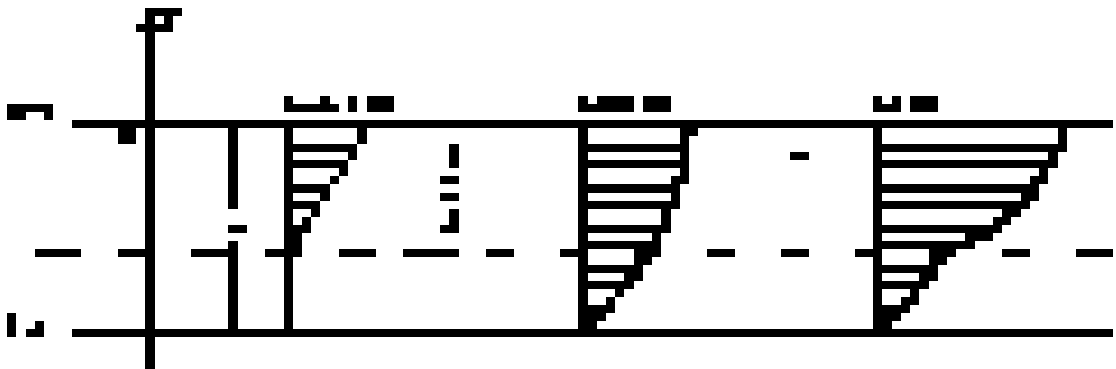
(3.38)

trong đó:

- tốc độ dòng triều ở SWL,
- chiều sâu nước biển.

Tốc độ dòng tổng cộng ở độ sâu z được tính bằng:

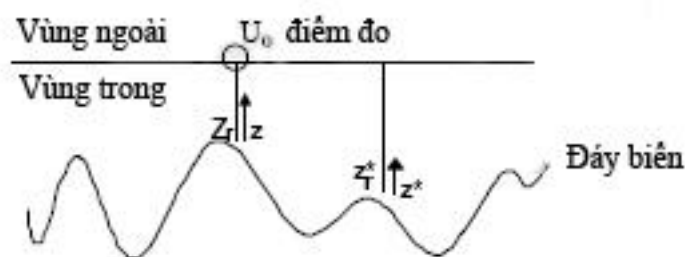
(3.39)



Hình 3.18-Vận tốc dòng chảy tổng cộng

Kể đến hiệu ứng lớp biên, theo DnV [5], dòng chảy có thể được phân thành 2 vùng:

- vùng ngoài (outer zone) ở xa đáy biển mà ở đó vận tốc dòng chảy trung bình và rối thay đổi rất nhỏ theo hướng ngang;
- vùng trong (inner zone) ở đó vận tốc dòng chảy trung bình và rối thay đổi rất lớn theo hướng ngang, vận tốc và hướng dòng chảy phụ thuộc vào hình dáng đáy biển tại chỗ.



Hình 3.19-Phân vùng dòng chảy

Trong trường hợp đáy biển gồ ghề, vùng ngoài được tính cách đỉnh của gồ ghề một khoảng bằng chiều cao đáy biển tại chỗ. Trong trường hợp đáy biển bằng thì vùng ngoài nằm tại chiều cao khoảng , với là độ gồ

Ở vùng trong, profil vận tốc dòng chảy gần là hàm lôgarít trong vùng mà hiện tượng tách dòng chưa xảy ra:

(3.40)

trong đó:

- hệ số giảm vận tốc, tính đến hướng giữa đường ống và dòng chảy,
:
- cao độ tính từ đáy biển;
- chiều cao quy ước ở vùng ngoài;

Với những trường hợp mà dòng chảy trung bình trải ra trên một vùng nhỏ (ví dụ: dòng chi phối bởi thủy triều) và trạng thái dòng có thể được giả thiết là 2 chiều thì mô hình sau đây có thể được áp dụng trong việc chuyển đổi dòng chảy trung bình một cách cục bộ. Giả thiết rằng dòng chảy ở vùng ngoài,

, đã biết, **Hình 3.19**. Profil vận tốc tại vị trí gần điểm đo có thể được tính gần đúng theo công thức:

(3.41)

trong đó, là thông số “độ gồ ghề vĩ mô”, phải lấy nhỏ hơn 0,2 và được tính theo công thức:

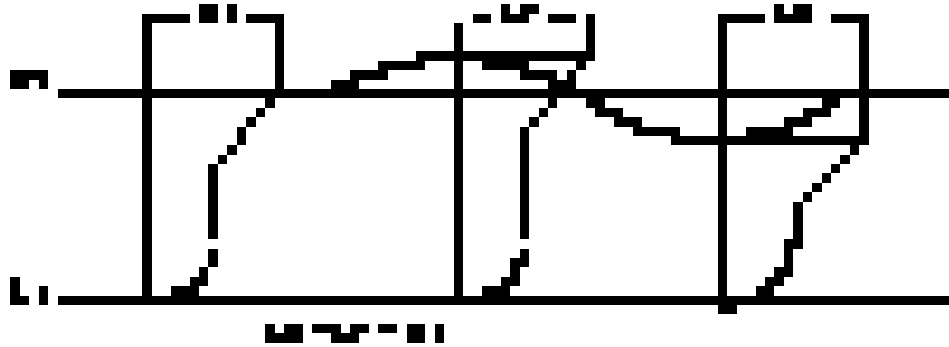
(3.42)

Bảng 3.15- Độ gồ ghề đáy biển

Đáy biển	Độ gồ ghề z0 (m)
-----------------	-------------------------

Bùn cặn/phù sa	
Cát mịn	
Cát vừa	
Cát thô	
Sỏi	
Đá cuội	
Cuội sỏi	
Đá tảng	

Vận tốc dòng chảy thay đổi theo sự thay đổi độ sâu nước. Profil sóng hoặc dòng chảy có thể được trải ra hoặc nén lại theo chiều dọc, nhưng vận tốc dòng chảy tại mọi tỉ lệ của độ sâu nước tức thời là hằng số. Bằng phương pháp này, thành phần dòng chảy bề mặt là không đổi.



Hình 3.20-Profil vận tốc dòng chảy

Cần chú ý tới hướng của các dòng thành phần. Có thể xảy ra trường hợp dòng do gió và dòng triều không cùng một hướng.

4. Các loại số liệu sóng và dòng chảy

1/ Phân phối của chiều cao sóng và vận tốc dòng chảy

Thông thường phân phối Weibull 3 tham số thích hợp cho việc lập mô hình xác suất dài hạn cho vận tốc dòng chảy hay chiều cao sóng đáng kể

. Phân phối Weibull xác định thông qua hàm phân phối:

$$(3.43)$$

trong đó:

- hàm phân phối xác suất;
- tham số tỉ lệ;

- tham số hình dạng;
- tham số vị trí.

Các thông số Weibull liên kết với mômen xác suất (: giá trị trung bình, : độ lệch chuẩn, : độ lệch) như sau:

(3.44)

(3.45)

(3.46)

Với phân phối Weibull, giá trị chu kỳ lặp được xác định như sau:

(3.47)

trong đó N là số các sự kiện độc lập trong chu kỳ lặp (ví dụ 100 năm). Đối với các hướng riêng rẽ, N có thể lấy bằng tổng số các sự kiện độc lập nhân với xác suất xảy ra theo mỗi hướng.

Thời gian giữa các sự kiện độc lập, phụ thuộc vào điều kiện môi trường. Đối với dòng chảy, thời gian này thường được lấy bằng 24 giờ. Các trạng thái biển độc lập (mô tả bằng) thông thường có thể được lấy trong khoảng từ 3 đến 6 giờ.

Như vậy số trạng thái biển độc lập trong một chu kỳ (năm) có thể được xác định như sau:

(3.48)

Khi biết hàm phân phối Weibull, giá trị biến chu kì lặp được tính bằng

(3.49)

Trong trường hợp dữ liệu sóng hoặc dòng chảy được cho bởi biểu đồ phân tán, phân phối Weibull được thiết lập theo (3.44), (3.45), (3.46) với các giá trị mômen thống kê được tính như sau:

(3.50)

(3.51)

(3.52)

trong đó là xác suất xuất hiện rời rạc.

Biểu đồ phân tán dòng chảy được xử lý tương tự.

2/ Dữ liệu dòng chảy

Dữ liệu dòng chảy một hướng hay nhiều hướng có thể được cho dưới các dạng sau:

- Biểu đồ ở dạng theo xác suất xuất hiện. Phân tích mỗi được dựa trên các sự kiện riêng rẽ trong biểu đồ. Giá trị chu kỳ lặp tương ứng được tính từ xác suất vượt tương ứng trong biểu đồ hoặc hàm mật độ xác suất Weibull xây dựng theo (3.44), (3.45), (3.46).
- Hàm mật độ xác suất dài hạn, mặc định là phân phối Weibull. Giá trị theo chu kỳ lặp được tính theo các công thức: (3.48), (3.49).
- Bảng các giá trị theo chu kỳ lặp 1 năm, 10 năm, 100 năm của vận tốc dòng chảy theo các hướng. Các thông số của phân phối Weibull được xác định từ các phương trình: (3.44), (3.45), (3.46) của 3 giá trị chu kỳ lặp này.

Ở Việt Nam hiện nay, số liệu về dòng chảy là chưa đầy đủ để có thể tính toán mỗi chi tiết cho nhịp hẫng đường ống biển. Dữ liệu về dòng chảy còn ít và phần lớn chưa được xử lý, độ tin cậy không cao do thời gian quan trắc ngắn, số liệu mẫu quan trắc không nhiều.

Theo phụ lục về khí hậu và môi trường biển của tài liệu thiết kế hệ thống đường ống biển Nam Côn Sơn, hiện nay số liệu dòng chảy đo đạc được ở vùng biển phía Nam là hầu như không có, các giá trị vận tốc dòng chảy cực đại thường được ước lượng từ các cơn bão liên quan hay từ các quá trình của hiện tượng gió mùa Đông Bắc.

Trong tính toán thực hành, để khắc phục tình trạng thiếu số liệu về dòng chảy, ta có thể tính toán vận tốc dòng chảy theo khuyến nghị của DnV, công thức (3.37), (3.38) và (3.39).

3/ *Dữ liệu sóng*

Môi trường sóng tại một địa điểm cụ thể đặc trưng bằng một chuỗi các trạng thái biển ngắn hạn. Mỗi trạng thái biển ngắn hạn có thể được đặc trưng bởi chiều cao sóng đáng kể, chu kỳ đỉnh, hướng sóng chính, được đo tương đối với một hướng sóng qui ước cho trước, thường là hướng Bắc địa lý.

Chiều cao sóng đáng kể theo một hướng hay nhiều hướng có thể được cho dưới các dạng sau:

- Một biểu đồ phân tán sóng ở dạng . Phân tích mỗi được dựa trên các sự kiện sóng riêng rẽ được phản ánh qua các ô riêng rẽ trong biểu đồ phân tán sóng.
- Một biểu đồ dạng theo xác suất xuất hiện. Phân tích mỗi được dựa trên các sự kiện riêng rẽ có trong biểu đồ. Chu kỳ đỉnh tương ứng với được giả thiết thay đổi theo dạng dưới đây, trong đó và lấy cụ thể theo từng vị trí:

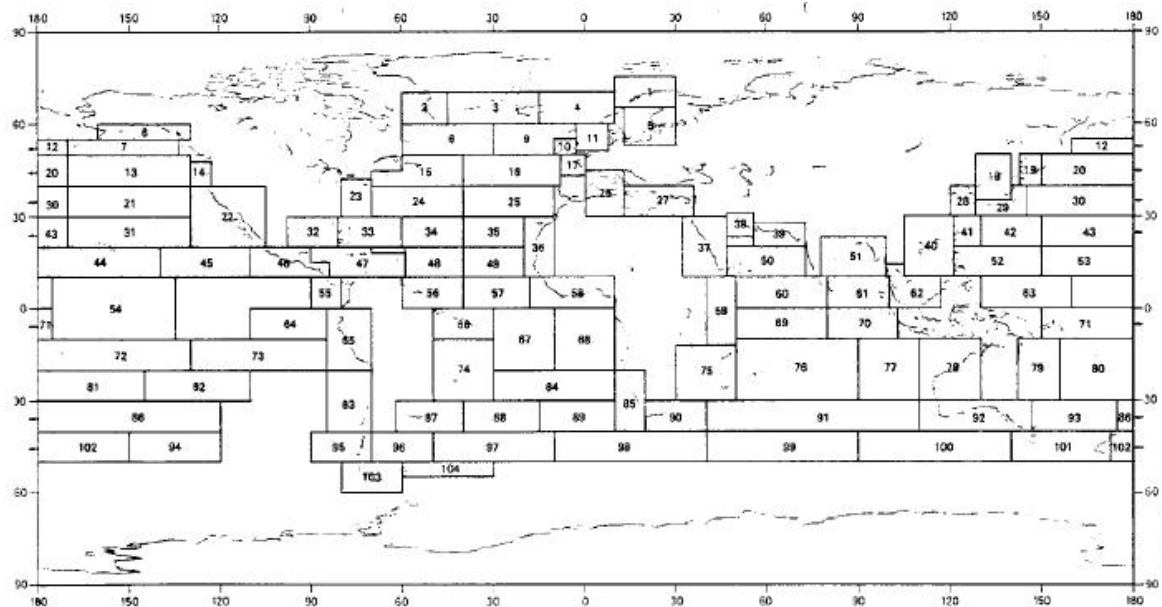
(3.53)

- Hàm mật độ xác suất dài hạn là phân phối Weibull. Các chu kỳ lặp tương ứng cho 1, 10 và 100 năm được xác định theo (3.48), (3.49).
- Giả thiết phân phối dài hạn là phân phối Weibull, các thông số được xác định dựa trên giá trị theo chu kỳ lặp 1 năm, 10 năm và 100 năm theo (3.44), (3.45), (3.46).

So với dữ liệu về dòng chảy, hiện trạng về dữ liệu sóng có khả quan hơn.

Biển Việt Nam được chia làm 3 phân vùng chính: Bắc, Trung và Nam. Do sự trữ lượng dầu khí tập trung nhiều ở vùng biển phía Nam, do đó trong quá trình xây dựng và lắp đặt các công trình khai thác dầu khí, số liệu quan trắc về môi trường biển ở vùng này là nhiều nhất. Các tài liệu về môi trường của các dự án xây dựng công trình ngoài biển đều đã đưa ra số liệu sóng ở dạng bảng phân tán sóng trung bình theo mọi hướng (omnidirectional) hoặc theo các hướng riêng rẽ (discrete direction). Trong các tài liệu thiết kế công trình đường ống biển đã được thực hiện, tài liệu của hệ thống đường ống Nam Côn Sơn, nằm ở vùng biển phía Nam Việt Nam, đưa ra dữ liệu sóng khá đầy đủ và chi tiết.

Về phân bố của sóng biển Việt Nam, cũng có thể tham khảo trong tài liệu [10] các số liệu trong Bản đồ sóng thế giới, do Hogben và Lumb xây dựng, **Hình 3.21**. Trong đó, biển Việt Nam nằm ở vùng 40 và 61.



Hình 3.21. Bản đồ phân bố sóng thế giới

Theo tài liệu [10], nhìn chung, các số liệu thống kê về sóng đã được tiến hành tại cả ba vùng biển. Những số liệu thống kê này được giới thiệu tại trang 127 và trang 128 của tài liệu này. Trong trường hợp thiếu dữ liệu sóng, các thông số này có thể sử dụng để tính toán sơ bộ. Tuy nhiên, mỗi một biểu đồ phân bố sóng này có tính phổ quát đối với một vùng biển rất rộng.

Tùy thuộc vào việc đường ống được đặt ở khu vực nào mà kết quả khảo sát khí tượng hải văn sẽ cho biết các thông số môi trường tại khu vực đó. Trong **Phụ lục 1** đưa ra một số kết quả nghiên cứu về các thông số môi trường biển ở các khu vực thuộc biển Việt Nam [3].

Như vậy, dữ liệu sóng và dòng chảy cần phải được cho dưới dạng phân phối dài hạn hoặc các giá trị theo chu kỳ lặp 1 năm, 10 năm, 100 năm.

Trong các loại dữ liệu sóng và dòng chảy nói trên, dữ liệu được cho dưới dạng các bảng phân tán sóng (dòng chảy) là đầy đủ và đáng tin cậy nhất. Để

đạt được sự chính xác và an toàn cao trong phân tích mỗi đường ống, cần thiết phải có dữ liệu dưới dạng này.

Tuy nhiên, việc thu thập đầy đủ số liệu quan trắc để có được các bảng phân tán sóng (dòng chảy) là vô cùng khó khăn và tốn kém, đòi hỏi nhiều thời gian và công sức. Khi không có dữ liệu đầy đủ, việc dùng các phân phối dài hạn của sóng và dòng chảy dưới dạng các hàm phân phối hoặc hàm mật độ đã xác định là có thể chấp nhận được.

Với dạng dữ liệu được cho bởi các giá trị theo chu kì lặp được khuyến nghị là kém tin cậy do có thể cho kết quả là các phân phối phi vật lý, nên hạn chế dùng loại dữ liệu này.

Việc thiếu dữ liệu về môi trường sẽ gây ra khó khăn rất lớn cho quá trình tính toán đường ống nói chung và phân tích mỗi đường ống nói riêng. Thiếu sót này cần được khắc phục lâu dài, từng bước một. Các loại dữ liệu sóng và dòng chảy nêu trên đây là một hướng tham khảo cho quá trình thu thập và sử dụng dữ liệu đầu vào cho quá trình phân tích mỗi nhịp hẫng đường ống biển.

5. Sự tách xoáy

Khi sóng và dòng chảy đi qua kết cấu đường ống có thể làm cho dòng chất lỏng không ổn định do tách xoáy và làm đường ống dao động theo các phương vuông góc với trục của nó. Các dao động này chính là tác nhân chủ yếu và trực tiếp nhất gây ra hiện tượng mỏi của đường ống.

Thực tế, các tính toán trong mô hình phản ứng của DnV [5], xem 2.6.3, đều thông qua tác động gây mỏi của tách xoáy. Các thông tin trình bày dưới đây chỉ nhằm mục đích làm rõ hơn cơ chế tác động của tách xoáy lên nhịp ống, thông qua đó làm sáng rõ hơn quy trình phân tích mỗi nhịp hẫng đường ống biển theo tiêu chuẩn này.

Ở các tốc độ tới hạn của dòng, tần số của tách xoáy có thể làm bằng hoặc bằng bội số của tần số dao động riêng của đường ống. Tần số tách xoáy được tính bởi:

(3.54)

trong đó:

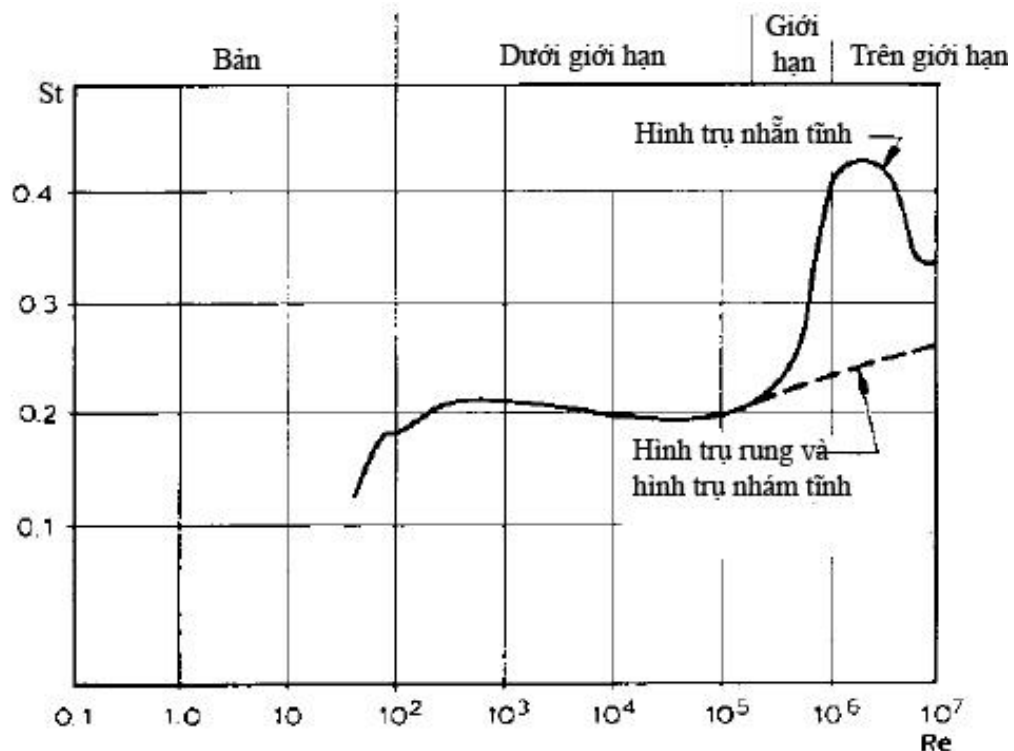
- số Strouhal,
- tốc độ dòng chất lỏng vuông góc với đường ống,
- đường kính của đường.



Hình 3.22-Dao động do gây ra do tách xoáy

Đối với các phần tử trụ tròn, số Strouhal là hàm số của số Reynolds,

Hình 3.23.



Hình 3.23 – Số Strouhal đối với hình trụ tròn là hàm của số Reynolds

Theo [12], số Strouhal được tính theo công thức:

$$(3.55)$$

trong đó: là hệ số cản vận tốc.

Dòng có thể gây ra các tách xoáy cộng hưởng làm cho ống dao động theo hướng dòng hoặc vuông góc với hướng dòng khi

$$(3.56)$$

trong đó:

- tốc độ dòng qui đổi (vận tốc giảm), được tính bởi

(3.57)

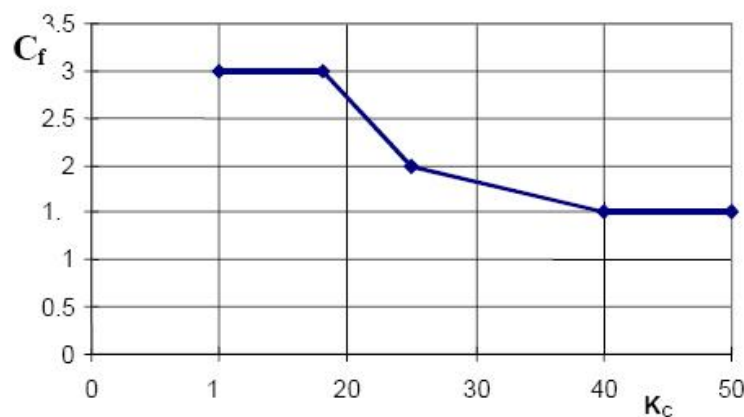
- tần số riêng cơ bản của ống theo hướng vận tốc dòng,
- số Keulegan-Carpenter, xem(2.42).

Lực (trên đơn vị dài) do tách xoáy tác dụng lên tử ống, được tính bởi:

(3.58)

trong đó:

- hệ số lực kích động theo hướng hoặc vuông góc với hướng dòng, có thể lấy theo **Hình 3.24**.
- diện tích chiếu của mặt cắt ngang phân tử lên mặt phẳng vuông góc với hướng của tốc độ dòng, có kể tới lớp bọc,
- khối lượng riêng của nước biển.



Hình 3.24 – Hệ số lực kích động C_f là hàm của số Keulegan-Carpenter K_C

Theo [13], tần số dao động riêng cơ bản của nhịp ống có thể tính bởi

(3.59)

trong đó:

- độ cứng của đường ống (lbs-ft²);
- chiều dài nhịp ống, ft;
- khối lượng nhịp ống, bao gồm cả khối lượng hà bám và nước kèm trên một đơn vị chiều dài ống, slugs/ft;
- hằng số phụ thuộc điều kiện liên kết của ống.

Ví dụ, với ống có liên kết khớp hai đầu: ; với ống liên kết

hai đầu ngàm: .

Theo tài liệu [8] và [11], sự xuất hiện dao động do xoáy theo các phương vuông góc có thể xác định dựa vào số Keulegan-Carpenter, , xem (2.42), và vận tốc quy đổi, .

Khi rung động cộng hưởng do dòng xoáy có thể xuất hiện như sau:

- kích thích cùng phương với dòng chảy:

(3.60)

- kích thích vuông góc với dòng chảy:.

(3.61)

Trong vùng cộng hưởng do dòng xoáy với kiểu cộng hưởng do dòng xoáy sẽ xuất hiện như sau:

- cùng phương

(3.62)

– vuông góc với dòng:

(3.63)

Phản ứng với biên độ cực đại của các thành phần vuông góc với dòng nằm trong khoảng 1,5 lần đường kính, thành phần cùng phương dòng chảy nhỏ hơn 0,6 lần đường kính.

Từ các điều kiện của chế độ tách xoáy trên, ta thấy rằng vai trò của các đại lượng: số Keulegan-Carpenter, , và vận tốc quy đổi, , trong quá trình gây mối đối với đường ống của sóng và dòng chảy có tính chất quyết định.

4 VÍ DỤ ÁP DỤNG

Trong chương này, số liệu đầu vào cho quá trình tính toán mỗi nhịp hẫng đường ống biển, ở đây là quy trình tính toán theo DnV, sẽ được làm sáng rõ hơn thông qua ví dụ cụ thể.

1. Chương trình phân tích mỗi nhịp hẫng đường ống biển

Nhằm tự động hoá quá trình tính toán mỗi cho nhịp hẫng đường ống biển, tác giả đồ án đã xây dựng một chương trình tính toán mỗi cho nhịp hẫng ống trong pha vận hành, dựa trên nền tiêu chuẩn của Nauy [5] về nhịp hẫng đường ống biển, ***DnV-RP-F105-Free Spanning Pipeline.***

Theo đó, tuổi thọ mỗi của nhịp hẫng đường ống biển sẽ được tính toán dựa trên 2 mô hình: mô hình phản ứng và mô hình lực tác dụng và gồm 3 thành phần: tuổi thọ mỗi đối với VIV hướng dòng (mô hình phản ứng), tuổi thọ mỗi đối với tải trọng sóng trực tiếp (mô hình lực tác dụng), tuổi thọ mỗi đối với VIV vuông góc với dòng (mô hình phản ứng).

Chương trình được viết với ngôn ngữ Visual Basic for Application, ứng dụng cho phần mềm Excel của Microsoft.

Về giao diện, đây là một tệp tin Excel, bao gồm 9 bảng dữ liệu. Trong các bảng này thông tin được nhập vào các ô không tô màu và lựa chọn trong các ô lựa chọn. Dữ liệu trong các ô được tô màu là kết quả do chương trình tự động tính toán và in ra.

1. Sheet1: ĐẦU VÀO

Tất cả các dữ liệu đầu vào đều được nhập vào từ Sheet Đầu vào và nút lệnh thực thi chương trình cũng nằm ở Sheet này, xem Hình

Bảng dữ liệu đầu vào bao gồm các phần sau:

1/ Cấp an toàn và các hệ số an toàn của đường ống

Các hệ số an toàn được tự động cập nhật theo **Bảng 2.1** khi các thông tin về cấp an toàn của đường ống và khả năng cập nhật dữ liệu của nhịp được lựa

2/ Dữ liệu về đường ống và nhịp ống

Ở phần này cần lưu ý lựa chọn điều kiện vị trí của nhịp ống: ống nằm trên đáy biển bằng phẳng hay nằm trong rãnh. Với ống nằm trong rãnh, chương trình yêu nhập chiều cao quy ước đo dòng chảy (kể từ đáy biển).

3/ Khối lượng riêng của vật liệu

4/ Cường độ vật liệu

5/ Đường cong mỏi

Lựa chọn đường cong mỏi thích hợp, các hệ số tương ứng của đường cong sẽ tự động cập nhật theo **Bảng 3.5** và **Bảng 3.6**. Hệ số tập trung ứng suất *SCF* mặc định cho các đường cong *F*, *F1*, *F3* là 1,0, xem **Bảng 3.7**. Với các đường S-N khác, chương trình yêu cầu nhập vào hệ số tập trung ứng suất.

6/ Thông số về nền đất và liên kết

Chương trình được lập trình tính toán theo các công thức đơn giản của tiêu chuẩn [5]. Vì vậy dữ liệu cần thiết lập ở đây là loại đất (lựa chọn) và kiểu liên kết ống – nền đất (lựa chọn).

7/ Các thông số làm việc của ống

Vùng các thông số làm việc của ống chủ yếu lưu trữ kết quả do chương trình tính toán. Dữ liệu cần nhập vào trong vùng này là:

- lực dọc trục trong điều kiện làm việc của ống;
- áp suất bên trong và bên ngoài ống trong quá trình vận hành.

8/ Dữ liệu sóng và dòng chảy

Ngay sau khi lựa chọn loại dữ liệu sóng (dòng chảy), chương trình tự động kích hoạt bảng dữ liệu sóng (dòng chảy) tương ứng.

2. Dữ liệu sóng

Về dữ liệu sóng, chương trình cho phép lựa chọn 4 dạng dữ liệu, xem 3.4.4. Sau khi thực hiện công việc nhập số liệu vào bảng, nhấn nút XÁC NHẬN CÁC THAY ĐỔI, chương trình sẽ tự động kiểm tra tính hợp lý của dữ liệu và tính toán các đặc trưng cần thiết cho tính toán mỗi, sau đó kích hoạt lại bảng dữ liệu đầu vào.

3. Dữ liệu dòng chảy

Chương trình đưa ra 3 dạng dữ liệu có thể sử dụng, theo 3.4.4, quá trình thao tác với các bảng này giống như với các bảng dữ liệu sóng.

4. Sheet2: KẾT QUẢ

Bảng kết quả cung cấp các thông tin sau:

- 1/ Các tuổi thọ mỗi thành phần của nhịp hẫng
 - tuổi thọ mỗi theo hướng dòng (mô hình phản ứng)
 - tuổi thọ mỗi theo hướng dòng (mô hình lực tác dụng)
 - tuổi thọ mỗi theo hướng dòng (kết hợp giữa sóng trực tiếp và VIV theo hướng dòng)
 - tuổi thọ mỗi do VIV vuông góc với dòng
- 2/ Các tổn thương mỗi thành phần ứng với các hướng và các chiều cao sóng
 - tổn thương mỗi theo hướng dòng (mô hình phản ứng)
 - tổn thương mỗi theo hướng dòng (mô hình lực tác dụng)
 - tổn thương mỗi theo hướng dòng (kết hợp giữa sóng trực tiếp và VIV theo hướng dòng)

2. Ví dụ áp dụng

1. Số liệu đầu vào

Số liệu đầu vào được cho trong các bảng dưới đây.

Bảng 4.1-Các số liệu đầu vào cho ví dụ áp dụng

Tên số liệu	Đơn vị	Giá trị
Cấp an toàn		Trung bình
Khả năng tiếp cận nhịp		Được
<i>Dữ liệu ống và nhịp</i>		
Đường kính ngoài ống thép,	m	0.3239
Độ dày ống thép,	m	0.0173
Độ dày lớp bọc bê tông,	m	0.0010
Độ dày lớp bọc chống ăn mòn,	m	0.0075
Đáy biển dưới ống	Ống trong rãnh	
Chiều dài nhịp,	m	20;25;30
Độ sâu nước,	m	75
Khoảng cách giữa đáy biển và đáy ống,	m	0,3
Độ sâu rãnh, ứng với bề rộng bằng 3 lần đương kính ống,	m	0.4
Hướng ống (so với hướng Bắc),	độ	0
<i>Vật liệu</i>		
Khối lượng riêng của thép,	kg/m ³	7850
Khối lượng riêng của lớp bê tông bọc,	kg/m ³	3040
Khối lượng riêng của lớp bọc chống ăn mòn,	kg/m ³	923

Khối lượng riêng của sản phẩm,	kg/m ³	1025
Khối lượng riêng của nước biển,	kg/m ³	1025
Môđun đàn hồi của thép,	N/m ²	2.07E+11
Cường độ bê tông làm lớp bọc,	N/mm ²	45
Hệ số tỉ lệ độ cứng của bê tông so với thép,		0.33
<i>Đường cong mỏi</i>		
Tên đường cong	F-nước biển, catốt bảo vệ	
Hệ số tập trung ứng suất		1,0
<i>Đất và liên kết ống – nền</i>		
Loại đất		Cát chặt
Liên kết dạng 1	Hai đầu khớp	
Liên kết dạng 2	Hai đầu ngàm	
<i>Thông số làm việc</i>		
Lực dọc trực thực,	N	0
Áp suất trong ống khi vận hành,	MPa	16
Áp suất ngoài ống khi vận hành,	MPa	0,076
Dữ liệu dòng chảy	Phân bố Weibull	
Dữ liệu sóng	Phân bố Weibull	

Việc nhập dữ liệu vào bảng số liệu đầu vào cho chương trình tính có thể xem Phụ lục 2, Hình.

Dữ liệu dòng chảy được cho trong Phụ lục 2, Hình 2..

Dữ liệu sóng được cho trong Phụ lục 2, Hình.

2. *Kết quả tính toán*

Với dữ liệu đầu vào trong các bảng trên, chương trình cho kết quả như sau:

Bảng 4.2-Tuổi thọ mỗi (năm) với $L=15$ m		
Kiểu liên kết	Ngàm - Ngàm	Khớp – Khớp
Hướng dòng - MHPU'	2.266E+04	1.419E+06
Hướng dòng - MHLTD	3.707E+03	4.957E+02
Hướng dòng - Kết hợp	3.416E+03	4.956E+02
Vuông góc dòng - MHPU'	1.584E+06	1.584E+06

Bảng 4.3-Tuổi thọ mỗi (năm) với $L=20$ m		
Kiểu liên kết	Ngàm - Ngàm	Khớp – Khớp
Hướng dòng - MHPU'	2.746E+05	1.608E+06
Hướng dòng - MHLTD	2.941E+02	1.329E+02
Hướng dòng - Kết hợp	2.939E+02	1.329E+02
Vuông góc dòng - MHPU'	1.584E+06	1.456E+06

Bảng 4.4-Tuổi thọ mỗi (năm) với $L=25$ m		
Kiểu liên kết	Ngàm - Ngàm	Khớp – Khớp
Hướng dòng - MHPU'	1.111E+06	1.914E+06
Hướng dòng - MHLTD	1.276E+02	8.334E+01
Hướng dòng - Kết hợp	1.276E+02	8.333E+01
Vuông góc dòng - MHPU'	1.162E+06	6.022E+05

Bảng 4.5-Tuổi thọ mỏi (năm) với $L=30$ m		
Kiểu liên kết	Ngàm - Ngàm	Khớp – Khớp
Hướng dòng - MHPU'	1.527E+06	3.924E+06
Hướng dòng - MHLTD	8.773E+01	6.990E+01
Hướng dòng - Kết hợp	8.773E+01	6.990E+01
Vuông góc dòng - MHPU'	1.197E+05	3.598E+04

Bảng 4.6-Tuổi thọ mỏi (năm) với $L=35$ m		
Kiểu liên kết	Ngàm - Ngàm	Khớp – Khớp
Hướng dòng - MHPU'	1.363E+06	3.845E+06
Hướng dòng - MHLTD	7.281E+01	6.410E+01
Hướng dòng - Kết hợp	7.280E+01	6.410E+01
Vuông góc dòng - MHPU'	2.461E+05	5.544E+03

Bảng 4.7-Tuổi thọ mỏi (năm) với $L=40$ m		
Kiểu liên kết	Ngàm - Ngàm	Khớp – Khớp
Hướng dòng - MHPU'	1.650E+06	3.746E+06
Hướng dòng - MHLTD	6.789E+01	5.527E+01
Hướng dòng - Kết hợp	6.789E+01	5.527E+01
Vuông góc dòng - MHPU'	1.456E+06	1.566E+03

Kết quả phân tích mỗi được cung cấp chi tiết trong các bảng của **Phụ lục 2**.

Qua kết quả tính toán trên ta thấy có sự chênh lệch rất lớn giữa tuổi thọ mỗi của nhịp có liên kết 2 đầu khớp và liên kết 2 đầu ngàm. Do vậy, việc lựa chọn loại liên kết nào có ảnh hưởng rất lớn kết quả tính toán mỗi. Nói cách khác, cần phải có một mô hình hợp lý và chính xác hơn cho liên kết ống – nền đất.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Với sự phát triển ngày càng mạnh mẽ của hệ thống đường ống biển tại Việt Nam hiện nay, yêu cầu phân tích mỗi cho đường ống trong quá trình lắp đặt và vận hành càng được đòi hỏi chặt chẽ hơn. Vấn đề mỗi của đường ống tại nhiều nước đã được coi như là một khâu bắt buộc trong tính toán đường ống và được quy định trong các tiêu chuẩn tính toán đường ống biển, chẳng hạn tiêu chuẩn DnV [5].

Cùng ở trong xu hướng phát triển đó, tuy nhiên tại Việt Nam hiện nay chưa có nhiều sự quan tâm về vấn đề này, tiêu chuẩn quy định về tính toán mỗi cho đường ống chưa được biên soạn. Nói chung đây là một vấn đề còn bỏ ngỏ.

Đồ án này đã thực hiện những bước tiếp cận hết sức cơ bản trong quy trình phân tích mỗi cho đường ống. Đối tượng nghiên cứu trực tiếp ở đây là hiện tượng mỗi xảy ra ở nhịp hẫng của đường ống trên đáy biển (còn gọi là nhịp treo của đường ống biển). Đồ án đã có những tập hợp và phân tích nhất định về hai nội dung sau:

– Các phương pháp phân tích mỗi nhịp hẫng đường ống biển

Theo đó, có thể sử dụng 3 phương pháp để phân tích mỗi đường ống: *phương pháp tiên định, phương pháp xác suất, và phân tích mỗi theo tiêu chuẩn*. Trong đó, đồ án đã đi sâu vào phương pháp phân tích mỗi nhịp hẫng đường ống biển theo tiêu chuẩn DnV [5]. Trên thế giới, ở thời điểm hiện tại, đây là tiêu chuẩn đầy đủ và chi tiết nhất về phân tích mỗi cho nhịp hẫng của đường ống biển.

– Các số liệu đầu vào cho phân tích mỗi nhịp hẫng

Đồ án đã đưa ra cái nhìn khái quát về các dữ liệu đầu vào cho quá trình phân tích mỗi nhịp hẫng nói chung và tình hình dữ liệu đầu vào cho quá trình này ở Việt Nam.

Các dữ liệu đầu vào chung nhất cho một quá trình tính toán mỗi đường

Viện Xây dựng Công trình biển

ống gồm: vật liệu làm đường ống và các tính chất cơ học của vật liệu làm đường ống, hệ thống đường cong môi cho đường ống, số liệu về sóng và số liệu về dòng chảy.

Ở Việt Nam tính đến thời điểm này, các hệ thống đường ống biển đều được lắp đặt bằng sản phẩm đường ống của nước ngoài, do đó các số liệu về vật liệu và đường cong môi là chưa có. Đồ án đã có những tập hợp về hai loại số liệu này từ các tiêu chuẩn của Việt Nam, [4] và DnV [6], [7].

Với dữ liệu sóng và dòng chảy, đồ án đã đưa ra được các dạng dữ liệu có thể sử dụng trong quá trình phân tích môi cho đường ống biển. Các số liệu môi trường này mang tính chất địa phương, không thể lấy dữ liệu tại vùng miền này sử dụng cho vùng miền khác

Số liệu sóng và dòng chảy ở Việt Nam hiện tại chưa hoàn toàn đáp ứng được đòi hỏi của dạng dữ liệu đầu vào cho quá trình này. Đặc biệt, số liệu về dòng chảy gần như chưa được xử lý và công bố.

Tình hình về số liệu sóng có khả quan hơn, các phân bố của sóng tại các khu vực biển Việt Nam đã được tiến hành nghiên cứu thu thập và xử lý. Trong **Phụ lục 1** của đồ án này cũng cung cấp một bộ các số liệu phân bố sóng tại các vùng biển Việt Nam, có thể tham khảo làm số liệu đầu vào cho quá phân tích môi đường ống.

Các vấn đề đã nêu trên được làm sáng tỏ hơn thông qua ví dụ ở chương 4. Ví dụ được tính toán thông qua một chương trình tính được phát triển dựa trên tiêu chuẩn DnV [5]. Đây là một nỗ lực hết sức lớn của tác giả. Chương trình tuy đã cho ra kết quả nhưng chưa có được sự kiểm định cho tính chính xác. Mặt khác, chương trình phải tính toán với một lượng lớn các vòng lặp phức tạp nên tốc độ chưa đáp ứng được yêu cầu. Trong tương lai, tác giả sẽ tiếp tục phát triển và hoàn thiện chương trình này để nó có thể trở thành một công cụ mở cho quá trình phân tích môi nhịp hẫng đường ống biển, rất cần sự trợ giúp và khuyến khích từ bên ngoài.

Quá trình phân tích môi cho nhịp hẫng đường ống biển để áp dụng cho

điều kiện Việt Nam còn rất nhiều điều còn phải nghiên cứu, đánh giá và hoàn thiện. Số liệu về môi trường như đã đề cập ở trên vẫn còn là một tồn tại lớn, cần phải khắc phục dần dần.

Ngoài ra, sự tương tác giữa ống và nền đất là một vấn đề hết sức phức tạp. Tuy các công thức tính toán cho liên kết ống – nền được khuyến nghị trong DnV [5] là khá chi tiết, nhưng vẫn rất khó khăn cho tính toán thực hành. Vì vậy cần có các nghiên cứu tiếp tục giải quyết triệt để về vấn đề này, đặc biệt là bài toán động, có thể bằng các phương pháp tính kết cấu tiên tiến, như phương pháp phần tử hữu hạn.

Đồ án này là sự nỗ lực tiếp xúc với một vấn đề rất mới và phức tạp đối với chính bản thân tác giả. Do đó, nội dung đồ án không thể tránh khỏi sai sót và khiêm khuyết. Tác giả rất mong nhận được sự giúp đỡ để có thể tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện thêm nữa nhận thức và khả năng thực hành trong vấn đề này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phan Văn Khôi - *Tuổi thọ mỏi của kết cấu thép ngoài biển* – NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1997 .
- [2] GS.Phạm Khắc Hùng, PTS. Phan Ý Thuận – *Phương pháp luận tính toán mỏi kết cấu công trình biển cố định bằng thép* – Hà Nội, 1995.
- [3] Cục Đăng kiểm Việt Nam, Phòng Công trình biển – *Xác định các giá trị thiết kế của các thông số môi trường biển ở một số vùng có bề trầm tích- Tập III/III, Phương pháp xử lý số liệu và kết quả xác định các giá trị thiết kế* - Hà Nội, 2006.
- [4] TCVN 6475-7:2006 – *Quy phạm phân cấp và giám sát kỹ thuật hệ thống đường ống biển. Phần 7: chỉ tiêu thiết kế.*
- [5] Recommended Practice DNV-RP-F105 – *Free Spanning Pipelines*, March, 2002.
- [6] DnV-OS-F101- *Submarine Pipeline Systems*, 2000.
- [7] DnV-RP-C203-*Fatigue Strength Analysis of Offshore Steel Structures*-2005.
- [8] DnV-No.30.5, Classificational Notes, *Environmental Conditions and Environmental Loads*, March 2000.
- [9] Dr. R.K. Jain. Higherdesigns Ltd – *Module on Pipeline Engineering Course note-4 – Pipe Materials*
- [10] GS.TS. Nguyễn Xuân Hùng – *Động lực học công trình biển* – NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
- [11] Cục Đăng kiểm Việt Nam – *Hướng dẫn xét duyệt thiết kế hệ thống đường ống biển*, 2002.

- [12] A.H.Mousselli - *Offshore pipeline design, analysis and methods*.
- [13] Dep. of Marine Technology, The Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway – *Free Spanning Pipelines*.
- [14] Tuyển tập công trình khoa học, ĐHXD, III/2002 - Đào Triệu Kim Cương - *Nghiên cứu hiện tượng nhíp treo của công trình đường ống biển trong điều kiện thêm lục địa Việt Nam*.
- [15] Phan Văn Khôi – *Cơ sở đánh giá độ tin cậy* – NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
- [16] Đào Triệu Kim Cương - Luận án Thạc sĩ khoa học kỹ thuật – *Đánh giá độ bền và phá hủy mỏi của đường ống biển khi khai thác và thi công* – Hà Nội, 1999.
- [17] DnV Report – *FatFree User Manual*, 2002
- [18] Bùi Ngô Việt Dũng – Luận án Thạc sĩ Khoa học kỹ thuật – *Phân tích bài toán tĩnh và động của nhíp treo đường ống biển* – Hà Nội, 2003.
- [19] Gs.Ts. Lều Thọ Trình – *Cơ học kết cấu* – NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2003.

PHỤ LỤC