

Chương 3

TẢI TRỌNG VÀ TÁC ĐỘNG

Biên soạn: GS. TSKH. Trịnh Trọng Hàn

3.1. TỔNG QUÁT VỀ TẢI TRỌNG, TÁC ĐỘNG VÀ NHỮNG TỔ HỢP CỦA CHÚNG

Khi thiết kế các kết cấu xây dựng hoặc nền móng các công trình xây dựng nói chung và công trình thủy nói riêng người ta phân biệt thành tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời.

Tải trọng thường xuyên (tiêu chuẩn hoặc tính toán) là tải trọng tác động liên tục trong suốt thời kỳ xây dựng và sử dụng công trình.

Tải trọng tạm thời là tải trọng có thể không xuất hiện ở một thời điểm hoặc thời kỳ nào đó trong quá trình xây dựng và sử dụng công trình.

Đối với các công trình thủy lợi trên sông thì ngoài các tải trọng và tác động được sử dụng để tính cho các kết cấu thông thường cần phải kể đến những tải trọng và tác động dưới đây.

a) Với nhóm tải trọng thường xuyên gồm có: áp lực thủy tĩnh, áp lực thấm và áp lực kẽ rỗng của nước, phản áp lực ở các mặt cắt tính toán và các khớp thi công trong các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép ứng với trạng thái mực nước dâng thường và điều kiện làm việc bình thường của kết cấu chống thấm và kết cấu thoát nước, trọng lượng của các thiết bị công nghệ có vị trí đặt lên công trình không thay đổi trong thời gian vận hành (như các tổ máy thủy lực, các máy phát, máy biến áp v.v...).

b) Với nhóm tải trọng tạm thời nhưng có thời gian tác động tương đối dài gồm có: áp lực bổ sung của đất (ngoài phân áp lực cơ bản) xuất hiện do sự biến dạng của nền và các kết cấu hoặc do tác động nhiệt (khi thay đổi nhiệt độ), áp lực bùn cát lắng đọng.

c) Với nhóm tải trọng tạm thời ngắn hạn (thời gian tác động rất ngắn) gồm có: tải trọng của tàu thuyền (cấp bến hay va chạm), tải trọng của băng, tải trọng sóng, tải trọng khi bốc dỡ hay vận chuyển do các thiết bị nâng chuyển làm việc gây ra, tải trọng từ các vật trôi nổi; áp lực nước va trong giai đoạn vận hành bình thường, tải trọng do mạch động trong các đường dẫn không áp và có áp.

d) Với nhóm tải trọng đặc biệt gồm có: áp lực thủy tĩnh và lực trong các mặt cắt tính toán và các khớp nối ở các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép khi xuất hiện mực nước gia cường hoặc do tác động nhiệt ẩm, tải trọng bổ sung của áp lực thấm xuất hiện do hậu quả các kết cấu chống thấm hay kết cấu thoát nước bị hư hỏng, tải trọng do nước va khi xả hoàn toàn, áp lực băng khi băng tan vỡ hoặc tháo nước vào mùa đông ở vùng khí hậu băng giá.

Tổ hợp tải trọng: Trong tính toán các công trình thủy được phân biệt thành tổ hợp tải trọng cơ bản và tổ hợp tải trọng đặc biệt. Đặc trưng cho các tổ hợp tải trọng là các hệ số an toàn tối thiểu có giá trị phụ thuộc vào cấp của công trình.

Tổ hợp tải trọng cơ bản: Bao gồm các tải trọng thường xuyên và các tải trọng tác động không thường xuyên (gồm tải trọng có thời gian tác động khá dài - Tải trọng tạm thời dài hạn và tải trọng có thời gian tác động tức thời - Tải trọng tạm thời ngắn hạn).

Tổ hợp tải trọng đặc biệt: Gồm nhóm tải trọng thường xuyên, nhóm tải trọng tạm thời dài hạn, một số tải trọng tạm thời ngắn hạn có thể xảy ra và một trong số các tải trọng đặc biệt (chi tiết xem TCXDVN 285-2002 và TCVN 2737-1995).

Khi tính toán cần lấy các tải trọng và tác động có tính bất lợi nhưng có khả năng xảy ra và xét riêng đối với trường hợp thi công và thời kỳ vận hành công trình.

Tính toán theo trạng thái giới hạn thứ nhất được thực hiện với tải trọng tính toán. Tải trọng tính toán bằng tải trọng tiêu chuẩn nhân với hệ số lệch tải n (bảng 3-1). Tải trọng tiêu chuẩn được nêu trong tiêu chuẩn khảo sát thiết kế quy định riêng biệt cho mỗi loại công trình, kết cấu và nền của chúng.

Bảng 3-1. Hệ số lệch tải (n)

Tên các tải trọng và tác động	Hệ số lệch tải (n)
- Trọng lượng bản thân công trình (không kể trọng lượng đất, lớp áo đường hầm)	1,05 (0,95)
- Trọng lượng bản thân của lớp áo đường hầm	1,20 (0,80)
- Áp lực thẳng do trọng lượng đất gây ra	1,10 (0,90)
- Áp lực bên của đất	1,20 (0,80)
- Áp lực bùn cát	1,20
- Áp lực đá:	
+ Trọng lượng của đá khi tạo vòm	1,50
+ Áp lực ngang của đá	1,20 (0,80)
- Trọng lượng toàn bộ lớp đất, đá trên đường hầm hoặc trọng lượng vùng bị phá huỷ v.v... (áp lực thẳng đứng do trọng lượng đất gây ra)	1,10 (0,90)
- Áp lực nước trực tiếp lên bề mặt công trình và nền, áp lực nước đẩy ngược cũng như áp lực nước thấm, áp lực kê rộng	1,00
- Áp lực tĩnh của nước ngấm lên lớp áo đường hầm	1,10 (0,9)
- Áp lực nước bên trong đường hầm (kể cả nước va)	1,00
- Áp lực mạch động của nước	1,20
- Áp lực của vữa khi phụ xi măng	1,20 (1,00)

Tên các tải trọng và tác động	Hệ số lệch tải (n)
- Tải trọng thẳng đứng và nằm ngang của máy nâng, bốc dỡ, vận chuyển cũng như tải trọng của các thiết bị công nghệ cố định	1,20
- Tải trọng xếp kho trong phạm vi bến xếp dỡ, hoạt động của cầu lăn	1,30
- Tải trọng do gió	1,30
- Tải trọng do tàu thuyền	1,20
- Tác động của nhiệt độ và độ ẩm	1,10
- Tác động của động đất	1,10
- Tải trọng bốc hàng khối	1,30 (1,00)

Chú thích:

- Hệ số lệch tải do tàu chạy trên đường sắt, xe chạy trên đường ô tô, phải lấy theo tiêu chuẩn thiết kế cầu;
- Cho phép lấy hệ số lệch tải bằng 1,00 đối với trọng lượng của bản thân công trình, áp lực thẳng đứng do trọng lượng của khối đất đắp, nếu trọng lượng của khối đó được xác định từ các giá trị tính toán đặc trưng của đất (trọng lượng riêng và đặc trưng độ bền), còn bê tông được xác định từ đặc trưng vật liệu (trọng lượng riêng của bê tông và các đặc trưng khác) phù hợp với các tiêu chuẩn thí nghiệm và tiêu chuẩn thiết kế nên hiện hành;
- Chỉ sử dụng các hệ số vượt tải ghi trong ngoặc đơn khi kết quả tính toán thể hiện công trình ở trong tình trạng bất lợi hơn.

Tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai cho công trình, kết cấu và nền được thực hiện với hệ số lệch tải (n), hệ số sai lệch về vật liệu n_v và đất n_d đều lấy bằng 1,00 trừ các trường hợp được quy định cụ thể trong tiêu chuẩn khảo sát thiết kế chuyên ngành.

Khi thiết kế công trình thủy phải tính toán theo tổ hợp tải trọng cơ bản và kiểm tra theo tổ hợp tải trọng đặc biệt.

3.2. TRỌNG LƯỢNG BẢN THÂN CỦA CÔNG TRÌNH

Trọng lượng công trình cũng như các phương tiện và thiết bị đặt trong đó được xác định theo kích thước lấy từ bản vẽ thiết kế và dung trọng của vật liệu xây dựng. Trong một số trường hợp để tính toán sơ bộ có thể sử dụng các công thức thực nghiệm, ví dụ khi xác định trọng lượng của van.

Dung trọng của bê tông và các kết cấu đá xây trong công trình được giữ ổn định bằng trọng lượng bản thân của chúng được xác định bằng thí nghiệm với độ chính xác tới $0,005 \text{ T/m}^3$.

Ở những giai đoạn thiết kế khác nhau, dung trọng bê tông có thể sơ bộ lấy $2,4 \text{ T/m}^3$, của bê tông cốt thép lấy $2,5 \text{ T/m}^3$.

3.3. ÁP LỰC THỦY TĨNH VÀ THỦY ĐỘNG

Áp lực thủy tĩnh của nước được xác định theo các công thức thủy lực. Mật độ của nước được lấy bằng 1 T/m^3 . Khi có bùn cát lơ lửng trong nước thì mật độ nước được lấy bằng $1 \div 1,1 \text{ T/m}^3$ và lớn hơn tùy thuộc vào hàm lượng bùn cát.

Áp lực thủy động tác dụng lên công trình phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của nước, điều kiện chảy bao, diện tích bề mặt chắn nước của vật và góc tạo bởi phương chuyển động của các tia dòng với mặt phẳng chịu tác động và của các tia dòng. Ví dụ áp lực thủy động tác dụng lên trụ pin hay mố tiêu năng được xác định theo công thức:

$$W_d = C_d \Omega \rho \frac{v^2}{2}$$

trong đó:

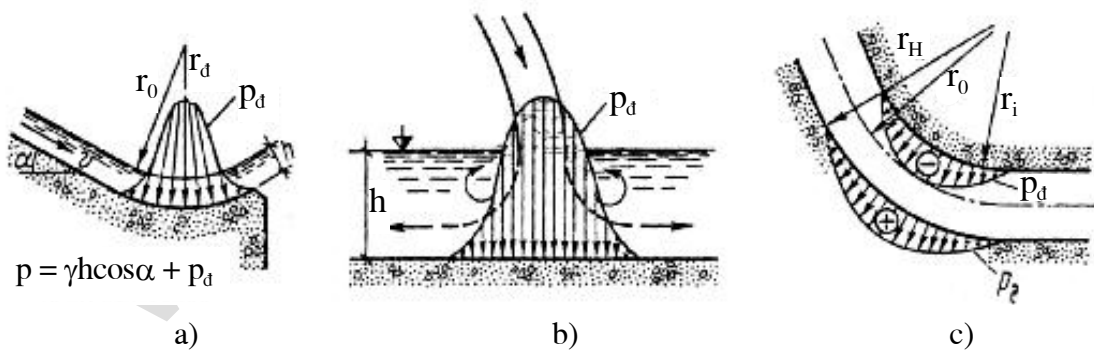
C_d - hệ số cản, phụ thuộc hình dạng chảy bao của vật;

Ω - diện tích hình chiếu của vật lên mặt phẳng vuông góc với phương dòng chảy;

ρ - mật độ của nước (hay chất lỏng chuyển động);

v - vận tốc trung bình của dòng chảy.

Áp lực thủy động lên bản chắn của cửa van mở một phần, lên phần đuôi của công trình xả sâu (hình 3-1a), lên sân tiêu năng (hình 3-1b) hoặc đoạn thành ống có áp (hình 3-1c) được xác định theo biểu đồ áp lực lên các bộ phận kết cấu tương ứng như trên hình 3-1 a, b, c.



Hình 3-1. Biểu đồ thành phần áp lực thủy động lên các kết cấu của công trình thủy lợi

P - áp lực tổng cộng; p_d - áp lực thủy động;

h - chiều sâu dòng chảy.

Áp lực thủy động gây ra bởi hiện tượng mạch động của vận tốc dòng chảy được xác định bằng thực nghiệm hoặc được đánh giá theo các công thức thực nghiệm.

3.4. LỰC TÁC DỤNG CỦA DÒNG THẤM LÊN ĐẬP BÊ TÔNG VÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP

Khi thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép việc tính toán thấm được thực hiện để xác định phản áp lực thấm của nước lên đáy công trình, xác định gradient trung bình và cục bộ của dòng thấm, vị trí mặt bão hoà ở vùng tiếp giáp với bờ, tổn thất nước thấm từ hồ chứa và các tham số làm việc của các kết cấu chống thấm và vật thoát nước thấm.

Việc tính toán dòng thấm ổn định dưới công trình được thực hiện theo mực nước cho trước ở thượng và hạ lưu công trình, trong đó chấp nhận chuyển động thấm theo qui luật tuyến tính.

Tính toán thấm không ổn định được tiến hành trong trường hợp nếu dòng thấm là không áp với sự biến đổi nhanh về mực nước ở thượng hạ lưu công trình.

Để xác định các tham số đặc trưng của dòng thấm khi tính toán các đập cấp I - III cần sử dụng phương pháp tương tự điện thủy động lực (EGDA) và các phương pháp mô hình tương tự và mô hình số, trong đó đối với vùng lòng sông của đập cần xét bài toán hai chiều đứng, còn với vùng tiếp giáp bờ - xét bài toán không gian hoặc bài toán hai chiều trên bình diện và hai chiều mặt đứng theo các đường dòng.

Đối với đập cấp IV và khi tính sơ bộ cho đập cấp I - III trên nền đồng chất có thể sử dụng các phương pháp giải tích gần đúng.

Nếu nền là đồng chất nhưng dị hướng, khi giá trị tới hạn của hệ số thấm có thể xảy ra cả theo phương đứng và phương ngang, thì qui ước xem xét bài toán theo sơ đồ biến đổi của công trình đặt trên nền đồng chất đẳng hướng bằng cách nhân các kích thước thực tế theo phương ngang của đường viền thấm với hệ số qui đổi a:

$$a = \sqrt{K_d/K_n} \quad (3.1)$$

trong đó: K_d và K_n tương ứng là hệ số thấm theo phương đứng và phương ngang.

Sử dụng các phương pháp tính toán nêu ở trên đối với trường hợp nền đồng chất đẳng hướng, tiến hành xác định cột nước ở các điểm khác nhau trong nền theo sơ đồ biến đổi. Các giá trị cột nước tính được sau khi chia cho hệ số biến đổi a sẽ là các đại lượng tương ứng cho sơ đồ làm việc thực tế của công trình. Theo các giá trị này có thể xác định phản áp lực cũng như các yếu tố cần thiết của dòng thấm.

Trong trường hợp nền gồm hai lớp với hệ số thấm $K_2 < 0,01 K_1$, thì lớp nền nằm dưới có hệ số thấm K_2 được xem là tầng lót không thấm.

Đối với nền không đồng chất gồm nhiều lớp mỏng xen kẽ nhau có hệ số thấm tương ứng rất nhỏ và rất lớn, thì cấu tạo nền thực tế được thay thế bằng nền đồng chất dị hướng với hệ số thấm theo phương đứng và phương ngang xác định theo các công thức sau:

$$K_d = \frac{(t_1 + t_2) K_1 \cdot K_2}{t_1 K_2 + t_2 K_1} \quad (3.2)$$

$$K_n = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2}{t_1 + t_2} \quad (3.3)$$

trong đó:

t_1 và t_2 - độ dày tương ứng của lớp đất có hệ số thấm nhỏ và hệ số thấm lớn;
 K_1 và K_2 - hệ số thấm tương ứng của lớp đất có độ thấm nhỏ và lớn.

Sau khi biến đổi, việc tính toán thấm được thực hiện như đối với nền đồng chất dị hướng.

Trường hợp nền có cấu tạo địa chất phức tạp ở phạm vi gọi là vùng thấm hoạt động không thể qui đổi về sơ đồ đơn giản như nêu ở trên thì tính toán thấm theo phương pháp tương tự EGĐA.

Tác động lực của dòng thấm trong thân đập và nền được xét đến tùy thuộc vào cấp của đập và vật liệu đập như sau:

a) Đối với đập bê tông và bê tông cốt thép thuộc cấp III và IV, còn khi tính toán sơ bộ - được áp dụng cho mọi cấp của đập - dưới dạng các lực bề mặt theo vùng tiếp xúc của đập với nền (xem hình 3-1);

b) Đối với đập bê tông cốt thép cấp I và II và đập bê tông cấp II - dưới dạng các lực bề mặt theo vùng tiếp xúc đập với nền và gia tải lên nền ở phía thượng và hạ lưu hoặc dưới dạng các lực thể tích tác động trong nền công trình (xem hình 3-1);

c) Đối với đập bê tông cấp I trên nền đá - dưới dạng các lực bề mặt tác dụng lên nền ở thượng và hạ lưu đập (gia tải) và lên mặt chịu áp của đập hoặc dưới dạng các lực thấm thể tích tác dụng trong thân đập tính đến đường thoát nước thấm và trong nền đập.

Lực bề mặt theo vùng tiếp xúc đáy đập với nền (áp lực ngược toàn phần của nước lên đáy công trình) P_{tp} được xác định theo công thức:

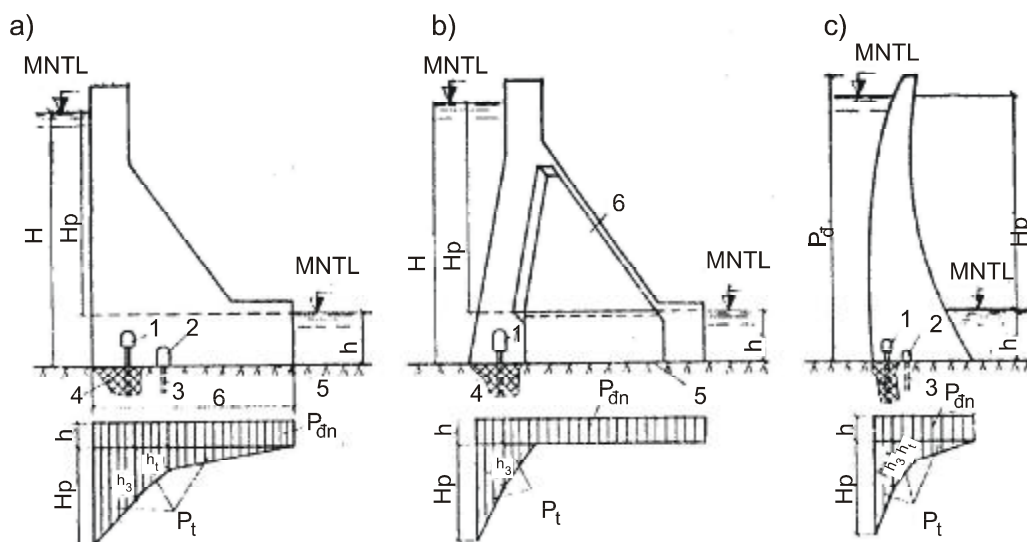
$$P_{tp} = (P_t + P_{dn})\alpha \quad (3.4)$$

trong đó:

P_t - áp lực thấm ở các vùng khác nhau của đường viền thấm;

P_{dn} - áp lực đẩy nổi có kể đến độ dốc và độ cắm sâu của đế và chân răng đập vào trong nền;

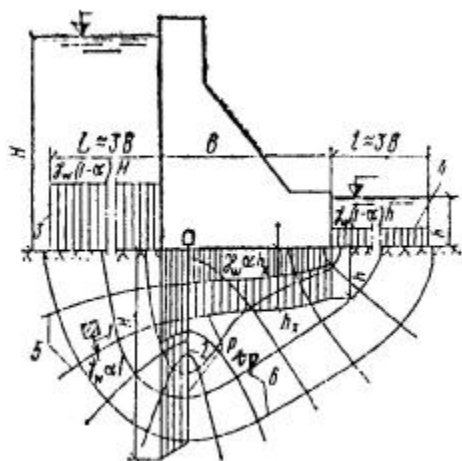
α - hệ số diện tích tác dụng hiệu quả của áp lực ngược.



Hình 3-2. Biểu đồ áp lực nước ở vùng đập tiếp xúc với nền đá khi có màn chống thấm và thiết bị thoát nước thấm

- a) Đập bê tông trọng lực; b) Đập bản tựa trọng lực; c) Đập vòm.
 1- hành lang khoan phun xi măng; 2- hành lang thoát nước thấm;
 3- giếng thoát nước thẳng đứng; 4- màn chống thấm bằng vữa xi măng;
 5- mặt tiếp xúc bê tông với nền đá; 6- khoảng hở trong thân đập;
 P_{dn} - áp lực đẩy nổi; P_t - áp lực thấm; H- cột nước ở phía thượng lưu;
 h - cột nước ở phía hạ lưu; H_p - cột nước tính toán;
 h_3 - cột nước còn dư của dòng thấm theo trục màn phun xi măng;
 h_1 - cột nước dư của dòng thấm theo trục giếng thoát nước;
 B - bề rộng đáy đập; H_d - chiều cao đập.

Hình 3-3. Sơ đồ tác dụng của lực dòng thấm trong nền đập



- 1- lực thấm đơn vị; 2- màn xi măng;
 3- gia tải lên nền từ phía thượng lưu;
 4- gia tải lên nền từ phía hạ lưu;
 5- đường đẳng áp; 6 - đường dòng;
 P_p - áp lực toàn phần theo vùng tiếp xúc giữa bê tông - đá;
 L và l - chiều dài tính toán của tác động áp lực nước từ phía thượng và hạ lưu;
 h_x - tung độ cột nước đo áp theo vùng bê tông tiếp xúc với đá ($H > h_x > h$);
 γ_w - tỷ trọng nước;
 α - hệ số diện tích hiệu quả của áp lực ngược;
 I - gradien.

Đối với đập cấp III; IV và khi tính sơ bộ cho đập mọi cấp trên nền đá, giá trị P_{tp} có thể xác định theo hình 3-2, trong đó đại lượng P_{dn} được xác định theo biểu đồ hình chữ nhật tương ứng với độ sâu nước ở hạ lưu, còn áp lực thấm P_t dọc theo trục màn xi măng h_3 và dọc trục giếng thoát nước h_t được xác định theo số liệu trong bảng 3-2.

Bảng 3-2. Giá trị của các tung độ tương đối h_3/H_p và h_t/H_p của biểu đồ áp lực thấm

Loại đập	Tổ hợp tải trọng lên đập			
	Cơ bản		Đặc biệt*	
	h_3/H_p	h_t/H_p	h_3/H_p	h_t/H_p
Đập bê tông trọng lực; có màn chống thấm ở mặt chịu áp; có néo vào nền - với cấp đập				
I	0,4	0,2	0,6	0,35
II	0,4	0,15	0,5	0,25
III, IV	0,3	0	0,4	0,15
Đập bê tông trọng lực có khớp rộng; có khoảng trống dọc ở nền; đập bản tựa cấp I - IV	0,4	0	0,5	0
Đập vòm; vòm trọng lực cấp I - IV	0,4	0,2	0,6	0,35

* **Ghi chú:** Chỉ trong trường hợp kết cấu chống thấm và kết cấu thoát nước làm việc không bình thường ứng với mực nước dâng bình thường ở thượng lưu.

Hệ số α được xác định bằng nghiên cứu và tính toán có xét đến các yếu tố sau: độ thấm nước của bê tông và đất nền, tốc độ tích nước ở hồ chứa, trạng thái ứng suất của bê tông và đất nền, sự hiện diện của thiết bị chống thấm ở mặt chịu áp, ở các khớp nối của đập và ở lòng hồ. Khi tính đại lượng P_{tp} ở vùng tiếp xúc đập với nền bằng đất cát và đất hạt lớn kể cả nền bằng đất sét và nền đá nếu có luận cứ xác đáng thì lấy hệ số $\alpha = 1$.

3.5. TÁC DỤNG CỦA SÓNG (DO GIÓ)

3.5.1. Các thông số tính toán của sóng ở vùng mặt nước thoáng

Những thông số này được xác định có kể đến tốc độ, hướng và thời gian kéo dài của tác động gió trên bề mặt nước, kích thước, hình dạng và chiều sâu nước của hồ chứa, trong đó cần xét sự dao động mực nước do gió gây ra và sự thay đổi mực nước do quá trình tích nước hoặc xả nước của hồ chứa. Khi xác định các yếu tố của sóng do gió ở hồ chứa người ta chia thành những vùng sau:

Vùng nước sâu ($H > 0,5 \bar{\lambda}_s$), trong đó đáy hồ không ảnh hưởng đến các đặc trưng sóng;

Vùng nước nông ($0,5 \bar{\lambda}_s > H > H_K$), trong đó đáy hồ có ảnh hưởng đến sự phát triển sóng và các đặc trưng của nó;

Vùng sóng đổ ($H_K > H > H_{K,II}$), nơi bắt đầu và kết thúc quá trình sóng đổ;

Vùng sóng tiếp bờ ($H < H_{K,II}$), nơi dòng chảy do sóng vỡ trườn lên mái bờ theo từng chu kỳ.

Ở đây: H - chiều sâu ở vùng xem xét ứng với mực nước tính toán; $\bar{\lambda}_s$ - chiều dài trung bình của sóng ở vùng nước sâu tính bằng mét (m); H_K - chiều sâu nước phân giới ứng với sự bắt đầu quá trình sóng đổ, m; $H_{K,II}$ - chiều sâu phân giới ứng với sự kết thúc sóng đổ, m.

Mực nước tính toán và đặc trưng của gió được xác định theo kết quả xử lý thống kê nhiều năm (không ít hơn 25 năm) các tài liệu quan trắc về gió.

Tần suất tính toán chiều cao sóng được lấy theo bảng 3-3.

Bảng 3-3. Tần suất tính toán chiều cao sóng dùng để tính cường độ và độ ổn định các công trình thủy và kết cấu của chúng

Công trình thủy	Tần suất tính toán %
Mặt cắt đứng	1
Các vật cản có dạng chày bao và thông thoáng thuộc cấp:	
I	1
II	5
III và IV	13
Các kết cấu gia cố bờ thuộc cấp:	
II	1
III và IV	5
Mái dốc có gia cố:	
- Bằng tấm bê tông	1
- Bằng đá đổ	2

Chú thích:

1. Khi xác định tải trọng tác dụng lên công trình thì sử dụng chiều cao sóng với tần suất đã cho h_i và chiều dài sóng ứng với tác dụng lớn nhất của sóng trong phạm vi $0,8 \bar{\lambda} \div 1,4 \bar{\lambda}$.
2. Khi chọn cao độ công trình thông thoáng xây dựng ở vùng mặt nước hở cho phép lấy tần suất tính toán của chiều cao sóng là 0,1% nếu có luận cứ xác đáng.

Khi xác định chiều cao sóng leo lên công trình thủy thì lấy tần suất sóng bằng 1%.

Các yếu tố sóng và sóng leo được tính toán với tần suất gió bão 2% hoặc nếu có luận cứ thì lấy tần suất 1% đối với công trình cấp I và II và lấy tần suất 4% đối với công trình cấp III và IV;

Khi chọn cao độ đỉnh và giới hạn gia cố phía dưới của mái dốc công trình thì lấy tần suất vận tốc gió lớn nhất tùy thuộc vào tần suất đã cho của mực nước tính toán.

Vận tốc gió tính toán W được xác định ở độ cao 10m trên bề mặt nước. Tài liệu về vận tốc gió đo ở độ cao Z so với mặt nước được tính đổi theo công thức:

$$W = W_Z k_Z \quad (3.5)$$

Trong đó: k_Z - hệ số qui đổi, lấy bằng 1,1 khi $Z = 5$ m; bằng 1,0 khi $Z = 10$ m và bằng 0,9 khi $Z \geq 20$ m.

Tài liệu về vận tốc gió được đo bằng phong kế cần được hiệu chỉnh bằng cách nhân với hệ số k_p có giá trị là 1,0 khi $W = 10$ m/s; $k_p = 0,9$ khi $W = 15$ m/s; $k_p = 0,8$ khi $W \geq 25$ m/s.

Tần suất vận tốc gió F cần xác định theo công thức:

$$F = \frac{4,17t}{N n_t P_w} \quad (3.6)$$

Trong đó:

t - thời gian kéo dài liên tục của tác động gió, giờ; đối với hồ chứa nhân tạo và hồ tự nhiên sơ bộ lấy $t = 6h$;

N - số ngày quan trắc trong năm;

n_t - số năm quan trắc quy định;

P_w - độ lặp lại của hướng gió nguy hiểm trong tổng số các hướng gió được quan sát thấy.

Vận tốc gió tính toán khi đà gió nhỏ hơn 100 km có thể xác định theo số liệu quan trắc thực tế về giá trị vận tốc gió lớn nhất hàng năm không xét đến thời gian gió thổi kéo dài liên tục.

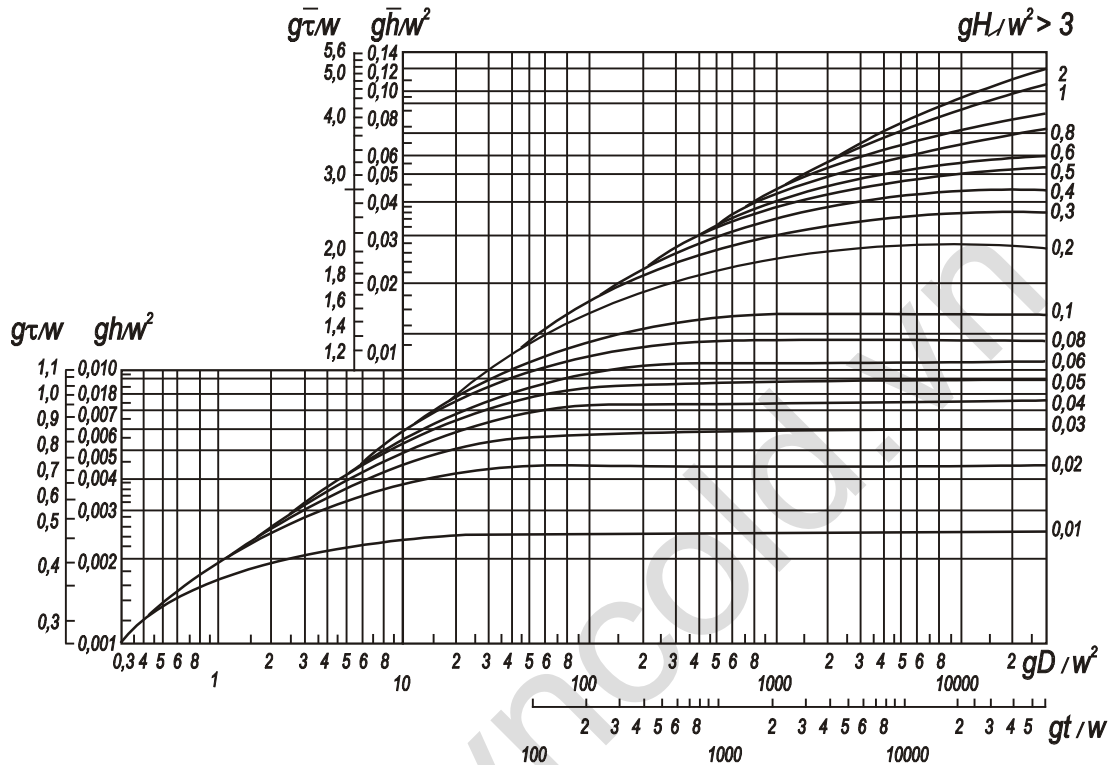
Các thông số sóng ở vùng nước sâu ($H > 0,5 \bar{\lambda}_s$): Chiều cao sóng trung bình \bar{h}_s (m) và chu kỳ sóng trung bình $\bar{\tau}$ (giây) được xác định bằng đồ thị hình 3-4 theo trình tự sau: theo giá trị đại lượng không thứ nguyên gt/w và gD/w^2 (g - gia tốc rơi tự do, m/s^2 ; D - chiều dài đà gió, km) và theo đường bao trên của đường cong tìm giá trị $g \bar{h}_s / w^2$ và từ trị số nhỏ nhất tìm được, tính chiều cao sóng trung bình \bar{h}_s . Tương tự như vậy tìm chu kỳ của sóng.

Chiều dài trung bình của sóng $\bar{\lambda}_s$ (m) được xác định theo công thức:

$$\bar{\lambda}_s = \frac{g \bar{\tau}^2}{2\pi} \quad (3.7)$$

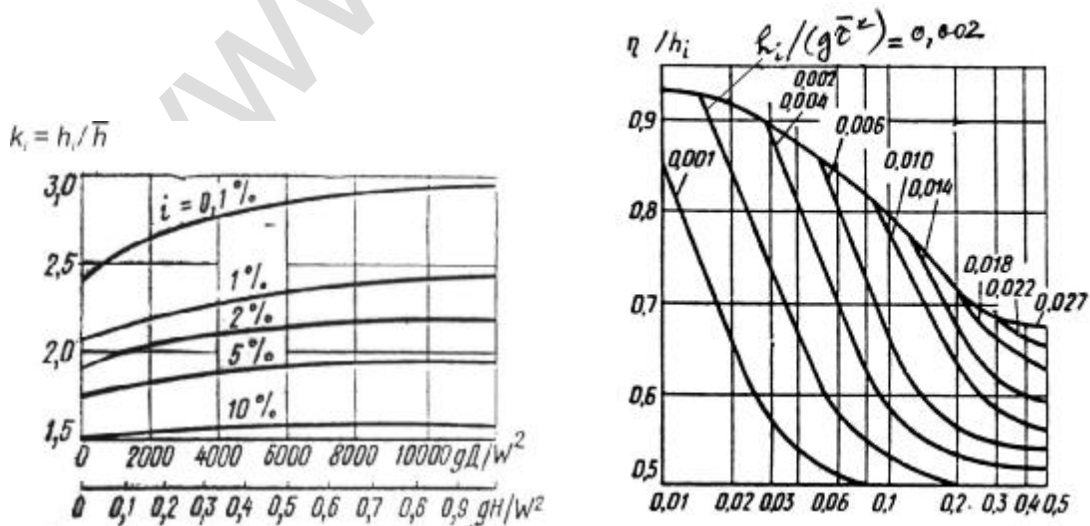
Tính được $\bar{\lambda}_s$ cần kiểm tra điều kiện $H > 0,5 \bar{\lambda}_s$ có thoả mãn không, nghĩa là trường hợp tính toán có phải ở vùng nước sâu hay không.

Việc tính đổi từ chiều cao sóng trung bình sang chiều cao sóng tần suất $i\%$ được thực hiện bằng cách nhân $\bar{\lambda}_s$ với hệ số k_i xác định từ đồ thị hình 3-5a, phụ thuộc vào đại lượng không thứ nguyên gD/w^2 .



Hình 3-4. Đồ thị xác định các yếu tố sóng gió ở vùng nước sâu và vùng nước nông

Độ vượt cao của đỉnh sóng trên mực nước tính toán $\eta_s(m)$ được xác định theo đồ thị hình 3-5b khi $H/\bar{\lambda} = 0,5$ tùy thuộc vào đại lượng $h_i/(g\tau^2)$.



Hình 3-5a. Đồ thị xác định hệ số k_i

Hình 3-5b. Đồ thị xác định η/h_i

Trong trường hợp bờ hồ có hình dạng phức tạp thì các đại lượng \bar{h}_s , $\bar{\tau}$, $\bar{\lambda}_s$ cần được tính theo chỉ dẫn riêng của quy phạm thiết kế.

Yếu tố sóng ở vùng nước nông ($0,5\bar{\lambda}_s > H > H_k$): Chúng được xác định theo các giá trị trung bình đã biết là \bar{h}_s , $\bar{\tau}$ và $\bar{\lambda}_s$ đối với vùng nước sâu. Tùy thuộc vào độ dốc của đáy hồ người ta phân biệt hai trường hợp: 1- độ dốc đáy không nhỏ hơn 0,002; 2- độ dốc đáy không lớn hơn 0,001.

Chiều cao sóng tần suất $i\%$ khi độ dốc đáy không nhỏ hơn 0,002 được xác định theo công thức:

$$h_i = k_b k_k k_t k_i \bar{h}_s \quad (3.8)$$

Trong đó:

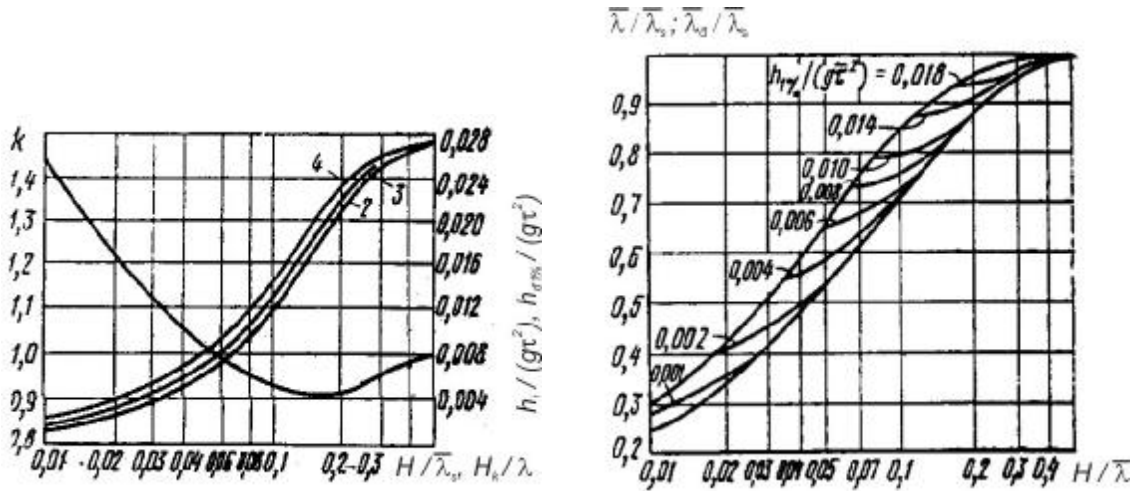
- k_b - hệ số biến đổi, lấy theo đường cong 1 trên đồ thị hình 3-6 tùy thuộc vào đại lượng $H/\bar{\lambda}_s$;
- k_k - hệ số khúc xạ của sóng, lấy theo quy phạm (ví dụ: CHuΠ II - 57 - 82);
- k_t - hệ số tổn thất phụ thuộc độ dốc đáy và chiều sâu tương đối $H/\bar{\lambda}$ (bảng 3-4); với độ dốc 0,03 và lớn hơn $k_t = 1$;
- k_i - hệ số suất đảm bảo của chiều cao sóng.

Bảng 3-4. Giá trị của hệ số tổn thất tổng quát k_t

Độ sâu tương đối $H/\bar{\lambda}$	Giá trị k_t ứng với độ dốc đáy hồ	
	0,025	0,02 - 0,002
0,01	0,82	0,66
0,02	0,85	0,72
0,03	0,87	0,76
0,04	0,89	0,78
0,06	0,90	0,81
0,08	0,92	0,84
0,10	0,93	0,86
0,20	0,96	0,92
0,30	0,98	0,95
0,40	0,99	0,98
0,50	1,00	1,00

Chiều dài sóng di chuyển từ vùng nước sâu sang vùng nước nông được xác định theo đồ thị hình 3-7 khi $\tau_n = \tau_s$ và theo đại lượng không thứ nguyên $H/\bar{\lambda}_s$ và $h_{1\%}/(g\tau^2)$.

Độ vượt cao η_s của đỉnh sóng trên mực nước tính toán được xác định theo đồ thị hình 3-5a ứng với đại lượng $H/\bar{\lambda}_s$ và $h_1/(g\bar{\tau}^2)$ đã biết.



Hình 3-6. Đồ thị xác định k_b (1), đại lượng $H/\bar{\lambda}_s$ và $H_k/\bar{\lambda}_s$ với độ dốc không lớn hơn 0,02 (2), bằng 0,05 (3) và bằng 0,20 (4)

Hình 3-7. Đồ thị xác định $\bar{\lambda}/\bar{\lambda}_s$ ở vùng nước nông và vùng tiếp bờ

Các yếu tố sóng di chuyển từ vùng nước nông có độ dốc đáy 0,001 và nhỏ hơn sang vùng có độ dốc 0,002 và lớn hơn được xác định tương tự như trường hợp độ dốc đáy không nhỏ hơn 0,002 ứng với chiều cao sóng trung bình đã biết $\bar{h} = \bar{h}_s$.

Trong vùng nước nông có độ dốc đáy không lớn hơn 0,001 thì chiều cao trung bình và chu kỳ trung bình của sóng được xác định theo đồ thị hình 3-3. Các đại lượng \bar{h} và $\bar{\tau}$ được tính theo các giá trị $g\bar{h}/w^2$ và $g\bar{\tau}/w$, trong đó các đại lượng này tìm theo đồ thị phụ thuộc vào đại lượng gD/w^2 và gH/w^2 .

Chiều dài trung bình của sóng $\bar{\lambda}$ được xác định như đối với vùng nước sâu theo công thức (3.7).

Chiều cao sóng tần suất $i\%$ là h_i được xác định bằng cách nhân giá trị \bar{h} với trị số nhỏ nhất của hệ số k_i lấy theo đồ thị trên hình 3-4 tùy thuộc vào đại lượng gH/w^2 và gD/w^2 .

Độ vượt cao η_s của đỉnh sóng trên mực nước tính toán được xác định theo đồ thị hình 3-5 ứng với độ cao sóng h_i đã biết.

Yếu tố sóng ở vùng sóng đổ: Chiều cao sóng ở vùng sóng đổ được xác định dựa theo các đường cong 2 - 4 trên đồ thị hình 3-6 ứng với độ dốc đáy đã biết: theo đại lượng không thứ nguyên $H/\bar{\lambda}_s$ tìm giá trị $h_{d1\%}/(g\bar{\tau}^2)$ và tính $h_{d1\%}$.

Chiều dài sóng ở vùng sóng đổ $\bar{\lambda}_d$ có thể xác định theo đường bao trên của đồ thị hình 3-7, còn độ vượt cao η của đỉnh sóng trên mực nước tính toán có thể tìm theo đường bao trên của đồ thị hình 3-5.

Chiều sâu phân giới H_k ứng với con sóng đổ đầu tiên không kể tới hiện tượng khúc xạ có thể được xác định theo các đường cong 2 - 4 của đồ thị hình 3-6 ứng với độ dốc đáy đã biết: theo đại lượng $h_i/(g\tau^2)$ tìm giá trị $H_k/\bar{\lambda}_s$ và tính H_k .

Giá trị H_k có kể đến khúc xạ của sóng được xác định bằng phương pháp gần đúng dẫn như sau. Tự cho một số giá trị H , tính các đại lượng $h_i/(g\tau^2)$ như đối với vùng nước nông khi độ dốc đáy không nhỏ hơn 0,002 và sử dụng các đường cong 2 - 4 của đồ thị hình 3-6 tìm các giá trị tương ứng $H_k/(\bar{\lambda}_s)$.

Độ sâu phân giới sẽ là đại lượng có trị số bằng một trong các giá trị h tìm được.

Để tính các thông số sóng gió trên vùng hồ chứa nước nội địa, trong thực tế thiết kế người ta sử dụng khá phổ biến phương pháp N.A. Lápđốpki. Theo tác giả, chiều cao sóng tần suất 2% và chiều dài sóng tần suất 50% được tính theo các công thức:

$$h = \beta h_0; \quad (3.9)$$

$$\lambda = \alpha h_0; \quad (3.10)$$

Trong đó:

h_0 và λ_0 - chiều cao và chiều dài tương ứng của sóng ứng với giả thiết độ sâu nước là vô hạn;

β và α - các hệ số kể đến độ nông của lớp nước (hình 3-8).

Các công thức để tính h_0 và λ_0 có dạng sau:

$$h_0 = 0,073kw_{10}\sqrt{D\varepsilon}; \quad (3.11)$$

$$\lambda_0 = 0,073w_{10}\sqrt{D/\varepsilon}; \quad (3.12)$$

Trong đó:

k - hệ số kể đến cường độ phát triển sóng dọc theo đường đả sóng;

D - chiều dài đả sóng, km;

ε - độ dốc của con sóng,

$$\varepsilon = \frac{1}{9 + 19e^{-14/W_{10}}} \quad (3.13)$$

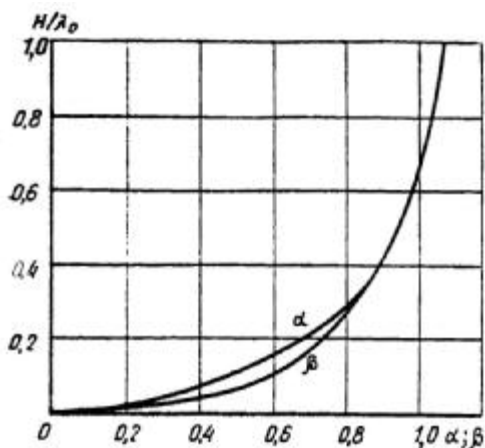
Giá trị của hệ số k được xác định theo công thức:

$$k = 1 + e^{-0,4D/W_{10}} \quad (3.14)$$

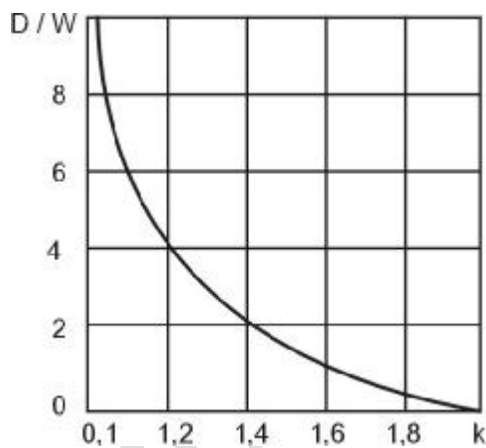
Giá trị tối hạn của đà gió D không được lớn hơn:

$$D_k = 30 W_{10}^2 \varepsilon \tag{3,15}$$

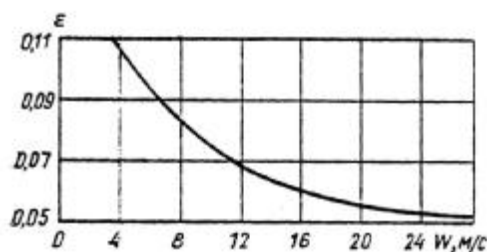
Giá trị của ε và k có thể xác định theo đồ thị hình 3-9 và 3-10 tùy theo W và D .



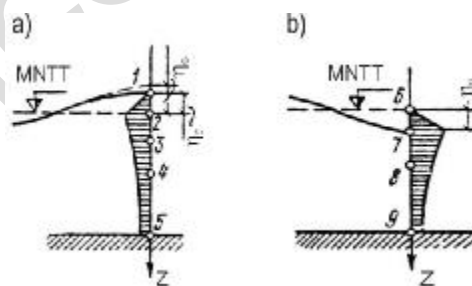
Hình 3-8. Đồ thị xác định các hệ số α và β theo H/λ_0



Hình 3-10. Đồ thị xác định hệ số k



Hình 3-9. Đồ thị xác định độ dốc của sóng lớn nhất ε theo tốc độ gió w



Hình 3-11. Đồ thị áp lực sóng đứng lên công trình có mặt thẳng đứng
a- khi đỉnh sóng tiếp mặt công trình;
b- khi bụng sóng tiếp mặt công trình.

Để tham khảo, dưới đây giới thiệu một số công thức tính toán các thông số sóng được áp dụng ở Trung Quốc và các nước phương tây.

Công thức Andelieyangnoufu

$$2h = 0,028 V^{5/4} D^{1/3}; \tag{3.16}$$

$$2L = 0,0304 V \sqrt{D}; \tag{3.17}$$

Trong đó:

$2h$ - chiều cao sóng, m;

$2L$ - chiều dài sóng, m;

V - vận tốc gió, m/s;

D - đà gió, km.

Công thức (3.16) và (3.17) thường chỉ dùng cho sóng nước sâu và chiều cao sóng (2h) là chiều cao sóng lớn nhất.

Công thức hồ chứa Quan Sảnh

$$2h = 0,0166 V^{5/4} D^{1/3}; \quad (3.18)$$

$$2L = 10,4 (2h)^{0,8}; \quad (3.19)$$

Công thức (3.18) và (3.19) đã được nêu trong phụ lục II của "Qui phạm thiết kế đập trọng lực bê tông" của Trung Quốc (SDI21-78) dùng cho hồ chứa vùng đồi núi có vận tốc gió 4 - 16m/s, đà gió 1 - 13km với đập bê tông cấp I - II và III.

Trong "Qui phạm thiết kế đập đất đá kiểu đầm lặn" của Trung Quốc cũng sử dụng công thức (3.18) để tính chiều cao sóng (2h) nhưng kiến nghị tính chiều dài sóng (2L) theo công thức hồ chứa Hedi là:

$$2L = 0,389 V D^{1/3} \quad (3.20)$$

Như vậy trong qui phạm nói trên sử dụng công thức (3.18) và (3.20) được gọi là công thức "Quan Sảnh - Hedi" để thiết kế sơ bộ đập đất đá.

Công thức SMB (Sherdrup - Munk - Breschneider)

- Với sóng nước sâu:

$$\frac{g2h_h}{V^2} = 0,283th \left[0,0125 \left(\frac{gD}{V^2} \right)^{0,42} \right]; \quad (3.21)$$

$$\frac{gT_h}{V} = 7,54th \left[0,077 \left(\frac{gD}{V^2} \right)^{0,25} \right]; \quad (3.22)$$

- Với sóng nước nông:

$$\frac{g2h_h}{V^2} = 0,283th \left[0,52 \left(\frac{gH_o}{V^2} \right)^{0,75} \right]; \quad (3.23)$$

$$\frac{gT_h}{V} = 7,54th \left[0,833 \left(\frac{gH_o}{V^2} \right)^{0,375} \right]; \quad (3.24)$$

Trong các công thức (3.21) ÷ (3.24), $2h_h$ và T_h tương ứng là chiều cao (m) và chu kỳ (giây) của sóng hữu hiệu; H_o - độ sâu nước trước công trình thủy (m).

Dựa vào các công thức trên có thể xây dựng đồ thị quan hệ $g2h_h/V^2$ với gD/V^2 và đồ thị quan hệ gT_h/V^2 với gD/V^2 để xác định chiều cao sóng và chu kỳ sóng hữu hiệu ($2h_h$) và (T_h).

3.5.2. Tải trọng của sóng đứng lên công trình có mặt chịu áp thẳng đứng

Công trình có mặt chịu áp thẳng đứng cần được tính với áp lực sóng đứng khi sóng tiếp công trình từ đỉnh sóng (xem hình 3-11.a) hoặc từ bụng sóng (xem hình 3-11.b) ứng với chiều sâu nước $H > 1,5h$.

Tải trọng ngang trên một đơn vị dài của công trình có mặt thẳng đứng P_x khi sóng tiếp mặt công trình từ đỉnh hay đáy được xác định theo đồ thị áp lực sóng (xem hình 3-11).

Ở vùng nước sâu, áp lực sóng P (Pa) tại độ sâu Z (m) được tính theo công thức:

$$P = \gamma_w h e^{-kz} \cos \sigma t - \gamma_w \frac{kh^2}{2} e^{-2kz} \cos^2 \sigma t - \gamma_w \frac{kh^2}{2} (1 - e^{-2kz}) \cos \sigma t - \gamma_w \frac{k^2 h^3}{2} e^{-3kz} \cos 2\sigma t \cos \sigma t \quad (3.25)$$

Trong đó:

γ_w - tỷ trọng nước, N/m^3 ;

$k = 2\pi/\bar{\lambda}$ - trị số sóng ($\bar{\lambda}$ - chiều dài trung bình của sóng, m);

z - tung độ điểm tính toán ($z_1 = \eta_d$; $z_2 = 0$; ... $z_n = H$) tính bằng mét (m) kể từ mực nước tính toán. Đối với sóng tiếp công trình từ đỉnh $z_1 = \eta_d$, đối với sóng tiếp công trình từ đáy $z_2 = z_6 = 0$ thì lấy $P = 0$;

σ - tần số sóng, $\sigma = 2\pi/\tau$ (τ - chu kỳ trung bình của sóng, giây);

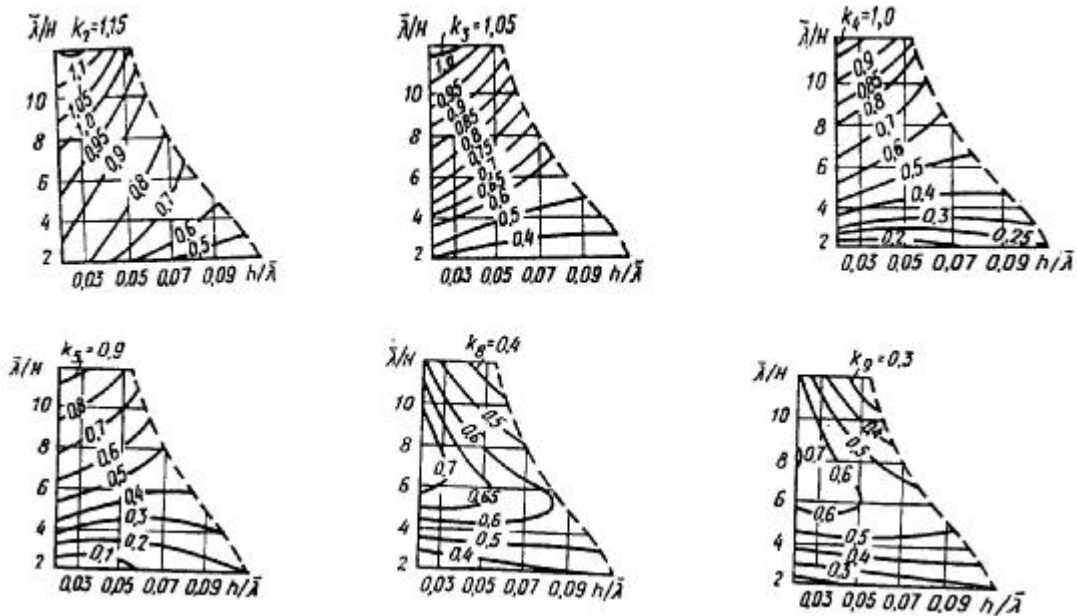
t - thời gian, giây.

Đối với vùng nước nông, đại lượng P ở độ sâu z được xác định theo số liệu ở bảng 3-5, trong đó giá trị của các hệ số $k_2, k_3, k_4, k_5, k_8, k_9$ được lấy theo đồ thị hình 3-12.

Bảng 3-5. Giá trị áp lực sóng P ở vùng nước nông

Số hiệu điểm trên hình 3-11	Độ ngập sâu của điểm Z	Giá trị P
Khi đỉnh sóng tiếp mặt công trình		
1	$-\eta_d$	$P_1 = 0$
2	0	$P_2 = k_2 \gamma h$
3	0,25H	$P_3 = k_3 \gamma h$
4	0,50H	$P_4 = k_4 \gamma h$
5	H	$P_5 = k_5 \gamma h$
Khi đáy sóng tiếp mặt công trình		
6	0	$P_6 = 0$
7	η_c	$P_7 = -\gamma \eta_c$
8	0,5H	$P_8 = k_8 \gamma h$
9	H	$P_9 = k_9 \gamma h$

Khi sóng tiếp mặt công trình với một góc nghiêng α thì tải trọng sóng lên công trình có mặt thẳng đứng được lấy so với trường hợp tải trọng tác dụng vuông góc (trực diện) với tuyến công trình bằng cách nhân với hệ số k_α (bảng 3-6).



Hình 3-12. Đồ thị để xác định các hệ số $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_8$ và k_9 (đường đứt nét là chỉ ranh giới đổ của sóng đứng)

Bảng 3-6. Giá trị của hệ số k_α

α , độ	k_α
45	1,0
60	0,9
75	0,7

Độ dâng cao hay hạ thấp của mặt tự do của sóng η (m) so với mực nước tính toán tại công trình có mặt thẳng đứng được xác định theo công thức:

$$\eta = -h \cos \sigma t - \frac{kh^2}{2} cthkH \cos^2 \sigma t \quad (3.26)$$

Việc tính toán theo công thức (3.26) cần tiến hành cho các trường hợp sau:

1. Đối với $\cos \sigma t = 1$ - khi đỉnh sóng tiếp mặt thẳng đứng của công trình có độ dâng cao trên mực mốt tính toán một đại lượng η_s (xem hình 3-11 a);
2. Khi $1 > \cos \sigma t > 0$ - với giá trị lớn nhất của tải trọng sóng ngang

P_{xn} ứng với đỉnh sóng cao hơn mực nước tính toán là η_d (hình 3-11 a); giá trị $\cos \sigma t$ trong trường hợp này xác định theo công thức:

$$\cos\sigma = \frac{\bar{\lambda}}{\pi h(8\pi H/\bar{\lambda} - 3)} \quad (3.27)$$

Khi $H/\bar{\lambda} \leq 0,2$ và trong các trường hợp khác khi giá trị tính theo công thức (3.18) là $\cos\sigma > 1$ thì trong các tính toán tiếp theo lấy $\cos\sigma = 1$

3. Đối với $\cos\sigma = -1$ - khi giá trị lớn nhất của tải trọng ngang của sóng P_{xII} trong trường hợp đáy sóng nằm thấp hơn mực nước tính toán một trị số η_{II} (hình 3-11 b).

3.5.3. Độ cao sóng leo

Khi chiều sâu nước trước mái dốc là $H \leq 3h_{s1\%}$ và $H \geq 2h_{1\%}$ ($h_{s1\%}$ - chiều cao sóng đi chuyển có tần suất 1% ở độ sâu $H \geq 0,5\bar{\lambda}_s$; $h_{1\%}$ - chiều cao sóng đi chuyển tần suất 1%), thì chiều cao tính toán của độ leo của sóng điều hoà tần suất 1% tiếp trực diện lên mái dốc được xác định theo công thức:

$$h_{11\%} = k_{\Delta} k_{lt} k_c k_{ln} h_{1\%}, \quad (3.28)$$

Trong đó:

k_{Δ} và k_{lt} - hệ số độ nhám và độ thấm tương ứng của mái dốc (bảng 3-7);

k_c - hệ số có giá trị lấy ở bảng 3-8;

k_{ln} - hệ số lấy theo đồ thị hình 3-13 a.

Bảng 3-7. Giá trị của các hệ số nhám k_{Δ} và hệ số thấm của mái dốc k_{lt}

Đặc tính lớp gia cố mái dốc	Độ nhám tương đối $\Delta/h_{1\%}$	K_{Δ}	K_{lt}
Tấm bê tông (bê tông cốt thép)	-	1,00	0,90
Đá cuội đá dăm, đá hoặc khối bê tông (bê tông cốt thép)	< 0,002		
	0,005 - 0,01		
	0,02		
	0,05		
	0,10		
	> 0,20		

Chú thích: Kích thước nhám đặc trưng Δ , m cần lấy bằng đường kính trung bình của viên đá gia cố mái dốc hoặc kích thước trung bình của khối bê tông (bê tông cốt thép).

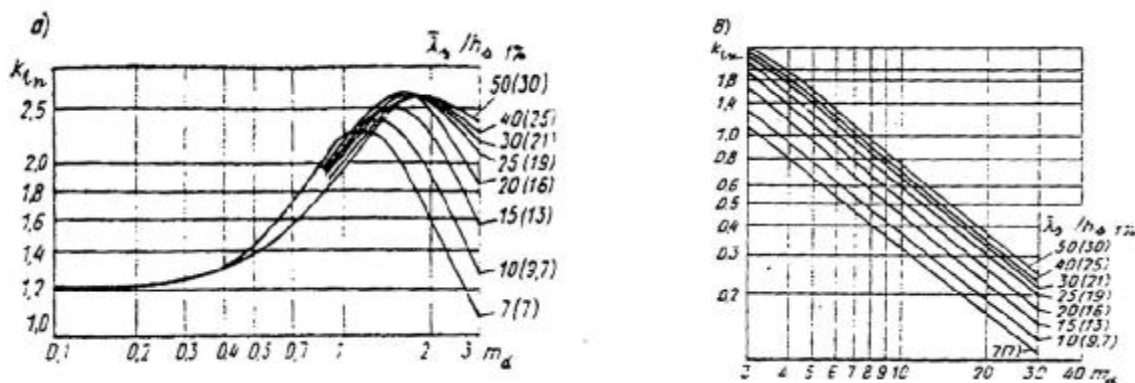
Bảng 3-8. Giá trị của hệ số K_c

m_{α}	Giá trị K_c khi vận tốc gió là (m/s)	
	≥ 20	≤ 10
0,4	1,3	1,1
0,4 - 2,0	1,4	1,1
3 - 5	1,5	1,1
5	1,6	1,2

Ghi chú: $m_{\alpha} = ctg\alpha$ (α - góc nghiêng của mái dốc so với phương ngang, độ).

Công thức (3.19) cũng được áp dụng khi độ sâu trước mái dốc $H < 2h_{1\%}$. Trong những trường hợp này hệ số k_m cần được xác định theo các giá trị độ thoải của sóng với độ sâu $H = 2h_{1\%}$, được giới thiệu trên hình 3-13 a (trong ngoặc đơn).

Để xác định chiều cao sóng leo có tần suất bất kỳ tính theo công thức (3.28) thì kết quả tính được nhân với hệ số k_i (bảng 3-9).



Hình 3-13a. Đồ thị xác định hệ số k_m

a) Khi $0,1 \leq m_\alpha \leq 3$; b) Khi $3 \leq m_\alpha \leq 40$.

Bảng 3-9. Giá trị của hệ số k_i

Tần suất theo độ tr-ờn lên mái dốc $i, \%$	k_i	Tần suất theo độ tr-ờn lên mái dốc $i, \%$	k_i
0,1	1,10	10	0,85
1	1,00	30	0,76
2	0,96	50	0,68
5	0,91		

Khi sóng tiếp bờ với góc xiên β so với trục dọc của công trình, thì chiều cao trườn lên mái dốc cần giảm tương ứng bằng cách nhân với hệ số k_β (bảng 3-10).

Bảng 3-10. Giá trị của hệ số k_β

β , độ	k_β	β , độ	k_β
0	1,00	40	0,87
10	0,98	50	0,82
20	0,96	60	0,76
30	0,92		

3.5.4. Độ dềnh do gió

Độ dâng cao mặt nước do sức hút của gió Δh (m) còn gọi là độ dềnh do gió, sơ bộ có thể xác định theo công thức dưới đây (không xét đến hình dạng của đường mép bờ hồ và đáy hồ)

$$\Delta h = 2.10^{-6} \frac{W^2 D}{gH} \cos \alpha, \quad (3.29)$$

Trong đó:

W - vận tốc gió ứng với tần suất tính toán ở độ cao 10m trên mặt nước, m/s;

D - chiều dài mặt nước có gió thổi, m;

H - chiều sâu nước tính toán, m;

α - góc tạo giữa trục dọc của hồ so với hướng gió, độ.

3.6. ÁP LỰC BÙN CÁT

Áp lực bùn cát lắng đọng trước đập phụ thuộc vào kích thước của hạt bùn cát. Áp lực của các hạt cát và cát sỏi được xác định theo công thức tính áp lực của vật liệu rời có kể đến sự đẩy nổi của hạt. Ở các hồ có độ sâu lớn thường trước đập là các hạt bùn cát rất nhỏ lắng đọng, trong đó xen kẽ giữa các hạt là nước tự do và nước màng. Theo tính chất cơ học các lớp lắng đọng này có dạng gần như chất lỏng với góc nội ma sát gần bằng không.

Áp lực bùn cát lên mặt thẳng đứng được xác định theo công thức:

$$P = \gamma_b h_b \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2), \quad (3.30)$$

Trong đó:

γ_b - trọng lượng riêng của bùn cát dưới nước,

$$\gamma_b = \gamma_1 - \gamma_w(1-n),$$

γ_1 và γ_w - trọng lượng riêng của bùn cát khô và của nước;

n - độ rỗng tương đối của bùn cát;

h_b - chiều dày lớp bùn cát;

φ - góc ma sát trong của bùn cát.

Với độ thô trung bình của các hạt trong phạm vi $0,01 \div 0,05$ mm có thể lấy $\gamma_1 = (0,9 \div 1,3)10^4 \text{ N/m}^3$; đối với bùn $\gamma_1 = (0,4 \div 0,8)10^4 \text{ N/m}^3$.

3.7. TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

Khi thiết kế các công trình thủy lợi ở vùng có động đất từ cấp 7 đến cấp 9 cần thực hiện theo các yêu cầu chuyên môn của quy phạm Nhà nước.

3.7.1. Đánh giá cấp động đất ở địa điểm xây dựng công trình thủy

1. Khi thiết kế các công trình dâng nước cấp III và IV, trong đó sự hư hỏng hay phá huỷ công trình không dẫn đến các hậu quả có tính tai họa hoặc các công trình thủy không áp thuộc mọi cấp, thì cấp động đất ở địa điểm xây dựng được lấy theo bản đồ phân vùng động đất của quốc gia. Tiếp sau đó cấp động đất được chuẩn xác lại khi bản thiết kế được phê duyệt bởi cơ quan có thẩm quyền. Việc chuẩn xác tính chất động đất có thể dựa theo số liệu tham khảo ở bảng 3-11.

Bảng 3-11. Cấp động đất ở địa điểm xây dựng được chuẩn xác theo tài liệu khảo sát địa chất công trình

Loại đất theo tính chất động đất	Đất nền công trình	Cấp động đất đ-ợc hiệu chỉnh ứng với cấp động đất của phân vùng		
		7	8	9
I	Nền đá, nửa đá và gồm các khối lớn có độ chặt đặc biệt cao	6	7	8
II	Nền sét và á sét chắc, nền tầng lớn, nền cát sỏi và cát thô (hạt lớn)	7	8	9
III	Nền sét và á sét mềm và dẻo chảy, cát hạt trung bình và cát nhỏ	8	9	> 9

Ghi chú:

1. Ở vùng động đất cấp 6, việc hiệu chỉnh cấp động đất của diện tích xây dựng công trình dâng nước trên nền đất loại III cần lấy bằng cấp 7.
2. Việc xây dựng công trình thủy lợi trên nền đất loại III ở vùng có động đất cấp 9 chỉ cho phép khi có luận cứ riêng.

2. Trong giai đoạn lập dự án tiền khả thi để xây dựng công trình dâng nước thuộc mọi cấp, thì cấp động đất được quy định theo khoản 1, trong đó cấp động đất ở địa điểm xây dựng công trình cấp I được tăng lên một cấp.

3. Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật và lập bản vẽ thi công đối với các công trình dâng nước thuộc cấp I và II được thực hiện ở vùng có động đất cấp 6 và lớn hơn, thì cấp động đất ở địa điểm xây dựng cần được hiệu chỉnh trên cơ sở các khảo sát nghiên cứu chuyên môn bao gồm:

a) Tìm hiểu trạng thái động đất của diện tích xây dựng để lấy tài liệu tính toán và thiết kế khả năng ổn định động của công trình, nền công trình và các sườn bờ tiếp giáp công trình;

b) Phát hiện các vùng có khả năng xuất hiện biến dạng dư trong nền và đánh giá trị số của chúng cho từng vùng;

c) Phát hiện các dạng tác dụng động nguy hiểm khác, ví dụ hiện tượng sập đổ đá núi với khối lượng lớn vào hồ chứa, hiện tượng rơi những khối đá lớn vào công trình, v.v...;

d) Xác định các đặc trưng biến dạng động và đặc trưng cường độ của vật liệu công trình và đất nền có kể đến sự thay đổi tính chất của chúng khi ngâm nước;

đ) Đánh giá khả năng thay đổi cấp động đất ở địa điểm xây dựng sau khi tích nước vào hồ chứa.

4. Trong giai đoạn thi công các công trình thủy, trừ công trình cấp I và II và những công trình tham gia vào quá trình tạo nên tuyến áp lực, cấp động đất tính toán ở địa điểm xây dựng được hạ xuống một cấp.

3.7.2. Xác định tải trọng động đất

Trong tính toán cường độ và ổn định của các công trình thủy dưới tác dụng của động đất cần kể đến các tác động động đất của khối lượng công trình (tải trọng quán tính động đất), của khối nước sáp nhập vào công trình (hay áp lực thủy động), tác động trong hồ chứa do động đất và tải trọng động của áp lực bùn cát.

Trong giai đoạn lập dự án tiền khả thi đối với các công trình thủy thuộc cấp I và II và ở tất cả các giai đoạn thiết kế công trình thủy thuộc cấp III và IV, để xác định tải trọng động đất có thể sử dụng các công thức gần đúng chỉ xét đến nhịp dao động thứ nhất (cơ bản) và ứng với nhịp dao động đó là dạng biến dạng gần đúng của công trình.

Khi tính toán cường độ các công trình thủy lợi chỉ xét đến thành phần nằm ngang của tải trọng động đất, trừ các công trình có trạng thái ứng suất phụ thuộc vào chuyển vị đứng (ví dụ đập vòm có độ cong hai chiều).

Khi tính ổn định của các công trình thủy cần xét đến các thành phần tải trọng động nằm ngang và thẳng đứng tác dụng đồng thời.

Thành phần nằm ngang của tải trọng động đất S_{ik} ở điểm k của công trình ứng với nhịp dao động bản thân thứ i được xác định theo công thức:

$$S_{ik} = Q_k m \cdot k_d \beta_i^\circ \eta_{ik} , \quad (3.31)$$

Trong đó:

Q_k - trọng lượng bộ phận công trình tính cho điểm k;

m - hệ số xét đến điều kiện làm việc đặc biệt của công trình thủy, lấy bằng 1,5 đối với đập bê tông cấp I; bằng 1,3 đối với đập đất đá cấp I; bằng 1,0 đối với các công trình còn lại thuộc cấp I và tất cả các công trình cấp II - IV;

k_d - hệ số động đất lấy theo bảng 3-12; trong trường hợp xét đồng thời thành phần ngang và thẳng đứng của lực động đất thì giá trị của k_d ở công thức (3.31) được nhân với $\cos\alpha$, trong đó α - góc tạo bởi hướng tác dụng động đất và phương nằm ngang;

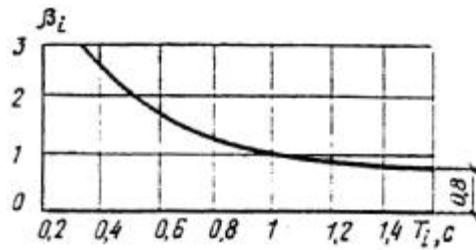
β_i° - hệ số động học,

$$\beta_i^\circ = m^\circ \beta_i \quad (3.32)$$

ở đây m° - hệ số thuộc vào loại vật liệu và kết cấu công trình (bảng 3-13);

β_i - hệ số động học ứng với dạng dao động bản thân thứ i của công trình và xác định theo đồ thị hình 3-13 b, phụ thuộc vào chu kỳ dao động bản thân của công trình T_i ; giá trị của hệ số β_i° lấy không nhỏ hơn 0,8;

η_{ik} - hệ số phụ thuộc vào dạng dao động bản thân thứ i của công trình và vị trí của điểm k.



Hình 3-13b. Biểu đồ để xác định hệ số động học β_i

Bảng 3-12. Giá trị của hệ số động học k_d

Cấp động đất tính toán	k_d
7	0,025
8	0,050
9	0,100

Bảng 3-13. Giá trị của hệ số m^o

Loại công trình	m^o
Công trình bê tông và bê tông cốt thép khi làm việc trong điều kiện dao động không bị hở các khớp nối...	1
Công trình bê tông biến dạng tự do khi dao động có hở một phần các khớp nối...	0,8
Công trình bằng đất và bằng đá đổ...	0,7

Đối với các công trình thủy cho phép chỉ xét thành phần chuyển vị ngang, thì hệ số η_{ik} được xác định theo công thức:

$$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_i(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_i^2(x_j)} \quad (3.33)$$

Trong đó $X_i(x_k)$, $X_i(x_j)$ là các chuyển vị của công trình theo nhịp dao động bản thân thứ i ở các điểm có tọa độ x_k và x_j , với sơ đồ tính toán công trình thừa nhận các khối lượng là tập trung.

Khi tính toán theo công thức (3.31) tải trọng động đất tác dụng lên các công trình dưới đất và lên khối đá tạo thành nền công trình thủy và các bờ sườn dốc, cần lấy $\beta_i^o \eta_{ik} = 1$, còn đối với các tường chắn thì lấy $\beta_i^o \eta_{ik} = 1,5$.

Thành phần thẳng đứng của tải trọng động đất S_k^d ở điểm k của công trình được xác định theo công thức:

$$S_k^d = Q_k m k_d \sin \alpha$$

Trong đó α là góc giữa phương ngang và hướng tác động của động đất, lấy không lớn hơn 30° .

Khi đánh giá cường độ của công trình thì lực tính toán do tác động động đất được cộng với lực tác động do các tải trọng khác tham gia vào tổ hợp tải tọng và tác động.

Cường độ của đập bê tông trọng lực và đập vòm được kiểm tra với tải trọng động đất theo phương ngang, trong đó các tải trọng được xác định ứng với mỗi nhịp dao động bản thân được xét đến trong tính toán.

Lực tính toán N_p (ứng lực ngang hoặc lực pháp tuyến, momen uốn) trong mặt cắt xem xét của kết cấu ứng với chu kỳ dao động bản thân thứ nhất (cơ bản) lớn hơn 0,3 s được xác định theo công thức:

$$N_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2} \quad (3.34)$$

Trong đó: n - số nhịp dao động được xét đến;

N_i - ứng lực trong mặt cắt xem xét đối với nhịp dao động thứ i .

Đối với chu kỳ nhịp dao động bản thân thứ nhất không lớn hơn 0,3 s thì ứng lực N_p được tính theo công thức:

$$N_p = \sqrt{N_{\max}^2 + 0,5 \sum_{i=1}^n N_i^2} \quad (3.35)$$

Trong đó:

N_{\max} - giá trị lớn nhất của ứng lực trong mặt cắt xem xét được xác định từ so sánh các biểu đồ lực động đất ứng với mỗi dạng dao động riêng của công trình;

N_i - giá trị ứng lực cũng ở mặt cắt xem xét đó theo các biểu đồ khác, (ngoài giá trị N_{\max}).

Ứng lực trong các kết cấu N_i (N_{\max}) tương ứng với các dạng dao động bản thân được xét đến được xác định với giả thiết tác động tĩnh học lên công trình của các lực động S_i được tính theo công thức (3.31).

Tải trọng động tính toán theo phương ngang S_p trong mặt cắt xem xét của công trình khi tính toán độ ổn định của nó được xác định theo công thức:

$$S_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2} \quad (3.36)$$

Trong đó S_i là tải trọng tính toán cũng trong mặt cắt đó ứng với nhịp dao động thứ i được xác định theo công thức (3.31).

Lưu ý rằng, khi xây dựng biểu đồ tải trọng tính toán lên công trình nói chung hoặc khi xác định tổng hợp lực tải trọng tính toán được tính theo công thức (3.36) sẽ nhận được kết quả thiên lớn, bởi vì không xét đến hiện tượng không trùng nhau về thời gian của các tải trọng cục bộ S_p . Phương pháp tìm tổng hợp lực của các tải trọng và sự phân bố của chúng trên toàn thể tích công trình có kể đến sự tác động cùng thời gian ở mọi mặt cắt đã được A.L.Mogievichinốp và V.N.Bukharsép [2] đề nghị.

Khối lượng nước (m_n) tham gia tác động lên công trình thủy tính cho một đơn vị diện tích bề mặt công trình thủy được xác định theo công thức:

$$m_n = \frac{\gamma_w}{g} h \mu \Psi \quad (3.37)$$

Trong đó:

γ_w - trọng lượng riêng của nước, N/m^3 ;

h - chiều sâu nước trước công trình, m;

μ - hệ số không thứ nguyên kể đến khối lượng nước tham gia vào tải trọng tác động lên công trình, phụ thuộc vào đặc tính chuyển động (xem bảng 3-14);

Ψ - hệ số không thứ nguyên kể đến giới hạn của chiều dài hồ chứa, biểu thị bằng tỷ số l/h (xem bảng 3-16), trong đó l - khoảng cách từ công trình đến bờ đối diện công trình qua hồ chứa trên độ sâu $2/3h$ kể từ mặt nước (đối với âu tàu và các công trình tương tự thì lấy l là khoảng cách giữa các tường đối diện nhau).

Khi có nước ở cả hai phía của công trình thì khối lượng nước gia nhập vào tải trọng tác dụng được lấy bằng tổng các đại lượng m_n tính theo công thức (3.37) đối với mỗi phía công trình.

Đối với công trình đứng độc lập (ví dụ tháp lấy nước, trụ cầu, bản cọc, v.v...) khối lượng nước gia nhập m_n trên một đơn vị chiều dài của kết cấu được tính theo công thức:

$$m_n = \frac{\gamma_w}{g} d^2 \mu \quad (3.38)$$

Trong đó: d - đường kính của công trình hoặc kích thước một cạnh của công trình có tiết diện hình vuông, m.

Khi bản cọc dao động ngang thì khối nước gia nhập m_n trên một đơn vị chiều dài lấy gần đúng bằng khối lượng nước trong thể tích đơn vị dài của cọc.

Áp lực địa chấn trong giai đoạn lập dự án tiền khả thi xây dựng công trình thủy thuộc cấp I và II và trong tất cả các giai đoạn thiết kế đối với công trình thủy cấp III và IV cho phép xác định theo các công thức gần đúng sau đây:

a) Đối với tất cả các công trình thủy, trừ công trình đứng độc lập:

$$\left. \begin{aligned} p &= k_d \gamma_w h D \Psi; \\ P &= k_d \gamma_w h^2 \Omega \Psi; \\ h_o &= h \chi; \end{aligned} \right\} \quad (3.39)$$

b) Đối với công trình đứng độc lập:

$$\left. \begin{aligned} p_{od} &= k_d \gamma_w d^2 D; \\ P_{od} &= k_d \gamma_w d^2 \Omega h; \\ h_o &= h \chi; \end{aligned} \right\} \quad (3.40)$$

Trong đó:

- ρ và p_{od} - tung độ áp lực thủy động ứng với một đơn vị diện tích bề mặt công trình và ứng với một đơn vị chiều cao của công trình đứng độc lập;
- P và P_{od} - áp lực thủy động tổng cộng tương ứng tác dụng lên một đơn vị chiều dài công trình và lên công trình đứng độc lập;
- h_o - chiều sâu của điểm đặt của áp lực thủy động tổng cộng dưới mực nước;
- D, Ω, χ - các hệ số không thứ nguyên xác định theo các công thức ghi ở bảng 3-14.

Bảng 3-14. Công thức xác định hệ số không thứ nguyên μ của khối nước gia nhập, tung độ biểu đồ áp lực thủy động D , tổng hợp lực của áp lực thủy động Ω , chiều sâu điểm đặt χ của tổng hợp lực dưới mực nước

Tính chất chuyển động	μ	D	Ω	χ
Dao động quay của công trình không có biến dạng với mặt chịu áp thẳng đứng, trên nền đàn hồi khi $Z_c \neq h$	$\frac{Z_c R - \frac{2h}{\pi} G}{Z_c - Z}$	$\frac{Z_c R - \frac{2h}{\pi} G}{Z_c - h}$	$\frac{0,543 Z_c - 0,325 h}{Z_c - h}$	$\frac{0,325 Z_c - 0,21 h}{0,543 Z_c - 0,325 h}$
Chuyển vị tịnh tiến ngang của công trình không có biến dạng có mặt chịu áp thẳng đứng	R	R	$0,543$	$0,6$
nghiêng	$R \sin^3 \theta$	$R \sin^2 \theta$	$0,543 \sin \theta$	$0,6$
Chuyển vị tịnh tiến ngang của công trình không có biến dạng có mặt chịu áp thẳng đứng ở trong thung lũng hình chữ V	μ_1	μ_1	-	-
Dao động ngang của công trình dạng công son, có mặt chịu áp thẳng đứng	$\frac{R + C_1 (a - 1)}{1 + C_3 (a - 1)}$	$R + C_1 (a - 1)$	-	-

Tính chất chuyển động	μ	D	Ω	χ
Dao động trượt ngang của công trình dạng công sơn có mặt chịu áp thẳng đứng	$\frac{aR + C_2(a-1)}{a - (a-1)Z^2/h^2}$	$aR - C_2(a-1)$	-	-
Dao động ngang của công trình độc lập thẳng đứng kiểu tháp lấy nước, trụ cầu, cọc có tiết diện hình tròn:	$\frac{\pi}{4} \left(\frac{Z}{h}\right)^{d_1/(2h)}$	$\frac{\pi}{4} \left(\frac{Z}{h}\right)^{d_1/(2h)}$	$\frac{\pi}{4[1+d_1/(2h)]}$	$\frac{2h+d_1}{4h+d_1}$
Hình chữ nhật:	$\left(\frac{Z}{h}\right)^{d_2/(2h)}$	$\left(\frac{Z}{h}\right)^{d_2/(2h)}$	$\frac{1}{1+d_2/(2h)}$	$\frac{2h+d_2}{4h+d_2}$

Ghi chú:

1. $R, G, \mu_1, C_1, C_2, C_3$ - các hệ số không thứ nguyên lấy giá trị ở bảng 3-15; Z_c, Z - các tọa độ tương ứng của tâm dao động và điểm của cạnh chịu áp để tính khối nước gia nhập (góc tọa độ lấy từ mặt nước tự do); θ - góc nghiêng của mặt chịu áp so với mặt nằm ngang; a - tỷ số giữa gia tốc trên đỉnh đập so với $k_d g$; d_1 - đường kính tiết diện tròn, m; d_2 - kích thước một cạnh của tiết diện hình vuông, m;
2. Nếu góc nghiêng của cạnh chịu áp $\theta \geq 75^\circ$, thì giá trị của hệ số không thứ nguyên được lấy như đối với mặt chịu áp thẳng đứng.
3. Trong bảng 3-15 nếu các giá trị của hệ số không thứ nguyên μ_1 đối với tiết diện giữa (chốt) của đập vòm cân đối; đối với các tiết diện còn lại của đập vòm, thì các giá trị của hệ số này được tăng lên tuyến tính cho tới $1,3\mu_1$ ở chân tựa hai bên của vòm.

Bảng 3-15. Giá trị của hệ số không thứ nguyên $R, G, \mu_1, C_1, C_2, C_3$

Z/h	R	G	μ_1 ứng với θ , độ				C_1	C_2	C_3
			90 khi b : h			30			
			3 : 1	2 : 1	1 : 1				
0,1	0,23	0,12	0,22	0,22	0,21	0,08	0,07	0,04	0,86
0,2	0,36	0,23	0,38	0,35	0,29	0,15	0,09	0,09	0,73
0,3	0,47	0,34	0,47	0,41	0,35	0,18	0,10	0,13	0,59
0,4	0,55	0,45	0,53	0,46	0,38	0,22	0,10	0,18	0,46
0,5	0,61	0,55	0,57	0,49	0,41	0,23	0,09	0,23	0,34
0,6	0,66	0,64	0,59	0,52	0,43	0,23	0,08	0,28	0,23
0,7	0,70	0,72	0,61	0,53	0,44	0,22	0,07	0,34	0,14
0,8	0,72	0,79	0,62	0,54	0,45	0,20	0,07	0,38	0,06
0,9	0,74	0,83	0,63	0,54	0,45	0,18	0,06	0,42	0,02
1,0	0,74	0,85	0,68	0,55	0,44	0,15	0,06	0,43	0,00

Ghi chú: h - bề rộng khe núi ở ngang mặt nước tự do của hồ.

Bảng 3-16. Giá trị của hệ số Ψ

ℓ/h	Ψ	ℓ/h	Ψ	ℓ/h	Ψ
0,2	0,26	1,0	0,72	1,8	0,90
0,4	0,41	1,2	0,78	2,0	0,93
0,6	0,53	1,4	0,83	2,5	0,96
0,8	0,63	1,6	0,88	$\geq 3,0$	1,00

Trong trường hợp có nước ở cả hai phía của công trình, thì áp lực thủy động được lấy bằng tổng các giá trị tuyệt đối của áp lực thủy động tính riêng cho mỗi phía của công trình.

Áp lực thủy động trong các đường ống áp lực P_{\max} được tính theo công thức:

$$P_{\max} = \frac{k_d}{2\pi} \gamma_w C_d T_o \quad (3.41)$$

Trong đó:

C_d - vận tốc tiếng động trong nước, $C_d = 1300$ m/s;

T_o - chu kỳ phổ biến của dao động địa chấn của đất, $T_o = 0,5$ s.

Áp lực bổ sung của nước khi có động đất p_d khi tính toán công trình thủy theo tác động địa chấn thành phần thẳng đứng được xác định theo công thức:

$$p_d = \gamma_w Z k_d \sin \alpha \quad (3.42)$$

Trong đó: Z - khoảng cách từ tiết diện xem xét đến mặt nước tự do.

Chiều cao của sóng trọng lực trong hồ chứa do tác động địa chấn Δh khi tỷ số giữa chiều dài ℓ của hồ so với chiều sâu nước h lớn hơn ba ($\ell/h > 3$) được xác định theo công thức:

$$\Delta h = 0,5 k_d T_1 \sqrt{gh} \quad (3.43)$$

Trong đó: T_1 - chu kỳ phổ biến của dao động địa chấn của đáy hồ lấy bằng 1 giây.

Áp lực địa chấn chủ động q_d và bị động q_d^* của đất rời lên tường chắn được xác định theo các công thức sau:

$$q_d = \left[1 + k_d \operatorname{tg}(45^\circ + 2) \right] p \quad (3.44)$$

$$q_d^* = \left[1 - k_d \operatorname{tg}(45^\circ - 2) \right] p^* \quad (3.45)$$

Trong đó:

- p và p^* - áp lực chủ động và bị động của đất không kể đến lực địa chấn;
- φ - góc nội ma sát tính toán của đất.

Ứng suất pháp σ_d và ứng suất tiếp τ_d , (Pa) khi có địa chấn trong môi trường đất xuất hiện khi lan truyền sóng địa chấn được xác định theo các công thức sau:

$$\sigma_d = \pm \frac{1}{2\pi} k_d \gamma C_p T_o ; \quad (3.46)$$

$$\tau_d = \pm \frac{1}{2\pi} k_d \gamma C_s T_o ; \quad (3.47)$$

Trong đó:

- γ - trọng lượng đơn vị của đất, N/m^3 ;
- C_p , C_s - vận tốc lan truyền sóng dọc và ngang của địa chấn trong môi trường đất, m/s , được xác định bằng thực nghiệm;
trong tính toán cho phép lấy $C_s = 0,6 C_p$;
- T_o - chu kỳ phổ biến của dao động địa chấn, sơ bộ lấy bằng 0,5 s.