

5

MÁY BƠM - TRẠM BƠM BỂ CHỨA - ĐÀI NƯỚC

I - MÁY BƠM:

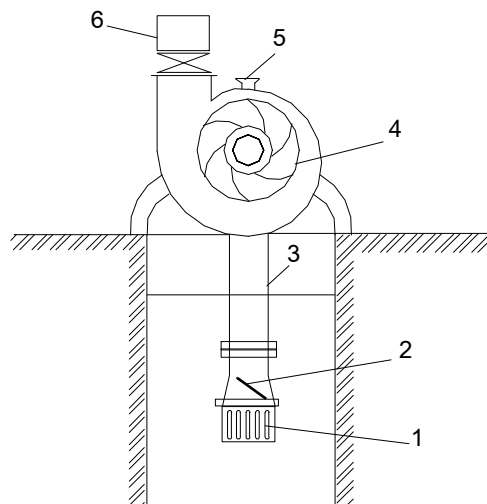
Trong các hệ thống cấp nước, máy bơm được sử dụng ở các trạm bơm cấp I để đưa nước từ công trình thu lên công trình làm sạch và ở trạm bơm cấp II để đưa nước từ các bể chứa nước sạch lên đài và vào mạng phân phối cho các đối tượng sử dụng. Nó thuộc nhóm máy năng lượng dùng để biến cơ năng nhận được từ động cơ điện thành cơ năng của dòng chất lỏng. Trong kỹ thuật cấp nước hiện nay loại máy bơm được sử dụng phổ biến nhất là bơm ly tâm chạy bằng động cơ điện. Ở đây chỉ xét loại bơm đó mà thôi.

1/ BƠM LY TÂM - SƠ ĐỒ CẤU TẠO VÀ NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG:

Bộ phận chính của bơm ly tâm (hình 5.1) là bánh xe công tác có gắn các bản lá (cánh bơm) đặt lên trục bên trong thân bơm. Thân máy bơm được nối với ống hút và ống đẩy.

Hình 5.1: Máy bơm ly tâm.

- 1- Rọ chắn rác
- 2- Lưới gà
- 3- Ống hút
- 4- Bánh xe công tác.
- 5- Lỗ môi nước.
- 6- Ống đẩy.



Trước khi cho máy bơm chạy phải đổ đầy nước vào thân bơm và ống hút (môi nước). Khi quay bánh xe công tác, nước đã được môi trước nằm giữa các bản lá, dưới tác dụng của lực ly tâm bị bắn từ tâm ra thành bên với tốc độ lớn và được nén ép để vào buồng xoắn tạo ra áp lực cần thiết đưa nước ra ống đẩy. Phần ở tâm bơm, trước lối vào bánh xe công tác xuất hiện áp suất chân không, do đó nước từ nguồn bên ngoài dưới tác dụng của áp suất khí quyển theo ống hút vào bổ sung liên tục cho bơm.

2/ PHÂN LOẠI BƠM:

- ❖ **Theo áp lực:**
 - Áp lực thấp: $< 20\text{m}$.
 - Áp lực trung bình: $20 - 60\text{m}$.
 - Áp lực cao: $> 60\text{m}$.

❖ **Theo số bánh xe công tác:** bơm có 1 hay nhiều bánh xe công tác. Các bơm nhiều bánh xe công tác thường là bơm áp lực cao.

- ❖ **Theo cách bố trí trục bơm:**

- Bơm trục ngang.
- Bơm trục đứng.

Các bơm trục ngang thường có chiều cao hút nước hạn chế (dưới 8m).

❖ **Theo dịch thể cần bơm:** bơm cấp nước, bơm nước thải, bơm bùn, cát,...

3/ CÁC CHỈ SỐ QUAN TRỌNG CỦA BƠM:

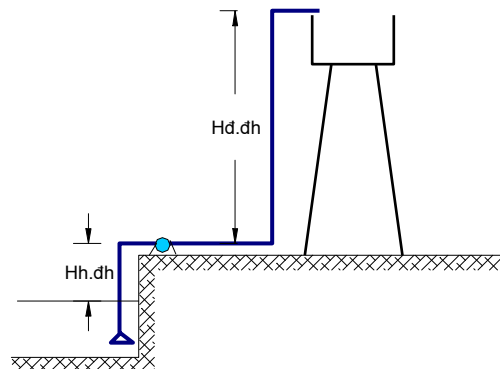
Khi chọn máy bơm thường căn cứ vào các chỉ số quan trọng của bơm sau đây:

a/ Lưu lượng :

Ký hiệu là Q , là khối lượng dịch thể được bơm đi trong một đơn vị thời gian, [m^3/h], [m^3/s], [l/s].

b/ Chiều cao hút nước và đẩy nước địa hình:

Chiều cao hút nước địa hình, ký hiệu là $H_{h,dh}$, là hiệu số giữa cao trình đặt trục máy bơm với cao trình mực nước tính toán trong bể hút hay nguồn bơm. Còn chiều cao đẩy địa hình, ký hiệu $H_{d,dh}$, là hiệu số giữa cao trình điểm lấy nước tính toán bất lợi nhất so với trục máy bơm. Đơn vị tính là mét.



Hình 5.2: Chiều cao hút và đẩy địa hình

c/ Cột chân không hút nước:

Ký hiệu là H_{ck} , được tính bằng công thức:

$$H_{ck} = H_{h,dh} + h_h + v^2/2g, \quad [\text{m}].$$

h_h : Tổng tổn thất áp lực trong ống hút, [m].

$v^2/2g$: Tổn thất áp lực do thay đổi vận tốc khi vào bơm, [m].

d/ Cột chân không hút nước giới hạn:

Ký hiệu là $H_{ck,gh}$, là chiều cao lớn nhất mà bơm có thể hút được nước, quá chiều cao đó bơm không thể hút được nước. $H_{ck,gh}$ phụ thuộc vào kết cấu máy bơm, vào số vòng quay của bánh xe công tác và các thông số khác nhưng thường không quá 8m . Như vậy để bơm có thể hút được nước ta phải có: $H_{ck,gh} > H_{ck} > H_{h,dh}$

e/ Áp lực toàn phần của bơm:

Ký hiệu là H, chiều cao lớn nhất mà bơm có thể đẩy nước đi được, xác định bằng công thức:

$$H = H_{h,dh} + H_{d,dh} + \sum h, \quad [m].$$

$\sum h$: tổng tổn thất áp lực trong ống hút, ống đẩy và các thiết bị khác trên các đường ống đó (nếu có).

f/ Công suất của bơm:

❖ Công suất hữu ích:

$$N_h = \frac{\gamma Q H}{102}, \quad [KW].$$

γ : tỷ trọng của nước, $[N/m^3]$.

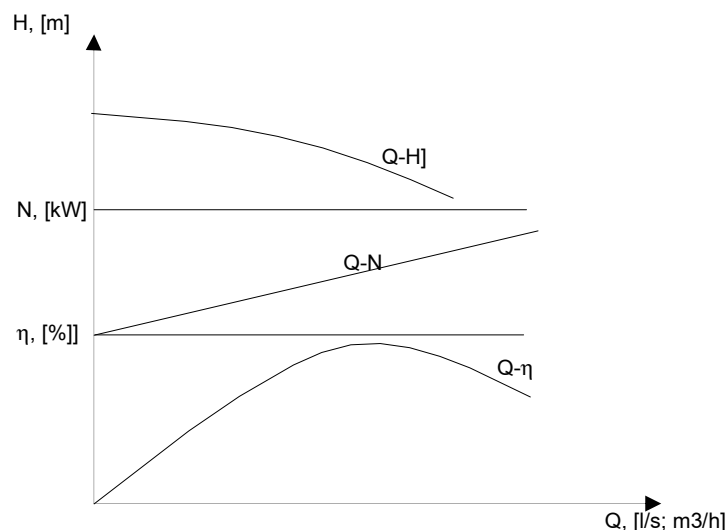
❖ Công suất trên trục:

$$N_t = \frac{N_h}{\eta} = \frac{\gamma Q H}{102 \eta}, \quad [KW].$$

η : hệ số hữu ích toàn phần của bơm, có thể đạt từ 60 - 75% cho đến 80 - 92% tùy theo loại bơm và công nghệ chế tạo nó.

4/ ĐẶC TÍNH CÔNG TÁC CỦA BƠM VÀ ỐNG DẪN:

a/ Các đặc tính công tác của bơm ly tâm:



Hình 5.3: Đặc tính công tác của máy bơm.

Trên hình 5.3 giới thiệu các đường đặc tính công tác của bơm ly tâm. Đó là các mối liên hệ giữa sự thay đổi lưu lượng Q với áp lực H, với công suất trên trục N, và với hiệu suất η của bơm. Điểm 1 của đặc tính Q - η gọi là điểm công tác tối ưu tức là điểm mà bơm làm việc với hiệu suất cao nhất. Các đường đặc tính này được xây dựng sau khi chế tạo và cho vận hành thử đối với từng loại máy bơm và được thể hiện trong các lý lịch máy bơm.

b/ Đặc tính ống dẫn (hay hệ thống ống dẫn)

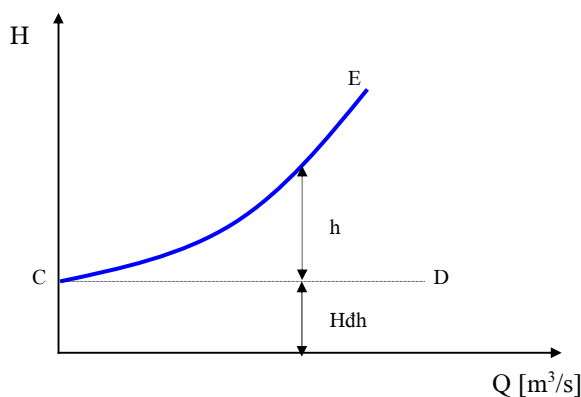
Đặc tính ống dẫn trong HTCN có thể biểu diễn dưới dạng hai số hạng:

$$H = H_{dh} + \sum h$$

H_{dh} : Chiều cao bơm nước địa hình, tức là hiệu số cao trình mực nước ở điểm lấy nước so với cao trình mực nước ở bể chứa [m].

$\sum h$: Tổng tổn thất áp lực trong ống hút và trong hệ thống ống phân phối của mạng [m].

Đó là đường cong dạng Parabol, đỉnh nằm ở trục tung, cách trục hoành một khoảng là H_{dh} .



Hình 5.4: Đặc tính ống dẫn.

Giá trị tổn thất: $h = S.Q^2$.

S : Sức kháng.

Q : Lưu lượng trong ống.

$$h_1 = S.Q_1^2 .$$

$$h_2 = S.Q_2^2 .$$

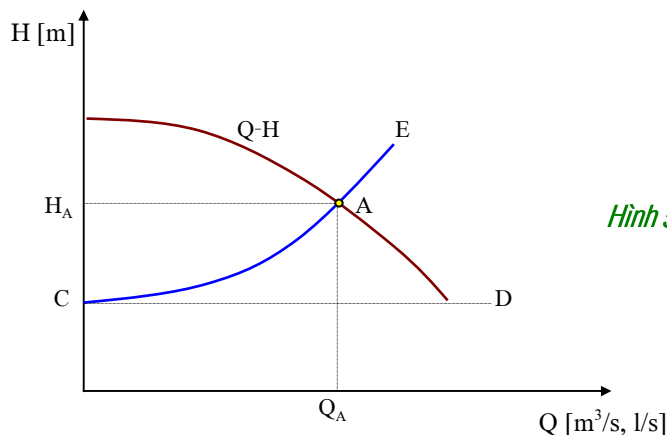
...

$$h_n = S.Q_n^2 .$$

c/ Đồ thị đặc tính chung của máy bơm và ống dẫn:

Để xác định chế độ công tác tối ưu của bơm với hệ thống ống dẫn đã cho cần xây dựng đồ thị đặc tính chung cả máy bơm và đường ống. Trên hình 5.5 giới thiệu đặc tính Q-H của bơm và đặc tính C-E của ống dẫn. Sau khi kẻ đường thẳng CD song song và cách trục hoành một khoảng H_{dh} , ta bổ sung vào đó giá trị của tổn thất áp lực h ứng với từng giá trị của lưu lượng Q theo công thức $h = S.Q^2$ (với S là sức kháng thủy lực của ống) ta xây dựng được đường đặc tính ống dẫn C-E. Giao điểm A giữa đường đặc tính Q-H của bơm với đặc tính ống dẫn C-E gọi là điểm công tác của bơm đã chọn làm việc trên hệ thống ống dẫn đã có. Từ điểm công tác này ta có thể xác định được lưu lượng Q_A , áp lực H_A , hiệu suất η_A và công suất N_A của máy bơm làm việc trên hệ thống ống dẫn đã có. Máy bơm cần được chọn sao cho điểm công tác này nằm trong khu vực có hiệu suất lớn nhất. Trên thực tế, máy bơm được chọn trong khu vực giới hạn bởi hai đường đặc tính Q-H của nó; đường trên ứng với đường kính

bánh xe công tác lớn nhất và đường dưới ứng với đường kính bánh xe công tác sau khi đã gọt đi một giới hạn cho phép nào đó.



Hình 5.5: Đặc tính máy bơm - ống dẫn.

5/ THAY ĐỔI ĐẶC TÍNH Q-H CỦA BƠM:

Các đặc tính của bơm có thể thay đổi bằng cách thay đổi số vòng quay hoặc gọt bớt đường kính của bánh xe công tác. Gọi Q và Q_1 ; H và H_1 ; N và N_1 ; n và n_1 là lưu lượng, áp lực, công suất và số vòng quay của bơm ở trạng thái cũ và mới, ta có thể xây dựng đặc tính mới của bơm bằng các mối quan hệ sau đây:

a/ Thay đổi số vòng quay của bánh xe công tác:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}; \quad \frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2 \quad \text{và} \quad \frac{N}{N_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3$$

Tức là lưu lượng, áp lực và công suất của bơm thay đổi tương ứng bậc một, bậc hai và bậc ba so với việc thay đổi số vòng quay của bánh xe công tác.

b/ Gọt bớt cánh xe công tác:

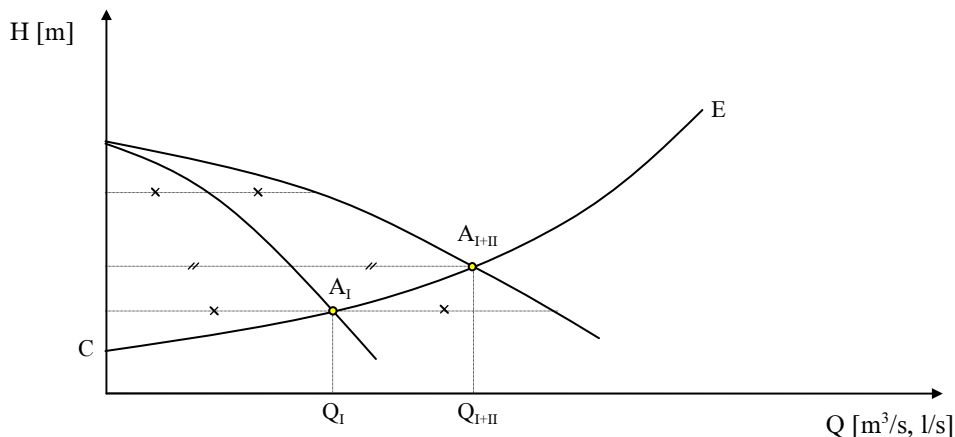
Giới hạn sử dụng của bơm ly tâm được mở rộng rất nhiều nếu gọt bớt đường kính bánh xe công tác mà không ảnh hưởng nhiều đến hiệu suất của nó. Giới hạn cho phép có thể từ 7 - 20% của đường kính cũ mà hiệu suất hữu ích chỉ giảm từ 1 - 2,5% so với hiệu suất cũ. Khi gọt bớt bánh xe công tác, sử dụng các tỉ lệ sau:

$Q/Q_1 = D_g/D$; $H_1/H = (D_g/D)^2$ với Q và Q_1 ; H và H_1 là lưu lượng và áp lực ứng với đường kính bánh xe công tác trước và sau khi gọt bớt.

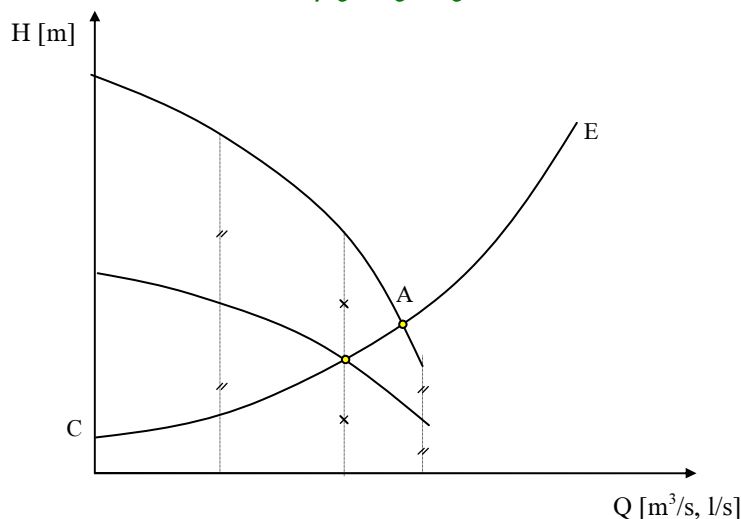
6/ GHÉP BƠM LÀM VIỆC SONG SONG VÀ NỐI TIẾP:

Trong kỹ thuật cấp nước, có thể ghép nhiều bơm làm việc song song hoặc nối tiếp nhau. Nếu một bơm không thể cung cấp đủ lưu lượng tính toán cần thiết hoặc khi cần phải điều chỉnh lưu lượng do sự thay đổi lớn trong ngày hay trong từng mùa bằng sự thay đổi số máy bơm công tác thì ghép nhiều bơm làm việc song song với nhau (hình 5-6). Khi cần tăng thêm áp lực bơm nước mà lưu lượng tính toán vẫn giữ nguyên thì có thể ghép bơm làm việc

nối tiếp nhau, ống đẩy của bơm này được ghép với ống hút của một bơm khác để tạo ra áp lực cần thiết (hình 5.7).



Hình 5.6: Dạng song song.



Hình 5.7: Dạng nối tiếp.

II - TRẠM BƠM:

Trạm bơm là nơi bố trí các máy bơm, động cơ điện, đường ống, van khóa, thiết bị điều khiển, kiểm tra, đo lường, các bảng điện, phòng sửa chữa, lắp ráp cũng như các phòng làm việc, phòng vệ sinh, thay quần áo cho công nhân...

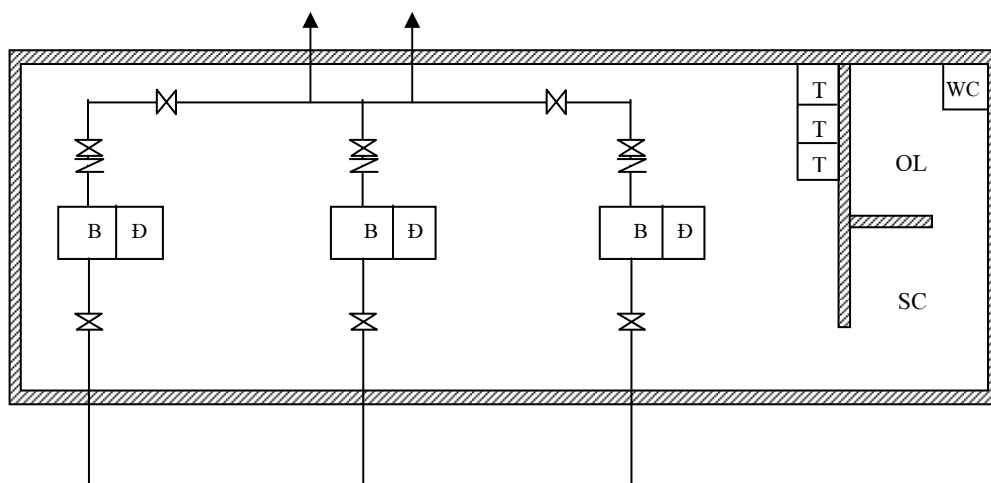
Khi thiết kế các trạm bơm cần lưu ý các yêu cầu như: đảm bảo cung cấp nước liên tục; thuận tiện và an toàn trong quản lý, vận hành; khoảng cách giữa các ống đẩy và ống hút cũng như chiều dài của chúng phải ngắn nhất, các đoạn nối phải đơn giản; có khả năng tăng công suất của trạm này bằng cách thay thế các máy bơm có công suất lớn hơn hoặc trang bị thêm các máy bơm bổ sung; có hệ số hữu ích và hệ số sử dụng thiết bị lớn nhất với chỉ tiêu chi phí năng lượng điện là bé nhất.

Các trạm bơm có thể phân ra: trạm bơm cấp I, cấp II, tăng áp, tuần hoàn, đặt nổi, nửa nổi, nửa ngầm hoặc ngầm; trực ngang, trực đứng, kiểu thủ công, tự động hoặc từ xa,...

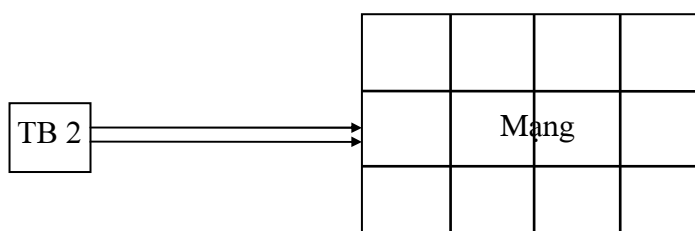
Trạm bơm cấp I đưa nước lên công trình làm sạch được tính theo lưu lượng giờ trung bình trong những ngày dùng nước lớn nhất. Chế độ công tác của trạm bơm cấp II phụ thuộc vào biểu đồ tiêu thụ nước. Việc bơm nước có thể tiến hành điều hòa trong ngày hoặc theo từng cấp; nếu bơm theo cấp thì dung tích đài nước và áp lực toàn phần của bơm sẽ giảm.

Việc lựa chọn loại và số lượng máy bơm làm việc cũng như dự trữ phải tính toán có xét đến sự hoạt động đồng thời giữa các máy bơm, ống dẫn và mạng ống phân phối để đảm bảo chế độ làm việc của trạm bơm được lựa chọn trên cơ sở phân tích đồ thị dùng nước và sự hoạt động đồng thời cả máy bơm, ống dẫn và mạng phân phối. Nên chọn các máy bơm cùng loại để dễ quản lý và giảm số bơm dự trữ.

Các trạm bơm cấp I lấy nước mặt thường đặt sâu dưới đất để giảm chiều cao hút của bơm. Số lượng bơm công tác trong các trạm cấp I không nhỏ hơn hai, mỗi bơm nên có một ống hút riêng. Các trạm bơm cấp II thường đặt trên mặt đất, có dạng hình chữ nhật vì có nhiều máy bơm, các đường ống hút có thể nối thông với nhau qua các khóa.



Hình 5.8: Sơ đồ trạm bơm.

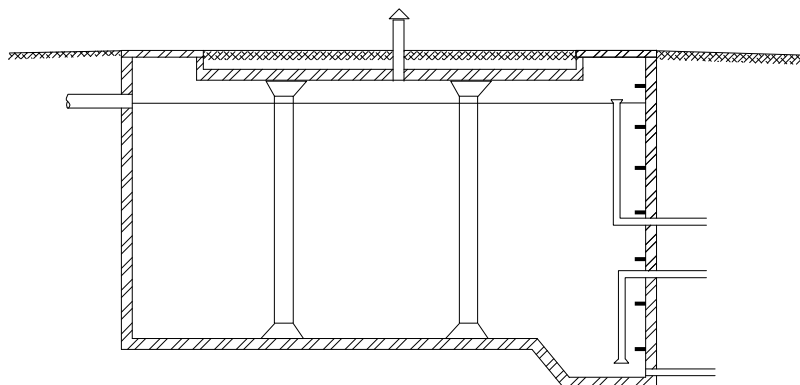


Đường ống từ trạm bơm II tới trạm không được lấy nước.

III - BỂ CHỨA:

Tùy thuộc vào mục đích sử dụng, trong HTCN các bể chứa có thể đặt ở những địa điểm khác nhau. Chúng được dùng để thu và chứa nước từ các trạm bơm cấp I, từ các trạm xử lý hoặc từ các hệ thống cấp nước phân vùng để cung cấp cho HTCN tuần hoàn; điều hòa lượng nước giữa trạm bơm cấp I và cấp II và dự trữ nước chữa cháy, nước rửa bể lắng, bể lọc của bản thân nhà máy nước.

Bể chứa thường được trang bị các đường ống và thiết bị như hình 5-9: ống dẫn nước vào bể có bố trí khóa đóng mở nước, ống tràn nổi với hệ thống thoát, ống hút của máy bơm và ống xả cặn. Ngoài ra còn có ống thông hơi, thang lên xuống, nước báo hiệu mực nước trong bể,...



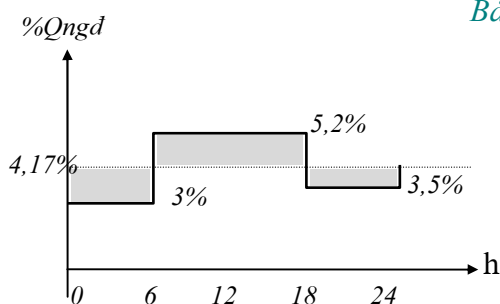
Hình 5.9: Cấu tạo bể chứa nước.

- Khi thể tích bể dưới 2000m^3 có thể xây hình tròn, lớn hơn thì xây hình chữ nhật.
- Tường và đáy cần có lớp chống thấm tốt.
- Chiều cao bể từ 3-5m, bên trên có nắp đậy, ống thông hơi và lớp đất đắp có trồng cỏ để giữ cho nhiệt độ nước được ổn định.
- Đáy bể có độ dốc $i=0,01$ về phía hố xả cặn.
- Vận tốc nước trong ống dẫn vào bể $v=1,2 - 1,5\text{m/s}$, ống lấy nước ra hay ống hút của bơm $v=1-1,6\text{m/s}$, ống tràn không quá 4m/s .

Thể tích bể chứa V_b phụ thuộc vào chức năng và công suất của hệ thống cấp nước được xác định bằng công thức:

$$V_b = V_{dh} + V_{cc} + V_r \quad [\text{m}^3].$$

V_{dh} : Lượng nước điều hòa giữa trạm làm sạch và trạm bơm cấp II, được xác định bằng đồ thị (hình 5-10) hoặc bằng bảng tính tổng hợp chế độ làm việc của trạm xử lý và trạm bơm cấp II, trong đó trạm xử lý thường làm việc điều hòa suốt ngày đêm, còn trạm bơm cấp II thì làm việc theo cấp, cố gắng bám sát nhu cầu dùng nước.



Bảng tính tổng hợp

Giờ	TXL (%Qngđ)	TBII (%Qngđ)	Vdh (%Qngđ)
0-1	3,0	4,17	-4,17
1-2	3,0	4,17	-4,17
...
23-24	3,5	4,17	-0,67

$$V_{dh} =$$

Hình 5-10: Đồ thị xác định V_{dh}

V_{cc} : Lưu lượng dự trữ để chữa cháy, được xác định bằng công thức:

$$V_{cc} = 3.3,6.Q_{cc} + \sum Q_{max} - 3Q_I \quad , \quad [m^3].$$

Q_{cc} : Lưu lượng nước dùng để chữa cháy, [l/s].

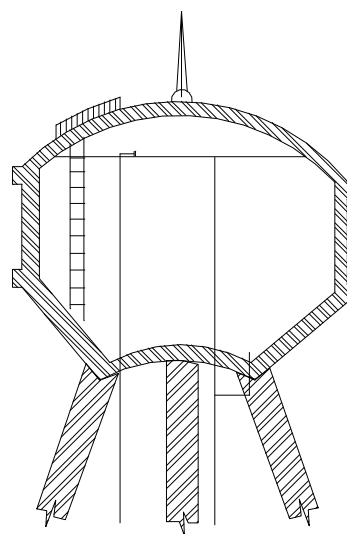
$\sum Q_{max}$: Tổng lượng nước 3 giờ dùng nhiều nhất, [m³].

Q_I : Lưu lượng nước của trạm bơm cấp I trong điều kiện làm việc liên tục, [m³].

V_r : Lượng nước dùng cho các nhu cầu kỹ thuật của bản thân nhà máy nước như rửa bể lắng, bể lọc,... có thể lấy từ 3-5% công suất trạm bơm.

IV - ĐÀI NƯỚC :

Đài nước là công trình dùng để điều hòa lưu lượng và áp lực cho mạng lưới cấp nước. Đài nước còn là một công trình kiến trúc vì có chiều cao và thể tích lớn. Do đặc điểm kiến trúc, kết cấu và điều kiện thi công trên cao nên giá thành xây dựng đài lớn hơn nhiều so với bể chứa. Vì vậy khi tính toán HTCN cần nghiên cứu cẩn thận cả dung tích, chiều cao và vị trí đặt đài. Có thể dùng bể chứa và khả năng tự điều chỉnh của bơm ly tâm để điều hòa lưu lượng và áp lực nước mà không nhất thiết phải xây dựng đài. Đối với các hệ thống cấp nước không liên tục ngày đêm hoặc khi nguồn điện không bảo đảm thì cần xây dựng đài. Thông thường đài được đặt ở những vị trí cao để giảm bớt chiều cao thân đài và giảm giá thành xây dựng.



Hình 5.11: Đài nước.

Hình 5-11 là cấu tạo của đài nước bằng bê tông cốt thép. Đài có ba phần chính: móng, thân và bầu đài có nắp đậy kín. Các đường ống gồm ống dẫn nước lên và xuống, ống tràn, ống xả cặn. Ngoài ra còn có thước báo hiệu mực nước, đèn thấp sáng báo hiệu ban đêm, thu lôi,... Có thể kết hợp đài với các công trình khác như nhà ở, nhà làm việc, xưởng sản xuất ở các tầng dưới bầu đài. Tỷ lệ giữa chiều cao và đường kính đài có thể lấy bằng 0,5-1,2. Không nên xây cao quá vì tốn năng lượng bơm nước, tăng áp lực và gây dao động lớn trong hệ thống.

Thể tích đài nước được tính bằng công thức: $V_d = V_{dh} + V_{cc}$, [m].

V_{dh} : Dung tích cần điều hòa, xác định bằng cách lập bảng tính tổng hợp (bảng 5-1) hoặc đồ thị biểu diễn chế độ làm việc của trạm bơm cấp II và nhu cầu dùng nước của thành phố.

V_{cc} : Lượng nước dự trữ để chữa cháy trong đài được tính trong 10 phút theo TC.11-68:

$$V_{cc} = 0,6.n.q_c \quad , \quad [m^3] .$$

n : Số lượng đám cháy đồng thời.

q_c : Lưu lượng cho một đám cháy, [l/s].

Theo kinh nghiệm dung tích đài thường chiếm 2-8% công suất hữu ích của hệ thống. Với các thành phố lớn, khi thiết kế đài cần nghiên cứu chọn chế độ bơm nước thật sát với yêu cầu tiêu thụ để có dung tích đài bé nhất.

Bảng 5-1: Trình bày cách xác định thể tích đài nước bằng bảng tính tổng hợp.

Giờ trong ngày	Nhu cầu nước của thành phố (%)	Nước do trạm bơm II cung cấp (%)	Nước lên đài (%)	Nước từ đài xuống (%)	Dung tích đài (%)
0-1	3,1	2,5	-	0,6	-0,6
1-2	3,0	2,5	-	0,5	-1,1
2-3	3,0	2,5	-	0,5	-1,6
3-4	2,9	2,5	-	0,4	-2,0
4-5	3,2	4,5	1,3	-	-0,7
5-6	3,4	4,5	1,1	-	+0,4
6-7	4,4	4,5	0,1	-	+0,5
7-8	5,4	4,5	-	0,9	-1,4
8-9	4,9	4,5	-	0,4	-1,8
9-10	4,7	4,5	-	0,2	-2,0
10-11	4,6	4,5	-	0,1	-2,1
11-12	4,4	4,5	0,1	-	-2,0
12-13	4,3	4,5	0,2	-	-1,8
13-14	4,3	4,5	0,2	-	-1,6
14-15	4,5	4,5	-	-	-1,6
15-16	4,8	4,5	-	0,3	-1,9
16-17	4,4	4,5	0,1	-	-1,8
17-18	4,3	4,5	0,2	-	-1,6
18-19	5,0	4,5	-	0,5	-2,1
19-20	4,8	4,5	-	0,3	-2,4
20-21	4,6	4,5	-	0,1	-2,5
21-22	4,8	4,5	-	0,3	-2,8
22-23	3,4	4,5	1,1	-	-1,7
23-24	3,8	4,5	0,7	-	-1,0
	100%	100%	-	-	$V_{dh} = 3,3\%$

- Cột 2 : Phân bố theo hệ số không điều hòa $k = 1,3$.
- Cột 3 : Lấy theo chế độ làm việc theo cấp của trạm bơm cấp II.
- Cột 4 : Là hiệu số của cột 3 và cột 2.
- Cột 5 : Là hiệu số của cột 2 và cột 3.
- Cột 6 : Dung tích đài bằng tổng đại số các giá trị tuyệt đối âm và dương lớn nhất có trong cột. Trong thí dụ trên, thể tích đài nước sẽ là $(0,5) + (-2,8) = 3,3\%$.

Cũng có thể chọn một giờ nào đó cho dung tích của đài bằng 0 rồi tính tiếp theo các giờ khác, lúc đó có thể trong cột 6 sẽ không có giá trị âm (nếu chọn đúng) và thể tích đài sẽ là trị lớn nhất trong các số đó.