

NGUYỄN ANH TUẤN

THIẾT KẾ HỆ THỐNG TƯỚI TIÊU



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



NGUYỄN THƯỢNG BẰNG
NGUYỄN ANH TUẤN

THIẾT KẾ HỆ THỐNG TƯỚI TIÊU

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2006

LỜI NÓI ĐẦU

Môn học Thủy nông, trạm bơm là một trong những môn học bổ trợ hiệu quả kiến thức kỹ thuật chuyên ngành thủy lợi đối với sinh viên và kỹ sư tương lai của ngành Thủy lợi - Thủy điện, đặc biệt đối với sinh viên hệ dài hạn tập trung hay hệ tại chức thuộc chuyên ngành Xây dựng công trình thủy lợi, khoa Công trình thủy, Trường Đại học Xây dựng.

Nội dung cơ bản của môn học Thủy nông, Trạm bơm liên quan đến ba vấn đề rất quan trọng trong thủy lợi phục vụ nông nghiệp, đó là kỹ thuật tưới, kỹ thuật tiêu và thiết kế trạm bơm phục vụ tưới-tiêu. Vì lý do đó, cuốn sách được đặt tên là "Thiết kế hệ thống tưới tiêu", với tên gọi như vậy, ngoài những kiến thức cơ bản của kỹ thuật tưới, tiêu và trạm bơm, trong cuốn sách còn có nhiều nội dung rất sát thực cho công tác thiết kế hệ thống tưới tiêu.

Ngoài nội dung cơ bản về kỹ thuật, cuốn sách còn đề cập khá cụ thể đến lĩnh vực quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu, phân tích hiệu quả kinh tế của dự án tưới tiêu cũng như các vấn đề có liên quan tới xã hội và môi trường.

Cấu trúc các chương mục đã được các tác giả nghiên cứu để bạn đọc dễ nắm bắt vấn đề, cuối mỗi chương đều có các câu hỏi và bài tập để giúp quá trình tự nghiên cứu dễ dàng hơn. Ngoài ra các tác giả cũng cố gắng chọn lọc hình vẽ minh họa sáng sủa và dễ hiểu, những thí dụ rõ ràng, cập nhật những kiến thức mới có liên quan.

Kết cấu cuốn sách chia thành 11 chương, trong đó Ths. Nguyễn Anh Tuấn viết Chương II (Cân bằng nước tưới) và Chương III (Thiết kế hệ thống tưới), TS. Nguyễn Thượng Bằng (chủ biên) viết 9 chương còn lại cùng phần phụ lục.

Đối tượng phục vụ chủ yếu của cuốn sách Thiết kế hệ thống tưới tiêu là sinh viên ngành Xây dựng Công trình thủy lợi - Khoa Công trình thủy - Trường Đại học Xây dựng và là tài liệu tham khảo cho bạn đọc quan tâm đến vấn đề thiết kế hệ thống tưới tiêu trong thủy lợi phục vụ nông nghiệp ở nước ta.

Cuốn sách được xuất bản với sự động viên, sự ủng hộ nhiệt tình của các thầy giáo và đồng nghiệp trong Bộ môn Xây dựng Thủy lợi - Thủy điện, Khoa Công trình thủy - Trường Đại học Xây dựng, cũng như sinh viên trong ngành và trong khoa Công trình thủy. Qua đây các tác giả xin bày tỏ sự cảm ơn chân thành sự giúp đỡ và động viên, đặc biệt là sự ủng hộ và tạo điều kiện của các đồng nghiệp; các ý kiến nhận xét sâu sắc của PGS. TS. Phạm Hồng Nhật.

Do nhu cầu gấp về giáo trình nên nội dung cuốn sách chắc không tránh khỏi sai sót và hạn chế, tập thể các tác giả mong nhận được sự góp ý để lần tái bản sau sẽ đáp ứng tốt hơn nhu cầu học tập, nghiên cứu của sinh viên và bạn đọc.

Các tác giả

CHỮ VIẾT TẮT

B/C	Tỷ số Lợi ích/Chi phí
BT	Bê tông
BTCT	Bê tông cốt thép
BXCT	Bánh xe công tác của máy bơm
CN	Phương pháp đường cong số
CP-LI	Kỹ thuật phân tích Chi phí - Lợi ích
E_{pan}	Lượng nước bốc hơi từ chậu đo bốc hơi
ET	Lượng bốc thoát hơi thực vật
ET_0	Lượng bốc thoát hơi tiềm năng của cây trồng
FAO	Tổ chức Lương thực thế giới
FV	Giá trị quy về tương lai
GNP	Tổng sản phẩm quốc gia
HEC-1	Phần mềm HEC-1
HTTL	Hệ thống thủy lợi
IRR	Hệ số hoàn vốn nội tại
K_c	Hệ số bốc thoát hơi của cây trồng
K_p	Hệ số bốc hơi chậu
MBA	Máy biến áp
MNC	Mực nước chết
MNDBT	Mực nước dâng bình thường
NMB	Nhà máy bơm
NMTĐ	Nhà máy thủy điện
NPV	Lợi nhuận ròng quy về hiện tại
PE	Chất dẻo tổng hợp PE
PMF	Lũ cực hạn
PV	Giá trị quy về hiện tại
PVC	Chất dẻo tổng hợp PVC
Q_{max}	Lưu lượng lớn nhất
Q_{min}	Lưu lượng nhỏ nhất
QHTT	Quy hoạch tuyến tính
Q_{TK}	Lưu lượng tưới thiết kế
QT-NN.TL	Quy trình Nông nghiệp - Thủy lợi
r	Hệ số chiết khấu
SI	Hệ đo lường Quốc tế (hệ Mét)
SSARR	Chương trình SSARR
TANK	Phần mềm TANK
T_c	Thời gian tập trung dòng chảy
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
TCXDVN	Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam
TĐ	Thủy điện
T_{hv}	Thời gian hoàn vốn
W_{tn}	Lượng nước thiên nhiên
$W_{\text{y/c}}$	Lượng nước yêu cầu của cây trồng

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MÔN HỌC

1.1. VAI TRÒ CỦA ĐẤT- NƯỚC VÀ CON NGƯỜI TRONG VIỆC CẢI TẠO THIÊN NHIÊN

1.1.1. Nội dung cơ bản của môn học

Nội dung cơ bản của môn học *Thiết kế hệ thống tưới tiêu* hay *Thủy nông - Trạm bơm* là nghiên cứu bài toán cân bằng nước và điều tiết nước phục vụ nông nghiệp nói chung và cây trồng nói riêng, môn học đồng thời nghiên cứu kỹ thuật tưới, kỹ thuật tiêu và các vấn đề liên quan đến thiết kế và quản lý khai thác một hệ thống tưới, tiêu trong đó có nghiên cứu một thành phần quan trọng của hệ thống là trạm bơm.

Môn học mang tính kết hợp hài hòa giữa lĩnh vực thủy nông với lĩnh vực công trình thủy công và thiết bị thủy lực, năng lượng. Cấu trúc môn học như vậy đảm bảo được yêu cầu và mục đích là cung cấp cho sinh viên chuyên ngành Công trình thủy những kiến thức cơ bản về các giải pháp cải tạo đất bằng thủy lợi, thông qua hình thức tưới - tiêu và các kiến thức liên quan đến vấn đề trạm bơm phục vụ nông nghiệp. Đây là một trong những chủ trương đào tạo rộng, tăng lượng thông tin cho người học. Môn học có thể chia thành hai phần chính là:

Phần thủy nông nghiên cứu "*trạng thái nước ở ruộng và quy luật biến hoá của nước trong khu vực, từ đó tìm biện pháp điều tiết nước theo yêu cầu của con người nhằm loại trừ úng - hạn*".

Phần trạm bơm nghiên cứu "*các loại hình trạm bơm, cấu trúc, nguyên tắc làm việc, thiết kế, khai thác, quản lý vận hành trạm bơm, một trong những công trình có vai trò quan trọng và được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực thủy nông, thủy lợi*".

Hai phần trên được trình bày chi tiết hơn trong ba nội dung chính sau:

- (1) Vấn đề tưới trong nông nghiệp và kỹ thuật tưới.
- (2) Vấn đề tiêu úng trong nông nghiệp và kỹ thuật tiêu.
- (3) Vấn đề bơm và công trình trạm bơm phục vụ tưới-tiêu.

1.1.2. Vai trò của đất - nước đối với cuộc sống cây trồng

Nước là cơ sở sinh tồn và phát triển của mọi sinh vật trên trái đất, nhà Bác học Xô Viết V.R. Viliam đã tìm ra quy luật quan trọng về "*Tính ngang nhau và không thể thay thế lẫn nhau*" giữa các yếu tố cần thiết cho sự sinh tồn và phát triển của cây trồng. Những yếu tố đó là : *Nước - Chất dinh dưỡng - Nhiệt độ - Ánh sáng - Không khí*. Trong các yếu tố trên, nước là yếu tố tác động mạnh mẽ nhất đến sự phát triển của cây trồng.

Trong thiên nhiên, dưới góc độ thủy nông, nước tồn tại dưới ba dạng chính: nước trong không khí (hơi nước): nước trên mặt đất (nước trong sông suối, ao, nước biển); và nước ngầm dưới mặt đất (nước ngầm và nửa ngầm) như trong hình 1.1 - Vòng tuần hoàn nước trong tự nhiên.

Ba dạng tồn tại của nước dưới tác động của các quy luật tự nhiên, liên tục và thường xuyên hoán đổi cho nhau.

Tuy trữ lượng nước và nước ngọt trên trái đất rất lớn nhưng lại phân bố rất không đều theo không gian và thời gian. Thí dụ trong khi ở Hawaii (Mỹ) lượng mưa trung bình là 11.084 mm/năm thì ở vùng Liev (Chilê) lại chỉ khoảng 8 mm/năm. Tại khu vực Yêmen có nhiều năm hầu như không có mưa, trong khi ở New Deli (Ấn Độ) cách đó không xa thì có năm lại mưa liên tục trong 4 - 5 tháng liên tiếp.

Ở Việt Nam, lượng mưa trung bình từ 1.000 - 3.000 mm/năm, cá biệt có năm lên đến 3.400 mm. Lượng mưa trung bình nhiều năm ở nước ta là $X_0 = 1.800$ mm/năm. Tổng lượng mưa hàng năm trên lãnh thổ khoảng 300 km^3 . Nếu kể cả các khu vực ở ngoài lãnh thổ đổ vào thì lên đến 810 km^3 . Theo đánh giá chung, nước ta thuộc loại giàu tiềm năng về nước ngọt. Với lượng nước như vậy, tính trung bình theo đầu người, nước ta thuộc loại cao trên thế giới.

Mưa trên lãnh thổ Việt Nam cũng phân bố không đều theo không gian và thời gian. Đại bộ phận các vùng trên lãnh thổ có lượng mưa vừa phải (1.500 mm/năm) như vùng đồng bằng Bắc Bộ, đồng bằng Nam Bộ, vùng núi Bắc Bộ, và vùng Nam Tây Bắc. Tại những vùng này, năm mưa nhiều lên đến 2.000 - 2.500 mm, năm mưa ít cũng đạt hơn 1.000 mm. Trên các triền núi cao Đông Trường Sơn, Hoàng Liên Sơn, Bắc Tây Bắc, lượng mưa trung bình khoảng 2.500 mm/năm. Các trung tâm mưa lớn như: Bắc Quang (Bắc Cạn), Kỳ Anh (Hà Tĩnh), Công Tum có lượng mưa trung bình là 4.000 mm/năm. Một số vùng khuất gió, mưa ít là: Phan Rang, Thuận Hải, Quảng Trị, Yên Bái có lượng mưa trung bình là 400 - 800 mm/năm.

Vì mưa và nước phân bố không đều như vậy, nên các hiểm họa của thiên nhiên về hạn hán và úng lụt thường xuyên diễn ra trên thế giới và ở nước ta. Trong tình trạng tự nhiên, cây cối và hoa màu chỉ có thể phát triển tốt khi điều kiện sinh tồn và phát triển được đảm bảo mà thôi. Thiếu nước và khô hạn làm cho cây cối héo hon và chết, kéo theo mất mùa. Thừa nước, gây úng ngập, cũng làm cây cối không thể tồn tại được.

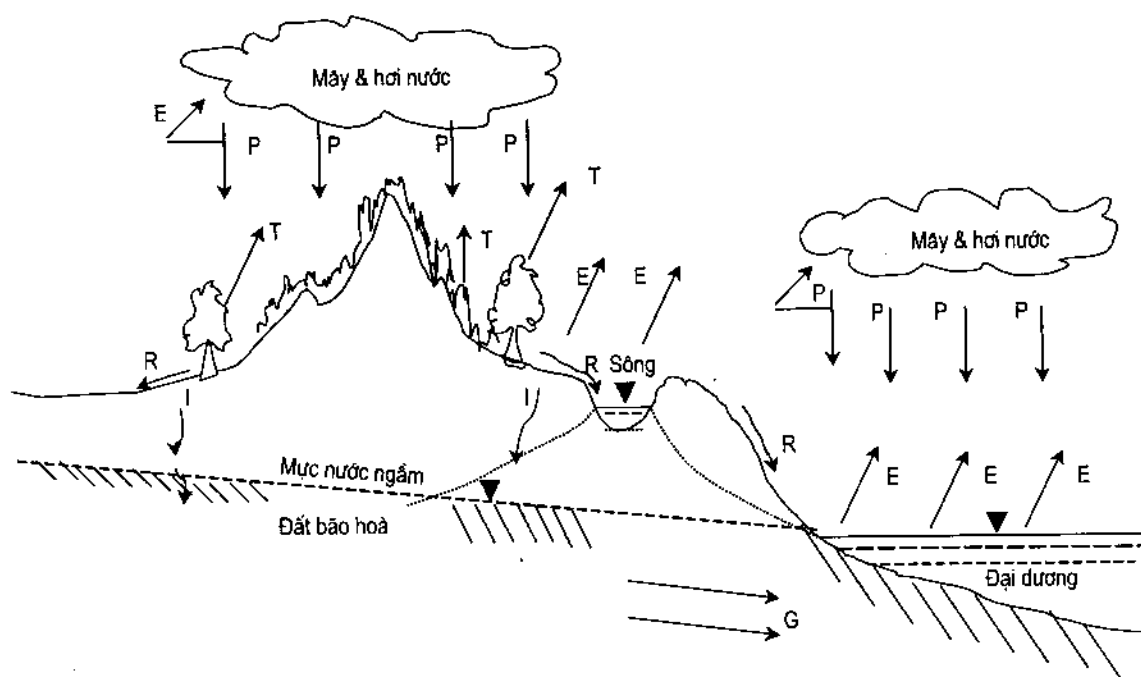
Về chất dinh dưỡng và môi trường đất, dưới góc độ nông nghiệp và cây trồng, "đất mẹ" chính là môi trường để cây cối thực hiện quá trình trao đổi chất dinh dưỡng. Do đó, đất cũng đóng vai trò không thể thiếu được đối với sự sinh tồn và phát triển của cây cối.

Từ xa xưa đến nay, trong lĩnh vực sản xuất nông nghiệp, nước đóng vai trò quan trọng hàng đầu. Nước ta là nước nông nghiệp, từ xưa ông cha đã có câu: "*Nhất nước, nhì phân*", còn ngày nay là khẩu hiệu "*Thủy lợi là biện pháp hàng đầu trong nông nghiệp*". Sự tham gia tích cực của thủy lợi, đảm bảo chủ động nước tưới cùng với những giống lúa

ngắn ngày, năng suất cao đã đẩy tốc độ thâm canh lên cao, có nơi gieo trồng vào thu hoạch đến 3 vụ lúa nước một năm. Sản lượng nông nghiệp của Việt Nam tăng vọt trong những năm 1990 đã đưa nước ta trở thành một trong những quốc gia xuất khẩu gạo hàng đầu trên thế giới. Ngày nay, bước sang thế kỷ XXI, chúng ta đang đẩy mạnh công nghiệp hóa và hiện đại hóa, chuyển dịch mạnh cơ cấu ngành nghề và cơ cấu cây trồng. Điều đó dẫn đến nhiều giống cây ngắn ngày, năng suất cao nhưng đồng thời có nhu cầu về nước tưới rất lớn, dẫn đến cần thiết phải xây dựng hệ thống thủy lợi có khả năng điều tiết lớn và hiệu quả sử dụng cao hơn.

1.1.3. Vòng tuần hoàn nước trong tự nhiên

Vòng tuần hoàn nước còn được gọi là Vòng tuần hoàn thủy văn (The Hydrologic Cycle) là một quá trình liên tục, trong đó nước được vận chuyển từ các đại dương lên khí quyển, tới các lục địa rồi lại quay trở lại đại dương. Quá trình tuần hoàn này được minh họa trong hình 1.1.



Hình 1.1: Vòng tuần hoàn nước trong tự nhiên

*T: Thoát nước từ thực vật; E: Bốc hơi từ mặt đất và mặt nước; P: Mưa;
R: Dòng chảy mặt; G: Dòng chảy ngầm; I: Dòng thấm (T: Transpiration;
E: Evaporation; P: Precipitation; R: Surface Runoff; G: Groundwater Flow; I: Infiltration)*

Động lực của vòng tuần hoàn nước là năng lượng mặt trời đã làm bốc thoát hơi nước, ngưng tụ thành mây sau đó mưa xuống đất và mặt đại dương, từ mặt đất nước mưa hình thành các dòng chảy mặt và ngầm rồi quay lại đại dương. Trong quá trình trên, chất lượng nước thường xuyên bị thay đổi, điển hình nhất là nước mặn của biển khi bốc hơi

trở thành nước ngọt. Chu trình trên diễn ra liên tục trên phạm vi toàn cầu và đây là một quy luật vĩ đại của tự nhiên. Do đó khi nghiên cứu các vấn đề về nguồn nước, về cân bằng nước bao giờ cũng phải gắn kết với quy luật này, đây là nhiệm vụ của các quốc gia trong từng khu vực và của cả nhân loại.

1.1.4. Vai trò của con người trong cải tạo thiên nhiên

Chính vì nước trong tự nhiên phân bố rất không đều theo không gian và thời gian, chính vì nước là một yếu tố quan trọng, không thể thiếu được đối với sự sống nói chung và với sự sinh tồn và phát triển của cây trồng nói riêng, cho nên con người đã đấu tranh với thiên nhiên nhằm giảm nhẹ và loại bỏ những hiểm họa về khô hạn và úng ngập, đồng thời khai thác hiệu quả những mặt lợi từ nguồn nước để phục vụ mình. Trong nông nghiệp, chúng ta đã từng biết và sử dụng hiệu quả khẩu hiệu "Nước là biện pháp hàng đầu trong nông nghiệp". Thực hiện phương châm này, nền nông nghiệp của chúng ta từ lạc hậu, tự cung tự cấp, thất thường nay đã khá phát triển và ổn định. Kết hợp với các bước đột phá về giống, phân bón, công nghệ sinh học và thuốc trừ sâu, nền nông nghiệp nước ta cuối thế kỷ XX đã phát triển vượt bậc và chúng ta trở thành một trong những nước xuất khẩu gạo hàng đầu trên thế giới. Tất nhiên thành quả đó là do nhiều yếu tố tác động tổng hợp, nhưng phải khẳng định rằng, thủy lợi của chúng ta đã đạt được nhiều thành công và đã phát huy hiệu quả đối với nền kinh tế quốc dân.

Con người thông qua các biện pháp thủy nông để cân bằng lại nhu cầu về nước của cây trồng và lượng nước tự nhiên có sẵn. Căn cứ vào mức ngậm nước của đất, các biện pháp trong thủy nông có thể chia thành hai nhóm chính là tăng lượng ẩm cho vùng đất thiếu ẩm, khô hạn và nhóm biện pháp nhằm giảm lượng nước thừa trong vùng đất úng ngập.

Việc bổ sung nước cho đất thường được thực hiện thông qua các hình thức sau:

1. Sử dụng các giải pháp nhằm tăng khả năng lợi dụng nguồn nước thiên nhiên sẵn có ở hồ ao, sông suối, nước trong đất,... Nội dung này có thể được giải quyết bằng các biện pháp như đắp đập, đắp bờ ngăn để giữ nước mưa tại chỗ, tăng khả năng ngấm, thấm để trữ được nhiều nhất nước mưa trong đất, tăng độ nhám, giảm độ dốc bề mặt thông qua ruộng bậc thang, cây sâu, tạo lớp thực vật che phủ,...

2. Sử dụng các biện pháp làm giảm tổn thất bất lợi như giảm tổn thất bốc hơi nước từ đất, giảm bốc hơi từ bề mặt thực vật. Nội dung này được giải quyết bằng các hình thức như hệ thống cây trồng chắn gió, cây che nắng, tăng độ phì của đất bằng các biện pháp canh tác nông nghiệp, bón phân,...

3. Tạo và duy trì chế độ nước cần thiết trong đất bằng kỹ thuật tưới nhân tạo phối hợp với kỹ thuật canh tác nông nghiệp. Đây là nội dung chủ yếu của thủy nông thông qua kỹ thuật tưới.

Đối với các biện pháp nhằm giảm lượng nước thừa trong đất có thể tiến hành thông qua một số hình thức sau:

1. Ngăn chặn hoặc hạn chế lượng nước từ bên ngoài tới bằng hệ thống bờ vùng, kênh đón nước mặt, kênh tiêu nước ngầm,...

2. Tăng khả năng thoát nước tự nhiên của đất bằng các giải pháp tăng ngấm, thấm, tăng bốc hơi nước từ đất và từ thực vật,...

3. Giảm lượng nước thừa trong đất bằng biện pháp tiêu nước nhân tạo. Đây cũng là một nội dung chính của thủy nông thông qua *Kỹ thuật tiêu*.

Kỹ thuật tưới-tiêu hiện nay, khi lưu ý đến tính độc lập tương đối của mỗi lưu vực có thể phân thành hai giải pháp chủ yếu là:

Giải pháp giữ nước: Giữ nước là giải pháp tích cực và rất cơ bản để điều chỉnh lại dòng chảy vốn phân bố không đều theo thời gian và không gian. Với giải pháp này, lượng nước dồi dào và dư thừa trong mùa mưa được tích trữ lại trong các hồ chứa để sử dụng trong mùa khô hạn. Các hồ chứa nhân tạo từ quy mô nhỏ đến quy mô lớn và siêu lớn được hình thành bởi các đập dâng mà chúng ta đã nghiên cứu trong các môn học thủy văn, thủy năng - điều tiết dòng chảy, thủy công,...

Giải pháp dẫn nước: Dẫn nước là một giải pháp quan trọng không kém công đoạn giữ nước. Khi sông, suối, ao, hồ ở chỗ thấp không đủ cao độ để tưới tự chảy tới các khu tưới cao hơn, lúc này vai trò của trạm bơm và hệ thống dẫn nước được áp dụng để giải quyết vấn đề chuyển nước.

Chuyển nước từ lưu vực này sang lưu vực khác cũng là một hình thức khác của giải pháp dẫn nước. Chúng ta đã có các dự án thủy lợi thủy điện khai thác tổng hợp nguồn nước (trong đó có nhiệm vụ chuyển nước lưu vực) như: TĐ Đa Nhim, TĐ Đại Ninh, TĐ Hàm Thuận - Đa Mi... đã sử dụng hồ chứa nước và dẫn đi cấp cho các tỉnh miền Bắc Nam bộ (Phan Rang - Thuận Hải), là những tỉnh có lượng mưa thấp, thiếu nước nghiêm trọng, nằm ngoài lưu vực có các hồ chứa thủy điện trên.

Trong những năm 2000 - 2005, nhiều chương trình của Nhà nước như chương trình 135, chương trình "Giảm nghèo", chương trình "Kiên cố hoá kênh mương" chính là các chương trình quốc gia về "dẫn nước tưới" và tăng hiệu quả tưới.

Kết hợp các nguyên tắc về giữ nước, dẫn nước, cấp nước, thoát nước, con người đã tham gia tích cực vào quá trình tự bảo vệ mình, chống lại thiên nhiên khắc nghiệt và đó chính là một trong những biện pháp đấu tranh sinh tồn của loài người trên hành tinh của chúng ta.

1.1.5. Đối tượng và cấu thành của môn học

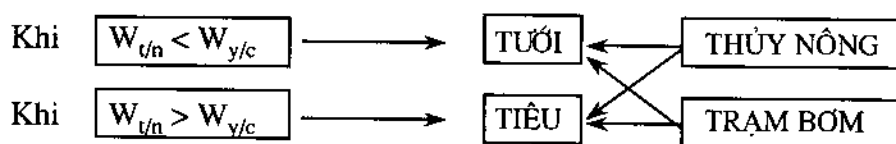
Đối tượng của môn học Thiết kế hệ thống tưới tiêu là: *Sự tồn tại và phát triển của cây trồng với năng suất và hiệu quả cao có sự tham gia tích cực và chủ động của con người thông qua kỹ thuật tưới - tiêu và bơm nước.*

Như vậy đối tượng của môn học là cây trồng và vấn đề tưới tiêu cho cây trồng mà không nghiên cứu các vấn đề khác như: đất đai, thổ nhưỡng, giống cây trồng hay thuốc

trừ sâu,... Với đối tượng là cây trồng như đã nêu, môn học được cấu thành từ ba lĩnh vực có chuyên môn tương đối độc lập là:

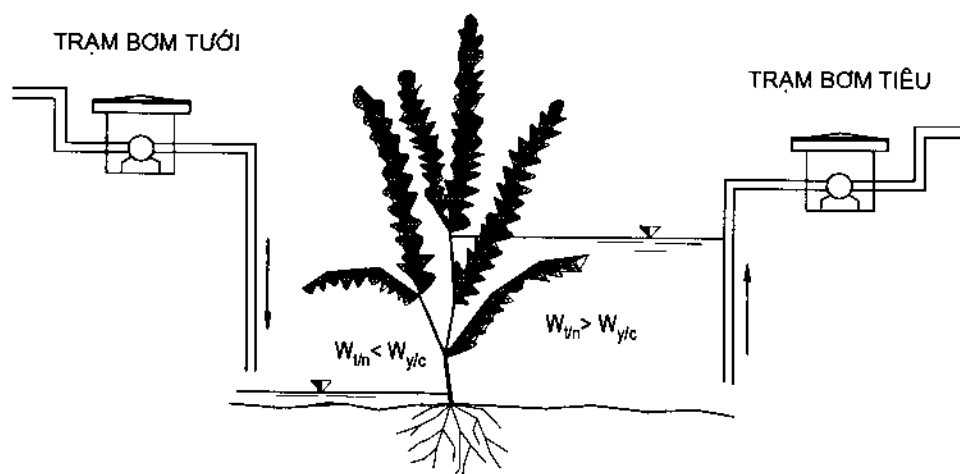
- Kỹ thuật tưới cho cây trồng.
- Kỹ thuật tiêu úng cho đất và cây trồng.
- Kỹ thuật bơm động lực phục vụ nhiệm vụ tưới và tiêu nêu trên.

Ba lĩnh vực trên tuy riêng biệt nhưng lại rất khăng khít với nhau thông qua nhu cầu nước của cây trồng và các giải pháp thủy lợi mà con người tác động vào cây trồng để đảm bảo quá trình tồn tại, sinh trưởng và phát triển với năng suất cao của cây trồng. Nếu gọi $W_{y/c}$ là lượng nước yêu cầu của cây trồng tại thời điểm nào đó, sẽ có mối tương quan tương đối giữa lượng nước thiên nhiên $W_{t/n}$ (thông qua mưa, độ ẩm không khí, độ ẩm tự nhiên của đất) và kèm theo giải pháp tưới hoặc tiêu tùy theo mối quan hệ đó như trong hình 1.2.



Hình 1.2: Sơ đồ minh họa về cấu thành của môn học

Một hình ảnh minh họa khác về mối liên hệ chặt chẽ giữa kỹ thuật tưới tiêu (thủy nông - trạm bơm) với cây trồng được thể hiện trong hình 1.3.



Hình 1.3: Mối quan hệ giữa kỹ thuật tưới - tiêu - bơm nước với cây trồng

1.2. LƯỢC SỬ PHÁT TRIỂN THUỶ NÔNG VÀ HỆ THỐNG TƯỜI TIÊU

1.2.1. Trên thế giới

Sự nghiệp thủy lợi trong lịch sử các dân tộc đều được bắt đầu từ phục vụ nông nghiệp. Trước kia, con người còn lệ thuộc vào thiên nhiên, họ coi thiên nhiên là đáng tối

cao, khống chế mọi hoạt động của con người. Nhưng dần dần trong quá trình sinh tồn và phát triển, con người thấy rằng có thể và cần phải đấu tranh với thiên nhiên để dành lấy sự sống.

Cách đây hàng nghìn năm, con người đã biết đắp đập tạo hồ, đào giếng, khơi dòng để dẫn nước tưới ruộng. Khoảng 2000 năm trước Công nguyên, người Ai Cập ở hạ lưu sông Nin đã xây dựng hồ chứa nước, đặc biệt nhất là hồ Morit có chu vi 200 km. Đời nhà Đường (thế kỷ thứ 7) người Trung Quốc đã đào con kênh dài 1100 km để lấy nước tưới và vận tải thủy. Trước Công nguyên, dân ở lưu vực sông Lưỡng Hà và sông Ấn cũng đã biết làm thủy lợi.

Việc tưới nước cho cây trồng đã lan rộng từ Ai Cập, Trung Quốc, Ấn Độ sang phương Tây. Dẫn nước tưới cũng đã được phát triển rất sớm ở Anjêri, Tunizi vùng Bắc Phi.

Tuy nhiên, thời kỳ sơ khai của sự nghiệp thủy nông nêu trên mang nặng tính chất tự phát và tính kinh nghiệm mà chưa có cơ sở khoa học, cơ sở lý luận.

Khoa học thủy nông còn khá trẻ, cơ sở lý luận của nó chỉ mới được hình thành từ những năm 1700. Nhà khoa học Nga Lômonôxốp, năm 1738 trong tác phẩm "Nền kinh tế Liflianxcia" đã đề cập tới các phương pháp tiêu nước đầm lầy. Khoảng cuối thế kỷ 18, đầu thế kỷ 19, A.T. Bôlôtốp đã bắt tay nghiên cứu phát triển về mặt lý luận cũng như thực tế tiêu nước cho đất trồng.

Lý luận về tính toán các hệ thống tưới tiêu được dựa trên cơ sở lý thuyết về thấm và các bài toán ứng dụng của nó. Người sáng lập lý thuyết thấm là nhà bác học N.G.Giucôpxki. Trên cơ sở lý thuyết thấm đó, năm 1914 nhà Bác học Nga S.P. Macximốp đã xuất bản cuốn sách đầu tiên về lý luận tưới nước. Đến năm 1916, A.B. Banxki cho xuất bản cuốn "Kỹ thuật thủy lợi" và năm 1919, viện sĩ Côpchicôp cho xuất bản cuốn "Các thành phần tính toán chủ yếu của mạng lưới tưới nước và các vấn đề cần nghiên cứu". Sau này các vấn đề tính toán hệ thống tưới tiêu đã có những tác phẩm quan trọng của A.D. Đubas, I.P. Cuxakin, A.D. Brugaxtôp, G.N. Kameuxki, A.N. Côtchiacôp, C.K. Abramốp, S.F. Avepiannốp... Có thể nói rằng, trong các nhà khoa học trên, Viện sĩ A.N. Côtchiacôp đã có nhiều công trong việc nghiên cứu, hoàn chỉnh, xây dựng cơ sở lý luận cho môn học thủy nông. Trong suốt đời hoạt động của mình từ luận văn tốt nghiệp đại học đầu tiên năm 1911 đến khi mất (1957). Ông đã xuất bản hơn 100 tác phẩm có giá trị, trong đó giáo trình "Nguyên lý thủy nông" của tác giả đã tái bản lần thứ 6, là một trong những giáo trình thủy nông đầu tiên và hoàn chỉnh nhất.

Về tiêu thoát nước cho cây trồng trong nông nghiệp đã được áp dụng hơn 2000 năm trước kia. Vào thế kỷ thứ 2 trước công nguyên Roman Cato đã đề nghị giải pháp tiêu nước cho vùng đất trũng bằng các ống tiêu nước. Vào nửa cuối thế kỷ thứ 19, lý thuyết tiêu thoát nước cho đất trồng trọt đã hình thành và phát triển, cùng thời gian này, công nghệ sản xuất ống tiêu nước trong các nhà máy cũng rất phát triển. Cũng vào thế kỷ này và đầu thế kỷ 20, mối quan hệ giữa tưới-tiêu-rửa mặn đã hình thành đầy triển vọng với những nghiên cứu của E.W. Hilgard. Giữa những năm 1950, ngành công nghiệp về tiêu

nước được thành lập đồng thời với việc tổng kết những kiến thức cơ bản nhất về tiêu trong cả lĩnh vực lý thuyết và thực hành. Kể từ đó, kỹ thuật tiêu đã phát triển với tốc độ rất nhanh. Những bước đột phá, nhiều cuộc cách mạng về vật liệu mới, công nghệ mới và lý thuyết hiện đại cùng sự hỗ trợ hiệu quả của máy tính điện tử đã đưa kỹ thuật tiêu tiến sâu vào cuộc sống của con người. Đặc biệt vấn đề chất lượng nước trong công tác quản lý nguồn nước đã được quan tâm và phát triển nhanh chóng. Sự bùng nổ về ô nhiễm môi trường trong đó có ô nhiễm nguồn nước, các thảm họa và thiệt hại do lũ lụt cũng đặt ra những nhiệm vụ nặng nề đối với kỹ thuật tiêu thoát nước.

Trong kỹ thuật tiêu thoát nước, những nhà khoa học tiên phong có công rất lớn như: J. W. Biggar, Herman Bouwer, Don Kirkham và R. C. Reeve đã để lại nhiều công trình trong Tuyển tập số 17, "Drainage for Agriculture" trong năm 1967. Nhiều giáo trình, tạp chí và những nghiên cứu về kỹ thuật tiêu đã được xuất bản gần đây, có thể kể đến cuốn sách "Drainage of Agricultural Lands" năm 1957, cuốn "Drainage for Agriculture" năm 1974 do Hiệp hội nông nghiệp Mỹ (American Society of Agronomy xuất bản, Tạp chí "Drainage Principles and Application" Tập 4 năm 1972-1974 của Trường đại học quốc tế về nông nghiệp và cải tạo đất bang Wageningen, Mỹ, Hội thảo quốc tế năm 1979 "Proceedings of the International Drainage", hay "Drainage Testing" năm 1976 và "Drainage Design Factors" năm 1981 trong tuyển tập nghiên cứu của Tổ chức lương thực thế giới FAO.

1.2.2. Ở Việt Nam

Ở Việt Nam, sau ngày hoà bình lập lại 1954, thuỷ nông mới được hình thành một môn học riêng để giảng dạy ở các trường trung cấp và đại học thuỷ lợi. Mặc dù vậy sự nghiệp phát triển thuỷ nông ở nước ta đã được hình thành từ xa xưa.

Nhiều tài liệu khảo cổ của nền văn hoá Bắc Sơn đi chỉ Đabút cho biết nghề trồng lúa ở nước ta đã có từ rất lâu. Nhân dân ta cũng đã biết đắp bờ giữ nước, đào giếng, khơi mương để lấy nước tưới ruộng. Nay vẫn còn di tích hệ thống giếng xây bằng đá để lấy nước tưới ruộng tại Gio Linh (Quảng Trị), các hệ thống kênh đào dẫn nước ở Nha Trinh, Ninh Chu (Ninh thuận). Thời Cao Biền cho nổ đá khai sông, đào kênh Sơn, kênh Sát ở Nghệ An là kết quả sức lao động của nhân dân ta đấu tranh với thiên nhiên để sinh tồn.

Sau đó, từ giữa thế kỷ thứ 10, nhiều công trình phục vụ nông nghiệp đã được xây dựng như: năm 983 (thời Lê Hoàn) đã đào sông Đồng Cỏ, Bà Hoà ở Thanh Hoá; năm 1029 (thời Lý Thái Tông), đã đào sông đào An Nãi ở Thanh Hoá; năm 1091 (thời Lý Thánh Tông), đã đào sông Lãnh Kênh ở Thái Nguyên; năm 1231 (thời Trần Thái Tông), đã đào sông Hào, sông Trầm ở Thanh Hoá; năm 1390 đã đào sông Thiên Đức (tức sông Đuống ngày nay) để phân lũ sông Hồng và lấy nước tưới. Đầu thế kỷ 15, nhân dân ta đã đào kênh nhà Lê chạy dài từ Thanh Hoá đến Nghệ An để vừa lấy nước tưới vừa phục vụ giao thông thuỷ.

Từ thế kỷ 16 đến khi CM tháng 8 năm 1945, dưới ách đô hộ của thực dân Pháp thì chỉ có khoảng hơn 10 công trình lấy nước tưới được xây dựng ở nước ta.

Từ khi hòa bình lập lại nhân dân ta đã bắt tay ngay vào công cuộc khôi phục lại các công trình thủy lợi bị hư hỏng do chiến tranh. Với phương châm đúng đắn của Đảng và Nhà nước ta "kết hợp giữ nước với dẫn nước, tháo nước; kết hợp những công trình quy mô nhỏ do dân làm với những công trình quy mô vừa và lớn do Nhà nước đầu tư", chúng ta đã xây dựng được rất nhiều các công trình thủy nông, trạm bơm, xây dựng mạng lưới kênh mương trên tất cả các tỉnh trong cả nước. Hệ thống thủy nông Bắc Hưng Hải là một thí dụ điển hình của kỹ thuật tưới tiêu ở miền Bắc nước ta những năm 1960-1970.

Sau năm 1975, cả nước thống nhất, sự nghiệp xây dựng, phát triển thủy lợi được đẩy lên một tầm cao mới cả về số lượng và chất lượng. Hệ thống thủy lợi với hồ điều tiết Dầu Tiếng ở Tây Ninh là một minh chứng cho giai đoạn 1975-1980 ở Miền Nam. Công trình thủy lợi - thủy điện Hòa Bình trên sông Đà, khai thác tổng hợp nguồn nước với nhiệm vụ phòng lũ hạ du được đưa lên hàng đầu đã được xây dựng và phát huy hiệu quả trong những năm 1980-1990 đánh dấu trang sử mới về áp dụng kỹ thuật tiên tiến, hiện đại trong sự nghiệp thủy lợi của chúng ta. Cũng trong thời gian này, hồ thủy điện Trị An trên sông Đồng Nai vừa phát điện vừa làm nhiệm vụ đẩy mặn cũng là một dấu son trong sự nghiệp thủy lợi của nước nhà. Sau đó hàng loạt các công trình và hệ thống thủy nông - trạm bơm đã được Nhà nước đầu tư trên khắp các vùng, miền trong cả nước. Chương trình quốc gia "kiên cố hoá kênh mương" trong những năm 2000 đã nâng hiệu quả dẫn nước của mạng lưới thủy nông nước ta lên hàng chục % so với trước kia. Vào những năm đầu của thế kỷ 21, hàng loạt các công trình thủy lợi - thủy điện - phòng lũ đã được xây dựng ở nhiều địa phương như công trình Cần Đơn (sông Bé), Đồng Nai 3-4 (sông Đồng Nai), công trình Avương (hệ thống sông Vũ Gia - Thu Bồn), công trình Chư Pông Krông - Buôn Khuốp (sông Srêpok), công trình Cửa Đạt, Rào Quán, Đại Thị (Na Hang), Sơn La,... và rất nhiều các công trình khác nữa.

Về mặt lý thuyết, chúng ta đã tiếp thu và phát triển kỹ thuật thủy nông từ các nước tiên tiến trên thế giới. Các luồng lý luận và công nghệ từ Đông Âu, từ Trung Quốc, từ các nước Tây Âu và các tổ chức quốc tế đã được nhiều nhà khoa học trong nước tổng kết và tiếp tục phát triển. Có thể kể đến những bộ giáo trình Thủy nông của trường Đại học Thủy lợi, Trường Đại học Nông nghiệp I, Đại học Nông nghiệp Huế, cuốn giáo trình "Thủy nông - Trạm bơm" của GS. TSKH. Trịnh Trọng Hàn trường Đại học xây dựng và nhiều các bài viết, các tạp chí và các đề tài khoa học trong bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

Nước ta là nước có đất đai, khí hậu rất phong phú, thiên nhiên vừa ưu đãi vừa khắc nghiệt, do đó công tác thủy lợi, thủy nông phục vụ nông nghiệp đóng vai trò hết sức quan trọng trong công cuộc hiện đại hóa đất nước. Đúng như V. I. Lê Nin đã nói "Công tác thủy lợi là cần thiết hơn cả, chính nó sẽ tái tạo đất nước, sẽ chấn hưng đất nước,...".

1.3. MỘT VÀI ĐẶC ĐIỂM TỰ NHIÊN Ở NƯỚC TA

Nước Việt Nam ở phía đông nam châu Á, hoàn toàn nằm trong vùng nhiệt đới bắc bán cầu, đồng thời nằm giữa khu vực gió mùa đông nam. Miền Bắc nước ta nằm trong khu vực chuyển tiếp giữa khí hậu nửa nhiệt đới và nhiệt đới. Còn miền nam mang tính nhiệt đới rõ rệt. Diện tích cả nước là 330000km^2 , trong đó miền Nam hơn 170000km^2 , vùng núi và cao nguyên chiếm tới 3/5 diện tích cả nước. Nước ta có những vùng đồng bằng lớn nằm ở hạ lưu các sông lớn như sông Cửu Long, sông Hồng, sông Mã, sông Cả là những vùng trọng điểm sản xuất nông nghiệp mà chủ yếu là trồng cây lúa nước.

Khí hậu nước ta rất phức tạp, ngoài tính khí hậu nhiệt đới, còn có tính khí hậu cận nhiệt đới ở một số vùng. Nhiệt độ trung bình hàng năm từ 21°C - 27°C (Lạng Sơn: 21°C ; Hà Nội : 23°C ; Sài Gòn : $26,9^\circ\text{C}$). Nhiệt độ cao nhất thay đổi theo các miền, biến động từ 35°C - 43°C (Hà Tiên: $34,8^\circ\text{C}$; Huế : $39,9^\circ\text{C}$; Hà Nội : $42,8^\circ\text{C}$). Nhiệt độ thấp nhất thay đổi từ $1,5^\circ\text{C}$ - $15,5^\circ\text{C}$ (Lạng Sơn: $1,5^\circ\text{C}$; Huế $8,8^\circ\text{C}$; Hà Tiên $15,4^\circ\text{C}$).

Thời tiết hai miền Bắc và Nam nước ta khác nhau rõ rệt. Ở miền Bắc, mùa hè nóng bức và mưa nhiều, mùa đông rét, có mưa phùn, sương muối và ở vùng cao như Sa Pa có năm xuất hiện tuyết và băng giá. Ở miền Nam, khí hậu trong năm ấm áp hơn và nhiều nắng hơn.

Nước ta ở vùng nhiệt đới chịu ảnh hưởng gió mùa nên lượng mưa lớn, lượng mưa trung bình năm từ 1500 - 2000 mm, song phân bố không đều giữa các vùng và phân bố không đều trong năm. Một số vùng, lượng mưa hàng năm rất ít, như ở Khánh Hoà, Ninh Thuận, Bình Thuận (Nam Trung bộ), chỉ đạt 850 mm đến 1200 mm trong năm, tại Phan Thiết có năm chỉ mưa khoảng 400 mm. Nhưng ở một số vùng khối lượng mưa năm lại lớn như dọc theo dãy núi Hoàng Liên Sơn, Tây Côn Lĩnh, vùng Tây Nguyên, lượng mưa năm có khi lên đến $4000 \div 5000$ mm. Số ngày mưa trong năm thường trên 100 ngày, những nơi mưa nhiều có khi lên đến 150 ngày. Lượng mưa giữa các năm thay đổi không nhiều, nhưng sự phân bố mưa trong năm lại không đều. Hàng năm có mùa mưa và mùa khô, lượng mưa trong mùa mưa chiếm đến 80% lượng mưa cả năm, riêng ở Bắc bộ lượng mưa trong tháng 7 và 8 chiếm đến $40 \div 45\%$ lượng mưa cả năm. Trong mùa mưa, thường có bão, gây mưa rào lớn, lượng mưa có khi lên đến 100 mm/ngày, thậm chí lên đến hơn 200mm/ngày. Chính do đặc điểm mưa ở nước ta phân bố không đều theo không gian và thời gian nên thường gây ra hạn hán, lũ lụt và bào mòn mặt đất nghiêm trọng.

Do điều kiện khí hậu như vậy nên nước ta có mạng lưới sông ngòi dày đặc. Riêng Miền Bắc có tới hơn 1000 con sông lớn nhỏ, ở miền Nam đặc biệt là Nam Bộ có hệ thống sông lạnh chằng chịt. Tổng lượng nước trung bình nhiều năm của các sông rất lớn, thí dụ với sông Hồng là 122 tỷ m^3 trong một năm.

Sự phân bố không đều của lượng mưa được phản ánh trong dòng chảy của sông ngòi. Biên độ thay đổi lưu lượng trong sông rất lớn, thí dụ sông Hồng ở Yên Bái năm 1937 có tỷ

$$\text{số } \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \text{ là } \frac{6390\text{m}^3/\text{s}}{152\text{m}^3/\text{s}} = 42 ; \text{ ở Tuyên Quang tỷ số này là } \frac{7700\text{m}^3/\text{s}}{122\text{m}^3/\text{s}} = 63 \text{ lần.}$$

Ở sông Thương tỷ số năm lên đến 500 lần $\left(\frac{1500\text{m}^3/\text{s}}{3\text{m}^3/\text{s}} = 500 \right)$.

Mực nước trong sông giữa mùa lũ và mùa kiệt chênh nhau rất lớn, trung bình là 10m, thí dụ ở Hà Nội chênh lệch là 12m34, ở Tuyên Quang là 14m00. Các sông ở miền Bắc do có độ dốc tương đối lớn và do đặc trưng hình học của các sông cho nên nước lũ thường tập trung rất nhanh. Các sông ở Nam bộ, lưu lượng lớn nhưng dòng chảy điều hoà hơn. Các sông ở Trung bộ ngắn và dốc nên tốc độ chảy rất lớn, lượng phù sa ít.

Do địa hình dốc, mưa nhiều nên sinh ra xói mòn vùng đất trung du và miền núi, hệ số xói mòn và xâm thực cao. Ví dụ hệ số xâm thực ở lưu vực sông Thao là 640 tấn/km²/năm, lưu vực sông Đà lên đến 1220 tấn/km²/năm. Do đó các sông ở miền Bắc mang nhiều phù sa, nhất là trong mùa mưa lũ.

Ở Việt nam có khoảng 2700 km bờ biển, chế độ thủy triều phức tạp có tác dụng rất lớn đến tình hình dòng chảy các sông, đặc biệt là vùng cửa sông, ảnh hưởng lớn đến vấn đề tưới, tiêu thoát lũ và giao thông thủy. Từ những đặc điểm thiên nhiên như trên, có thể khẳng định là chúng ta có một tài nguyên nước rất phong phú, có thể đáp ứng được nhu cầu ngày càng cao của sự phát triển nông nghiệp, công nghiệp, dịch vụ, giao thông vận tải... Tuy nhiên cũng do những đặc điểm thiên nhiên đó đòi hỏi chúng ta phải giải quyết nhiều vấn đề và những bài toán trong quy hoạch sử dụng và phát triển nguồn nước.

1.4. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 1

1. Thủy nông là gì? đối tượng nghiên cứu của thủy nông là gì?
2. Vai trò của nước, đất đối với sự tồn tại và phát triển của sinh vật và cây trồng?
3. Thế nào là vòng tuần hoàn nước trong tự nhiên. Động lực của vòng tuần hoàn nước trong tự nhiên là gì?
4. Hãy phân tích cấu thành của môn học và mối tương quan giữa các phần của môn học?
5. Nêu các giải pháp cấp nước tưới và duy trì độ ẩm cần thiết cho đất?
6. Nêu các giải pháp tiêu nước cho đất?
7. Hãy đọc lại đoạn viết về lược sử phát triển thủy nông trên thế giới?
8. Hãy đọc lại đoạn viết về lược sử phát triển thủy nông ở Việt Nam?
9. Đặc điểm tự nhiên của nước ta về: vị trí địa lý, chế độ khí hậu, mưa và dòng chảy trong sông suối.
10. Hãy nêu một số công trình, hệ thống tưới, tiêu mà anh (chị) biết ở Việt Nam?

Chương 2

CÂN BẰNG NƯỚC TƯỚI

2.1. QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN VÀ NHU CẦU NƯỚC CỦA CÂY TRỒNG

Nước ta là nước nông nghiệp mà cây lúa nước đóng vai trò hết sức quan trọng về cung cấp lương thực, ngoài ra còn phải kể đến các cây lương thực khác như: cây ngô, cây khoai lang, khoai tây, sắn, các cây rau, mầu... Cây công nghiệp và cây ăn quả cũng góp phần làm phong phú hơn chủng loại cây trồng của chúng ta (mía, cà phê, cao su...). Mỗi loại cây trồng lại thích hợp với từng điều kiện đất đai, khí hậu nhất định để phát triển và cho năng suất cao nhất. Vì vậy, cần nắm rõ từng loại cây trồng, vùng trồng trọt và điều kiện đất đai tại các vùng đó để có thể đưa ra các biện pháp thủy nông hợp lý.

2.1.1. Mối quan hệ giữa Đất - Nước - Không khí và Cây trồng

Các khái niệm về cây trồng và các yếu tố ảnh hưởng đến cây trồng là một hệ thống kiến thức rất cần thiết đối với nhà nông, các sinh viên và những người quan tâm đến công việc trồng trọt. Hiểu biết và nắm rõ được mối quan hệ giữa **Đất - Nước - Không khí và Cây trồng** là rất quan trọng để đưa ra các quyết định hợp lý trong việc xác định thời gian và lượng nước tưới cần thiết, lựa chọn và thiết kế hệ thống tưới và phương pháp tưới hợp lý, giúp công việc tưới tiêu đạt hiệu quả và cho năng suất cây trồng cao hơn.

1) Đất

Đất được cấu thành bởi các hạt vật chất, là sản phẩm của quá trình phân huỷ từ đá hay từ quá trình phân huỷ từ động vật thực vật (xác động vật, rễ cây, lá cây...) và dưới tác động của các yếu tố tự nhiên như bức xạ mặt trời, nhiệt độ, độ ẩm, gió, hoạt động địa chất kiến tạo, hình thành lên các loại đất khác nhau mang đặc tính riêng: về thành phần hạt, chỉ tiêu cơ lý... Đất có thể được phân loại dựa vào kích thước hạt và được phân loại như trong bảng 2.1.

Bảng 2.1: Phân loại đất theo kích thước hạt

Loại đất	Kích thước hạt đất
Sỏi	$> 2\text{mm}$
Cát hạt rất thô	$1 \div 2\text{mm}$
Cát hạt thô	$0,5 \div 1\text{mm}$
Cát hạt trung bình	$0,25 \div 0,5\text{mm}$
Cát mịn	$0,1 \div 0,25\text{mm}$
Cát rất mịn	$0,05 \div 0,1\text{mm}$
Đất bùn	$0,002 \div 0,05\text{mm}$
Sét	$< 0,002\text{mm}$

Trong thực tế, có thể sơ bộ xác định được loại đất ngay tại đồng ruộng bằng việc cảm nhận và quan sát mẫu đất được lấy lên. Về hình thức, chúng ta có thể dựa vào một số đặc điểm dưới đây:

- **Đất cát** là tập hợp các hạt đơn lẻ, sự riêng biệt của các hạt cát có thể nhìn thấy và cảm nhận được. Ép một nắm cát trong lòng bàn tay, nếu cát khô, các hạt cát sẽ tách rời ngay khi mở lòng bàn tay ra, nếu là cát ẩm sẽ tạo thành một khuôn hình cụ thể nhưng khuôn đó sẽ bị vỡ ngay khi bị động chạm.

- **Đất á cát** có hàm lượng cát khá cao, nhưng bên cạnh đó có lẫn hàm lượng sét, mùn đủ để tạo sự dính kết các hạt đất với nhau. Các hạt cát riêng biệt vẫn có thể nhìn thấy và cảm nhận được. Ở trạng thái khô, đất á cát có thể tạo thành một khuôn hình cụ thể nhưng sẽ bị tan rã tức thời, ở trạng thái ẩm khuôn hình sẽ tồn tại lâu hơn nếu không có sự tác động mạnh.

- **Đất mùn** có thành phần hạt khác so với đất cát, bùn, sét. Loại đất này khá xốp, có lẫn sạn mịn.

- **Đất á sét** là loại đất hạt mịn thường ở dưới dạng các cục đất, tảng đất cứng khi ở trạng thái khô. Khi ép chặt đất ở trạng thái ẩm giữa ngón tay cái và các ngón khác sẽ thấy vỡ thành mảng mỏng. Đất khá dẻo, vì vậy khi nhào đất trong lòng bàn tay, đất không bị vỡ ra mà trái lại, tăng thêm tính đặc chắc cho khối đất.

- **Đất sét** là loại đất hạt mịn thường ở dưới dạng các cục đất, tảng đất rất cứng khi ở trạng thái khô, còn đất rất dẻo, dính khi ở trạng thái ướt. Khi vò cục đất ở trạng thái ẩm giữa ngón tay cái và các ngón khác sẽ tạo các thoi đất dài có độ dẻo. Có một số dạng đất sét hàm lượng keo cao có tính dễ vỡ vụn và độ dẻo kém ở các điều kiện độ ẩm khác nhau.

Khi đánh giá đất cho trồng trọt, cần xét đến các yếu tố như khả năng thấm hút nước, khả năng giữ và trữ nước, khả năng tạo chế độ thoáng khí, giữ nhiệt, và khả năng chống xói mòn. Điều này sẽ giúp cho người trồng trọt biết được nên trồng loại cây trồng nào thích hợp trên loại đất họ có. Đối với loại đất sét, với khả năng giữ và trữ nước tốt, giữ nhiệt tốt, không xói mòn nên thích hợp với loại cây trồng có bộ rễ nhỏ yếu như cây lúa..., đất á sét là loại đất thích hợp nhất cho nhiều loại cây trồng do có được khả năng tạo độ thoáng khí hơn và điều kiện làm đất thuận lợi hơn so với đất sét. Một số cây có phạm vi thích ứng rộng hơn, như cây đậu có thể sinh trưởng tốt và cho năng suất cao cả trên đất có phạm vi từ đất á cát đến đất sét, vì đậu có bộ rễ khỏe có thể phát triển tốt trong đất để hút nước và chất dinh dưỡng. Tại các vùng bãi ven sông, có sự bồi đắp của phù sa cũng tạo nên một vùng đất màu mỡ cho nhiều loại cây trồng như cây ngô, các loại rau, đậu... Còn loại đất cát do khả năng trữ nước kém, thấm nhanh, dễ xói mòn nên chỉ thích hợp với loại cây trồng cần ít nước như họ cây xương rồng.

Hoạt động của vi sinh vật và thực vật về hình thức là hai chu trình ngược nhau, song lại bổ sung cho nhau để tạo nên một chu trình tuần hoàn khép kín. Cây lấy thức ăn trong đất dưới dạng các muối vô cơ được hoà tan với nước để phát triển, cấu thành vật chất

dạng hữu cơ. Đó là chu trình phát triển thực vật. Khi cây chết để lại trong đất chất hữu cơ. Các vi sinh vật trong quá trình sinh sống đã sử dụng các chất hữu cơ và phân hủy thành chất vô cơ để lại cho đất làm thức ăn cho cây. Đó là chu trình vi sinh vật. Do đó, chu trình thực vật và vi sinh vật đã tạo nên một chu trình tuần hoàn sinh học khép kín. Qua đó, chúng ta thấy rõ hơn vai trò quan trọng của con người trong việc duy trì, bồi bổ để tạo ra những vùng đất màu mỡ.

2) Cây trồng

Cây trồng là thành phần chủ yếu của hệ sinh thái nông nghiệp. Cây trồng là nguồn lợi tự nhiên vô cùng phong phú không những về số lượng loài cây trồng mà còn về số dạng trong một loài như đối với cây lúa, lúa mì, ngô... có nhiều loại giống khác nhau có đặc điểm sinh trưởng khác nhau. Khí hậu và đất đai là các yếu tố mà hầu như con người ít có khả năng thay đổi, nhưng đối với cây trồng thì con người có thể lựa chọn loại cây trồng thích hợp với các yếu tố tự nhiên như khí hậu, đất đai và với sự hiểu biết về nông nghiệp con người có thể cải tạo được khả năng thích ứng cho cây trồng theo hướng mong muốn. Trong hoạt động sinh lý của cây trồng, nước đóng vai trò từ 60% đến 90% để thực hiện các quá trình như:

- Quá trình tiêu hoá.
- Quá trình quang hợp.
- Vận chuyển khoáng chất khác phục vụ cho quá trình quang hợp.
- Cấu thành vật chất hữu cơ.
- Tham gia quá trình tăng trưởng của cây trồng.

Cây trồng chủ yếu sử dụng nước cho quá trình thoát hơi nước. Quá trình thoát hơi nước phụ thuộc vào các điều kiện xung quanh và quá trình hoạt động sinh lý của cây trồng. Cây thải vào không khí một lượng nước lớn hơn rất nhiều so với lượng nước sử dụng cho quá trình cấu thành hình thể cây trồng. Vậy câu hỏi đặt ra, tại sao cây phải cần nhiều nước như vậy? Có bốn nguyên nhân chính để giải đáp cho câu hỏi này:

- Sự thoát hơi nước và sự trao đổi khí CO_2 (quá trình quang hợp) có quan hệ hết sức chặt chẽ với nhau. Sự thoát hơi nước đòi hỏi mở khí khổng và cũng nhờ khí khổng mở ra mà CO_2 từ không khí khuếch tán qua khí khổng vào lá cung cấp cho quá trình quang hợp.

- Sự thoát hơi nước là động lực quan trọng nhất cho sự hút nước và sự vận chuyển nước lên cao trong cây. Sự chênh lệch về thế năng nước trong không khí và các tế bào nhu mô lá đã tạo điều kiện cho nước thoát qua khí khổng ra ngoài. Khi nước thoát đi thì thế nước của các tế bào nhu mô lá giảm xuống và do chênh lệch thế năng mà nước trong các tế bào ở dưới lại được chuyển lên. Cứ như thế tạo nên một lực hút nước lên trên. Động lực kéo này khá lớn và cộng với nội lực tự giữa các phân tử nước mà nước được vận chuyển đi lên ngọn các cây rất cao.

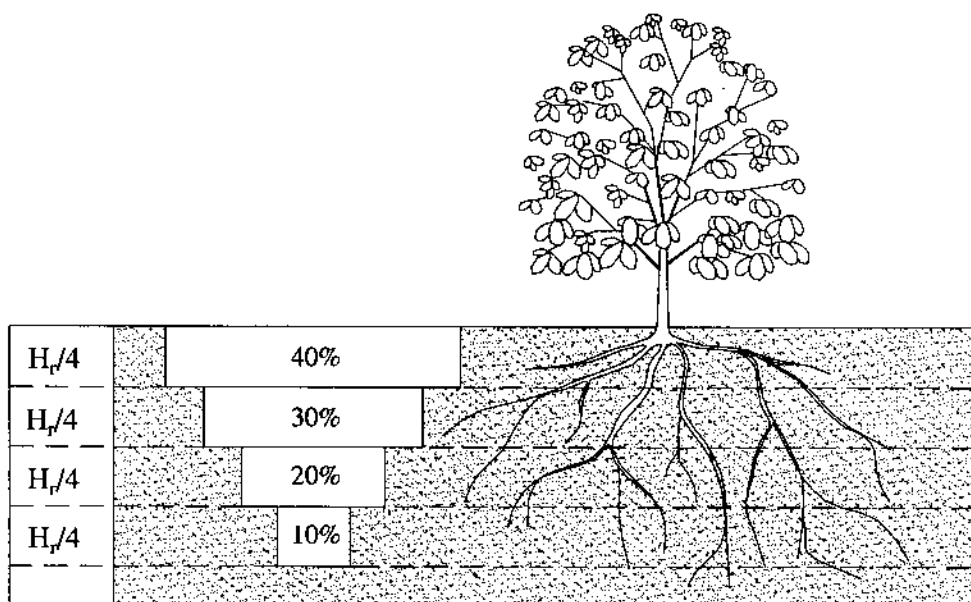
- Sự thoát hơi nước còn làm giảm nhiệt độ bề mặt lá. Lá xanh có khả năng hấp thụ ánh sáng mặt trời. Một bộ phận năng lượng hấp thụ, được sử dụng vào quá trình quang

hợp, năng lượng còn lại có thể chuyển thành nhiệt năng làm cho nhiệt độ của lá tăng lên. Trong những lúc nắng gay gắt, cường độ ánh sáng có thể làm tăng nhiệt độ của lá tới mức có nguy cơ héo, cháy. Chính nhờ sự thoát hơi nước sẽ sử dụng nhiệt lượng của ánh sáng và do đó giảm nhiệt độ của lá xuống, thuận lợi cho quá trình quang hợp và các hoạt động sinh lý khác trong cây.

- Ngoài ra sự thoát hơi nước mà các ion khoáng từ trong đất được lôi kéo theo dòng thoát hơi nước đi lên các bộ phận của cây bên trên mặt đất, phân phối cho các bộ phận, các cơ quan cần thiết khác của cây. Vì vậy sự thoát hơi nước và sự dinh dưỡng khoáng có mối quan hệ mật thiết với nhau. Nếu sự thoát hơi nước mạnh thì lượng ion khoáng được hấp thụ và vận chuyển lên cây được nhiều.

Nước được hấp thụ vào cây chủ yếu là nước trong đất thông qua bộ rễ. Rễ cây thâm nhập vào môi trường đất để hút nước và chất dinh dưỡng phục vụ cho quá trình sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Mỗi cây trồng đều có một bộ rễ khác nhau về mật độ rễ cây, chiều dài rễ và sự phân bố rễ theo chiều ngang.

Mật độ rễ cây là rất quan trọng bởi vì tốc độ di chuyển nước trong trạng thái bão hoà giảm nhanh chóng, trong khi tốc độ di chuyển nước trong môi trường không bão hoà lại rất chậm, và chỉ có khoảng cách vài cm. Vì vậy, để tận dụng hiệu quả vùng đất ẩm, rễ cây phải tiếp tục phát triển vào trong vùng đất chưa được khai thác đến trong suốt chu kì phát triển. Cây rau có vùng rễ thưa và nông, các dạng lúa có vùng rễ dày và sâu, cây ăn quả lại có vùng rễ sâu thay đổi. Chiều sâu vùng rễ không những phụ thuộc vào từng loại cây trồng mà nó còn phụ thuộc vào từng loại đất trồng (đất sét, đất cát). Khả năng hút nước của cây trồng thay đổi theo chiều sâu của rễ. Trong hầu hết các loại cây trồng thì khả năng hút nước lớn của rễ thường nằm ở phần rễ bên trên và tỷ lệ hút nước của rễ cây được mô tả trong hình 2.1.



Hình 2.1: Phân bố khả năng hút nước của rễ cây theo độ sâu

3) Nước trong đất

Rõ ràng nước là yếu tố vô cùng quan trọng đối với sự cấu thành và phát triển của cây trồng, nước không những tham gia vào quá trình sinh học của bản thân cây trồng như: quang hợp, tiêu hoá, vận chuyển khoáng và chất dinh dưỡng cho cây trồng, mà còn tham gia cấu thành các hợp chất tạo tiền đề cho sự tồn tại của cây trồng.

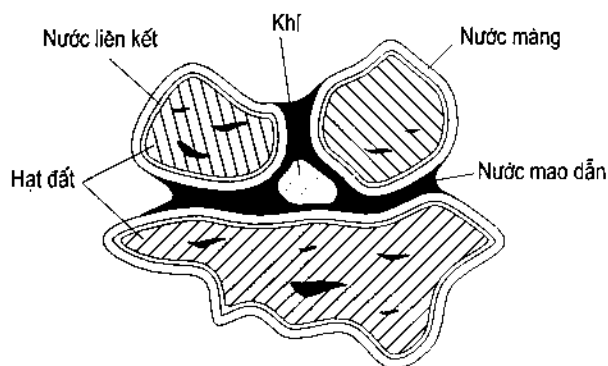
Nước được hấp thụ vào cây chủ yếu là nước trong đất thông qua bộ rễ. Nước trong đất tồn tại dưới bốn hình thức khác nhau. Đó là những dạng nào? và rễ cây có thể lấy được dạng nước nào? Bốn hình thức của nước trong đất là: nước liên kết, nước màng, nước mao dẫn và nước trọng lực.

Nước liên kết hay còn gọi là nước hấp thụ. Ở thể khô tuyệt đối, khi gặp nước ở dạng hơi ẩm, các hạt đất sẽ hút thu nước và toả nhiệt trong quá trình hấp thụ, tạo một liên kết hoá học giữa đất và nước. Lượng nước liên kết tỷ lệ thuận với bề mặt của hạt đất và độ ẩm không khí. Ở trạng thái không khí gần như bão hoà hơi nước (độ ẩm không khí $> 96\%$ ở nhiệt độ 20°C) nước liên kết được coi là lớp liên kết bền vững nhất (gọi là lớp liên kết cực đại). Muốn tách lượng nước này khỏi đất, cần phải sấy ở nhiệt độ $> 130^{\circ}\text{C}$, vì vậy bộ rễ của cây trồng không thể hút được dạng nước này.

Nước màng được hình thành xung quanh hạt đất phía bên ngoài lớp nước liên kết. Sau khi hoàn toàn bão hoà tới lớp liên kết cực đại, các hạt đất hút các phân tử nước vào bề mặt của chúng và tạo nên một lớp màng nước xung quanh hạt đất. Màng nước này bám rất chắc vào hạt đất, nên rễ cây cũng hầu như không thể hút được chúng.

Nước mao dẫn tồn tại trong không gian các lỗ rỗng giữa các hạt đất nằm bên trên mực nước ngầm, chính lực mao dẫn do sức căng mặt ngoài của màng nước trong các ống mao dẫn đã duy trì nước mao dẫn và chống lại được sức hút trọng trường. Khi các lỗ mao dẫn được điền kín hoàn toàn nước thì nước mao dẫn được gọi là nước mao dẫn trong phạm vi hẹp, dạng nước này có tính lưu động cao nên dễ dàng cho rễ cây sử dụng. Ngoài ra, còn một dạng nước mao dẫn khác được gọi là nước tiếp xúc.

Nước trọng lực là dạng nước chuyển động trong các lỗ rỗng của đất dưới tác dụng của sức hút trọng trường (tại áp suất dưới $0,3 \text{ at}$). Nước trọng lực xuất hiện thường xuyên ở các lớp đất bên dưới mực nước ngầm, hoặc khi đất được tưới hoặc có mưa, nước trọng lực cũng xuất hiện cả ở bên trên mực nước ngầm, nhưng chỉ tồn tại trong một khoảng thời gian ngắn. Nước trọng lực là dạng chính mà rễ cây rất dễ dàng hấp thụ.



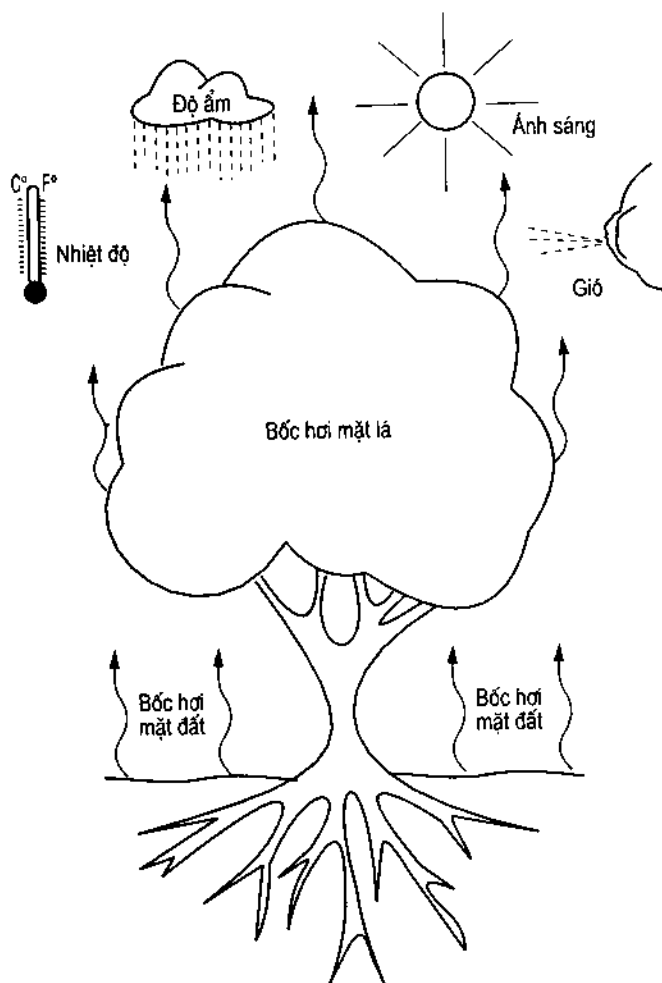
Hình 2.2: Các dạng nước trong đất

4) Không khí

Không khí nói riêng và khí hậu nói chung, cung cấp năng lượng cần thiết cho cây trồng để hút nước từ trong đất. Nếu lượng nước trong đất không đổi và các lỗ khí khổng mở hoàn toàn thì không khí có thể điều chỉnh tốc độ thoát hơi nước của cây trồng. Thông số quan trọng nhất, ảnh hưởng đến thoát hơi nước là độ ẩm không khí xung quanh cây trồng. Độ ẩm không khí xung quanh lá ngày càng tăng dần, trong khi những yếu tố khác vẫn không đổi, điều này sẽ làm giảm sự chênh lệch áp suất hoá hơi giữa lá và không khí xung quanh, và dẫn đến làm giảm tốc độ thoát hơi nước của cây trồng.

Gió cuốn hết các lớp nước hoá hơi tồn đọng xung quanh lá và sẽ làm tăng hoặc giảm tốc độ thoát hơi nước. Nếu không khí xung quanh lá được thay thế bằng không khí ẩm hoặc khô hơn, tốc độ bốc hơi tăng. Ngược lại, nếu gió mang không khí lạnh và ẩm hơn, tốc độ thoát hơi nước giảm, dù trong điều kiện bóng tối hay ánh sáng.

Bức xạ mặt trời ảnh hưởng đến tốc độ thoát hơi nước của cây trồng theo hai cách. Thứ nhất, bức xạ tăng nhiệt độ không khí xung quanh lá. Nhiệt độ của lá trong bóng tối xấp xỉ bằng nhiệt độ không khí, trong khi nhiệt độ của lá dưới ánh sáng cao hơn nhiệt độ không khí 5-10°C. Thứ hai, sự hiện diện của ánh sáng (bức xạ sóng ngắn) làm mở hoặc đóng các lỗ khí khổng.



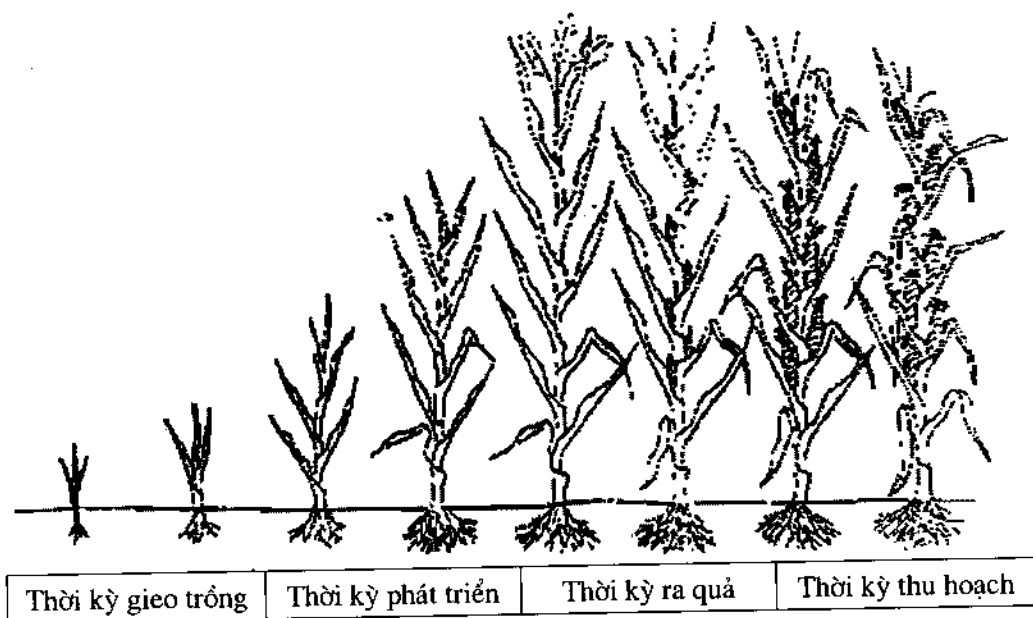
Hình 2.3: Các yếu tố khí hậu ảnh hưởng tới cây trồng

2.1.2. Quá trình sinh trưởng phát triển của cây trồng

Cây trồng cũng như con người, đều có các thời kỳ sinh trưởng khác nhau. Mỗi thời kỳ sinh trưởng và phát triển, cây trồng có nhu cầu khác nhau về các yếu tố như: nước, chất dinh dưỡng, nhiệt độ, ánh sáng và không khí.

Cho dù với loại cây nào cũng có thể chia thành các thời kỳ sinh trưởng như sau:

- Thời kỳ gieo trồng.
- Thời kỳ phát triển.
- Thời kỳ ra củ, ra quả (trưởng thành).
- Thời kỳ thu hoạch.



Hình 2.4: Các thời kỳ sinh trưởng phát triển của cây trồng

Thời kỳ gieo trồng: là thời kỳ bắt đầu cho một quá trình sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Mỗi loại cây lại có hình thức gieo trồng khác nhau, như hình thức gieo hạt đối với cây lúa nước, lúa mì, cà chua..., hình thức ươm thân cây như đối với cây sắn, cây mía, hình thức đâm dây như đối với cây, khoai lang. Đặc trưng cho thời kỳ này là quá trình nảy mầm, mỗi loại cây trồng sau thời gian thu hoạch đều có thể trải qua một thời gian ở trạng thái ngưng nghỉ, khi thời gian ngưng nghỉ kết thúc là bắt đầu cho quá trình nảy mầm. Trong hạt gieo bắt đầu tăng tính thủy hoá của keo nguyên sinh chất, giảm tính ưu mỡ và độ nhớt của keo, dẫn đến sự biến đổi mạnh trong quá trình trao đổi chất trong hạt, quá trình này làm tăng sự hô hấp mạnh mẽ của phôi hạt và làm tăng áp suất thẩm thấu trong hạt giúp cho quá trình hút nước vào hạt nhanh chóng, khi đó quá trình phân giải protein dưới tác dụng của các men amylaza hay men proteaza tạo thành các axit amin, các axit amin có thể được sử dụng để tổng hợp nên các protein thứ cấp, cấu trúc nên chất nguyên sinh của phôi hạt sinh trưởng và cây con. Nhiệt độ xúc tiến các biến đổi sinh hoá, tăng quá trình hô hấp và kích thích sự nảy mầm, chính vì vậy cần tạo điều kiện nhiệt độ thuận lợi trong quá trình ngâm ủ giống và nhiệt độ thích hợp nhất cho sự nảy mầm với đa số cây trồng là $25\div 28^{\circ}\text{C}$. Hạt khô nằm trong không khí có hàm lượng nước $10\div 14\%$ thì không thể nảy mầm, khi hàm lượng nước là $50\div 70\%$ các hoạt động

sống tăng mạnh mẽ và phôi phát động sinh trưởng, cường độ hô hấp tăng lên mạnh nhất, tạo điều kiện cho quá trình nảy mầm xảy ra nhanh chóng. Biện pháp cải tạo đất làm tăng độ thoáng khí cho môi trường đất và cung cấp đủ O_2 là tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hô hấp của phôi hạt và mầm non lúc nảy mầm.

Thời kỳ phát triển: Sau quá trình nảy mầm cây trồng bắt đầu bước vào thời kỳ phát triển dinh dưỡng, bộ rễ phát triển tăng dần về số lượng rễ và chiều dài rễ cả theo bề rộng lẫn chiều sâu, đối với một số loại cây lấy củ thì các rễ củ đã phân hoá sẽ hình thành và tiếp tục phát triển. Quá trình sinh trưởng thân lá diễn ra nhanh, diện tích mặt lá tăng dần và đạt tối đa vào cuối thời kỳ. Trong thời kỳ này, giai đoạn phát triển sinh sản cũng đã bắt đầu, các cơ quan sinh sản hoạt động hấp thụ các chất dinh dưỡng, phân hoá chúng hình thành các mầm hoa, mầm quả và bắt đầu một quá trình sinh sản. Lúc này đã có sự thay đổi rõ rệt về mặt hình thái, màu sắc lá, hoạt động sinh lý, khả năng chống chịu của cây trồng. Đây là thời kỳ nhạy cảm nhất của cây trồng, ảnh hưởng đến năng suất cũng như sự phát triển chung của cây trồng, vì vậy cần có biện pháp thủy nông hợp lý: đất cần tạo thông thoáng khí để đảm bảo rễ cây có thể phát triển, hấp thụ nước và chất dinh dưỡng được dễ dàng, nhiệt độ thích hợp là vào khoảng $20\div 28^\circ C$ và độ ẩm là $70\div 80\%$. Nhu cầu nước của cây trồng tăng nhanh trong thời kỳ phát triển, trong giai đoạn đầu, lượng nước thực sự chưa cần nhiều nhưng sau đó quá trình phát triển thân, lá, diện tích mặt lá ngày càng lớn dẫn đến nhu cầu nước cho quá trình quang hợp mặt lá cũng tăng mạnh. Ngoài ra, cũng cần quan tâm đến chế độ bón phân hợp lý cho cây trồng.

Thời kỳ ra củ ra quả: Quá trình hình thành củ bắt đầu diễn ra ngay tại thời kỳ nảy mầm, đó là sự hình thành rễ con và rễ củ, tuy nhiên trong hai thời kỳ đầu quá trình phát triển chủ yếu là rễ con cùng với sự phát triển dinh dưỡng của cây trồng. Sau giai đoạn phát triển dinh dưỡng, bộ rễ đã tạo đủ số lượng và kích thước, diện tích mặt đã đạt tới gần tối đa, các chất dinh dưỡng và các chất hữu cơ được tập trung mạnh cho cơ quan sinh sản, thúc đẩy quá trình phát triển của quả và củ. Thời kỳ này trong quả và củ trải qua các quá trình biến đổi sinh lý phức tạp, kích thước củ quả tăng và có sự thay đổi màu sắc bên ngoài. Yêu cầu ngoại cảnh trong thời kỳ này là rất khắt khe, nhiệt độ thích hợp là $20\div 28^\circ C$, độ ẩm là $75\div 80\%$, cây cần nhiều nước và đảm bảo đất trồng có đầy đủ chất dinh dưỡng cung cấp cho cây.

Thời kỳ thu hoạch: Khi quả chín, củ đạt kích thước tối đa thì quá trình phát triển và sinh trưởng của cây trồng đã kết thúc, báo hiệu một vụ thu hoạch cho người nông dân. Thời kỳ này diễn ra rất ngắn, chỉ trong vài ngày, nhu cầu nước giảm dần và thực chất cây không cần tưới nước mà vẫn đảm bảo cuộc sống tự nhiên nhờ lượng nước ẩm trong đất.

2.2. CÂN BẰNG NƯỚC VÀ NHU CẦU NƯỚC CỦA CÂY TRỒNG

2.2.1. Cân bằng nước

Phương trình cân bằng nước trong đất là một phương trình cơ bản, qua đó có thể xác định được một số thông số như: lượng bốc hơi thực vật (ET), lượng nước tưới (I)...

Phương trình cân bằng nước xuất phát từ định luật bảo toàn khối lượng nước tại vùng rễ của cây trong một khoảng thời gian tính toán:

$$\Delta S = H_r (\theta_f - \theta_i) = W_i - W_o \quad (2.1)$$

Trong đó:

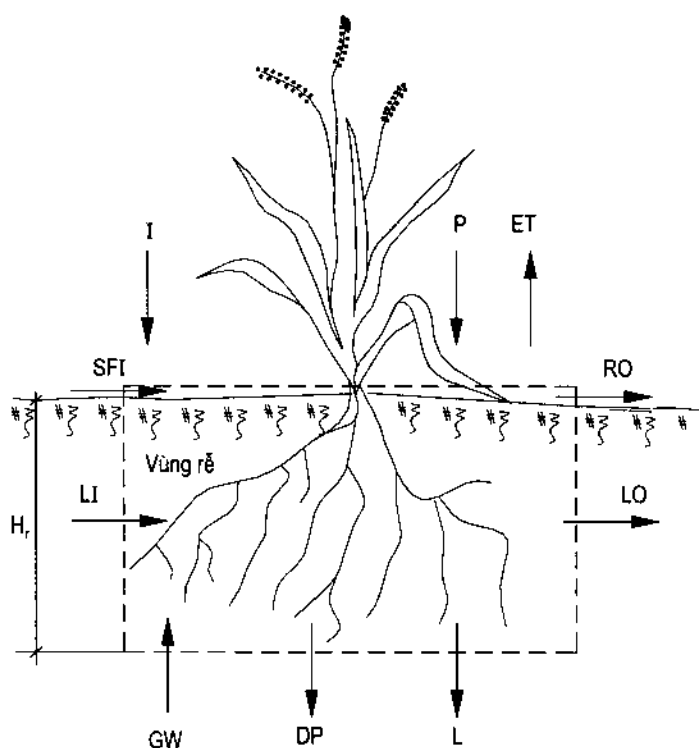
W_i - tổng lượng nước vào vùng rễ (cm);

W_o - tổng lượng nước ra khỏi vùng rễ (cm);

ΔS - thay đổi về độ ẩm trong đất vùng rễ (cm);

H_r - chiều sâu vùng rễ (cm);

θ_f, θ_i - độ ẩm của đất tại cuối và đầu của thời đoạn tính toán.



Hình 2.5: Sơ đồ cân bằng nước tại vùng rễ cây

Từ hình 2.5, ta có:

$$W_i = I + P + SFI + LI + GW \quad (2.2)$$

$$W_o = ET + RO + LO + L + DP \quad (2.3)$$

Trong đó:

I - lượng nước tưới (cm);

P - lượng mưa (cm);

SFI, RO - lượng nước mặt chảy vào và ra khỏi vùng rễ (cm);

LI, LO - lượng nước ngầm chảy vào và ra khỏi vùng rễ (cm);

GW - lượng nước ngầm chảy vào (cm);

ET - lượng nước bốc thoát hơi thực vật (cm);

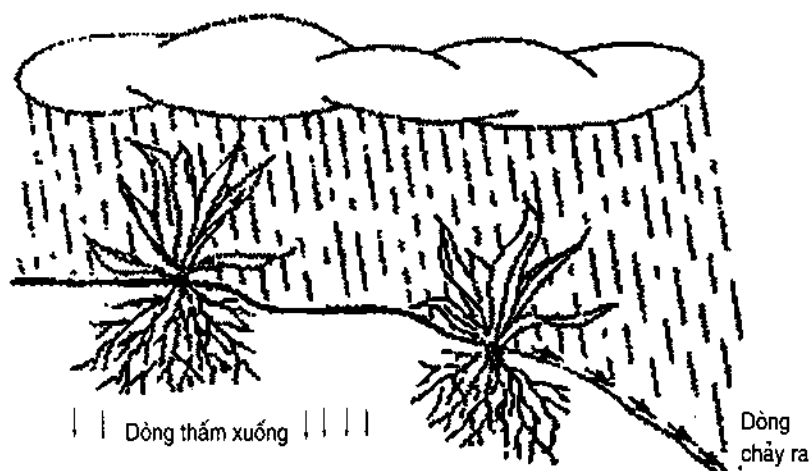
L - lượng nước chảy ra để duy trì nồng độ muối (cm);

DP - lượng nước thấm lậu ra khỏi khu vực vùng rễ (cm).

Thay (2.3) và (2.2) vào (2.1), ta được:

$$I = ET - P - SFI - LI - GW + RO + LO + L + DP + H_r(\theta_f - \theta_i) \quad (2.4)$$

Hai nguồn chính cung cấp nước cho cây trồng là nước tưới và mưa tự nhiên. Khi lượng mưa đã đủ cung cấp cho cây trồng thì không cần tưới nữa. Tuy nhiên, không phải tất cả lượng mưa rơi xuống được sử dụng cho cây trồng, mà nó chỉ còn lại một phần (mưa hiệu quả Pe) và phần còn lại bị thất thoát do dòng chảy địa hình (RO), do thấm lậu khỏi khu vực vùng rễ (DP).



Hình 2.6: Mưa xuống đất và sự hình thành dòng chảy từ mưa

Vậy lượng mưa hiệu quả có thể xác định qua công thức:

$$Pe = P - DP - RO \quad (2.5)$$

Các thông số DP , RO được xác định thông qua các mô hình thí nghiệm, phụ thuộc điều kiện địa hình, loại đất, trạng thái đất (khô, ẩm, no nước). Trong tính toán sơ bộ, dựa vào lượng mưa thực tế, lượng mưa hiệu quả có thể lấy theo bảng dưới đây.

Bảng 2.2: Xác định lượng mưa hiệu quả

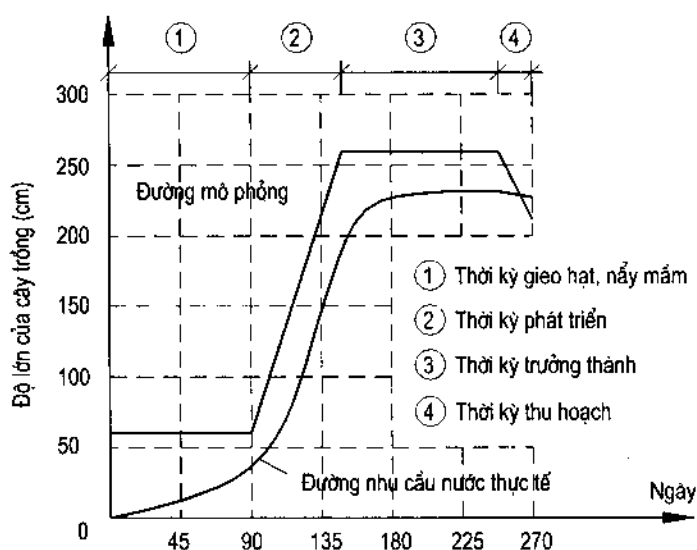
Mưa thực - P (mm/tháng)	Mưa hiệu quả - Pe (mm/tháng)	Mưa thực - P (mm/tháng)	Mưa hiệu quả - Pe (mm/tháng)
1	2	3	4
0	0	130	79
10	0	140	87

Bảng 2.2: (tiếp theo)

1	2	3	4
20	2	150	95
30	8	160	103
40	14	170	111
50	20	180	119
60	26	190	127
70	32	200	135
80	39	210	143
90	47	220	151
100	55	230	159
110	63	240	167
120	71	250	175

2.2.2. Nhu cầu nước của cây trồng

Nhu cầu nước của cây trồng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: điều kiện thời tiết (nhiệt độ, độ ẩm, gió, nắng...), loại cây trồng, các thời kỳ sinh trưởng phát triển. Mỗi thời kỳ sinh trưởng phát triển của cây trồng đều đòi hỏi các điều kiện phù hợp về: nước, nhiệt độ, độ ẩm, bón phân và canh tác đất. Nhu cầu nước cũng vậy, thay đổi theo từng thời kỳ sinh trưởng phát triển của cây trồng, ở thời kỳ gieo trồng, nhu cầu nước chưa cần nhiều, nhưng bước vào thời kỳ phát triển, nhu cầu nước tăng nhanh tỷ lệ thuận với quá trình phát triển thân lá của cây trồng, thời kỳ thu hoạch nhu cầu nước giảm nhanh chóng trên thực tế vào thời kỳ này cây trồng không cần tưới.



Hình 2.7: Nhu cầu nước qua các thời kỳ sinh trưởng phát triển

Trong phần 2.1.1 đã nghiên cứu mối quan hệ giữa Đất - Nước - Không khí và Cây trồng, và cho thấy rằng nhu cầu nước của cây trồng phụ thuộc vào các yếu tố:

- Điều kiện môi trường khí hậu: nhiệt độ, độ ẩm không khí, bức xạ mặt trời... (ET, P).
- Điều kiện về đất đai, thổ nhưỡng: loại đất, chất đất, biện pháp canh tác đất (GW, L, θ).
- Đặc tính của từng loại cây trồng (ET, H_r).

Như vậy nhu cầu nước của cây trồng được xác định chính xác với đầy đủ các yếu tố trên, chắc chắn phải được xác định thông qua thí nghiệm. Lấy mẫu đất và cây trồng, sử dụng các phương pháp thí nghiệm khác nhau để tìm ra các thông số cần thiết. Phương pháp thí nghiệm cho kết quả tin cậy nhất về nhu cầu nước của cây trồng, song đòi hỏi nhiều công phu, thời gian, phải tính toán cho từng loại cây riêng ứng với các điều kiện khác nhau. Để khắc phục phần nào những phức tạp trên trong việc xác định nhu cầu nước cho cây trồng, có thể áp dụng một số công thức kinh nghiệm, đơn giản, sơ bộ hoặc khi thiếu tài liệu điều tra. Dưới đây xin giới thiệu một số công thức có thể áp dụng.

1) Công thức của Louri - Dgionson

$$U = 0,8 + 0,156 F \quad (2.6)$$

Trong đó:

U: lượng nước tưới tính theo foot (1 foot = 30,48 cm);

F: nhiệt lượng hiệu quả tính bằng độ F chia cho 1000 độ Fradây = °F.

2) Công thức Torntvay

$$E = 16 \left(\frac{10t}{J} \right)^a \quad (2.7)$$

Trong đó:

E - lớp nước cần tưới trong tháng tính bằng duyn (1 duyn = 25 mm);

J - tổng chỉ số nhiệt trong năm $J = \sum_{i=1}^{12} i$;

i - chỉ số nhiệt của tháng $i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$;

t - nhiệt độ trung bình của tháng tính bằng độ C;

a - hệ số kinh nghiệm $a = f(J)$.

3) Công thức Blay - Crít

$$U = KF = \sum kf \quad (2.8)$$

Trong đó:

U - lượng nước cần tưới tính bằng duyn;

K - hệ số thực nghiệm theo mùa của cây trồng ($K = \sum k$);

k - hệ số thực nghiệm theo tháng của cây trồng;

f - yếu tố cần nước theo tháng;

F - yếu tố cần nước ($F = \sum f$); $f = \frac{t.p}{100}$;

t - nhiệt độ trung bình tháng tính bằng độ F ;

p - tỉ số giờ nắng của tháng so với cả năm.

4) Công thức Koschiacop A.N

$$E = ky \quad (2.9)$$

Trong đó:

y - sản lượng của cây trồng (tạ/ha);

k - hệ số cần nước cho một đơn vị sản lượng ($m^3/tạ$);

E - lượng nước cần tưới (m^3/ha).

5) Công thức Carpop

$$E = ek \quad (2.10)$$

Trong đó:

e - lượng bốc hơi mặt nước (mm);

k - hệ số kinh nghiệm tùy thuộc vào loại cây.

2.3. XÁC ĐỊNH LƯỢNG BỐC THOÁT HƠI THỰC VẬT (ET)

Các công thức xác định nhu cầu nước cho cây trồng trên có thể dễ dàng và đơn giản trong tính toán, tuy nhiên chúng không thể hiện được hết nhu cầu nước thực sự của cây trồng khi xét đến các yếu tố ảnh hưởng.

Nghiên cứu quá trình sinh học của cây trồng, chúng ta thấy rằng cây trồng cần nước chủ yếu cho quá trình bốc hơi (ET), vì vậy đây là thông số quan trọng nhất và chủ yếu nhất để xác định nhu cầu nước cho cây trồng.

Nhu cầu nước = Bốc hơi thực vật (ET)

Để phản ánh được các yếu tố ảnh hưởng, lượng bốc hơi thực vật được xác định theo công thức sau:

$$ET = K_c \cdot ET_o \quad (2.11)$$

Trong đó:

ET - lượng bốc hơi của từng loại cây trồng (mm);

K_c - hệ số phụ thuộc vào từng loại cây trồng và các thời kỳ sinh trưởng phát triển;

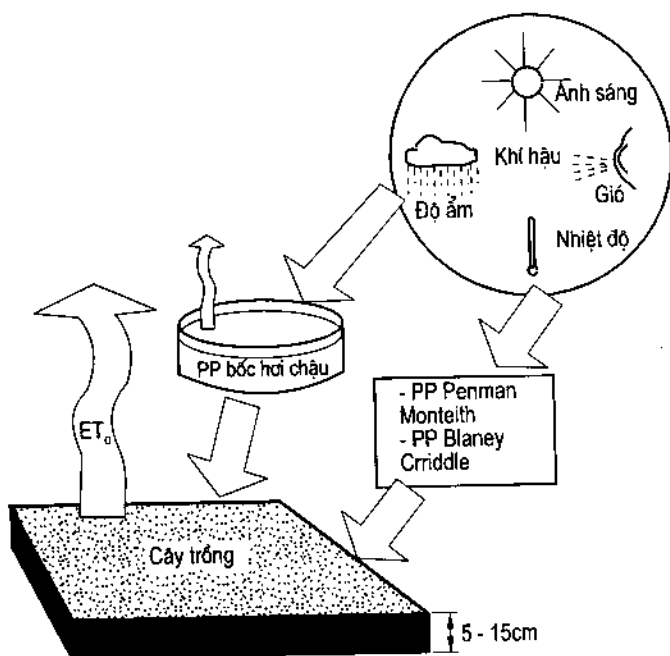
ET_o - lượng bốc hơi tiềm năng chung cho các loại cây trồng, phụ thuộc vào điều kiện thời tiết khí hậu.

2.3.1. Các phương pháp xác định lượng bốc hơi thực vật tiềm năng (ET_0)

Trước đây, đã có nhiều phương pháp được đưa ra để xác định ET và ET_0 , nhưng các phương pháp đó vẫn chưa đưa ra một kết quả chính xác vì chưa xét đến đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến sự bốc hơi nước của cây trồng. Chính vì vậy, vào năm 1990 tổ chức lương thực thế giới (FAO) đã tổ chức một cuộc hội nghị giữa các nhà nghiên cứu đang cộng tác với Hội tưới tiêu quốc tế và với Tổ chức khí tượng thế giới, để xem xét và đưa ra các phương pháp chung nhất cho việc xác định lượng bốc hơi thực vật của cây trồng. Các phương pháp được FAO đề nghị áp dụng chung cho tất cả các nước trên thế giới, bao gồm:

- Phương pháp Penman - Monteith;
- Phương pháp Blaney - Criddle;
- Phương pháp bốc hơi chậu (Pan).

Qua xem xét và đánh giá, một số tác giả nhận định phương pháp Penman - Monteith cho kết quả chính xác nhất, sau đó đến phương pháp Blaney - Criddle và sau đó là phương pháp bốc hơi chậu. Hiện nay, ở Việt Nam, hai phương pháp Penman - Monteith và phương pháp Blaney - Criddle được áp dụng rộng rãi, tương đối phù hợp với điều kiện khí hậu và cây trồng ở nước ta.



Hình 2.8: Các phương pháp xác định lượng bốc hơi thực vật tiềm năng ET_0

1) Phương pháp Penman - Monteith

Các thông số cần khi tính toán ET_0 theo phương pháp Penman - Monteith được thể hiện đầy đủ trong quyển hướng dẫn tính toán lượng bốc hơi thực vật của FAO (Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirement – FAO Irrigation and drainage paper 56) hoặc có thể sử dụng phần mềm Cropwat để tính toán một cách nhanh chóng hơn. Phương pháp Penman - Monteith xác định ET_0 với công thức:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (2.12)$$

Trong đó:

ET_0 - lượng bốc hơi tiềm năng chung đối với cây trồng (mm/ngày);

R_n - bức xạ mặt trời trên bề mặt cây trồng ($MJ/m^2/ngày$);

G - mật độ dòng nhiệt trong đất ($MJ/m^2/ngày$);

T - nhiệt độ trung bình ngày tại chiều cao 2m ($^{\circ}C$);

u_2 - tốc độ gió tại chiều cao 2m (m/s);

e_s - áp suất hơi bão hòa (kPa);

e_a - áp suất hơi thực tế (kPa);

Δ - độ dốc của áp suất hơi trên đường cong ($kPa/^{\circ}C$);

γ - hằng số ẩm ($kPa/^{\circ}C$).

Trình tự tính toán để xác định các yếu tố trong công thức (2.12) được giải thích dưới đây.

Bước 1: Xác định nhiệt độ trung bình (T). Nhiệt độ trung bình của thời đoạn tính toán (có thể là tháng, là ngày hoặc một số ngày) được tính trung bình số học giữa nhiệt độ lớn nhất (T_{max}) và nhỏ nhất (T_{min}) quan trắc được trong thời đoạn đó.

$$T = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}; (^{\circ}C) \quad (2.13)$$

Bước 2: Xác định độ thay đổi áp suất hơi bão hòa trên đường cong nhiệt (Δ). Độ thay đổi áp suất hơi bão hòa trên đường cong nhiệt được tính qua hàm số hóa đối với biến nhiệt độ tại giá trị trung bình thời đoạn (T) vừa tính được ở bước 1.

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 e^{\left(\frac{17,27 T}{T + 237,3} \right)} \right]}{(T + 237,3)^2}; (kPa/^{\circ}C) \quad (2.14)$$

Bước 3: Xác định áp suất không khí (P). Áp suất không khí (P) được tính qua hàm số hóa đối với biến độ cao so với mực nước biển (z) của khu vực canh tác.

$$P = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26}; (kPa) \quad (2.15)$$

Bước 4: Xác định hằng số ẩm (γ). Hằng số ẩm được tính theo áp suất không khí (P) vừa tính được ở bước 3.

$$\gamma = 0,665.10^{-3} P; (kPa/^{\circ}C) \quad (2.16)$$

Bước 5: Xác định áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ là T_{max} . Áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ cao nhất được ký hiệu là $e^{\circ}(T_{max})$ được tính qua hàm số hóa đối với biến nhiệt độ tại giá trị T_{max} .

$$e^0(T_{\max}) = 0,6108e^{\left(\frac{17,27 T_{\max}}{T_{\max} + 237,3}\right)}; \text{ (kPa)} \quad (2.17)$$

Bước 6: Xác định áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ là $T_{\min}$. Áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ thấp nhất được ký hiệu là $e^0(T_{\min})$ được tính qua hàm số hóa đối với biến nhiệt độ tại giá trị $T_{\min}$.

$$e^0(T_{\min}) = 0,6108e^{\left(\frac{17,27 T_{\min}}{T_{\min} + 237,3}\right)}; \text{ (kPa)} \quad (2.18)$$

Bước 7: Xác định áp suất hơi bão hòa (e_s). Áp suất hơi bão hòa là giá trị trung bình số học của hai giá trị $e^0(T_{\max})$ và $e^0(T_{\min})$ vừa tính được ở bước 5 và 6.

$$e_s = \frac{e^0(T_{\max}) + e^0(T_{\min})}{2}; \text{ (kPa)} \quad (2.19)$$

Bước 8: Xác định bức xạ mặt trời ngoài khí quyển (R_a). Bức xạ mặt trời ngoài khí quyển được xác định theo vĩ độ và thời gian trong năm của khu vực canh tác. Bảng 2.3 cho phép xác định R_a từ các điều kiện về vĩ độ và thời gian trong năm.

Bước 9: Xác định số giờ nắng lớn nhất trong ngày (N). Số giờ nắng lớn nhất trong ngày cũng được thống kê theo vĩ độ và thời gian trong năm của khu vực canh tác. Bảng 2.4 cho phép xác định N từ các điều kiện về vĩ độ và thời gian trong năm.

Bước 10: Xác định tỷ số n/N . Sau khi có giá trị N từ bước 9 kết hợp với số giờ nắng thực (n) của khu vực canh tác, sẽ dễ dàng tính được tỷ số n/N .

Bước 11: Xác định bức xạ sóng ngắn (R_s). Bức xạ sóng ngắn phụ thuộc vào tỷ số n/N và bức xạ mặt trời ngoài khí quyển (R_a) qua công thức sau.

$$R_s = \left[0,25 + 0,50 \frac{n}{N} \right] R_a; \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)} \quad (2.20)$$

Bước 12: Xác định bức xạ sóng ngắn khi trời quang mây (R_{so}). Bức xạ sóng ngắn khi trời quang mây phụ thuộc vào bức xạ mặt trời ngoài khí quyển (R_a) và cao độ (z) của khu vực canh tác so với mặt biển qua công thức sau.

$$R_{so} = \left[0,75 + 2.10^{-5} z \right] R_a; \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)} \quad (2.21)$$

Bước 13: Xác định lưới bức xạ sóng ngắn (R_{ns}). Lưới bức xạ sóng ngắn là giá trị triết tính từ bức xạ sóng ngắn (R_s) khi kể đến trời có mây và độ xiên của tia nắng so với bề mặt hấp thụ. Gần đúng tính theo công thức sau.

$$R_{ns} = 0,77R_s; \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)} \quad (2.22)$$

**Bảng 2.3: Xác định R_a (MJ/m²/ngày) từ vĩ độ và thời gian trong năm
(đối với phần Bắc bán cầu)**

Vĩ độ (độ)	Bắc bán cầu											
	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
70	0,0	2,6	10,4	23,0	35,2	42,5	39,4	28,0	14,9	4,9	0,1	0,0
68	0,1	3,7	11,7	23,9	35,3	42,0	38,9	28,6	16,1	6,0	0,7	0,0
66	0,6	4,8	12,9	24,8	35,6	41,4	38,8	29,3	17,3	7,2	1,5	0,1
64	1,4	5,9	14,1	25,8	35,9	41,2	38,8	30,0	18,4	8,5	2,4	0,6
62	2,3	7,1	15,4	26,6	36,3	41,2	39,0	30,6	19,5	9,7	3,4	1,3
60	3,3	8,3	16,6	27,5	36,6	41,2	39,2	31,3	20,6	10,9	4,4	2,2
58	4,3	9,6	17,7	28,4	37,0	41,3	39,4	32,0	21,7	12,1	5,5	3,1
56	5,4	10,8	18,9	29,2	37,4	41,4	39,6	32,6	22,7	13,3	6,7	4,2
54	6,5	12,0	20,0	30,0	37,8	41,5	39,8	33,2	23,7	14,5	7,8	5,2
52	7,7	13,2	21,1	30,8	38,2	41,6	40,1	33,8	24,7	15,7	9,0	6,4
50	8,9	14,4	22,2	31,5	38,5	41,7	40,2	34,4	25,7	16,9	10,2	7,5
48	10,1	15,7	23,3	32,2	38,8	41,8	40,4	34,9	26,6	18,1	11,4	8,7
46	11,3	16,9	24,3	32,9	39,1	41,9	40,6	35,4	27,5	19,2	12,6	9,9
44	12,5	18,0	25,3	33,5	39,3	41,9	40,7	35,9	28,4	20,3	13,9	11,1
42	13,8	19,2	26,3	34,1	39,5	41,9	40,8	36,3	29,2	21,4	15,1	12,4
40	15,0	20,4	27,2	34,7	39,7	41,9	40,8	36,7	30,0	22,5	16,3	13,6
38	16,2	21,5	28,1	35,2	39,9	41,8	40,8	37,0	30,7	23,6	17,5	14,8
36	17,5	22,6	29,0	35,7	40,0	41,7	40,8	37,4	31,5	24,6	18,7	16,1
34	18,7	23,7	29,9	36,1	40,0	41,6	40,8	37,6	32,1	25,6	19,9	17,3
32	19,9	24,8	30,7	36,5	40,0	41,4	40,7	37,9	32,8	26,6	21,1	18,5
30	21,1	25,8	31,4	36,8	40,0	41,2	40,6	38,0	33,4	27,6	22,2	19,8
28	22,3	26,8	32,2	37,1	40,0	40,9	40,4	38,2	33,9	28,5	23,3	21,0
26	23,4	27,8	32,8	37,4	39,9	40,6	40,2	38,3	34,5	29,3	24,5	22,2
24	24,6	28,8	33,5	37,6	39,7	40,3	39,9	38,3	34,9	30,2	25,5	23,3
22	25,7	29,7	34,1	37,8	39,5	40,0	39,6	38,4	35,4	31,0	26,6	24,5
20	26,8	30,6	34,7	37,9	39,3	39,5	39,3	38,3	35,8	31,8	27,7	25,6
18	27,9	31,5	35,2	38,0	39,0	39,1	38,9	38,2	36,1	32,5	28,7	26,8
16	28,9	32,3	35,7	38,1	38,7	38,6	38,5	38,1	36,4	33,2	29,6	27,9
14	29,9	33,1	36,1	38,1	38,4	38,1	38,1	38,0	36,7	33,9	30,6	28,9
12	30,9	33,8	36,5	38,0	38,0	37,6	37,6	37,8	36,9	34,5	31,5	30,0
10	31,9	34,5	36,9	37,9	37,6	37,0	37,1	37,5	37,1	35,1	32,4	31,0
8	32,8	35,2	37,2	37,8	37,1	36,3	36,5	37,2	37,2	35,6	33,3	32,0
6	33,7	35,8	37,4	37,6	36,6	35,7	36,9	36,9	37,3	36,1	34,1	32,9
4	34,6	36,4	37,6	37,4	36,0	35,0	35,3	36,5	37,3	36,6	34,9	33,9
2	35,4	37,0	37,8	37,1	35,4	34,2	34,6	36,1	37,3	37,0	35,6	34,8
0	36,2	37,5	37,9	36,8	34,8	33,4	33,9	35,7	37,2	37,4	36,3	35,6

Ghi chú: có thể chuyển R_a sang đơn vị mm/ngày bằng cách nhân thêm hệ số $\lambda = 2,45$

**Bảng 2.3: Xác định R_a ($\text{MJ/m}^2/\text{ngày}$) từ vĩ độ và thời gian trong năm
(đối với phần Nam bán cầu)**

Vĩ độ (độ)	Nam bán cầu											
	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
70	41,4	28,6	15,8	4,9	0,2	0,0	0,0	2,2	10,7	23,5	37,3	45,3
68	41,0	29,3	16,9	6,0	0,8	0,0	0,0	3,2	11,9	24,4	37,4	44,7
66	40,9	30,0	18,1	7,2	1,5	0,1	0,5	4,2	13,1	25,4	37,6	44,1
64	41,0	30,8	19,3	8,4	2,4	0,6	1,2	5,3	14,4	26,3	38,0	43,9
62	41,2	31,5	20,4	9,6	3,4	1,2	2,0	6,4	15,5	27,2	38,3	43,9
60	41,5	32,3	21,5	10,8	4,4	2,0	2,9	7,6	16,7	28,1	38,7	43,9
58	41,7	33,0	22,6	12,0	5,5	2,9	3,9	8,7	17,9	28,9	39,1	44,0
56	42,0	33,7	23,6	13,2	6,6	3,9	4,9	9,9	19,0	29,8	39,5	44,1
54	42,2	34,3	24,6	14,4	7,7	4,9	6,0	11,1	20,1	30,6	39,9	44,3
52	42,5	35,0	25,6	15,6	8,8	6,0	7,1	12,2	21,2	31,4	40,2	44,4
50	42,7	35,6	26,6	16,7	10,0	7,1	8,2	13,4	22,2	32,1	40,6	44,5
48	42,9	36,2	27,5	17,9	11,1	8,2	9,3	14,6	23,3	32,8	40,9	44,5
46	43,0	36,7	28,4	19,0	12,3	9,3	10,4	15,7	24,3	33,5	41,1	44,6
44	43,2	37,2	29,3	20,1	13,5	10,5	11,6	16,8	25,2	34,1	41,4	44,6
42	43,3	37,7	30,1	21,2	14,6	11,6	12,8	18,0	26,2	34,7	41,6	44,6
40	43,4	38,1	30,9	22,3	15,8	12,8	13,9	19,1	27,1	35,3	41,8	44,6
38	43,4	38,5	31,7	23,3	16,9	13,9	15,1	20,2	28,0	35,8	41,9	44,5
36	43,4	38,9	32,4	24,3	18,1	15,1	16,2	21,2	28,8	36,3	42,0	44,4
34	43,4	39,2	33,0	25,3	19,2	16,2	17,4	22,3	29,6	36,7	42,0	44,3
32	43,3	39,4	33,7	26,3	20,3	17,4	18,5	23,3	30,4	37,1	42,0	44,1
30	43,1	39,6	34,3	27,2	21,4	18,5	19,6	24,3	31,1	37,5	42,0	43,9
28	43,0	39,8	34,8	28,1	22,5	19,7	20,7	25,3	31,8	37,8	41,9	43,6
26	42,8	39,9	35,3	29,0	23,5	20,8	21,8	26,3	32,5	38,0	41,8	43,3
24	42,5	40,0	35,8	29,8	24,6	21,9	22,9	27,2	33,1	38,3	41,7	43,0
22	42,2	40,1	36,2	30,6	25,6	23,0	24,0	28,1	33,7	38,4	41,4	42,6
20	41,9	40,0	36,6	31,3	26,6	24,1	25,0	28,9	34,2	38,6	41,2	42,1
18	41,5	40,0	37,0	32,1	27,5	25,1	26,0	29,8	34,7	38,7	40,9	41,7
16	41,1	39,9	37,2	32,8	28,5	26,2	27,0	30,6	35,2	38,7	40,6	41,2
14	40,6	39,7	37,5	33,4	29,4	27,2	27,9	31,3	35,6	38,7	40,2	40,6
12	40,1	39,6	37,7	34,0	30,2	28,1	28,9	32,1	36,0	38,6	39,8	40,0
10	39,5	39,3	37,8	34,6	31,1	29,1	29,8	32,8	36,3	38,5	39,3	39,4
8	38,9	39,0	37,9	35,1	31,9	30,0	30,7	33,4	36,6	38,4	38,8	38,7
6	38,3	38,7	38,0	35,6	32,7	30,9	31,5	34,0	36,8	38,2	38,2	38,0
4	37,6	38,3	38,0	36,0	33,4	31,8	32,3	34,6	37,0	38,0	37,6	37,2
2	36,9	37,9	38,0	36,4	34,1	32,6	33,1	35,2	37,1	37,7	37,0	36,4
0	36,2	37,5	37,9	36,8	34,8	33,4	33,9	35,7	37,2	37,4	36,3	35,6

Ghi chú: Có thể chuyển R_a sang đơn vị mm/ngày bằng cách nhân thêm hệ số $\lambda = 2,45$

**Bảng 2.4: Xác định N (số giờ nắng trong ngày) từ vĩ độ và thời gian trong năm
(đối với phần Bắc bán cầu)**

Vĩ độ (độ)	Bắc bán cầu											
	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
70	0,0	6,6	11,0	15,6	21,3	24,0	24,0	17,6	12,8	8,3	2,3	0,0
68	2,1	7,3	11,1	15,3	19,7	24,0	22,3	17,0	12,7	8,7	4,1	0,0
66	3,9	7,8	11,2	14,9	18,7	22,0	20,3	16,4	12,7	9,0	5,2	1,9
64	5,0	8,2	11,2	14,7	17,9	20,3	19,2	16,0	12,6	9,3	6,0	3,7
62	5,7	8,5	11,3	14,4	17,3	19,2	18,4	15,7	12,6	9,5	6,6	4,8
60	6,4	8,8	11,4	14,2	16,8	18,4	17,7	15,3	12,5	9,7	7,1	5,6
58	6,9	9,1	11,4	14,1	16,4	17,8	17,2	15,1	12,5	9,9	7,5	6,2
56	7,3	9,3	11,5	13,9	16,0	17,3	16,8	14,8	12,4	10,1	7,9	6,7
54	7,7	9,5	11,5	13,8	15,7	16,8	16,4	14,6	12,4	10,2	8,2	7,1
52	8,0	9,7	11,5	13,6	15,4	16,5	16,0	14,4	12,4	10,3	8,5	7,5
50	8,3	9,8	11,6	13,5	15,2	16,1	15,7	14,3	12,3	10,4	8,7	7,9
48	8,6	10,0	11,6	13,4	15,0	15,8	15,5	14,1	12,3	10,6	9,0	8,2
46	8,8	10,1	11,6	13,3	14,8	15,5	15,2	14,0	12,3	10,7	9,2	8,5
44	9,1	10,3	11,6	13,2	14,6	15,3	15,0	13,8	12,3	10,7	9,4	8,7
42	9,3	10,4	11,7	13,2	14,4	15,0	14,8	13,7	12,3	10,8	9,6	9,0
40	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,8	14,6	13,6	12,2	10,9	9,7	9,2
38	9,6	10,6	11,7	13,0	14,1	14,6	14,4	13,5	12,2	11,0	9,9	9,4
36	9,8	10,7	11,7	12,9	13,9	14,4	14,2	13,4	12,2	11,1	10,1	9,6
34	10,0	10,8	11,8	12,9	13,8	14,3	14,1	13,3	12,2	11,1	10,2	9,7
32	10,1	10,9	11,8	12,8	13,6	14,1	13,9	13,2	12,2	11,2	10,3	9,9
30	10,3	11,0	11,8	12,7	13,5	13,9	13,8	13,1	12,2	11,3	10,5	10,1
28	10,4	11,0	11,8	12,7	13,4	13,8	13,6	13,0	12,2	11,1	10,6	10,2
26	10,5	11,1	11,8	12,6	13,3	13,6	13,5	12,9	12,1	11,4	10,7	10,4
24	10,7	11,2	11,8	12,6	13,2	13,5	13,3	12,8	12,1	11,4	10,8	10,5
22	10,8	11,3	11,9	12,5	13,1	13,3	13,2	12,8	12,1	11,5	10,9	10,7
20	10,9	11,3	11,9	12,5	12,9	13,2	13,1	12,7	12,1	11,5	11,0	10,8
18	11,0	11,4	11,9	12,4	12,8	13,1	13,0	12,6	12,1	11,6	11,1	10,9
16	11,1	11,5	11,9	12,4	12,7	12,9	12,9	12,5	12,1	11,6	11,2	11,1
14	11,3	11,6	11,9	12,3	12,6	12,8	12,8	12,5	12,1	11,7	11,3	11,2
12	11,4	11,6	11,9	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3
10	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,6	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4
8	11,6	11,7	11,9	12,2	12,4	12,5	12,4	12,3	12,0	11,8	11,6	11,5
6	11,7	11,8	12,0	12,1	12,3	12,3	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7	11,7
4	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,2	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,8
2	11,9	11,9	12,0	12,0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,0	12,0	11,9	11,9
0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

**Bảng 2.4: Xác định N (số giờ nắng trong ngày) từ vĩ độ và thời gian trong năm
(đối với phần Nam bán cầu)**

Vĩ độ (độ)	Nam bán cầu											
	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
70	24,0	17,4	13,0	8,4	2,7	0,0	0,0	6,4	11,2	15,7	21,7	24,0
68	21,9	16,7	12,9	8,7	4,3	0,0	1,7	7,0	11,3	15,3	19,9	24,0
66	20,1	16,2	12,8	9,1	5,3	2,0	3,7	7,6	11,3	15,0	18,8	22,1
64	19,0	15,8	12,8	9,3	6,1	3,7	4,8	8,0	11,4	14,7	18,0	20,3
62	18,3	15,5	12,7	9,3	6,7	4,8	5,6	8,3	11,4	14,5	17,4	19,2
60	17,6	15,2	12,6	9,8	7,2	5,6	6,3	8,7	11,5	14,3	16,9	18,4
58	17,1	14,9	12,6	9,9	7,6	6,2	6,8	8,9	11,5	14,1	16,5	17,8
56	16,7	14,7	12,5	10,1	8,0	6,7	7,2	9,2	11,6	13,9	16,1	17,3
54	16,3	14,5	12,5	10,2	8,3	7,2	7,6	9,4	11,6	13,8	15,8	16,9
52	16,0	14,3	12,5	10,4	8,6	7,5	8,0	9,6	11,6	13,7	15,5	16,5
50	15,7	14,2	12,4	10,5	8,8	7,9	8,3	9,7	11,7	13,6	15,3	16,1
48	15,4	14,0	12,4	10,6	9,0	8,2	8,5	9,9	11,7	13,4	15,0	15,8
46	15,2	13,9	12,4	10,7	9,2	8,5	8,8	10,0	11,7	13,3	14,8	15,5
44	14,9	13,7	12,4	10,8	9,4	8,7	9,0	10,2	11,7	13,3	14,6	15,3
42	14,7	13,6	12,3	10,8	9,6	9,0	9,2	10,3	11,7	13,2	14,4	15,0
40	14,5	13,5	12,3	10,9	9,8	9,2	9,4	10,4	11,8	13,1	14,3	14,8
38	14,4	13,4	12,3	11,0	9,9	9,4	9,6	10,5	11,8	13,0	14,1	14,6
36	14,2	13,3	12,3	11,1	10,1	9,6	9,8	10,6	11,8	12,9	13,9	14,4
34	14,0	13,2	12,2	11,1	10,2	9,7	9,9	10,7	11,8	12,9	13,8	14,3
32	13,9	13,1	12,2	11,2	10,4	9,9	10,1	10,8	11,8	12,8	13,7	14,1
30	13,7	13,0	12,2	11,3	10,5	10,1	10,2	10,9	11,8	12,7	13,5	13,9
28	13,6	13,0	12,2	11,3	10,6	10,2	10,4	11,0	11,8	12,7	13,4	13,8
26	13,5	12,9	12,2	11,4	10,7	10,4	10,5	11,1	11,9	12,6	13,3	13,6
24	13,3	12,8	12,2	11,4	10,8	10,5	10,7	11,2	11,9	12,6	13,2	13,5
22	13,2	12,7	12,1	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,5	13,1	13,3
20	13,1	12,7	12,1	11,5	11,1	10,8	10,9	11,3	11,9	12,5	13,0	13,2
18	13,0	12,6	12,1	11,6	11,2	10,9	11,0	11,4	11,9	12,4	12,9	13,1
16	12,9	12,5	12,1	11,6	11,3	11,1	11,1	11,5	11,9	12,4	12,8	12,9
14	12,7	12,4	12,1	11,7	11,4	11,2	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	12,8
12	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3	11,4	11,6	11,9	12,3	12,6	12,7
10	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,6
8	12,4	12,3	12,1	11,8	11,6	11,5	11,6	11,7	12,0	12,2	12,4	12,5
6	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7	11,7	11,7	11,8	12,0	12,1	12,3	12,3
4	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,8	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,2
2	12,1	12,1	12,0	12,0	11,9	11,9	11,9	11,9	12,0	12,0	12,1	12,1
0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0

Bước 14: Xác định mức hấp thụ nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất của cây trồng. Mức hấp thụ nhiệt độ lớn nhất được ký hiệu là $\sigma T_{\max K4}$, còn mức hấp thụ nhiệt độ nhỏ nhất được ký hiệu là $\sigma T_{\min K4}$, các giá trị này phụ thuộc trực tiếp vào nhiệt độ cao nhất ($T_{\max}$) và thấp nhất ($T_{\min}$) và được tra cứu qua mối quan hệ giữa σT_{K4} và nhiệt độ trong bảng 2.5.

Bảng 2.5: Xác định mức hấp thụ nhiệt độ $\sigma T_{\max K4}$ và $\sigma T_{\min K4}$

T (°C)	σT_{K4} (MJ/m ² /ngày)	T (°C)	σT_{K4} (MJ/m ² /ngày)	T (°C)	σT_{K4} (MJ/m ² /ngày)
1	27,70	17	34,75	33	43,08
1,5	27,90	17,5	34,99	33,5	43,36
2	28,11	18	35,24	34	43,64
2,5	28,31	18,5	35,48	34,5	43,93
3	28,52	19	35,72	35	44,21
3,5	28,72	19,5	35,97	35,5	44,50
4	28,93	20	36,21	36	44,79
4,5	29,14	20,5	36,46	36,5	45,08
5	29,35	21	36,71	37	45,37
5,5	29,56	21,5	36,96	37,5	45,67
6	29,78	22	37,21	38	45,96
6,5	29,99	22,5	37,47	38,5	46,26
7	30,21	23	37,72	39	46,56
7,5	30,42	23,5	37,98	39,5	46,85
8	30,64	24	38,23	40	47,15
8,5	30,86	24,5	38,49	40,5	47,46
9	31,08	25	38,75	41	47,76
9,5	31,30	25,5	39,01	41,5	48,06
10	31,52	26	39,27	42	48,37
10,5	31,74	26,5	39,53	42,5	48,68
11	31,97	27	39,80	43	48,99
11,5	32,19	27,5	40,06	43,5	49,30
12	32,42	28	40,33	44	49,61
12,5	32,65	28,5	40,60	44,5	49,92
13	32,88	29	40,87	45	50,24
13,5	33,11	29,5	41,14	45,5	50,56
14	33,34	30	41,41	46	50,87
14,5	33,57	30,5	41,69	46,5	51,19
15	33,81	31	41,96	47	51,51
15,5	34,04	31,5	42,24	47,5	51,84
16	34,28	32	42,52	48	52,16
16,5	34,52	32,5	42,80	48,5	52,49

Bước 15: Xác định mức hấp thụ nhiệt độ trung bình (σT_{K4}). Mức hấp thụ nhiệt độ trung bình là giá trị trung bình cộng của hai giá trị mức hấp thụ nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất đã xác định được ở bước 14.

$$\sigma T_{K4} = \frac{\sigma T_{\max K4} + \sigma T_{\min K4}}{2}; (\text{MJ/m}^2/\text{ngày}) \quad (2.23)$$

Bước 16: Xác định lưới bức xạ sóng dài (R_{nl}). Lưới bức xạ sóng dài phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: mức hấp thụ nhiệt độ trung bình, áp suất hơi thực (e_a), bức xạ sóng ngắn (R_s) và bức xạ sóng ngắn khi trời quang mây (R_{so}).

$$R_{nl} = \sigma T_{K4} \left(0,34 - 0,14\sqrt{e_a} \right) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right); (\text{MJ/m}^2/\text{ngày}) \quad (2.24)$$

Bước 17: Xác định lưới bức xạ mặt trời (R_n). Lưới bức xạ mặt trời được tính theo công thức sau.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}; (\text{MJ/m}^2/\text{ngày}) \quad (2.25)$$

Bước 18: Xác định mật độ dòng nhiệt trong đất (G). Mật độ dòng nhiệt trong đất phụ thuộc vào nhiệt độ trung bình của thời kỳ tính toán (T_n) và thời kỳ trước đó (T_{n-1}).

$$G = 0,14(T_n - T_{n-1}); (\text{MJ/m}^2/\text{ngày}) \quad (2.26)$$

Bước 19: Xác định độ ẩm nhỏ nhất ($RH_{\min}$). Độ ẩm tương đối nhỏ nhất không trực tiếp cần thiết để tính ET_o , nhưng cần cho việc xác định hệ số K_c trong công thức (2.11), để từ đó tính được ET . Độ ẩm tương đối nhỏ nhất được tính theo công thức sau.

$$RH_{\min} = 100 \frac{e_a}{e^o(T_{\max})} (\%) \quad (2.27)$$

Bước 20: Xác định lượng bốc hơi tiềm năng chung cho các loại cây trồng (ET_o). Thay các giá trị đã tính toán được ở các bước trên vào công thức (2.12) sẽ tính được lượng bốc hơi tiềm năng chung cho các loại cây trồng trong một ngày.

Thí dụ 2.1: Xác định ET_o theo phương pháp Penman - Monteith

Số liệu:

Xác định ET_o cho nông trại A nằm ở 20° vĩ Nam, cao trình 42m so với mực nước biển. Với các số liệu khí hậu như trong bảng 2.6.

Bảng 2.6: Số liệu đầu vào của thí dụ 2.1

Tháng	$T_{\min}$ (°C)	$T_{\max}$ (°C)	e_a (kPa)	n (giờ/ngày)	u (m/s)	Pe (mm)
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
1	13,5	19	1,65	6	2	3,8
2	17	22,5	1,65	6,2	2,2	4,2

Bảng 2.6: (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7
3	18	23	1,65	6,5	1,8	6,7
4	20	26	1,65	7	1,7	9,1
5	22	27	1,65	8	2,2	15,0
6	24	32	1,65	8,2	2,4	23,2
7	23	31	1,65	8,5	2,6	24,5
8	24	30	1,65	8	2,2	30,5
9	21	29	1,65	8,2	1,8	18,7
10	19	26	1,65	7,2	1,7	10,2
11	17	22	1,65	7	2,4	7,3
12	14	19	1,65	6	2,1	3,4

Tính toán:

Các bước tính toán cho tháng 5 được trình bày chi tiết dưới đây, còn với các tháng khác, kết quả tính toán được ghi trong bảng 2.7:

Bước 1: Xác định nhiệt độ trung bình (T). Nhiệt độ trung bình của tháng 5 được tính theo công thức (2.13):

$$T = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \frac{27 + 22}{2} = 24,5 (^{\circ}\text{C})$$

Bước 2: Xác định độ thay đổi áp suất hơi bão hòa trên đường cong nhiệt (Δ). Độ thay đổi áp suất hơi bão hòa trên đường cong nhiệt được theo công thức (2.14):

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 e^{\left(\frac{17,27 T}{T + 237,3} \right)} \right]}{(T + 237,3)^2} = \frac{4098 \left[0,6108 e^{\left(\frac{17,27 \times 24,5}{24,5 + 237,3} \right)} \right]}{(24,5 + 237,3)^2} = 0,184 \text{ (kPa/}^{\circ}\text{C)}$$

Bước 3: Xác định áp suất không khí (P). Áp suất không khí (P) được tính qua hàm số hóa đối với biến độ cao so với mực nước biển (z) của khu vực canh tác theo công thức (2.15):

$$P = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26} = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065 \times 42}{293} \right)^{5,26} = 100,805 \text{ (kPa)}$$

Bước 4: Xác định hằng số ẩm (γ). Sử dụng công thức (2.16), hằng số ẩm được tính theo áp suất không khí (P) vừa tính được ở bước 3:

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} P = \gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} \times 100,805 = 0,067 \text{ (kPa/}^{\circ}\text{C)}$$

Bước 5: Xác định áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ là $T_{\max}$. Áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ cao nhất $e^0(T_{\max})$ được tính theo công thức (2.17):

$$e^o(T_{\max}) = 0,6108e^{\left(\frac{17,27T_{\max}}{T_{\max}+237,3}\right)} = 0,6108e^{\left(\frac{17,27 \times 27}{27+237,3}\right)} = 3,565 \text{ (kPa)}$$

Bước 6: Xác định áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ là $T_{\min}$. Áp suất hơi bão hòa khi nhiệt độ thấp nhất $e^o(T_{\min})$ được tính theo công thức (2.18):

$$e^o(T_{\min}) = 0,6108e^{\left(\frac{17,27T_{\min}}{T_{\min}+237,3}\right)} = 0,6108e^{\left(\frac{17,27 \times 22}{22+237,3}\right)} = 2,644 \text{ (kPa)}$$

Bước 7: Xác định áp suất hơi bão hòa (e_s). Áp suất hơi bão hòa là giá trị trung bình số học của hai giá trị $e^o(T_{\max})$ và $e^o(T_{\min})$, tính theo công thức (2.19):

$$e_s = \frac{e^o(T_{\max}) + e^o(T_{\min})}{2} = \frac{3,565 + 2,644}{2} = 3,105 \text{ (kPa)}$$

Bước 8: Xác định bức xạ mặt trời ngoài khí quyển (R_a). Bức xạ mặt trời ngoài khí quyển, tại vĩ độ 20° Nam và tháng 5, tra bảng 2.3 cho giá trị 26,60 (MJ/m²/ngày).

Bước 9: Xác định số giờ nắng lớn nhất trong ngày (N). Số giờ nắng lớn nhất trong ngày, tại vĩ độ 20° Nam và tháng 5, tra bảng 2.4 cho giá trị 11,10 (giờ).

Bước 10: Xác định tỷ số n/N . Sau khi có giá trị $N = 11,10$ giờ từ bước 9 kết hợp với số giờ nắng thực (n) của khu vực canh tác là 8, sẽ dễ dàng tính được tỷ số $n/N = 8/11,10 = 0,721$.

Bước 11: Xác định bức xạ sóng ngắn (R_s). Bức xạ sóng ngắn được tính theo công thức (2.20).

$$R_s = \left[0,25 + 0,50 \frac{n}{N} \right] R_a = R_s = [0,25 + 0,50 \times 0,721] 26,60 = 16,236 \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)}$$

Bước 12: Xác định bức xạ sóng ngắn khi trời quang mây (R_{so}). Bức xạ sóng ngắn khi trời quang mây được tính theo công thức (2.21).

$$R_{so} = [0,75 + 2 \cdot 10^{-5} z] R_a = R_{so} = [0,75 + 2 \cdot 10^{-5} \times 42] 26,60 = 22,184 \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)}$$

Bước 13: Xác định lưới bức xạ sóng ngắn (R_{ns}). Lưới bức xạ sóng ngắn được tính theo công thức (2.22):

$$R_{ns} = 0,77 R_s = 0,77 \times 16,236 = 12,501 \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)}$$

Bước 14: Xác định mức hấp thụ nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất của cây trồng. Mức hấp thụ nhiệt độ lớn nhất $\sigma_{\max K4}$ và mức hấp thụ nhiệt độ nhỏ nhất $\sigma_{\min K4}$ ứng với nhiệt độ cao nhất ($T_{\max}$) và thấp nhất ($T_{\min}$), được tra cứu trong bảng 2.5:

Với $T_{\max} = 27^\circ\text{C}$ và $T_{\min} = 22^\circ\text{C}$, tra được $\sigma_{\max K4} = 39,80$ và $\sigma_{\min K4} = 37,21$ (MJ/m²/ngày).

Bước 15: Xác định mức hấp thụ nhiệt độ trung bình (σT_{K4}). Mức hấp thụ nhiệt độ trung bình được tính theo công thức (2.23):

$$\sigma T_{K4} = \frac{\sigma T_{\max K4} + \sigma T_{\min K4}}{2} = \frac{39,80 + 37,21}{2} = 38,505 \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)}$$

Bước 16: Xác định lưới bức xạ sóng dài (R_{nl}). Lưới bức xạ sóng dài được tính theo công thức (2.24):

$$\begin{aligned} R_{nl} &= \sigma T_{K4} \left(0,34 - 0,14 \sqrt{e_a} \right) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \\ &= 38,505 \left(0,34 - 0,14 \sqrt{1,65} \right) \left(1,35 \frac{16,236}{22,184} - 0,35 \right) = 3,934 \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)} \end{aligned}$$

Bước 17: Xác định lưới bức xạ mặt trời (R_n). Lưới bức xạ mặt trời được tính theo công thức (2.25):

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} = 12,501 - 3,934 = 8,567 \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)}$$

Bước 18: Xác định mật độ dòng nhiệt trong đất (G). Mật độ dòng nhiệt trong đất được tính theo công thức (2.26), trong đó nhiệt độ trung bình tháng 5 là $24,5^\circ\text{C}$, còn của tháng 4 tính được là $23,0^\circ\text{C}$:

$$G = 0,14(T_n - T_{n-1}) = 0,14(24,5 - 23,0) = 0,210 \text{ (MJ/m}^2\text{/ngày)}$$

Bước 19: Xác định độ ẩm nhỏ nhất ($RH_{\min}$). Độ ẩm tương đối nhỏ nhất tính theo công thức (2.27):

$$RH_{\min} = 100 \frac{e_a}{e^o(T_{\max})} = 100 \frac{1,65}{3,565} = 46,28 \text{ (%)}$$

Bước 20: Xác định lượng bốc hơi tiềm năng chung cho các loại cây trồng (ET_o). Thay các giá trị đã tính toán được ở các bước trên vào công thức (2.12) sẽ tính được lượng bốc hơi tiềm năng chung cho các loại cây trồng trong một ngày.

$$\begin{aligned} ET_o &= \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \\ ET_o &= \frac{0,408 \times 0,184 (8,567 - 0,210) + 0,067 \frac{900}{24,5 + 273} 2,2 (3,105 - 1,65)}{0,184 + 0,067 (1 + 0,34 \times 2,2)} = \\ &= 4,238 \text{ (mm/ngày)} \end{aligned}$$

Bảng 2.7: Kết quả tính toán của thí dụ 2.1

Tháng	T (°C)	Δ (kPa/°C)	P (kPa)	γ (kPa/°C)	$e^o T_{max}$ (kPa)	$e^o T_{min}$ (kPa)	e_s (kPa)	R_a (MJ/m ² /ng)	N (giờ/ngày)	n/N
1	16,25	0,118	100,805	0,067	2,197	1,547	1,872	41,90	13,10	0,458
2	19,75	0,143	100,805	0,067	2,726	1,938	2,332	40,00	12,70	0,488
3	20,5	0,149	100,805	0,067	2,809	2,064	2,437	36,60	12,10	0,537
4	23	0,170	100,805	0,067	3,361	2,338	2,850	31,30	11,50	0,609
5	24,5	0,184	100,805	0,067	3,565	2,644	3,105	26,60	11,10	0,721
6	28	0,220	100,805	0,067	4,755	2,984	3,869	24,10	10,80	0,759
7	27	0,209	100,805	0,067	4,493	2,809	3,651	25,00	10,90	0,780
8	27	0,209	100,805	0,067	4,243	2,984	3,613	28,90	11,30	0,708
9	25	0,189	100,805	0,067	4,006	2,487	3,246	34,20	11,90	0,689
10	22,5	0,165	100,805	0,067	3,361	2,197	2,779	38,60	12,50	0,576
11	19,5	0,141	100,805	0,067	2,644	1,938	2,291	41,20	13,00	0,538
12	16,5	0,119	100,805	0,067	2,197	1,599	1,898	42,10	13,20	0,455

R_s (MJ/ m ² /ng)	R_{su} (MJ/ m ² /ng)	R_{ns} (MJ/ m ² /ng)	sT_{maxK4} (MJ/ m ² /ng)	sT_{minK4} (MJ/ m ² /ng)	sT_{K4} (MJ/ m ² /ng)	R_{nl} MJ/ m ² /ng)	R_n (MJ/ m ² /ng)	G (MJ/ m ² /ng)	ET ₀ (mm/ ngày)	RH _{min} (%)
20,070	34,945	15,454	35,72	33,11	34,415	2,345	13,110	0,140	3,108	75,09
19,764	33,360	15,218	37,47	34,75	36,110	2,601	12,617	0,490	3,906	60,54
18,981	30,524	14,615	37,72	35,24	36,480	2,860	11,755	0,105	3,887	58,73
17,351	26,104	13,360	39,27	36,21	37,740	3,308	10,052	0,350	3,948	49,09
16,236	22,184	12,501	39,80	37,21	38,505	3,934	8,567	0,210	4,238	46,28
15,174	20,099	11,684	42,52	38,23	40,375	4,327	7,357	0,490	4,927	34,70
15,998	20,850	12,318	41,96	37,72	39,840	4,376	7,942	-0,140	5,175	36,73
17,455	24,103	13,440	41,41	38,23	39,820	4,003	9,437	0,000	5,130	38,89
20,333	28,523	15,657	40,87	36,71	38,790	3,805	11,852	-0,280	5,108	41,19
20,767	32,192	15,990	39,27	35,72	37,495	3,128	12,862	-0,350	4,734	49,09
21,392	34,361	16,472	37,21	34,75	35,980	2,827	13,646	-0,420	4,286	62,41
20,093	35,111	15,472	35,72	33,34	34,530	2,337	13,135	-0,420	3,282	75,09

2) Phương pháp Blaney - Crriddle

Phần trên đã trình bày quá trình tính ET₀ theo phương pháp Penman - Monteith, công thức cho kết quả chính xác nhưng khối lượng tính toán lớn và cần đầy đủ tài liệu

ban đầu. Trong thực tế, tại một số nơi ở một vài lúc, chúng ta khó có thể thu thập được đầy đủ số liệu như mong muốn, trong trường hợp này, một phương pháp đơn giản hơn và cũng yêu cầu một tài liệu đầu vào rất dễ thu thập là nhiệt độ (T). Đó là phương pháp Blaney – Crriddle. Phương pháp Blaney – Crriddle xác định ET_o với công thức rất đơn giản sau:

$$ET_o = P(0,48T + 8); \text{ (mm/ngày)} \quad (2.28)$$

Trong đó:

P - Tỷ lệ phần trăm của số giờ chiếu sáng trung bình năm đối với các ngày của tháng trong một chu kỳ tưới. Giá trị của P phụ thuộc vào vị trí địa lý và thời gian kỳ tính toán đối với cây trồng, được xác định theo bảng 2.8;

T - Nhiệt độ trung bình ngày ($^{\circ}\text{C}$).

Về cơ bản, công thức (2.28) là rất đơn giản, tính toán thuận tiện khi có ít tài liệu quan trắc. Để công thức (2.28) có cơ sở hơn và kể đến nhiều yếu tố hơn mà vẫn có được mức độ đơn giản cần thiết, năm 1977, Doorenbos và Pruitt đã hiệu chỉnh công thức của Blaney – Crriddle nhằm kể thêm các hệ số phản ánh sự ảnh hưởng của điều kiện khí hậu tới ET_o . Công thức hiệu chỉnh có dạng sau:

$$ET_o = N \left[\frac{a}{K_5} + bP \left(\frac{T}{K_1} + K_2 \right) \right]; \text{ (mm)} \quad (2.29)$$

Trong đó:

ET_o - lượng bốc hơi tiềm năng chung trong một chu kỳ tưới N ngày (mm);

a - là hệ số kinh nghiệm, phụ thuộc vào $RH_{\min}$ và tỷ số n/N ;

b - là hệ số kinh nghiệm, phụ thuộc vào $RH_{\min}$, tỷ số n/N và U_d ;

U_d - tốc độ gió trung bình trong ngày (m/s);

P - Tỷ lệ phần trăm của số giờ chiếu sáng trung bình năm đối với các ngày của tháng trong một chu kỳ tưới. Giá trị của P phụ thuộc vào vị trí địa lý và thời gian kỳ tính toán đối với cây trồng, được xác định theo bảng 2.8;

$RH_{\min}$ - độ ẩm nhỏ nhất (%);

N - số ngày trong một chu kỳ tưới (không ít hơn 10 ngày và không dài hơn 1 tháng);

n/N - tỷ số giờ nắng thực trên giờ nắng có thể;

T - nhiệt độ trung bình ngày trong thời kỳ tưới ($^{\circ}\text{C}$);

K_1, K_2, K_5 - các hệ số, có thể lấy $K_1 = 2,19$; $K_2 = 8,13$; $K_5 = 1$.

**Bảng 2.8: Tỷ lệ phần trăm của số giờ chiếu sáng trong ngày
hàng năm trong một chu kỳ tưới (P)**

Vĩ độ	Tháng											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bắc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Nam	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
60°	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,41	0,40	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13
58°	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,40	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15
56°	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,38	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16
54°	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,38	0,37	0,33	0,28	0,23	0,19	0,17
52°	0,19	0,22	0,27	0,31	0,35	0,37	0,36	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17
50°	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,20	0,18
48°	0,20	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
46°	0,20	0,23	0,27	0,30	0,34	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,20
44°	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
42°	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
40°	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35°	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22
30°	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23
25°	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
20°	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25	0,25
15°	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25
10°	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26
5°	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0°	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

Quá trình và các bước tính toán theo công thức (2.28) của Blaney – Criddle được trình bày dưới đây.

Bước 1: Xác định tỷ lệ số giờ nắng trong ngày (P) theo bảng 2.8.

Bước 2: Xác định giá trị nhiệt độ trung bình ngày của thời kỳ tính toán (T). Nhiệt độ trung bình ngày của thời đoạn tính toán có thể được tính trung bình số học giữa nhiệt độ lớn nhất ($T_{\max}$) và nhỏ nhất ($T_{\min}$) quan trắc được trong thời kỳ đó:

$$T = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}; (^{\circ}\text{C}) \quad (2.30)$$

Bước 3: Tính ET_o cả thời kỳ. Thay các giá trị P và T tính được trong bước 1 và 2 vào công thức (2.28) sẽ tính được lượng bốc hơi tiềm năng của cả thời kỳ tính toán.

Bước 4: Tính ET_o một ngày. Lấy giá trị ET_o của cả thời kỳ chia cho số ngày trong thời kỳ tính toán sẽ được lượng bốc hơi tiềm năng ngày.

Quá trình và các bước tính toán theo công thức (2.29) của Doorenbos và Pruitt được trình bày chi tiết như sau:

Bước 1: Xác định nhiệt độ trung bình ngày thời kỳ tính toán (T). Nhiệt độ trung bình ngày của thời đoạn tính toán (có thể là tháng, là ngày hoặc một số ngày) được tính trung bình số học giữa nhiệt độ lớn nhất ($T_{\max}$) và nhỏ nhất ($T_{\min}$) quan trắc được trong thời kỳ đó, và được tính theo công thức (2.30) ở trên.

Bước 2: Xác định hệ số a . Hệ số a do Doorenbos và Pruitt đề nghị và được tính theo công thức sau.

$$a = 0,0043(RH_{\min}) - \frac{n}{N} - 1,41 \quad (2.31)$$

Bước 3: Xác định hệ số b . Hệ số b do Doorenbos và Pruitt đề nghị và được tính theo công thức sau.

$$b = 0,81917 - 0,0040922(RH_{\min}) + 1,0705 \frac{n}{N} + 0,065649(U_d) - 0,0059684(RH_{\min}) \frac{n}{N} - 0,0005967(RH_{\min})(U_d) \quad (2.32)$$

Bước 4: Xác định tỷ lệ phần trăm số giờ nắng trong ngày (P). Giá trị P được tra trong bảng 2.8, phụ thuộc vào vĩ độ của khu vực canh tác.

Bước 5: Tính giá trị ET_o trong thời kỳ tính toán. Thay các giá trị vừa tính được ở các bước trên vào công thức (2.29), sẽ tính được lượng bốc hơi tiềm năng trong thời kỳ tính toán.

Bước 6: Tính giá trị ET_o trong một ngày. Từ giá trị ET_o tính được ở bước 5, chia cho số ngày của thời kỳ tính toán sẽ thu được giá trị lượng bốc hơi tiềm năng của một ngày.

Thí dụ 2.2: Xác định ET_o theo phương pháp Blaney - Criddell thuần túy (công thức (2.28)) và khi có hiệu chỉnh theo Doorenbos - Pruitt (công thức (2.29)). Thống kê kết quả tính ET_o theo các công thức (2.12), (2.28) và (2.29).

Số liệu: (Tương tự như ở thí dụ 2.1) Xác định ET_o cho nông trại A nằm ở 20° vĩ Nam, cao trình 42m so với mực nước biển. Với các số liệu sau:

Bảng 2.9: Số liệu tính toán của thí dụ 2.2

Tháng	$T_{\min}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$RH_{\min}$ (%)	N (ngày)	n/N	U_d (m/s)
1	13,5	19	75,10	31	0,458	2
2	17	22,5	60,54	28	0,488	2,2
3	18	23	58,73	31	0,537	1,8
4	20	26	49,09	30	0,609	1,7
5	22	27	46,28	31	0,721	2,2
6	24	32	34,70	30	0,759	2,4
7	23	31	36,73	31	0,780	2,6
8	24	30	38,89	31	0,708	2,2
9	21	29	41,19	30	0,689	1,8
10	19	26	49,07	31	0,576	1,7
11	17	22	62,40	30	0,538	2,4
12	14	19	75,09	31	0,455	2,1

Tính toán:

A. Tính theo công thức (2.28)

Bước 1: Xác định tỷ lệ số giờ nắng trong ngày (P) theo bảng 2.8, kết quả được ghi trong cột (2) của bảng 2.10.

Bước 2: Xác định giá trị nhiệt độ trung bình các tháng (T) theo công thức (2.30), kết quả ghi trong cột (5) của bảng 2.10.

Bước 3: Tính ET_0 của một ngày theo công thức (2.28), kết quả ghi ở cột (6), bảng 2.10.

Bảng 2.10: Kết quả tính toán theo công thức (2.28)

Tháng	P	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	T (°C)	ET_0 (mm/ngày)
1	0,33	13,5	19	16,25	5,21
2	0,31	17	22,5	19,75	5,42
3	0,28	18	23	20,50	5,00
4	0,25	20	26	23,00	4,76
5	0,22	22	27	24,50	4,35
6	0,21	24	32	28,00	4,50
7	0,21	23	31	27,00	4,40
8	0,24	24	30	27,00	5,03
9	0,27	21	29	25,00	5,40
10	0,30	19	26	22,50	5,64
11	0,33	17	22	19,50	5,73
12	0,34	14	19	16,50	5,41

B. Tính theo công thức (2.29)

Các bước tính cho tháng 5 được trình bày chi tiết dưới đây. Đối với các tháng khác, thực hiện tương tự sẽ thu được kết quả ghi trong bảng 2.11.

Bước 1: Xác định nhiệt độ trung bình ngày thời kỳ tính toán (T). Nhiệt độ trung bình tháng 5 được tính theo công thức (2.30) và cho kết quả là 24,5 °C (cột 5 - bảng 2.11).

Bước 2: Xác định hệ số a. Hệ số a do Doorenbos và Pruitt đề nghị và được tính theo công thức (2.31), kết quả cho trong cột 8 - bảng 2.11.

$$a = 0,0043(RH_{min}) - \frac{n}{N} - 1,41 = 0,0043 \times 46,28\% - 0,721 - 1,41 = -1,932$$

Bước 3: Xác định hệ số b. Hệ số b do Doorenbos và Pruitt đề nghị và được tính theo công thức (2.32), kết quả cho trong cột 9 - bảng 2.11.

$$b = 0,81917 - 0,0040922(RH_{\min}) + 1,0705 \frac{n}{N} +$$

$$+ 0,065649(U_d) - 0,0059684(RH_{\min}) \frac{n}{N} - 0,0005967(RH_{\min})(U_d)$$

$$b = 0,81917 - 0,0040922 \times 46,28\% + 1,0705 \times 0,721 + 0,065649 \times 2,2 -$$

$$- 0,0059684 \times 46,28\% \times 0,721 - 0,0005967 \times 46,28\% \times 2,2 = 1,286$$

Bước 4: Xác định tỷ lệ phần trăm số giờ nắng trong ngày (P). Giá trị P được tra trong bảng 2.8, phụ thuộc vào vĩ độ của khu vực canh tác (cột 2 - bảng 2.11).

Bước 5: Tính giá trị ET_o trong thời kỳ tính toán. Thay các giá trị vừa tính được ở các bước trên vào công thức (2.29), sẽ tính được lượng bốc hơi tiềm năng trong tháng 5, kết quả ghi trong cột 10 - bảng 2.11.

$$ET_o = N \left[\frac{a}{K_5} + bP \left(\frac{T}{K_1} + K_2 \right) \right]$$

$$ET_o = 31 \times \left[\frac{-1,932}{1} + 1,286 \times 0,22 \times \left(\frac{24,5}{2,19} + 8,13 \right) \right] = 109,53 \text{ mm/tháng}$$

Bước 6: Tính giá trị ET_o trong một ngày. Từ giá trị ET_o tính được ở bước 5, chia cho số ngày của tháng 5 sẽ thu được giá trị lượng bốc hơi tiềm năng của một ngày trong tháng 5 là 3,53 mm, kết quả ghi trong cột 11 - bảng 2.11.

Bảng 2.11: Kết quả tính toán theo công thức (2.29)

Tháng	P	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	T (°C)	N (ngày)	n/N	a	b	ET _o tháng (mm/tháng)	ET _o ngày. (mm/ngày)
1	0,33	13,5	19	16,25	31	0,458	-1,545	0,839	85,49	2,76
2	0,31	17	22,5	19,75	28	0,488	-1,638	0,983	100,40	3,59
3	0,28	18	23	20,50	31	0,537	-1,695	1,021	102,43	3,30
4	0,25	20	26	23,00	30	0,609	-1,808	1,153	106,94	3,56
5	0,22	22	27	24,50	31	0,721	-1,932	1,286	109,53	3,53
6	0,21	24	32	28,00	30	0,759	-2,020	1,441	129,22	4,31
7	0,21	23	31	27,00	31	0,780	-2,032	1,446	129,65	4,18
8	0,24	24	30	27,00	31	0,708	-1,951	1,347	144,55	4,66
9	0,27	21	29	25,00	30	0,689	-1,922	1,293	147,01	4,90
10	0,30	19	26	22,50	31	0,576	-1,775	1,128	138,06	4,45
11	0,33	17	22	19,50	30	0,538	-1,680	1,008	119,57	3,99
12	0,34	14	19	16,50	31	0,455	-1,542	0,839	90,65	2,92

Bảng 2.12: So sánh kết quả tính toán theo các công thức (2.12), (2.28) và (2.29)

Tháng	ET _o ngày theo (2.12) (mm)	ET _o ngày theo (2.28) (mm)	ET _o ngày theo (2.29) (mm)
1	3,108	5,214	2,758
2	3,906	5,419	3,586
3	3,887	4,995	3,304
4	3,948	4,760	3,565
5	4,238	4,347	3,533
6	4,927	4,502	4,307
7	5,175	4,402	4,182
8	5,130	5,030	4,663
9	5,108	5,400	4,900
10	4,734	5,640	4,454
11	4,286	5,729	3,986
12	3,282	5,413	2,924

3) Phương pháp bốc hơi chậu

Việc đo lượng nước tổn thất bốc hơi từ chậu (pan) trong khoảng thời gian nào đó là một cách đơn giản và rất dễ thực hiện. Lượng nước do bốc hơi từ chậu (E_{pan}) được xác định bằng cách đo sự thay đổi mực nước trong chậu sau khoảng thời gian đó. Thời gian đo thường tính theo giờ, theo ngày, tuần hay tháng với sự theo dõi và ghi chép thường xuyên. Sau khi đo được lượng nước tổn thất bốc hơi từ chậu, lượng bốc hơi tiềm năng ET_o được xác định theo công thức:

$$ET_o = K_p \times E_{\text{pan}} ; (\text{mm}) \quad (2.33)$$

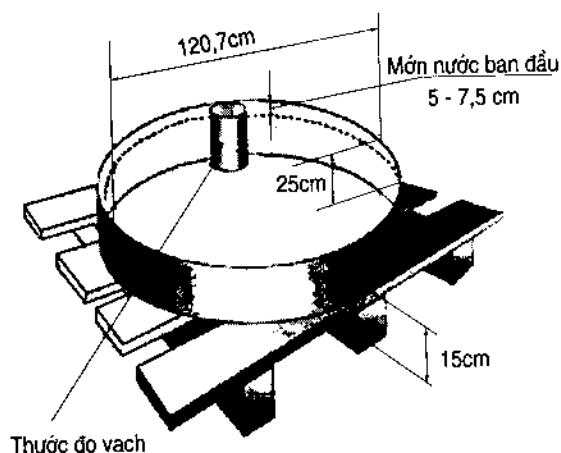
Trong đó:

K_p - hệ số bốc hơi chậu.
Kiểu chậu (hình dáng, mẫu sắc), vị trí đặt chậu, điều kiện độ ẩm và gió đều ảnh hưởng tới hệ số K_p ;

E_{pan} - lượng bốc hơi chậu được đo trực tiếp (mm).

Hiện nay, có hai loại chậu hay được sử dụng nhất đó là chậu tròn và chậu vuông:

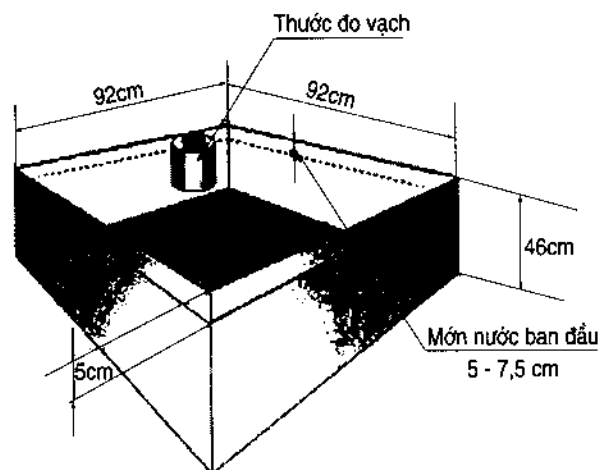
Chậu tròn (hình 2.9) có đường kính 120,7cm và cao 25cm. Chậu được làm bằng thép mạ kẽm hay



Hình 2.9: Chậu tròn

bằng tôn. Chậu được đặt cao hơn so với mặt đất 15cm trên một bệ gỗ. Mực nước ban đầu đưa vào chậu nằm trong khoảng 5÷7,5cm so mép trên của chậu. Bên trong chậu có gắn thiết bị đo mực nước, thiết bị là dạng ống kim loại có đường kính khoảng 10cm và cao 20cm, trên thiết bị có các vạch chia để có thể đọc được mực nước trong chậu. Số liệu mực nước trong chậu thường được lấy sau 24 giờ, và thời gian tốt nhất để lấy số liệu là vào sáng sớm (khoảng 7h sáng).

Chậu vuông trong hình 2.10 (Chậu Sunken Colorado) có kích thước chiều dài và chiều rộng là 92cm, sâu 46cm, chậu thường được làm bằng thép dày 3mm và toàn bộ chậu được sơn màu đen hắc ín. Chậu được đặt trên mặt đất một khoảng 5cm. Mực nước ban đầu trong chậu cũng được yêu cầu nằm trong khoảng 5÷7,5cm so với mép trên của chậu. Chậu vuông cho kết quả đo lượng nước bốc hơi tốt hơn chậu tròn, tuy nhiên nhược điểm của chậu vuông là công kênh và khó khăn trong việc bảo trì.



Hình 2.10: Chậu vuông

Vị trí đặt chậu cũng gây ảnh hưởng tới hệ số bốc hơi chậu. Có hai vị trí đặt chậu cần được xem xét: Trường hợp A là chậu được đặt trên lớp cỏ và xung quanh là vùng đất trống, trường hợp B thì ngược lại chậu được đặt trên khu đất trống và xung quanh là cỏ (hình 2.11).



Hình 2.11: Hai trường hợp đặt chậu

Như vậy hệ số bốc hơi chậu cần được xác định tùy theo các trường hợp cụ thể như loại chậu và trường hợp đặt chậu. Các công thức trong bảng sau được sử dụng để xác định hệ số K_p .

Bảng 2.13: Các công thức tính toán hệ số K_p

Chậu tròn	Trường hợp A	$K_p = 0,108 - 0,0286 u_2 + 0,0422 \ln(D) + 0,1434 \ln(RH_{mean}) - 0,000631 [\ln(D)]^2 \ln(RH_{mean})$	(2.34)
	Trường hợp B	$K_p = 0,61 + 0,00341 RH_{mean} - 0,000162 u_2 RH_{mean} - 0,00000959 u_2 D + 0,00327 u_2 \ln(D) - 0,00289 u_2 \ln(86,4 u_2) - 0,0106 \ln(86,4 u_2) \ln(D) + 0,00063 [\ln(D)]^2 \ln(86,4 u_2)$	(2.35)
Chậu vuông	Trường hợp A	$K_p = 0,87 + 0,119 \ln(D) - 0,0157 [\ln(86,4 u_2)]^2 \ln(RH_{mean}) - 0,000053 \ln(86,4 u_2) \ln(D) RH_{mean}$	(2.36)
	Trường hợp B	$K_p = 1,145 - 0,080 u_2 + 0,000903 (u_2)^2 \ln(RH_{mean}) - 0,0964 \ln(D) + 0,0031 u_2 \ln(D) + 0,0015 [\ln(D)]^2 \ln(RH_{mean})$	(2.37)

Trong đó:

u - vận tốc gió đo được tại độ cao 2m (m/s);

RH_{mean} - độ ẩm trung bình (%);

D - khoảng cách từ chậu tới mép cỏ (m).

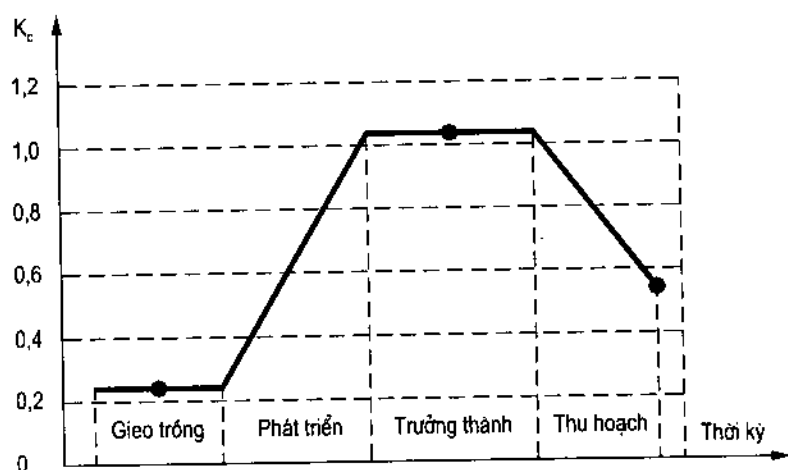
2.3.2. Xác định hệ số bốc hơi của cây trồng K_c

Phân trên đã giới thiệu các phương pháp xác định lượng bốc hơi tiềm năng chung cho các loại cây trồng ET_o , và để xác định đúng lượng bốc hơi thực tế của mỗi loại cây, cần tính hoặc xác định được hệ số bốc hơi của loại cây trồng đó (K_c). Mặc dù trong K_c thực ra có hai thành phần tham gia là $K_c = K_{cb} + K_e$, trong đó K_{cb} là hệ số bốc thoát hơi của cây trồng, còn K_e là hệ số bốc hơi của nước trong đất.

Về định nghĩa, K_c là tỉ số giữa lượng bốc hơi thực và lượng bốc hơi tiềm năng của cây trồng trong từng thời kì sinh trưởng. Hệ số K_c phụ thuộc chủ yếu vào từng giai đoạn sinh trưởng của cây trồng và điều kiện khí hậu như minh họa trong hình 2.12.

Các giá trị K_c được xác định thông qua các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, và dưới đây là bảng giá trị K_c cho một số loại cây trồng điển hình do Tổ chức Lương thực Thế giới (FAO) cung cấp cho các vùng thuộc khu vực Đông Nam Á (bảng 2.14).

Để xác định chính xác hệ số cây trồng trong những thời kỳ sinh trưởng và phát triển của cây trồng, cần phải biết thời gian của từng thời kỳ, do đó, tổ chức FAO đã thống kê thời kỳ sinh trưởng và phát triển của một số loài cây trồng theo hai khoảng thời gian ngắn nhất và dài nhất (bảng 2.15).



Hình 2.12: Hệ số K_c cho từng giai đoạn sinh trưởng của cây trồng

Bảng 2.14: Bảng tra hệ số K_c cho một số loài cây trồng theo từng thời kỳ sinh trưởng

Cây trồng	Thời kỳ sinh trưởng của cây trồng			
	Gieo trồng	Phát triển	Trưởng thành	Thu hoạch
Lúa mì	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	0,95 - 1,2	0,2 - 0,25
Lúa mạch	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	0,95 - 1,2	0,2 - 0,25
Đậu	0,3 - 0,4	0,65 - 0,75	0,95 - 1,05	0,85 - 0,95
Cải bắp	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,8 - 0,95
Cà rốt	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,1	0,8 - 0,95
Bông, lanh	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,0 - 1,1	0,65 - 0,7
Dưa chuột	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,85 - 0,95	0,7 - 0,8
Cà chua	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,25	0,6 - 0,7
Đậu Hà Lan	0,4 - 0,5	0,7 - 0,75	1,05 - 1,2	0,95 - 1,1
Ngô	0,3 - 0,5	0,7 - 0,9	1,05 - 1,2	0,95 - 1,1
Hành	0,4 - 0,6	0,7 - 0,8	0,95 - 1,05	0,75 - 0,85
Lạc	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	0,95 - 1,05	0,55 - 0,6
Hồ tiêu	0,3 - 0,4	0,6 - 0,75	0,95 - 1,05	0,8 - 0,9
Khoai Tây	0,4 - 0,5	0,7 - 0,8	1,05 - 1,15	0,7 - 0,8
Củ cải	0,4 - 0,5	0,55 - 0,65	0,85 - 0,95	0,85 - 0,95
Đậu nành	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	1,0 - 1,15	0,4 - 0,5
Củ cải đường	0,4 - 0,5	0,75 - 0,85	1,05 - 1,2	0,6 - 0,7
Chuối	0,5 - 0,65	0,8 - 0,9	1,0 - 1,2	1,0 - 1,15
Nho	0,35 - 0,55	0,6 - 0,8	0,7 - 0,9	0,55 - 0,7
Lúa nước	1,1 - 1,15	1,1 - 1,5	1,1 - 1,3	0,95 - 1,05
Dưa hấu	0,3 - 0,4	0,7 - 0,8	0,95 - 1,05	0,65 - 0,75

Giá trị thứ nhất: Khi độ ẩm cao ($RH_{min} > 70\%$) và gió nhẹ ($U < 5m/s$)

Giá trị thứ hai: Khi độ ẩm thấp ($RH_{min} < 70\%$) và gió mạnh ($U > 5m/s$)

Trong trường hợp không thoả mãn hai điều kiện trên, thì K_c lấy theo giá trị trung bình.

**Bảng 2.15: Xác định thời gian từng thời kỳ sinh trưởng của cây trồng (ngày)
có loại ngắn ngày và loại dài ngày**

Cây trồng	Tổng	Thời kỳ gieo trồng	Thời kỳ phát triển	Thời kỳ trưởng thành	Thời kỳ thu hoạch
Lúa mì, lúa mạch	120	15	25	50	30
	150	15	30	65	40
Đậu	75	15	25	25	10
	90	20	30	30	10
Cải bắp	120	20	25	60	15
	140	25	30	65	20
Cà rốt	100	20	30	30	20
	150	25	35	70	20
Bông	180	30	50	55	45
	195	30	50	65	50
Dưa chuột	105	20	30	40	15
	130	25	35	50	20
Cà chua	135	30	40	40	25
	180	35	45	70	30
Đậu Hà Lan	90	15	25	35	15
	100	20	30	35	15
Ngô	125	20	35	40	30
	180	30	50	60	40
Hành	70	25	30	10	5
	210	20	35	110	45
Lạc	130	25	35	45	25
	140	30	40	45	25
Hỗ tiều	120	25	35	40	20
	210	30	40	110	30
Khoai tây	105	25	30	30	20
	145	30	35	50	30
Củ cải	35	5	10	15	5
	40	10	10	15	5
Đậu nành	135	20	30	60	25
	150	20	30	70	30
Củ cải đường	160	25	35	60	40
	230	45	65	80	40
Chuối	365	120	60	180	5
	390	120	90	120	60
Nho	240	20	40	120	60
Lúa nước	150	30	30	60	30
	180	30	30	80	40
Dưa hấu	120	25	35	40	20
	160	30	45	65	20

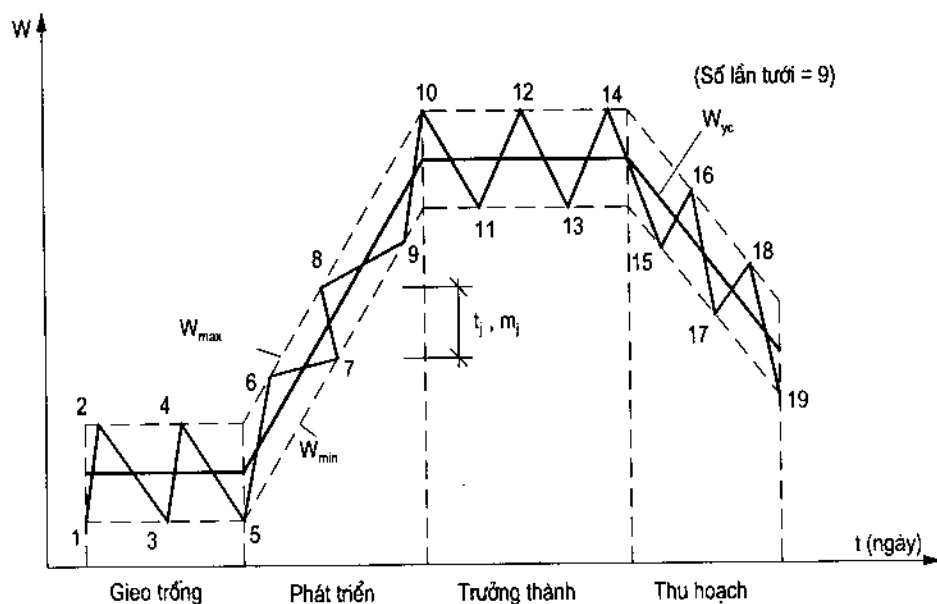
2.4. CHẾ ĐỘ TƯỚI

2.4.1. Khái niệm

Mỗi loại cây trồng có đặc tính riêng và nhu cầu nước riêng, nên chế độ tưới cần được xác định chính xác, đảm bảo hiệu quả cho các lần tưới và đảm bảo cho sự phát triển của cây trồng. Hình 2.13 minh họa về biểu đồ chế độ tưới cho cây trồng.

Chế độ tưới là sự thể hiện nhu cầu nước cần thiết của mỗi loại cây trồng trong từng vụ mùa, từng thời kỳ sinh trưởng và phát triển khác nhau thông qua các thông số cơ bản về tưới như:

- Tổng lượng nước cần tưới (V);
- Mức tưới mỗi đợt (m);
- Số lần tưới (n);
- Thời gian tưới mỗi đợt (T_i).



Hình 2.13: Biểu đồ chế độ tưới cho cây trồng

2.4.2. Tổng lượng nước cần tưới

Theo phương trình 2.4 mức nước tưới cho cây trồng I phụ thuộc vào nhiều yếu tố, nhưng trong đó chỉ có hai thông số ảnh hưởng chủ yếu đến I là lượng bốc hơi nước thực vật ET và lượng mưa hiệu quả $P_e = P - DP - RO$. Ngoài ra cần xét đến yếu tố tưới không đều do sử dụng các kỹ thuật tưới khác nhau: thấm, bốc hơi nước khi tưới mặt, hay mất nước do gió mang đi khi tưới phun mưa. Mức nước cần thiết trong một mùa (vụ, năm) tưới cho mỗi loại cây trồng tại một khu vực cụ thể có thể xác định bằng công thức sau:

$$I_{i,k} = 100 \left[\frac{(ET)_{i,k} - (P_e)_{i,k}}{E_i} \right] \quad (2.38)$$

Trong đó:

$I_{i,k}$ (mm) - mức nước tưới cho loại cây trồng i trong vụ thứ k ;

$(ET)_{i,k}$ (mm) - mức bốc thoát hơi thực vật cho loại cây trồng i trong vụ thứ k ;

$(P_e)_k$ (mm) - lượng mưa hiệu quả trong vụ thứ k ;

E_i (%) - hiệu suất tưới trong vụ, xác định theo bảng 2.16.

Bảng 2.16: Xác định hiệu suất tưới theo kỹ thuật tưới

Kỹ thuật tưới	E%
Tưới mặt	50-80
Tưới phun mưa	60-75
Tưới giọt	80-90

Tổng lượng nước tưới cho A đơn vị diện tích gieo trồng loại cây i , được xác định theo công thức sau.

$$V_k = K \sum_{i=1}^n (A_i I_{i,k}) \quad (2.39)$$

Trong đó:

V_k (m³) - lượng nước tưới cần tính;

K - hệ số, lấy $K = 10$;

A_i (ha) - diện tích gieo trồng loại cây i .

Quá trình tính toán lượng nước tưới có thể được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Xác định lượng bốc hơi tiềm năng ET_o . Tính toán ET_o theo như đã trình bày trong mục 2.3.1, có thể tính theo một trong các phương pháp đã giới thiệu.

Bước 2: Xác định khoảng thời gian sinh trưởng của cây trồng. Thời gian sinh trưởng và phát triển của cây trồng có thể tham khảo bảng 2.15.

Bước 3: Xác định hệ số K_c cho từng tháng trong quá trình sinh trưởng của cây. Hệ số K_c của cây trồng có thể xác định theo bảng 2.14.

Bước 4: Xác định lượng mưa hiệu quả P_e . P_e được đầu bài cho, hoặc theo bảng 2.2.

Bước 5: Xác định hiệu suất tưới E_i . Hiệu suất tưới của kỹ thuật tưới được lấy theo bảng 2.16.

Bước 6: Xác định tổng lượng bốc hơi thực vật $ET = K_c ET_o$.

Bước 7: Xác định tổng mức tưới cần thiết cho mỗi loại cây trồng theo công thức (2.38).

Bước 8: Xác định tổng lượng nước cần tưới cho toàn bộ khu tưới theo công thức (2.39).

Thí dụ 2.3: Xác định tổng lượng nước tưới cho cây trồng

Số liệu:

Số liệu địa lý địa hình và khí hậu được lấy theo thí dụ 2.1. Khu tưới rộng 10 ha, trong đó 7ha trồng khoai tây, 3ha trồng cà chua. Kỹ thuật tưới mặt được sử dụng ở khu vực này. Mùa vụ của hai cây trồng bắt đầu từ tháng 5.

Tính toán:

Bước 1: Lượng bốc hơi tiềm năng ET_0 được lấy theo kết quả của thí dụ 2.1.

Bước 2: Khoảng thời gian sinh trưởng và phát triển của cây trồng được lấy theo bảng 2.15. Đối với cây khoai tây và cây cà chua, thời kỳ sinh trưởng và phát triển như sau.

Cây trồng	Tổng	Thời kỳ gieo trồng	Thời kỳ phát triển	Thời kỳ trưởng thành	Thời kỳ thu hoạch
Khoai tây	105	25	30	30	20
Cà chua	135	30	40	40	25

Phân phối thời kỳ trên theo tháng, ta có kết quả trong bảng sau:

Cây trồng	Tổng	Thời kỳ gieo trồng	Thời kỳ phát triển	Thời kỳ trưởng thành	Thời kỳ thu hoạch
Khoai tây	105	25 tháng 5: 25	30 tháng 5: 06 tháng 6: 24	30 tháng 6: 06 tháng 7: 24	20 tháng 7: 07 tháng 8: 13
Cà chua	135	30 tháng 5: 30	40 tháng 5: 01 tháng 6: 30 tháng 7: 09	40 tháng 7: 22 tháng 8: 18	25 tháng 8: 13 tháng 9: 12

Bước 3: Xác định hệ số K_c cho từng tháng trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Hệ số K_c cho từng thời kỳ sinh trưởng và phát triển được tra theo bảng 2.14 với độ ẩm < 70% và gió nhẹ < 5m/s cho nên lấy giá trị trung bình, được số liệu sau.

Cây trồng	Thời kỳ sinh trưởng của cây trồng			
	Gieo trồng	Phát triển	Trưởng thành	Thu hoạch
Khoai tây	0,45	0,75	1,10	0,75
Cà chua	0,45	0,75	1,15	0,65

Sau đó tính toán K_c cho từng thời kỳ sinh trưởng và phát triển của cây trồng, lưu ý rằng vụ khoai tây cần 105 ngày, bắt đầu từ tháng 5, do đó sẽ kéo dài đến tận tháng 8, còn cà chua sẽ kéo sang tháng 9. Tính toán cụ thể như sau.

Với cây khoai tây:

$$\text{Tháng 5: } K_c = \frac{25}{31} 0,45 + \frac{6}{31} 0,75 = 0,508$$

$$\text{Tháng 6: } K_c = \frac{24}{30} 0,75 + \frac{6}{30} 1,10 = 0,820$$

$$\text{Tháng 7: } K_c = \frac{24}{31} 1,10 + \frac{7}{31} 0,75 = 1,021$$

$$\text{Tháng 8: } K_c = \frac{13}{31} 0,75 = 0,315$$

Với cây cà chua:

$$\text{Tháng 5: } K_c = \frac{30}{31} 0,45 + \frac{1}{31} 0,75 = 0,460$$

$$\text{Tháng 6: } K_c = \frac{30}{30} 0,75 = 0,750$$

$$\text{Tháng 7: } K_c = \frac{9}{31} 0,75 + \frac{22}{31} 1,15 = 1,034$$

$$\text{Tháng 8: } K_c = \frac{18}{31} 1,15 + \frac{13}{31} 0,65 = 0,940$$

$$\text{Tháng 9: } K_c = \frac{12}{30} 0,65 = 0,260$$

Bước 4: Xác định lượng mưa hiệu quả P_c . Đầu bài đã cho lượng mưa hiệu quả trung bình ngày của mỗi tháng, nhân với số ngày trong tháng ứng với mỗi thời kỳ sẽ thu được lượng mưa hiệu quả của tháng. Kết quả như trong bảng sau.

Tháng	P_c (mm)	
	Khoai tây	Cà chua
5	15,0	15,0
6	23,2	23,2
7	24,5	24,5
8	12,8	30,5
9	18,7	7,5
Cộng	94,2	100,7

Lưu ý rằng đối với cây khoai tây, trong tháng 8 chỉ có 13 ngày, còn với cây cà chua trong tháng 9 chỉ có 12 ngày, nên lượng mưa hiệu quả của các tháng đó phải tính đúng theo số ngày.

Bước 5: Xác định hiệu suất tưới E_i . Hiệu suất tưới phụ thuộc vào kỹ thuật tưới, ở đây kỹ thuật tưới áp dụng cho cây khoai tây và cây cà chua là tưới mặt, do đó từ bảng 2.16, xác định được hiệu suất tưới từ 50% đến 80%. Trong thí dụ này, nếu coi hệ thống kênh mương tưới được gia cố tốt, hiệu suất tưới chọn bằng 75% cho cả khoai tây và cà chua.

Bước 6: Xác định lượng bốc hơi thực vật $ET = K_c ET_o$. Chú ý rằng, giá trị ET_o tính trong thí dụ 2.1 là trung bình ngày, còn ở đây phải tính đúng theo số ngày ứng với mỗi giai đoạn của thời kỳ sinh trưởng và phát triển của cây khoai tây và cây cà chua. Kết quả như trong bảng sau.

Tháng	ET_o , ngày (mm)	Khoai tây			Cà chua		
		ET_o , tháng (mm)	K_c	ET (mm)	ET_o , tháng (mm)	K_c	ET (mm)
5	4,238	131,387	0,508	66,753	131,387	0,460	60,396
6	4,927	147,815	0,820	121,208	147,815	0,750	110,861
7	5,175	160,425	1,021	163,788	160,425	1,034	165,858
8	5,130	66,688	0,315	20,974	159,025	0,940	149,535
9	5,108				61,293	0,260	15,936
Cộng				372,724			502,586

Bước 7: Xác định tổng mức tưới cần thiết cho cây khoai tây và cà chua theo công thức (2.38):

$$I_{\text{khoaitay}} = 100 \left[\frac{ET - Pe}{E} \right] = 100 \left[\frac{372,724 - 94,2}{75} \right] = 371,379 \approx 372 \text{ mm}$$

$$I_{\text{cachua}} = 100 \left[\frac{ET - Pe}{E} \right] = 100 \left[\frac{502,586 - 100,7}{75} \right] = 535,875 \approx 536 \text{ mm}$$

Bước 8: Xác định tổng lượng nước cần tưới cho toàn bộ khu tưới theo công thức (2.39), trong đó diện tích trồng khoai tây là 7 ha còn cà chua là 3 ha:

$$V = K \sum_{i=1}^2 (A_i I_i) = 10 \times (372 \times 7 + 536 \times 3) = 42120 \text{ m}^3$$

2.4.3. Mức tưới mỗi đợt

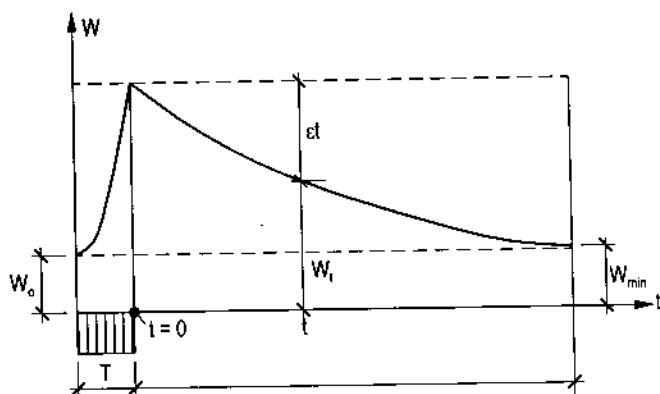
Nếu ký hiệu W là lượng nước tưới cần thiết trong thời gian t của một quá trình sau tưới (hoặc biểu thị bằng lớp nước bình thường) thì lượng nước cần tưới (mức tưới) của mỗi đợt tưới là:

$$m = W_{\text{max}} - W_o \quad (2.40)$$

Trong đó: W_o là lượng nước có sẵn trong đất trước khi tưới.

Sau khi đã cấp lượng nước tưới m thì theo thời gian lượng nước này sẽ giảm dần do quá trình hấp thụ nước của cây trồng và do tổn thất bốc hơi mặt đất như minh họa trong hình 2.14.

Trong hình 2.14, ε là lượng nước tiêu hao bình quân mỗi ngày (m^3/ha). Tại ngày thứ t tính từ sau khi tưới, lượng nước tiêu hao là εt (m^3/ha) và lượng nước còn lại trong ruộng là:



Hình 2.14: Quá trình sử dụng nước

$$W_t = W - \varepsilon.t \quad (2.41)$$

Trong đó: εt là lượng nước tiêu hao do bốc hơi, do cây trồng hút nước, do thấm lậu...

Khi $W_t = W_{\min} \approx W_0$ (lượng nước tối thiểu cần duy trì) thì cần phải tưới đợt tiếp theo. Lượng trữ nước tối thiểu ($W_{\min}$) trong đất trồng trước đợt tưới tiếp theo được xác định bằng công thức:

$$W_{\min} = H_r \cdot A \cdot \beta_{\min} \cdot F_t \quad (2.42)$$

Trong đó:

H_r - độ sâu vùng rễ (m);

A - độ trữ nước toàn phần của toàn phần của tầng đất;

$\beta_{\min}$ - độ trữ nước tối thiểu trong đất trước đợt tưới ($\approx 45\%$);

F_t - diện tích tưới (ha).

2.4.4. Thời gian cần tưới

Ngoài tổng lượng nước tưới và mức tưới đã được xác định, còn một vấn đề nữa là thời gian cần tưới. Thời gian tưới phụ thuộc vào nhiều yếu tố tác động như khí hậu, đất đai trồng trọt, loại cây trồng và một số yếu tố khác. Nước cần được tưới đúng thời điểm mà cây cần nước, đặc biệt trong thời kỳ phát triển của cây trồng, nhu cầu nước rất nhạy cảm, thừa hay thiếu nước đều ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và năng suất cây trồng. Trên thế giới hiện nay có hai phương pháp hay được sử dụng để xác định thời gian tưới, đó là phương pháp xác định thời gian cần tưới theo cây trồng và phương pháp xác định thời gian cần tưới theo đất trồng trọt.

1) Phương pháp xác định theo cây trồng

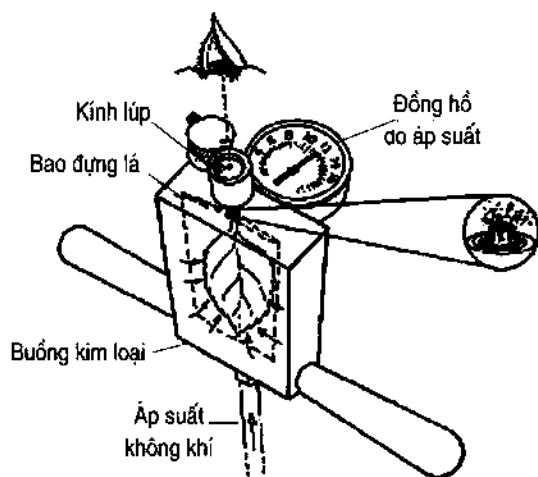
Đây là phương pháp trực tiếp nhằm xác định khi nào cây cần tưới. Thông thường, có thể dựa vào một số dấu hiệu của cây trồng để nhận biết được thời kỳ cần nước của cây. Dưới đây là một số dấu hiệu nhận biết.

- *Hình dáng và sự sinh trưởng.* Nhu cầu cần nước của cây thể hiện ở lá, chồi và màu sắc của lá. Quá trình đo đường kính và chiều cao thân cây có thể xác định được tốc độ sinh trưởng của cây, khi tốc độ sinh trưởng chậm lại thể hiện cây cần được tưới. Hình dáng và sự sinh trưởng thường không ảnh hưởng tới các thông số của chế độ tưới, khi cây trồng thiếu nước trong một thời gian dài sẽ có tác động bất lợi tới sản lượng. Cần thận trọng trong khi nhận biết loại dấu hiệu này, bởi vì một số nguyên nhân khác như sâu bệnh, thiếu dinh dưỡng cũng ảnh hưởng tới lá, chồi và màu sắc của lá.

- *Nhiệt độ của lá cây.* Sự tăng nhiệt độ của lá cây, thêm vào đó liên quan đến sự gia tăng nhiệt độ không khí, được liên hệ bằng sự giảm tốc độ bốc hơi nước, từ đó dẫn đến đóng một phần hay toàn bộ lỗ khí khổng trên bề mặt lá. Không khí và nhiệt độ thân lá rất nhạy cảm với những thay đổi nhỏ từ mặt đất, từ khí cầu và từ vệ tinh. Một phương pháp thủ công hay được sử dụng là nhiệt kế hồng ngoại cầm tay để đo được sự chênh lệch nhiệt độ giữa vòm lá và không khí mỗi ngày gần với thời gian có nhiệt độ bề mặt lớn nhất (khoảng 1-1,5 giờ chiều). Số đo được ghi nhận khi nhiệt độ vòm lá vượt quá nhiệt độ không khí mỗi ngày được tích lũy tới mức giới hạn, mức giới hạn phụ thuộc vào cây trồng và đất, đó là khoảng thời gian cần được tưới. Những ngày mà nhiệt độ vòm lá thấp hơn nhiệt độ không khí thì có thể bỏ qua không cần tưới.

- *Thế nước trong lá.* Đo thế nước trong lá cũng là một cách để xác định lượng nước cần cho cây trồng. Thế nước càng thấp thì càng phải cung cấp nhiều nước cho cây trồng. Muốn đo thế nước của lá, cần phải cắt lá và đưa vào buồng điều áp. Áp suất trong buồng tăng dần tới khi chất lỏng bị ép ra khỏi cuống lá (hình 2.15). Áp suất yêu cầu là do với thế độ ẩm của lá. Cần phải xem xét tới các yếu tố có thể ảnh hưởng tới kết quả như tuổi lá, sự tiếp nhận bức xạ mặt trời của lá và thời gian trong ngày lấy mẫu. Thường thường những lá trưởng thành được lựa chọn tại vị trí đặc biệt trên cây và được đo vào một khoảng thời gian cụ thể trong ngày. Mặc dù đã có rất nhiều những thiết bị đo đã xuất hiện trên thị trường, nhưng sử dụng chúng không được phát triển rộng rãi, từ việc thời gian xem xét, quan tâm, thực hành được yêu cầu để thu được kết quả đáng tin cậy.

- *Sức kháng lỗ khí khổng.* Sức kháng lỗ khí khổng thể hiện sự cần nước của cây trồng liên quan đến mức độ đóng mở lỗ khí khổng và tốc độ thoát hơi nước thực vật. Nói chung, sức kháng cao thể hiện lỗ khí khổng đóng hoàn toàn, giảm tốc độ thoát hơi nước. Hiện nay đã có thiết bị đo được sức kháng lỗ khí khổng, nhưng do đòi



Hình 2.15: Thiết bị đo thế nước của lá

hỏi thời gian dài, kỹ năng thực hiện cao nên việc thực hiện theo cách đo này chỉ giới hạn trong công tác nghiên cứu.

2) Phương pháp xác định theo đất trồng trọt

Chế độ tưới cho đất và cây trồng trên đó dựa trên việc xác định lượng nước hiện có trong đất, so sánh chúng để xác định lại lượng nước ít nhất trong đất và lượng nước cần tưới để duy trì lượng nước trong đất lớn hơn mức nhỏ nhất cho phép. Mức nước nhỏ nhất trong đất thường thay đổi theo từng thời kỳ sinh trưởng của cây trồng.

Lượng nước trong đất có thể được đo trực tiếp hoặc có thể tính được từ các thông số khác của đất như thế nước trong đất, độ dẫn điện. Có một số phương pháp xác định lượng nước trong đất đang được sử dụng như:

- *Phương pháp kinh nghiệm.* Theo kinh nghiệm, người ta có thể xem xét lượng nước trong đất thông qua cảm nhận từ mẫu đất được lấy. Mẫu đất cần được lấy tại vị trí thấp dưới khu vực vùng rễ.

- *Phương pháp phân tích thí nghiệm.* Phân tích mẫu đất trong phòng thí nghiệm là phương pháp đo lượng nước trong đất từ mẫu đất được lấy từ ruộng. Mẫu có trọng lượng khô tại nhiệt độ 105-110°C. Thông thường, sau 24 tiếng mẫu đất có trọng lượng không đổi. Công thức dưới đây được sử dụng để tính toán phần trăm lượng nước trong đất khô:

$$\theta_w = \frac{W_w - W_d}{W_d} 100 \quad (2.43)$$

Trong đó:

θ_w - phần trăm lượng nước ở trạng thái khô;

W_w - trọng lượng ẩm;

W_d - trọng lượng khô.

Phần trăm lượng nước trên một đơn vị thể tích có thể sử dụng công thức:

$$\theta_r = \frac{V_w}{V_T} 100 \quad (2.44)$$

Trong đó:

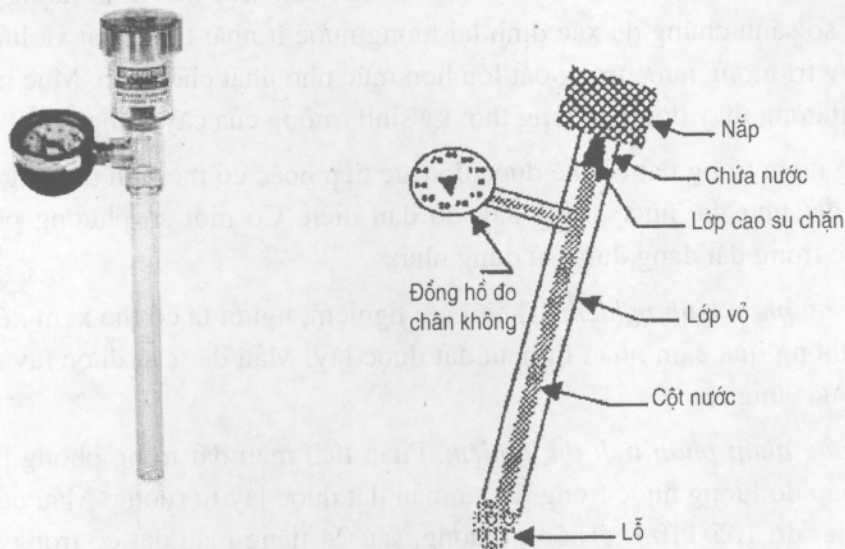
θ_r - phần trăm lượng nước trên một đơn vị thể tích;

V_T - tổng thể tích của đất và lỗ rỗng;

V_w - thể tích nước trong đất.

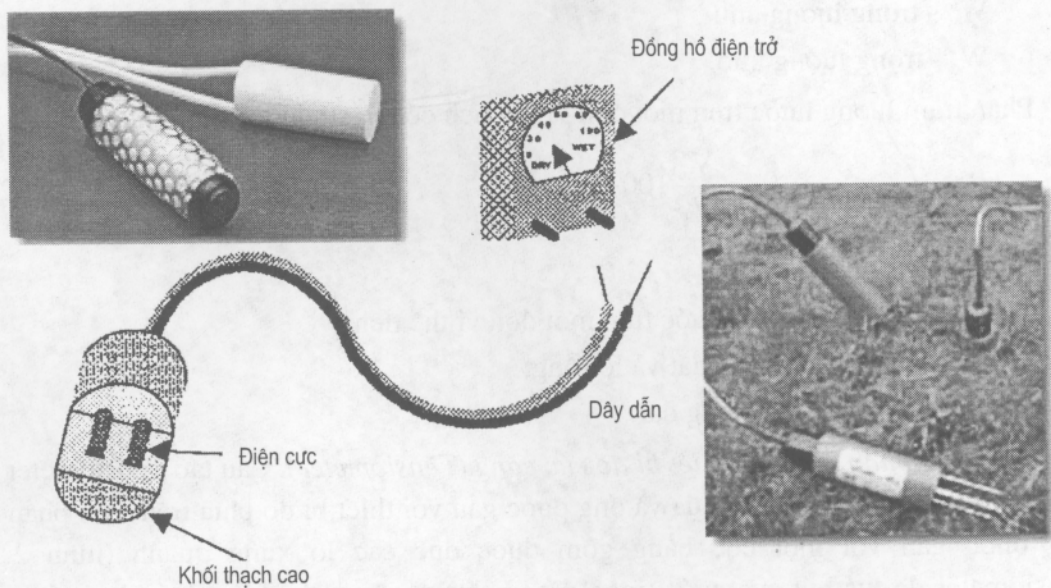
- *Phương pháp đo bằng thiết bị đo sức căng (Tensiometer).* Cấu tạo Tensiometer bao gồm một ống dẫn kín bằng nhựa và ống được gắn với thiết bị đo phía trên, còn phần đáy ống được gắn với một cốc bằng gốm được đục các lỗ xung quanh (hình 2.16). Tensiometer đo lực hút của nước trong đất và thường được thể hiện dưới dạng ứng suất căng. Lực hút này tương đương với dạng lực hay năng lượng của cây trồng cần sử dụng

để hút nước từ đất lên. Thiết bị phải được đặt hợp lý để phần cốc gồm được tiếp xúc tốt với đất, đảm bảo sức hút nước trong đất cân bằng với sức hút nước trong cốc. Lực hút nước trong cốc được truyền qua một cột dẫn nước trong ống và giá trị được thể hiện trên đồng hồ đo.



Hình 2.16: Thiết bị đo sức căng (Tensiometer)

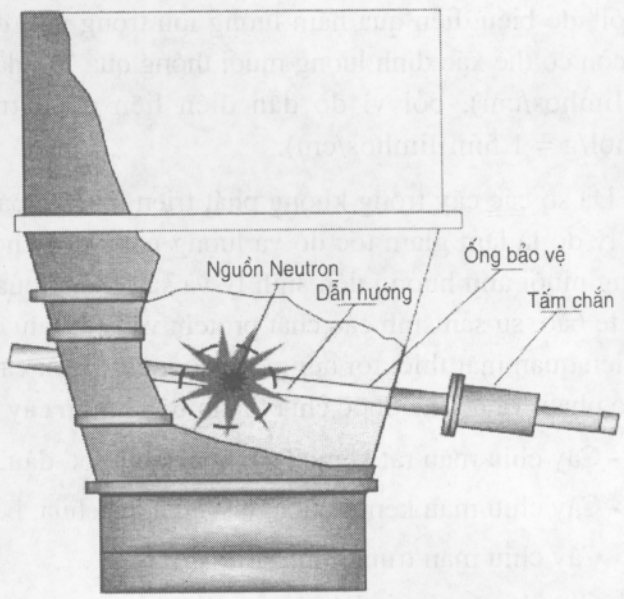
- Phương pháp đo bằng thiết bị dạng khối đục lỗ. Khối đục lỗ (hình 2.17) thể hiện mối liên quan cân bằng độ ẩm của đất với lượng nước trong đất. Sự thay đổi lượng nước trong khối dẫn đến các đặc tính của khối đục lỗ thay đổi. Hai thống số được đo là điện



Hình 2.17: Thiết bị đo dạng khối đục lỗ

trở và tính dẫn nhiệt. Gần hai cặp lưới thép không rỉ để đo điện trở của vỏ hộp bằng thạch cao, nylon hoặc sợi thủy tinh. Khối thạch cao hay được sử dụng nhất, nylon và sợi thủy tinh cực kỳ nhạy cảm với đất nhiễm mặn, nên thường ít được sử dụng. Xác định đường cong thể hiện mối liên hệ giữa điện trở với thể nước và dựa vào đường cong thể hiện mối quan hệ giữa thể nước và lượng nước để suy ra lượng nước trong đất. Tính dẫn nhiệt của khối gôm cũng là một dạng để xác định lượng nước trong đất. Khối gôm khi có nhiệt và thiết bị cảm biến nhiệt được sử dụng để đo tốc độ truyền nhiệt trong khối. Tính dẫn nhiệt trong khối có mối liên hệ trực tiếp với lượng nước đất trong khối và thể nước và qua đường cong ta có thể xác định được lượng nước trong đất. Thiết bị cảm biến không bị ảnh hưởng bởi đất nhiễm mặn, hệ thống lớn và được sản xuất nhiều trên thị trường. Khi đó qua máy tính xử lý và cung cấp được chế độ tưới.

- *Phương pháp sử dụng máy dò Neutron.* Máy dò Neutron được sử dụng rộng rãi để đo thể tích nước trong đất (hình 2.18). Kỹ thuật này bao gồm ống dẫn, nguồn năng lượng cao hoặc nguồn neutron nhanh và thiết bị dẫn hướng. Ống dẫn làm bằng nhôm hoặc bằng thép được đặt trong một hố đất dẫn tới độ sâu cần đo. Những neutron nhanh được phóng vào trong đất và dần dần bị tiêu hao năng lượng do sự va chạm với các hạt nhân nguyên tử. Thành phần H_2 có trong nước và trong các vật chất thành phần có ảnh hưởng nhất trong đất tới sự làm chậm các neutron. Các Neutron chậm và có nhiệt tạo thành một đám mây xung quanh nguồn và một số hạt trong số chúng trở lại thiết bị dẫn hướng. Thiết bị dẫn hướng bao gồm một lưới chắn và thiết bị đo tốc độ đặt trên mặt đất. Các neutron có nhiệt trở lại tạo lên các xung điện trên lưới chắn và chúng được ghi lại bởi thiết bị đo vận tốc. Số lượng các xung lượng được xác định trong một khoảng thời gian có liên quan tuyến tính tới thể tích nước trong đất.



Hình 2.18: Máy dò Neutron

2.5. CHẤT LƯỢNG NƯỚC TƯỚI VÀ VẤN ĐỀ NHIỄM MẶN CỦA ĐẤT

2.5.1. Chất lượng nước tưới

Chất lượng nước tưới có ảnh hưởng đáng kể tới cây trồng và cải tạo đất. Nước có chứa nhiều hàm lượng phù sa và các thành phần hữu cơ khác sẽ có tác dụng tốt cho cây

trồng, đồng thời làm tăng độ phì của đất. Mặt khác, nước có chất lượng xấu và nhiều độc tố sẽ làm cho đất xấu đi, làm giảm khả năng phát triển của cây trồng.

Chất lượng nước tưới được quy định bằng lượng thành phần lơ lửng và phân huỷ trong nước tưới. Các thành phần lơ lửng bao gồm phù sa, các hạt đất, các hạt cây, lá, và các thành phần gạch vụn xây dựng... Các thành phần có cỡ hạt lớn hơn 50-100 mm được giữ lại bởi tầng lọc, còn các thành phần có cỡ hạt nhỏ hơn được cho qua nhưng thường lắng đọng tại chân công trình (cửa nhận nước, ống, kênh...) và cuối cùng được tháo đi. Các thành phần phân huỷ tồn tại trong nước dưới dạng các cation (Mg^{++} , Ca^{++} , Na^{+} ...) và anion (HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{-2}), sản lượng cây trồng sẽ giảm đáng kể khi tổng lượng các ion tập trung trong nước tưới cao. Lượng Na có thể là nguyên nhân gây sự rời rạc đất, làm giảm kết cấu đất và hạn chế không khí và nước lưu thông trong đất. Ngoài ra các thành phần Na, Cl, B và các ion khác khi có nồng độ cao sẽ rất có hại cho cây trồng.

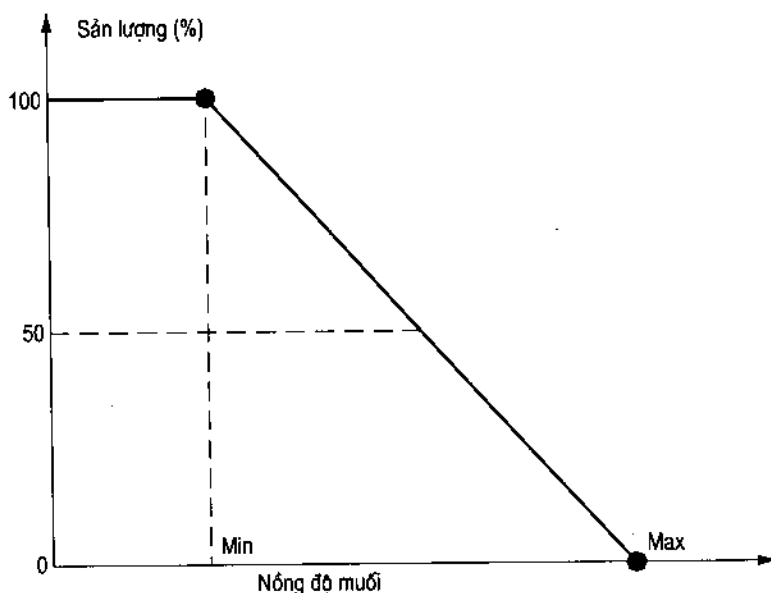
2.5.2. Vấn đề nhiễm mặn và khả năng chịu mặn cho phép của cây trồng

Nước nhiễm mặn khi tổng tất cả các muối hoà tan trong nước lớn hơn mức độ cho phép. Để biểu thị lượng muối chứa trong nước người ta sử dụng thuật ngữ "nồng độ muối" để biểu diễn qua hàm lượng ion trong một đơn vị thể tích nước (mol/m^3). Ngoài ra, còn có thể xác định lượng muối thông qua "độ dẫn điện" EC (Electrical Conductivity - millimhos/cm), bởi vì độ dẫn điện liên quan trực tiếp đến lượng ion trong nước ($1mol/g = 1,5millimhos/cm$).

Đa số các cây trồng không phát triển tốt trên các vùng đất bị nhiễm mặn. Một trong các lý do là làm giảm tốc độ và lượng nước cần cho rễ cây có thể lấy được từ đất. Hàm lượng muối ảnh hưởng đến sinh lý và sản lượng của cây trồng. Sự sinh sản và phát triển của tế bào, sự sản sinh các chất protein và acid hữu cơ cũng như sự phát triển của cây cối có liên quan mật thiết tới nồng độ muối cao. Mỗi cây trồng có những khả năng chịu mặn khác nhau, và có thể được chia thành bốn nhóm cây trồng về khả năng chịu mặn:

- Cây chịu mặn rất kém: Táo, chanh, cà rốt, đậu...
- Cây chịu mặn kém: Khoai tây, mía, cà chua, bắp cải, lúa nước
- Cây chịu mặn trung bình: Lúa mì, ôlưu...
- Cây chịu mặn tốt: Bông, củ cải đường...

Mối quan hệ giữa sản lượng tương đối của cây trồng (%) và nồng độ muối được biểu hiện qua hình 2.19. Nồng độ muối trong đất được chia thành hai ngưỡng, ngưỡng dưới (giá trị min) cho thấy nếu nồng độ muối nhỏ hơn hoặc bằng mức này thì không ảnh hưởng đến sản lượng cây trồng, sau đó sản lượng cây trồng sẽ giảm khi nồng độ muối tăng lên cho đến ngưỡng trên (giá trị max), tại giá trị này cây trồng cho sản lượng bằng không. Đối với bốn nhóm cây về khả năng chịu mặn, giá trị nồng độ muối cao nhất và thấp nhất trong đất được thể hiện ở bảng 2.17.



Hình 2.19: *Mối quan hệ giữa sản lượng cây trồng và nồng độ muối trong đất*

Bảng 2.17: *Khả năng chịu mặn của cây trồng*

Nhóm	Nồng độ muối min (%)	Nồng độ muối max (%)
Chịu mặn rất kém	1,4	8,0
Chịu mặn kém	3,0	16,0
Chịu mặn trung bình	6,0	24,0
Chịu mặn tốt	10,0	32,0

2.5.3. Cải thiện và khống chế đất nhiễm mặn

Biện pháp cải thiện độ mặn của đất hay được sử dụng là "rửa mặn" (Leaching). Với biện pháp rửa mặn, người ta đưa một lượng nước khá lớn vào đất, nước thấm nhập vào đất thuộc vùng rễ của cây và lại thấm ra khỏi vùng rễ, trong quá trình dòng thấm chuyển động, nước sẽ mang các hạt muối xuống các lớp đất sâu hơn. Quá trình đó được thực hiện nhiều lần đến khi nồng độ muối trong đất giảm xuống nồng độ thích hợp với cây trồng. Quá trình rửa mặn được minh họa trong hình 2.20.

Muốn biết được nồng độ muối trong đất ở mức độ nào, chúng ta có thể sử dụng công thức sau để xác định:

$$LF = \frac{D_D}{D_t} = \frac{EC_t}{EC_D} \quad (2.45)$$

Trong đó:

LF - phần nước cần tiêu thoát đi (rửa mặn);

D_D - độ sâu (thể tích trên đơn vị diện tích) của nước cần tưới tiêu từ vùng rễ (mm);

D_t - độ sâu của lượng nước đưa vào rửa mặn (mm);

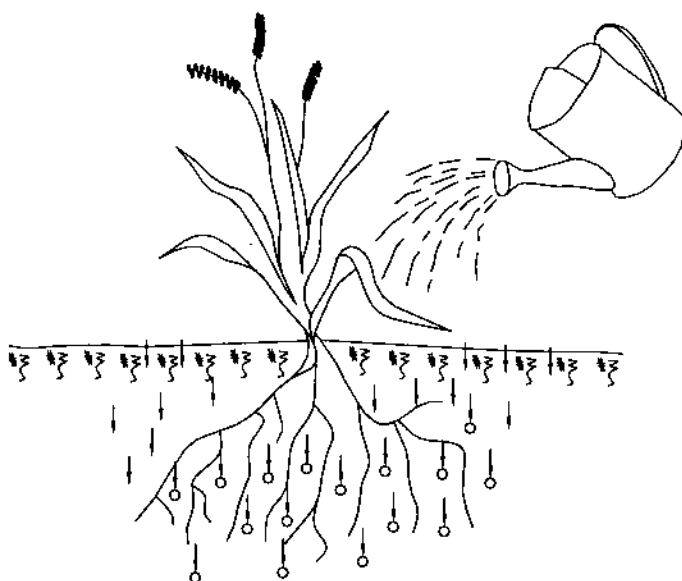
EC_t - độ dẫn điện của nước đưa vào rửa mặn (ds/m);

EC_D - độ dẫn điện của nước sau rửa mặn (ds/m).

Ngoài ra, còn có một số biện pháp khác được sử dụng để cải thiện và khống chế đất nhiễm mặn:

- Duy trì hàm lượng nước trong đất.
- Tiêu úng.
- Chuyển đổi lượng natri.
- Rửa độc.

Như vậy, trong chương 2, chúng ta đã nghiên cứu một cách khá tổng quát những vấn đề liên quan đến cây trồng trong mối liên hệ với đất trồng trọt và điều kiện khí hậu của khu vực canh tác, để từ đó có thể xác định được nhu cầu và lượng nước cần thiết trong quá trình sinh trưởng và phát triển của chúng. Những kiến thức này là tiền đề để bước sang vấn đề thiết kế hệ thống tưới sẽ được đề cập ở chương sau.



Hình 2.20: Quá trình rửa mặn

2.6. CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 2

1. Thế nào là mối quan hệ giữa Đất - Nước - Không khí - Cây trồng?
2. Phân loại đất theo kích thước và thành phần hạt có điểm gì giống và khác với phân loại đất trồng trọt phục vụ nông nghiệp?
3. Hãy nêu khái niệm về các dạng nước tồn tại trong đất?
4. Nước cần thiết đối với cây trồng trong các hoạt động nào của chúng?
5. Không khí có ảnh hưởng như thế nào đối với cây trồng?
6. Thế nào là vùng rễ?
7. Nêu 4 thời kỳ sinh trưởng và phát triển của cây trồng ?
8. Viết phương trình cân bằng nước tổng quát của cây trồng và giải thích các số hạng trong phương trình?
9. Viết phương trình tính toán lượng nước tưới cho cây trồng và giải thích các số hạng trong phương trình?
10. Mưa hiệu quả là gì? Cách xác định lượng mưa hiệu quả?

11. Nêu khái niệm về nhu cầu nước của cây trồng? Nhu cầu nước của cây trồng thay đổi theo từng thời kỳ sinh trưởng và phát triển của cây trồng ra sao?
12. Nêu các công thức kinh nghiệm, đơn giản để xác định lượng nước tưới của cây trồng?
13. Lượng bốc thoát hơi thực vật (ET) là gì, nêu công thức tổng quát để xác định nó?
14. Hệ số K_c phụ thuộc vào những yếu tố gì?
15. Lượng bốc hơi tiềm năng chung (ET_0) của cây trồng là gì? Phụ thuộc vào những yếu tố nào? Có phụ thuộc vào loại cây trồng không?
16. Nêu công thức xác định ET_0 của Penman - Monteith?
17. Trình bày các bước xác định ET_0 theo phương pháp Penman - Monteith?
18. Làm lại thí dụ 2.1.
19. Hãy sử dụng phương pháp Penman - Monteith để xác định ET_0 với các dữ liệu sau: Khu vực canh tác nằm ở 22° vĩ độ Bắc, cao trình khu canh tác khoảng 15m so với mực nước biển. Với các số liệu khí hậu như ở bảng dưới.

Tháng	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	e_a (kPa)	n (giờ/ngày)	u, U_d (m/s)	P_e (mm)
1	14	20	1,7	6,5	2	4,0
2	18	23	1,7	6,8	2	4,2
3	19	24	1,7	6,9	1,8	6,5
4	21	28	1,7	7,2	1,8	9,6
5	23	29	1,7	8,2	2,5	15,8
6	25	32	1,7	8,8	2,5	24,2
7	24	32	1,7	8,6	2,8	24,8
8	25	31	1,7	8,4	2,4	32,5
9	22	30	1,7	8,6	2,0	19,0
10	20	28	1,7	7,6	1,8	11,2
11	18	24	1,7	7,2	2,8	8,4
12	15	21	1,7	6,6	2,2	3,6

20. Trình bày công thức xác định ET_0 theo phương pháp Blaney - Crriddle?
21. Trình bày các bước xác định ET_0 theo phương pháp Doorenbos - Pruitt?
22. Làm lại thí dụ 2.2.
23. Hãy sử dụng phương pháp Blaney - Crriddle để xác định ET_0 với số liệu như trong câu 19, tài liệu về độ ẩm tương đối lấy theo kết quả của câu 19, tỷ số n/N như sau.

Tháng	n/N	Tháng	n/N
1	0,458	7	0,780
2	0,488	8	0,708
3	0,537	9	0,689
4	0,609	10	0,576
5	0,721	11	0,538
6	0,759	12	0,455

24. Hãy sử dụng phương pháp Doorenbos - Pruitt để xác định ET_0 với số liệu như trong câu 23.

25. Phân tích sự sai khác về kết quả tính toán theo các phương pháp khác nhau ở những câu 19, 23 và 24.

26. Nêu công thức xác định ET_0 theo phương pháp bốc hơi chậu.

27. Nêu cách thức xác định hệ số K_c đối với cây trồng? Hãy xác định hệ số K_c cho từng thời kỳ sinh trưởng và phát triển của các cây: lúa nước, ngô, lạc, đậu, bắp cải, cà rốt, dưa chuột?

28. Hãy xác định thời gian của từng thời kỳ sinh trưởng và phát triển của các cây trong câu 27. Lưu ý rằng chúng đều thuộc giống ngắn ngày.

29. Chế độ tưới là gì? Nêu công thức và các bước tính toán tổng lượng tưới?

30. Làm lại thí dụ 2.3.

31. Tính toán tổng lượng tưới cho cây trồng có tài liệu như trong câu 19, 23 và 24. Diện tích và các loại cây trồng như sau:

Cây	Diện tích (ha)
Lúa nước	500
Ngô	300
Lạc	200
Đậu	250

32. Tính toán tổng lượng tưới cho cây trồng có tài liệu như trong câu 19, 23 và 24. Diện tích và các loại cây trồng như sau:

Cây	Diện tích (ha)
Bắp cải	60
Cà rốt	40
Dưa chuột	50

33. Nhiễm mặn là gì? nồng độ muối trong đất ảnh hưởng tới sản lượng của cây trồng như thế nào?

34. Nêu nguyên lý của phương pháp rửa mặn cho đất nhiễm mặn.

Chương 3

THIẾT KẾ HỆ THỐNG TƯỚI

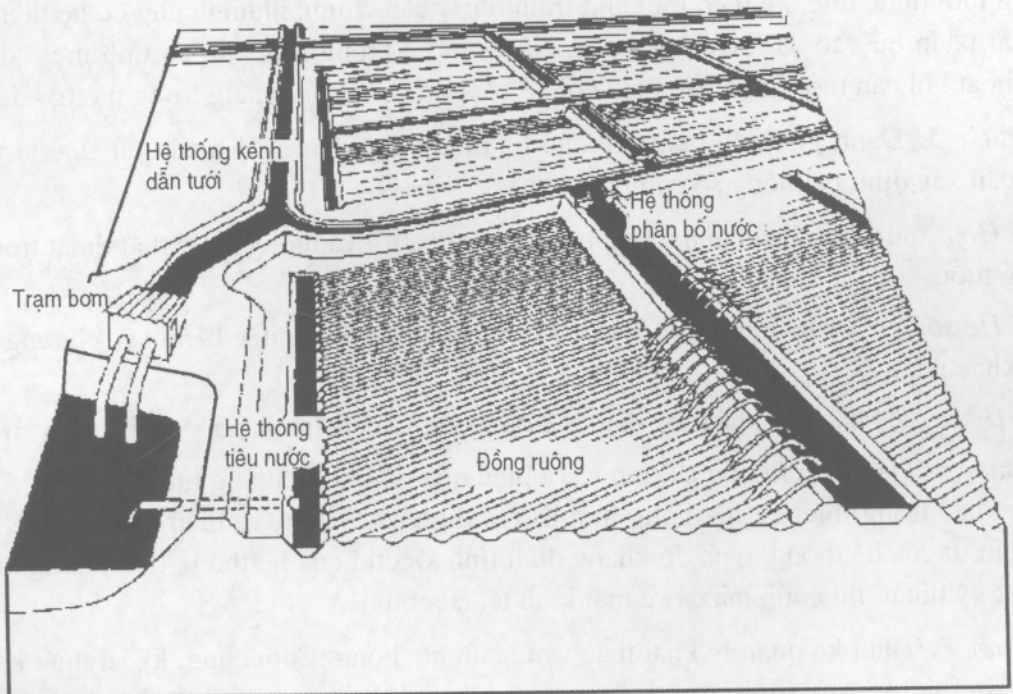
3.1. KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG TƯỚI

Hệ thống tưới bao gồm nhiều thành phần công trình, tập hợp lại thành một mạng lưới cung cấp nước tưới cho cây trồng cả về mặt lượng, cả về mặt chất của nước tưới. Hệ thống tưới phải cung cấp nước đầy đủ và đúng thời vụ cho cây trồng qua đó đảm bảo quá trình sinh trưởng của cây trồng nhằm đạt được năng suất và sản lượng cao.

Nói chung, để phục vụ tưới, một hệ thống tưới thường có ba công đoạn sau:

- Lấy nước từ nguồn nước.
- Chuyển nước đến khu tưới (ruộng, đồng, trang trại,...).
- Phân phối nước trên toàn bộ diện tích cần tưới.

Mỗi công đoạn đều liên quan chặt chẽ đến phần công trình, thiết bị và công nghệ tưới. Ngoài ra còn liên quan mật thiết đến loại cây trồng trên diện tích tưới cũng như điều kiện thổ nhưỡng của đất đai. Hình 3.1 minh họa một hệ thống tưới cho ruộng đồng thường thấy ở nước ta.



Hình 3.1: Hệ thống tưới

Thiết kế một hệ thống tưới hợp lý, hiệu quả và kinh tế, người kỹ sư phải nắm rõ được các yếu tố tự nhiên tại khu tưới như: khí hậu, thủy văn, địa hình, đất đai thổ nhưỡng, vị trí của sông suối, điều kiện giao thông, điện và các điều kiện khác cũng như những yếu tố về kinh tế như: giá trị của đất đai, ruộng đồng, trang trại, giá trị của nước, giá trị của sản phẩm tại vùng, miền của khu tưới. Căn cứ vào các điều kiện, yêu cầu,... có thể đưa ra các bước thực hiện khi thiết kế hệ thống tưới:

Bước 1: Thu thập tài liệu ban đầu (điều kiện tự nhiên, xã hội và kinh tế). Đây là một bước rất quan trọng, ảnh hưởng đến sự thành công hay thất bại của dự án. Nguồn số liệu có thể được lấy tại các trung tâm khí tượng, thủy văn quanh vùng, cục bản đồ địa hình và các cơ sở khác có liên quan. Thời gian thu thập số liệu cần phải rất khẩn trương, nếu thời gian thu thập vượt quá thời gian cho phép sẽ ảnh hưởng đến thời gian dành cho việc thiết kế.

Bước 2: Xác định và đánh giá về nguồn nước. Nguồn nước dùng cho tưới chủ yếu được lấy từ sông suối, ao hồ dưới dạng nước mặt và ngoài ra còn có thể lấy nước ngầm. Cần khẳng định nguồn nước thích hợp thông qua sự phân tích, so sánh và đánh giá về nhu cầu nước của cây trồng, trữ lượng nguồn nước, khả năng điều tiết nước của nguồn và cuối cùng là chất lượng nước tưới.

Bước 3: Xác định nhu cầu nước của cây trồng, xác định chế độ tưới của cây trồng. Phần này đã được trình bày trong chương 2.

Bước 4: Lựa chọn loại hình của hệ thống tưới. Loại hình hệ thống tưới cần được chọn lựa phù hợp với nhiệm vụ tưới, phù hợp với các điều kiện tự nhiên, xã hội. Có hệ thống tưới được thiết kế theo một chu trình tưới hoàn chỉnh, nhưng cũng có hệ thống chỉ là giải pháp bù vào sự thiếu hụt nước. Ngoài ra hệ thống tưới cần có tính mềm dẻo và linh hoạt khi cần mở rộng hoặc thay đổi về công trình, về tính năng trong tương lai.

Bước 5: Đánh giá hiệu quả tưới của hệ thống. Để đánh giá hiệu quả của hệ thống tưới cần xác định ba thông số chính:

- **Hiệu suất tưới.** Phản ánh lượng nước được đưa tới và lượng nước thất thoát trong hệ thống tưới.

- **Hệ số đều.** Phản ánh tính đồng đều trong sự phân phối nước bằng các phương pháp tưới khác nhau.

- **Hệ số đủ.** Phản ánh khả năng đảm bảo đủ lượng và chất lượng nước tưới cho cây trồng.

Bước 6: Đánh giá hiệu quả kinh tế và hiệu quả đầu tư hệ thống tưới. Một bước quan trọng khác trong thiết kế hệ thống tưới là xác định các giá trị về hiệu quả kinh tế, hiệu quả đầu tư của hệ thống. Qua đó khẳng định tính khả thi của hệ thống tưới không những về mặt kỹ thuật, thi công mà cả về mặt kinh tế, tài chính.

Bước 7: Thiết kế quản lý khai thác vận hành hệ thống. Cuối cùng, kỹ sư thiết kế cần tính toán thiết kế quy trình vận hành, quy trình bảo dưỡng, nâng cấp hệ thống và thiết kế tổ chức điều hành hệ thống sao cho hiệu quả nhất.

3.1.1. Nhiệm vụ của hệ tưới

Nhiệm vụ chủ yếu của hệ tưới là cung cấp đủ nước cho cây trồng. Để đảm bảo nhiệm vụ chủ yếu này, đối với từng công đoạn, có thể đưa ra các nhiệm vụ chính như:

1. Lấy đủ nước (cả về lượng cả về chất) từ nguồn nước.
2. Vận chuyển nước đến khu tưới với hiệu suất cao nhất (minimum tổn thất lưu lượng và cột nước).
3. Phân phối nước tưới một cách có hiệu quả cho từng khu tưới.
4. Cung cấp các thiết bị đo đạc và kiểm tra nước tưới từ nguồn đến khu tưới.

Ngoài các nhiệm vụ trên, hệ thống tưới còn có thể có một số nhiệm vụ khác như:

5. Giảm nhiệt độ đất đai và không khí để tăng năng suất cây trồng. Bằng kỹ thuật tưới chủ động và thích hợp, quá trình cung cấp nước tưới cho cây trồng có thể đạt được luôn nhiệm vụ giảm nhiệt độ môi trường không khí và môi trường đất, qua đó tạo được nhiệt độ thích hợp hơn đối với cây trồng. Chẳng hạn tưới phun mưa sẽ đồng thời làm dịu nhiệt độ môi trường không khí quanh tán cây.

6. Chống sương, sương muối và giá rét. Một số khu vực của nước ta, đặc biệt đối với các tỉnh vùng núi và trung du, vào mùa đông, thường có sương giá, đôi khi có sương muối, giá lạnh và sương muối thậm chí làm chết cây. Bằng kỹ thuật tưới phun mưa vào thời điểm thích hợp sẽ có tác dụng tốt chống lại sương giá.

7. Làm chậm quá trình ra hoa kết quả để đạt chính vụ một cách hiệu quả. Chủ động giảm bớt lượng nước tưới vào thời đoạn thích hợp, có thể làm chậm, hãm lại thời điểm ra hoa kết quả, qua đó có thể chủ động thu hoạch vào thời điểm thị trường chấp nhận giá cao đối với hoa màu và nông sản.

8. Thay đổi, điều chỉnh thời gian nảy mầm. Cũng bằng kỹ thuật tăng, giảm lượng nước tưới, thời kỳ nảy mầm của hạt sẽ được điều chỉnh để chính vụ rơi vào giai đoạn có lợi về giá cả.

9. Phục vụ quá trình bón phân và thuốc trừ sâu. Phân bón và đặc biệt là thuốc trừ sâu, nếu được hoà vào nước tưới sẽ một mặt giảm chi phí bón phân, phun thuốc, mặt khác tăng hiệu quả hấp thụ của cây trồng.

10. Thau chua, rửa mặn và cải tạo đất. Bằng kỹ thuật tưới - tiêu thích hợp, vùng đất phèn, đất trũng,... có thể được thau chua, rửa mặn thông qua hoạt động tích cực của hệ thống.

3.1.2. Phân loại hệ thống tưới

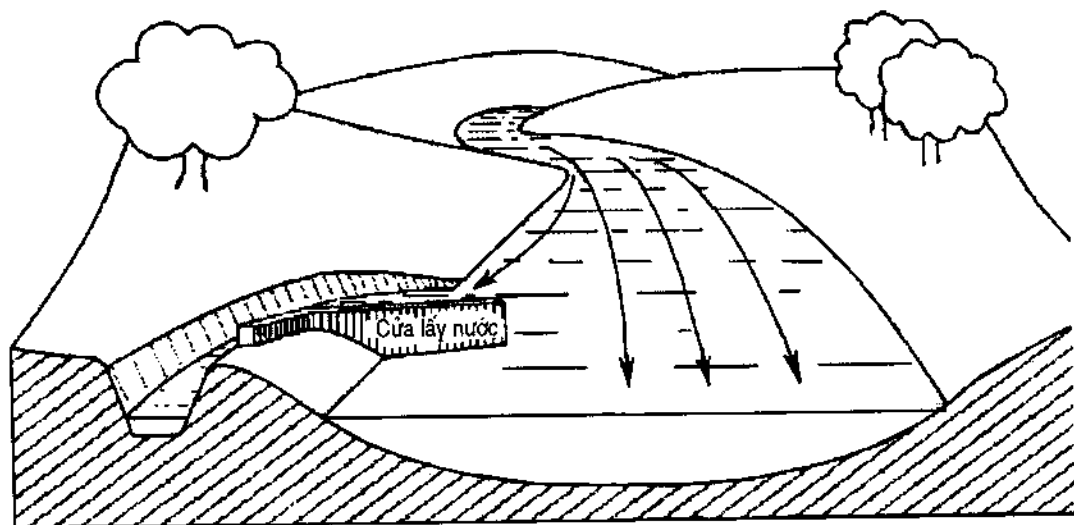
Hệ thống tưới bao gồm ba công đoạn chủ yếu với nhiều nhiệm vụ như đã nêu ở trên. Do đó tùy thuộc vào đặc điểm của mỗi công đoạn, mà có thể phân hệ thống tưới thành các loại khác nhau.

1) Phân loại hệ thống tưới theo phương pháp lấy nước nguồn

Từ công đoạn lấy nước từ nguồn, có thể phân hệ thống tưới thành hai loại điển hình là: Hệ thống tưới tự chảy và hệ thống tưới động lực.

a) Tưới tự chảy

Nguồn nước là nước mặt từ sông, suối, ao hồ thiên nhiên hay hồ chứa nhân tạo. Dựa vào chênh lệch độ cao giữa mực nước tại nguồn và cao độ khu tưới để nước tự chảy (dưới tác động của trọng lực) tới khu vực cần tưới. Nói chung đây là phương pháp rất phổ biến trên thế giới và ở Việt Nam, bởi tận dụng được địa hình thiên nhiên, nên đầu tư cho hệ thống tưới sẽ thấp. Loại hình này rất phù hợp với vùng núi và trung du ở nước ta. Hình 3.2 mô tả một phần đập dâng nước chắn ngang sông, ở đó có cửa lấy nước vào kênh tưới tự chảy.

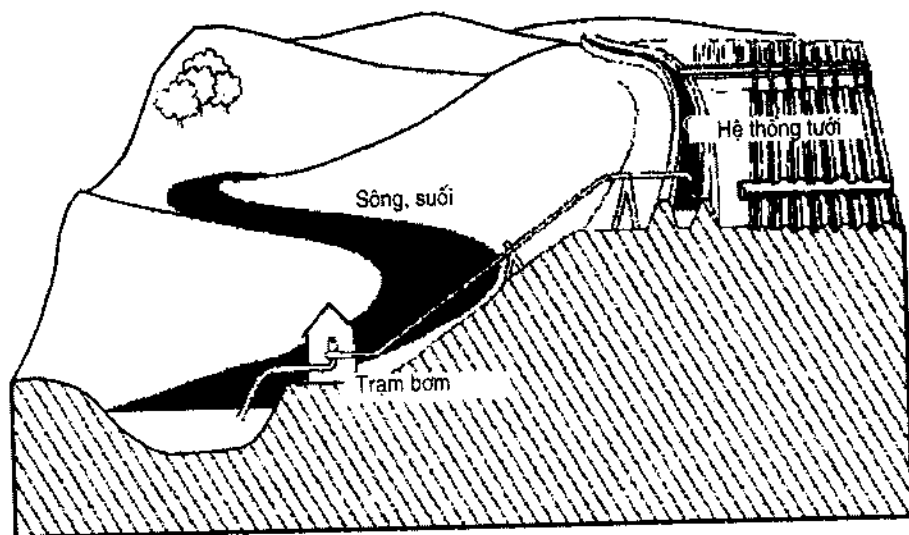


Hình 3.2: Hệ thống tưới tự chảy lấy nước mặt từ sông suối

b) Tưới động lực

Những nơi không tận dụng được địa hình tự nhiên để bố trí hệ thống tưới tự chảy (mực nước nguồn thấp hơn hay không cao hơn cao trình khu tưới), lúc đó muốn tưới nước cho cây trồng buộc phải sử dụng phương pháp tưới động lực. Đôi khi do độ chênh cao không đủ mà lại sử dụng phương pháp tưới phun mưa... thì cũng cần giải pháp tưới động lực hay kết hợp tưới động lực và tự chảy.

Thiết bị và công trình quan trọng nhất đối với tưới động lực là công trình bơm nước, bao gồm tổ máy bơm và trạm bơm (sẽ nghiên cứu kỹ trong các chương tiếp theo). Hệ thống tưới động lực phù hợp với vùng đồng bằng và các vùng trũng cửa sông, ven biển. Hình 3.3 minh họa một sơ đồ hệ thống tưới động lực.



Hình 3.3: Hệ thống tưới động lực, lấy nước mặt từ sông suối

2) Phân loại theo đặc điểm mạng dẫn nước

Theo đặc điểm của dòng chảy trong mạng lưới dẫn nước từ nguồn nước đến khu tưới có thể chia thành ba loại: Hệ thống dẫn nước bằng kênh hở, hệ thống dẫn nước bằng đường ống (có áp hoặc không áp) và hệ thống dẫn nước kết hợp đường ống - kênh hở.

a) Hệ thống dẫn nước bằng hệ thống kênh hở

Sử dụng kênh mương có mặt thoáng để dẫn nước là giải pháp dẫn nước truyền thống từ lâu đời. Đối với tưới tự chảy, thường mạng lưới dẫn nước là kênh hở. Kết cấu và mặt cắt kênh rất đa dạng, phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của từng dự án. Có thể kênh thuộc loại mặt cắt hình thang (nếu kênh lớn) hoặc mặt cắt chữ nhật (nếu kênh nhỏ). Kênh có thể là kênh đào, đắp hoặc nửa đào, nửa đắp, có thể là kênh gia cố (gạch xây, bê tông) hoặc kênh không gia cố. Dạng dẫn nước này được sử dụng khi dẫn nước với lưu lượng lớn, phục vụ tưới cho các cánh đồng, nông trại rộng..., dễ khai thác và bảo quản nhưng khối lượng công trình lớn, chiếm dụng nhiều đất đai.

b) Hệ thống dẫn nước bằng đường ống

Hệ thống dẫn nước bằng đường ống có thể là đường ống không áp, bán áp hoặc có áp, nhưng thông thường là đường ống có áp. Đối với tưới động lực, đường ống thép có áp thường xuất hiện từ bể hút đến bể xả, còn sau đó có thể là kênh hở hoặc đường ống. Vật liệu làm đường ống có thể là ống thép, ống gang hay ống PVC. Dạng dẫn nước này được sử dụng khi dẫn nước với lưu lượng nhỏ, yêu cầu dẫn nước phải đi ngầm không gây ảnh hưởng tới mặt bằng tưới.

c) Hệ thống dẫn nước kết hợp

Hệ thống dẫn nước kết hợp giữa đường ống và kênh hở được ứng dụng khá rộng rãi, đặc biệt đối với hệ thống tưới động lực, từ bể xả có thể bố trí kênh tự chảy hoặc đường

ống không áp. Còn đối với tưới tự chảy, khi gặp địa hình phức tạp, có thể chuyển từ kênh sang đường ống để vượt qua địa hình hoặc chôn ngầm dưới đất.

3) Phân loại theo kỹ thuật phân phối nước (kỹ thuật tưới)

Căn cứ kỹ thuật được sử dụng để tưới có thể phân thành bốn loại:

- a) Kỹ thuật tưới mặt.
- b) Kỹ thuật tưới phun mưa.
- c) Kỹ thuật tưới nhỏ giọt.
- d) Kỹ thuật tưới ngầm.

Trong phần tiếp theo của chương, sẽ đề cập chi tiết tới cả bốn loại kỹ thuật tưới trên đây.

3.1.3. Nguồn nước tưới

Nguồn nước tưới là yếu tố có quan hệ chặt chẽ đến phạm vi diện tích khu tưới, đến phương thức và hình thức lấy nước, đến loại và kết cấu công trình lấy nước. Nguồn nước thường là:

- Sông suối thiên nhiên.
- Hồ ao tự nhiên.
- Hồ chứa nhân tạo do con người xây dựng.
- Nước ngầm.

1) Nguồn nước sông suối thiên nhiên

Sông suối thiên nhiên là một nguồn nước tưới quan trọng dồi dào và được tái tạo hàng năm, có thể cung cấp nước quanh năm. Nước được lấy vào hệ thống tưới thông qua công trình lấy nước tự chảy hoặc bằng hệ thống bơm. Tuy nhiên, chế độ lưu lượng và mực nước của sông thường biến đổi khá lớn trong năm, vì vậy cần phải tính toán biên độ dao động của lưu lượng và mực nước sông để bố trí công trình lấy nước hoặc công trình bơm nước cho phù hợp. Khi nguồn nước trong sông suối dồi dào, có thể lấy nước trực tiếp mà không cần xây dựng các hồ chứa làm nhiệm vụ điều tiết dòng chảy.

2) Nguồn nước hồ ao tự nhiên

Đây là một dạng nguồn cung cấp nước tưới. Trừ các hồ thiên nhiên có quy mô cực lớn và nguồn sinh thủy dồi dào, còn lại đối với các hồ nhỏ, với nguồn nước hạn chế, tổn thất nước do bốc hơi, thấm lậu và việc lấy nước tưới sẽ phá vỡ sự cân bằng nước của lòng hồ, trong khi hồ phải đảm bảo các yêu cầu về môi sinh lòng hồ, tạo không gian du lịch... Vì vậy, cần có sự tính toán, thiết kế hợp lý việc sử dụng nguồn nước hồ. Nước hồ tự nhiên chỉ cung cấp nước tưới cho các vùng tưới nhỏ.

3) Nguồn nước hồ nhân tạo

Nếu dòng chảy trong sông suối không thực sự dư thừa (lưu lượng cơ bản đủ đáp ứng nhu cầu tưới), thường người ta hay nghiên cứu xây dựng hồ chứa nhân tạo làm nhiệm vụ điều tiết dòng chảy (trữ nước mùa mưa lũ để cấp nước tưới cho mùa khô kiệt). Hiện nay ở nước ta, số lượng các hồ chứa điều tiết dòng chảy trong thủy lợi rất phong phú và đa dạng về cả quy mô, nhiệm vụ, quy trình hoạt động,... và phân bố ở tất cả các tỉnh trong cả nước. Hệ thống tưới có thể lấy nước từ thượng lưu đập hoặc từ hạ lưu đập tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của dự án.

4) Nguồn nước ngầm

Khi nguồn nước mặt không có hoặc quá khan hiếm, con người sẽ khai thác nước ngầm không chỉ để phục vụ sinh hoạt mà còn cả phục vụ nông nghiệp. Tất nhiên đầu tư và chi phí cho hệ thống tưới sử dụng nước ngầm sẽ rất cao so với sử dụng nguồn nước mặt.

3.1.4. Lưu lượng, cột nước tưới thiết kế và các yếu tố ảnh hưởng

Trong phần này sẽ bàn tới tần suất đảm bảo tưới và phương pháp xác định lưu lượng tưới thiết kế của một hệ thống tưới.

Về tần suất đảm bảo tưới, đối với tất cả các cấp công trình tưới, từ cấp I đến cấp V, theo TCXDVN 285: 2002, tần suất đảm bảo tưới đều là $P = 75\%$.

Về lưu lượng tưới thiết kế của hệ thống Q_{ik} , phụ thuộc vào từng hệ thống cụ thể để tính toán được lượng nước tưới yêu cầu và chế độ tưới theo thời gian của cây trồng. Về mặt nguyên tắc, để tính toán thủy lực xác định kích thước và quy mô của mỗi hạng mục công trình thuộc hệ thống tưới thì tại đó phải xác định được yêu cầu thiết kế tưới về các mặt như: lưu lượng, mực nước, cột nước áp lực... Quá trình xác định các yêu cầu thiết kế tưới thường được tính ngược từ khu tưới (ruộng đồng, trang trại,...) đến kênh nhánh, kênh chính, cuối cùng là công trình lấy nước (cống lấy nước tự chảy hoặc trạm bơm động lực) tại đầu mối của hệ thống. Về lượng nước cần đảm bảo, về cột nước áp lực đều được thực hiện theo trình tự này.

Đối với lưu lượng tưới thiết kế (hoặc lượng nước tưới thiết kế), có thể áp dụng công thức tổng quát sau:

$$Q_i^{TK} = Q_{i+1}^{TK} + \Delta Q_{i,i+1}^n \quad (3.1)$$

Trong đó:

Q_i^{TK} - lưu lượng tưới thiết kế tại đầu nút thứ i của hệ thống;

Q_{i+1}^{TK} - lưu lượng tưới thiết kế tại đầu nút thứ $i+1$ của hệ thống, theo chiều dòng chảy, nút thứ $i+1$ nằm ngay sau nút thứ i ;

$\Delta Q_{i,i+1}^n$ - tổn thất lưu lượng dọc tuyến từ nút thứ i đến nút thứ $i+1$.

Đối với tuyến dẫn dài, các đặc trưng ít thay đổi, người ta có thể sử dụng khái niệm hiệu suất của tuyến dẫn (η), trong trường hợp này, công thức (3.1) trở thành:

$$Q_i^{TK} = \frac{Q_{i+1}^{TK}}{\eta_{i, i+1}} \quad (3.2)$$

Trong đó:

Q_i^{TK} - lưu lượng tưới thiết kế tại đầu nút thứ i của hệ thống;

Q_{i+1}^{TK} - lưu lượng tưới thiết kế tại đầu nút thứ $i+1$ của hệ thống, theo chiều dòng chảy, nút thứ $i+1$ nằm ngay sau nút thứ i ;

$\eta_{i, i+1}$ - hiệu suất tuyến dẫn từ nút thứ i đến nút thứ $i+1$.

Thí dụ 3.1: Nếu biết lưu lượng yêu cầu tại cuối kênh chính là $9,6 \text{ m}^3/\text{s}$, hiệu suất dẫn nước của tuyến kênh chính là 84% , hãy tính lưu lượng yêu cầu tại đầu kênh chính?

Giải:

$$\begin{aligned} \text{Lưu lượng đầu kênh chính là: } Q_{\text{đầu kênh}} &= Q_{\text{cuối kênh}}/84\% \\ &= 9,6 / 0,84 = 11,43 \text{ m}^3/\text{s}. \end{aligned}$$

Lưu lượng tại nút cuối cùng thường là yêu cầu tại khu tưới, yêu cầu này được tính toán chính xác và công phu như đã được trình bày trong chương 2. Tuy nhiên, với mục đích là xác định được quy mô, kích thước của từng thành phần công trình trong hệ thống tưới để đảm bảo lấy đủ nước tưới, nên giá trị thiết kế thường được lấy ứng với giá trị yêu cầu lớn nhất của trường hợp tính toán. Như vậy lưu lượng tưới thiết kế còn có thể được xác định theo chỉ dẫn thống kê về lưu lượng lớn nhất đối với từng loại cây trồng. Một số quy phạm nông nghiệp có đưa ra những con số như vậy.

Thí dụ 3.2: Nếu biết suất tưới (lưu lượng tưới đơn vị lớn nhất) của lúa nước là $1,5 \text{ l/s/ha}$, của ngô đông là $1,1 \text{ l/s/ha}$, diện tích lúa nước là 1000 ha , diện tích ngô đông là 1500 ha , thời vụ lúa và ngô trùng nhau, hãy tính lưu lượng yêu cầu tại cuối kênh tưới phục vụ lúa và ngô?

Giải: Lưu lượng cuối kênh là:

$$\begin{aligned} Q_{\text{cuối kênh}} &= Q_{\text{khu tưới}} = Q_{\text{lúa}} + Q_{\text{ngô}} \\ &= 1,5 \times 1000 + 1,1 \times 1500 \\ &= 1500 + 1650 = 2150 \text{ l/s} = 2,15 \text{ m}^3/\text{s}. \end{aligned}$$

Về mặt áp lực thiết kế, chúng ta biết rằng cột nước áp lực sẽ giảm dọc theo tuyến dẫn để khắc phục các tổn thất dọc tuyến (cả tổn thất thủy lực dọc đường, cả tổn thất cục bộ) mà vẫn đảm bảo cột nước địa hình yêu cầu. Như vậy có thể sử dụng công thức sau để xác định cột nước áp lực thiết kế cho hệ thống tưới:

$$H_i^{TK} = H_{i+1}^{TK} + \Delta h_{i, i+1}^u \quad (3.3)$$

Trong đó:

H_i^{TK} - cột nước tưới thiết kế tại đầu nút thứ i của hệ thống;

H_{i+1}^{TK} - cột nước tưới thiết kế tại đầu nút thứ $i+1$ của hệ thống theo chiều dòng chảy, nút thứ $i+1$ nằm ngay sau nút thứ i ;

$\Delta h_{i, i+1}^n$ - tổn thất thủy lực dọc tuyến từ nút thứ i đến nút thứ $i+1$.

Lưu lượng và cột nước thiết kế tưới là rất quan trọng để thiết kế quy mô, kích thước của các hạng mục công trình trong hệ thống tưới. Đối với từng hệ thống cụ thể chúng ta hoàn toàn có thể xác định được giá trị thiết kế về lưu lượng và cột nước tại những vị trí cần thiết. Mặc dù vậy cũng cần chỉ ra những yếu tố ảnh hưởng lớn đến lưu lượng và cột nước tưới thiết kế.

Các yếu tố ảnh hưởng lớn tới lưu lượng tưới thiết kế là:

- (1) Loại cây trồng.
- (2) Diện tích trồng trọt.
- (3) Tính chất đất đai về thổ nhưỡng và cơ lý.
- (4) Điều kiện khí hậu.
- (5) Mưa và các đặc trưng của mưa.
- (6) Đặc trưng của mạng lưới dẫn nước tưới.
- (7) Đặc điểm của kỹ thuật tưới được áp dụng.

Các yếu tố ảnh hưởng tới cột nước tưới thiết kế là:

- (1) Điều kiện địa hình của khu tưới so sánh tương đối với điều kiện địa hình của đầu mối và hệ thống tưới.
- (2) Chiều dài của mạng lưới dẫn nước tưới.
- (3) Đặc trưng của mạng lưới dẫn nước tưới.
- (4) Đặc điểm của kỹ thuật tưới được áp dụng.

3.1.5. Nguyên tắc thiết kế mặt bằng hệ thống tưới

Địa hình của khu tưới rất đa dạng, muôn hình, muôn vẻ. Về mặt diện tích và hình dạng khu tưới cũng vậy, biến đổi muôn hình muôn vẻ và phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Tuy đa dạng và phức tạp như vậy, nhưng chúng ta cũng có thể phân loại khu tưới theo một số tiêu chí nhất định.

(1) *Phân loại theo quy mô diện tích tưới*: Cách phân loại theo diện tích tưới lớn hay nhỏ chỉ có ý nghĩa về mặt xác định quy mô hệ thống tưới, quy mô và cấp công trình mà ít có ý nghĩa về mặt kỹ thuật tưới.

Với cách phân loại này, khu tưới hay hệ thống tưới được (xác định theo quy định trong TCXDVN 285: 2002) chia thành 5 loại quy mô ứng với 5 cấp công trình như trong bảng 3.1.

Bảng 3.1: Quy mô và cấp thiết kế của hệ thống tưới tiêu
(trích TCXDVN 285: 2002)

Cấp công trình	I	II	III	IV	V
1. Hệ thống thủy nông có diện tích được tưới hoặc diện tích tự nhiên khu tiêu (10^3 ha)	≥ 50 Rất lớn	$< 50+10$ Lớn	$< 10+2$ T. bình	$< 2+0,2$ Nhỏ	$< 0,2$ Rất nhỏ

(2) *Phân loại theo dáng địa hình tự nhiên*: Cách phân loại theo dáng của địa hình tự nhiên rất quan trọng đối với thiết kế hệ thống tưới. Theo cách phân loại này, độ dốc của mặt địa hình là yếu tố cơ bản nhất. Theo cách phân loại này, khu tưới được chia thành loại có địa hình rất dốc, dốc và ít dốc. Quy định cụ thể như trong bảng 3.2 dưới đây.

Bảng 3.2: Quy định về độ dốc của hệ thống tưới tiêu

Phân loại độ dốc của khu tưới tiêu (i)		
Ít dốc	Dốc trung bình	Dốc nhiều
$i < 5\%$	$i = (5 \div 10)\%$	$i = (10 \div 30)\%$

Về mặt độ dốc địa hình thì như vậy, nhưng trong thực tế, người ta thường chia khu tưới thành các vùng như: vùng đồng bằng châu thổ của lưu vực sông suối, vùng đồi núi, vùng bán sơn địa và vùng núi cao. Mặc dù vậy, suy cho cùng, với quan điểm thiết kế hệ thống dẫn nước tưới, chúng ta hoàn toàn có thể đưa ra những nguyên tắc cơ bản sử dụng cho công tác thiết kế. Thí dụ như, với vùng bán sơn địa hay vùng núi cao, khi độ dốc khu tưới quá lớn, theo phương pháp truyền thống, bà con sẽ tạo các ruộng bậc thang, mà đôi khi chiều rộng của thửa ruộng không quá vài mét.

Một lưu ý nữa khi thiết kế hệ thống tưới là mức độ thấm thấu của đất, hay nói cách khác là khả năng thấm của đất. Đối với đất nông nghiệp, ngoài tính chất về độ phì, tính nhiễm chua mặn, và cuối cùng là "thổ nhưỡng", người ta cần khẳng định "chất đất" và khả năng quay vòng của chúng. Với sự quan tâm sâu sắc như vậy, ngoài các lưu ý trên, chúng ta cần quan tâm đến đặc điểm riêng của loại đất trồng, đến khả năng thấm hút của đất, đến loại cây trồng mà con người đang quan tâm...

Như vậy chúng ta đã quan tâm đến quy mô của khu tưới, đến đặc điểm tự nhiên của khu tưới, vậy, con người cần lưu ý đến những vấn đề gì khi thiết kế một hệ thống tưới, và các nguyên tắc cần tuân thủ là gì?

(3) *Nguyên tắc bố trí các nút đầu kênh tưới*: Nước tưới cho nông nghiệp được lấy từ các nguồn tưới, qua công trình lấy nước, được dẫn theo các tuyến dẫn nước (có thể là kênh hở, hoặc đường dẫn có áp) về các khu tưới. Điểm nút cuối tuyến dẫn thường chính là điểm nút đầu của mạng phân phối nước vào các chân ruộng. Tùy theo kỹ thuật tưới được áp dụng (tưới dải, tưới tràn, tưới ẩm, tưới phun mưa, tưới nhỏ giọt, tưới ngầm,...)

mà người ta quyết định vị trí của điểm nút đầu mạng phân phối. Nhưng dù áp dụng kỹ thuật tưới nào, điểm nút đầu mạng cũng tuân theo một số nguyên tắc như:

- a) Là điểm (các điểm) có cao độ cao nhất của khu tưới.
- b) Là điểm (các điểm) nằm ở phần đầu dốc của khu tưới.

(4) *Nguyên tắc bố trí tuyến phân phối nước vào các chân ruộng*: Mạng phân phối nước tới từng chân ruộng của khu tưới bao gồm tuyến chính (hoặc các tuyến chính) và các tuyến nhánh các cấp. Tuyến chính và tuyến nhánh có thể là kênh hở, có thể là đường ống có áp. Nguyên tắc thiết kế các tuyến này như sau:

- a) Đảm bảo điều kiện tưới tự chảy đối với kênh hở.
- b) Đảm bảo cấp nước tưới đều và đủ cho tất cả các chân ruộng.
- c) Tổng chiều dài tuyến là ngắn nhất.
- d) Diện tích chiếm dụng đất là nhỏ nhất.

3.2. KỸ THUẬT TƯỚI

Kỹ thuật tưới là phương pháp cung cấp nước vào ruộng để tạo nên chế độ nước cần thiết và phù hợp với nhu cầu sinh trưởng và phát triển của cây trồng.

Kỹ thuật phân phối nước còn gọi là kỹ thuật tưới, là một trong các điểm quan trọng để phân loại hệ thống tưới. Cho đến nay có nhiều kỹ thuật tưới khác nhau đã và đang được áp dụng, nhưng kỹ thuật tưới đơn giản nhất mà chúng ta thường thấy, đó là tưới thủ công bằng bình tưới phun (hình 3.4), kiểu tưới này tốn nhiều thời gian và công sức, tuy nhiên lại rất thích hợp cho việc tưới các loại cây trồng trên diện tích nhỏ như: rau, mầu, hoa, cây cảnh... trong vườn của các gia đình, hoặc ở các mảnh ruộng nhỏ.

Đối với các cánh đồng, nông trại, trang trại rộng lớn, kỹ thuật tưới thủ công không còn phù hợp nữa, cần phải có các kỹ thuật tưới mạnh và hiệu quả hơn. Cho đến nay, có thể kể tên bốn nhóm kỹ thuật tưới hay được sử dụng, đó là:

- Kỹ thuật tưới mặt;
- Kỹ thuật tưới phun mưa;
- Kỹ thuật tưới nhỏ giọt;
- Kỹ thuật tưới ngầm.

3.2.1. Kỹ thuật tưới mặt

Tưới mặt là kỹ thuật tưới dựa trên tác dụng trọng trường để dẫn nước tự chảy theo kênh nơi địa hình cao đến khu vực tưới ở thấp hơn. Kỹ thuật tưới mặt được chia thành ba phương thức tưới là:



Hình 3.4: Tưới thủ công

- Tưới ngập;
- Tưới rãnh;
- Tưới dải.

Ưu điểm của kỹ thuật tưới mặt: Không cần bơm, tầng đất mặt ruộng được ngấm nước tương đối đều và sâu, có tác dụng thau chua rửa mặn cho đất. Đây là kỹ thuật tưới được áp dụng phổ biến và rộng rãi nhất. Kỹ thuật tưới này đặc biệt thích hợp với cây lương thực và hoa màu, cây trồng cần lượng nước nhiều và dài ngày, điển hình như cây lúa nước ở nước ta và một số nước khác.

Nhược điểm của kỹ thuật tưới mặt: Phải chuẩn bị mặt ruộng kỹ, san phẳng theo độ dốc. Cần hệ thống điều tiết nước mặt ruộng tương đối dài, hệ số sử dụng ruộng đất thấp, kinh phí xây dựng lớn. Tưới mặt cũng gây lãng phí nước.

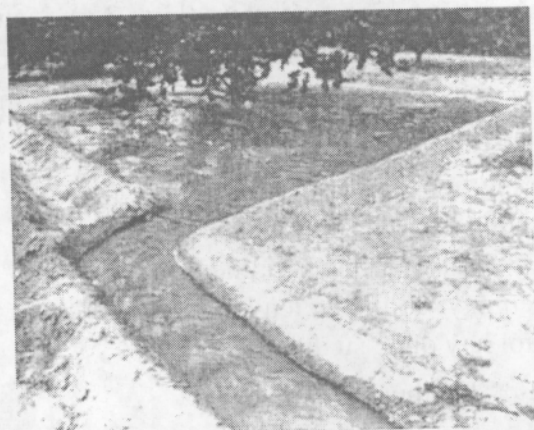
1) Tưới ngập

- Khái niệm về tưới ngập

Tưới ngập là phương thức cung cấp cho một mảnh ruộng hoặc vườn có các bờ bao xung quanh (thửa ruộng) một lớp nước nhất định và duy trì lớp nước trong thời kỳ sinh trưởng của cây trồng (hình 3.5). Kỹ thuật tưới này thích hợp đối với những loại cây trồng có thể sống trong vùng ngập nước trong một khoảng thời gian và loại cây thích hợp nhất là cây lúa nước, ngoài ra còn có một vài loại cây khác có vùng rễ có thể ngập sâu trong nước như: một vài loại cỏ, cây chuối, cây ngũ cốc, cây thuốc lá...



a)



b)

Hình 3.5: a) Tưới ngập ở ruộng lúa nước bậc thang
b) Tưới ngập cho một mảnh vườn

Khi tưới ngập cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Luôn duy trì được lớp nước trên mặt ruộng đồng đều với một độ sâu nào đó, tùy theo từng giai đoạn sinh trưởng của cây trồng.
- Không tưới tràn lan từ ruộng này sang ruộng khác để khỏi làm trôi các chất màu mỡ của ruộng, làm giảm độ phì của đất.

- Cố gắng nâng cao khả năng tự động hoá việc tưới nước và năng suất tưới.
- Nâng hệ số sử dụng đất, tiết kiệm nước, và giảm giá thành.

Phương thức tưới ngập có thể áp dụng cho các địa hình khác nhau, như tưới lúa ở vùng đồng bằng, tưới cho các ruộng bậc thang ở vùng bán sơn địa (hình 3.5).

Không phải loại đất ruộng nào cũng thích hợp cho việc tưới ngập, cho dù cây trồng có thể thích hợp với loại đất đó. Loại đất thích hợp cho tưới ngập phải là các loại đất có hệ số thấm nhỏ như: đất sét, á sét hoặc có thể là á cát, vì điều này liên quan đến sự mất nước, mức ngập của ruộng mà loại cây trồng cần và kích thước của thửa ruộng.

- **Xác định kích thước thửa ruộng**

Việc xác định kích thước của từng thửa ruộng hợp lý cho việc tưới ngập phụ thuộc một số yếu tố như:

- *Các phương án bố trí tưới tiêu.* Phương án bố trí tưới tiêu tách rời được áp dụng các vùng đồng bằng có nồng độ chua phèn thấp, kích thước thửa ruộng thường lấy $b \times l = (25 \times 100)\text{m}$ (vùng duyên hải); $(30 \times 60)\text{m}$, $(25 \times 50)\text{m}$ (vùng đồng bằng, bán sơn địa). Phương án bố trí tưới tiêu kết hợp được áp dụng tại các vùng nhiễm mặn và diện tích mỗi thửa 0,5ha.

- *Vùng địa hình.* Đối với các vùng đồng bằng thửa ruộng được thiết kế rộng hơn để dễ dàng canh tác. Nhưng đối với các vùng núi có độ dốc lớn hình thức xây ruộng là ruộng bậc thang có chiều rộng thửa ruộng nhỏ và phụ thuộc vào độ dốc của địa hình: độ dốc $> 30^\circ$ chọn $b = (5 \div 10)\text{m}$; độ dốc nhỏ hơn chọn $b = (10 \div 50)\text{m}$; độ dốc tương đối thoải có thể chọn $b = (50 \div 100)\text{m}$.

- *Loại đất và lưu lượng tưới.* Không chỉ phụ thuộc vào dạng địa hình mà kích thước thửa ruộng còn phụ thuộc vào loại đất ruộng và lưu lượng chảy vào thửa ruộng. Kích thước thửa ruộng tỷ lệ thuận với lưu lượng dòng chảy, lưu lượng lớn cần kích thước ruộng lớn hơn đảm bảo không bị úng ngập, mức nước tưới được dàn đều theo yêu cầu tưới. Bên cạnh đó cũng cần lựa chọn theo từng loại đất khác nhau, loại đất có hệ số thấm nhỏ cần kích thước ruộng lớn hơn loại đất có hệ số thấm lớn khi có cùng một lưu lượng chảy vào. Căn cứ vào kinh nghiệm thực tế, có thể đưa ra được mối quan hệ giữa kích thước thửa ruộng với loại đất và lưu lượng dòng chảy:

Bảng 3.3: Quan hệ giữa diện tích thửa ruộng (m^2) và lưu lượng tưới

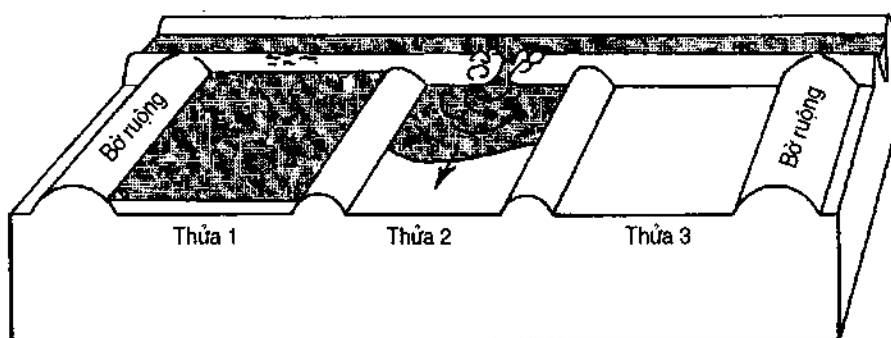
Lưu lượng (l/s)	Cát	Á cát	Á sét	Sét
5	35	100	200	350
10	65	200	400	650
15	100	300	600	1000
30	200	600	1200	2000
60	400	1200	2400	4000
90	600	1800	3600	6000

- *Phương thức xây dựng.* Thửa ruộng rộng hay hẹp còn phụ thuộc vào cách thức tạo dựng bằng thủ công, sức người là chủ yếu hay bằng phương tiện cơ giới.

- *Biện pháp canh tác nông nghiệp.* Đối với nhiều nước đang phát triển, phương thức trồng trọt thường bằng tay, quy mô trồng nhỏ, vì vậy các thửa ruộng có kích thước nhỏ mới thu được hiệu quả của nước tưới. Còn đối với các nước phát triển, quy mô trang trại rộng lớn, phương thức trồng trọt chủ yếu sử dụng máy móc, vì vậy các thửa ruộng phải rộng mới tận dụng được hiệu quả của máy móc.

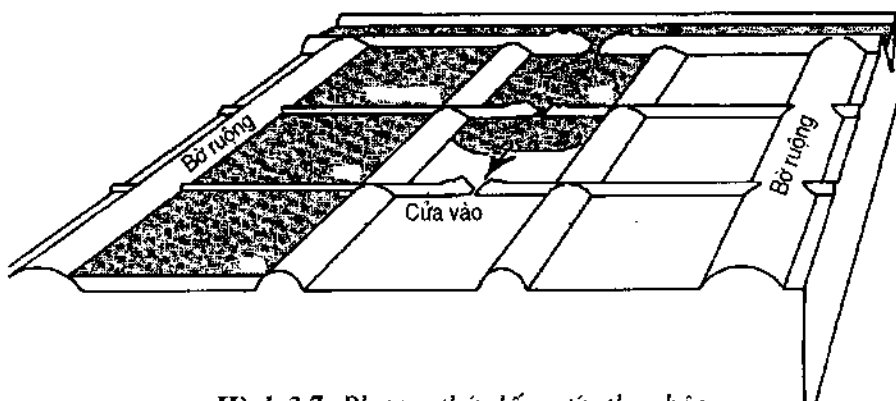
- *Yêu cầu về phương thức tưới.* Có hai phương thức cung cấp nước cho từng thửa ruộng: phương thức lấy nước trực tiếp và phương thức lấy nước theo bậc.

+ Phương thức lấy nước trực tiếp. Nước tưới được lấy trực tiếp từ kênh dẫn nước vào thửa ruộng qua các dạng ống siphon, lỗ, vết vỡ của bờ đắp (hình 3.6).



Hình 3.6: Phương thức lấy nước trực tiếp

+ Phương thức lấy nước theo bậc (hình 3.7). Phương thức này thường được sử dụng cho việc lấy nước tưới cho ruộng bậc thang. Nước được dẫn từ kênh tưới vào thửa ruộng cao nhất, sau đó theo độ dốc của địa hình nước sẽ được chuyển tới các thửa ruộng ở thấp hơn. Đây là phương thức lấy nước tốt nhất khi tưới cho lúa nương trên nền sét. Tuy nhiên, đối với những loại cây trồng khác trên đất cát hoặc đất á cát, nước tưới sẽ bị thấm lậu dần dọc quá trình dòng chảy tới được những thửa ruộng thấp hơn.

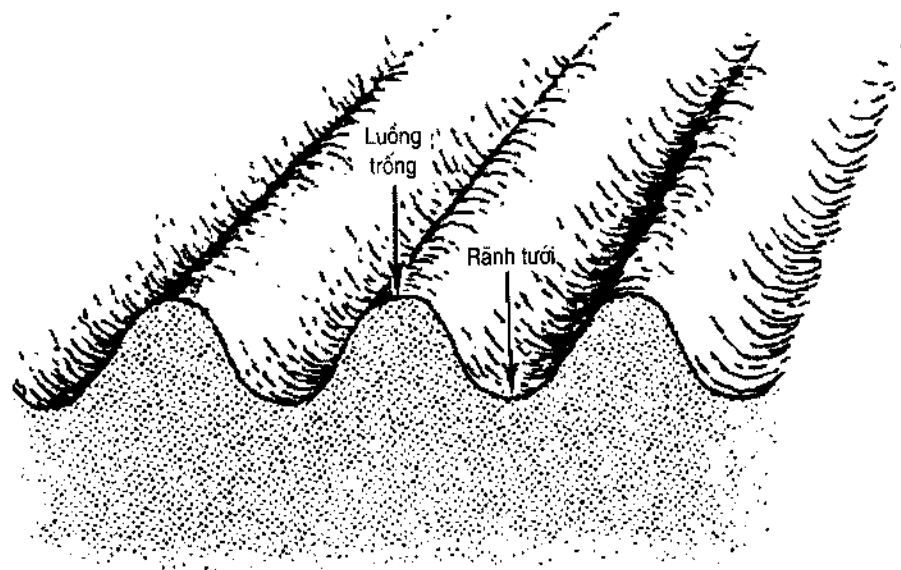


Hình 3.7: Phương thức lấy nước theo bậc

2) Tưới rãnh

- Khái niệm tưới rãnh

Khi tưới rãnh, nước chảy vào các rãnh giữa các luống cây, rồi do tác dụng mao dẫn, nước ngấm vào thân luống và cung cấp cho vùng rễ cây (hình 3.8).



Hình 3.8: Tưới rãnh

Tưới rãnh thích hợp cho nhiều loại cây trồng, những loại cây được trồng theo luống, theo hàng như mía, ngô, cà chua, khoai lang, khoai tây... Các rãnh tưới thông thường được thiết kế theo đường thẳng, nhưng trong một vài trường hợp rãnh tưới có thể được thiết kế theo đường zigzag để có thể dần được đều nước.

- Thiết kế rãnh tưới

- *Chiều dài rãnh tưới.* Chiều dài rãnh tưới được xác định dựa trên sự hoà hợp giữa các yếu tố ảnh hưởng như: độ dốc của rãnh, loại đất, lưu lượng tưới, lớp nước tưới, biện pháp canh nông và chiều dài của cả nông trại.

- *Độ dốc của rãnh.* Chiều dài của rãnh có thể dài hơn khi nằm trên vùng địa hình dốc. Tuy nhiên, độ dốc của rãnh tưới nên được giới hạn lớn nhất là không vượt quá 0,5% để tránh bị xói, và không được nhỏ hơn 0,05% để tránh sự ngập úng không tiêu thoát nước kịp khi có mưa rào.

- *Loại đất.* Đối với đất cát có hệ số thấm lớn, rãnh tưới nên được thiết kế ngắn để tránh sự mất nước do thấm, đảm bảo các cây nằm cuối rãnh vẫn nhận được đủ lượng nước. Đối với đất sét có hệ số thấm nhỏ, có thể thiết kế rãnh tưới dài hơn.

- *Lưu lượng tưới.* Tính toán đủ lưu lượng nước tưới cho từng chiều dài rãnh tưới. Khi lưu lượng lớn, khả năng chuyển nước được xa hơn, chiều dài rãnh tưới có thể dài

hơn, nhưng lưu lượng không nên lấy lớn quá giá trị giới hạn để tránh bị xói đất trong rãnh tưới.

- *Lớp nước tưới.* Lớp nước tưới tỷ lệ thuận với chiều dài rãnh tưới.

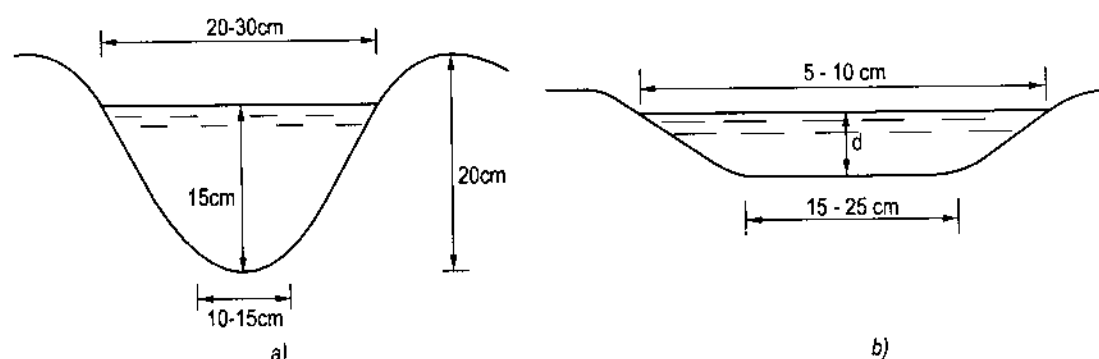
- *Biện pháp canh nông.* Khi sử dụng thiết bị máy, các rãnh tưới cần có chiều dài cần thiết đảm bảo cho hoạt động có hiệu quả của máy.

- *Chiều dài của cả nông trại.* Thông thường chiều dài của rãnh tưới bằng với chiều dài của cả nông trại. Trong một số trường hợp chiều dài của rãnh tưới có thể nhỏ hơn chiều dài của cả nông trại.

- *Mặt cắt ngang của rãnh tưới*

Mặt cắt ngang rãnh tưới phụ thuộc loại đất và lưu lượng tưới (hình 3.9).

+ *Loại đất.* Đối với đất cát, nước di chuyển theo phương đứng nhanh và sang hai bên luống cũng nhanh, vì vậy mặt cắt ngang cần được thiết kế hẹp và sâu hơn cây trồng có thể lấy được nước hiệu quả hơn. Đối với đất sét, nước di chuyển trong rãnh tưới nhanh hơn còn khả năng thấm sang hai bên luống lại chậm hơn so với đất cát, vì vậy mặt cắt ngang cần được thiết kế rộng và nông để thu được vùng thấm rộng.



Hình 3.9: Mặt cắt ngang rãnh tưới

a) Loại đất cát; b) Loại đất sét

+ *Lưu lượng tưới.* Mặt cắt ngang rãnh tưới tỷ lệ thuận với lưu lượng tưới, đảm bảo khả năng vận chuyển nước trong rãnh tưới.

Kích thước mặt cắt ngang của rãnh được chia thành 3 loại:

Rãnh nông: sâu 8÷12cm; rộng phía trên 25÷30cm

Rãnh trung bình: 12÷18cm ; 30÷35cm

Rãnh sâu: 18÷25cm ; 35÷40cm

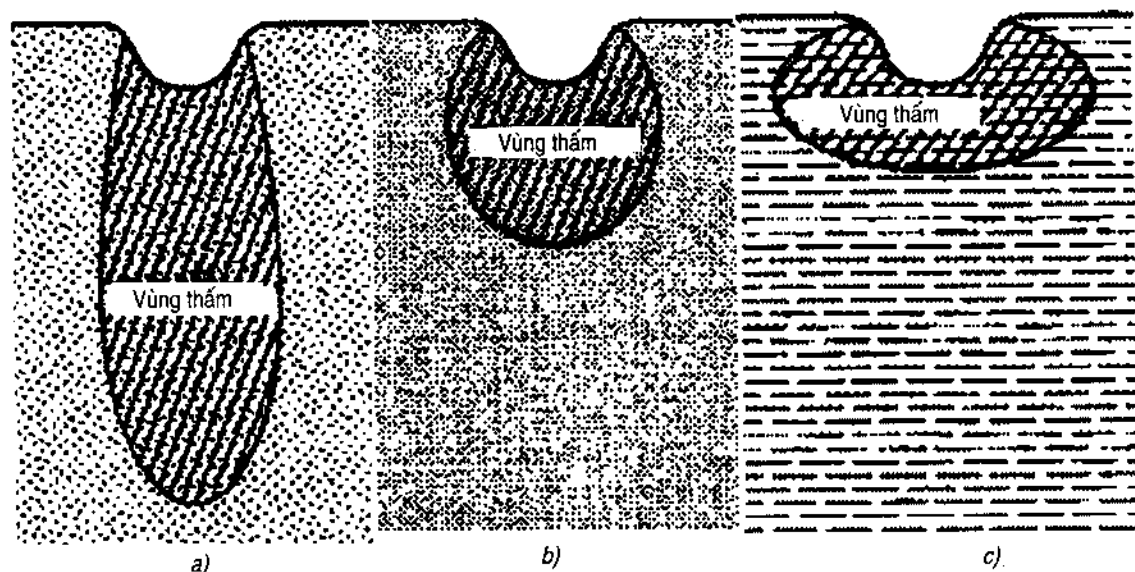
- *Khoảng cách giữa các rãnh tưới*

Khoảng cách giữa các rãnh tưới phụ thuộc vào loại đất và biện pháp canh nông.

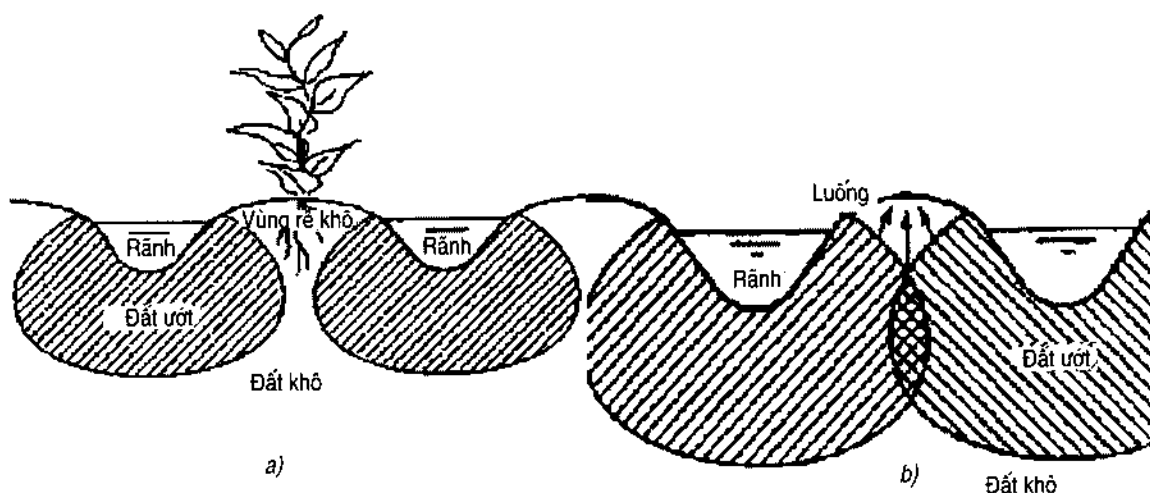
+ *Loại đất.* Đối với mỗi loại đất khác nhau có dạng vùng thấm khác nhau (hình 3.10), vì vậy cần có khoảng cách giữa các rãnh tưới hợp lý để đảm bảo cây trồng trên luống đất

lấy được nước trong vùng giao thấm giữa hai rãnh tưới gần kề nhau (hình 3.11). Đất cát, khoảng cách giữa các rãnh tưới từ $30+60\text{cm}$ (30cm đối với cát hạt thô; 60cm đối với cát hạt mịn). Đất sét, khoảng cách là $75+150\text{cm}$.

+ *Biện pháp canh nông.* Cần có sự hợp lý giữa khả năng canh tác của máy và khoảng cách thích hợp cho loại cây trồng.



Hình 3.10: Vùng thấm của từng loại đất
a) Đất cát; b) Đất á cát; c) Đất sét.



Hình 3.11: Khoảng cách rãnh tưới
a) Khoảng cách không hợp lý; b) Khoảng cách hợp lý.

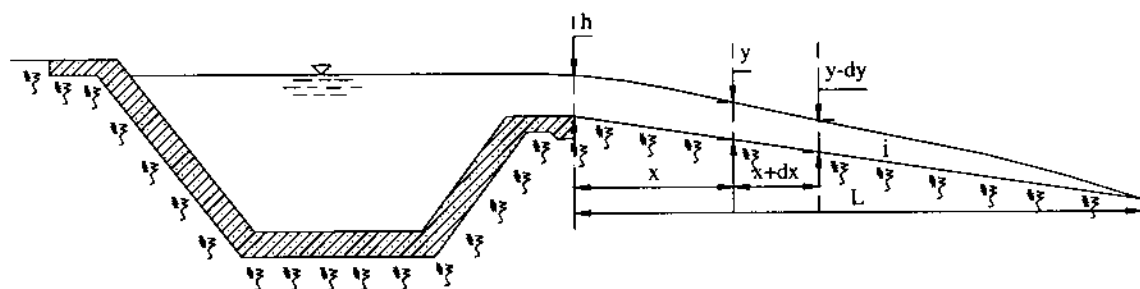
+ *Lưu lượng tưới*

Căn cứ vào quan hệ giữa khả năng thấm nước của đất, lưu lượng lấy vào rãnh q và độ dốc rãnh i , có thể lập bảng xác định q dựa vào hai yếu tố: khả năng thấm và độ dốc i .

Bảng 3.4: Quan hệ giữa khả năng thấm, q và i

i			
Khả năng thấm	$< 0,002$	$0,002 \div 0,004$	$0,004 \div 0,01$
Tốt	$1,0 \div 1,2$	$0,7 \div 1,0$	$0,4 \div 0,7$
Trung bình	$0,6 \div 0,8$	$0,4 \div 0,6$	$0,2 \div 0,4$
Yếu	$0,4 \div 0,7$	$0,3 \div 0,5$	$0,1 \div 0,3$

- Tính toán các yếu tố kỹ thuật tưới rãnh



Hình 3.12: Sơ đồ tính toán thủy lực rãnh tưới

Xuất phát từ phương trình dòng chảy đều trong rãnh:

$$V = C_1 \sqrt{Ri} \quad (3.4)$$

Lưu ý tốc độ trong rãnh thường từ $20\sqrt{Ri} \div 50\sqrt{Ri}$

Nếu gọi $C = 20\sqrt{i} \div 50\sqrt{i}$ thì $V = C\sqrt{R}$ và $[V] = (0,1 \div 0,2) \text{ m/s}$ để không gây xói lở rãnh.

Lưu lượng chảy vào rãnh có thể tính trung bình theo công thức:

$$q = v \cdot \omega = \omega \cdot C\sqrt{R} \quad (3.5)$$

Trong đó: ω - diện tích mặt cắt ướt nước chảy trong rãnh;

$$R\text{- bán kính thủy lực } R = \frac{\omega}{\chi};$$

χ - chu vi ướt.

Vậy:
$$q = C\omega \sqrt{\frac{\omega}{\chi}} \quad (3.6)$$

Với mặt cắt hình thang đáy b, chiều sâu lớp nước y, mái dốc m, ta có:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{1}{2} [b + (b + 2my)] y = (b + my) y \\ \chi &= b + 2 \left(y \sqrt{1 + m^2} \right) = b + 2y \sqrt{1 + m^2} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Hoặc theo cách tính khác, theo chiều rộng trung bình B, khi đó:

$$\omega = B.y$$

$$b = B - ym \quad (3.8)$$

$$\chi = (B - ym) + 2\left(y\sqrt{1 + m^2}\right)$$

Nếu đặt $\chi = \lambda B$ thì:

$$\lambda = 1 + \frac{y}{B}\left(2\sqrt{1 + m^2} - m\right) \quad (3.9)$$

Và ta có:

$$\begin{aligned} V &= C\sqrt{R} = C\sqrt{\frac{\omega}{\chi}} = C\sqrt{\frac{By}{\lambda B}} = C\sqrt{\frac{y}{\lambda}} \\ q &= C\omega\sqrt{R} = C.b.y\sqrt{\frac{y}{\lambda}} = C\frac{b}{\sqrt{\lambda}}y^{\frac{3}{2}} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Lưu lượng tại mặt cắt $(x + dx)$ có độ sâu $(y - dy)$:

$$q_{x+dx} = Cb(y - dy)\sqrt{\frac{y - dy}{\lambda}} = C\frac{b}{\sqrt{\lambda}}(y - dy)^{\frac{3}{2}} \quad (3.11)$$

Chênh lưu lượng trong đoạn dx là:

$$\Delta q = C\frac{b}{\sqrt{\lambda}}\left[y^{\frac{3}{2}} - (y - dy)^{\frac{3}{2}}\right] \quad (3.12)$$

Lưu lượng Δq sẽ thấm vào lòng và còn có thể tính bằng:

$$\Delta q = \frac{mK_0}{t^\beta} B\lambda_0 dx$$

$$\text{Với: } \lambda_0 = 1 + \frac{y}{B}\left(2\sqrt{1 + m^2} - m^2_0\right) \quad (3.13)$$

Vậy phương trình cân bằng trở thành:

$$C\frac{B}{\sqrt{\lambda}}\left[y^{\frac{3}{2}} - (y - dy)^{\frac{3}{2}}\right] = -\frac{mK_0}{t^\beta} B\lambda_0 dx \quad (3.14)$$

Gần đúng tích phân ta có:

$$\frac{C}{\lambda} By^2 = -\frac{mK_0}{t^\beta} B\lambda_0 X + \bar{C} \quad (3.15)$$

Khi $x = 0$ thì $y = h$ (lớp nước đầu rãnh) nên:

$$\bar{C} = \frac{C}{\lambda} h^2 \quad (3.16)$$

Như vậy:

$$\frac{C}{\lambda} (y^2 - h^2) = -\frac{mK_0}{t^\beta} \lambda_0 X \quad (3.17)$$

Khi cuối rãnh $y = 0$, ta có:

$$\frac{C}{\lambda} h^2 = \frac{mK_0}{t^\beta} \lambda_0 X \quad (3.18)$$

X - chiều dài khi nước trong rãnh đạt đến thì ngừng cấp nước.

Nhân cả 2 vế của (3.18) với b ta có:

$$\frac{C}{\lambda} b h^2 = \frac{mK_0}{t^\beta} \lambda_0 b X \quad (3.19)$$

$$q = \frac{mK_0}{t^\beta} b \lambda_0 X$$

3) Tưới dải

- Khái niệm tưới dải

Tưới dải tức tưới chảy tràn trên toàn bộ mặt ruộng. Tưới dải được áp dụng cho những nông trại rộng lớn có sự tham gia của các thiết bị máy nông nghiệp. Đất trên mặt ruộng phải đồng chất, khả năng thấm tương đối nhỏ để đảm bảo nước tưới có thể dàn trên khắp cách đồng (hình 3.13).



Hình 3.13: Tưới dải

Một số yêu cầu và quy trình tưới dải là: nước từ nông tưới chảy tràn vào đầu thửa ruộng trên khắp bề rộng một dải, nước sẽ tràn dọc đến cuối thửa ruộng với lớp nước tưới ở độ sâu từ 1 ÷ 5 cm. Phải tính toán sao cho khi dải nước đến cuối thửa ruộng thì cũng

ngừng tưới và đất được thấm nước đều trên toàn bộ thửa. Ngoài ra tốc độ chảy tràn phải phù hợp để không phá vỡ kết cấu đất ruộng.

Theo kinh nghiệm thì mối quan hệ giữa chiều dài dải (L), độ ngấm nước của đất và độ dốc dải đất (i) có thể tham khảo ở bảng 3.5.

Bảng 3.5: Quan hệ giữa L, i và độ ngấm nước

$\begin{matrix} i \\ \text{Độ ngấm} \end{matrix}$	< 0,002	0,002÷0,01	0,01÷0,02
Tốt	30÷50	60÷70	70÷80
Trung bình	50÷70	70÷80	80÷100
Yếu	60÷80	80÷100	100÷120

Thời gian lấy nước vào dải phụ thuộc vào nước tưới qui định và vào chế độ tưới của từng loại cây trồng.

- Tính toán các yếu tố kỹ thuật tưới dải
- Xác định chiều dài của dải (L)

Sơ đồ tính toán thủy lực xem hình 3.12. Tốc độ nước chảy của dải tại mặt cắt cách đầu dải một đoạn x có thể tính gần đúng theo công thức chảy đều quen thuộc:

$$V_x = C_1 \sqrt{RJ} \quad (3.20)$$

Trong đó: C_1 - hệ số vận tốc (hệ số Sedi);

R - bán kính thủy lực;

J - độ dốc thủy lực.

Vì lớp nước y khá nhỏ (vài cm) so với chiều rộng dải B cho nên gần đúng có thể coi:

$$\begin{aligned} R &= y \\ J &= i \end{aligned} \quad (3.21)$$

Hệ số vận tốc C_1 xác định theo công thức của Bazanh:

$$C_1 = \frac{87\sqrt{R}}{n + \sqrt{R}} \quad (3.22)$$

$$\text{hay: } C_1 = \frac{87\sqrt{y}}{n + \sqrt{y}} \quad \text{Vì } R \approx y \quad (3.23)$$

n - hệ số nhám mặt ruộng, thay đổi từ 1,5÷4,0 tùy mức độ cày xới của mặt ruộng.

Thay (3.21) và (3.23) vào (3.20) ta có:

$$V_x = \frac{87\sqrt{y}}{n + \sqrt{y}} \sqrt{yi} \quad (3.24)$$

$$V_x = \frac{87\sqrt{i}}{n + \sqrt{y}} y \quad (3.25)$$

Vì $\sqrt{y}$ rất nhỏ so với n nên coi mẫu số $n + \sqrt{y} \approx n$ và ta có:

$$V_x = \frac{87\sqrt{i}}{n} y \quad (3.26)$$

Đặt $\frac{87\sqrt{i}}{n} = C$ và gọi là hệ số đặc trưng tưới dải ta có:

$$V_x = Cy \quad (3.27)$$

Từ công thức (3.27) có thể tính được lưu lượng đơn vị trên 1m rộng của dải tại x là:

$$q_x = Cy^2 \quad (3.28)$$

Và tại $x+dx$:

$$q_{x+dx} = C(y - dy)^2 \quad (3.29)$$

Hiệu số giữa hai lưu lượng đơn vị đó chính là lưu lượng đơn vị ngấm xuống đất, nếu bỏ qua vô cùng bé bậc hai dy^2 ta có:

$$\Delta q = q_x - q_{x+dx} = Cy^2 - C(y - dy)^2 = 2C y dy \quad (3.30)$$

Lưu lượng ngấm xuống đất Δq còn có thể xác định theo công thức:

$$\Delta q = \frac{m.K_0}{t^\beta} dx \quad (3.31)$$

Trong đó:

K_0 - tốc độ ngấm hút bình quân;

m - hệ số hiệu chỉnh ảnh hưởng của nước ngập trên mặt đất với độ ngấm hút của đất: $m > 1$;

t - thời gian tính từ khi lấy nước vào dải;

β - hệ số phụ thuộc vào tính chất và độ ẩm của đất.

Cần bằng (3.30) và (3.31) lưu ý có dấu (-) vì x và y thay đổi ngược chiều nhau:

$$2C y dy = -m \frac{K_0}{t^\beta} dx \quad (3.32)$$

Tích phân phương trình (3.32) ta có:

$$Cy^2 = -m \frac{K_0}{t^\beta} X + C_0 \quad (3.33)$$

Hằng số tích phân C_0 có thể tính từ mặt cắt đầu dải khi $x = 0$ và $y = h$:

$$C h^2 = C_0 \text{ và cũng bằng } q_0 \text{ vì } q_0 = C h^2$$

Theo cách tính trên đây. Tức là:

$$C_0 = q_0 = Ch^2 \quad (3.34)$$

Thay q_0 và C_0 vào (3.33):

$$\begin{aligned} Cy^2 &= Ch^2 - m \frac{K_0}{t^\beta} X \\ y^2 &= h^2 - m \frac{K_0}{t^\beta C} X = h^2 \left(1 - m \frac{K_0}{t^\beta Ch^2} X \right) \\ y &= h \sqrt{1 - \frac{mK_0}{t^\beta q_0} X} \end{aligned} \quad (3.35)$$

h - xác định tại chương 2 (có công thức: $h = W$).

Muốn tiết kiệm nước tưới, tức là tưới vừa đủ, không tháo thì phải ngừng cấp nước trước khi nước lan đến cuối dải tưới và khi nước lan đến cuối dải thì $y_1 = 0$, với điều kiện đó (3.35) có dạng:

$$h \sqrt{1 - \frac{mK_0 X}{q_0 t^\beta}} = 0 \quad \text{hay} \quad \sqrt{1 - \frac{mK_0 X}{q_0 t^\beta}} = 0 \quad (3.36)$$

Suy ra:
$$X = \frac{q_0}{mK_0} t^\beta$$

X chính là chiều dài tính từ đầu dải mà khi làn nước tới đó thì ngừng cấp nước ở đầu.

• Tính toán chiều rộng của dải (B)

Nếu chỉ xét phương diện nước ngấm đồng đều trên toàn dải thì chiều rộng B của dải được tính như sau:

Gọi i là độ dốc dọc và J là độ dốc ngang của dải, gọi q_{bq} là lưu lượng bình quân cho mỗi dải thì lớp nước bình quân trên dải là:

$$h_{bq} = \sqrt{\frac{q_{bq}}{C}} \quad (3.37)$$

$$n = 1,5 \div 4,0$$

$$C = \frac{87\sqrt{i}}{n} \Rightarrow C = 58\sqrt{i} \div 22\sqrt{i}$$

Theo chiều ngang có thể tính:

$$\begin{aligned} h_{bq} &= \frac{1}{2}(h_{\max} + h_{\min}) \\ B &= \frac{h_{\max} - h_{\min}}{J} \end{aligned} \quad \text{vì} \quad \left(J = \frac{\Delta h}{B} \right) \quad (3.38)$$

Theo kinh nghiệm về tưới thì $h_{\min} \approx 2 \div 3 \text{ cm}$.

Từ các công thức trên có thể rút ra công thức tính B:

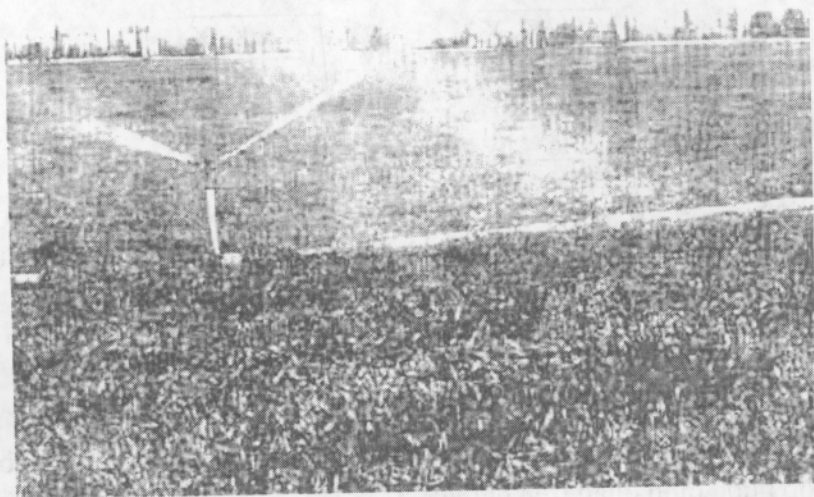
$$B = \frac{2}{J} (h_{bq} - h_{\min})$$

hay:
$$B = \frac{2}{J} \left(\sqrt{\frac{q_{bq}}{C}} - h_{\min} \right) \quad (3.39)$$

3.2.2. Kỹ thuật tưới phun mưa

Khái niệm kỹ thuật tưới phun mưa

Tưới phun là phương pháp tưới áp dụng kỹ thuật tạo mưa để tưới cho cây trồng (hình 3.14). Nước được vận chuyển qua hệ thống đường ống bằng máy bơm áp lực đẩy nước qua đầu phun, nước bắn lên không khí thành những hạt nước nhỏ, tỏa rộng và rơi xuống vùng cần tưới.



Hình 3.14: Tưới phun mưa

Tưới phun mưa là kỹ thuật tưới hiện đại được áp dụng khá phổ biến trên thế giới. Tưới phun mưa có thể áp dụng cho các vùng tưới nhỏ (tưới cỏ) hay cánh đồng rộng lớn. Khác với các dạng tưới khác, loại đất thích hợp nhất cho tưới phun là đất cát, loại đất có khả năng thấm cao, bởi vì tốc độ rơi của nước trong tưới phun cần thấp hơn tốc độ thấm của đất để tránh sự tạo thành vũng nước gây ngập úng cho cây trồng.

Ưu điểm: Không cần xây dựng hệ thống điều tiết tưới mặt ruộng, không chiếm diện tích đất ruộng, không đòi hỏi phải san phẳng ruộng, thậm chí có thể tưới mọi địa hình canh tác. Tưới phun còn làm cho nhiệt độ không khí và nhiệt độ của đất được duy trì, chống lại sương giá..., kết hợp với phân hoá học và thuốc trừ sâu, không làm thay đổi kết cấu đất mặt ruộng.

Nhược điểm: Chi phí thiết bị cao, kỹ thuật phức tạp, cần áp lực đầu phun lớn, bị ảnh hưởng khi có gió lớn.

Hệ thống tưới phun mưa bao gồm các thành phần:

- Máy bơm
- Mạng lưới đường ống dẫn chính và dẫn phụ
- Đường ống phụ (đặt các mũi phun)
- Đầu phun.
- Các thiết bị phụ như đồng hồ đo, van, khoá, gioăng cao su chống rò rỉ nước, nối chạc ba...

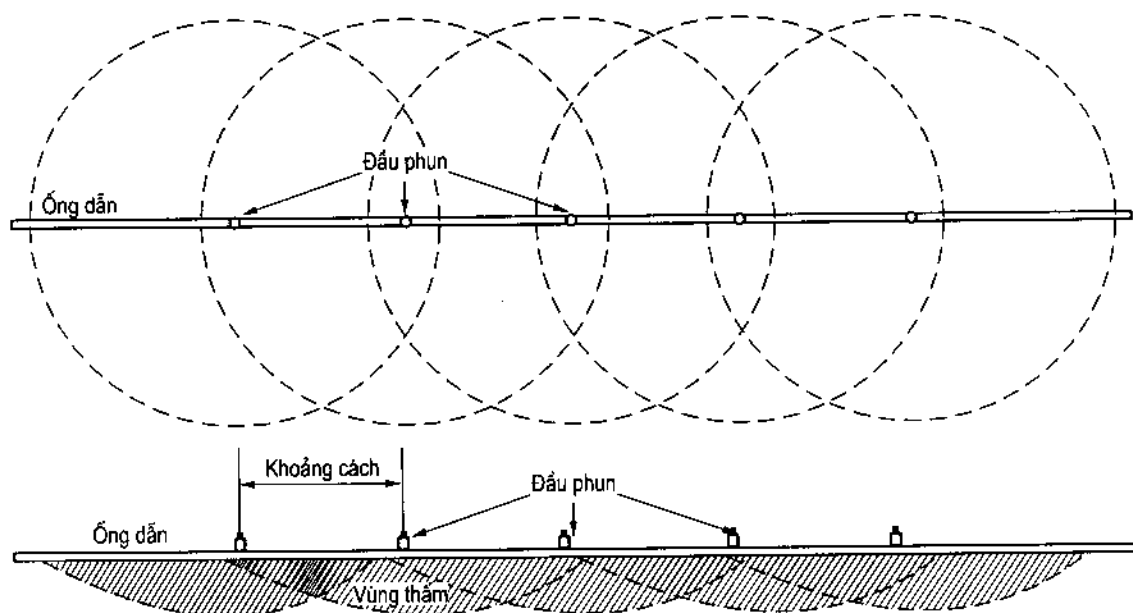
Máy bơm

Máy bơm thường được sử dụng là máy bơm ly tâm, lấy nước từ nguồn nước và cung cấp cho hệ thống đường ống dẫn.

Mạng lưới đường ống dẫn

Mạng lưới đường ống có nhiệm vụ dẫn nước và phân phối nước tới các đường ống phụ. Mạng lưới đường ống có thể đặt cố định trên mặt đất hoặc đặt ngầm dưới đất, nhưng có trường hợp mạng lưới đường ống không đặt cố định mà có thể di chuyển từ vùng tưới này sang vùng tưới khác (hình 3.15).

Kích thước đường ống được xác định theo lưu lượng tưới yêu cầu. Vật liệu làm đường ống có thể dùng ống hợp kim nhôm, ống thép, ống PVC.



Hình 3.15: *Tầm không chế của tưới phun*

Đường ống phụ

Đường ống nhận nước từ đường ống chính và chuyển nước tới đầu phun. Đường ống phụ thường được làm bằng hợp kim nhôm, ống PVC để có thể di chuyển dễ dàng.

Đầu phun

Đầu phun là bộ phận quan trọng nhất của hệ thống tưới phun. Đầu phun quyết định góc phun, tốc độ phun và độ phân bố đều. Căn cứ vào đặc tính của đầu phun có thể phân loại thành các dạng:

Đầu phun đơn

Đầu phun đôi

Đầu phun cố định

Đầu phun xoay

Đầu phun nâng hạ

Nói chung mỗi đầu phun dù đơn hay đôi đều quay tròn xung quanh trục của nó để có thể đảm nhận được một diện tích tưới $\omega = \pi R^2$, trong đó R là bán kính phun xa trên mặt bằng. Nếu diện tích tưới là F thì có thể tính toán bố trí mạng lưới các đầu phun để phủ kín diện tích F đó, sao cho diện tích tưới chồng là nhỏ nhất.

Tính toán các thông số kỹ thuật cho tưới phun mưa

Khi tính toán kỹ thuật tưới phun, người ta quan tâm tới một số đặc trưng như:

Đường kính hạt mưa

Đường kính hạt mưa d (mm) tùy thuộc loại cây trồng để chọn, ngoài ra yếu tố áp suất và kích cỡ miệng phun cũng ảnh hưởng đến đường kính hạt mưa. Đảm bảo cho tưới hiệu quả và không gây thất thoát và phá hoại đất, cỡ hạt phù hợp nhất có đường kính $d = 0,5-2\text{mm}$.

Cường độ mưa

Cường độ mưa hay cường độ tưới phun p (mm/phút) tính từ thùng đo mưa:

$$p = \frac{10W}{\omega t}, (\text{mm/phút}) \quad (3.40)$$

Trong đó:

W - lượng mưa rơi vào thùng đo mưa (m^3);

ω - diện tích thùng đo (m^2);

t - thời gian đo (phút).

Cường độ tưới trung bình p_{tb} :

$$p_{tb} = \frac{h_0}{t} \quad (3.41)$$

Trong đó:

h_0 - mức tưới (mm). Tính từ chế độ tưới cho cây trồng;

t - thời gian tưới (phút).

Lượng nước tưới ($V - m^3$)

$$V = q.t ; (m^3) \quad (3.42)$$

Nếu có N đầu phun thì:

$$V = N.q.t ; (m^3) \quad (3.43)$$

Diện tích tưới phun theo lưu lượng bơm có thể tính:

$$F = 86,4 \frac{\beta Q t}{\gamma m} ; (ha) \quad (3.44)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng bơm nguồn (l/s), $Q = n.Q_0$;

Q_0 - lưu lượng một đầu phun;

N - số đầu phun làm việc đồng thời;

β - hệ số sử dụng thời gian của thiết bị tưới là tỷ số giữa số giờ làm việc thực tế trong ngày so với thời gian 24h của ngày;

t - thời gian tưới quy định trong giản đồ tưới cho cây trồng có tỷ lệ diện tích là $\gamma \%$,

$$\left(\gamma = \frac{F_{cay}}{F_{\Sigma}} \times 100 \% \right);$$

m - mức tưới của loại cây trồng đó (m^3/ha).

Lưu lượng tưới của một vòi phun tâm xạ bằng:

$$Q_0 = \frac{\pi R^2 p n}{6\mu}; \quad (3.45)$$

Trong đó:

R - độ phun xa của tia nước hay bán kính phun (m);

p - cường độ mưa (mm/phút);

n - số vòng quay của vòi phun trong 1 phút;

μ - hệ số lấy bằng 1,5 nếu bố trí vòi theo hình vuông và bằng 1,2 nếu theo sơ đồ hình tam giác.

Hệ số đồng đều phân bố mưa K

$$K = 100 \left(1 - \frac{\sum |\Delta m|}{m - n} \right) \% \quad (4.46)$$

Trong đó:

m - giá trị trung bình của lớp nước phun tưới;

n - số điểm đo mưa trên diện tích tưới;

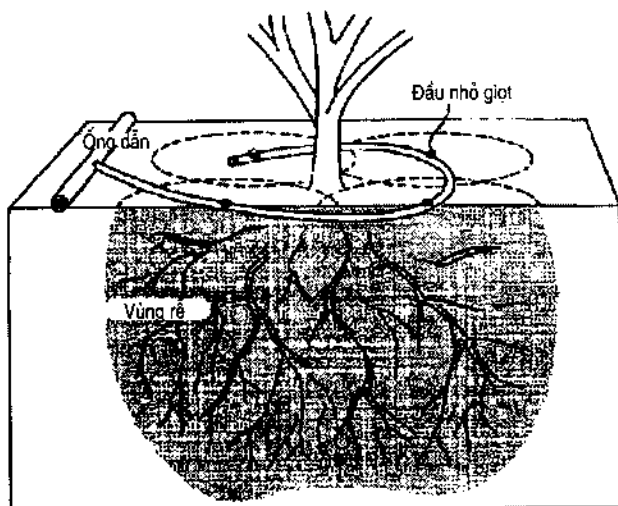
$\Sigma \Delta m$ - cường độ phun mưa tại từng điểm đo so với giá trị trung bình m.

Yêu cầu đối với độ đồng đều tưới phun $K \geq 70 \div 80\%$.

3.2.3. Kỹ thuật tưới nhỏ giọt

Khái niệm tưới nhỏ giọt

Tưới nhỏ giọt sử dụng các đường ống mềm dẻo chạy trên mặt đất xung quanh cây (hình 3.16), nước được dẫn trong ống tới đầu nhỏ giọt, tốc độ nước qua đầu nhỏ giọt với lưu lượng 2÷20l/h thấm vào vùng rễ của cây trồng. Khác với các phương thức tưới khác, tưới nhỏ giọt có chu kỳ tưới dài hơn (1÷3 ngày).



Hình 3.16: Tưới nhỏ giọt

Hệ thống tưới nhỏ giọt (hình 3.17) bao gồm:

- Máy bơm
- Thiết bị điều khiển đầu
- Mạng đường ống dẫn và đường ống phụ
- Đầu nhỏ giọt

Máy bơm

Máy bơm lấy nước từ nguồn nước và cung cấp cho hệ thống đường ống dẫn.

Thiết bị điều khiển đầu

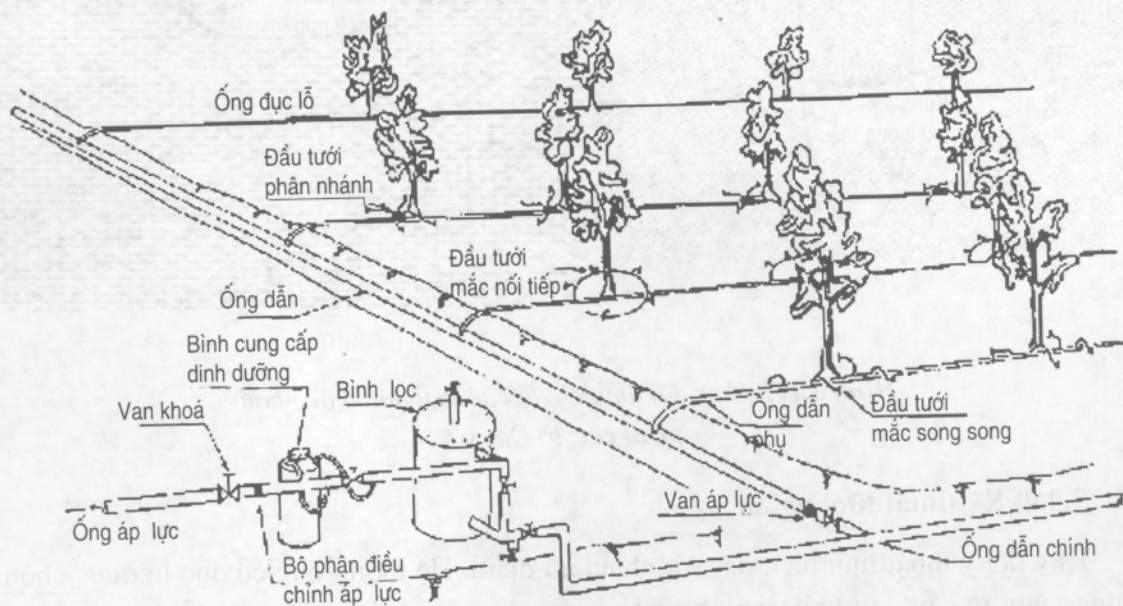
Bao gồm các thiết bị điều chỉnh lưu lượng và áp suất cho toàn bộ hệ thống. Trong thiết bị điều khiển đặt các lớp lọc, tránh làm tắc đầu nhỏ giọt. Ngoài ra, còn có thể đặt thêm các bình chứa chất dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng, chất dinh dưỡng được hoà tan vào nước, dẫn qua hệ thống và cung cấp cho cây trồng. Đây là một điểm khác biệt so với các phương thức tưới khác.

Mạng lưới đường ống dẫn và đường ống phụ

Mạng lưới đường ống dẫn và đường ống phụ nhận nước từ thiết bị điều khiển đầu mạng lưới và dẫn nước cho cả hệ thống. Vật liệu làm đường ống thường bằng loại ống chất dẻo tổng hợp hoặc ống PVC.

Đường ống phụ

Đường ống nhận nước từ đường ống chính và chuyển nước tới đầu phun. Đường ống phụ thường được làm bằng hợp kim nhôm, ống PVC. Tuy nhiên, cần có hình thức bảo quản đường ống tránh sự hư hỏng do con người và tự nhiên (bức xạ mặt trời).



Hình 3.17: Hệ thống tưới nhỏ giọt

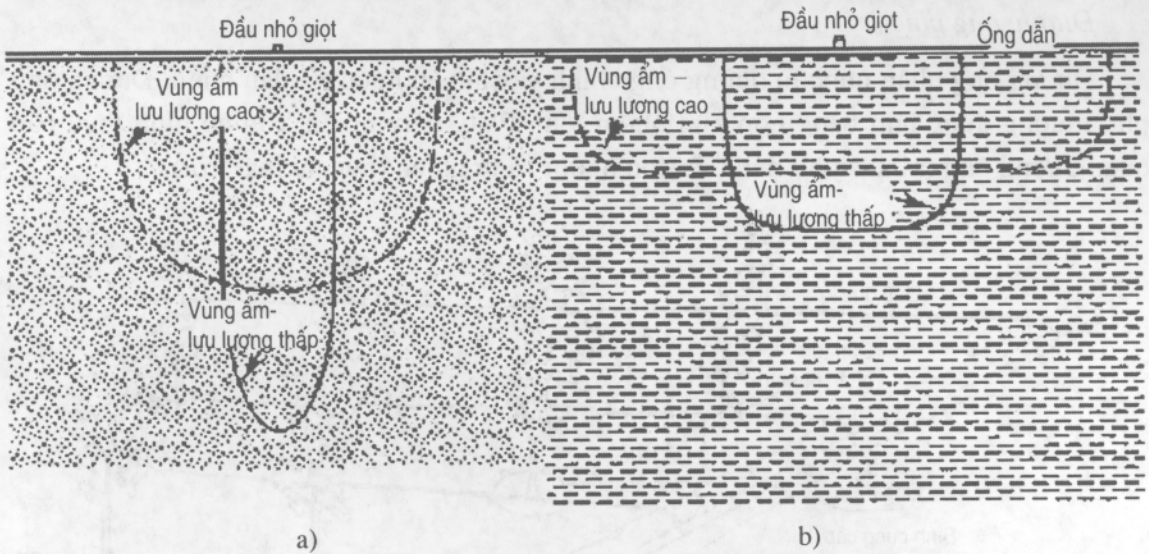
Đầu nhỏ giọt

Khoảng cách các đầu nhỏ giọt thường đặt lớn hơn 1m với 1 hoặc nhiều đầu nhỏ giọt đơn khi tưới cho các loại cây. Các đầu nhỏ giọt (hình 3.18) được thiết kế sao cho cung cấp lưu lượng cố định và không bị thay đổi nhiều khi áp suất thay đổi.

Khả năng làm ẩm một vùng đất của tưới nhỏ giọt thấp hơn khoảng 30% so với các phương thức tưới khác. Một số các yếu tố như loại đất, lưu lượng tưới cũng ảnh hưởng tới vùng đất được tưới ẩm (hình 3.19).



Hình 3.18: Một số dạng đầu nhỏ giọt



Hình 3.19: Vùng đất ẩm đối với các loại đất khác nhau
a) Đất cát; b) Đất sét.

3.2.4. Kỹ thuật tưới ngầm

Đây là kỹ thuật tưới hiện đại với nhiều ưu điểm. Hệ thống ống có đục lỗ được chôn trong vùng rễ cây, khi tưới, máy bơm hoạt động, nước sẽ thấm qua các lỗ để vào thẳng vùng rễ, phục vụ nhu cầu nước của cây trồng. Tưới ngầm duy trì được độ sâu ngầm nước không thay đổi, trong đất luôn luôn có một lượng dự trữ nước đầy đủ, tiết kiệm nước, mặt đất luôn khô ráo, tổn thất bốc hơi mặt đất do đó giảm đi, có thể kết hợp với bón phân và tiết kiệm diện tích chiếm dụng bề mặt ruộng.

Tuy nhiên tưới ngầm cũng có một số nhược điểm như: thiết bị nhiều, vốn đầu tư lớn, quản lý tưới phức tạp, các lỗ của đường ống ngầm dễ tắc. Không áp dụng cho vùng đất mặn, phèn.

Gọi q là lưu lượng nước thấm trên 1m dài ống (q : l/s/m) thì q phụ thuộc vào số lỗ, đường lỗ, áp lực bơm, loại đất thấm... cho nên cần qua thực nghiệm hoặc theo Cataloge của nhà sản xuất ống ngầm, hoặc có thể tính theo công thức:

$$q = \frac{m \cdot b}{86,4t} \quad (3.47)$$

Trong đó:

- m - mức tưới (mm) từ chế độ tưới;
- b - khoảng cách giữa các ống tưới ngầm;
- t - thời gian tưới của tưới (từ chế độ tưới).

Với chiều dài L thì lưu lượng cấp là:

$$Q = L \cdot q \quad (3.48)$$

3.2.5. Lựa chọn kỹ thuật tưới

Lựa chọn kỹ thuật tưới hợp lý là khâu quan trọng của người kỹ sư thiết kế hệ thống tưới, ảnh hưởng tới việc bố trí và thiết kế các công trình trên hệ thống tưới. Để lựa chọn được kỹ thuật tưới hợp lý cần căn cứ vào những yêu cầu cơ bản sau:

Đảm bảo tạo ra chế độ nước cần thiết góp phần nâng cao năng suất và sản lượng cây trồng.

Phân phối nước tương đối đều trên mặt ruộng với chi phí tối thiểu.

Tổn thất nước là tối thiểu với hệ số sử dụng nước tối đa.

Góp phần cải tạo đất.

3.3. KÊNH VÀ MẠNG LƯỚI DẪN NƯỚC TÚỚI

Nhiệm vụ của mạng lưới dẫn nước tưới là chuyển nước từ nguồn nước đến khu tưới, phân phối lưu lượng nước tưới trên phạm vi diện tích tưới nhằm đảm bảo một chế độ tưới thích hợp theo nhu cầu sinh trưởng của cây trồng.

Mạng lưới dẫn nước tưới trong hệ thống tưới có thể chia thành hai dạng:

Mạng lưới dẫn nước hở bằng hệ thống kênh mương. Kênh mương dẫn nước tưới là một hệ thống có quy mô lớn, dẫn được lưu lượng nước lớn đảm bảo đủ nước cung cấp cho các trang trại trồng trọt.

Mạng lưới dẫn nước bằng đường ống. Thường sử dụng khi kỹ thuật tưới là tưới phun mưa hoặc có thể là kỹ thuật tưới nhỏ giọt và kỹ thuật tưới ngầm.

Mỗi dạng của mạng lưới dẫn nước tưới có những đặc điểm và đặc thù riêng thích hợp cho các kiểu hệ thống tưới và kỹ thuật tưới khác nhau. Trong phần này, trình bày chủ yếu về hệ thống kênh mương.

Nước ta, một đất nước nông nghiệp, mạng lưới dẫn nước tưới chủ yếu hiện nay là kênh mương, với nhiều hệ thống kênh mương có quy mô lớn đóng góp rất nhiều vào sự phát triển nền kinh tế quốc dân như: mạng lưới kênh mương của các tỉnh vùng đồng bằng sông Cửu Long, các tỉnh phía Bắc (Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình...). Tuy nhiên, với thực trạng hiện nay hệ thống kênh mương chủ yếu là kênh đất đã xuống cấp rất nhiều, hiệu số sử dụng thấp không đem lại hiệu quả cho hệ thống tưới. Vì vậy, chính phủ đang từng bước khôi phục lại kênh dẫn nước bằng chủ trương "kiên cố hoá kênh mương" bằng bê tông, xây dựng mới các công trình trên kênh hợp lý hơn, đảm bảo tính ổn định dẫn nước trong kênh, tăng hiệu suất sử dụng kênh, tăng tính hiệu quả của hệ thống tưới.

Bên cạnh nhiệm vụ dẫn nước cho hệ thống tưới, kênh mương còn có thể đóng vai trò quan trọng trong giao thông thủy, dẫn nước cho sinh hoạt, công nghiệp hay phục vụ vui chơi giải trí.

3.3.1. Nguyên tắc thiết kế và bố trí kênh

Khi bố trí kênh mương cần căn cứ vào điều kiện địa hình khu tưới và các điều kiện khác như: địa chất, loại cây trồng, kỹ thuật tưới... Qua đó có thể lập một số phương án bố trí mạng lưới kênh mương, phân tích và so sánh phương án hợp lý và khả thi nhất.

Các nguyên tắc sau cần được đánh giá khi thiết kế và bố trí kênh mương:

- Khi thiết kế mặt bằng tuyến kênh phải xét tới quy hoạch trồng trọt trong khu vực, nên bố trí kênh riêng biệt cho từng vùng trồng trọt như vùng trồng lúa nước, vùng rau mầu, vùng trồng cây công nghiệp.v.v..

- Hệ kênh tưới chính có khả năng khống chế tối đa diện tích tưới bằng tự chảy.

- Mạng lưới kênh tưới phải đi qua vùng địa chất tốt, đảm bảo ổn định và giảm thấm.

- Phương án thiết kế kênh phải đảm bảo:

 - Kênh vượt chướng ngại ít nhất;

 - Khối lượng đào, đắp ít;

 - Chiếm ít diện tích đất sản xuất;

 - Dễ thi công, dễ quản lý.

- Hệ thống tưới cần được thiết kế cùng với kênh tiêu, để tạo thành một hệ thống tưới tiêu hoàn chỉnh.

- Các yêu cầu về điều kiện và an toàn khi thi công.

Khi thiết kế kênh tưới phải xét tới việc sử dụng tổng hợp nhằm thoả mãn các nhu cầu dùng nước của các ngành kinh tế để mang lại lợi ích lớn nhất, như phát điện, vận tải thủy, cấp nước cho công nghiệp và dân dụng.

3.3.2. Thiết kế kênh tưới

Trong một mạng lưới kênh tưới, kênh được chia ra các cấp kênh khác nhau: Kênh dẫn nước chính, kênh nhánh các cấp. Mỗi cấp kênh có yêu cầu kỹ thuật khác nhau, vì vậy việc xác định cấp kênh và thiết kế kênh phù hợp ảnh hưởng tới hiệu quả kỹ thuật, kinh tế của mạng lưới kênh tưới.

Các phương pháp tính và yêu cầu cơ bản khi thiết kế kênh dẫn nước tưới phải tuân thủ theo quy phạm "Hệ thống kênh tưới" TCVN 4118-85, ngoài ra còn có thể tham khảo các tài liệu có liên quan.

Hiệu suất mạng lưới kênh

Quy hoạch mạng lưới kênh tưới là công việc rất quan trọng. Ngoài việc thiết kế bố trí kênh tưới đảm bảo tưới đủ cho khu tưới thì công tác này cần lưu ý đến tính hiệu quả thông qua các hệ số như:

Hệ số sử dụng đất (K_{sd}):

$$K_{sd} = \frac{\omega_{dt}}{F_d} \quad (3.49)$$

Trong đó:

ω_{dt} - diện tích đất thực tế được tưới bằng công trình thuỷ lợi, bao gồm diện tích cây lương thực, cây công nghiệp, rau, đồng cỏ, và cây ăn quả;

F_d - diện tích đất vùng được tưới, bao gồm cả diện tích ω_{dt} và diện tích dùng làm hệ thống kênh tưới, các kênh trong khoảng (lô), các công trình, đường sá, ao hồ, các khu xây dựng cũng như các diện tích nằm tách biệt bên trong các khoảng (lô) mà việc tưới các diện tích này xét thấy không hợp lý.

Hệ số chiếm đất của hệ thống kênh (K_{cd}):

$$K_{cd} = \frac{F_{cd}}{\omega_{dt}} \quad (3.50)$$

Trong đó:

ω_{dt} - diện tích đất thực tế được tưới bằng công trình thuỷ lợi, bao gồm diện tích cây lương thực, cây công nghiệp, rau, đồng cỏ, và cây ăn quả;

F_{cd} - diện tích chiếm đất của hệ thống kênh tưới và kênh tiêu.

Trong mọi trường hợp K_{cd} phải thoả mãn biểu thức $[K_{cd}] \geq K_{cd}$.

Hệ số chiếm đất cho phép được quy định như bảng 3.6.

Bảng 3.6: Quy định về hệ số chiếm đất của kênh tưới

Vùng	K_{cd} (%)
1. Cây lương thực, rau	
- Miền núi	4 ÷ 6
- Trung du và đồng bằng	5 ÷ 7
2. Cây công nghiệp	3 ÷ 4
3. Đồng cỏ	2 ÷ 3

Xác định lưu lượng thiết kế kênh

Tuỳ theo chế độ canh tác của khu tưới, một kênh cấp trên có thể dẫn và phân phối nước xuống kênh cấp dưới nó theo chế độ luân phiên hay đồng thời, do đó chế độ dẫn nước có thể liên tục hoặc theo chu kỳ (không liên tục).

Có 3 cấp lưu lượng để xác định mặt cắt kênh tưới:

Lưu lượng nhỏ nhất (Q_{min}):

Lưu lượng nhỏ nhất dùng để kiểm tra khả năng bồi lắng trong kênh, khả năng bảo đảm tưới tự chảy. Trên cơ sở đó nghiên cứu, thiết kế công trình điều tiết trên kênh:

$$Q_{\min} \geq 0,4Q_{TK}; (m^3/s) \quad (3.51)$$

Q_{TK} - lưu lượng thiết kế trong kênh.

Lưu lượng lớn nhất ($Q_{\max}$):

Lưu lượng lớn nhất dùng để kiểm tra khả năng xói lở và xác định độ cao an toàn của đỉnh bờ kênh:

$$Q_{\max} = KQ_{TK}; (m^3/s) \quad (3.52)$$

K - hệ số được lấy theo bảng 3.7 dưới đây.

Bảng 3.7: Hệ số điều chỉnh lưu lượng

$Q_{TK} (m^3/s)$	< 1	1 ÷ 10	> 10
K	1,2 ÷ 1,3	1,15 ÷ 1,2	1,1 ÷ 1,15

Lưu lượng thiết kế (Q_{TK}):

Lưu lượng thiết kế là lưu lượng lớn nhất trong biểu đồ lưu lượng thiết kế thuộc một đoạn kênh, một cấp kênh hay một hệ thống kênh. Biểu đồ lưu lượng được xây dựng trên cơ sở của biểu đồ hệ số tưới của các loại cây trồng do kênh đó đảm nhiệm tưới sau khi đã được điều chỉnh.

Lưu lượng thiết kế thực tế (lưu lượng hữu ích):

$$Q_{hi} = q_i \omega_i; (m^3/s) \quad (3.53)$$

Trong đó:

q_i - hệ số tưới trung bình của khu do kênh thứ i phụ trách ($m^3/s/ha$);

ω_i - diện tích tưới do kênh thứ i phụ trách (ha).

Lưu lượng toàn bộ cần được chuyển vào kênh để đảm bảo lưu lượng thực tế (Q_{hi}) được xác định:

$$Q_i = \frac{Q_{hi}}{\eta_i}; (m^3/s) \quad (3.54)$$

η_i - hệ số sử dụng kênh mương của cấp thứ i:

$$\eta_i = \frac{\omega_i E}{V_o} \quad (3.55)$$

Trong đó:

E - lượng nước sử dụng có ích của cây trên một đơn vị diện tích (đã trừ lượng ẩm tự nhiên W);

V_o - tổng lượng cấp nước vào đầu kênh i.

Hệ số sử dụng kênh mương không được nhỏ hơn giá trị cho phép cho trong bảng 3.8.

Bảng 3.8: Quy định về hệ số sử dụng kênh mương

Diện tích tưới của hệ thống (10 ³ ha)	>50	> 10 ÷ 50	2 ÷ 10	< 2
[η]	0,5	0,65 ÷ 0,55	0,75 ÷ 0,65	0,7

Ngoài ra, lưu lượng toàn bộ cần chuyển vào kênh có thể xác định theo công thức:

$$Q_i = Q_{hi} + Q_{t\text{ổn thất}} ; (m^3/s) \quad (3.56)$$

$$Q_{t\text{ổn thất}} = E_{\text{bốc hơi}} + Q_{\text{thấm}} ; (m^3/s) \quad (3.57)$$

Vận tốc thấm qua mặt cắt kênh trong một đơn vị thời gian trên một mét dài, theo định luật Darcy:

$$v_{\text{thấm}} = KJ ; (m/s) \quad (3.58)$$

Trong đó:

K - hệ số thấm của đất lòng kênh (m/s);

J - gradien thấm J=1.

Vậy lưu lượng thấm qua kênh được tính bằng công thức ^[1]:

$$Q_{\text{thấm}} = \omega_{\text{thấm}} v_{\text{thấm}} = K \left(B + 2vh\sqrt{1+m^2} \right); (m^3/s) \quad (3.59)$$

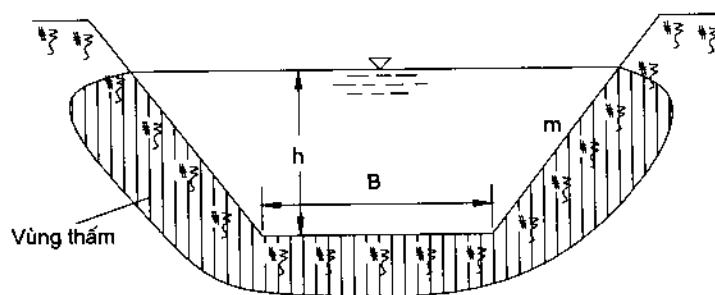
Trong đó:

B - bề rộng đáy kênh (m);

h - chiều sâu nước trong kênh (m);

m - hệ số mái kênh;

v - hệ số hiệu chỉnh tính đến ảnh hưởng của hiện tượng mao dẫn sang hai bên mái kênh $v = 1,1 \div 1,4$.



Hình 3.20: Mặt cắt kênh tính toán hình thang

^[1] Công thức [3.57] tính toán cho kênh đất. Đối với các kênh bê tông hoặc kênh đá xây có thể bỏ qua lưu lượng thấm qua hai mái kênh. Chu vi thấm chỉ bằng chiều rộng đáy kênh.

So sánh lượng nước thấm với lưu lượng, ký hiệu qua σ :

$$\sigma = \frac{Q_{\text{thấm}}}{Q} = \frac{K(B + 2vh\sqrt{1+m^2})}{v(B+hm)h} = \frac{K(\beta + 2v\sqrt{1+m^2})}{vh(\beta+m)} \quad (3.60)$$

với:
$$\begin{cases} \beta = \frac{B}{h} \\ h = \sqrt{\frac{Q}{v(\beta+m)}} \end{cases} \quad (3.61)$$

$$\sigma = \frac{K(\beta + 2v\sqrt{1+m^2})}{\sqrt{Qv}\sqrt{\beta+m}} \quad (3.62)$$

Qua hai công thức (3.60) và (3.62) ta thấy:

- Vận tốc trong kênh tỷ lệ nghịch với lưu lượng thấm.
- Kênh có quy mô lớn hơn sẽ có tỷ lệ tổn thất thấm ít hơn so với kênh có quy mô nhỏ hơn.

Đây là hai nhận xét quan trọng khi thiết kế kênh tưới.

Tổn thất nước do bốc hơi trong kênh trong 1 đơn vị thời gian trên một mét dài:

$$E = 0,0000116he(\beta + 2m); (m^3/s) \quad (3.63)$$

e - lớp nước bốc hơi (m/ngày)

Thiết kế mặt cắt kênh

Mặt cắt kênh được thiết kế với lưu lượng thiết kế của mỗi cấp kênh, mặt cắt đó phải đảm bảo các điều kiện ổn định của mái và lòng kênh, các yêu cầu về thi công, đảm bảo các yếu tố về giao thông khi kênh kết hợp với giao thông thủy, khống chế mực nước tưới và diện tích tưới... Đây là một bài toán kết hợp giữa kỹ thuật và kinh tế nên cần có sự phân tích để đưa ra phương án hợp lý nhất.

Các hình dạng mặt cắt ngang kênh

Mặt cắt kênh (hình 3.21) thường có dạng:

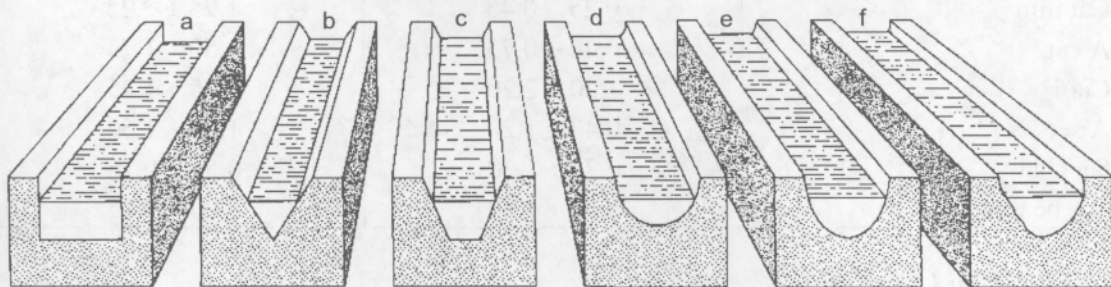
Mặt cắt tam giác. Mặt cắt này hầu như không được sử dụng, nó chỉ được sử dụng cho các công trình đo lưu lượng nước trong kênh.

Mặt cắt hình thang. Với mặt cắt rộng, thi công dễ dàng, mặt cắt kênh hình thang được áp dụng cho tất cả các loại kênh cần dẫn một lưu lượng lớn (kênh chính, kênh nhánh cấp 1).

Mặt cắt hình chữ nhật. Dạng mặt cắt được áp dụng phổ biến cho kênh dẫn nhỏ.

Mặt cắt hình cong. Mặt cắt này khó thi công nên ít được áp dụng cho các kênh tưới, mà thường áp dụng cho các dạng công trình dẫn nước bằng cầu máng.

Mặt cắt ngang hình đa giác. Được thiết kế đối với kênh có chiều sâu lớn hơn $4,5 \div 5\text{m}$, hay việc ngăn ngừa tạo sóng trong kênh đối với kênh dài.



Hình 3.21: Các dạng mặt cắt ngang kênh

Xác định kích thước mặt cắt ngang kênh

Với dạng mặt cắt và lưu lượng thiết kế trong kênh đã cho, kích thước mặt cắt ngang kênh được xác định theo công thức tính lưu lượng trong kênh:

$$Q = C\omega\sqrt{RJ} ; (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.64)$$

Trong đó:

ω - diện tích mặt cắt ướt của kênh (m^2);

R - bán kính thủy lực (m);

C - xác định theo Manning $C = \frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}$;

n - hệ số nhám của lòng kênh: Kênh đất $n = 0,020 \div 0,035$; kênh bê tông $n = 0,012 \div 0,018$;

J - độ dốc thủy lực. Dòng chảy trong kênh có thể coi là dòng chảy ổn định đều nên $J = i$;

i - độ dốc lòng kênh.

Để đảm bảo ổn định bờ kênh, thi công thuận lợi và theo điều kiện lợi nhất về thủy lực, sơ bộ khi thiết kế kênh ta chọn tỷ số $\beta = \frac{B}{h} = 2 \div 5$ đối với kênh mặt cắt hình thang có lưu lượng $> 1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Thay các thông số đã biết và tính ngược lại công thức (3.64), ta có thể xác định được các kích thước cơ bản của mặt cắt ngang kênh.

Sau khi thiết kế được mặt cắt của kênh tưới phải kiểm tra một số điều kiện sau:

Điều kiện không xói: $v_{\max} < v_{kx}$

Trong đó v_{kx} được lấy trong bảng sau:

Bảng 3.9: Vận tốc không xói cho phép đối với các loại đất

Loại đất	v_{kx} (m/s)	m
Cát mịn	$0,25 \div 0,45$	$1,75 \div 2,25$
Á cát	$0,40 \div 0,75$	$1,50 \div 1,75$
Cuội	$1,20 \div 2,20$	$0,75 \div 1,25$
Á sét	$0,40 \div 1,20$	$1,00 \div 1,50$
Sét chặt	$0,70 \div 1,20$	$0,50 \div 0,75$
Đá, bê tông	$5,00 \div 10,0$	$0,00 \div 0,25$

Điều kiện không lắng: $v_{min} > v_{kl}$

Trong đó vận tốc không lắng được tính theo công thức sau:

$$v_{kl} = 0,01 \frac{W}{\sqrt{d_{tb}}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{0,01} \frac{0,0225}{n} \sqrt{R}}; \text{ (m/s)} \quad (3.65)$$

Trong đó:

W - độ thô thủy lực (mm/s) của hạt có đường kính trung bình d_{tb} (mm);

d_{tb} - đường kính trung bình của đại bộ phận các hạt phù sa lơ lửng (mm);

R - bán kính thủy lực (m);

n - hệ số nhám của lòng kênh;

ρ - tỷ lệ phần trăm tính theo trọng lượng của các hạt phù sa lơ lửng có đường kính xấp xỉ 0,25mm.

Để tránh sự phát triển của cỏ dại trong lòng kênh, vận tốc nhỏ nhất trong kênh không được nhỏ hơn 0,3 (m/s). Chiều cao an toàn của bờ kênh lấy cao hơn mực nước cao nhất trong kênh từ 0,1÷0,6m.

Các hình thức gia cố kênh

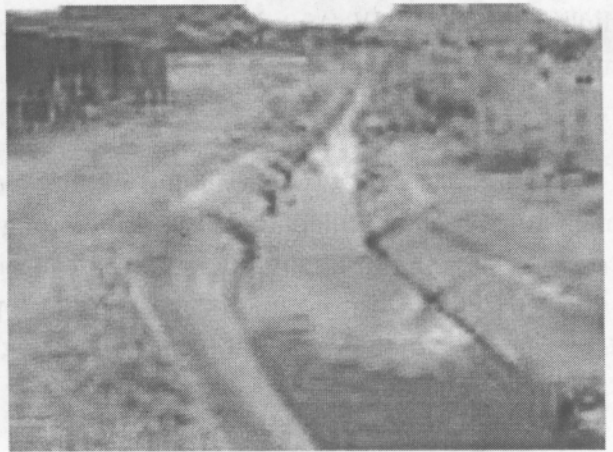
Kênh đất (hình 3.22)

Các nước đang phát triển, đặc biệt là ở nước ta, hệ thống kênh vẫn là dạng kênh đất đã được sử dụng trong hàng chục năm qua. Đất được sử dụng làm kênh phải là dạng đất chống thấm tốt (sét, á sét, đất bồi), chỉ tiêu cơ lý của đất phải đảm bảo các yêu cầu về thấm (hệ số rỗng e, độ rỗng n), về ổn



Hình 3.22: Kênh đất

Đối với các kênh lớn, để giảm giá thành xây dựng kênh và tận dụng được các nguồn vật liệu sẵn có và rẻ tiền như đá, mặt khác khi kênh xây dựng trên các vùng đất yếu, mái đất không đảm bảo ổn định cho mái kênh, cho nên dạng mái kênh được chọn là tường trọng lực có khối lượng lớn, do đó nếu sử dụng toàn bộ vật liệu bằng bê tông sẽ đẩy giá thành công trình lên rất cao.



Kênh bê tông (hình 3.25)

Hình 3.25: Kênh bê tông

Hiện nay, để tăng tính ổn định cho mái kênh, đặc biệt tại các vùng đất yếu và giảm tối đa khả năng thấm của kênh, vật liệu làm mái kênh được chọn là bê tông.

Thi công kênh dẫn nước tưới

Lựa chọn biện pháp thi công kênh hợp lý và kinh tế là yếu tố quan trọng quyết định tính an toàn và kinh tế của công trình. Trước khi lập biện pháp thi công cần xét đến các yếu tố sau:

- Điều kiện địa hình địa chất.
- Quy mô của hệ thống kênh.

Điều kiện địa hình địa chất

Với những vùng có địa hình bằng phẳng, việc kết hợp giữa sức người và thiết bị cơ giới là rất thuận lợi. Nhưng với các vùng có địa hình dốc và khó khăn cho sự hoạt động của các thiết bị cơ giới, cần có những giải pháp cụ thể sử dụng sức người và các dạng máy nhỏ để thi công công trình.



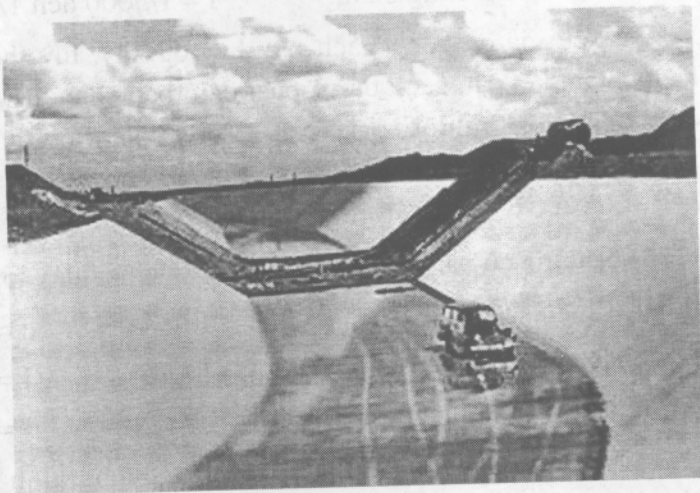
Hình 3.26: Thi công kênh đất

Quy mô của hệ thống kênh

Các tuyến kênh nhỏ có thể sử dụng sức người để thi công bằng các công cụ lao động bình thường: cuốc, xẻng, cuốc chim, thuổng... Nhưng đối với việc thi công kênh lớn, biện pháp tốt nhất là sử dụng các thiết bị cơ giới (máy đào)...

Mái kênh bằng đá sẽ rất khó cho việc thi công bằng thiết bị cơ giới, chỉ có một số hạng mục công trình mới sử dụng được máy móc. Hiện nay, công việc lát mái kênh bằng đá thường sử dụng sức người.

Công nghệ thi công mái kênh ngày càng được cải tiến, trước đây máikênh được ghép cốt pha cố định để đổ bê tông, giải pháp này làm chậm nhiều đến tiến độ thi công. Hiện nay, đã có một số công trình được áp dụng công nghệ thi công bằng ván khuôn trượt, công nghệ này đã làm tăng tiến độ thi công, đảm bảo chất lượng cũng như mỹ quan của công trình.



Hình 3.27: Công nghệ thi công kênh bằng ván khuôn trượt

Một số lưu ý khi thiết kế kênh tưới:

1) Về hình dạng mặt cắt, với kênh lớn thường có mặt cắt hình thang $\beta = \frac{B}{h} = 2 \div 5$, với kênh nhỏ hay sử dụng mặt cắt chữ nhật. Với kênh nhỏ, để đảm bảo điều kiện thi công, chiều rộng lòng kênh không nhỏ hơn 0,30 m và thường là mặt cắt chữ nhật, tỷ số $\beta = \frac{B}{h} = 1 \div 1,5$.

2) Hệ số mái kênh hình thang phải thông qua tính toán ổn định. Sơ bộ ban đầu có thể lấy theo bảng sau:

Loại đất	Chiều sâu nước trong kênh (m)		
	$h = 1$	$h > 1 \div 2$	$h > 2 \div 3$
1. Đá cuội liên kết vừa	1,00	1,00	1,00
2. Đá cuội sỏi lẫn cát	1,25	1,50	1,50
3. Đất sét	1,00	1,00	1,25
4. Đất sét pha	1,25	1,25	1,50
5. Đất cát pha	1,50	1,50	1,75
6. Đất cát	1,75	2,00	2,25

3) Bán kính cong R của tuyến kênh thường $\geq 5B_t$, trong đó B_t là chiều rộng mặt thoáng tại chỗ uốn cong. Khi cần giảm nhỏ hơn phải có luận chứng cụ thể nhưng trong mọi trường hợp phải thỏa mãn: $R \geq 2B_t$.

4) Về độ dốc dọc đáy kênh sơ bộ có thể tham khảo:

- + Kênh miền núi: $i = 1/2000$ đến $1/2500$
- + Kênh vùng trung du: $i = 1/3000$ đến $1/5000$
- + Kênh vùng đồng bằng: $i = 1/5000$ đến $1/15000$

5) Nếu gia cố bằng gạch xây hay đá xây, tùy theo chiều cao kênh, cần tuân theo Tiêu chuẩn kết cấu gạch đá và phải đảm bảo chiều dày không $< 0,22\text{m}$ đối với gạch xây và không $< 0,30\text{m}$ đối với đá xây. Với cả hai hình thức gia cố này đều phải có lớp vữa trát bên trong lòng kênh, còn đỉnh thành kênh và bên ngoài có thể trát hoặc không, tùy theo yêu cầu về mỹ thuật.

6) Nếu gia cố bằng bê tông đổ tại chỗ, chiều dày lớp gia cố (d) như sau:

- Chiều sâu nước trong kênh $h < 1\text{ m}$ $d = 8 \div 10\text{ cm}$
- Chiều sâu nước trong kênh $h = 1 \div 10\text{ m}$ $d = 10 \div 12\text{ cm}$
- Chiều sâu nước trong kênh $h > 2\text{ m}$ $d = 12 \div 15\text{ cm}$

7) Nếu gia cố bằng BTCT với thép có đường kính 6mm hoặc 8mm thì cấu tạo lưới thép được quy định là: $(15 \times 15)\text{ cm}$; $(20 \times 20)\text{ cm}$ hoặc $(25 \times 25)\text{ cm}$. Sau đó tính ổn định và độ bền để xác định chiều dày bê tông nhưng không được nhỏ hơn 10 cm.

8) Để đảm bảo chống lún không đều, đối với kênh có gia cố, thông thường tại những chỗ điều kiện địa chất thay đổi, bắt buộc phải bố trí khe lún, tại khe lún phải có vật chống thấm bằng PVC hay bao tải nhựa đường... Nếu điều kiện địa chất khá đồng nhất thì theo chiều dài cứ 3÷5 m phải bố trí một khe lún. Khe nhiệt độ (đối với kênh gia cố bằng bê tông, bê tông cốt thép), cứ 12÷16 m làm một khe.

9) Để tăng độ ổn định của thành kênh, đối với kênh mặt cắt chữ nhật, gia cố gạch xây, bê tông hoặc bê tông cốt thép, cần bố trí các thanh giằng (thanh chống) bằng BTCT, tiết diện thanh giằng có thể là: $(6 \times 8)\text{ cm}$, $(8 \times 10)\text{ cm}$, $(10 \times 12)\text{ cm}$ hay $(10 \times 15)\text{ cm}$ tùy theo độ lớn của tiết diện kênh. Khoảng cách giữa các thanh giằng thường là 4÷6 m.

3.3.3. Công trình và thiết bị trên kênh tưới

Trên toàn bộ hệ thống kênh tưới, cần bố trí một số công trình có chức năng riêng để đảm bảo sự liên tục và hiệu quả cho hệ thống kênh tưới. Chức năng của công trình và thiết bị trên kênh tưới là:

- Điều tiết lưu lượng sử dụng;
- Điều chỉnh mực nước tưới theo nhu cầu;
- Điều chỉnh tốc độ dòng chảy trong kênh và ở những bộ phận công trình tháo, đảm bảo chế độ chảy cần thiết;

- Chuyển nước vượt qua các chương ngại;
- Điều chỉnh chất lượng nước (độ đục của dòng chảy).

Với chức năng và đặc điểm của từng loại công trình, thiết bị có thể chia làm bốn nhóm công trình chính:

- Nhóm công trình vận chuyển nước;
- Nhóm công trình điều tiết nước;
- Nhóm công trình bảo vệ kênh tưới;
- Nhóm công trình đo lường.

1) Công trình vận chuyển nước

Trong quá trình vận chuyển nước đi qua các vùng địa hình phức tạp hoặc qua nơi có giao thông cắt với đường sá, khe lạch... cần phải có các công trình riêng chuyển nước đảm bảo quá trình vận chuyển nước không bị gián đoạn.

a) Cống luồn

Khi kênh đi qua các hệ thống đường giao thông khác, qua cầu, khe lạch... công trình được sử dụng chủ yếu là cống luồn. Đối với mỗi chương ngại vật có các dạng cống luồn hợp lý để bố trí.

Cống kín. Khi kênh cắt ngang qua đường bộ hoặc đường sắt. Cống kín được làm bằng bê tông cốt thép, có thể là dạng bê tông đúc sẵn hoặc có thể là dạng bê tông đúc tại chỗ tùy thuộc vào chiều dài của cống (hình 3.28). Tiết diện cống có dạng hình tròn hoặc hình chữ nhật được thiết kế dẫn đủ lưu lượng thiết kế trong kênh và các yêu cầu khác về mực nước trong kênh tưới, địa chất... Tính toán thủy lực cho cống kín phải xác định chế độ chảy của cống: cống chảy không áp (tính toán như qua kênh), cống chảy có áp, cống chảy bán áp:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gZ} \quad (3.66)$$

Trong đó:

$$\mu - \text{hệ số lưu lượng, } \mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}};$$

ξ_i - hệ số tổn thất qua cống;

ω - tiết diện cống;

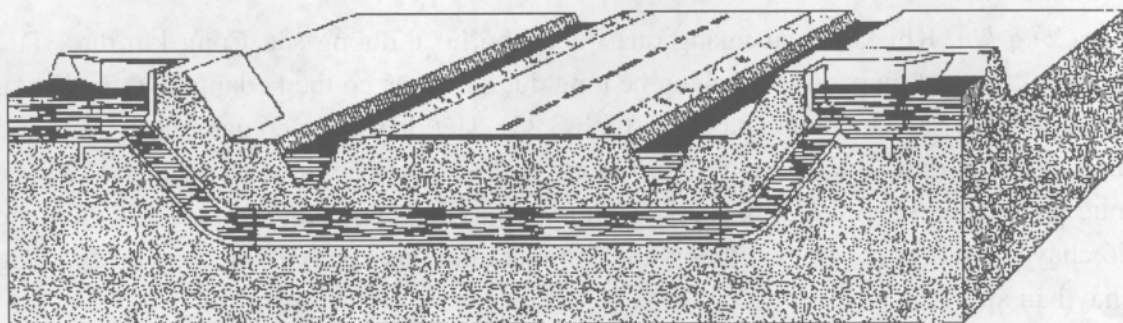
Z - khoảng chênh mực nước thượng hạ lưu (chảy có áp); khoảng chênh mực nước thượng lưu và trực của cống (chảy bán áp).

Cống hở. Sử dụng khi kênh đi qua cầu. Kết cấu cống và chế độ thủy lực của cống được tính toán như đối với đập tràn đỉnh rộng.



Hình 3.28: Cống qua đường

Siphon ngược. Khi kênh cắt ngang qua suối, lạch, kênh tiêu, hay kênh đi qua địa hình trũng và mực nước hai đầu kênh cao hơn mức nước vùng trũng, khi đó việc sử dụng cống dạng cống kín là không hợp lý mà hay sử dụng dạng siphon ngược như trong hình 3.29. Tính toán thủy lực siphon ngược sử dụng công thức như với cống kín (công thức 3.36) với lưu ý về tổn thất thủy lực dọc siphon. Về cấu tạo, nên bố trí tràn bên tại bể vào và ra để khống chế mực nước ổn định tại hai đầu siphon. Ngoài ra, khi trong nước có lẫn nhiều bùn cát thô, cần bố trí van xả cặn tại "rốn" siphon ngược.



Hình 3.29: Mặt cắt dọc siphon ngược

b) Cầu máng

Cầu máng thường được sử dụng khi vận chuyển nước dọc theo các sườn đồi có địa hình dốc hoặc đi trên các đường dẫn nước khác, hoặc kênh tiêu. Cầu máng cũng được sử dụng tại những nơi thiếu vật liệu thích hợp để đắp kênh. Có thể chia hai loại cầu máng sau:

Máng dẫn nước dọc sườn đồi. Dẫn nước dọc sườn đồi, mặt cắt của máng là hình chữ nhật được làm bằng bê tông (hình 3.30).

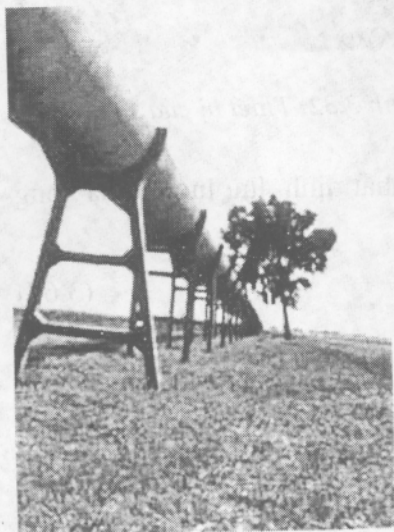
Máng cao. Máng có tiết diện hình bán nguyệt, được chống đỡ bởi hệ thống trụ chống bằng gỗ...

c) Dốc nước và bậc nước

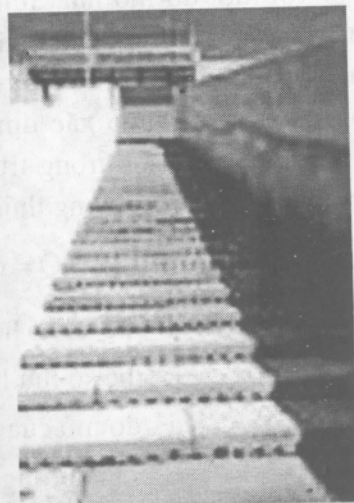
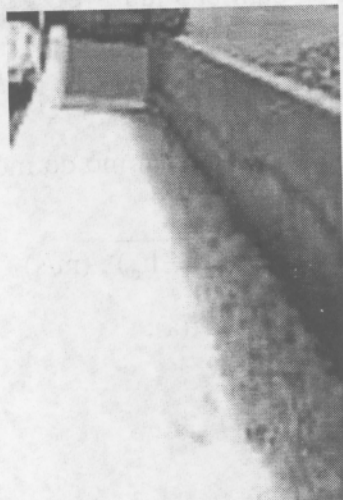
Công trình này được sử dụng khi cần chuyển nước từ cao trình cao xuống cao trình thấp. Công trình dẫn nước dạng này có thể chia thành hai loại:

Bậc nước. Thường được dùng ở những nơi có độ chênh địa hình $1 \div 5\text{m}$. Tiêu năng ngay trên thân dốc bằng các bậc nước.

Dốc nước (hình 3.31). Thường được dùng ở những nơi có độ chênh địa hình $>5\text{m}$. Có khả năng chuyển nước xa hơn và dốc hơn so với bậc nước. Tiêu năng tại chân dốc bằng hố tiêu năng.



Hình 3.30: Máng dẫn nước



Hình 3.31: Dốc nước và bậc nước

Việc thiết kế công trình bậc nước và dốc nước có thể tham khảo trong các tài liệu về công trình tháo.

d) Đường hầm

Khi kênh dẫn nước đi qua vùng có địa hình có đồi núi cao, dốc, phương án bố trí tuyến dẫn nước phải đi xuyên qua đồi núi.

2) Công trình điều tiết nước

Trong một hệ thống kênh tưới, nước cần được phân phối từ kênh chính tới các kênh nhánh theo nhu cầu tưới của từng khu tưới, do vậy cần phải có các công trình điều chỉnh và phân phối nước đúng theo yêu cầu.

a) Thiết bị điều khiển

Thiết bị điều khiển thường được đặt tại đầu hoặc ở khoảng giữa hệ thống kênh dẫn nước, nhiệm vụ của thiết bị là đóng mở một hệ thống kênh, điều chỉnh mực nước và lưu lượng nước theo yêu cầu nhất định. Với tính năng và nhiệm vụ như vậy có thể tách thiết bị điều khiển thành hai dạng kết cấu chính:

Cửa van. Cửa van sử dụng trong hệ thống kênh tưới (hình 3.32) chủ yếu là dạng cửa van phẳng được đóng mở bằng tay qua hệ thống vít vô tận. Kết cấu mặt cửa van được làm bằng nhiều loại vật liệu khác nhau: bê tông, gỗ, thép tùy thuộc quy mô, khả năng chịu áp lực của cửa van. Khi kênh dẫn không hoạt động cửa van được đóng lại, khi kênh hoạt động thì cửa van được mở ra hoàn toàn hoặc chỉ được mở với một độ mở nhất định để đảm bảo lưu lượng thiết kế cho kênh dẫn sau cửa van. Lưu lượng qua cửa van trong trường hợp cửa van mở hoàn toàn được xác định như đi qua đập tràn đỉnh rộng, còn trong trường hợp cửa van mở độ mở nhất định, lưu lượng qua công trình tính toán theo công thức:



Hình 3.32: Thiết bị cửa van

$$Q = \alpha \varphi a B \sqrt{2g(H_0 - h_c)} ; (m/s) \quad (3.67)$$

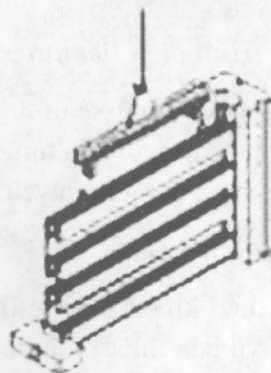
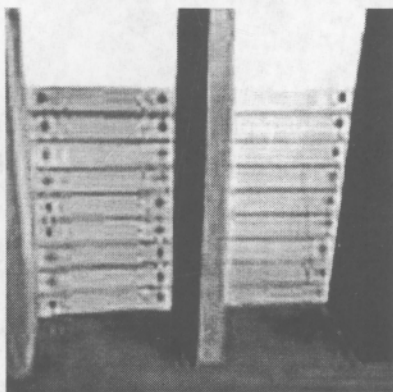
Trong đó: α - hệ số co hẹp đúng $\alpha = f(a)$;

φ - hệ số lưu lượng;

a - độ mở cửa van;

B - chiều rộng cống.

Phai. Phai (hình 3.33) cũng có những chức năng tương tự như cửa van. Kết cấu chính của phai là những tấm gỗ hoặc thép (có chiều rộng nhỏ hơn nhiều so với chiều dài) được ghép lại với nhau tạo thành một tấm chắn lớn như mặt cửa van. Chế độ thủy lực chảy qua phai khác so với cửa van, nếu dòng nước chảy qua dưới cửa van, thì đối với phai dòng nước chảy qua các tấm phai dưới. Trong một số trường hợp, phai được đặt tại những vị trí cần tạo cột nước cần thiết cho chế độ tự chảy của kênh hạ lưu. Lưu lượng qua phai được xác định như qua đập tràn thành mỏng.



Hình 3.33: Phai

b) Công trình tạo cột nước

Công trình tạo cột nước bao gồm các chức năng của hai công trình phai và bậc nước (hình 3.34). Công trình này được sử dụng khi cần chuyển nước từ một kênh thấp lên kênh cao hơn (độ chênh nhỏ < 1m) hoặc cần tạo cột nước đảm bảo chế độ tự chảy cho kênh hạ lưu. Công trình có dạng tường chắn nước và phía trên đỉnh tường được cất rỗng một ô hình chữ nhật như dạng máng tràn. Các tấm phai đặt trên máng tràn có thể lắp thêm hoặc lấy đi một hoặc một vài tấm để điều chỉnh lưu lượng và cột nước trong kênh. Kích thước máng tràn được xác định theo các điều kiện thủy lực qua công thức tính toán lưu lượng qua máng tràn:

$$Q = mB\sqrt{2g}H_0^{3/2} \quad (3.68)$$

Trong đó:

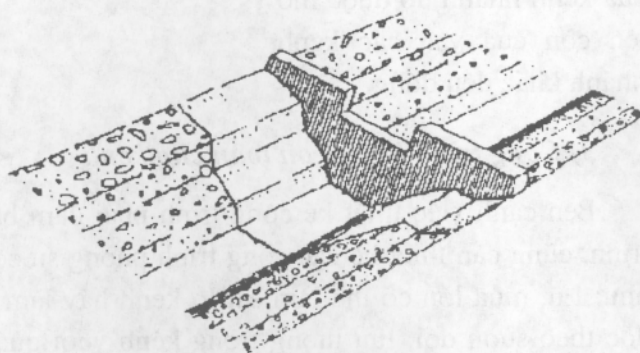
m - hệ số lưu lượng;

B - chiều rộng máng tràn;

$$H_0 = H + \frac{v^2}{2g};$$

v - vận tốc trong kênh thượng lưu khi tiến gần tới máng tràn;

H - cột nước tràn. Khoảng chênh từ mực nước trong kênh thượng lưu tới đáy máng tràn.



Hình 3.34: Công trình tạo cột nước

c) Cống lấy nước

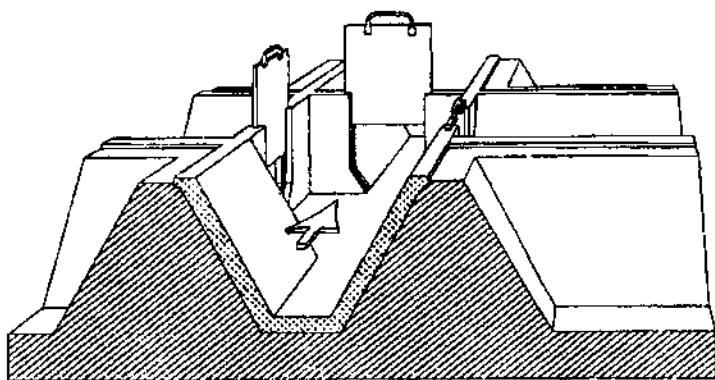
Cống lấy nước (hình 3.35) thường được đặt bên bờ kênh chính và đầu kênh nhánh có nhiệm vụ lấy nước từ kênh chính chuyển vào kênh nhánh. Cống lấy nước là tập hợp nhiều dạng kết cấu: tường hướng dòng, cửa van, ống dẫn nước và kết cấu tiêu năng phía sau công trình.



Hình 3.35: Cống lấy nước vào trạm bơm

d) Công trình chia nước

Công trình chia nước (hình 3.36) được đặt ngay sau cống lấy nước, làm nhiệm vụ chia nước cho các kênh nhánh. Nước được dẫn vào công trình bằng kênh chính và đầu mỗi kênh nhánh được bố trí các cửa van, khi cần dẫn nước vào kênh nhánh nào thì cửa van của kênh nhánh đó được mở lên còn cửa van các kênh nhánh khác đều đóng.



Hình 3.36: Công trình chia nước

3) Công trình bảo vệ an toàn cho kênh

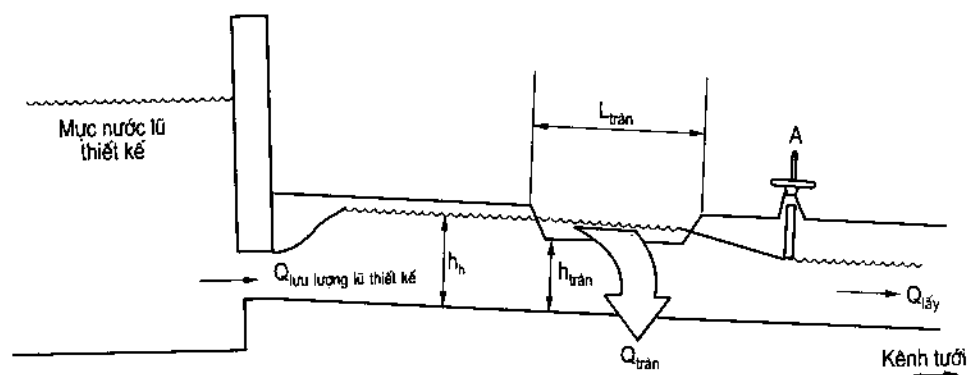
Bên cạnh việc thiết kế công trình phải đảm bảo tính ổn định và bền chắc của công trình, cũng cần thiết kế các công trình phòng sự cố khi có các tác động đột nhiên xảy ra như: Lũ, mưa lớn có thể làm sạt lở kênh hay làm sạt lở đất trên sườn đôi khi kênh dẫn dọc theo sườn đồi, lưu lượng trong kênh vượt quá cả lưu lượng lớn nhất trong kênh sẽ gây xói lở lòng kênh và bờ kênh (kênh đất). Dưới đây là một số dạng công trình bảo vệ an toàn cho kênh.



Hình 3.37: Tràn sự cố đầu kênh

a) Tràn sự cố

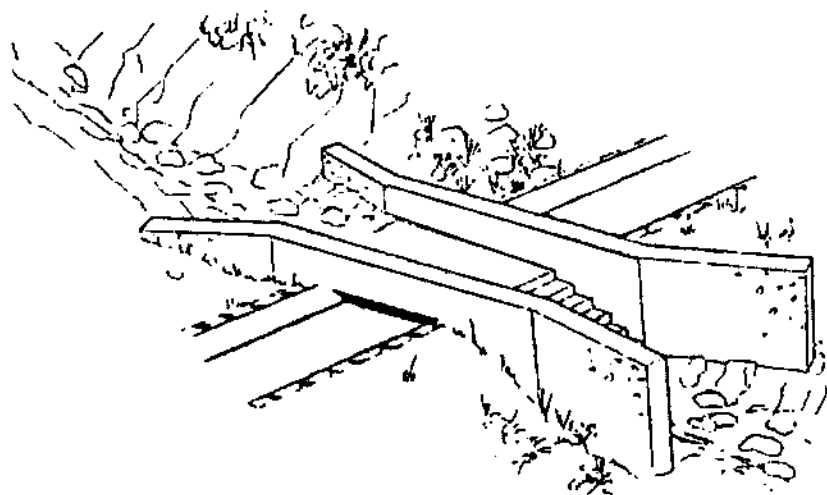
Tràn sự cố hay còn gọi là tràn bên đầu kênh (hình 3.37 và 3.38), được sử dụng để tháo nước khi lưu lượng nước trong kênh vượt quá giới hạn cho phép. Tràn sự cố thường được đặt bên bờ kênh hoặc cuối kênh, kết cấu công trình được thiết kế như dạng tràn thành mỏng hoặc tràn thực dụng, kích thước công trình được xác định đảm bảo tháo đủ lượng nước thừa thiết kế trong trường hợp chọn tần suất lũ thiết kế cho kênh.



Hình 3.38: Sơ đồ tràn sự cố đầu kênh

b) Công trình phòng sạt lở đất vào kênh

Khi tuyến kênh chạy dọc sườn đồi, cần phải thiết kế các công trình dẫn đất đá sạt xuống kênh. Để dẫn nước và đất đá từ sườn đồi xuống vào vị trí nhất định, người ta làm một rãnh đất trên sườn đồi (giống như tạo đường tụ thủy) và tại vị trí giao nhau giữa kênh và rãnh đất có thể thiết kế hai dạng kết cấu chạy trên (gọi là tràn băng - hình 3.39) hoặc chạy dưới (gọi là cống luồn) đường kênh dẫn nước.

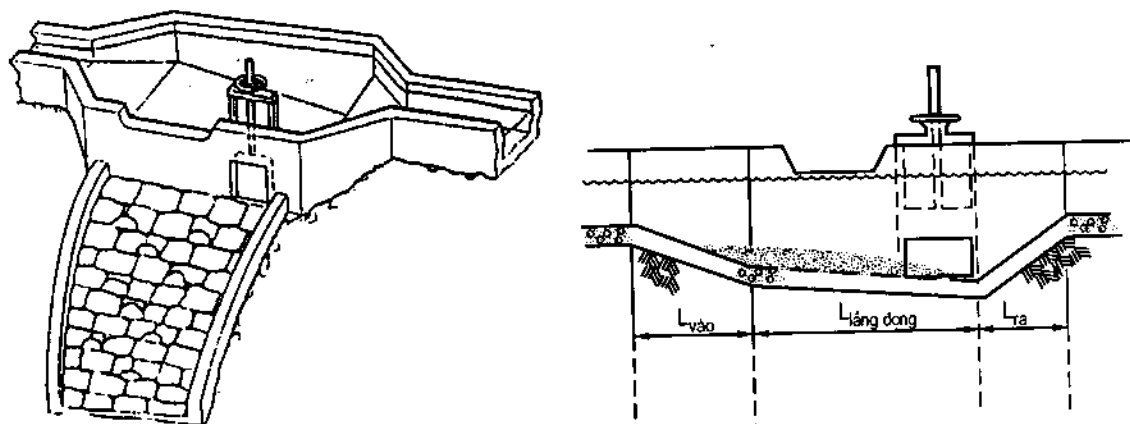


Hình 3.39: Công trình tràn băng phòng sạt lở đất vào kênh

c) Bể lắng cát

Nước được lấy từ nguồn nước dẫn vào kênh thường mang theo một hàm lượng bùn cát nào đó. Khi lượng bùn cát vượt quá yêu cầu cho phép sẽ làm ảnh hưởng tới dòng chảy trong kênh, ảnh hưởng tới chất lượng nước tưới cho cây trồng. Vì vậy, cần thiết kế công trình bể lắng cát (hình 3.40), công trình có thể được đặt riêng tại một vị trí thiết kế hoặc được đặt kết hợp với các công trình khác như: cống lấy nước, công trình chia nước.

Bể lắng cát được thiết kế với chiều rộng lớn hơn chiều rộng của kênh và cao trình đáy thấp hơn cao trình đáy của kênh để giảm vận tốc trong bể lắng cát, khi đó các hạt bùn cát mới có thể lắng xuống được.



Hình 3.40: Bể lắng cát

4) Công trình đo lường

Mục đích chính của công trình đo nước tưới là xác định hiệu quả của sự phân bố nước tưới bằng kênh. Qua các công trình đo, kỹ sư nông nghiệp và người nông dân có thể biết được lưu lượng tưới cho cây trồng trong cả đợt tưới.

Có hai dạng công trình đo lưu lượng tưới hay được sử dụng là: Tường tràn, máng Parshall. Chiều sâu nước được đo bằng các thước đo vạch chuẩn, sau đó tốc độ và lưu lượng dòng chảy được xác định bằng các công thức tính toán.

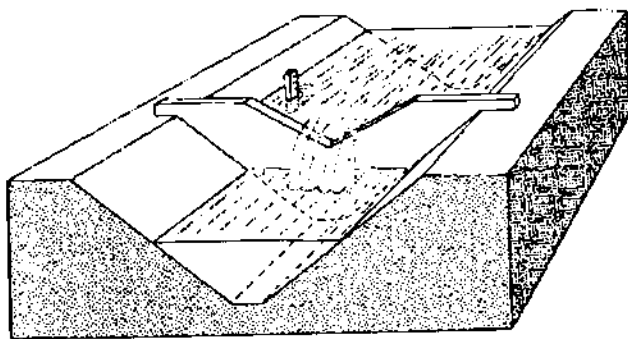
a) Tường tràn

Tường tràn là phương pháp đo đơn giản nhất, kết cấu của tường tràn có dạng tường được làm bằng gỗ, thép hoặc bê tông và phía trên tường được cắt các dạng mặt cắt tràn khác nhau tùy thuộc vào cách đo. Có ba dạng mặt cắt chính: mặt cắt tam giác (hình 3.41), mặt cắt hình thang (hình 3.42). Lưu lượng qua tường tràn được xác định như đối với đập tràn đỉnh rộng và tùy thuộc vào các dạng mặt cắt khác nhau.

Mặt cắt tam giác thành mỏng:

$$Q = 1,343H^{2,47} \quad (3.69)$$

Với: H - cột nước tràn tính từ mực nước thượng lưu tới đỉnh dưới tam giác. Giá trị cho chính xác khi $H = 0,06 \div 0,65\text{m}$.



Hình 3.41: Tường tràn mặt cắt tam giác

Mặt cắt hình thang:

$$Q = m(b + 0,8\text{tg}\alpha H)H\sqrt{2gH} \quad (3.70)$$

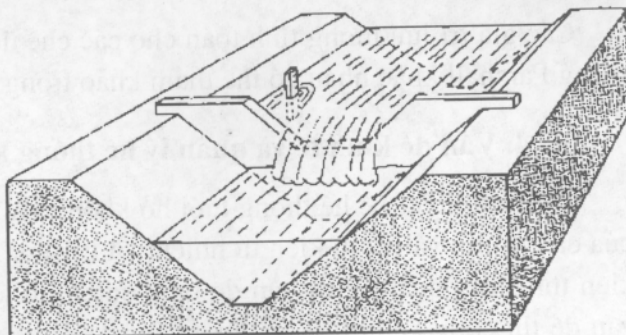
Trong đó:

H - cột nước tràn tính từ mực nước thượng lưu tới đáy hình thang;

m - hệ số lưu lượng, thường $m \approx 0,475 \div 0,510$;

b - chiều rộng đáy hình thang;

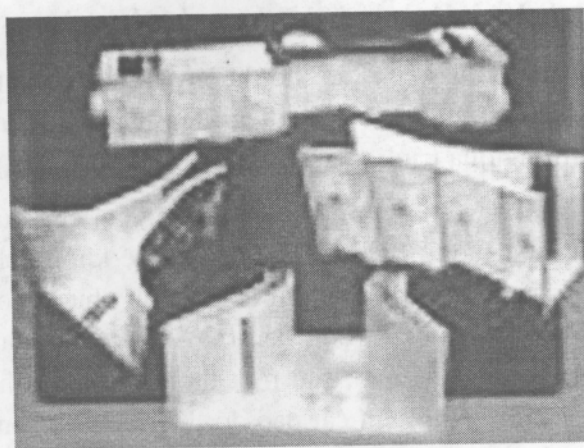
α - góc nghiêng của mép bên so với thành thẳng đứng.



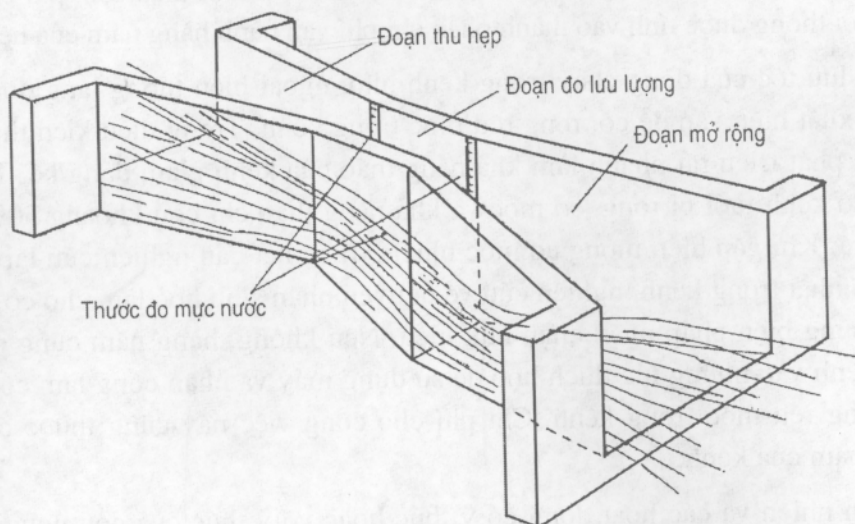
Hình 3.42: Tường tràn mặt cắt hình thang

Máng Parshall được công nhận là công trình đo nước chính xác và hiệu quả nhất, xác định được các thông số với các điều kiện khác nhau.

Máng Parshall có thể được xây dựng bằng bê tông, gỗ, kim loại mạ kẽm hoặc một số loại vật liệu khác. Máng Parshall chỉ nên đặt trên các tuyến kênh thẳng nơi mà dòng chảy đều và êm. Công trình không bao giờ được đặt tại các tuyến kênh cong hoặc thẳng góc với dòng chảy chính trong kênh như đặt trong cống lấy nước.



Hình 3.43: Máng Parshall



Hình 3.44: Kết cấu máng Parshall

Kết cấu máng Parshall chia làm ba đoạn chính (hình 3.43 và 3.44): đoạn dẫn vào (tập trung nước cho đoạn sau); đoạn hẹp (đoạn được đặt các vạch chuẩn để đo mực nước); đoạn dẫn ra.

Các giá trị lưu lượng tính toán cho các chế độ ngập và không ngập với chiều dài của máng Parshall khác nhau có thể tham khảo trong một số tài liệu khác.

3.3.4. Vấn đề kinh tế và quản lý hệ thống kênh tưới

Công tác thiết kế hệ thống tưới hở không những phụ thuộc chặt chẽ vào yêu cầu tưới của cây trồng, vào điều kiện tự nhiên, xã hội của khu vực, mà còn phụ thuộc cả vào điều kiện thi công, quản lý và vấn đề hiệu quả kinh tế của hệ thống. Phần trên đã đề cập tới vấn đề thi công kênh tưới, ở đây chúng ta sẽ quan tâm đến vấn đề quản lý khai thác và vấn đề kinh tế hệ thống kênh.

1) Vấn đề quản lý hệ thống kênh tưới

Hệ thống kênh tưới hở thường trải trên diện tích dài và rộng, chịu tác động trực tiếp và thường xuyên bởi các điều kiện tự nhiên cũng như các hoạt động của con người. Do đó, trong quá trình quản lý và khai thác cần lưu ý tới những vấn đề sau:

a) Dòng chảy trong kênh là dòng hai pha, tức là trong dòng chảy, ngoài nước còn có một hàm lượng bùn cát nhất định. Để khống chế lượng bùn cát, chúng ta đã có những giải pháp công trình và phi công trình như lựa chọn vị trí công trình lấy nước hợp lý để chỉ lấy phần nước trong bên trên, hoặc có những cống xả cát, bể lắng cát trên kênh,... Tuy vậy, dù thế nào, sau một thời gian khai thác vận hành, trong lòng kênh cũng tồn đọng một lượng bùn cát nào đó. Khi bùn cát tồn đọng, sẽ giảm khả năng tháo của kênh, cho nên cần có kế hoạch định kỳ nạo vét kênh mương. Công tác này thường định kỳ mỗi năm một lần hoặc 2 năm một lần với lực lượng lao động khá lớn, làm việc trong khoảng thời gian từ 10 ngày đến 20 ngày ứng với thời kỳ nhu cầu tưới thấp. Chi phí cho công tác nạo vét, khơi thông được tính vào thành phần chi phí vận hành hàng năm của hệ thống tưới.

b) Khi lưu tốc của dòng chảy trong kênh nhỏ, ngoài hiện tượng lắng đọng bùn cát, còn có thể xuất hiện vấn đề cỏ, rong rêu mọc trong kênh. Trong điều kiện thuận lợi, cỏ, rong rêu sẽ phát triển rất nhanh làm khả năng tháo của kênh giảm đáng kể. Thực tế cho thấy, một số kênh tưới bị rong, cỏ mọc và khả năng tháo chỉ còn khoảng 30% năng lực tháo thiết kế. Khi gặp hiện tượng cỏ mọc nhiều, trước hết cần nghiên cứu lại thiết kế về vận tốc nhỏ nhất trong kênh, nghiên cứu về nguyên nhân sinh học làm cho cỏ mọc, để từ đó đề ra những biện pháp ngăn chặn hữu hiệu. Nếu không, hàng năm cũng phải ngừng khai thác kênh vào những lúc thích hợp để sử dụng máy và nhân công làm công tác dọn sạch cỏ, rong rêu mọc trong kênh. Chi phí cho công việc này cũng thuộc chi phí vận hành hàng năm của kênh.

c) Thiên nhiên và các hoạt động có ý thức hoặc vô ý thức của con người cũng ảnh hưởng nhiều tới độ bền và kết cấu của kênh tưới. Dưới tác động của các tải trọng do gió,

mưa, nhiệt độ, độ ẩm, lún không đều, hoạt động kiến tạo, các hoạt động của con người, kết cấu lớp gia cố của kênh sẽ bị phá hoại theo thời gian hoặc bị phá hoại tức thời. Có lúc, có nơi, con người tự động phá hỏng kết cấu thành kênh để lấy nước phục vụ cho mục đích cá nhân của mình (thủy điện micro - thủy điện gia đình, lấy nước vào ao nuôi cá, vào ruộng mới khai hoang...) và làm cho điều kiện làm việc của kênh tưới bất bình thường. Trong những hoàn cảnh như vậy, cần có kinh phí và lao động để gia cố lại kết cấu kênh, hoặc là bịt những chỗ lấy nước tự do đó, đồng thời xử lý gia cố chống thấm và đảm bảo độ bền của thành kênh. Hoặc thì công thêm các cầu vượt kênh, tấm đan dân sinh bắc qua kênh... những chi phí này được tính vào chi phí sửa chữa định kỳ hoặc chi phí phát sinh trong quá trình khai thác hệ thống kênh tưới.

2) Vấn đề kinh tế hệ thống kênh tưới

Hệ thống kênh tưới thường là một hạng mục quan trọng trong hệ thống tưới. Do đó việc tính toán kinh tế kênh là một vấn đề không thể bỏ qua trong quá trình lập dự án cũng như thiết kế kênh.

Kinh tế kênh tưới liên quan đến một số vấn đề như: lựa chọn tuyến kênh, mặt cắt kênh, kết cấu gia cố kênh cũng như nguyên tắc, quan điểm và phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế. Dưới đây sẽ lần lượt đề cập tới những vấn đề đó.

a) Lựa chọn tuyến kênh là bước đầu tiên liên quan chặt chẽ tới chi phí xây dựng. Theo thông lệ, một số chỉ dẫn về lựa chọn tuyến kênh được đặt ra là:

- + Đối với khu vực miền núi và trung du, tuyến kênh thường bám theo đường đồng mức địa hình.

- + Đối với khu vực đồng bằng, tuyến kênh càng thẳng, càng ngắn và càng ít liên quan tới các công trình công cộng, nhà cửa ... càng tốt.

- + Tuyến kênh nên đặt trên vùng địa chất tốt, mức độ đồng nhất cao.

- + Cần đưa ra một vài phương án về tuyến kênh, sau đó tính toán, so sánh về kinh tế, kỹ thuật để có thể lựa chọn được tuyến hiệu quả nhất về kinh tế.

b) Mặt cắt kênh là vấn đề tiếp theo cần được quan tâm dưới góc độ kinh tế. Trong cơ học chất lỏng và thủy lực công trình, chúng ta đã biết khái niệm về "mặt cắt lợi nhất về thủy lực", dưới góc độ kinh tế trong thi công, chúng ta lại có khái niệm kinh tế khác là "cân bằng đào đắp", và cuối cùng là khái niệm kinh tế thuần túy là "tổng chi phí tính toán nhỏ nhất". Vậy, vấn đề được trao đổi ở đây là vận dụng các khái niệm trên trong thực tế thiết kế kênh tưới như thế nào là phù hợp nhất.

- + Về "mặt cắt lợi nhất về thủy lực", mặt cắt lợi nhất về thủy lực là mặt cắt của kênh có độ dốc dọc và diện tích ướt như nhau nhưng tháo được lưu lượng lớn nhất.

Đối với kênh có mặt cắt tiết diện chữ nhật (mặt cắt hình thang có hệ số mái dốc $m = 0$) thì tỷ số β_{ln} giữa chiều rộng đáy (b) và chiều sâu dòng chảy (h) là: $\beta_{ln} = 2,00$.

Đối với kênh có mặt cắt hình thang, tỷ số β_{ln} phụ thuộc vào mái dốc m của kênh. Một số giá trị tương ứng với m như sau:

$m = 0,75$	$\beta_{ln} = 1,000$
$m = 1,00$	$\beta_{ln} = 0,828$
$m = 1,50$	$\beta_{ln} = 0,606$
$m = 2,00$	$\beta_{ln} = 0,472$
$m = 2,50$	$\beta_{ln} = 0,385$
$m = 3,00$	$\beta_{ln} = 0,325$

Như vậy, giá trị β_{ln} trên đây mâu thuẫn với những lời chỉ dẫn trong phần thiết kế kênh là tỷ số này nằm trong khoảng từ 1 đến 5. Một điều rõ ràng là cùng một lưu lượng thiết kế thì mặt cắt lợi nhất về thủy lực sẽ cho diện tích ướt của tiết diện là nhỏ nhất, cho nên với kênh đào (không đắp hoặc đắp ít) thì sẽ cho khối lượng đào là nhỏ nhất.

Tuy nhiên mặt cắt lợi nhất về thủy lực không phù hợp với kênh tưới bởi vì mực nước trong kênh, nói chung phải cao hơn mặt đất tự nhiên của khu tưới, do đó thường là kênh có phần nổi trên mặt đất, hay nói cách khác có phần đất đắp.

Nói tóm lại, mặt cắt lợi nhất về thủy lực đồng thời là mặt cắt kinh tế khi kênh tải lưu lượng lớn, kênh có mặt cắt hình thang và kênh đào hoàn toàn. Đối với kênh tưới thông thường khái niệm mặt cắt lợi nhất về thủy lực không đồng nghĩa với khái niệm mặt cắt kinh tế.

+ Về "cân bằng đào đắp", đối với kênh tưới khái niệm này gần gũi với khái niệm mặt cắt kinh tế hơn. Hệ thống kênh tưới thường dài, khối lượng đào, xúc, vận chuyển đất đào khá lớn, do đó nếu cân bằng được lượng đất đào với đất đắp đối với từng mặt cắt sẽ tiết kiệm được chi phí xúc chuyển và sẽ giảm được chi phí xây dựng kênh. Trong trường hợp không cân bằng hoàn toàn thì giảm tối thiểu lượng đất vận chuyển (đi hoặc đến) cũng có ý nghĩa kinh tế đáng kể.

Về điều kiện thi công, phương pháp thi công, công nghệ thi công cơ giới hiện đại cũng mang ý nghĩa kinh tế đáng kể để giảm chi phí xây dựng kênh tưới. Về nguyên tắc, cố gắng tăng tỷ lệ thi công cơ giới và giảm tỷ lệ thi công thủ công. Nhưng cần hết sức lưu ý rằng, với kênh tưới, đặc biệt đối với kênh quy mô nhỏ, bao giờ cũng yêu cầu một tỷ lệ thi công thủ công nào đó.

+ Cuối cùng mặt cắt kinh tế thực sự là mặt cắt cho "tổng chi phí tính toán năm là nhỏ nhất", điều này đúng không chỉ với mặt cắt kênh mà còn đối với các bài toán kinh tế nói chung. Đối với hệ thống kênh tưới, được coi là một hạng mục của dự án thì khi lựa chọn mặt cắt kinh tế, khái niệm "tổng chi phí tính toán năm" gần đồng nghĩa với khái niệm "tổng đầu tư" xây dựng. Vì lúc này chúng ta chưa xét đến chi phí vận hành hàng năm, lại không có thu nhập hay tiết kiệm riêng khi thay đổi phương án mặt cắt kênh.

c) Về kết cấu và vật liệu gia cố kênh. Chúng ta đã biết có khá nhiều dạng và vật liệu gia cố kênh tưới, đó là gia cố bằng bê tông, bê tông cốt thép, gạch xây, đá xây. Khi tuyến kênh và hình dạng tiết diện kênh đã xác định thì kết cấu gia cố kênh ảnh hưởng quyết định tới giá thành xây dựng kênh. Để khẳng định giải pháp gia cố nào là kinh tế nhất, cần phải thông qua tính toán khối lượng, đơn giá và dự toán cho kênh, không thể có quy tắc chung nào để nhận biết được ngay về loại và hình thức gia cố kinh tế. Tuy nhiên để có hướng trong việc lựa chọn hình thức gia cố, có thể tham khảo một số gợi ý dưới đây:

+ Gia cố kênh bằng bê tông cốt thép (BTCT) phù hợp với tất cả các loại kênh tưới về quy mô, điều kiện địa hình, địa chất,... Suất đầu tư xây dựng cho $1m^3$ BTCT bao giờ cũng cao hơn. Nhưng khối lượng BTCT bao giờ cũng thấp hơn khối lượng gạch hay đá xây. Chi phí duy tu bảo dưỡng bao giờ cũng nhỏ hơn, tuổi thọ cao hơn, tổn thất thủy lực và tổn thất lưu lượng bao giờ cũng thấp hơn. Diện tích chiếm đất nhỏ hơn (thành kênh chỉ $> 10cm$). Khó có thể tận dụng thành kênh làm lối đi lại. Có tính mỹ thuật cao hơn.

+ Gia cố bằng gạch xây và đá xây hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu về gia cố nếu mạch xây đầy và lớp vữa trát đảm bảo. Chỉ phù hợp với kênh có quy mô nhỏ đến vừa, chiều cao kênh không lớn. Suất đầu tư thấp hơn gia cố bằng bê tông hay BTCT, tuổi thọ ngắn hơn, chi phí duy tu bảo dưỡng cao hơn, tổn thất thủy lực và tổn thất lưu lượng lớn hơn. Dễ nứt, đứt gãy hơn. Diện tích chiếm đất lớn hơn, có thể tận dụng thành kênh để đi lại.

d) Để đánh giá hiệu quả kinh tế hệ thống kênh tưới người ta thường sử dụng phương pháp so sánh và phân tích các phương án. Các phương án này đều đã đảm bảo và khả thi về kỹ thuật, còn vấn đề tuyến nào, mặt cắt ra sao, gia cố kiểu gì... thì phải thông qua tính toán kinh tế kênh. Tính toán kinh tế kênh tưới sẽ đơn giản hơn nhiều so với phân tích hiệu quả dự án. Các yếu tố sau đây cần được xác định:

+ Tính dự toán cho mỗi phương án (tính khối lượng, đơn giá, thành tiền, chi phí xây dựng cơ bản khác,...).

+ Tính chi phí khai thác vận hành hàng năm, chi phí duy tu bảo dưỡng hàng năm cho mỗi phương án.

+ Xác định tuổi thọ mỗi phương án (gia cố bằng bê tông hoặc BTCT có tuổi thọ: 20 đến 25 năm, gia cố bằng gạch hoặc đá xây có tuổi thọ 15 đến 20 năm).

+ Chọn khung thời gian tính kinh tế (n : số năm tính toán), sau đó tính giá trị (chi phí) quy về hiện tại (PV) của mỗi phương án theo công thức:

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + r)^t} \quad (3.71)$$

Trong đó:

PV - giá trị quy về hiện tại (đồng);

t - năm tính toán thứ t;

n - tổng số năm tính toán;

C_t - chi phí của năm thứ t ;

r - hệ số chiết khấu, có thể lấy bằng 10%.

+ Phương án kinh tế nhất là phương án có giá trị PV nhỏ nhất trong các phương án so sánh.

3.4. MẠNG LƯỚI DẪN NƯỚC TƯỚI BẰNG ĐƯỜNG ỐNG CÓ ÁP

Ngoài việc vận chuyển nước bằng hệ thống kênh người ta còn sử dụng hệ thống đường ống. Hệ thống đường ống thường được sử dụng để chuyển nước qua các địa hình biến đổi phức tạp, khi tưới phun, tưới nhỏ giọt và tưới ngầm. Vật liệu được sử dụng làm ống thường là thép, gang, kẽm, ống nhựa PVC...

Có hai kiểu bố trí hệ thống ống cấp nước:

- Kiểu phân nhánh;
- Kiểu mạng khép kín.

Kiểu ống phân nhánh

Hệ thống ống được tính như nhiều đoạn ống đơn giản nối tiếp nhau, mỗi đoạn có một trị số lưu lượng Q , đường kính d và chiều dài l . Kiểu phân nhánh thường được sử dụng để vận chuyển nước. Nếu dòng chảy trong đường ống có mặt thoáng, có nghĩa là chảy không áp, lúc đó việc tính toán thủy lực tương tự như với kênh hở nhưng với mặt cắt hình tròn hoặc một phần hình tròn.

Kiểu ống mạng khép kín

Kiểu ống mạng khép kín là đặc thù của các tuyến ống phục vụ cấp nước sinh hoạt đô thị hoặc đường ống vận chuyển xăng dầu. Tuy nhiên kiểu ống khép kín cũng được áp dụng trong tưới tiêu khi hệ thống tưới lớn và sử dụng các kỹ thuật tưới hiện đại như tưới phun mưa, tưới ngầm,... Việc tính toán thủy lực mạng ống phức tạp sẽ được nghiên cứu ở các phần dưới đây. Tuy kết cấu và tính toán mạng lưới ống có phức tạp, nhưng trong thực tế mạng khép kín nhiều vòng lại có độ an toàn cấp nước rất cao, cho nên kiểu này cũng thường được sử dụng trong thực tế.

Mạng lưới đường ống có áp phục vụ tưới tiêu thường được bố trí kết hợp giữa chôn ngầm dưới đất và đặt hở trên mặt đất, trên các khung, trụ hay giá đỡ.

3.4.1. Các loại ống thường dùng trong cấp nước tưới

Trong lĩnh vực xây dựng, có nhiều loại ống được sử dụng. Về mặt vật liệu xây dựng, có các loại ống như:

- + Ống gang;
- + Ống thép;

- + Ống kẽm;
- + Ống xi măng lưới thép;
- + Ống bê tông cốt thép;
- + Ống sành;
- + Ống chất dẻo.

a) Ống gang

Gang làm ống chia thành 2 loại là gang dòn (gang xám) và gang dẻo. Ống gang dòn có đường kính biến đổi từ 80 mm đến 700 mm, còn ống gang dẻo có đường kính lớn hơn, từ 800 mm đến 1200 mm.

Với ống gang, áp lực có thể chịu được thay đổi phụ thuộc vào đường kính ống, đường kính nhỏ hơn 300 mm, áp lực đến 40 bar, khi đường kính trong khoảng 350÷ 600mm chịu áp lực khoảng 25bar, khi đường kính tăng lên đến 700÷1200 mm, áp lực còn 16bar.

Ống gang được sử dụng rộng rãi trong xây dựng, cấp thoát nước và tưới tiêu. Ống gang có thể được đặt hở hoặc chôn dưới đất, có thể chịu đựng được các biến đổi khắc khe của điều kiện môi trường. Giá thành ống gang thấp hơn các loại ống khác như ống thép, ống kẽm hay ống BTCT.

b) Ống thép

Ống thép có thể là thép đúc trong nhà máy, hoặc ống thép cuốn hay thép hàn, với đường kính thay đổi từ 50 ÷ 1800 mm còn chiều dày thành ống từ 2,5 ÷ 20 mm. Ống thép có thể chịu được mọi loại áp lực, tùy theo độ dày của thành ống. Ngoài khả năng chịu đựng được sự biến động của điều kiện thiên nhiên, ống thép có ưu việt cơ bản so với các loại ống khác là có độ bền cao, độ dẻo, dễ chế tạo, dễ uốn, cắt ngắn hay nối dài.

Tuy giá thành cao hơn các loại ống khác nhưng do ưu điểm nổi trội nêu trên mà ống thép được sử dụng rộng rãi nhất trong mọi lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân, trong đó có lĩnh vực nông nghiệp và thủy lợi.

c) Ống kẽm

Ống kẽm có đường kính lên đến 700 mm, có độ cứng và độ dẻo tốt, nhưng do điều kiện chịu lực không được như ống gang và ống thép, cho nên ống kẽm được sử dụng rộng rãi nhất trong lĩnh vực cấp nước sinh hoạt mà ít được sử dụng hơn trong các lĩnh vực khác.

d) Ống xi măng lưới thép

Ống xi măng lưới thép sử dụng hỗn hợp vật liệu asbentos và xi măng Portland với xương là lưới thép đường kính nhỏ. Ống xi măng lưới thép có đường kính lớn nhất lên đến 900 mm và có phạm vi chịu áp lực từ 90 đến 122 m cột nước.

Loại ống này thích hợp với hệ thống tiêu thoát nước là chính, không phù hợp với các lĩnh vực khác bởi tính linh hoạt và khả năng chống thấm tại các khớp nối.

e) Ống bê tông cốt thép

Ống BTCT có đường kính tới 2 m hoặc 3 m, có thể với cốt thép thường hoặc cốt thép ứng lực trước, ống BTCT ứng lực trước có đường kính từ 635 ÷ 1800 mm. Loại ống này có thể chịu được áp suất lên đến 120 m cột nước.

Ống BTCT mặc dù có thể chịu được áp suất khá lớn nhưng do tại các mối nối rất khó chống thấm và đảm bảo áp lực, cho nên loại ống này thường chỉ phù hợp với chế độ chảy không áp, thường được làm cống qua đường, cống lấy nước quy mô nhỏ trong giao thông và thủy lợi.

g) Ống sành

Ống sành có đường kính nhỏ, khoảng 10 ÷ 25 cm, được làm từ đất sét, nung với nhiệt độ cao, tạo thành từng đoạn ống ngắn từ 30 cm ÷ 50 cm. Do chịu được điều kiện thiên nhiên khắc nghiệt nên ống sành thường được sử dụng với điều kiện chịu ăn mòn hóa học, chịu axit, kiềm,... và chôn dưới đất. Loại ống này rất thích hợp với phương thức tưới tiêu ngầm phục vụ nông nghiệp.

h) Ống chất dẻo

Ống bằng chất dẻo (PVC) có đường kính lên đến 600 mm và chiều dài khoảng 9m. Độ bền và độ cứng của loại ống này thấp nên thường được sử dụng trong lĩnh vực thoát nước sinh hoạt hoặc lĩnh vực thông tin liên lạc (làm vỏ bọc cho các dây dẫn chạy bên trong) mà ít được sử dụng làm việc trong điều kiện chịu áp lực cao. Loại ống này còn dễ bị lão hóa và kém chịu đựng khi điều kiện môi trường khắc nghiệt, do đó nó ít được sử dụng trong công nghiệp, thủy lợi và nông nghiệp.

3.4.2. Tính toán thủy lực mạng ống

Nguyên tắc thiết kế mạng là:

Tại mỗi nút tổng lưu lượng đến bằng tổng lưu lượng đi;

Tại mỗi nút, cột nước áp lực $H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g}$ là chung cho các đầu ống.

Đối với các ống liên tục (nối tiếp) từ đoạn ống A đến đoạn ống thứ N, hệ phương trình liên tục và năng lượng là:

$$\begin{aligned} Q &= Q_A = Q_B = \dots = Q_N \\ H &= H_A + H_B + \dots + H_N \end{aligned} \quad (3.72)$$

Để giúp người thiết kế trong công việc thiết kế mạng lưới ống cung cấp nước tưới, trên thế giới đã có một số phần mềm tính toán như: LOOF, INPANET, MYBASIN...

3.4.3. Công trình và thiết bị dọc tuyến ống

Để hệ thống đường ống tưới - tiêu hoạt động bình thường, dọc theo tuyến ống phải có những công trình và thiết bị hỗ trợ, đo lường, kiểm tra và an toàn.

a) Công trình dọc tuyến ống

(1) Trần bên tại bể áp lực đầu tuyến ống:

Tương tự như với hệ thống kênh tưới, trần bên đầu mạng lưới phân phối là cần thiết để khống chế mực nước hay áp lực tại đầu tuyến. Kết cấu cũng như tính toán thủy lực công trình trần bên tại bể áp lực hay bể phân phối đầu tuyến ống tương tự như đối với hệ thống kênh tưới hở.

(2) Hộp lắng đọng, kiểm tra và van xả cặn:

Đối với tuyến ống không áp hoặc bán áp, cứ cách khoảng 100m đến 200m, người ta lại bố trí một hộp lắng đọng và kiểm tra. Nhiệm vụ của hộp này là để bùn cát trong dòng chảy lắng đọng lại và công nhân có thể mở nắp hộp để xuống nạo vét cũng như kiểm tra. Dòng chảy trong ống có thể là không áp hoặc có áp, nhưng tại hộp kiểm tra luôn có mặt thoáng và có nắp đậy. Hộp kiểm tra dọc tuyến ống cấp nước tưới có kết cấu tương tự như đối với hộp kiểm tra và lắng đọng của hệ thống tiêu thoát nước nhưng kích thước nhỏ hơn, tuy vậy, do yêu cầu kiểm tra và nạo vét, hộp này cần đảm bảo kích thước tối thiểu để phục vụ công tác nạo vét thủ công.

Đối với đường ống tưới có áp, tại những vị trí trùng dọc tuyến ống, đặc biệt tại các xi phông ngược, người ta thường bố trí van xả cặn để có thể định kỳ mở van, xả bỏ bùn cát tích tụ trong quá trình vận hành. Khi mở khóa van, nước trong ống sẽ chảy ra ngoài, xả theo bùn, cặn lắng đọng trước đó.

(3) Tháp điều hòa áp lực và lưu lượng:

Khi tuyến ống dài (hàng nghìn m), vượt qua những dạng địa hình phức tạp, độ dốc thay đổi đột ngột, làm cho đường đo áp dọc tuyến ống cũng bị thay đổi đột ngột theo, trước khi chuyển sang phần có địa hình đơn giản, ít biến động (thường là tại đầu khu tưới), chúng ta có thể thiết kế tháp điều hoà áp lực đồng thời điều hoà cả lưu lượng cấp cho đoạn ống sau đó.

Mực nước cao nhất trong tháp được khống chế bởi ngưỡng trần bên, do đó cột nước áp lực tại đầu ống ở thấp gần như không đổi, khi mực nước trong tháp giảm quá mức, lưu lượng và vận tốc trong ống giảm theo làm cho mực nước trong tháp lại tăng dần lên. Chính do cơ chế hoạt động này cho nên công trình này có nhiệm vụ cân bằng và điều hoà áp lực đầu ống.

b) Thiết bị trên tuyến ống

(1) Van, khoá: Van, khoá được bố trí dọc tuyến ống với nhiệm vụ điều chỉnh lưu lượng phục vụ vận hành hoặc đóng hẳn phục vụ công tác duy tu sửa chữa, thay thế

đường ống. Van thường được bố trí tại những nơi tuyến ống phân nhánh, ở những nút như vậy, thường có cả van trên tuyến ống chính và các van trên các tuyến ống nhánh. Van trên đường ống có thể thuộc kiểu van phẳng, van bướm, van cầu. Với những đường ống có đường kính nhỏ (dưới 300mm), các khóa, van này thường được chế tạo trước và có sẵn trên thị trường.

(2) Đồng hồ đo lưu lượng: Đồng hồ đo lưu lượng được bố trí tại các đầu mối phân chia của tuyến ống. Nhiệm vụ của đồng hồ là đo vận tốc và lưu lượng của dòng chảy qua ống nhằm xác định lượng nước cấp trong một khoảng thời gian nào đó, phục vụ công tác quản lý vận hành hệ thống tưới. Các đồng hồ đo lưu lượng cũng được các hãng chế tạo sẵn để cung cấp cho khách hàng.

(3) Đồng hồ đo áp lực: Đồng hồ đo áp lực thường được bố trí tại đầu mỗi bơm, phía ống hút và ống đẩy, cũng có khi nó được bố trí ở trước và sau bơm tăng áp dọc tuyến ống để khẳng định áp lực nước thực tế trong ống tại vị trí đó. Các đồng hồ đo áp cũng được chế tạo sẵn và có mặt trên thị trường.

(4) Các chi tiết phục vụ lắp ráp ống: Có nhiều loại chi tiết như để phục vụ lắp ráp ống sao cho phù hợp với địa hình, nhiệm vụ cấp nước và đảm bảo độ kín nước. Thông dụng nhất là các chi tiết như: bích, gioăng đệm, cút các loại, côn các loại, T,...

3.5. THÍ DỤ VỀ XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ TUỚI THEO TỔNG LƯỢNG TUỚI

Công trình hồ chứa nước phòng lũ (dung tích 3.10^6 m^3) được xây dựng để cung cấp nước cho các loại cây trồng và vật nuôi trong vùng. Dựa vào tình hình sản xuất và khả năng phát triển của địa phương, đã đưa ra hai phương án phát triển sản xuất:

Phương án 1:

Trồng 2 vụ lúa ăn chắc trên diện tích 440 ha;

Trồng 1 vụ dưa hấu trên diện tích 390 ha;

Trồng 1 vụ ngô đông trên diện tích 120 ha;

Trồng cây màu ngắn ngày và rau đậu trên diện tích 120 ha;

Phát triển đàn gia súc, phát triển du lịch và bảo vệ môi trường sinh thái;

Phương án 2:

Trồng 1 vụ lúa ăn chắc trên diện tích 510 ha;

Trồng 1 vụ dưa hấu trên diện tích 390 ha;

Trồng 1 vụ ngô đông trên diện tích 120 ha;

Trồng cây màu ngắn ngày và rau đậu trên diện tích 120 ha;

Phát triển đàn gia súc, phát triển du lịch và bảo vệ môi trường sinh thái;

Từ hai phương án phát triển sản xuất trên đây và dựa vào quỹ đất hiện có, nếu đảm bảo được về chủ động tưới tiêu, lịch gieo trồng các vụ được phân bổ trong năm dương lịch như sau:

**Bảng 3.10: Thời vụ gieo trồng và thu hoạch của các loại cây trồng
theo phương án phát triển sản xuất**

Phương án 1		Phương án 2	
Vụ cây trồng	Thời vụ	Vụ cây trồng	Thời vụ
1. Vụ lúa chiêm - xuân	Từ tháng 1 đến hết tháng 5	1. Vụ dưa hấu	Từ tháng 1 đến hết tháng 5
2. Vụ lúa mùa	Từ tháng 1 đến hết tháng 5	2. Vụ lúa mùa	Từ tháng 1 đến hết tháng 5
3. Vụ ngô đông	Từ tháng 10 đến hết tháng 12	3. Vụ ngô đông	Từ tháng 10 đến hết tháng 12
4. Rau đậu khác	Từ tháng 10 đến hết tháng 12	4. Rau đậu khác	Từ tháng 10 đến hết tháng 12
5. Gia súc và bảo vệ MT	Quanh năm	5. Gia súc và bảo vệ MT	Quanh năm

Mức tiêu thụ nước theo thời vụ của cây trồng (theo Quy trình tưới tiêu nước cho lúa và một số cây trồng cạn ở miền Bắc: QT-NN.TL - 9 - 78) cùng tài liệu điều tra thực tế về mức tiêu thụ nước của cây dưa hấu và gia súc được ước tính trong bảng 3.11.

Bảng 3.11: Mức tiêu thụ nước của các loại cây trồng

Loại cây trồng và vật nuôi	Định lượng nước tưới (m ³ /lần/ha)	Số lần tưới (lần)	Chu kỳ tưới (ngày)	Tổng lượng nước tưới (m ³ /ha/vụ)
1. Lúa chiêm	400	8 - 9	5 - 8	3500 - 4000
2. Lúa mùa	400	12 - 14	5 - 8	5000 - 5500
3. Ngô đông	350 - 450	3 - 4	15 - 18	2000 - 2500
4. Dưa hấu	20,25	2 lần/ngày	1/2 ngày	4000 - 5000
5. Rau đậu	400	6 lần/vụ	15 ngày	2400 - 2500
6. Trâu, bò, dê	0,100m ³ /con/ngày			36 m ³ /con/năm

Từ yêu cầu nước của cây trồng và vật nuôi cho trong bảng 3.11, có thể xác định nhu cầu dùng nước tại mặt ruộng cho hai phương án phát triển sản xuất. Đầu tiên tính toán lượng nước cần tưới từng tháng cho cây lúa chiêm (440 ha) theo phương án 1:

Theo bảng 3.11 yêu cầu nước của cây lúa chiêm trong cả vụ là 3500 m³/ha/vụ.

Một vụ của cây lúa chiêm là 5 tháng, nhưng trong đó tháng 5 là tháng thu hoạch không cần dùng nước, vậy chỉ còn 4 tháng cần nước.

Bước đầu tiên xác định lượng nước trung bình tháng của 4 tháng mùa vụ:

$$V_{tb} = 3500 \times 440 \times \frac{1}{4} = 385.10^3; (m^3)$$

Nhưng trong tháng đầu tiên (tháng 1) là tháng gieo cấy nên chỉ cần một nửa lượng nước trung bình trong tháng:

$$V_{T1} = 385 \times \frac{1}{2} = 192,5.10^3; (m^3)$$

Một nửa lượng nước còn lại được bổ sung đều cho hai tháng tiếp theo (tháng 2 và tháng 3):

$$V_{T2} = V_{T3} = 385 + \frac{192,5}{2} = 481,3.10^3; (m^3)$$

Tháng còn lại nhận lượng nước trung bình của tháng:

$$V_{T4} = 385.10^3; (m^3)$$

Các loại cây trồng khác trong cả hai phương án PTSX được tính toán tương tự và được cho trong bảng 3.12 (cho Phương án 1) và 3.13 (cho Phương án 2). Riêng đối với gia súc nhu cầu nước trong tháng là nhu cầu nước trung bình tháng trong cả năm.

**Bảng 3.12: Nhu cầu cấp nước tưới tại ruộng
khi chưa tính đến mưa trên mặt ruộng**

Phương án 1

(đơn vị: nghìn m³)

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cả năm
Lúa chiêm (440 ha)	192,5	481,3	481,3	385	0	0	0	0	0	0	0	0	1540
Lúa mùa (440 ha)	0	0	0	0	0	367	917	917	0	0	0	0	2200
Ngô đông (120 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	100	100	240
Rau đậu (170 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	120	120	288
Gia súc (2000 con)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
Cộng	199	487	487	391	6	373	923	923	6	94	226	226	4340

Bảng 3.13: Nhu cầu cấp nước tưới tại ruộng khi chưa tính đến mưa trên mặt ruộng*Phương án 2**(đơn vị: nghìn m³)*

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cả năm
Dưa hấu (390 ha)	390	390	390	390	0	0	0	0	0	0	0	0	1560
Lúa mùa (510 ha)	0	0	0	0	0	425	1063	1063	0	0	0	0	2550
Ngô đông (120 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	100	100	240
Rau đậu (170 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	120	120	288
Gia súc (2000 con)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
Cộng	396	396	396	396	6	431	1069	1069	6	94	226	226	4710

Số liệu trong bảng 3.12 và 3.13 chưa kể đến mưa rơi trực tiếp trên mặt ruộng. Để tính toán gần đúng hơn nhu cầu nước khi kể đến lượng mưa tưới trực tiếp lên ruộng, tạm giả thiết như sau:

Trong mùa mưa (từ tháng 5 đến hết tháng 10) tính 80% lượng mưa bổ sung cho tưới;

Trong mùa khô (từ tháng 11 đến hết tháng 4) tính 50% lượng mưa bổ sung cho tưới;

Lượng mưa hiệu quả trên mặt ruộng như trong bảng 3.14.

Bảng 3.14: Lượng mưa hiệu quả trên mặt ruộng*(đơn vị: nghìn m³)*

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cả năm
Lượng mưa 75% (mm)	27,9	25,4	50,6	86,3	212,7	267,1	300	304	314	195	71,4	21	1866
510 ha	71	65	129	220	868	1090	1224	1240	1281	796	182	54	7219
440 ha	61	56	111	190	749	940	1056	1070	1105	686	157	46	6228
390 ha	54	50	99	168	664	833	936	948	980	608	139	41	5521
120 ha	17	15	30	52	204	256	288	292	301	187	43	13	1699

Kết hợp với bảng 3.14, nhu cầu thực tế tại ruộng khi có kể đến mưa rơi được thể hiện trong bảng 3.15 và 3.16.

**Bảng 3.15: Nhu cầu cấp nước tưới tại ruộng
khi tính đến mưa trên mặt ruộng**

Phương án 1

(đơn vị: nghìn m³)

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cả năm
Lúa chiêm (440 ha)	131	425	370	195	0	0	0	0	0	0	0	0	1122
Lúa mùa (440 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ngô đông (120 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	87	145
Rau đậu (170 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	107	185
Gia súc (2000 con)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
Cộng	137	431	376	201	6	6	6	6	6	6	140	201	1523

Bảng 3.16: Nhu cầu cấp nước tưới tại ruộng khi tính đến mưa trên mặt ruộng

Phương án 2

(đơn vị: nghìn m³)

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cả năm
Dưa hấu (390 ha)	336	340	291	222	0	0	0	0	0	0	0	0	1189
Lúa mùa (510 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ngô đông (120 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	87	145
Rau đậu (170 ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	107	185
Gia súc (2000 con)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
Cộng	342	346	297	228	6	6	6	6	6	6	140	201	1590

3.6. THÍ DỤ VỀ HIỆU SUẤT HỆ THỐNG TƯỚI

Trong hệ thống thủy nông nước được lấy từ hồ chứa PL và vận chuyển tới các ruộng bằng hệ thống kênh tưới:

Kênh chính BTCT dài 5000 m;

Kênh nhánh bằng đất dài 8000 m;

Yêu cầu của bài toán là xác định lượng nước cần cung cấp cho hệ thống tưới tại hồ chứa PL trong từng tháng.

Vậy để xác định được yêu cầu trên cần phải dựa vào công thức:

$$\eta = \frac{Q_{ra}}{Q_{vào}} 100\%$$

Trong đó:

Q_{ra} - lưu lượng nước tưới trực tiếp cho cây trồng, được xác định theo bảng 3.15 và bảng 3.16 của thí dụ 3.4.

η - hiệu suất hệ thống kênh tưới; η phụ thuộc vào các hình thức gia cố kênh: bê tông, đá xây, gạch xây, kênh đất... và chiều dài của hệ thống kênh dẫn tưới. Sơ bộ có thể tham khảo η ở bảng sau:

Bảng 3.17: Hiệu suất và chiều dài kênh

Loại hình gia cố	η %	Chiều dài (m)
Gia cố BT, BTCT	80 ÷ 90%	> 1000 m
Đá xây, gạch xây	75 ÷ 85%	> 1000 m
Không gia cố	55 ÷ 65%	> 1000 m

Dựa vào các thông số trên có thể thực hiện tính toán :

Với 5000 m kênh BTCT chọn $\eta = 85\%$;

Với 8000 m kênh đất chọn $\eta = 60\%$;

Lưu lượng đầu kênh nhánh = $Q_{tưới} / 60\%$;

Lưu lượng cuối kênh chính = $Q_{\text{đầu kênh nhánh}} = Q_{tưới} / 60\%$;

Lưu lượng đầu kênh chính = $Q_{\text{cuối kênh nhánh}} / 85\%$.

Từ bảng 3.15 có bảng 3.18 khi áp dụng các công thức trên.

Từ bảng 3.16 có bảng 3.19 khi áp dụng các công thức trên.

Bảng 3.18: Yêu cầu tưới phương án 1

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_{tưới} (1000m^3)$	137	431	376	201	6	6	6	6	6	6	140	201
$V_{\text{đầu kênh nhánh}}$	228	718	627	335	10	10	10	10	10	10	233	335
$V_{\text{đầu kênh chính}}$	268	845	738	394	12	12	12	12	12	12	274	394

Bảng 3.19: Yêu cầu tưới phương án 2

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_{\text{tưới}} (1000\text{m}^3)$	342	346	297	228	6	6	6	6	6	6	140	201
$V_{\text{đầu kênh nhánh}}$	570	577	495	380	10	10	10	10	10	10	233	335
$V_{\text{đầu kênh chính}}$	670	679	582	447	12	12	12	12	12	12	274	394

3.7. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 3

- 1) Nêu các nhiệm vụ của hệ thống tưới?
- 2) Trình bày các bước trong quy trình thiết kế một hệ thống phục vụ tưới trong nông nghiệp?
- 3) Trình bày cách phân loại hệ thống tưới theo đặc điểm và tính chất dòng chảy và phân loại theo kỹ thuật tưới?
- 4) Có những loại nguồn nước tưới nào? Hãy nêu đặc điểm riêng của mỗi loại nguồn nước?
- 5) Trình bày nguyên tắc xác định lưu lượng và cột nước tưới thiết kế?
- 6) Tính lưu lượng tưới thiết kế tại đầu kênh tưới chính nếu biết lưu lượng yêu cầu tại cuối kênh chính là $16,8 \text{ m}^3/\text{s}$, hiệu suất dẫn nước của tuyến kênh chính là 82%?
- 7) Nếu biết suất tưới (lưu lượng tưới đơn vị lớn nhất) của lúa nước là $1,5 \text{ l/s/ha}$, của ngô đông là $1,2 \text{ l/s/ha}$, diện tích lúa nước là 1600ha, diện tích ngô đông là 1200ha, thời vụ lúa và ngô trùng nhau, hãy tính lưu lượng yêu cầu tại cuối kênh tưới phục vụ lúa và ngô?
- 8) Hãy nêu và phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới lưu lượng và cột nước tưới thiết kế?
- 9) Trình bày một số nguyên tắc thiết kế và bố trí mặt bằng hệ thống tưới? Khi địa hình khu tưới dốc khi bố trí mặt bằng có gì khác với khu tưới bằng phẳng?
- 10) Thế nào là tưới mặt? tưới phun mưa? tưới nhỏ giọt? tưới ngầm?
- 11) Hãy nêu khái niệm, ưu nhược điểm và phương pháp tính của tưới ngập?
- 12) Hãy nêu khái niệm, ưu nhược điểm và phương pháp tính của tưới rãnh?
- 13) Hãy nêu khái niệm, ưu nhược điểm và phương pháp tính của tưới dải?
- 14) Hãy nêu khái niệm, ưu nhược điểm và phương pháp tính của tưới phun mưa?
- 15) Hãy nêu khái niệm, ưu nhược điểm và phương pháp tính của tưới nhỏ giọt?
- 16) Hãy nêu khái niệm, ưu nhược điểm và phương pháp tính của tưới ngầm?

- 17) Nước ta hiện nay, kỹ thuật tưới nào được áp dụng phổ biến nhất? điều kiện áp dụng của các loại kỹ thuật tưới nêu trên?
- 18) Nêu nguyên tắc và điều kiện áp dụng hệ thống tưới bằng kênh hở?
- 19) Các loại mặt cắt kênh thông dụng nhất hiện nay?
- 20) Thế nào là mặt cắt lợi nhất về thủy lực? mặt cắt dựa trên nguyên tắc cân bằng đào/dắp? mặt cắt kênh kinh tế?
- 21) Hãy nêu các hình thức gia cố kênh tưới? Nêu ưu nhược điểm của từng loại hình thức gia cố kênh?
- 22) Có những loại công trình trên kênh nào? nhiệm vụ của chúng?
- 23) Có các loại thiết bị nào trên tuyến kênh tưới? Nhiệm vụ của chúng?
- 24) Hãy nêu những điều cần lưu ý khi thiết kế kênh tưới?
- 25) Hãy nêu những điều cần quan tâm khi thi công kênh tưới?
- 26) Hãy nêu những vấn đề thường gặp trong khai thác, quản lý hệ thống kênh tưới?
- 27) Hàm mục tiêu rút gọn khi tính toán kinh tế kênh là gì? Tại sao lại có thể chuyển về dạng hàm đơn giản như vậy?
- 28) Hãy nêu ưu nhược điểm và điều kiện áp dụng của hệ thống tưới bằng đường ống có áp?
- 29) Có các loại ống nào? Loại nào được ứng dụng phổ biến nhất để phục vụ tưới?
- 30) Viết phương trình cơ bản khi tính thủy lực mạng lưới ống dẫn tưới có áp?
- 31) Có các loại công trình và thiết bị gì dọc hệ thống tưới bằng đường ống có áp?
- 32) Làm lại thí dụ 3.5 và 3.6?

Chương 4

VẤN ĐỀ TIÊU VÀ CÂN BẰNG NƯỚC TIÊU

4.1. KHÁI NIỆM, YÊU CẦU VÀ NHIỆM VỤ TIÊU

4.1.1. Những vấn đề đặt ra đối với bài toán tiêu

Sự thừa nước có thể diễn ra trên bề mặt đất và lớp đất bên trên trong thời gian không dài, sự thừa nước cũng có thể xảy ra đối với các lớp đất bên dưới do mực nước ngầm dâng cao hoặc do thời gian úng ngập bề mặt quá lâu. Khi lượng nước ngầm trong đất quá dư thừa, ta gọi là đất bị úng ngập, ảnh hưởng bất lợi khi đất đai bị úng ngập có thể chia thành mấy loại sau:

1. Suy giảm quá trình phát triển của cây trồng: Hầu hết các loại cây trồng đều thực hiện quá trình hô hấp chất khí thông qua vùng rễ, rễ cây hấp thụ khí oxy (O_2) từ pha khí trong đất và nhả khí cacbonic (CO_2) lại vào chính pha khí này. Rễ cây cũng có khả năng hấp thụ oxy hoà tan trong pha nước trong đất, nhưng quá trình này thường rất hạn chế. Đối với cây lúa nước và một số cây cỏ khác thì khả năng hấp thụ oxy trong nước rất cao, cho nên chúng vẫn phát triển tốt khi vùng rễ bị ngập trong nước.

Đối với đất ngập nước, hàm lượng khí trong đất thường thấp bởi vì hầu hết các khe rỗng của đất bị nước lấp đầy. Đồng thời quá trình trao đổi khí giữa pha khí trong đất và không khí bên ngoài (O_2 bên ngoài xâm nhập vào đất còn CO_2 từ trong đất thoát ra ngoài) cũng rất hạn chế do điều kiện ngập nước. Như vậy, hàm lượng O_2 trong đất giảm dần, trong khi hàm lượng CO_2 tăng dần đến mức độc hại và ảnh hưởng trực tiếp đến sự hấp thụ các chất dinh dưỡng của rễ cũng như sự phát triển của rễ và cây cối. Các điều kiện về vi khuẩn kỵ khí trong đất cũng có thể làm giảm các hợp chất mangan và sắt, các sunfua và khí hữu cơ trong đất dẫn đến tăng nồng độ chất độc.

Khả năng thông khí trong vùng rễ thường không đảm bảo khi mức độ chiếm lỗ rỗng trong đất của khí thấp hơn 5-10%. Tuy nhiên, cũng phải nhìn nhận rằng mức độ và thời kỳ đất ngập nước ảnh hưởng đến các giai đoạn sinh trưởng của cây trồng là khác nhau. Vùng rễ cây trong giai đoạn gieo hạt nếu bị ngập từ 2 đến 3 ngày sẽ rất nguy hiểm (có thể chết cây con), trong khi với thời kỳ phát triển thì với mức độ ngập 2 đến 3 ngày như trên thì thiệt hại đối với cây cối lại giảm nhẹ hơn nhiều. Một điều lưu ý nữa là hầu hết rễ hoa màu chủ yếu nằm ở lớp đất bên trên, cho nên điều kiện úng ngập lớp trên có ý nghĩa quan trọng.

Trong điều kiện khí hậu ẩm áp, cây trồng chịu úng ngập tốt hơn trong điều kiện thời tiết lạnh. Nguyên nhân là do cây trồng phát triển tốt hơn trong điều kiện thời tiết có nhiệt độ ẩm áp và ngược lại.

Đất ngập nước cũng ảnh hưởng gián tiếp đến quá trình phát triển của cây trồng bởi điều kiện ngập làm thay đổi kết cấu của đất và ảnh hưởng xấu đến sự phát triển của những thực vật trong đất.

2. Ảnh hưởng xấu đến quá trình làm đất: Trong nông nghiệp, nhà nông rất coi trọng công tác làm đất (cày, bừa, xới đất,...), các công đoạn làm đất ảnh hưởng lớn đến quá trình phát triển và năng suất của cây trồng sau này. Công tác làm đất tất nhiên phụ thuộc vào thời vụ và chu kỳ sinh trưởng và phát triển của mỗi loại cây trồng. Khi đất trồng bị úng ngập trùng với thời kỳ làm đất phù hợp với mùa màng thì công tác đất sẽ bị ảnh hưởng, dẫn đến gieo hạt chậm, hoặc gieo hạt trong điều kiện đất dai không được chuẩn bị kỹ, kết cấu đất quá chặt, lượng nước quá nhiều, hàm lượng khí trong đất không đủ,... tất cả những điều trên đều làm cho năng suất thu hoạch giảm và làm tăng chi phí công tác làm đất. Trong trường hợp nghiêm trọng, ngập úng kéo dài mà không tiêu úng kịp, có thể phải hủy bỏ vụ gieo trồng.

3. Gây lũ lụt: Lũ lụt cũng là một dạng của úng ngập có cường độ mạnh, thời gian diễn ra nhanh và gây thiệt hại nghiêm trọng cho mùa màng, cho tài sản và tính mạng súc vật và con người. Tại những vùng gần sông và ven biển, trong mùa mưa lũ hoặc bão lụt và triều dâng cao, đất đai dễ bị ngập với sức nước tàn phá rất mạnh. Giải pháp phòng chống lại lũ lụt là các công trình che chắn lũ như đê bao che chắn, tạo đường lũ đi để phân lũ,... Nội dung này đã được đề cập trong những giáo trình chuyên môn khác, không phải nội dung chính của cuốn sách này.

4. Gây xói mòn đất đai: Quá trình xói mòn đất đai thường xảy ra đồng thời với quá trình lũ lụt. Khi mưa cường độ lớn, tập trung và kéo dài, lớp đất trên mặt nhanh chóng bão hòa nước, dòng chảy mặt phát triển nhanh chóng với vận tốc lớn sẽ xói mòn lớp đất mặt mà nó chảy qua. Hiện tượng xói mòn sẽ nghiêm trọng đối với vùng đất có độ dốc lớn hơn 2% và đặc biệt nghiêm trọng khi hệ thảm phủ thực vật trên mặt đất bị tàn phá hay nghèo nàn. Để chống lại hiện tượng xói mòn đất cần đề ra các biện pháp tổng hợp cả về giải pháp trồng rừng, cải tạo đất và những giải pháp công trình khác. Nội dung này cũng nằm ngoài cuốn sách.

5. Gây nhiễm mặn nước và đất: Tiêu thoát nước không thường xuyên và không triệt để là nguyên nhân chính làm cho hàm lượng muối trong đất thuộc vùng rễ tăng lên đến quá giới hạn cho phép. Vấn đề nhiễm mặn rất phổ biến ở các vùng khí hậu khô và nửa khô, đặc biệt khi đất trồng được tưới. Mặc dù thiệt hại cho mùa màng và các giải pháp tiêu rửa mặn rất khác nhau đối với mỗi đối tượng cây trồng, nhưng về cơ bản, phương pháp và kỹ thuật tiêu rửa mặn cũng tương tự như phương pháp và kỹ thuật tiêu nước cho vùng đất úng ngập.

4.1.2. Định nghĩa về úng ngập và nguyên nhân gây úng

Xét về mục đích tổng quát, tiêu là một biện pháp kỹ thuật được áp dụng nhằm loại bỏ lượng nước thừa của đối tượng khai thác trong khu vực cần tiêu. Đối với cây trồng

trong nông nghiệp, tiêu là biện pháp loại bỏ lượng nước thừa trong đất và đưa độ ẩm và lượng ngấm nước của đất về giới hạn chịu đựng của cây trồng.

So với tưới, kỹ thuật tiêu phức tạp hơn vì nguyên nhân gây úng phức tạp và phụ thuộc nhiều vào các yếu tố khác nhau trong tự nhiên. Ngay bản thân đất úng, mức độ úng ngập cũng được chia thành nhiều loại như đầm lầy, đất sinh lầy, đất bị ngập nước và đất có độ ẩm cao hơn độ ẩm cho phép của cây trồng,...

Nguyên nhân gây úng ngập có thể chia thành 4 nhóm sau:

1. Úng ngập do mưa lớn, tập trung và kéo dài, hình thành lớp nước mặt và dòng chảy mặt làm cho vùng đất bị tích lũy lượng nước lớn, các khe rỗng trong đất nhanh chóng bị nước lấp đầy, đất chuyển nhanh sang trạng thái bão hòa hoàn toàn. Ngoài ra, trong đất có nhiều chất hữu cơ có độ ngấm nước cao, độ nhả nước kém làm cho quá trình úng càng gia tăng. Địa hình tự nhiên của các khu vực úng ngập thường có độ dốc nhỏ, hoặc là các vùng trũng, cho nên khả năng tiêu thoát nước tự nhiên rất thấp hoặc không thể tiêu thoát nước tự nhiên. Đây là nguyên nhân gây úng do nước mặt và tác động từ trên mặt đất xuống dần các lớp đất bên dưới.

2. Đất bị ngập úng còn do nguyên nhân khác là nước sông hoặc nước biển dâng cao, tràn vào gây nên úng ngập định kỳ (có thể có quy luật) hoặc úng ngập kéo dài tùy theo cao độ tương đối của vùng ngập so với mực nước sông hoặc mực nước biển. Hiện tượng này thường diễn ra với các khu vực ven sông suối hoặc cửa sông-ven biển khi mực nước lũ trong sông dâng cao hoặc lúc triều cường. Hiện tượng này cũng thuộc loại nguyên nhân gây úng do nước mặt.

3. Đất úng ngập hoặc có độ ẩm cao quá giới hạn chịu đựng của cây trồng còn có nguyên nhân khác là do mực nước ngầm có áp tràn lên, hoặc do mực nước nửa ngấm dâng cao, hoặc do dòng chảy ngầm chảy xuống khu đất trũng. Một trong những thí dụ điển hình cho nguyên nhân này là các vùng sinh lầy rộng lớn do nước khoáng dồn lên từ mạch ngầm.

4. Trường hợp thứ tư là do tất cả các nguyên nhân trên đây kết hợp lại gây nên úng ngập cho vùng đất. Trong trường hợp này, mức độ úng ngập sẽ rất nghiêm trọng.

Việc tìm ra và xác định rõ nguyên nhân gây úng ngập có ý nghĩa quan trọng trong việc xác định biện pháp tiêu úng hợp lý nhất.

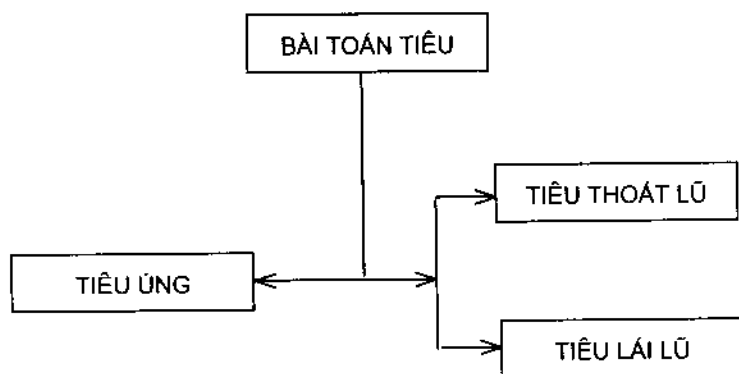
4.1.3. Yêu cầu và nhiệm vụ của tiêu úng

Một cách tương đối, nhiệm vụ tiêu úng có thể được chia thành hai loại chính là tiêu úng và tiêu lầy lũ.

- Tiêu úng là sử dụng kỹ thuật tiêu, sử dụng hệ thống mạng lưới tiêu để rút lượng nước thừa trong đất đảm bảo sự phát triển hiệu quả của cây trồng. Nhiệm vụ này thường được áp dụng đối với ruộng đồng, vườn tược trồng cây.

- Tiêu lái lũ, tiêu thoát lũ lại có mục đích khác so với tiêu úng cho ruộng đồng. Người ta sử dụng các biện pháp công trình hoặc phi công trình để khống chế mực nước lũ trong sông, giảm thiểu mức độ ngập lụt khi gặp lũ quá lớn, tăng khả năng thoát lũ để giảm thời gian ngập lụt, hoặc hướng dòng lũ theo một tuyến được thiết kế, không cho dòng lũ chảy tràn tự do làm ngập các khu vực cần bảo vệ.

Mặc dù có thể chia thành hai loại hình tiêu như trên, nhưng thực chất hai loại này có liên quan trực tiếp với nhau, đôi khi chúng xảy ra đồng thời hoặc hoán đổi cho nhau. Sơ đồ phân loại hình tiêu được minh họa trong hình 4.1.



Hình 4.1: Sơ đồ phân loại hình tiêu

Trong cuốn sách và môn học này, chúng ta sẽ nghiên cứu vấn đề liên quan đến "TIÊU" với ý nghĩa thứ nhất là tiêu úng phục vụ nông nghiệp, còn tiêu thoát lũ và tiêu lái lũ sẽ được đề cập kỹ ở các cuốn sách khác.

Với mục đích nghiên cứu về tiêu úng trong nông nghiệp, tiêu úng phục vụ cây trồng, biện pháp tiêu được nghiên cứu theo hai hướng chủ đạo là:

- Hướng thứ nhất là loại bỏ nguyên nhân gây úng bằng các biện pháp công trình như đắp các hệ thống đê bao, bờ bao để ngăn nước từ ngoài tràn vào.
- Hướng thứ hai là làm thay đổi cơ bản các yếu tố tác động đến quá trình úng thông qua giải pháp công nghệ, giải pháp kỹ thuật và công trình tiêu.

Dù theo theo hướng nào thì nhiệm vụ của tiêu úng cũng phải đảm bảo quá trình sinh trưởng bình thường của cây trồng, loại bỏ hẳn sự chết của cây cối do úng ngập. Ngoài ra, tiêu úng còn được kết hợp với một số nhiệm vụ khác như: thau chua, rửa mặn, tiêu để tạo sự thoáng khí trong đất.

4.1.4. Bài toán tiêu và phương trình cân bằng nước

Bài toán tiêu như đã được mô tả ở trên được thiết lập và giải quyết tùy theo mỗi nhiệm vụ cụ thể của vùng tiêu và mỗi loại cây trồng trên đó. Nghĩa là để có thể xác định

được quy mô hệ thống tiêu ứng hợp lý, để có được giải pháp tiêu hiệu quả nhất, ngoài việc nghiên cứu về tiêu chuẩn tiêu, nguyên nhân gây úng, khả năng chịu úng của cây trồng, tính chất hút và giữ ẩm của đất,... thì nghiên cứu về phương trình cân bằng nước trong bài toán tiêu úng là điều không thể thiếu được.

Đối với bài toán tiêu úng, từ phương trình cân bằng nước (phương trình liên tục) có thể viết được phương trình cân bằng nước cho bài toán tiêu nước mặt và bài toán tiêu nước ngầm.

(1) *Phương trình cân bằng nước mặt*: Phương trình cân bằng nước mặt cho một khu vực tiêu trong một khoảng thời gian có thể viết như sau:

$$\Delta V_m = V_{mc} - V_{md} = P + V - S - W_t - E_m \quad (4.1)$$

(2) *Phương trình cân bằng nước ngầm*: Phương trình cân bằng nước ngầm cho một khu vực tiêu trong một khoảng thời gian có thể viết như sau:

$$\Delta V_{ng} = V_{ngc} - V_{ngd} = W_t + (G + A + U) - E_{ng} \quad (4.2)$$

Trong phương trình (4.1) và (4.2), các ký hiệu được giải thích như sau:

ΔV_m - mức độ thay đổi trữ lượng nước mặt trong khu tiêu;

ΔV_{ng} - mức độ thay đổi trữ lượng nước ngầm trong khu tiêu;

V_{mc} - lượng nước mặt trong khu tiêu ở cuối thời đoạn tính toán;

V_{md} - lượng nước mặt trong khu tiêu ở đầu thời đoạn tính toán;

V_{ngc} - lượng nước ngầm trong khu tiêu ở cuối thời đoạn tính toán;

V_{ngd} - lượng nước ngầm trong khu tiêu ở đầu thời đoạn tính toán;

W_t - lượng nước mặt do đất thấm hút;

P - lượng mưa xuống mặt đất trong khu tiêu;

V - lượng dòng chảy mặt vào khu vực tiêu;

S - lượng dòng chảy mặt ra khỏi khu vực tiêu;

E_m - lượng nước mặt bốc hơi;

E_{ng} - lượng nước ngầm và nước trong đất bốc hơi;

G - lượng nước ngầm chảy vào khu tiêu;

U - lượng nước ngầm chảy ra khỏi khu tiêu;

A - lượng nước ngưng tụ từ hơi ẩm trong đất.

Từ phương trình cân bằng nước, nếu muốn thay đổi lượng nước (mặt hoặc ngầm) trong khu tiêu, chúng ta sẽ tìm được yếu tố cần tác động để đạt được kết quả mong muốn.

4.2. TIÊU CHUẨN VỀ TIÊU

Đối với một dự án thiết kế hệ thống tiêu, điều hết sức quan trọng là xác định được quy mô của hệ thống, tần suất tính toán và cấp công trình. Những vấn đề liên quan đến quy mô, tần suất tính toán và cấp công trình được quy định trong một số tiêu chuẩn, quy phạm như TCXDVN 285: 2002 (Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế), hay QT-NN.TL-9-78 (Quy trình tưới tiêu cho lúa nước và một số cây trồng cạn).

4.2.1. Tiêu chuẩn về tần suất tiêu và cấp công trình

Theo Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 285: 2002 (Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế), cấp công trình của hệ thống tiêu được quy định tại điều 2.4 và bảng 2.1 (Cấp thiết kế của công trình theo năng lực phục vụ), đối với nhiệm vụ tiêu, cấp công trình được quy định như sau.

Bảng 4.1: Quy định về cấp công trình tiêu theo năng lực phục vụ

Năng lượng của hệ thống theo diện tích tự nhiên của khu tiêu (10 ³ ha)	Cấp công trình	
	Công trình chủ yếu	Công trình thứ yếu
≥ 50	I	III
< 50 đến 10	II	III
< 10 đến 2	III	IV
< 2 đến 0,2	IV	V
< 0,2	V	V

Cũng theo TCXDVN 285: 2002, mức đảm bảo thiết kế được quy định trong bảng 4.2. Tần suất lưu lượng, mực nước thiết kế và kiểm tra được quy định trong bảng 4.3, tần suất tính toán mực nước ngoài sông khi áp dụng hệ thống tiêu động lực hoặc mực nước ở hạ lưu công trình tiêu tự chảy được quy định trong bảng 4.4.

Bảng 4.2: Quy định về mức đảm bảo thiết kế hệ thống tiêu cho nông nghiệp

Cấp công trình	Mức đảm bảo thiết kế	
	Mức đảm bảo thiết kế	Chú thích
I, II, III, IV và V	80% đến 90%	Tần suất đảm bảo thiết kế của hệ thống tiêu phụ thuộc vào quy mô của hệ thống, dạng công trình, hiệu quả đầu tư của hệ thống,... do cơ quan thiết kế luận cứ và đề nghị

Bảng 4.3: Quy định về tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất

Loại công trình thủy		Cấp thiết kế ứng với cấp công trình				
		I	II	III	IV	V
Hệ thống tiêu không ở vùng triều	Tần suất thiết kế %	0,1-0,2	0,5	1	1,5	2
	Tần suất kiểm tra %	0,02-0,04	0,1	0,2	0,5	
Hệ thống tiêu thuộc vùng triều	Tần suất thiết kế %	0,2	0,5	1	1,5	2

Bảng 4.4: Quy định về tần suất tính toán mực nước

Cấp công trình	Tần suất mực nước lớn nhất	
	Tiêu tự chảy	Tiêu động lực
I, II, III, IV và V	Mực nước ngoài sông lớn nhất để có thể tiêu tự chảy	10%

Từ quy định về tần suất tính toán mực nước, có điều kiện áp dụng là đối với các nguyên nhân gây úng khác như mưa và nước ngầm cũng được tính toán với tần suất 10%.

4.2.2. Khả năng chịu úng của lúa và một số cây trồng cạn

Theo QT-NN.TL-9-78, yêu cầu về tiêu hay khả năng chịu úng của lúa và một số cây trồng cạn có thể tham khảo một số hướng dẫn dưới đây.

1. Với cây lúa cấy: Khi gặp mưa lớn, gây úng lụt, phải tìm mọi biện pháp tiêu úng để đảm bảo:

- Nếu úng nhẹ: Ruộng ngập trên dưới 30 cm, cho phép ngập không quá 3 ngày đêm.
- Nếu úng nặng: Lúa bị ngập bông thì trong 1 ngày đêm phải tiêu hỏ 1/3 cây lúa. Sau đó tiêu thoát càng nhanh càng tốt.

2. Với cây ngô: Nếu mưa lớn, có nước đọng trong rãnh thì phải tiêu nước ngay, không để nước đọng trong rãnh quá 1 ngày đêm.

3. Với cây khoai tây: Nếu mưa lớn, có nước đọng trong rãnh thì phải tiêu nước ngay, không để nước đọng trong rãnh quá 1 ngày đêm.

4. Với cây đậu, đỗ: Nếu mưa lớn, có nước đọng trong rãnh thì phải tiêu nước ngay, không để nước đọng trong rãnh quá 1 ngày đêm.

5. Với cây lạc: Nếu mưa lớn, có nước đọng trong rãnh thì phải tiêu nước ngay, không để nước đọng trong rãnh quá 1 ngày đêm.

6. Với cây khoai lang: Nếu mưa lớn, có nước đọng trong rãnh thì phải tiêu nước ngay, không để nước đọng trong rãnh quá 1 ngày đêm.

7. Với cây cà chua: Nếu mưa lớn, có nước đọng trong rãnh thì phải tiêu nước ngay, không để nước đọng trong rãnh quá 1 ngày đêm.

8. Với cây bắp cải: Nếu mưa lớn, có nước đọng trong rãnh thì phải tiêu nước ngay, không để nước đọng trong rãnh quá 1 ngày đêm.

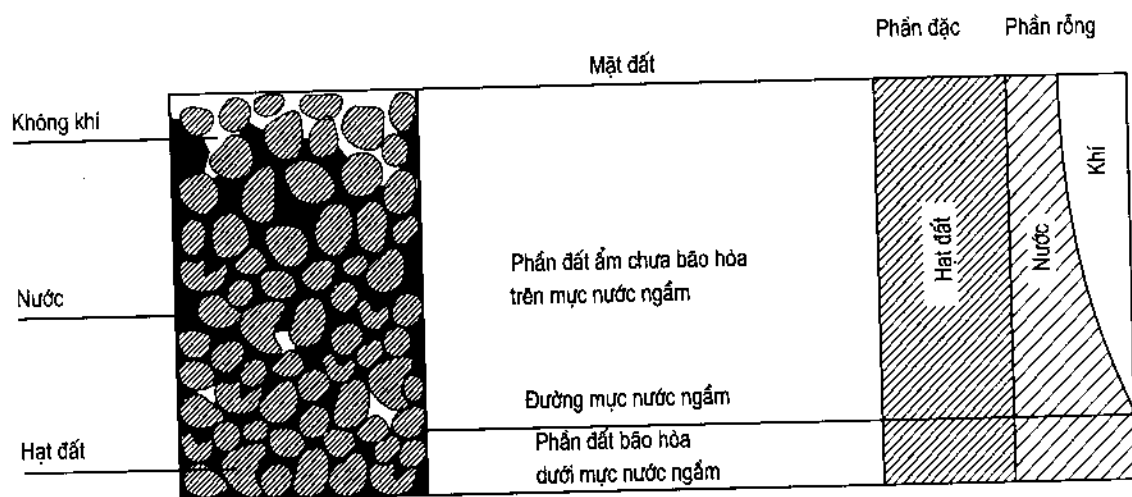
9. Với cây mía: Không để nước đọng trong rãnh quá 3 ngày đêm.

10. Với cây dứa: Không để nước đọng trong rãnh quá 3 ngày đêm.

4.3. MỘT SỐ KIẾN THỨC VỀ NƯỚC TRONG ĐẤT CẦN LƯU Ý KHI NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN TIÊU

4.3.1. Kết cấu đất-nước-không khí

Ở trạng thái tự nhiên, đất trồng trọt hay đất nói chung đều là thể ba pha, bao gồm pha rắn (là những hạt đất), pha lỏng (là lượng nước tồn tại trong đất mà đáng kể nhất là nước trong các khe rỗng giữa các hạt đất) và pha khí (là không khí trong đất mà phần quan trọng nhất là khí trong khe rỗng mà nước chưa lấp đầy hết). Phần đất nằm bên trên mực nước ngầm chưa bão hòa hoàn toàn, hay còn gọi là đất ẩm, trong phần này, tồn tại cả ba pha: rắn (hạt đất), lỏng (nước) và pha khí. Phần đất bên dưới mực nước ngầm đã bão hòa hoàn toàn, pha khí trong phần này không còn nữa, toàn bộ khe rỗng trong đất đã bị nước chiếm chỗ (xem hình 4.2). Dưới đây sẽ đề cập tới một số vấn đề liên quan đến bài toán tiêu.

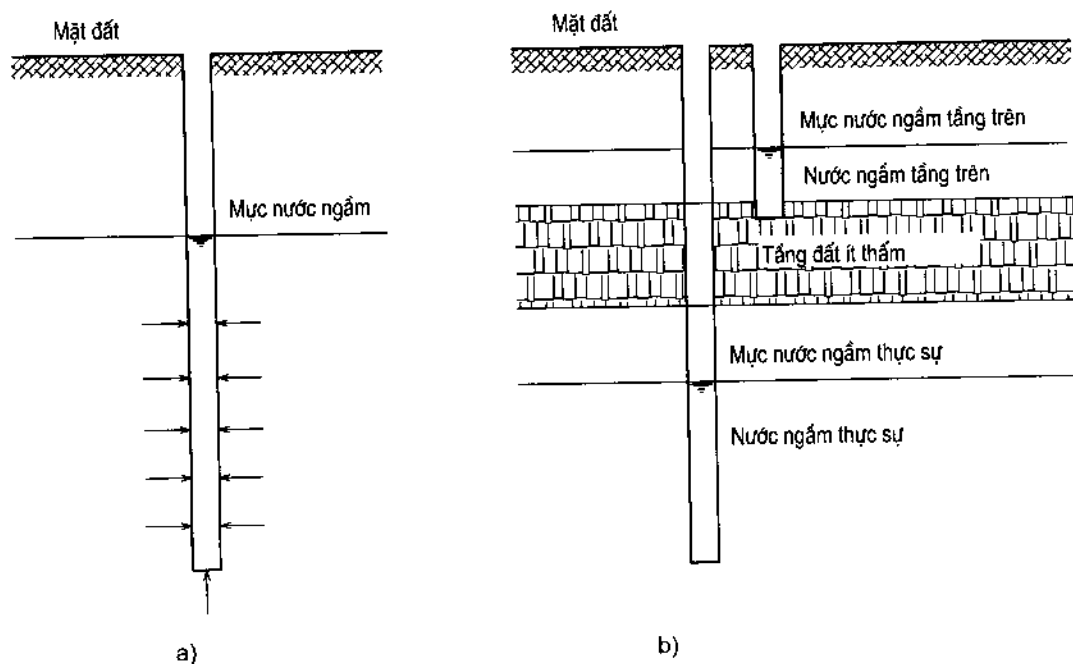


Hình 4.2: Trạng thái của đất trong tự nhiên

1. *Nước ngầm*: Các khe rỗng trong đất thường được lấp đầy bằng không khí, nước hoặc hỗn hợp cả không khí và cả nước. Đối với các tầng địa tầng có tính thấm nước, khi các khe rỗng được nước lấp đầy hoàn toàn thì nước đó được gọi là *nước ngầm*. Nước ngầm trong đất có thể ở trạng thái không áp, tĩnh hoặc động, hoặc ở trạng thái có áp, thậm chí có áp suất cao. Nếu địa tầng ở lớp trên bề mặt vỏ trái đất, bên trên không có các lớp đất không thấm hoặc kém thấm thì nước ngầm thuộc trạng thái không áp. Khi

nước ngầm ở tầng đất mà bên trên có các tầng ít thấm hoặc không thấm khác thì nước ngầm sẽ thuộc dạng có áp. Thậm chí trong quá trình kiến tạo, có những thấu kính nước ngầm nằm xen kẹp trong tầng không thấm, nước ngầm dạng này có áp suất rất cao. Đối tượng của bài toán tiêu thoát nước thường liên quan đến loại nước ngầm không áp ở lớp trên của vỏ trái đất và liên quan ít đến dạng nước ngầm có áp suất thấp ở bên dưới lớp đất ít thấm, nước ngầm hai dạng này thường phân bố ở độ sâu < 5 đến 10m dưới mặt đất. Nước ngầm phân bố bên dưới độ sâu 25 đến 50m, thường ít liên quan đến bài toán tiêu trong nông nghiệp.

2. *Mực nước ngầm*: Mực nước ngầm hay bề mặt nước ngầm là mặt phân cách hai vùng: vùng nước ngầm trong đất (các khe rỗng lấp đầy nước - đất ở trạng thái bão hòa hoàn toàn) và vùng nước trong đất ẩm hay *độ ẩm của đất* (các khe rỗng chưa lấp đầy nước - đất ở trạng thái chưa bão hòa). Nói chung mực nước ngầm có thể quan trắc và đo đạc một cách đơn giản bằng các giếng khoan vào lòng đất, sau khi khoan xong, nước ngầm từ xung quanh sẽ chảy vào giếng và ổn định tại mực nước ngầm (hình 4.3a). Trong một số trường hợp, khi có một lớp đất ít thấm xen kẹp, thì mực nước ngầm thực sự nằm ở bên dưới tầng đất ít thấm này, còn lớp trên mặt sẽ tồn tại một mực nước ngầm gọi là *mực nước ngầm tầng trên* (hình 4.3b), mực nước ngầm tầng trên xuất hiện ngay sau khi mưa to, tồn tại một cách không ổn định sau một khoảng thời gian nào đó và có khi thấm hết xuống tầng dưới. Nước ngầm tầng trên cũng là đối tượng nghiên cứu của bài toán tiêu trong nông nghiệp và thường sẽ làm bài toán trở nên rất phức tạp.



Hình 4.3: a) Giếng quan trắc nước ngầm
b) Mực nước ngầm tầng trên

3. *Độ ẩm của đất*: Với lớp đất chưa bão hòa nằm bên trên mực nước ngầm, trong các khe rỗng của đất chứa cả nước và không khí như minh họa trong hình 4.2. Phần nước trong đất của khu vực này thường được gọi là *độ ẩm của đất*. Và đất này được gọi là *đất ẩm* hay đất chưa bão hòa. Độ ẩm của đất biến thiên mạnh theo độ sâu và theo thời gian và phụ thuộc rất lớn vào mưa trên bề mặt đất, đồng thời phụ thuộc nhiều vào chế độ khí hậu của khu vực. Nói chung độ ẩm của đất tăng dần theo độ sâu, từ mặt đất xuống tới mực nước ngầm bên dưới. Trong một dải đất mỏng, bên trên mực nước ngầm, các khe rỗng được nước mao dẫn gần như lấp đầy (do lực mao dẫn trong khe hẹp đã biết). Giải đất mỏng này được gọi là vùng đất mao dẫn. Tại phần dưới cùng của vùng đất mao dẫn, tất cả các khe rỗng được nước điền đầy hay đất bão hòa hoàn toàn như đối với lớp đất bên dưới mực nước ngầm. Nhưng có một điểm khác quan trọng là áp suất tại đây là áp suất âm, trong khi áp suất bên dưới mực nước ngầm là dương. Mặt giới hạn của lớp đất bão hòa có áp suất âm này còn được gọi là *viễn mao dẫn*.

4.3.2. Áp suất của nước trong đất

Như chúng ta đã biết, áp suất chính là giá trị của lực trên một đơn vị diện tích chịu lực, và thường được ký hiệu bằng chữ "P" trong Hệ đơn vị quốc tế (SI - System International). Đơn vị của lực là Newton (bằng lực cần thiết để tạo chuyển động cho một vật nặng 1 kg chuyển động với gia tốc 1m/s^2). Đơn vị đo áp suất là Pascal bằng Newton chia cho m^2 . Tuy vậy, đối với cơ học chất lỏng, đơn vị đo áp suất hay được sử dụng là *áp suất cột nước* được đọc qua ống đo áp suất. Và chúng ta có công thức tính chuyển đổi áp suất như sau:

$$P \text{ (Pascal)} = P \text{ (m cột nước)} \times \rho_w \times g \quad (4.3)$$

Trong đó:

ρ_w - trọng lượng riêng của nước, xấp xỉ bằng 10^3 kg/m^3 ở điều kiện nhiệt độ bình thường trong đất.

g - gia tốc trọng trường, xấp xỉ bằng $9,81 \text{ m/s}^2$.

Khi đo áp suất lớn, đơn vị hay được sử dụng lại là "bar" hay "atm":

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pascal}$$

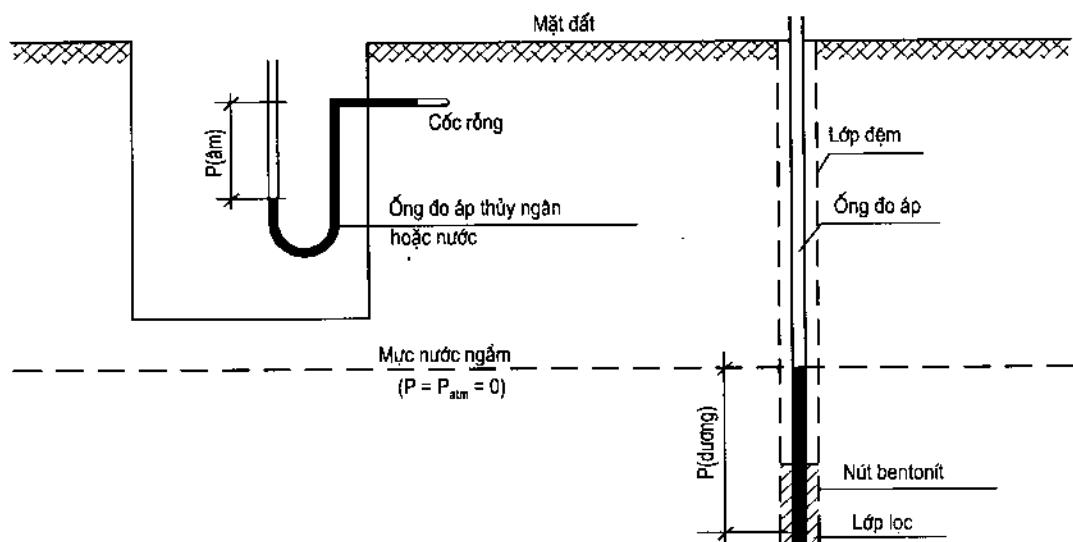
$$1 \text{ atm} = 1,0132 \text{ bar}$$

Trong tính toán sơ bộ gần đúng, người ta hay coi:

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ atm} = 10 \text{ m cột nước.}$$

Áp suất âm đối với độ ẩm của đất cũng được quy đổi và diễn giải bằng đơn vị pF có công thức tính như sau:

$$pF = \log_{10} |P| \text{ với đơn vị của } P \text{ là cm cột nước.}$$



Hình 4.4: Đo áp suất nước ngầm

1. **Áp suất bên dưới mực nước ngầm:** Tại cao độ của mực nước ngầm, áp suất luôn luôn bằng áp suất khí trời ($P = P_{atm}$ và được quy bằng 0). Các lực tồn tại trong phần nước ngầm (bên dưới mực nước ngầm) chủ yếu là các lực thông thường xuất hiện bên trong khối nước tĩnh hoặc khối nước chuyển động. Khi xem xét sự chuyển động của nước ngầm, thường vận tốc dòng ngầm nhỏ cho nên các lực động của nước ngầm ít có ý nghĩa quan trọng hơn các lực tĩnh. Để đo áp suất thủy tĩnh tại các điểm bên dưới mực nước ngầm (có $P > P_{atm}$), người ta thường dùng các ống đo áp (Piezometer), còn khi đo các điểm có áp suất âm nằm bên trên mực nước ngầm, người ta sử dụng các áp kế thủy ngân hoặc áp kế nước (xem minh họa trong hình 4.4).

2. **Áp suất bên trên mực nước ngầm:** Trong khu vực đất ẩm, các lực tạo áp suất khu vực này chia thành hai loại là lực mao dẫn và lực hút bám.

(a) **Lực mao dẫn:** Lực mao dẫn gây nên cột nước trong khe rỗng của đất, nước sẽ bị hút lên cao hơn mực nước ngầm. Nguyên nhân của hiện tượng mao dẫn là do sức căng mặt ngoài của nước trong khe hẹp hoặc trong ống. Do sức căng mặt ngoài với thành ống nên một mặt khum lõm được hình thành, áp suất thủy lực bên dưới mặt khum có giá trị âm và độ lớn của áp suất này có mối liên hệ với bán kính cong của mặt khum như sau:

$$P_{Cap} = \frac{-2\tau}{Rg\rho_w} \quad (4.4)$$

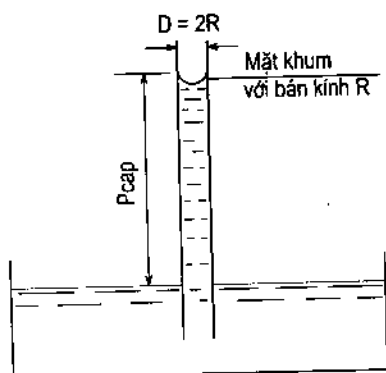
Trong đó: P_{Cap} - áp suất mao dẫn (m cột nước);

R - bán kính của mặt khum (m);

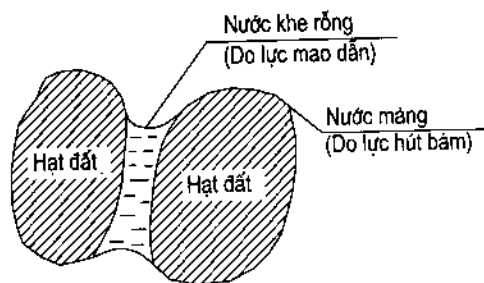
τ - sức căng mặt ngoài (0,073 Newton/m tại nhiệt độ nước 15°C);

g - gia tốc trọng trường (9,81 m/s²);

ρ_w - khối lượng riêng của nước (xấp xỉ 1000 kg/m³).



Hình 4.5: Sức căng mặt ngoài và lực mao dẫn trong ống



Hình 4.6: Ảnh hưởng của lực mao dẫn và lực hút bám

Trong khe rỗng, giá trị bán kính lớn nhất mà mặt khum có thể đạt được là bằng với bán kính của khe hay của ống (hình 4.5), khi đó, giá trị của áp suất mao dẫn là:

$$P_{\text{Cap}} = \frac{-4\tau}{Dg\rho_w} \quad (4.5)$$

hoặc gần đúng:
$$P_{\text{Cap}} = \frac{-3000}{D} \quad (4.6)$$

Trong đó: P_{Cap} - áp suất mao dẫn (cm cột nước);

D - đường kính khe rỗng (micron mét, μ).

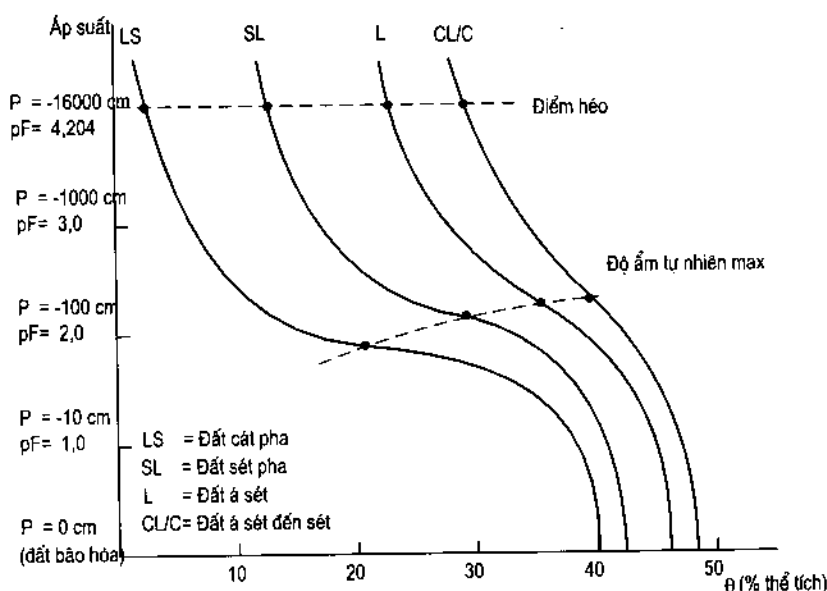
Như vậy nếu đường kính khe rỗng bằng 1000μ (hay $D = 1\text{mm}$) thì chiều cao cột nước mao dẫn xấp xỉ bằng 3cm, khi $D = 3\text{mm}$ thì chiều cao cột nước mao dẫn khoảng 1cm, khi $D = 30\text{mm}$ thì P_{cap} còn khoảng 1mm.

(b) **Lực hút bám:** Độ ẩm của đất ngoài nguyên nhân quan trọng là lực mao dẫn trong khe hẹp, còn một nguyên nhân khác là do lực hút bám tại bề mặt hạt đất như trong hình 4.6. Lực mao dẫn gây nên áp suất khe rỗng và nước mao dẫn lấp đầy trong khe rỗng, còn lực hút bám gây nên nước màng bao phủ bên ngoài hạt đất, cả hai lực này đều tạo áp suất âm và làm nước dâng cao hơn mực nước ngầm và tạo cho đất bên trên mực nước ngầm có độ ẩm. Đối với đất nhiễm mặn, còn một nguyên nhân đáng kể, ảnh hưởng đến độ ẩm của đất là lực thẩm thấu do muối hòa tan trong đất gây nên. Khi nghiên cứu các vấn đề tưới tiêu đối với đất có nồng độ muối cao, hoặc khi nghiên cứu tiêu rửa mặn, cần lưu ý đầy đủ đến cả ba loại lực tạo nên độ ẩm của đất trên đây. Áp suất làm cột nước dâng cao hơn mực nước ngầm do tất cả các nguyên nhân gây nên được gọi là áp suất hút tổng hợp P (Matric suction).

4.3.3. Quan hệ giữa độ ẩm và áp suất

Mối quan hệ giữa độ ẩm của đất với áp suất hút tổng hợp còn được gọi là đặc trưng độ ẩm của đất. Nếu gọi hàm lượng ẩm của đất là θ (% thể tích) và áp suất hút tổng hợp

là P , qua thí nghiệm trong phòng, đối với mỗi loại đất khác nhau, sẽ có được đường cong quan hệ giữa hai đại lượng trên. Thông thường, hàm lượng ẩm θ được biểu thị trên trục hoành, còn áp suất hút tổng hợp P được biểu thị trên trục tung (thông qua cột nước áp suất cm, hoặc pF) như thí dụ trên hình 4.7.



Hình 4.7: Đường cong quan hệ giữa θ và P (hoặc pF)

Các đường cong trong thí dụ hình 4.7 xây dựng được từ các kết quả thí nghiệm ứng với các loại đất khác nhau và các kết cấu hạt đất khác nhau. Trước hết với mẫu đất bão hòa hoàn toàn ($\theta_0 = \theta_s$), cột nước hút sẽ bằng không ($P_0 = P_{atm} = 0$ cm). Khi cột nước hút tăng lên (cao hơn mực nước ngầm), thí dụ ứng với $P = -100$ cm, nước trong các khe rỗng nằm cao hơn cao độ nào đó sẽ bị tiêu rút hết, theo phương trình (4.5), nước trong các khe rỗng có đường kính D lớn hơn 30μ sẽ bị vỡ hết các mặt khum căng do áp suất hút, khi đã ổn định, hàm lượng ẩm sẽ ổn định tại giá trị θ tương ứng, như vậy chúng ta đã có được một điểm thực nghiệm của đường cong. Tương tự, với mẫu đất khác, sẽ thu được nhiều điểm thực nghiệm và vẽ được một họ đường cong quan hệ ứng với loại đất thí nghiệm.

4.3.4. Năng lượng tiềm tàng của nước trong đất

Năng lượng tiềm tàng của nước trong đất hay tiềm năng của nước trong đất tại một điểm nào đó (ϕ) là năng lượng cần thiết để dịch chuyển một đơn vị khối lượng nước từ mặt chuẩn đến điểm đó. Theo định nghĩa này, tiềm năng của nước trong đất có thể biểu diễn trên một đơn vị lực khối của nước.

Trong các bài toán cũng như trong nghiên cứu nói chung, mặt chuẩn thường được quy định tại mực nước ngầm (tất nhiên về nguyên tắc mặt chuẩn có thể được quy định

tại cao độ bất kỳ), nếu vậy, tại mặt chuẩn chúng ta có: $\phi = 0$ và $P_{atm} = 0$). Tại một điểm bất kỳ so với mặt chuẩn, ta có công thức với thứ nguyên như sau:

$$\text{Năng lượng (E)} = \text{Lực (F)} \times \text{Chiều dài dịch chuyển (L)}$$

$$= \text{Khối lượng (M)} \times \text{Gia tốc (a)} \times \text{Chiều dài dịch chuyển (L)}$$

Trong hệ đo lường SI, đơn vị của lực là Newton ($F=M \cdot a = \text{kg.m/s}^2$), đơn vị của năng lượng là Jul ($E = F \cdot L = \text{kg.m/s}^2 \cdot \text{m} = \text{kg.m}^2/\text{s}^2$) và đơn vị của tiềm năng là Jul/lực khối là ϕ ($\phi = \text{kg.m}^2/\text{s}^2/\text{kg.m/s}^2 = \text{m}$) và ϕ có thứ nguyên của m cột nước.

Tiềm năng của nước trong đất có thể được biểu diễn dưới dạng tổng của hai thành phần sau:

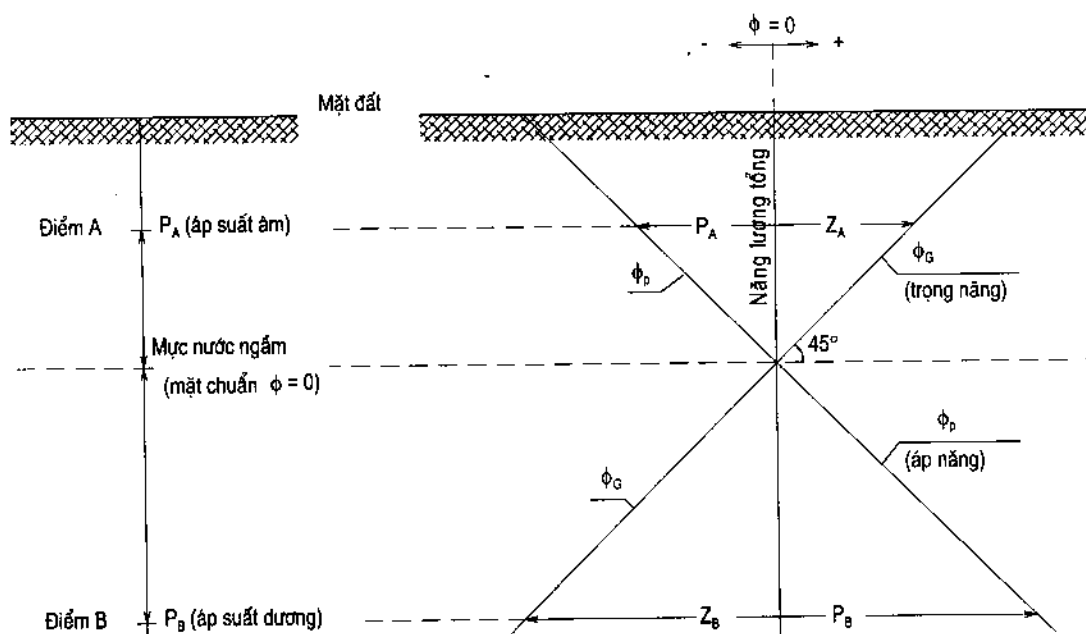
$$\phi = \phi_G \times \phi_P \quad (4.7)$$

Trong đó:

ϕ_G - *tiềm năng trọng lực*, năng lượng cần để thắng được lực trọng trường khi di chuyển khối nước.

ϕ_P - *tiềm năng áp lực*, năng lượng cần để thắng được độ chênh áp lực khi di chuyển khối nước.

Như vậy tại mặt chuẩn, ta có đồng thời $\phi_G = 0$ và $\phi_P = 0$. Giá trị của ϕ_G là dương nếu điểm tính toán nằm bên trên mặt chuẩn và giá trị âm khi nằm dưới mặt chuẩn. Trong khi giá trị của ϕ_P là dương khi nước tại điểm tính toán có giá trị áp suất dương, thường là nằm dưới mực nước ngầm. Ngược lại nó có giá trị âm khi tại điểm tính toán nước có áp suất âm, trường hợp này thường ứng với vùng đất ẩm nằm bên trên mực nước ngầm. Hình 4.8 minh họa mối quan hệ giữa các đại lượng trong công thức (4.7).



Hình 4.8: Các thành phần năng lượng trong đất tự nhiên

Trên hình 4.8, tiềm năng tại các điểm A và B như sau:

$$\text{Tại điểm A: } \phi_A = Z_A + (-P_A)$$

$$\text{Tại điểm B: } \phi_B = -Z_B + P_B$$

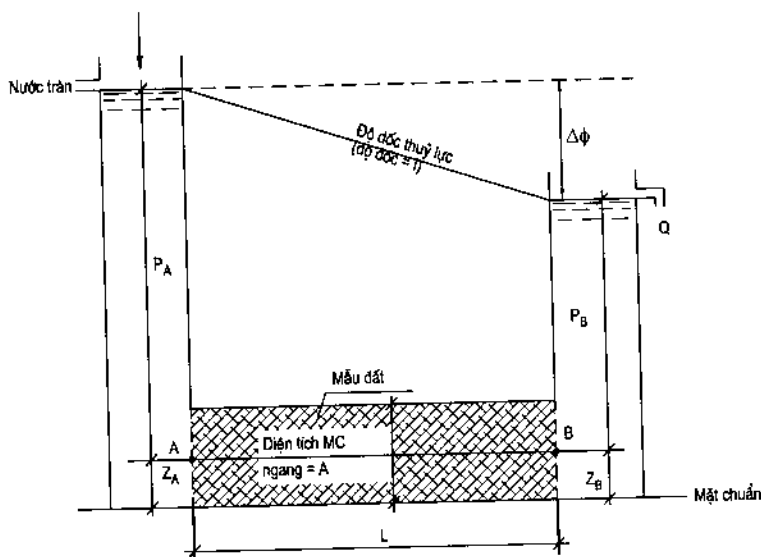
Hình 4.8 còn cho chúng ta một kết luận nữa là tiềm năng tổng tại tất cả các điểm, dù bên dưới hay bên trên mực nước ngầm, trong trạng thái ổn định của đất và nước trong đất đều bằng không. Nghĩa là:

$$\phi_A = \phi_G + \phi_P = Z_A + (-Z_A) = 0$$

$$\phi_B = \phi_G + \phi_P = (-Z_B) + (Z_B) = 0$$

4.3.5. Chuyển động của nước trong đất - Định luật Darcy

Nước trong đất luôn có xu thế di chuyển tới vị trí có năng lượng tiềm năng tối thiểu. Xét sơ đồ mẫu đất và cột nước hai đầu như trên hình 4.9, vì $\phi_A > \phi_B$ nên nước sẽ chuyển động từ điểm A tới điểm B có tiềm năng thấp hơn. Chuyển động của nước trong đất chỉ dừng lại khi đạt trạng thái cân bằng, có nghĩa là chỉ khi $\phi_A = \phi_B$.



Hình 4.9: Minh họa về định luật Darcy

Chuyển động của nước trong đất từ điểm A đến điểm B tuân theo định luật Darcy (định luật do kỹ sư người Pháp Henri Darcy tìm ra năm 1856).

$$V = -K \frac{\phi_B - \phi_A}{L} = -K \frac{\Delta\phi}{L} \quad (4.8)$$

Trong đó:

V - vận tốc dòng chảy, còn gọi là vận tốc thấm qua môi trường xốp rời được bao bằng biên cứng không thấm, do đó nước buộc phải chuyển động qua các khe rỗng của đất. Như vậy, nếu độ rỗng là 40% thì vận tốc thực sẽ bằng $(V \times 100/40)$.

K - hệ số thấm.

L - chiều dài quãng đường từ điểm A đến điểm B và $\frac{\phi_A - \phi_B}{L} = \frac{-\Delta\phi}{L} = i$ là độ

dốc thủy lực giữa A và B hay gradient thủy lực giữa A và B.

Định luật Darcy phát biểu rằng, vận tốc dòng thấm tỷ lệ thuận với gradient tiềm năng giữa hai điểm tính toán. Hệ số thấm là hằng số đối với mỗi loại đất, dầu trừ được sử dụng để chỉ rằng trong thực tế, tiềm năng giảm dần dọc theo dòng thấm. Trong hình 4.9, ta có:

$$\phi_A = Z_A + P_A$$

$$\phi_B = Z_B + P_B \text{ và: } (\phi_B - \phi_A) < 0$$

khai triển tiếp ta có:
$$V = -K \frac{\Delta\phi}{L} = K \frac{(-\Delta\phi)}{L} = Ki \quad (4.9)$$

$$Q = V.A = K.i.A \quad (4.10)$$

Về mặt đơn vị:

V - có đơn vị là cm/s hay m/ngày;

i - không thứ nguyên vì $\Delta\phi$ và L có đơn vị cm hay m;

A - có đơn vị cm^2 hoặc m^2 ;

Q - có đơn vị m^3/s hay $\text{m}^3/\text{ngày}$;

K - có đơn vị là cm/s hay m/ngày.

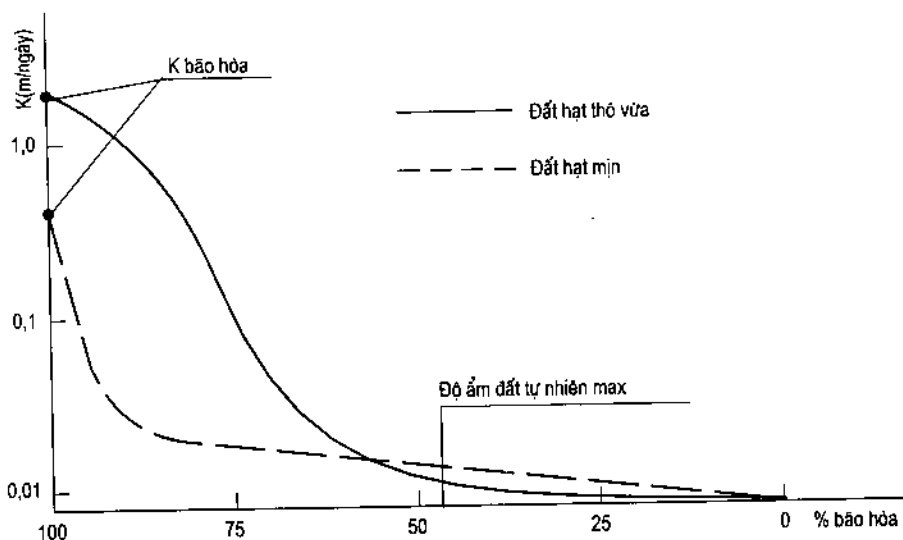
4.3.6. Hệ số thấm của đất

Hệ số thấm của đất (K) phụ thuộc chủ yếu vào các yếu tố như: loại đất (cát, sét, bụi,...) và thành phần hạt của đất; kết cấu của đất và trạng thái (bão hòa hay chưa bão hòa) và độ ẩm của đất. Đất có thành phần hạt mịn càng lớn thì K càng nhỏ, mức độ bão hòa càng cao thì giá trị K càng lớn... Trên hình 4.10 minh họa sự phụ thuộc của hệ số thấm K vào các yếu tố vừa nêu trên. Tất nhiên, nhiệt độ cũng ảnh hưởng tới giá trị của hệ số thấm, khi nhiệt độ tăng, độ nhớt của nước sẽ giảm và giá trị của K sẽ tăng lên. Tuy nhiên trong thực tế vì ở các lớp đất bên dưới mặt đất, nhiệt độ thường khá ổn định hoặc thay đổi không đáng kể, nên ảnh hưởng của nhiệt độ có thể bỏ qua.

Bảng 4.5 dưới đây thống kê giá trị của hệ số thấm đối với một số loại đất trong trạng thái bão hòa.

Bảng 4.5: Một số giá trị của hệ số thấm K khi đất bão hòa

Loại đất	K (m/ngày)
Cát hạt thô	10 đến 50
Cát hạt vừa	1 đến 5
Cát mịn	1 đến 3
Đất thịt, cát pha	0,5 đến 2,0
Đất thịt mịn	0,2 đến 0,5
Đất sét pha	0,02 đến 0,2
Đất sét	< 0,002



Hình 4.10: Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ số thấm K

4.3.7. Chuyển động của nước trong trạng thái chưa bão hòa

Định luật Darcy cũng được áp dụng đối với dòng thấm trong môi trường xốp rỗng ở trạng thái chưa bão hòa. Hình 4.11 minh họa trường hợp chuyển động của dòng thấm ở trạng thái ổn định qua môi trường đất ẩm chưa bão hòa để xuống tới mực nước ngầm. Vận tốc dòng thấm là 20 mm/ngày, áp suất độ ẩm được đo tại các điểm cách đều nhau 20cm bằng áp kế. Giá trị hệ số thấm K, sau đó được tính toán theo công thức của định luật Darcy như sau:

Từ:
$$V = -K \frac{\Delta\phi}{L} \text{ rút ra: } K = -V \frac{L}{\Delta\phi} \quad (4.11)$$

Trong đó: $V = 20 \text{ mm/ngày} = 2 \text{ cm/ngày}$; $L = 20 \text{ cm}$.

$$\Delta\phi = (\phi_G + \phi_P)_{n+1} - (\phi_G + \phi_P)_n = (Z_{n+1} + P_{n+1}) - (Z_n + P_n)$$

Thí dụ tại hai điểm giữa $Z = 80 \text{ cm}$ và $Z = 60 \text{ cm}$ sẽ tính được giá trị của K như sau:

$$K = -2 \frac{20}{(60 - 30) - (80 - 32,5)} = 2 \frac{20}{17,5} = 2,3 \text{ m/ngày}$$

Tính toán tương tự cho các khoảng đo khác sẽ được kết quả như sau:

Khoảng cách: $Z = 120 \rightarrow 100 \dots K = 2,0 \text{ cm/ngày}$

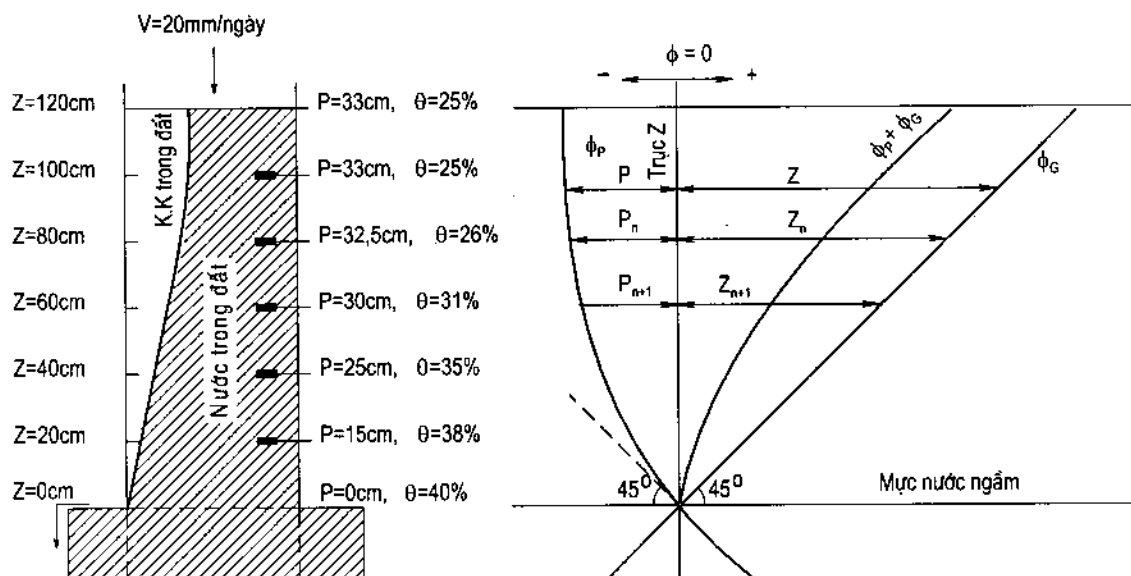
$Z = 100 \rightarrow 80 \dots K = 2,1 \text{ cm/ngày}$

$Z = 80 \rightarrow 60 \dots K = 2,3 \text{ cm/ngày}$

$Z = 60 \rightarrow 40 \dots K = 2,7 \text{ cm/ngày}$

$Z = 40 \rightarrow 20 \dots K = 4,0 \text{ cm/ngày}$

$Z = 20 \rightarrow 0 \dots K = 8,0 \text{ cm/ngày}$



Hình 4.11: Chuyển động của dòng thấm xuống mực nước ngầm trong trạng thái ổn định

Thực tế giá trị K sẽ thay đổi liên tục theo đường cong tròn, do vậy dưới dạng tích phân, định luật Darcy sẽ theo công thức sau:

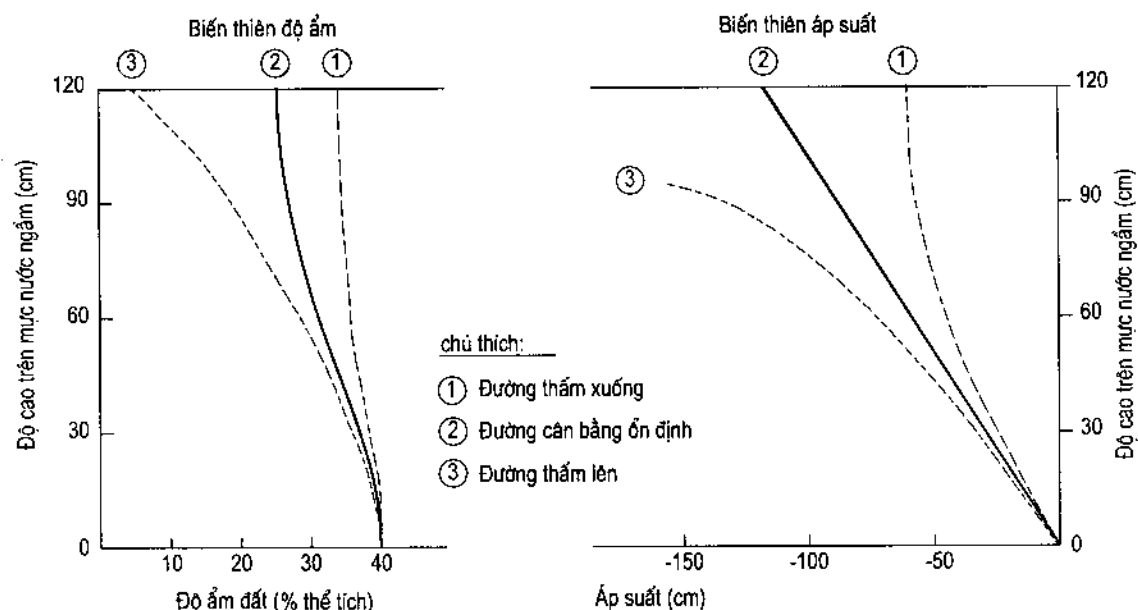
$$V = -K \frac{d\phi}{dZ} \quad (4.12)$$

Từ hình 4.11, chúng ta thấy giá trị hệ số thấm tăng dần theo độ sâu và đạt giá trị cực đại tại mực nước ngầm, giá trị hệ số thấm này gọi là hệ số thấm bão hòa (K_{sat}). Dòng thấm ổn định đang nghiên cứu sẽ đạt đến giá trị lớn nhất khi đất đạt đến trạng thái bão hòa hoàn toàn và hệ số thấm bằng hệ số thấm bão hòa. Như vậy, nếu có mưa hay khi tưới ruộng, nếu cường độ mưa lớn hơn vận tốc dòng thấm bão hòa, lúc đó sẽ hình thành dòng chảy mặt và đất bị ngập úng nước. Trong ứng dụng thực tế, người ta có thể lấy gần đúng giá trị K là hằng số trong mỗi khoảng biến thiên về cao độ, thậm chí lấy K bằng hằng số trên khoảng rộng đối với những tính toán sơ bộ.

4.3.8. Phân bố độ ẩm trong đất và các hằng số ẩm

Điều kiện về độ ẩm của đất thay đổi rất nhiều theo cả không gian và thời gian. Biểu đồ phân bố độ ẩm của đất theo chiều sâu cho thấy, sự thay đổi của độ ẩm theo các vị trí chiều sâu khác nhau. Sự thay đổi này là do áp suất nước trong đất thay đổi theo chiều sâu mà độ ẩm của đất lại phụ thuộc chủ yếu vào áp suất. Trên hình 4.12 trình bày ba biểu đồ phân bố độ ẩm và áp suất điển hình theo độ sâu. Đường 1 là đường biểu diễn quan hệ của độ ẩm và áp suất khi dòng thấm từ trên xuống đất sau khi mưa, cho nên nó được gọi là *đường thấm xuống*, đặc điểm của đường thấm xuống đã được nghiên cứu trong mục 4.3.7. Đường 2 là đường *cân bằng ổn định*, trạng thái cân bằng này thường

đạt được sau 1 đến 2 ngày sau khi dòng thấm xuống mực nước ngầm dừng lại. Đặc điểm của đường cân bằng ổn định là $\phi = 0$ tại tất cả các điểm có độ sâu khác nhau và cũng đã được bàn luận trong mục 4.3.4. Đường 3 là *đường thấm lên*, trạng thái này thường xảy ra sau khoảng 1 tuần sau khi mưa, lúc đó lớp đất trên mặt khô dần do bốc hơi, nước trong các khe rỗng bị không khí chiếm chỗ, tạo điều kiện cho lực mao dẫn và hút bám xuất hiện.



Hình 4.12: Ba dạng phân bố điển hình của độ ẩm và áp suất theo chiều sâu

Qua rất nhiều nghiên cứu và thí nghiệm, người ta thấy có một số giá trị đặc biệt về độ ẩm của đất, các giá trị đặc biệt này được gọi là *hằng số ẩm*, mà chúng ta sẽ đề cập dưới đây.

Độ ẩm tự nhiên max (FC-Field Capacity): Đất đạt được giá trị độ ẩm tự nhiên lớn nhất sau khi có đủ lượng mưa hoặc tưới và dòng thấm xuống mức nước ngầm hầu như ngừng lại trong khi trên mặt đất không có lượng bốc thoát hơi đáng kể. Khi mực nước ngầm nông (1 đến 2 m dưới mặt đất), trạng thái đạt độ ẩm tự nhiên ứng với đường cân bằng ổn định trong hình 4.12. Khi mực nước ngầm ở sâu dưới đất, trạng thái này hầu như không xảy ra bởi điều kiện dừng thấm xuống và không bốc hơi hầu như không trùng lặp. Trong thực tế, trạng thái đạt độ ẩm tự nhiên lớn nhất chỉ xảy ra trong thời gian rất ngắn trong quá trình tiêu. Mặc dù vậy, giá trị FC của đất có ý nghĩa quan trọng về lý luận và là cơ sở để tính toán các hằng số khác.

Điểm héo (WP-Wilting Point): Đất được gọi là ở độ ẩm tại điểm héo (WP) là khi cây cối không còn có thể chiết hút ẩm trong đất để sống nữa. Tại điểm WP, nước trọng lực, nước mao dẫn và một phần nước màng trong các khe rỗng không còn nữa, chỉ còn một phần nhỏ nước màng và ở áp suất hút bám lớn hơn khả năng chiết hút nước của rễ cây.

Nói chung, đối với đa số các loại đất, tại điểm WP thì áp suất hút bám đạt giá trị -15 atm (15000cm hay pF = 4,2).

Lượng ẩm phù hợp (AM-*Available Moisture*): Lượng ẩm trong đất thuộc vùng rễ cây giữa hai giá trị FC và WP được gọi là lượng ẩm phù hợp. Nước và độ ẩm trong vùng rễ cây nằm ngoài khoảng (trên FC và dưới WP) hoặc bị thấm nhanh chóng xuống vùng bão hòa dưới mực nước ngầm, hoặc nằm ở trạng thái cần lực hút cao quá khả năng của rễ cây, do đó cây trồng không thể sử dụng được.

Từ định nghĩa về AM, đối với nước ngầm nằm sâu dưới mặt đất, nếu biết FC = 29% thể tích, WP = 15% thể tích và chiều sâu vùng rễ là 75 cm, chúng ta có thể tính được AM như sau:

$$AM = \frac{(29 - 15)}{100} \times 750 = 105 \text{ mm}$$

Khi mực nước ngầm nông, không thể áp dụng công thức trên được mà phải có các đường đặc trưng ẩm cụ thể để tích phân gần đúng.

Trong thực tế, chỉ một phần lượng ẩm thuộc AM có hiệu quả tốt đối với cây trồng, lượng ẩm này được gọi là lượng ẩm phù hợp nhất (RAM-*Readily Available Moisture*), thường giá trị RAM = 2/3AM.

Thể tích rỗng biến đổi (μ -*Drainable Pore Space*): Khi trạng thái cân bằng ổn định xuất hiện bên trên mực nước ngầm tầng trên (nước ngầm nông), ngay sau đó mực nước ngầm sẽ bị hạ thấp xuống bởi vì không có dòng thấm từ trên xuống trong khi mực nước ngầm tầng trên tiếp tục thấm thấu xuống dưới. Quá trình này làm cho nước trong phần khe rỗng giảm đi và hàm lượng khí tăng lên. Ngược lại khi mực nước ngầm tầng trên khi tăng lên để đạt trạng thái cân bằng ổn định sẽ làm giảm hàm lượng khí và tăng hàm lượng nước trong khe rỗng. Thể tích rỗng khi thì bị mất nước, lúc lại được làm đầy nước xung quanh trạng thái cân bằng ổn định được gọi là *lượng nước thể tích rỗng biến đổi* (DPW-*Drainable Pore Water*) và được đặc trưng bằng *thể tích rỗng biến đổi μ* . Và chúng ta có công thức tính μ như sau:

$$\mu = \frac{100 \times DPW}{h}; (\%) \quad (4.13)$$

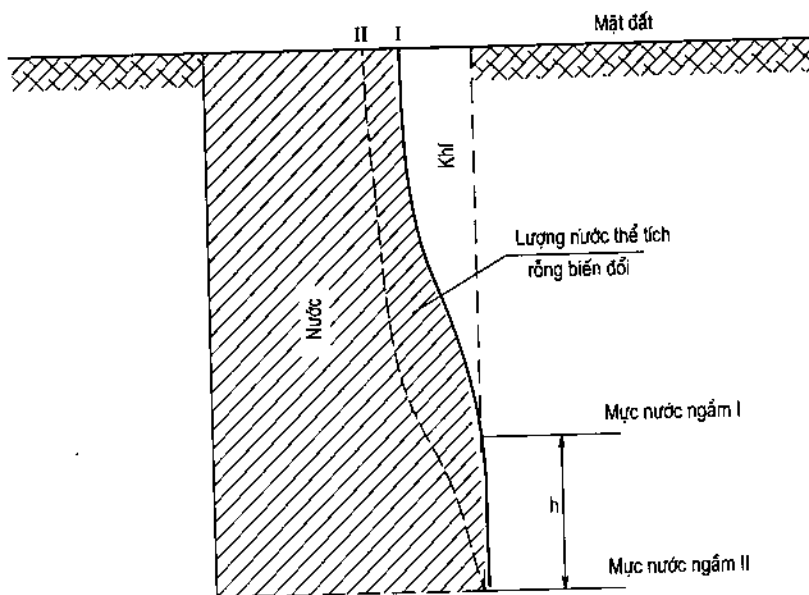
Với: DPW - giá trị đo đặc từ thí nghiệm hiện trường (mm);

h - độ dao động mực nước ngầm tầng trên theo chiều sâu (mm).

Hình 4.13 minh họa về lượng nước thể tích rỗng biến đổi và thể tích rỗng biến đổi.

Giá trị μ phụ thuộc vào thành phần hạt và kết cấu của đất, gần đúng và sơ bộ có thể tham khảo giá trị này đối với các loại đất khác nhau ở dưới đây:

Loại đất	Giá trị μ (%)
Đất sét tinh	1 ÷ 2
Đất sét, á sét, á cát	4 ÷ 8
Đất cát mịn	15 ÷ 20
Đất cát thô	25 ÷ 35



Hình 4.13: Minh họa về lượng nước thể tích rỗng biến đổi và thể tích rỗng biến đổi

4.3.9. Dòng chảy ngầm

Nước ngầm là môi trường nước trong đất bão hòa hoàn toàn nằm bên dưới mực nước ngầm. Vận tốc và phương chiều của dòng nước ngầm phụ thuộc vào từng loại đất, phụ thuộc vào tiềm năng của nước trong đất, bao gồm cả về lực trọng trường và áp lực đã giới thiệu ở trên.

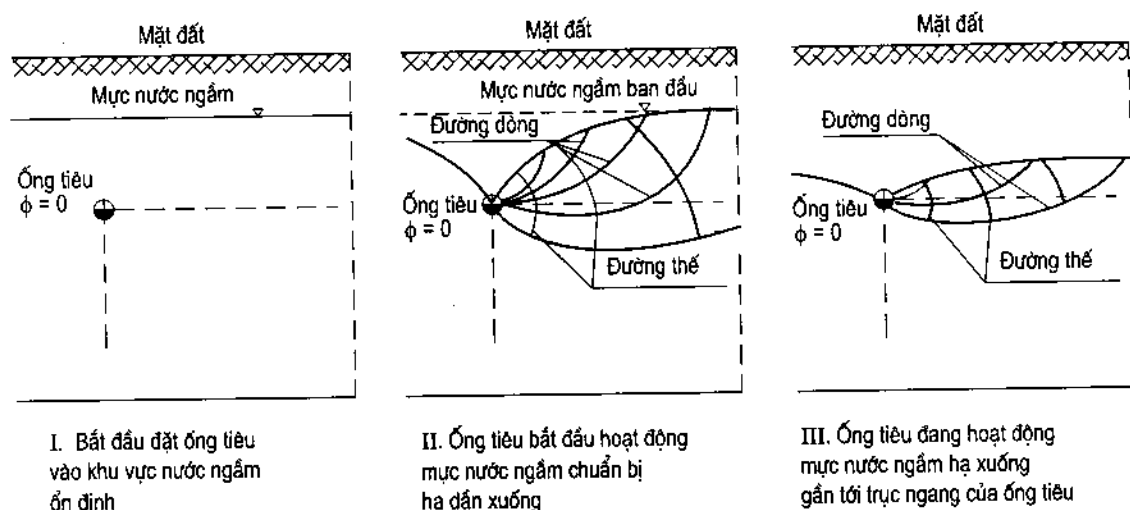
Để mô tả chuyển động dòng chảy của nước ngầm, thường người ta sử dụng hệ ba phương trình nổi tiếng là phương trình Darcy, phương trình liên tục và phương trình Laplace về năng lượng tiềm năng.

$$\text{Phương trình Darcy: } \begin{cases} V_x = -K \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ V_y = -K \frac{\partial \phi}{\partial y} \end{cases} \quad (4.14)$$

$$\text{Phương trình liên tục: } \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0 \quad (4.15)$$

$$\text{Phương trình Laplace: } \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (4.16)$$

Chuyển động của nước ngầm là một vấn đề rất lớn và phức tạp, được trình bày trong rất nhiều sách, tạp chí và các tài liệu chuyên môn, ở đây chỉ giới thiệu một cách ngắn gọn về khái niệm mà thôi.



Hình 4.14: Minh họa về chuyển động của nước ngầm

Trong hình 4.14 trình bày ba giai đoạn làm việc của ống tiêu để hạ mực nước ngầm. Giai đoạn I biểu thị lúc mới đặt ống tiêu và ống bắt đầu làm việc, mực nước ngầm đang ở trạng thái ổn định. Giai đoạn II, ống tiêu làm việc được một thời gian, mực nước ngầm xung quanh ống đã hạ thấp xuống, nhưng ở khoảng cách khá xa ống thì mực nước ngầm vẫn ở cao độ như trạng thái ban đầu. Giai đoạn III là lúc ống tiêu sắp đạt hiệu quả thiết kế, mực nước ngầm đã hạ thấp xuống nhiều so với trạng thái ban đầu. Để đặc trưng cho chuyển động của dòng nước ngầm tại một thời điểm bất kỳ, người ta sử dụng các phương trình cơ bản (4.14, 4.15 và 4.16) để xây dựng lưới *đường đồng* và *đường thế*, trên một đường đồng thì phương trình liên tục được đảm bảo, trong khi trên cùng một đường thế thì phương trình năng lượng được bảo toàn ($\phi = \text{const}$).

4.4. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 4

1. Nêu 5 vấn đề cần giải quyết của bài toán tiêu?
2. Úng là gì? Các nguyên nhân gây úng?
3. Hãy phân loại bài toán tiêu? và phương hướng giải quyết đối với mỗi loại bài toán tiêu?
4. Hãy viết phương trình cân bằng nước đối với bài toán tiêu nước mặt?
5. Hãy viết phương trình cân bằng nước đối với bài toán tiêu nước ngầm?
6. Hãy trình bày về tiêu chuẩn tần suất tiêu và cấp công trình được quy định trong quy phạm?
7. Nêu khả năng chịu úng của lúa và một số cây trồng cạn đã trình bày trong chương 4?

8. Hãy trình bày khái niệm về kết cấu của đất tự nhiên và thể 3 pha của đất?
9. Nêu khái niệm về nước ngầm, mực nước ngầm và độ ẩm của đất?
10. Nêu khái niệm về áp suất của nước trong đất, áp suất nước bên trên mực nước ngầm, áp suất bên dưới mực nước ngầm?
11. Nêu đơn vị đo áp suất và các hệ số chuyển đổi đơn vị?
12. Lực mao dẫn là gì? Lực hút bám là gì?
13. Nêu mối quan hệ và các đường cong quan hệ giữa áp suất và độ ẩm?
14. Nêu định nghĩa về năng lượng tiềm tàng của nước trong đất, các thành phần của tiềm năng này là gì?
15. Phát biểu và viết công thức của định luật Darcy?
16. Hệ số thấm của đất là gì? hệ số thấm phụ thuộc và những yếu tố nào? Đất sét là đất thấm nhiều hay thấm ít?
17. Trình bày nguyên lý chuyển động của nước ở trạng thái chưa bão hòa?
18. Nêu khái niệm về sự phân bố độ ẩm của đất theo chiều sâu? Nêu khái niệm về các hằng số ẩm: FC, WP, AM, RAM, DAW và μ ?
19. Viết ba phương trình cơ bản đối với chuyển động của dòng nước ngầm?
20. Đường dòng và đường thế trong chuyển động của dòng ngầm là gì? Đặc điểm của mỗi đường?

Chương 5

THIẾT KẾ HỆ THỐNG TIÊU

5.1. KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG TIÊU NƯỚC

Nội dung chương 4 đã phân tích tầm quan trọng của việc tiêu nước đối với nông nghiệp. Tiêu nước có thể được chia thành 3 loại chính: tiêu úng, tiêu thoát, và tiêu lái lũ, mỗi loại có những đặc điểm công trình khác nhau về loại, kết cấu và quy mô công trình. Do mục tiêu của môn học là nghiên cứu về tưới và tiêu cho nông nghiệp, cho nên trong chương này chỉ tập trung nghiên cứu các loại công trình tiêu úng, phục vụ cây trồng và đất canh tác.

Một hệ thống tiêu phục vụ nông nghiệp có thể được chia thành ba thành phần chính (hình 5.1):

1. Mạng lưới thu nước tiêu. Lượng nước thừa hay lượng nước cần tiêu được mạng lưới thu nước tiêu (tại mỗi khu tiêu) thu nhận và dẫn đến hệ thống tiêu chính. Tùy thuộc vào đặc điểm của từng loại đất trong khu vực cần tiêu, mạng lưới thu nước tiêu được chia thành hai loại chính là:

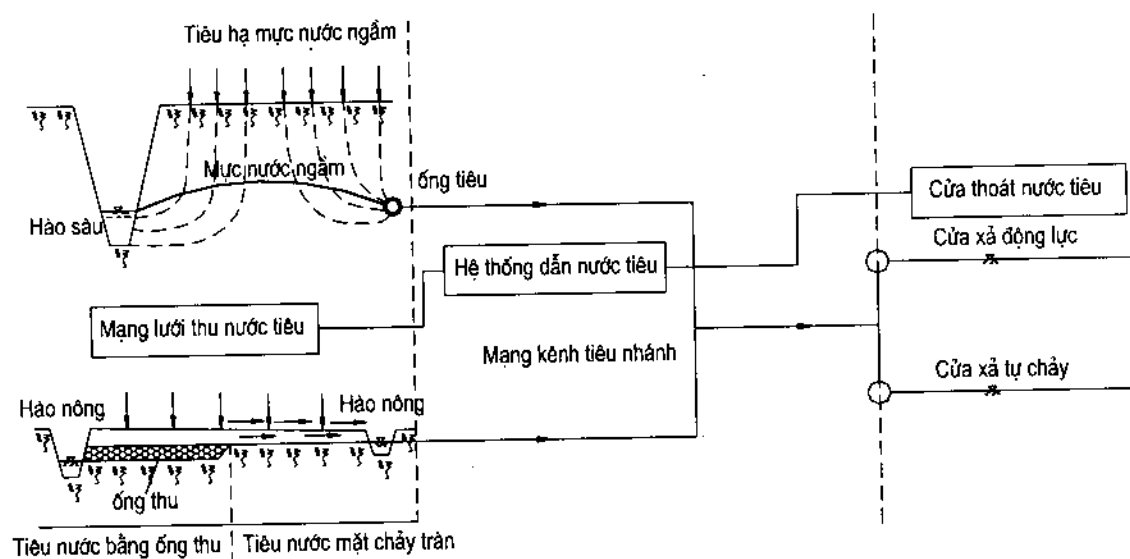
a) *Hệ thống tiêu nước ngầm.* Hệ thống này bao gồm các ống thu nước tiêu được đặt ngầm dưới đất, các ống tiêu thu nhận lượng nước cần tiêu trong đất thông qua dòng chảy ngầm.

b) *Hệ thống tiêu nước hở.* Hệ thống hở bao gồm các hào nông, hay kênh tiêu. Hệ thống này được áp dụng khi tầng đất không thấm nước nằm khá nông, khả năng sử dụng dạng thấm thấu của dòng ngầm là không hiệu quả. Hệ thống này cũng được sử dụng để tiêu các vùng nước trên bề mặt đất khi mức nước vượt quá mực nước cần thiết.

2. Hệ thống tiêu chính. Hệ thống tiêu chính (có thể là kênh tiêu hoặc đường ống chính) nhận nước tiêu từ mạng lưới thu nước tiêu, sau đó vận chuyển nước tới cửa thoát nước tiêu. Hình thức dẫn nước thường được sử dụng là hào, rãnh hoặc kênh. Các cấp kênh nhỏ gần như dạng hào, rãnh chạy dọc theo các đường biên xung quanh khu vực được tưới, nhận nước tiêu trực tiếp từ khu vực úng và vận chuyển tới các kênh lớn hơn. Hệ thống dẫn nước chính cũng có thể sử dụng các đường ống đi ngầm dưới đất, chuyển nước trực tiếp ra cửa ra hoặc dẫn vào các kênh tiêu chính.

3. Cửa thoát nước tiêu. Đây là điểm cuối cùng của cả hệ thống tiêu, thường là điểm trũng nhất và gần kề với các sông suối, hồ ao mà lượng nước cần tiêu sẽ đổ vào. Tại đây, nước cần tiêu có thể tự chảy về nguồn tiếp nhận hoặc phải thông qua trạm bơm tiêu (tiêu động lực).

Trong ba thành phần, chúng ta sẽ chú ý đến thành phần thứ nhất, còn thành phần hệ thống tiêu chính và cửa thoát tiêu đã được nghiên cứu khá kỹ trong các môn học khác như: thủy lực công trình, thủy công, ... và phần trạm bơm sau này.



Hình 5.1: Các phần chính của một hệ thống tiêu

5.1.1. Nhiệm vụ của hệ thống tiêu nước

Hệ thống tiêu nước có một số nhiệm vụ sau:

Rút và giảm bớt lượng nước ngầm trong đất để đảm bảo lượng nước cần thiết, và thông thoáng khí cho khu vực vùng rễ của cây trồng.

Kết hợp với hệ thống tưới tạo thành một hệ thống tưới tiêu hợp lý và hiệu quả.

Tham gia vào quá trình vận chuyển lượng muối ra khỏi vùng rễ của cây trồng trong quá trình rửa mặn.

5.1.2. Phân loại hệ thống tiêu

Phân loại theo hình thức tiêu nước

- Hệ thống tiêu nước mặt
- Hệ thống tiêu nước ngầm

Phân loại theo dạng luân chuyển nước tiêu

- Trong một mạng lưới tiêu nước, nước thừa của vùng đất này có thể được bổ sung lượng nước tưới cho vùng đất khác.

- Nước tiêu được chuyển trực tiếp ra cửa thoát.

Phân loại theo dạng tiêu

- Tiêu trọng lực
- Tiêu động lực

5.1.3. Nguyên tắc bố trí hệ thống tiêu

Dù tiêu nước mặt hay nước ngầm thì việc bố trí hệ thống tiêu nước cũng tuân theo một số nguyên tắc sau :

- Mạng lưới hào, kênh, ống thu nước tiêu phải đủ dày đặc để nhanh chóng thu nước tiêu vào mạng dẫn nước tiêu.

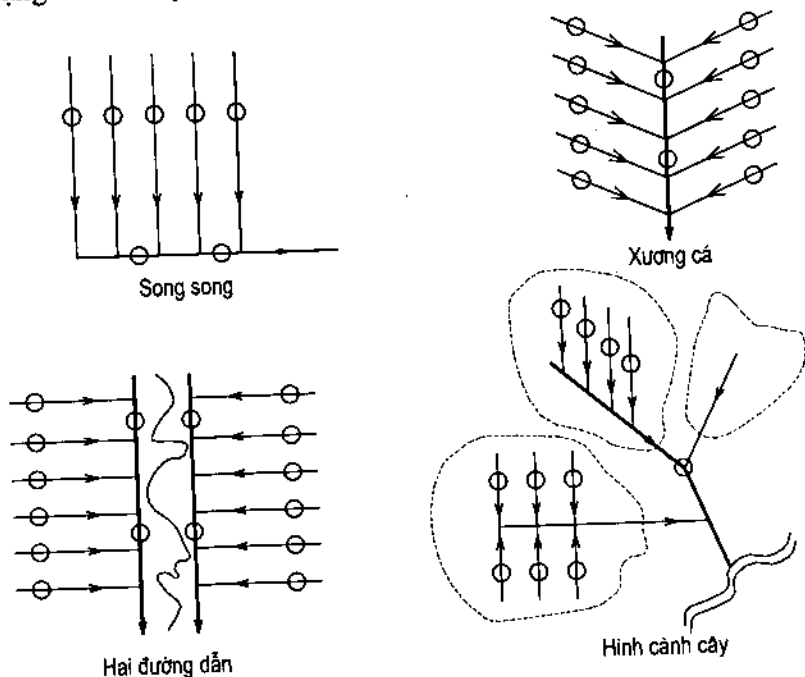
- Mạng thu nước tiêu và dẫn nước tiêu phải được bố trí tại địa hình có điều kiện phù hợp nhất để tăng hiệu quả thu và dẫn nước.

- Từ mạng thu đến cửa thoát nước tiêu có thể là tự chảy, tức là miệng cửa thoát thấp hơn cuối kênh tiêu chính, kênh tiêu chính thấp hơn kênh tiêu nhánh, kênh tiêu nhánh thấp hơn mạng lưới thu nước cần tiêu. Nếu không đảm bảo điều kiện tiêu tự chảy, thì chuyển sang tiêu động lực, tức là cần có trạm bơm tại những chỗ không thể tiêu tự chảy.

Bố trí hệ thống tiêu nước được đánh giá hiệu quả nhất khi hệ thống được sắp xếp trên một diện tích nhỏ nhất kể từ vị trí cần tiêu đến cửa thoát nước tiêu. Bố trí hệ thống tiêu ngầm, việc đầu tiên là phải có được bản đồ địa hình khu vực cần tiêu nước và căn cứ vào đó xác định sơ đồ bố trí cho toàn bộ hệ thống tiêu.

Dưới đây là một số sơ đồ bố trí hệ thống tiêu (hình 5.2):

- Sơ đồ lưới song song (Parallel).
- Sơ đồ xương cá (Herringbone).
- Sơ đồ sử dụng hai đường dẫn chính (Double Main).
- Sơ đồ mạng nhánh cây (Targeted).



Hình 5.2: Một số sơ đồ bố trí hệ thống tiêu nước

5.2. TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG TIÊU THIẾT KẾ

5.2.1. Các yếu tố ảnh hưởng tới lưu lượng tiêu thiết kế

Xác định chính xác lưu lượng tiêu thiết kế là một nhiệm vụ quan trọng và có ảnh hưởng lớn tới quy mô của mạng lưới thu và dẫn nước tiêu, qua đó ảnh hưởng tới hiệu quả đầu tư cho hệ thống tiêu. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng tới giá trị của lưu lượng tiêu thiết kế. Tuy nhiên các yếu tố này có thể được quy vào một số nhóm như: nhóm yếu tố ảnh hưởng liên quan đến mưa hoặc nguyên nhân gây úng; nhóm yếu tố ảnh hưởng liên quan đến tính chất cơ lý của đất đai và thảm phủ thực vật; nhóm yếu tố ảnh hưởng liên quan đến quá trình vận chuyển và sức cản thủy lực; nhóm yếu tố liên quan đến tầm quan trọng của nhiệm vụ tiêu và phương pháp tính lưu lượng tiêu. Dưới đây chúng ta sẽ phân tích các nhóm yếu tố ảnh hưởng kể trên.

1. Nhóm yếu tố ảnh hưởng liên quan đến mưa

a) *Ảnh hưởng của cường độ mưa thiết kế.* Rõ ràng rằng, cường độ mưa thiết kế càng lớn (tần suất mưa thiết kế lấy theo quy phạm, xem chương 4) thì lưu lượng tiêu thiết kế sẽ càng lớn và ngược lại.

b) *Ảnh hưởng của thời gian mưa.* Thời gian mưa càng kéo dài thì tổng lượng nước mưa sẽ càng lớn do hai nguyên nhân: một là lượng nước mưa tập trung (luỹ tích) càng lớn, nguyên nhân thứ hai là đất đá bão hoà (no nước), các yếu tố xung quanh như cây cối, ao hồ ... cũng đã no nước, khả năng tháo của hệ thống tiêu bị quá tải, làm chậm thời gian tiêu nước, tăng thời gian ngập úng cho cây trồng.

2. Nhóm yếu tố ảnh hưởng liên quan đến tính chất cơ lý của đất đai và thảm phủ thực vật

a) *Ảnh hưởng của tính chất cơ lý của đất.* Tính chất cơ lý của đất, trong đó quan trọng nhất là khả năng trữ nước (ngậm nước) và hệ số thấm có ảnh hưởng lớn đến lưu lượng tiêu ngậm.

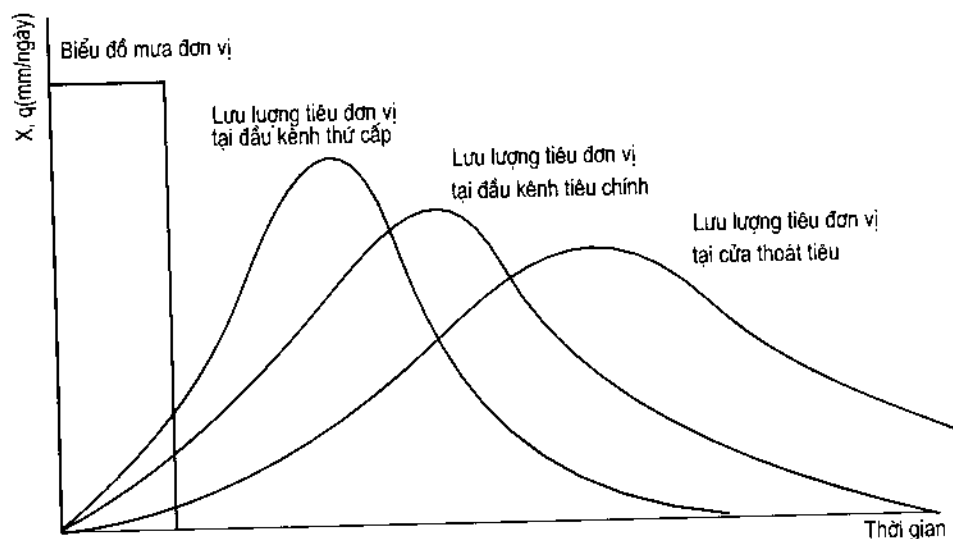
b) *Ảnh hưởng của độ dốc bề mặt đất.* Độ dốc bề mặt đất có ảnh hưởng lớn đến quá trình hình thành và tập trung dòng chảy do mưa. Độ dốc càng lớn thì lưu lượng tiêu càng lớn và xuất hiện nhanh và ngược lại.

c) *Ảnh hưởng của mực nước ngầm.* Mực nước ngầm của khu vực tiêu có ảnh hưởng lớn đến lưu lượng tiêu thiết kế, đặc biệt đối với nhiệm vụ tiêu nước ngầm.

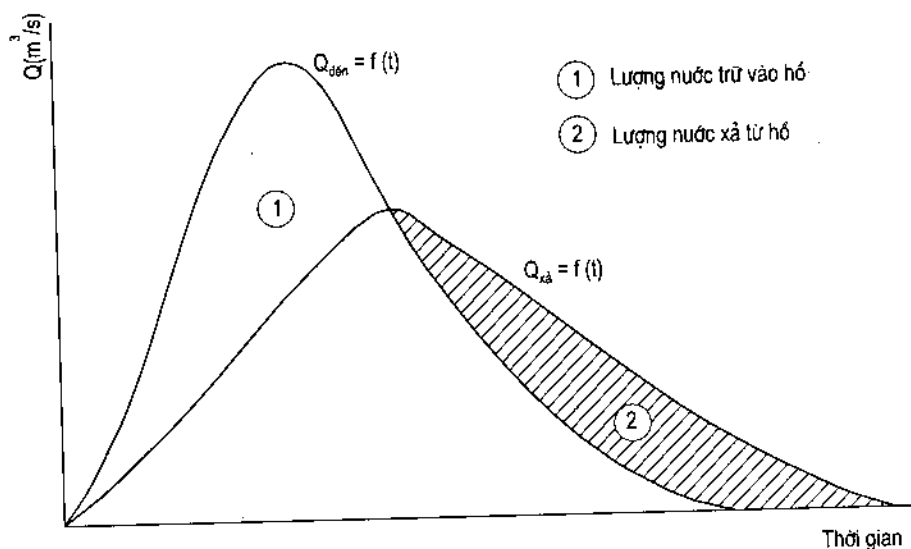
d) *Ảnh hưởng của thảm phủ thực vật.* Nếu thảm phủ thực vật tốt, mặt đất có rừng che phủ thì một phần không nhỏ lượng nước mưa sẽ được giữ lại ở lá cây và vùng rễ cây và ngược lại. Do đó lưu lượng tiêu thiết kế cũng sẽ thay đổi đối với mỗi điều kiện khác nhau về thảm phủ thực vật.

3. Nhóm yếu tố ảnh hưởng liên quan đến quá trình vận chuyển và sức cản thủy lực

a) Ảnh hưởng của dung tích trữ và sức kháng thủy lực. Dung tích trữ của lòng dẫn hay hồ ao cùng với sức kháng thủy lực là nguyên nhân chính dẫn tới việc thay đổi biểu đồ lưu lượng đơn vị dọc theo lòng dẫn. Để có thể tự chảy, cần dự trữ nước phía thượng lưu, làm cho đầu nước cao hơn phía hạ lưu, chênh lệch đầu nước này là động lực để dòng nước chảy trong lòng dẫn và hồ chứa. Hình 5.3 thể hiện sự biến đổi đường lưu lượng đơn vị do trận mưa gây nên dọc theo hệ thống tiêu, từ mạng lưới thu nước tiêu, qua hệ thống dẫn chính, tới cửa thoát tiêu. Hình 5.4 lại thể hiện quá trình lưu lượng tới hồ chứa và đường quá trình lưu lượng xả từ hồ (khả năng điều tiết của hồ).



Hình 5.3: Sự biến đổi lượng tiêu dọc theo lòng dẫn

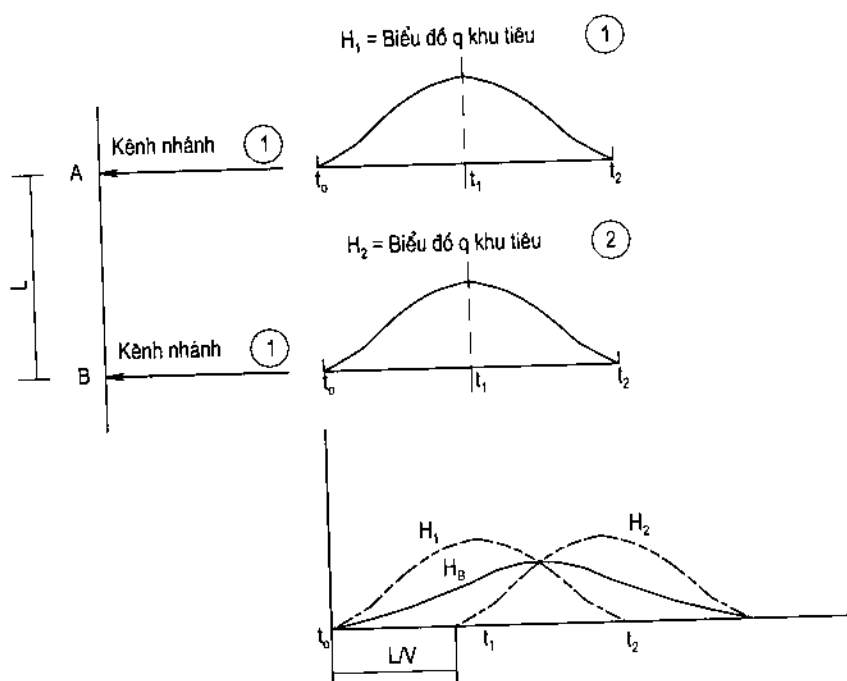


Hình 5.4: Lưu lượng tiêu giảm do khả năng trữ nước của hồ, ao

b) Ảnh hưởng của thời gian tập trung dòng chảy. Thời gian tập trung dòng chảy từ khu tiêu đến điểm tính toán nào đó trên hệ thống thu nước tiêu, hệ thống dẫn và cửa xả là khác nhau. Do đó tại một thời điểm nào đó ở điểm tính toán, lưu lượng tại đó là tổ hợp chập của quá trình lưu lượng từng khu tiêu, có kể đến thời gian tập trung dòng chảy

$$\Delta t_i = \frac{\Delta L_i}{v_i} \quad (\Delta L_i: \text{khoảng cách từ khu tiêu } i \text{ đến điểm tính toán; } v_i: \text{ vận tốc dòng chảy}$$

trên đoạn ΔL_i). Vấn đề tính toán tổ hợp chập đã được nghiên cứu trong môn học thủy văn và thủy văn công trình, về khái niệm có thể minh họa quá trình tập trung dòng chảy này trên hình 5.5. Trên hình 5.5, biểu đồ lưu lượng đơn vị tại khu tiêu 1 và 2 sau khi tổ hợp chập tại điểm nút B sẽ cho biểu đồ lưu lượng đơn vị là đường 3.



Hình 5.5: Ảnh hưởng của thời gian tập trung dòng chảy tới lưu lượng tiêu

4. Nhóm yếu tố liên quan đến tầm quan trọng của nhiệm vụ tiêu và phương pháp tính lưu lượng tiêu

a) Ảnh hưởng từ tầm quan trọng của nhiệm vụ tiêu. Nhiệm vụ tiêu càng quan trọng thì cấp công trình tiêu càng nhỏ, tần suất thiết kế sẽ nhỏ (lưu lượng tiêu thiết kế lớn) và các hệ số an toàn sẽ tăng, do đó lưu lượng tiêu thiết kế sẽ lớn.

b) Ảnh hưởng do phương pháp tính lưu lượng tiêu. Hiện nay đang tồn tại 3 loại phương pháp tính toán lưu lượng tiêu. Đó là: phương pháp phân tích thống kê từ tài liệu quan trắc; phương pháp tương quan mưa - lưu lượng tiêu (phương pháp mô hình toán) và phương pháp công thức kinh nghiệm. Mỗi phương pháp đều có ưu, nhược điểm, điều kiện áp dụng và cho các kết quả có phần khác nhau về lưu lượng tiêu thiết kế.

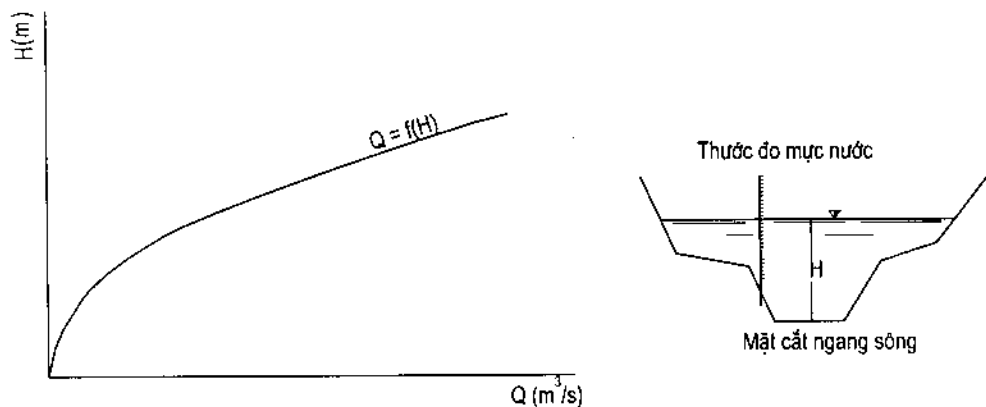
Như vậy lưu lượng tiêu thiết kế chịu ảnh hưởng của khá nhiều yếu tố, trong đó ngoài các yếu tố khách quan thì yếu tố chủ quan do lựa chọn phương pháp tính cũng đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định giá trị lưu lượng tiêu thiết kế. Dưới đây chúng ta sẽ cùng điểm lại một số phương pháp này.

5.2.2. Các phương pháp tính toán lưu lượng tiêu thiết kế

a) Phương pháp thống kê từ tài liệu quan trắc

Một trong những phương pháp truyền thống và có độ tin cậy cao để xác định lưu lượng tiêu thiết kế cho một khu vực tiêu là phương pháp phân tích thống kê tài liệu quan trắc lưu lượng trong quá khứ. Phương pháp này rất quen thuộc đối với bài toán xác định lưu lượng lũ thiết kế đối với hồ chứa. Đối với phương pháp này, cần lưu ý tới hai vấn đề là: đường quan hệ lưu lượng-mức nước trong sông tại một mặt cắt nào đó và vấn đề phân tích thống kê tài liệu quan trắc để xác định lưu lượng tiêu thiết kế.

Tại hầu hết các quốc gia đều có các trạm thủy văn quan trắc lưu lượng và mực nước tại những mặt cắt đặc biệt của các sông suối lớn và có vai trò quan trọng (thí dụ trên sông Đà thuộc hệ thống sông Hồng ở miền Bắc nước ta, tính từ thượng nguồn, có những trạm thủy văn quan trắc lưu lượng, mực nước và độ đục như: trạm Lai Châu, trạm Pa Vinh, trạm Tạ Bú, trạm Hòa Bình, trạm Sơn Tây, trạm Hà Nội. Các trạm này có thời kỳ quan trắc khá dài, từ năm 1902 đến nay). Tại các trạm thủy văn như vậy, mặt cắt sông đã được xác định các đặc trưng hình học và thủy lực, từ các tài liệu thực đo về lưu lượng (Q) và mực nước (H), người ta sẽ xây dựng được đường quan hệ lưu lượng - mực nước: $Q = f(H)$. Đường quan hệ thực tế này sau đó có thể được hiệu chỉnh và hàm hoá lại theo công thức Chezy-Manning đã biết. Từ đường quan hệ cơ sở này, chúng ta sẽ tìm được mực nước nếu biết lưu lượng hoặc ngược lại. Hình 5.6 thể hiện mặt cắt ngang sông suối tại một trạm thủy văn và dạng đường $Q = f(H)$ tại đó.



Hình 5.6: Quan hệ $Q = f(H)$ tại trạm thủy văn

Về phương pháp thống kê, chúng ta đã có được tần suất lưu lượng tiêu thiết kế theo cấp công trình tiêu. Thí dụ tần suất tiêu $p = 10\%$ cho một công trình tiêu phục vụ nông nghiệp nào đó, có nghĩa là lưu lượng tiêu thiết kế cho công trình đó tương ứng với tần suất xuất hiện là 10 năm một lần. Một số nước không dùng khái niệm tần suất xuất hiện ($p\%$) mà dùng chu kỳ lặp lại (T năm). Hai khái niệm này là tương đương nhau, vì:

$$p = \frac{1}{T} \times 100\% \quad (5.1)$$

Đối với các hồ chứa lớn, tần suất lũ thiết kế rất nhỏ, thí dụ với công trình cấp I, theo TCXDVN 285 : 2002 thì lũ thiết kế có tần suất $p = 0,1\%$ ($T = 1000$ năm), lũ kiểm tra có tần suất $0,02\%$ ($T = 5000$ năm). Với những công trình đặc biệt lớn và quan trọng, lũ kiểm tra cực lớn, hay còn gọi là lũ cực hạn (PMF) - lũ không tần suất.

Để có thể sử dụng phương pháp thống kê nhằm xác định lưu lượng tiêu thiết kế theo tần suất thiết kế, liệt tài liệu quan trắc phải đủ dài (thường > 15 đến 20 năm), nếu không có đủ tài liệu quan trắc thì có thể sử dụng một số phương pháp trong thủy văn để kéo dài, khôi phục, bổ sung tài liệu.

Thí dụ 5.1: Bảng 5.1 dưới đây cho một thí dụ minh họa xác định lưu lượng tiêu thiết kế tại một lưu vực có mặt cắt với số liệu 19 năm quan trắc dòng chảy lớn nhất năm. Tần suất tiêu thiết kế là $p = 10\%$. Sử dụng công thức trọng số để tính tần suất:

$$p = \frac{m}{N+1} \times 100\% \quad (5.2)$$

Với: N là tổng số năm quan trắc ($N = 19$), m là số thứ tự của giá trị lưu lượng sau khi sắp xếp theo quy luật từ lớn đến bé. Lưu lượng tiêu thiết kế ứng với tần suất thiết kế 10% là $Q_{10} = 90,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bảng 5.1: Thí dụ xác định lưu lượng tiêu thiết kế theo phương pháp thống kê

Năm	$Q_{\max}$ (m^3/s)	Thứ tự độ lớn m	Thứ tự độ lớn m	$Q_{\max}$ sắp xếp (m^3/s)	p (%)	T (năm)
1	2	3	4	5	6	7
1958	85,1	4	1	98,3	5,00%	20
1959	50,1	17	2	90,2	10,00%	10
1960	48,2	18	3	85,3	15,00%	
1961	68,3	10	4	85,1	20,00%	5
1962	60,4	13	5	80,7	25,00%	4
1963	55,2	14	6	80,6	30,00%	
1964	80,7	5	7	78,4	35,00%	
1965	90,2	2	8	78,3	40,00%	2,5
1966	85,3	3	9	76,7	45,00%	

Bảng 5.1: (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7
1967	61,3	12	10	68,3	50,00%	2
1968	98,3	1	11	61,5	55,00%	
1969	78,4	7	12	61,3	60,00%	
1970	80,6	6	13	60,4	65,00%	
1971	36,7	19	14	55,2	70,00%	
1972	50,2	15	15	50,2	75,00%	
1973	61,5	11	16	50,2	80,00%	1,25
1974	50,2	16	17	50,1	85,00%	
1975	78,3	8	18	48,2	90,00%	
1976	76,7	9	19	36,7	95,00%	
			N = 19	$Q_{ik} = 90,2$		

Lưu ý rằng, khi số giá trị quan trắc (N) là bất kỳ thì tần suất (p) và số năm (T) tính toán sẽ không chẵn, trong khi tần suất thiết kế lại chẵn, lúc này cần nội suy để tìm đúng giá trị lưu lượng tiêu thiết kế ứng với tần suất thiết kế.

Như vậy có thể kết luận rằng phương pháp phân tích thống kê từ tài liệu quan trắc là phương pháp đáng tin cậy nhất vì tính lưu lượng tiêu thiết kế trực tiếp từ lưu lượng thực đo, phương pháp này được áp dụng khi chuỗi tài liệu quan trắc đủ dài và có độ tin cậy nhất định.

b) Phương pháp tương quan mưa - lưu lượng tiêu

Khác với phương pháp thống kê, phương pháp sử dụng tương quan mưa - lưu lượng tiêu có kiểm định (còn có thể gọi là phương pháp mô hình toán) sẽ được áp dụng tại những khu tiêu không có đủ tài liệu quan trắc về lưu lượng (tài liệu quan trắc không đủ dài), như vậy độ tin cậy của kết quả tính theo phương pháp này rõ ràng không bằng phương pháp thống kê trực tiếp từ tài liệu quan trắc lưu lượng.

Cơ sở của phương pháp này là lưu lượng hình thành trên khu tiêu chủ yếu là do mưa rơi trên bề mặt, do đó giữa mưa và lưu lượng chắc chắn có mối quan hệ khá chặt chẽ. Nếu các ảnh hưởng khác tới lưu lượng như: đặc điểm khí hậu, nước ngầm, đất đai, thảm phủ thực vật... mà nhỏ và ít rõ nét thì mối quan hệ giữa mưa và lưu lượng sẽ càng chặt chẽ, đặc biệt đối với các khu vực dòng chảy hình thành chủ yếu do mưa chứ không phải do tuyết tan.

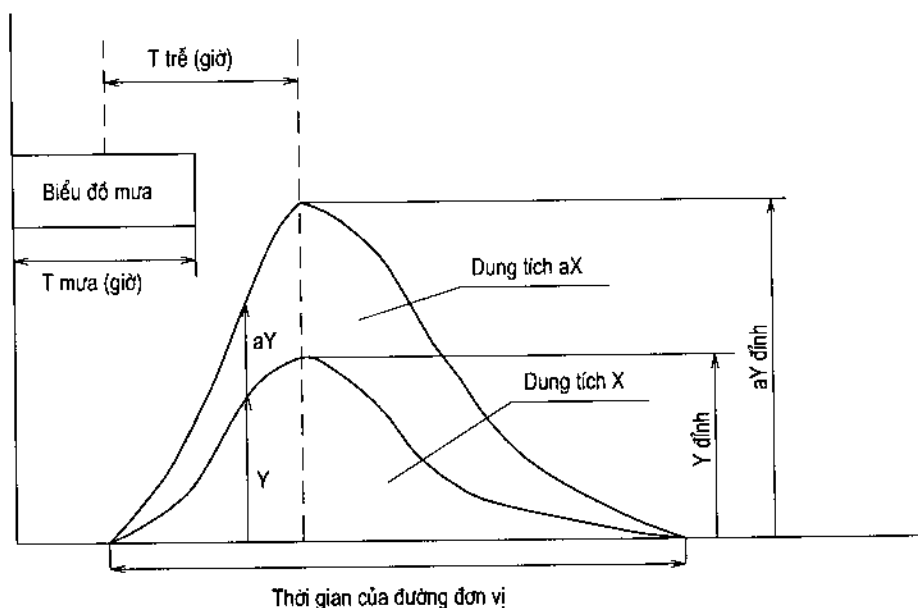
Trong phương pháp sử dụng tương quan mưa - dòng chảy có nhiều mô hình toán mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy từ mưa, ở đây chỉ tập trung giới thiệu hai phương pháp điển hình là: *phương pháp đường thủy văn đơn vị* (Unit Hydrograph Method) và *phương pháp hệ số hình thành* (Reaction Factor Method), ngoài ra chúng ta còn biết về các mô hình mưa - dòng chảy khác như TANK, HEC-1, SSARR,... Phương pháp đầu

phù hợp với tính lưu lượng tiêu mặt, còn phương pháp sau phù hợp với tính toán lưu lượng tiêu ngầm (khi đại bộ phận nước mưa chuyển thành dòng chảy ngầm). Trong điều kiện đất đai, thổ nhưỡng ở Việt Nam, phương pháp sau không phù hợp, cho nên chúng tôi chỉ giới thiệu phương pháp thứ nhất.

c) Phương pháp đường thủy văn đơn vị

Phương pháp này đã được giới thiệu trong nhiều giáo trình chuyên ngành, đặc biệt là các giáo trình, tài liệu thủy văn và thủy văn công trình, ở đây chỉ nêu lên một số điểm chủ yếu của phương pháp.

Lý luận cơ bản của phương pháp đường thủy văn đơn vị là đường thủy văn đặc trưng của một trận mưa tạo nên dòng chảy có dung tích $aX(\text{mm})$ và có đồ thị là $aY = f(t)$ có thể được xây dựng từ một đường thủy văn đặc trưng của một trận mưa khác trên cùng lưu vực, xảy ra cùng thời gian và tạo nên dòng chảy có dung tích $X(\text{mm})$ với đồ thị $Y = f(t)$ bằng cách nhân tung độ của đường thứ hai với hệ số $aX/X = a$ (với giả thiết biến đổi tuyến tính) như được minh họa trên hình 5.7.



Hình 5.7: Nguyên tắc của phương pháp đường thủy văn đơn vị

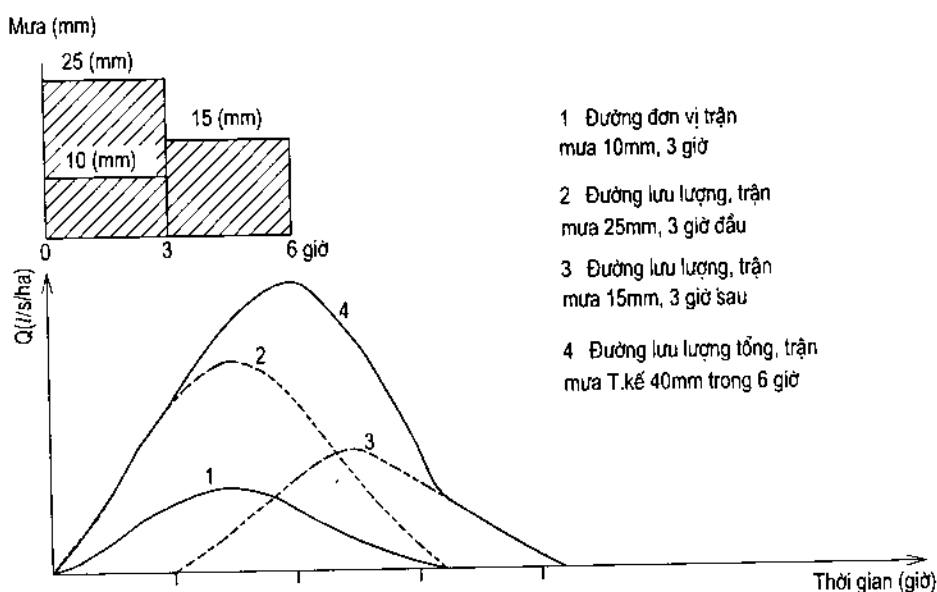
Từ phân tích trên cùng với hình 5.7, chúng ta thấy rằng, thời gian của đường đơn vị phụ thuộc vào thời gian mưa (T) và các đặc trưng lưu vực nhưng độc lập với dung tích và dung tích ($V - \text{mm}$) đơn vị ($Q = V/T - \text{mm/giờ}$). Như vậy đối với mỗi loại trận mưa có thời gian mưa cố định, nên xây dựng đường đơn vị là đường cho dung tích 1mm , 1cm ,... làm cơ sở để tính toán cho các trận mưa khác có cùng thời gian mưa. Đó chính là tư tưởng và nguyên tắc của phương pháp đường đơn vị. Với tư tưởng và nguyên tắc này, chúng ta sẽ xét thí dụ sau.

Dùng phương pháp đường đơn vị để xác định lưu lượng tiêu thiết kế cho khu vực cần tiêu, nếu biết các số liệu sau:

- + Biết đường đơn vị của trận mưa 10mm trong 3 giờ.
- + Trận mưa thiết kế 40mm kéo dài trong 6 giờ bao gồm: 3 giờ đầu mưa 25mm, 3 giờ sau mưa 15mm.
- + Toàn bộ lượng mưa được giả thiết là sẽ hình thành dòng chảy mặt, bỏ qua mọi yếu tố ảnh hưởng khác.

Quá trình tính toán được minh họa trên hình 5.8.

Thí dụ 5.2. Trong đó đường 1 là đường đơn vị của trận mưa 10mm trong 3 giờ. Đường 2 là đường ứng với 3 giờ đầu của trận mưa thiết kế có cường độ 25mm, đường này được xây dựng từ đường 1 bằng cách nhân tung độ với hệ số $25/10 = 2,5$ và giữ nguyên hoành độ. Đường 3 là đường ứng với 3 giờ sau của trận mưa thiết kế có cường độ 15mm, đường này được xây dựng từ đường 1 bằng cách nhân tung độ với hệ số $15/10 = 1,5$ còn hoành độ trượt đi 3 giờ. Đường 4 là đường lưu lượng tiêu thiết kế, nó được xây dựng bằng cách cộng đường 2 với đường 3.



Hình 5.8: Xác định Q_{ik} theo phương pháp đường thủy văn đơn vị

Một số hạn chế khi áp dụng phương pháp đường thủy văn đơn vị:

- Trước hết cần xây dựng đường đơn vị chuẩn từ số liệu quan trắc trận mưa thực và dòng chảy thực hình thành trên sông suối.
- Chỉ áp dụng tốt đối với lưu lượng tiêu mặt, dòng chảy tràn, dòng chảy hội tụ vào sông suối mà không nên áp dụng đối với dòng ngầm.

- Lượng mưa là đồng đều và ổn định trên toàn lưu vực. Điều này có nghĩa là đối với những lưu vực lớn, giả thiết trên sẽ không đảm bảo. Nói chung với diện tích lưu vực từ 10000 đến 50000 ha có thể sử dụng đường đơn vị của các trận mưa từ 2 đến 6 giờ.

- Trận mưa thiết kế chắc chắn sẽ khác đường mưa đơn vị về cả cường độ mưa và thời gian mưa, nhưng nếu sự sai khác này quá lớn sẽ dẫn đến độ tin cậy của kết quả giảm đi. Trong trường hợp này, cần phải chọn lại đường đơn vị.

d) Phương pháp công thức kinh nghiệm cho khu tiêu dốc

Trên đây chúng ta đã nghiên cứu hai phương pháp tính toán lưu lượng tiêu thiết kế (kể cả đỉnh và quá trình lưu lượng), hai phương pháp này đều có cơ sở lý luận chặt chẽ, nhưng đòi hỏi số liệu đầu vào nhiều và đặc biệt cần có tài liệu quan trắc dòng chảy và mưa chặt chẽ. Trong nhiều trường hợp, đặc biệt đối với khu tiêu nhỏ, nằm ở khu vực hẻo lánh, các điều kiện trên khó có thể thoả mãn, lúc này một số công thức kinh nghiệm có thể được áp dụng để khắc phục vấn đề này.

Trong nhóm phương pháp công thức kinh nghiệm, người ta cũng chia ra các công thức áp dụng cho dòng chảy mặt và ngầm, cho bề mặt khu tiêu bằng phẳng và dốc. Trong điều kiện của chúng ta, các công thức áp dụng cho bề mặt đất dốc và dòng chảy mặt hình thành do mưa là thực tế hơn cả, nên chúng tôi sẽ đi sâu vào nhóm công thức này. Nhóm công thức này cũng rất phong phú, sau khi lựa chọn, xin giới thiệu 2 công thức được sử dụng rộng rãi trên thế giới hiện nay là: phương pháp công thức phân vùng (Rational Formula Method) và phương pháp đường cong kinh nghiệm (Curver Number Method).

e) Phương pháp sử dụng công thức phân vùng

Trong thực tế, sau khi mưa đã thoả mãn yêu cầu làm ướt lá cây, bề mặt đất thì dòng chảy mặt sẽ hình thành. Giả thiết rằng quá trình này diễn ra đồng thời trên khắp bề mặt lưu vực có mưa, thì từ mọi điểm trên lưu vực, dòng chảy sẽ tập trung đến điểm thấp nhất (điểm B trên hình 5.9). Tất nhiên dòng chảy hình thành trên bề mặt lưu vực sẽ chảy về B không cùng một lúc do khoảng cách từ các điểm đến điểm B là khác nhau và thời gian chảy tới điểm B cũng khác nhau, và điểm xa nhất (điểm A) sẽ chuyển dòng chảy tới B sau cùng. Thời gian để dòng chảy từ điểm xa nhất chảy đến điểm tính toán được gọi là *thời gian tập trung dòng chảy* (T_c).

Phương pháp công thức phân vùng dựa trên giả thiết là dòng chảy tại điểm tính toán (điểm B) sẽ đạt cực đại (đỉnh) sau thời gian T_c với các cơn mưa có thời gian lớn hơn hoặc bằng thời gian tập trung dòng chảy T_c . Giả thiết này là có thể chấp nhận được với địa hình có bề mặt dốc và dòng chảy mặt hình thành do mưa trên lưu vực bởi các lý do sau:

+ Nếu thời gian mưa $< T_c$ thì chỉ một phần diện tích lưu vực tham gia vào quá trình hình thành dòng chảy tại điểm tính toán, bởi vì khi dòng chảy từ điểm xa nhất chảy đến thì một phần dòng chảy từ các khu vực khác đã chảy qua điểm này rồi.

+ Khi cơn mưa có thời gian $> T_c$, nói chung, toàn bộ lưu vực sẽ tham gia vào dòng chảy tại điểm tính toán, và lúc dòng chảy từ điểm xa nhất về tới điểm tính toán là lúc tại đó đạt cực đại, còn sau đó lưu lượng tại điểm tính toán có xu hướng giảm đi do thời gian mưa càng kéo dài thì cường độ mưa sẽ giảm cho đến lúc tạnh hẳn.

Với giả thiết như vậy, lưu lượng tiêu thiết kế (đỉnh) theo công thức phân vùng được viết theo (5.3). Lưu ý rằng công thức này chỉ áp dụng cho diện tích tiêu có độ dốc và có độ lớn trong phạm vi từ 100 đến 200ha. Khi diện tích khu tiêu lớn hơn, giả thiết cường độ mưa là đồng đều và ổn định trên toàn lưu vực không còn phù hợp nữa.

$$Q = \frac{CIA}{360}; (m^3/s) \quad (5.3)$$

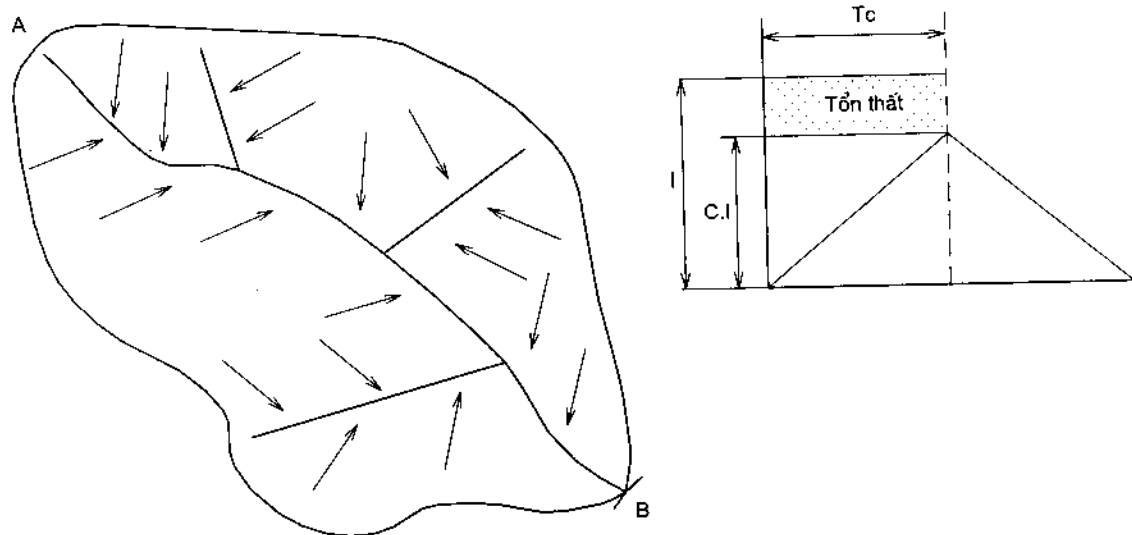
Trong đó:

Q - lưu lượng tiêu thiết kế (m^3/s);

I - cường độ mưa trung bình của trận mưa thiết kế ứng với thời gian mưa T_c (mm/h);

C - hệ số tập trung lưu lượng;

A - diện tích hứng nước (ha).



Hình 5.9: Quá trình hình thành dòng chảy trên lưu vực

Thời gian tập trung dòng chảy (T_c): Khi không có đủ tài liệu quan trắc, các kỹ sư thường phải tự tìm phương pháp để tính toán lưu lượng tiêu thiết kế. Muốn làm điều này, trước hết cần xác định được thời gian tập trung dòng chảy, thường được ký hiệu là T_c . Về mặt thứ nguyên, T_c bằng chiều dài chảy (L) chia cho vận tốc trung bình của dòng chảy (v). Và ta có:

$$T_c = \frac{L}{v} \quad (5.4)$$

Khi hệ thống dẫn chuyển phức tạp, có thể chia thành các đoạn đơn giản, và thời gian tập trung dòng chảy trên hệ thống có thể tính theo công thức bình quân gia quyền.

$$T_c = \sum \frac{L_i}{v_i} \quad (5.5)$$

Chiều dài tuyến dẫn dễ dàng được ước tính qua công tác đo đạc, khảo sát hoặc trên bản đồ địa hình, riêng vận tốc dòng chảy có phần phức tạp hơn. Khi dòng chảy ở trong kênh, nếu coi chế độ chảy là đều hoặc ổn định, chúng ta có thể tính toán vận tốc dòng chảy theo công thức Chezy-Manning.

$$v = C\sqrt{RJ} \approx C\sqrt{Ri} \quad (5.6)$$

Trong đó:

C - hệ số Chezy, $C = \frac{1}{n} R^y$;

n - độ nhám của lòng dẫn;

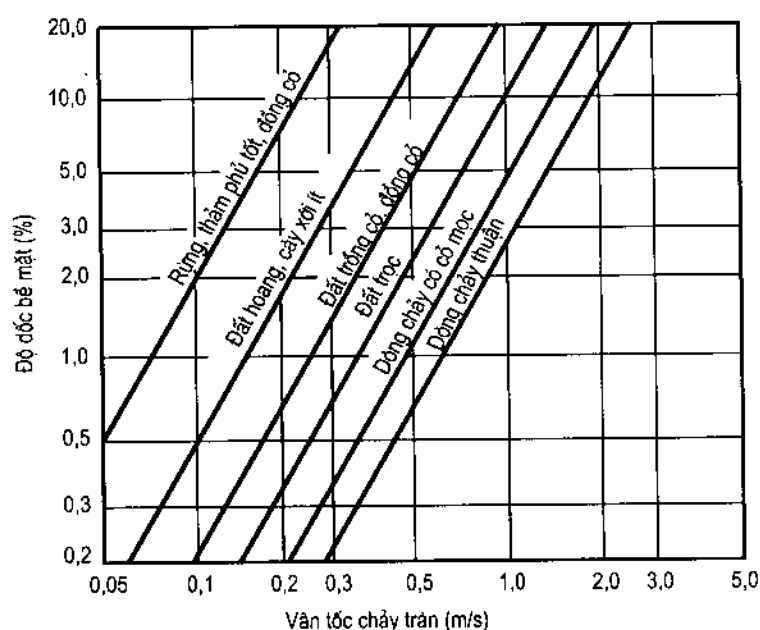
R - bán kính thủy lực của mặt cắt ngang lòng dẫn;

y - số mũ thủy lực, có thể lấy $y = 1/6$;

J - độ dốc mặt nước dọc dòng chảy;

i - độ dốc dọc đáy lòng dẫn.

Đối với lớp nước chảy tràn trên bề mặt (chưa hình thành dòng chảy trong lòng dẫn), có thể sử dụng công thức kinh nghiệm, hoặc tra biểu đồ của Wanielista - 1978) trên hình 5.10. Trong đó, vận tốc phụ thuộc vào độ dốc bề mặt lưu vực, loại thảm phủ bề mặt.



Hình 5.10: Đồ thị xác định vận tốc chảy tràn của Wanielista-1978

Ngoài ra, thời gian tập trung dòng chảy T_c có thể ước tính theo công thức kinh nghiệm của Kivpich (1940) cho lưu vực $< 50\text{ha}$:

$$T_c = \frac{L^{1,15}}{3080H^{0,38}}; (\text{giờ}) \quad (5.7)$$

Trong đó:

L - khoảng cách từ điểm xa nhất và điểm tính toán (m);

H - chênh cao giữa điểm xa nhất và điểm tính toán (m).

Hệ số tập trung lưu lượng (C): Trong công thức phân vùng, chúng ta còn cần xác định hệ số tập trung lưu lượng (C). Hệ số tập trung lưu lượng phản ánh lượng mưa thực tế tạo nên lưu lượng đỉnh lũ (hình 5.9). Hệ số này phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất đai, thảm phủ và độ dốc bề mặt. Hệ số tập trung lưu lượng có thể gần đúng lấy theo bảng 5.2 dưới đây.

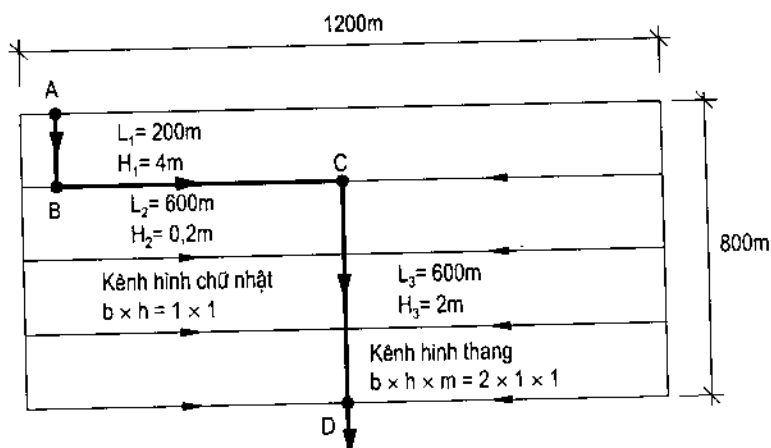
Để làm sáng tỏ quá trình tính toán lưu lượng tiêu thiết kế theo công thức phân vùng, chúng ta hãy làm quen với thí dụ 5.3.

Bảng 5.2: Hệ số tập trung lưu lượng C

Loại cây trồng và độ dốc	Khả năng thấm của đất		
	Cao	Trung bình	Thấp
Đất trồng trọt	$C =$	$C =$	$C =$
Độ dốc $i < 5\%$	0,30	0,5	0,6
$i = 5 \div 10\%$	0,40	0,6	0,7
$i = 10 \div 30\%$	0,50	0,7	0,8
Đồng cỏ	$C =$	$C =$	$C =$
Độ dốc $i < 5\%$	0,10	0,30	0,40
$i = 5 \div 10\%$	0,15	0,35	0,55
$i = 10 \div 30\%$	0,20	0,40	0,60
Rừng	$C =$	$C =$	$C =$
Độ dốc $i < 5\%$	0,10	0,30	0,40
$i = 5 \div 10\%$	0,25	0,35	0,50
$i = 10 \div 30\%$	0,30	0,50	0,60

Thí dụ 5.3: Sử dụng công thức phân vùng (5.3) để tính lưu lượng tiêu thiết kế Q_p cho diện tích nhỏ, đất thấm trung bình, trên đó 40% đất trồng trọt và 60% là cỏ. Trận mưa thiết kế được lấy với tần suất $p = 10\%$, tổng lượng mưa thiết kế là 34mm.

Yêu cầu bài toán là tính thời gian tập trung dòng chảy từ $A \rightarrow D$ và lưu lượng tiêu thiết kế.



Sơ đồ hệ thống tiêu của bài toán trong thí dụ 5.3

Giải:

Đoạn A→B: Chảy tràn mặt đất; $L_1 = 200\text{m}$; $H_1 = 4\text{m}$; độ dốc $i = \frac{4}{200} = 2\%$; từ đó
thì ... tra vận tốc $v = 0,35 \text{ m/s}$ với đồng cỏ.

$$T_c = \frac{L}{v} = \frac{200}{0,35} = 571 \text{ sec} = 0,16 \text{ giờ}$$

Nếu tính theo công thức Kivpich cho lưu vực nhỏ hơn 50 ha ($F = 2,4 \text{ ha}$):

$$T_{c1} = \frac{200^{1,15}}{3080 \times 4^{0,38}} = 0,085 \text{ giờ (không lấy giá trị này)}$$

Đoạn B→C: $L_2 = 600\text{m}$; $H_2 = 0,2\text{m}$; độ dốc $i = 0,2/600 = 0,0003$; áp dụng công thức Chezy - Maning cho kênh chữ nhật ($b \times h = 1 \times 1$) $V = C\sqrt{Ri}$; hệ số nhám của đồng cỏ $n = 0,05$.

Diện tích mặt cắt ướt:

$$\omega = bh = 1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$$

Chu vi mặt cắt ướt:

$$\chi = b + 2 \times h = 1 + 2 \times 1 = 3 \text{ m}$$

Bán kính thủy lực:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{1}{3} = 0,333 \text{ m}$$

Hệ số Chezy:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0,05} 0,333^{\frac{1}{6}} = 16,65$$

Vận tốc chảy trong kênh chữ nhật:

$$V = C\sqrt{Ri} = 16,65 \times \sqrt{0,333 \times 0,0003} = 0,166 \text{ m/s}$$

Thời gian tập trung dòng chảy trong đoạn BC:

$$T_{c2} = \frac{600}{0,166 \times 3600} = 1 \text{ giờ}$$

Với đoạn C→D: $L_3 = 600$; $H_2 = 2\text{m}$; độ dốc $i = 2/600 = 0,003$; áp dụng công thức Chezy - Manning cho kênh hình thang ($b \times h = 2 \times 1$) $V = C\sqrt{Ri}$; hệ số nhám của đồng cỏ $n = 0,05$.

Diện tích mặt cắt ướt:

$$\omega = h[b + mh] = 1 \times [2 + 1 \times 2] \times 1 = 4\text{m}^2$$

Chu vi mặt cắt ướt:

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + (m)^2} = 2 + 2 \times 1\sqrt{1 + 1^2} = 4,83\text{m}$$

Bán kính thủy lực:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{4}{4,83} = 0,83\text{m}$$

Hệ số Chezy:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0,05} 0,83^{\frac{1}{6}} = 19,4$$

Vận tốc trong kênh hình thang:

$$V = C\sqrt{Ri} = 19,4 \times (0,83 \times 0,003)^{\frac{1}{2}} = 0,97 \text{ m/s}$$

Thời gian tập trung dòng chảy trong đoạn CD:

$$T_{c3} = \frac{600}{0,97 \times 3600} = 0,17 \text{ giờ}$$

Tổng thời gian tập trung nước:

$$T_c = T_{c1} + T_{c2} + T_{c3} = 0,16 + 1,00 + 0,17 = 1,33 \text{ giờ}$$

$$\text{Cường độ mưa thiết kế } I = \frac{34\text{mm}}{1,33} = 25,56 \text{ mm/giờ}$$

Hệ số tập trung lưu lượng C được xác định theo bảng 5.2:

$$C = (40\% \times 0,5) + (60\% \times 0,3) = 0,38$$

Thay vào công thức 5.3 với $A = 1200 \times 800 = 96 \text{ ha}$

$$Q_p = \frac{C.I.A}{360} = \frac{0,38 \times 25,56 \times 96}{360} = 2,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

f) Phương pháp sử dụng đường cong số (Curve Number Method):

Phương pháp đường cong số (viết tắt là phương pháp CN) được Hiệp hội phục vụ đất nông nghiệp Mỹ xây dựng năm 1972 (US Soil Conservation Service). Phương pháp này tuy có phức tạp nhưng nó khắc phục được những hạn chế của phương pháp sử dụng công thức phân vùng. Phương pháp CN có thể áp dụng cho diện tích lưu vực lớn đến hàng nghìn ha, ngoài ra nó không những cho kết quả lưu lượng tiêu thiết kế (lưu lượng đỉnh) mà còn cho cả đường quá trình lưu lượng.

Quá trình tính toán của phương pháp CN bao gồm 3 bước chính, đó là:

Bước 1: Sử dụng các đường cong số để chuyển từ mưa sang dòng chảy mặt.

Bước 2: Sử dụng đồ thị đơn vị không thứ nguyên do SCS/USDA (Soil Conservation Service/US Department of Agriculture) để xây dựng quá trình lưu lượng cho toàn lưu vực.

Bước 3: Xác định lưu lượng đỉnh đơn vị q rồi tính lưu lượng tiêu thiết kế bằng công thức: $Q_{ik} = q \times A$ với A là diện tích lưu vực.

Trận mưa thiết kế: Trận mưa tiêu thiết kế được xác định theo quy phạm, tùy vào cấp công trình. Tuy nhiên đối với tiêu trong nông nghiệp, tần suất tiêu thường từ 4%÷10% ($T = 20$ năm đến 10 năm), còn đối với tiêu thoát nước khu đô thị thường từ 1% ÷ 3% ($T = 100$ năm đến 30 năm). Đường đồ thị mưa thường được xây dựng từ cơn mưa chuẩn trong 6 giờ. Khi không có tài liệu về mưa 6 giờ, có thể biến đổi từ mưa ngày (24 giờ) theo tỷ số kinh nghiệm dưới đây.

$$\text{Mưa 6 giờ / Mưa 24 giờ} = 0,5 / 0,7$$

$$\text{Mưa 12 giờ / Mưa 24 giờ} = 0,6 / 0,8$$

$$\text{Mưa tần suất } T = 5 \text{ năm / Mưa 1 năm} = 1,5 / 2,0$$

$$\text{Mưa tần suất } T = 10 \text{ năm / Mưa 1 năm} = 1,7 / 2,5$$

Phương pháp CN cũng yêu cầu đường quá trình mưa 6 giờ. Trong trường hợp không có tài liệu quan trắc mưa 6 giờ, có thể tham khảo bảng phân bố mưa 6 giờ theo kinh nghiệm của Tổ chức khí tượng thế giới WMO (bảng 5.3).

Bảng 5.3: Phân bố mưa 6 giờ theo thời gian

Thời gian mưa (giờ)	% mưa rơi	Thời gian mưa (giờ)	% mưa rơi
0 (bắt đầu mưa)	0	3,5	78
0,5	2	4,0	84
1,0	8	4,5	88
1,5	15	5,0	92
2,0	22	5,5	96
2,5	60	6,0 (kết thúc mưa)	100
3,0	70		

Điều kiện thủy văn lưu vực: Với phương pháp CN, cần xác định được 2 yếu tố quan trọng là: "giá trị CN" và "thời gian đạt lưu lượng đỉnh", hai yếu tố này phụ thuộc vào điều kiện thủy văn lưu vực.

Về giá trị CN:

Tùy thuộc vào điều kiện về độ ẩm không khí và thảm phủ lưu vực, người ta phân ra 3 loại độ ẩm theo mưa như trong bảng 5.4.

Bảng 5.4: Ba loại độ ẩm lưu vực theo mưa

Loại độ ẩm	Tổng lượng mưa trong 5 ngày mưa thiết kế	
	Mùa bình thường	Mùa gieo trồng
I	< 12,5 mm	< 35 mm
II	12,5 đến 27,5 mm	35 đến 52,5 mm
III	> 27,5 mm	> 52,5 mm

Giá trị CN tương ứng với điều kiện chung của 3 loại độ ẩm được cho trong bảng 5.5. Các giá trị CN chuẩn này cho cả độ ẩm loại I, II và III, khi có giá trị CN của loại II mà lẻ, chúng ta sẽ nội suy tuyến tính khoảng hẹp để tìm CN tương ứng với loại I hoặc III.

Bảng 5.5: Giá trị CN tương ứng với loại độ ẩm lưu vực

Loại độ ẩm	Giá trị CN tương ứng										
	100	78	63	51	40	31	22	15	9	4	0
I	100	78	63	51	40	31	22	15	9	4	0
II	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
III	100	96	91	85	78	70	60	50	37	22	0

Trong bảng 5.6, cho giá trị CN chi tiết hơn của loại độ ẩm II (loại thường gặp) áp dụng trong phương pháp CN tính toán lưu lượng tiêu thiết kế. Sau khi xác định được CN theo bảng 5.6, cần khẳng định loại độ ẩm lưu vực theo mưa (bảng 5.4), sau khi đã có loại độ ẩm lưu vực sẽ nội suy chi tiết theo bảng 5.5 để có giá trị CN cần thiết. Để hiểu rõ quá trình này, chúng ta làm thí dụ 5.4 dưới đây.

Thí dụ 5.4: Hãy xác định giá trị CN cho lưu vực trồng lúa loại cây nhỏ thấp, luống thẳng, điều kiện thủy văn tốt, thảm ít, mùa bình thường, trận mưa 40mm đo được trong 5 ngày.

+ Từ bảng 5.6: Xác định được CN = 83 đối với loại độ ẩm II.

+ Từ bảng 5.4: Xác định là loại độ ẩm III vì mưa là 40mm (> 27,5mm trong mùa bình thường).

+ Từ bảng 5.5: Giá trị CN tương ứng với loại độ ẩm III là: CN = 92,5 (từ CN = 83 loại II, nội suy tương ứng ra 92,5 của loại III).

Bảng 5.6: Giá trị CN chi tiết cho loại độ ẩm II

Loại đất, loại cây	Điều kiện gieo trồng	Điều kiện thủy văn	Mức độ thấm			
			Cao	Vừa	Thấp	Rất thấp
Đất chưa trồng trọt, có đánh luống	Luống thẳng	Không thuận	77	86	91	94
	Luống thẳng	Không thuận	72	81	88	91
	Luống thẳng	Thuận	67	78	85	89
	Đồng mức	Không thuận	70	79	81	88
	Đồng mức	Thuận	65	75	82	86
	Bậc thang	Không thuận	66	74	80	82
Đất tơi xốp, trồng lúa	Bậc thang	Thuận	62	71	78	81
	Luống thẳng	Không thuận	65	76	84	88
	Luống thẳng	Thuận	63	75	83	87
	Đồng mức	Không thuận	63	74	82	85
	Đồng mức	Thuận	61	73	81	84
	Bậc thang	Không thuận	61	72	79	82
Đất trồng đậu dày hoặc trồng cỏ	Bậc thang	Thuận	59	70	78	81
	Luống thẳng	Không thuận	66	77	85	89
	Luống thẳng	Thuận	58	72	81	85
	Đồng mức	Không thuận	64	75	83	85
	Đồng mức	Thuận	55	69	78	83
	Bậc thang	Không thuận	63	73	80	83
Đồng cỏ, trồng theo dãy	Bậc thang	Thuận	51	67	76	80
		Không thuận	68	79	86	89
		Trung bình	49	69	79	84
		Thuận	39	61	74	80
	Đồng mức	Không thuận	47	67	81	88
	Đồng mức	Trung bình	25	59	75	83
Trồng cỏ quanh năm	Đồng mức	Thuận	6	35	70	79
	Trồng cây lấy gỗ	Thuận	30	58	71	78
		Không thuận	45	66	77	83
Trung bình		36	60	73	79	
Thuận	25	55	70	77		
Khu vực thương mại (85% che phủ)			89	92	94	95
Khu vực công nghiệp (72% che phủ)			81	88	91	93
Khu dân cư lớn (65% che phủ)			77	85	90	92
Khu dân cư nhỏ (25% che phủ)			54	70	80	85
Đường giao thông thoát nước tốt			98	98	98	98
Đường giao thông không có thoát nước			74	84	90	92
Đường giao thông xuống cấp, không thoát nước			72	82	87	89

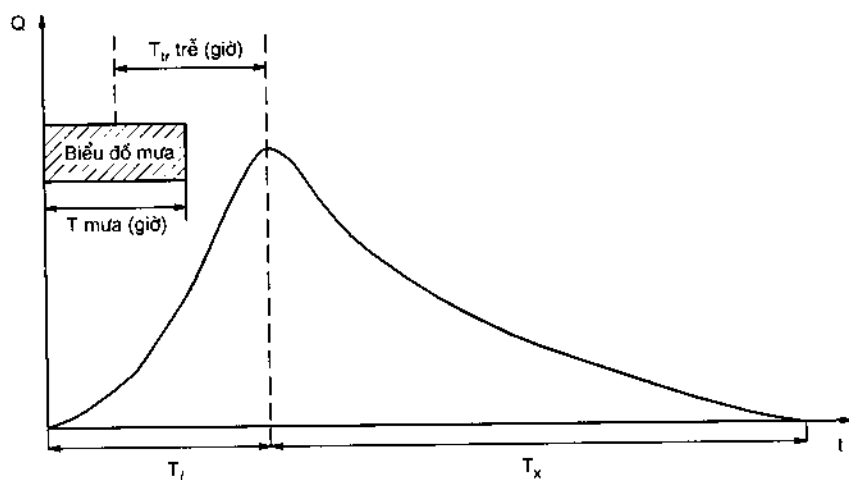
Về thời gian đạt lưu lượng đỉnh:

Thời gian đạt lưu lượng đỉnh hay còn gọi là thời gian lên (T_l) là khoảng thời gian tính từ lúc bắt đầu mưa cho tới khi dòng chảy đạt lưu lượng lớn nhất (lưu lượng đỉnh). T_l phụ thuộc vào điều kiện thủy văn của lưu vực, thường nó được xác định theo tài liệu quan trắc. Trong trường hợp không có tài liệu quan trắc, có thể xác định gần đúng theo thời gian tập trung dòng chảy (T_c) như trong hình 5.11. Lưu ý rằng phương pháp công thức phân vùng coi $T_l = T_c$ (hình 5.9).

$$T_l = \text{Thời gian lên} = 0,7 T_c$$

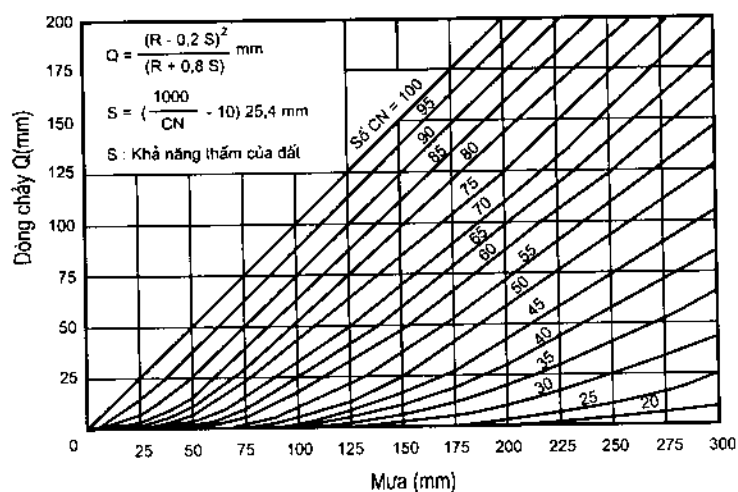
$$T_x = \text{Thời gian xuống} = 1,67 T_l$$

$$T_{tr} = \text{Thời gian trễ} = 0,6 T_c$$

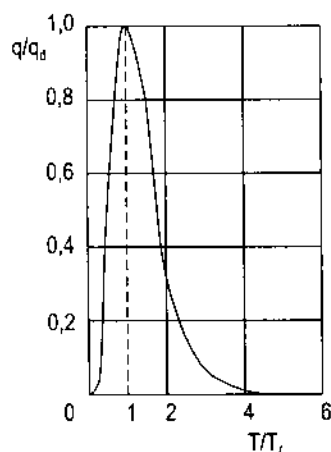


Hình 5.11: Thời gian hình thành dòng chảy

Họ các đường đồ thị CN để tính chuyển từ mưa sang dòng chảy cho trong hình 5.12. Còn đường cong dòng chảy không thứ nguyên của SCS/USDA cho trong hình 5.13.



Hình 5.12: Họ đồ thị đường CN để chuyển mưa sang dòng chảy



T/T_l	q/q_d
0	0
0,1	0,015
0,2	0,075
0,3	0,16
0,4	0,28
0,5	0,43
0,6	0,60
0,7	0,77
0,8	0,89
0,9	0,97
1,0	1,00
1,1	0,98
1,2	0,92
1,3	0,84
1,4	0,75

T/T_l	q/q_d
1,5	0,66
1,6	0,56
1,8	0,42
2,0	0,32
2,2	0,24
2,4	0,18
2,6	0,13
2,8	0,098
3,0	0,075
3,5	0,036
4,0	0,018
4,5	0,009
5,0	0,004
Vô hạn	0

Hình 5.13: Đường cong dòng chảy không thử nguyên của SCS/USDA

Tích phân gần đúng đường cong trong hình 5.13, chúng ta có các công thức gần đúng như sau:

$$\Delta Q = 1,34 q_d T_l \quad (5.8)$$

Với:

ΔQ có đơn vị là mm;

q_d có đơn vị là mm/ngày;

T_l có đơn vị là giờ.

$$q_d = 2,08 \frac{\Delta Q}{T_l} \quad (5.9)$$

Với:

ΔQ có đơn vị là mm;

q_d có đơn vị là lít/sec/ha;

T_l có đơn vị là giờ.

Quá trình và các bước tính toán lưu lượng tiêu thiết kế theo phương pháp đường cong số CN được minh họa qua thí dụ 5.5 và trình bày trong bảng 5.7 và được giải thích tuần tự dưới đây.

Thí dụ 5.5:

- Cho trận mưa thiết kế 60mm trong 6 giờ phân bố theo quy luật ở bảng 5.3.
- Thời gian xuất hiện đỉnh lưu lượng là $T_l = 2$ giờ (số liệu quan trắc).
- Giá trị CN = 87.

Giải thích các bước tính toán:

Tính toán dòng chảy từ mưa: dòng 1 đến dòng 5 trong bảng 5.7.

- Dòng 1: Biến thời gian, bắt đầu từ lúc mưa, bước thời gian $\Delta T = 0,5$ giờ vì ΔT không được vượt quá $0,25 T_l$ (thời gian lên), nên trong trường hợp này chọn là $0,5$ giờ.

- Dòng 2: Quá trình mưa lũy tiến theo thời gian (R_t) theo quy luật bảng 5.3.

- Dòng 3: Quá trình dòng chảy (Q_t) được tính từ R_t (dòng 2) theo đồ thị hình 5.12, với $CN = 87$, có $S = (1000/87-10) \times 25,4 = 37,95\text{mm}$, sau đó tính $Q = \frac{(R - 0,2 \times 37,95)^2}{(R + 0,8 \times 37,95)} \text{mm}$ (làm tròn nguyên).

- Dòng 4: Chiều sâu dòng chảy gia tăng $\Delta Q = Q_{t-1} - Q_t$.

- Dòng 5: Lưu lượng đỉnh do mỗi ΔQ gây ra được tính theo công thức (5.9), thay $T_l = 2$ giờ (dầu bài cho, ta được: $q_p = 1,04 \Delta Q$).

Xây dựng đường quá trình dòng chảy: dòng 6 đến dòng 37 trong bảng 5.7.

- Cột 1: Biến thời gian (T), đơn vị là giờ.

- Cột 2: Tỷ số T/T_l hay Cột 1/ T_l , với $T_l = 2$ giờ.

- Cột 3: Giá trị tỷ số q/q_d tương ứng với T/T_l theo đồ thị hình 5.13.

- Cột 4 : Xây dựng đường quá trình dòng chảy cho mỗi bước thời gian;

đến 12: Lưu lượng đơn vị q được tính bằng: $q = (q/q_d) \cdot q_d$, do đó giá trị q ở cột (4) giá trị tỷ số q/q_p ở cột (3) nhân với $1,04$, giá trị q ở cột (5) bằng tỷ số q/q_d ở cột (3) nhân với $11,44, \dots$,

Mỗi đường quá trình dòng chảy có độ lớn tương ứng với biến thời gian ở cột (1) với chú ý rằng lưu lượng đỉnh q_p xảy ra sau T_l giờ tính từ lúc mưa (bằng lúc bắt đầu gia số thời gian), do đó gia số thời gian tính trong khoảng từ $T = 1,5$ đến $T = 2,0$ giờ sẽ cho đỉnh xuất hiện tại $T = 1,5 + T_l = 1,5 + 2 = 3,5$ giờ.

- Cột 13: Đường quá trình dòng chảy tổng cộng có được bằng cách cộng theo hàng ngang các giá trị từ cột (4) đến cột (12).

Kết quả cho ta giá trị lưu lượng đỉnh đơn vị là $21,30 \text{ l/s/ha}$. Đây chính là lời giải đối với lưu lượng tiêu đơn vị. Muốn có lưu lượng tiêu thiết kế, cần nhân giá trị đó với diện tích khu tiêu (bao nhiêu ha). Ngoài ra, chúng ta cũng sẽ có cả đường quá trình lưu lượng tiêu thiết kế.

Bảng 5.7: Quá trình tính toán của thí dụ 5.5

(1)	T (giờ)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
(2)	R _i (mm)	0	1	5	9	13	36	42	47	50	53	55	58	60
(3)	Q _i (mm)	0	0	0	0	1	12	16	20	23	25	26	28	30
(4)	ΔQ(mm)				1	11	4	4	3	2	1	2	2	
(5)	q _d (l/s/ha)				1,04	11,44	4,16	4,16	5,20	2,08	2,08	2,08	2,08	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
		T/Π	q/qđ	Đường thành phần theo đơn vị thời gian										Tổng
(6)	T=0 giờ	0	0										0	
(7)	0,5	0,25	0,12										0	
(8)	1,0	0,50	0,43										0	
(9)	1,5	0,75	0,83	0									0	
(10)	2,0	1,00	1,00	0,12	0								0,12	
(11)	2,5	1,25	0,88	0,45	1,37	0							1,82	
(12)	3,0	1,50	0,66	0,86	4,92	0,50	0						6,28	
(13)	3,5	1,75	0,45	<u>1,04</u>	9,50	1,79	0,50	0					12,82	
(14)	4,0	2,00	0,32	0,92	<u>11,44</u>	3,45	1,79	0,62	0				18,22	
(15)	4,5	2,25	0,22	0,69	10,07	<u>4,16</u>	3,45	2,24	0,25	0			20,85	
(16)	5,0	2,50	0,15	0,47	7,55	3,66	<u>4,16</u>	4,32	0,89	0,25	0		<u>21,30</u>	
(17)	5,5	2,75	0,11	0,33	5,15	2,75	3,66	<u>5,20</u>	1,73	0,89	0,25	0	19,96	
(18)	6,0	3,00	0,08	0,23	3,66	1,87	2,75	4,58	<u>2,08</u>	1,73	0,89	0,25	18,03	
(19)	6,5	3,25	0,05	0,16	2,52	1,33	1,87	3,43	1,83	<u>2,08</u>	1,73	0,894	15,84	
(20)	7,0	3,50	0,04	0,11	1,72	0,92	1,33	2,34	1,37	1,83	<u>2,08</u>	1,726	13,43	
(21)	7,5	3,75	0,03	0,08	1,26	0,62	0,92	1,66	0,94	1,37	1,83	<u>2,08</u>	10,76	
(22)	8,0	4,00	0,02	0,05	0,92	0,46	0,62	1,14	0,67	0,94	1,37	1,83	8,00	
(23)	8,5	4,25	0,01	0,04	0,57	0,33	0,46	0,78	0,46	0,67	0,94	1,373	5,62	
(24)	9,0	4,50	0,01	0,03	0,46	0,21	0,33	0,57	0,31	0,46	0,67	0,936	3,97	
(25)	9,5	4,75	0,01	0,02	0,34	0,17	0,21	0,42	0,23	0,31	0,46	0,666	2,82	
(26)	10,0	5,00	0	0,01	0,23	0,12	0,17	0,26	0,17	0,23	0,31	0,458	1,96	
(27)	10,5	5,25		0,01	0,11	0,08	0,12	0,21	0,10	0,17	0,23	0,312	1,35	
(28)	11,0	5,50		0,01	0,11	0,04	0,08	0,16	0,08	0,10	0,17	0,229	0,99	
(29)	11,5	5,75		0,00	0,11	0,04	0,04	0,10	0,06	0,08	0,10	0,166	0,72	
(30)	12,0	6,00			0,00	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06	0,08	0,104	0,43	
(31)						0,00	0,04	0,05	0,02	0,04	0,06	0,083	0,30	
(32)							0,00	0,05	0,02	0,02	0,04	0,062	0,20	
(33)								0,00	0,02	0,02	0,02	0,042	0,10	
(34)									0,00	0,02	0,02	0,021	0,06	
(35)										0,00	0,02	0,021	0,04	
(36)											0,00	0,021	0,02	
(37)												0,00	0,00	

5.3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG TIÊU NƯỚC MẶT

Hệ thống tiêu nước mặt rất phù hợp với địa hình sơn địa, bán sơn địa cũng như đồng bằng châu thổ như ở nước ta. Dưới đây chúng ta sẽ đề cập tới một số vấn đề liên quan đến thiết kế hệ thống tiêu nước mặt.

Đối với hệ thống thu nước tiêu, người ta phân ra hai loại cơ bản là: hệ thống thu nước mặt (còn gọi là hệ thống thu nước nông) và hệ thống thu nước ngầm (hay còn gọi là hệ thống thu nước sâu).

Sơ bộ ban đầu, nếu chiều sâu lớp đất cần tiêu thoát nước khoảng 60 cm tính từ bề mặt đất và đất thuộc loại ít thấm (hệ số thấm $< 0,1$ m/ngày đêm) thì nên áp dụng hệ thống thu nước mặt.

Khi chiều sâu lớp đất từ 80 cm đến 100 cm và độ thấm của đất lớn hơn, hệ thống thu nước ngầm nên được áp dụng.

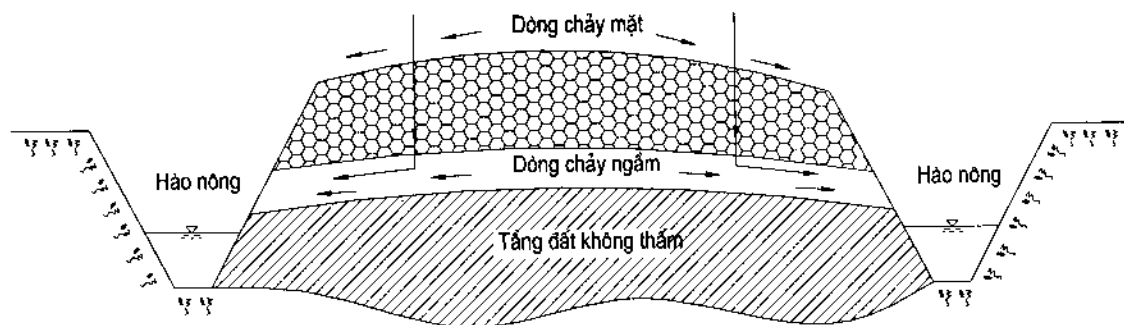
5.3.1. Phân loại hệ thống tiêu nước mặt

Tùy thuộc vào tính chất cơ lý (khả năng thấm) của đất, tùy thuộc vào hình thức gieo trồng, tùy thuộc vào địa hình khu tiêu,.... có thể phân hệ thống tiêu nước mặt theo một số loại sau:

- (1) Rãnh thu nước hai phía của luống đất (bendding system);
- (2) Hào nông thu nước mặt (shallow ditch system);
- (3) Kênh chính thu nước tiêu (main drainage canal).

5.3.2. Rãnh thu nước hai phía của luống

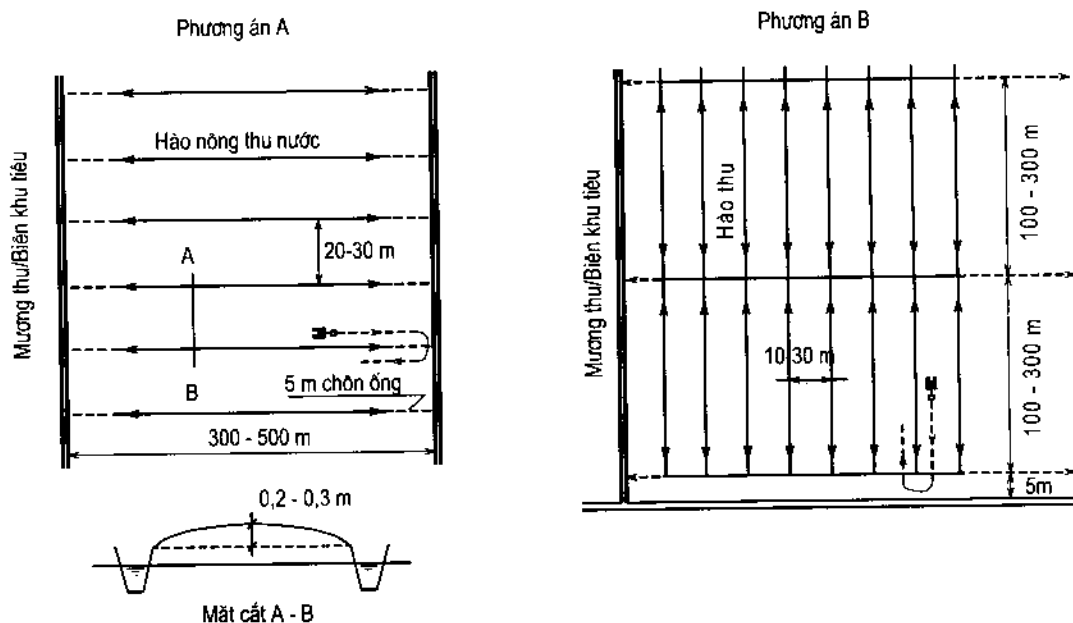
Hệ thống thu nước kiểu hai phía luống đất được áp dụng cho khu tiêu bằng phẳng, đất nặng (kém thấm nước), khí hậu ẩm ướt, đặc biệt phù hợp với khu đất trũng, độ phì nụng. Đối với vùng trũng như vậy, người làm vườn thường phải tôn, đắp đất màu thành các luống lớn với chiều rộng luống lên đến hàng vài mét hoặc hơn nữa, lớp đất màu bên trên chính là vùng đất tạo môi trường cho vùng rễ cây phát triển. Loại tiêu nước này đảm bảo cho lớp đất màu bên trên này không bị úng ngập (hình 5.14).



Hình 5.14: Hệ thống thu nước hai phía của luống

Hệ thống tiêu nước kiểu này còn có thể gọi là hệ thống tiêu nước vùng gò. Khi có mưa rơi xuống vùng đất, một lượng nước sẽ tạo thành dòng chảy mặt chảy dọc theo hai bên sườn xuống mương tiêu và lượng còn lại sẽ thấm xuống đất, dòng chảy này xuyên qua lớp đất có hệ số thấm lớn và khi gặp tầng đất không thấm dòng này sẽ đổi hướng chảy sang hai bên mương tiêu dạng hào, rãnh nông, sau đó dẫn nước đến kênh tiêu chính.

Trên hình 5.15 là hai phương án bố trí mặt bằng cho hệ thống thu nước vùng gò đối với các trang trại có quy mô lớn, sử dụng cơ giới là chính. Phương án A có bề rộng luống từ 20 đến 30m, chiều dài luống từ 300 đến 500m, hào nông dọc theo hai bên luống có chiều sâu khoảng 0,50m, rộng đáy khoảng 0,30m, hai đầu hào được chôn ngầm khoảng 5m để lấy chỗ quay đầu cho các máy nông nghiệp. Phương án B áp dụng đối với quy mô luống nhỏ hơn, chiều rộng luống từ 10 đến 30m, chiều dài luống từ 100 đến 300m, ngoài các hào thu dọc luống lại có các hào thu ngang, kích thước mặt cắt ngang hào nông thu nước cũng tương tự như ở phương án A.



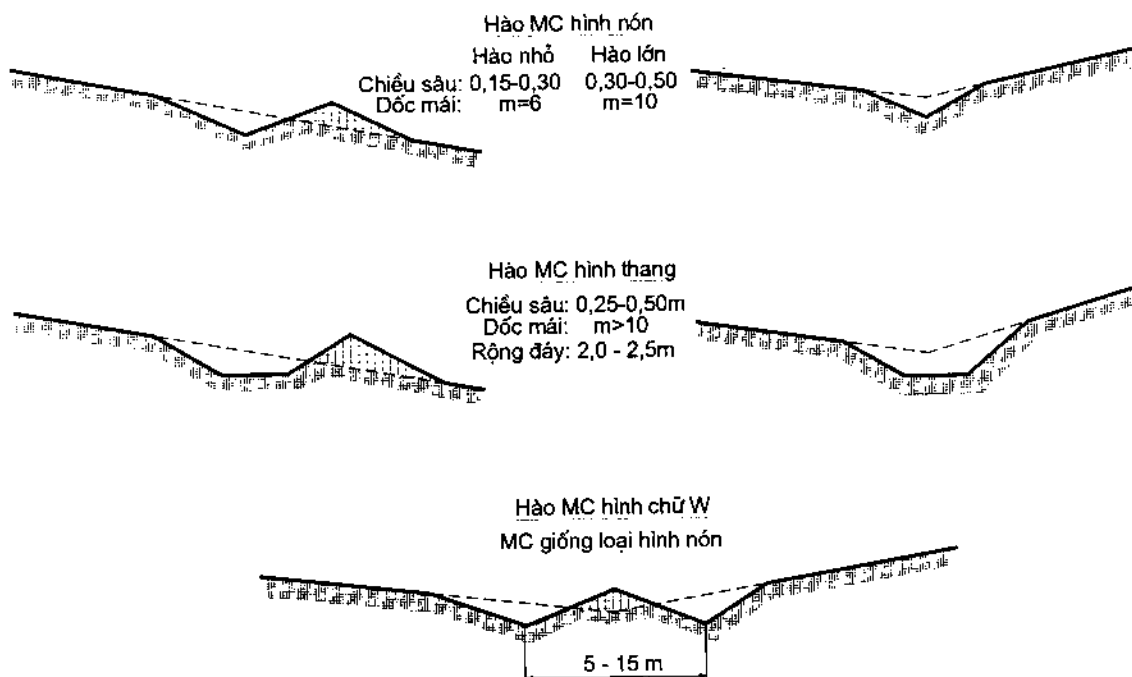
Hình 5.15: Hai phương án bố trí hệ thống tiêu nước vùng gò

5.3.3. Hào nông thu nước mặt

Đối với các khu vực canh tác vùng gò, đồi, bán sơn địa, độ dốc bề mặt khá lớn, địa hình bị chia cắt, khi có mưa, dòng chảy được hình thành nhanh và chảy tràn rồi thoát nhanh ra khỏi khu vực. Trong điều kiện như vậy, hệ thống thu nước mặt bằng hào nông tỏ ra rất phù hợp.

Trên mặt bằng, hệ thống hào thu nước tiêu thường được bố trí song song có hào chính cắt ngang hoặc không. Bề rộng mỗi khoảng tiêu thường từ 10m đến vài chục mét.

Mặt cắt ngang của hào thu nước tiêu có thể là đào, nửa đào nửa đắp, có dạng hình nón, dạng hình thang hoặc dạng chữ W (hình 5.16). Chiều sâu hào từ 0,15 đến 0,50m, chiều rộng đáy từ 0m (mặt cắt hình nón) đến 2,5m (mặt cắt hình thang).



Hình 5.16: Một số dạng mặt cắt hào nông thu nước tiêu

5.3.4. Kênh chính thu nước tiêu

Trên đây đã đề cập tới hệ thống hờ thu nước tại ruộng, nước từ hệ thống này được chuyển đến các kênh thu nước các cấp và cuối cùng tới kênh tiêu chính. Kênh tiêu chính ngoài thu nước tiêu từ các khu ruộng, trang trại, nó còn thu và vận chuyển cả nước mưa tự nhiên từ bên ngoài khu tiêu.

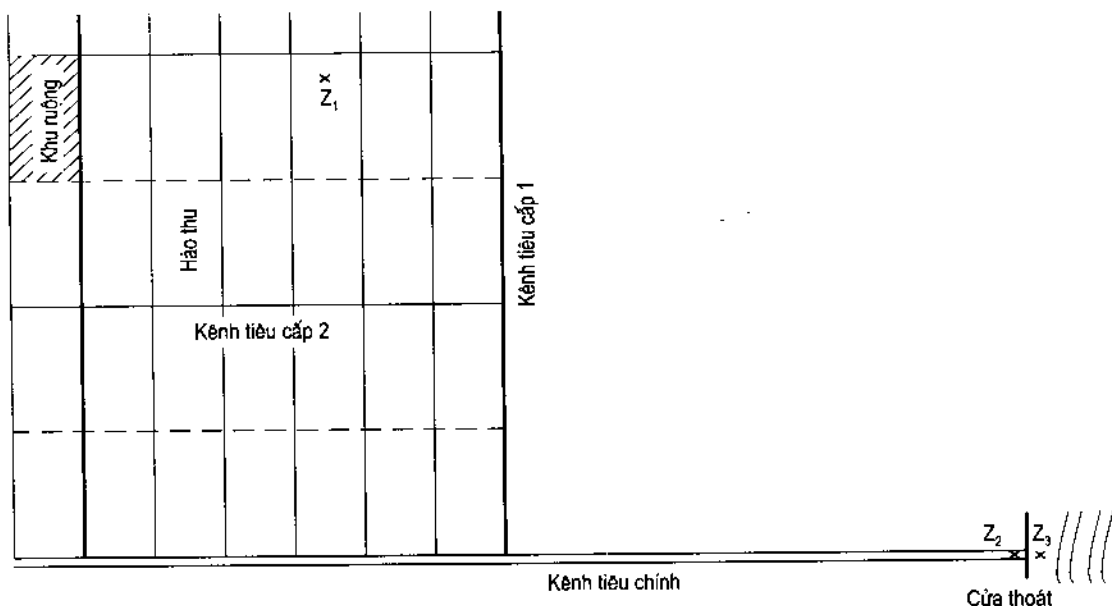
Hình 5.17 thể hiện sơ đồ của một hệ thống tiêu hờ, mỗi khu ruộng đều có hệ thống thu nước tiêu, sau đó nước được chuyển vào kênh tiêu cấp 2, kênh cấp 1 và cuối cùng là kênh tiêu chính. Kênh tiêu chính sẽ dẫn nước tới cửa thoát nước tiêu.

Nhiệm vụ cụ thể của kênh tiêu các cấp là khác nhau, nhưng về mặt nguyên tắc bố trí và nguyên tắc thiết kế thì tương tự như nhau. Do đó có thể quan niệm kênh tiêu chính và các kênh tiêu cấp 1, 2 đều là hệ thống thu nước tiêu chính.

Các kênh tiêu thường là kênh hở tự chảy, do đó cần có độ dốc đáy và độ dốc mặt nước. Nếu gọi cao độ mặt nước tại khu ruộng là Z_1 (hình 5.17) thì cao độ mặt nước tại cửa thoát tiêu sẽ là Z_2 và:

$$Z_2 = Z_1 - \sum \Delta h_i \text{ (m)} \quad (5.10)$$

Trong đó: Δh_i là tổn thất thủy lực dọc đoạn kênh tiêu thứ i .



Hình 5.17: Sơ đồ mạng lưới thu nước tiêu và kênh tiêu chính

Khi cao độ mặt nước tại cửa thoát Z_2 cao hơn cao độ mặt nước sông, hồ Z_3 (nơi nhận nước tiêu), có thể để tiêu thoát tự chảy thông qua các cống có cửa van. Ngược lại, khi $Z_2 < Z_3$ thì phải tiêu động lực bằng cách bơm nước qua đê để ra sông.

5.3.5. Thiết kế kênh tiêu nói chung

Về mặt nguyên tắc, bài toán thiết kế kênh tiêu cũng tương tự như bài toán thiết kế kênh tưới và bài toán thiết kế kênh hở nói chung. Các công thức tính toán, những cơ sở lý luận, nguyên tắc thiết kế,... đều lấy từ kiến thức cơ học chất lỏng và thủy lực công trình. Tất nhiên, kênh tiêu cũng có một số đặc điểm cần lưu ý. Những đặc điểm này xuất phát từ đặc thù và nhiệm vụ đặt ra đối với kênh tiêu. Trong mục này chúng ta sẽ lần lượt đề cập tới các vấn đề trên.

1. Các công thức tính toán cơ bản

Trong bài toán thiết kế kênh tiêu, chúng ta cũng sử dụng các công thức quen thuộc. Các công thức này được áp dụng cho dòng chảy ổn định đều trong lòng dẫn hở. Đối với dòng chảy trong kênh, giả thiết trên nói chung là phù hợp. Dưới đây là những công thức liên quan:

$$V = C\sqrt{RJ} \text{ (Chezy 1769)} \quad (5.11)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \text{ (Manning 1889)} \quad (5.12)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} \quad (5.13)$$

$$Q = C\omega\sqrt{RJ} \quad (5.14)$$

$$Q = \frac{1}{n}\omega R^{2/3}J^{1/2} \quad (5.15)$$

Trong đó:

V - vận tốc trung bình của dòng chảy (m/s);

Q - lưu lượng chảy trong kênh (m³/s);

C - hệ số Chezy (m^{1/2}/s);

n - độ nhám;

R - bán kính thủy lực (m);

J - độ dốc mặt nước; với dòng đều $J = i$;

i - độ dốc đáy kênh;

ω - diện tích ướt của mặt cắt ngang kênh (m²).

Như vậy trong thực tế, nếu dòng chảy trong kênh là dòng ổn định đều, có nghĩa là đường mặt nước song song với đáy kênh, do đó, trong các công thức (5.11) đến (5.15), J có thể được thay bằng i.

Tại một số nước phương Tây, người ta quen sử dụng hệ số phản ánh độ nhám của lòng dẫn là K, với K là giá trị nghịch đảo của độ nhám n. Ta có:

$$K = \frac{1}{n} \quad (5.16)$$

Bài toán thiết kế kênh tiêu cũng được chia thành 2 trường hợp là bài toán thiết kế (biết lưu lượng thiết kế, tính toán các đặc trưng của kênh) và bài toán kiểm tra khả năng tháo (biết các đặc trưng thủy lực của kênh, tìm lưu lượng). Với bài toán thiết kế hệ thống kênh tiêu mới, lưu lượng thường được lấy bằng lưu lượng tiêu thiết kế. Trường hợp tính toán được chọn là bất lợi (mức nước ngoài sông ứng với mức nước và lưu lượng lớn nhất theo tần suất tương ứng với cấp công trình tiêu).

2. Vận tốc cho phép, mái dốc và độ vượt cao

Khác với kênh tưới (cần tiết kiệm nước), kênh tiêu thường là kênh tự nhiên, không gia cố để giảm chi phí đầu tư. Do đó dòng chảy trong kênh tiêu không gia cố cần phải đảm bảo các điều kiện không phá hoại kênh. Bảng 5.8 đến 5.11 cho chúng ta một số chỉ dẫn và giá trị tham khảo về vận tốc không xói (vận tốc lớn nhất), kích thước mặt cắt ngang, độ vượt cao của đỉnh bờ kênh so với mức nước trong kênh và độ nhám đối với kênh tiêu.

Bảng 5.8: Vận tốc lớn nhất và mái dốc đối với kênh tiêu

Loại đất lòng kênh	$V_{\max}$ cho phép (m/s)	Độ dốc lớn nhất mái kênh
Cát mịn	0,15 ÷ 0,30	$m = 2 \div 3$
Cát thô	0,20 ÷ 0,50	$m = 1,5 \div 3$
Đất mùn	0,30 ÷ 0,60	$m = 1,5 \div 2$
Đất sét nặng	0,60 ÷ 0,80	$m = 1 \div 2$

Bảng 5.9: Tỷ số b/h thường dùng đối với kênh tiêu mặt cắt hình thang

Quy mô kênh	Chiều rộng đáy (b)	Tỷ số b/h (với h là độ sâu dòng chảy)
Kênh nhỏ	$b < 0,75 \text{ m}$	$b/h = 1 \div 2$
Kênh trung bình	$b = 0,75 \div 1,50 \text{ m}$	$b/h = 2 \div 3$
Kênh lớn	$b > 1,50 \text{ m}$	$b/h = 3 \div 4$

Bảng 5.10: Độ vượt cao thường dùng đối với kênh tiêu

Quy mô kênh	Lưu lượng dẫn $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	Độ vượt cao của đỉnh bờ kênh so với mức nước
Kênh nhỏ	$Q < 1 \div 2$	$a = 0,30 \text{ m}$
Kênh trung bình	$Q = 2 \div 5$	$a = 0,40 \text{ m}$
Kênh lớn	$Q > 5$	$a = 0,50 \text{ m}$

Bảng 5.11: Độ nhám lòng kênh tiêu

Loại kênh	Chiều sâu dòng chảy h	Giá trị n	Giá trị K
1. Kênh nhỏ - Đất cát - Đất sét	$h < 0,75 \text{ m}$	0,050 0,065	2 15
2. Kênh trung bình - Đất cát - Đất sét	$h = 0,75 \div 1,50 \text{ m}$	0,035 0,050	30 20
3. Kênh lớn	$h > 1,50 \text{ m}$	0,020 ÷ 0,025	40 ÷ 50
4. Kênh bê tông		0,0125 ÷ 0,0170	60 ÷ 80

3. Các công trình trên hệ thống kênh tiêu

Cũng như kênh tưới, hệ thống kênh tiêu cũng trải trên địa bàn rộng và tuyến kênh rất dài, do đó sẽ cắt qua các công trình dân sinh, giao thông, hạ tầng cơ sở khác. Khi gặp những công trình như vậy, sẽ phải thiết kế và xây dựng các công trình trên kênh quen thuộc như cống qua đường, cống luồn, cầu máng, tràn và tràn bèn,...

Quá trình thiết kế, nguyên tắc thiết kế và các công thức tính toán những công trình này đã được chỉ ra ở phần thiết kế hệ thống kênh tưới và chúng ta hoàn toàn có thể sử dụng cho các công trình trên hệ thống kênh tiêu.

5.4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ống TIÊU NƯỚC NGẦM

Hệ thống tiêu nước ngầm là mạng lưới các ống thu nước ngầm cùng các công trình thu nước tiêu được đặt ngầm dưới đất. Tiêu nước bằng hệ thống ống ngầm là một trong các giải pháp tiêu nước rất có hiệu quả trong nông nghiệp, đặc biệt đối với các vùng canh tác trên lớp đất ẩm ướt, mực nước ngầm cao.

Hệ thống tiêu nước ngầm thường sử dụng hệ thống ống thu chôn ngầm dưới đất hoặc hệ thống hào sâu, trong đó hệ thống ống thu được sử dụng phổ biến hơn. Hệ thống tiêu nước bằng đường ống cũng được sử dụng cho việc rửa mặn trong khu vực tưới. Chiều sâu đặt công trình phải dựa trên đặc điểm địa chất các lớp đất và thường được đặt dưới vùng rễ của cây. Trong hệ thống thu nước tiêu, ảnh hưởng về sức hút nước của các tầng đất bên dưới phải là bằng không để toàn bộ dòng nước ngầm phía trên có hướng dòng chảy vào các công trình tiêu nước.

Mặc dù với những hiệu quả cao do hệ thống tiêu ngầm bằng đường ống mang lại, nhưng nó chỉ được ứng dụng tại các nước phát triển, còn ở các nước chưa phát triển, rất ít được áp dụng, bởi còn sự hạn chế về kinh tế và kỹ thuật, trong khi trình độ công nghệ và vốn đầu tư cho một hệ thống tiêu ngầm bằng đường ống tiêu nước ngầm là khá cao.

5.4.1. Ống tiêu nước ngầm và cấu tạo

Ống tiêu nước đã được sử dụng đầu tiên cách đây 200 ÷ 300 năm. Thời kỳ đầu chúng thường được đặt dưới với kết cấu chính là các lớp đá, bụi cây hoặc một lớp sỏi sạn. Sau này, khi kỹ thuật phát triển hơn, ứng dụng đầu tiên được sử dụng là các ống bằng hộp gỗ. Và cho đến nay đã có rất nhiều chất liệu làm ống tiêu nước đã được sử dụng rộng rãi như ống bằng đất nung, ống bê tông, ống bằng chất dẻo ... Hình 5.18 cho thấy hình thức thu nước của một số loại ống.

a) Ống bọc đất sét

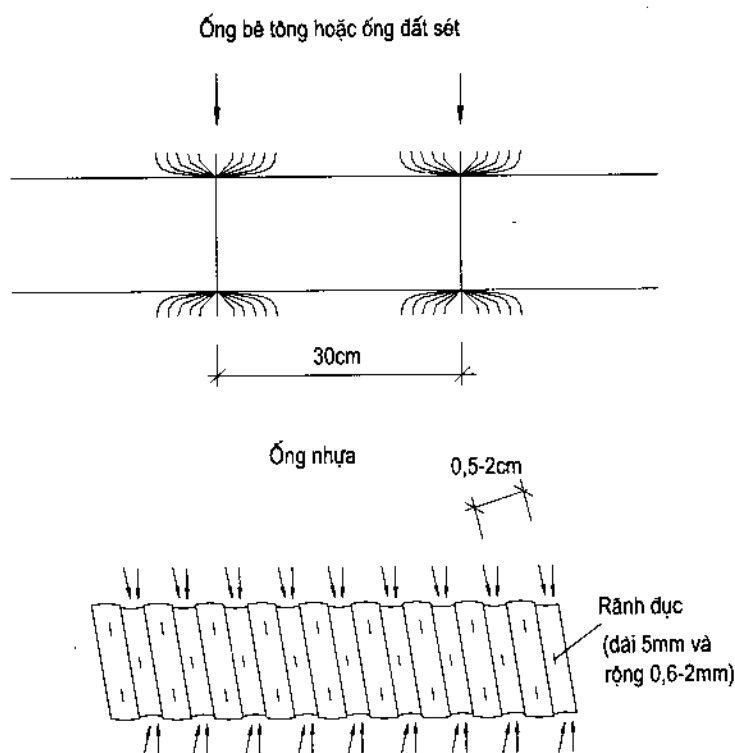
Loại ống này thường có chiều dài 30cm và có đường kính trong là 5, 6, 8, 10, 20cm. Lớp bọc đất sét có tính kháng cao đối với tác động xấu của đất. Dòng nước tiêu thấm vào trong ống qua các điểm nối giữa các ống.

b) Ống bằng bê tông

Ống bê tông thường có kích thước lớn với đường kính 15÷20cm, chiều dài một đoạn ống là 30cm cho loại đường ống nhỏ và là 50cm cho các đường ống lớn; nước cũng được thấm vào trong ống qua các điểm nối. Ống được làm bằng loại xi măng thông thường có khả năng bị phá hoại dưới tác động của axit hoặc lượng muối trong đất, vì vậy cần phải chọn loại xi măng đặc biệt có độ bền cao trong môi trường xấu để làm vật liệu cho ống.

c) Ống bằng chất dẻo

Ống bằng chất dẻo có thể làm từ chất liệu PE hay PVC, chúng vừa có khả năng chống chịu cao và giá thành thấp. Tuy nhiên, khi đặt lâu ngoài trời ống nhựa bị phá hoại bởi tia cực tím, ống nhựa PVC sẽ trở nên giòn với nhiệt độ băng giá và có thể dễ dàng bị nứt và vỡ.



Hình 5.18: Các hình thức thu nước của các loại ống

Ống nhựa tiêu nước ngày nay được chế tạo dưới dạng ống nhân. So với ống tròn, ống nhân có tính mềm dẻo hơn, chiều dày thành ống mỏng hơn khi cùng thiết kế cho một áp lực vào thành ống, nhưng do ống nhân có hệ số nhám lớn hơn nên đường kính ống thường lớn hơn 20% so với ống tròn khi cùng tháo với một giá trị lưu lượng. Đường kính tiêu chuẩn của ống nhân lấy với đường kính ngoài là 40, 50, 65, 80, 100, 125mm; đường kính trong lấy giảm 10% so với đường kính ngoài.

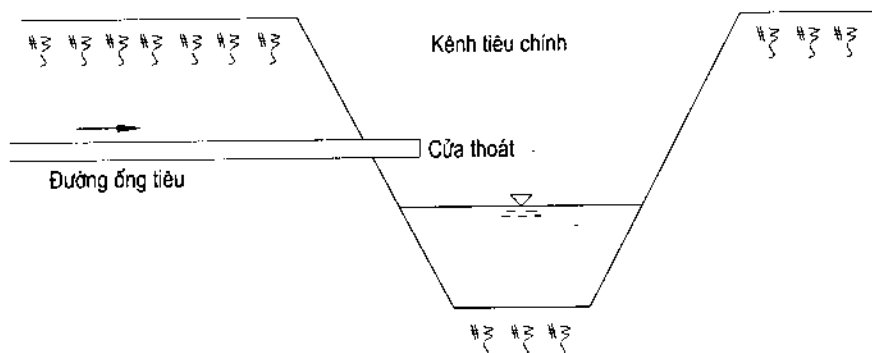
Ống được đục các rãnh nhỏ (rộng $0,6 \div 2\text{mm}$) trên các đường rãnh của ống. Các rãnh nhỏ được sắp xếp và phân bố đều dọc theo chu vi của đường rãnh. Khi đó nước tiêu sẽ được thấm vào trong ống qua các rãnh nhỏ này.

5.4.2. Các công trình trên hệ thống ống tiêu nước

a) Cửa thoát nước tiêu (hình 5.19)

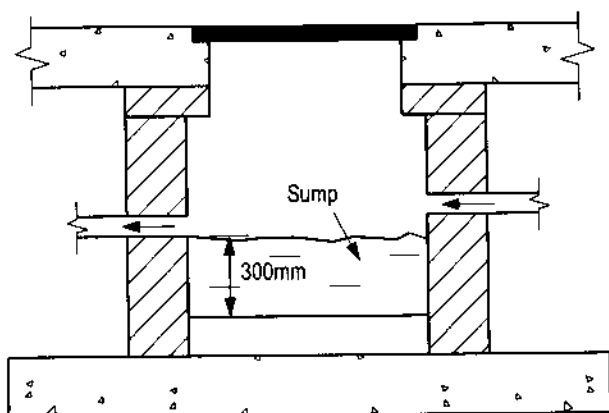
Cửa thoát nước tiêu được đặt cuối cùng của một phân hoặc cả hệ thống ống tiêu nước ngầm, nước tiêu được dẫn qua ống rồi chảy vào kênh tiêu chính hoặc ra dòng chảy tự nhiên (sông, suối...). Khi thiết kế cửa thoát cần tuân theo một số yêu cầu sau:

- Kết cấu đảm bảo, không gây ảnh hưởng tới sự làm việc của toàn bộ hệ thống.
- Ngăn cản khả năng xói cho mái kênh, mương.
- Ngăn cản sự xâm nhập của động vật vào trong ống gây hỏng và tắc đường ống tiêu.



Hình 5.19: Kết cấu cửa thoát nước tiêu

b) Điểm nối và khoang kiểm tra (hình 5.20)

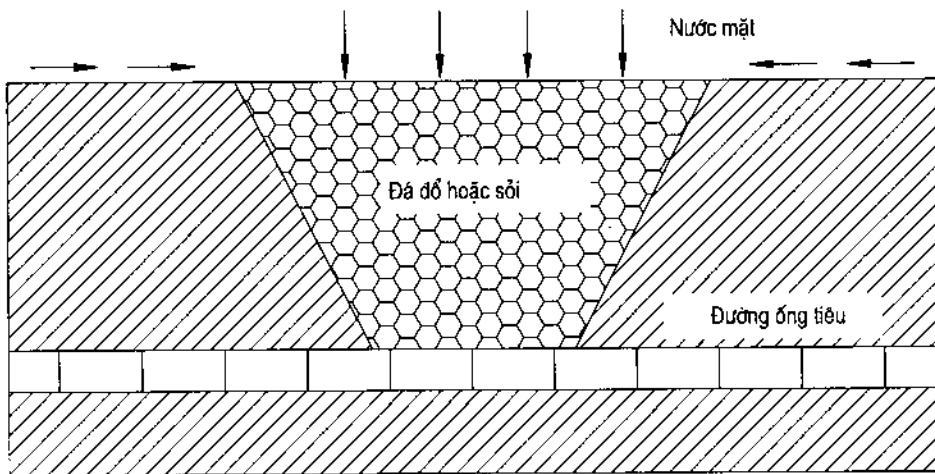


Hình 5.20: Khoang kiểm tra

Dạng kết cấu này được sử dụng để nối đường ống phụ với đường ống chính. Hầu hết tại các điểm nối đều sử dụng mối nối kín, dạng nối này gọn nhưng không thể kiểm tra định kỳ được sau khi lắp đặt. Để giải quyết được vấn đề này, một dạng kết cấu khác được thiết kế dựa trên sự phối hợp giữa điểm nối và kết cấu lắng cát, kết cấu này được gọi là khoang kiểm tra. Nước tiêu từ ống phụ có lẫn các hạt đất nhỏ sẽ tập trung vào khoang kiểm tra, các hạt đất lắng xuống đáy khoang, mức nước phía trên trong hơn sẽ được đưa vào đường ống tiêu chính. Tuy nhiên, kết cấu này khá đắt nên chúng chỉ được sử dụng tại các vị trí quan trọng, nơi có độ dốc của ống tiêu nhỏ hoặc chiều dài của một đoạn ống tiêu lớn ($> 250\text{m}$).

c) Cửa thu nước mặt chảy vào ống tiêu nước (hình 5.21)

Kết cấu này có tác dụng đón lượng nước mặt cần tiêu vào hệ thống ống tiêu nước. Phía trên ống được chèn các lớp đá hoặc lớp sỏi có hệ số thấm lớn, đảm bảo toàn bộ lưu lượng nước mặt từ trên xuống thấm được toàn bộ vào đường ống tiêu.



Hình 5.21: Cửa thu nước

5.4.3. Trạng thái chảy và vấn đề tính toán khoảng cách giữa hai ống tiêu

1. Vấn đề tính toán khoảng cách giữa hai ống tiêu

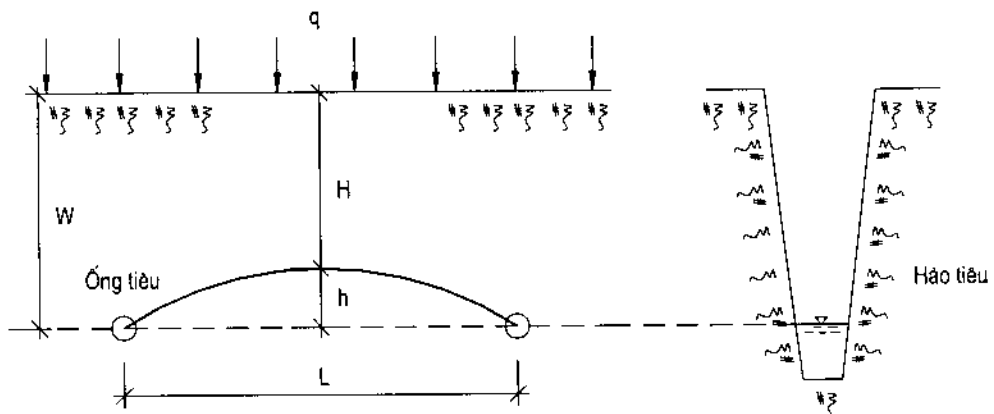
Nhiệm vụ chính trong tính toán thiết kế hệ thống ống tiêu nước ngầm là xác định khoảng cách giữa các ống tiêu (L). Bài toán xác định L có điều kiện ban đầu, điều kiện biên và các biến số:

+ Chiều sâu lớp đất cần tiêu (W), hay chiều sâu đặt ống. Đây chính là yêu cầu quan trọng nhất, để xác định W cần thông qua bài toán kinh tế-kỹ thuật được trình bày trong phần sau.

+ Lưu lượng cần tiêu Q , ở trạng thái ổn định thì $Q = q$ trong đó q là lưu lượng gây úng ngập (hình 5.22).

+ Lớp tiêu hiệu quả H mà hệ thống tiêu cần đảm bảo, $H = W - h$ (hình 5.22).

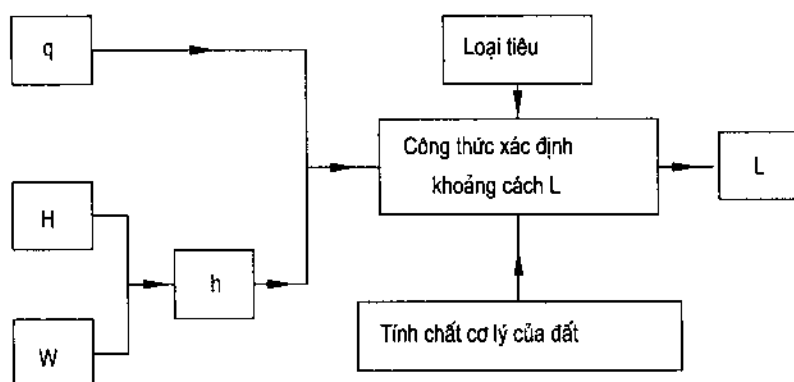
+ Mực nước ngầm $h = W - H$.



Hình 5.22: Các biến chính trong bài toán tiêu bằng ống ngầm

Nhóm các công thức tính khoảng cách giữa 2 ống tiêu được chia thành hai loại, đó là nhóm công thức dựa trên giả thiết chảy ổn định và nhóm công thức dựa trên giả thiết coi dòng chảy thuộc trạng thái không ổn định. Nếu coi dòng chảy trong đất vào ống tiêu nước là ổn định thì lưu lượng tiêu (Q) bằng lưu lượng cần tiêu (q) và không đổi theo thời gian, còn mực nước ngầm (h) là hằng số. Nếu coi dòng chảy trong đất vào ống ở trạng thái không ổn định thì các thông số trên (Q , q và h) sẽ thay đổi theo thời gian. Quá trình tính toán khoảng cách L và các yếu tố liên quan, trong đó có việc lựa chọn công thức tính được minh hoạ trên hình 5.23.

Trong thực tế, hầu hết các trường hợp đều có thể coi ở trạng thái chảy ổn định, và công thức được ứng dụng rộng rãi nhất cho trường hợp này là công thức Hooghoudts. Còn một số công thức khác có thể áp dụng đúng cho khu vực này nhưng lại cho sai số rất lớn đối với khu vực khác. Nguyên nhân chính dẫn đến độ chính xác của kết quả không cao là do mức độ chính xác từ tài liệu cơ lý của đất và đặc trưng nước ngầm chứ không phải do việc lựa chọn công thức tính gây nên.



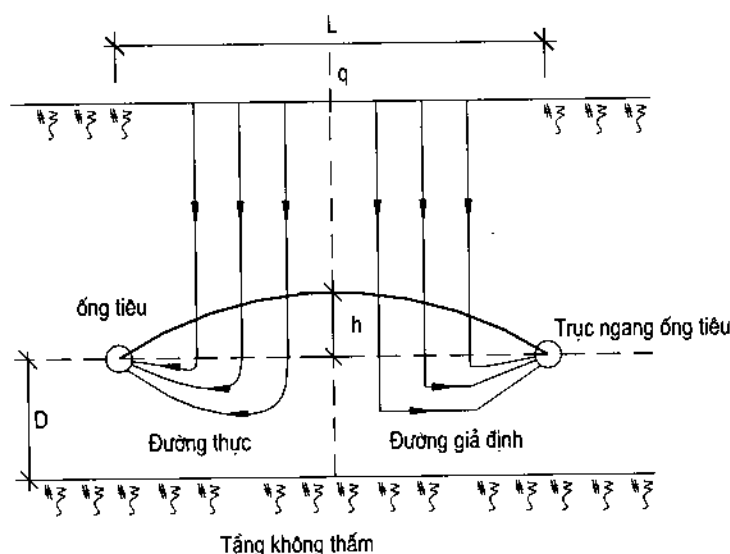
Hình 5.23: Quá trình xác định L của các ống song song trong trạng thái ổn định

2. Đặc điểm của dòng thấm trong bài toán tiêu

Trên hình 5.24 cho chúng ta thấy dòng thấm trong đất chảy vào ống tiêu như thế nào. Nửa bên trái mô tả dòng thấm (đường dòng) thực còn nửa bên phải thể hiện đường dòng mô phỏng gần đúng (giả thiết, giả định). Khi lưu lượng gây úng (q) thấm vào trong đất tạo ra các dòng thấm, các dòng thấm này lúc đầu có phương thẳng đứng chảy xuyên xuống dưới qua vùng đất chưa bão hoà cho tới mực nước ngầm.

Phía dưới mực nước ngầm trong môi trường bão hoà nước, dòng thấm vẫn có xu hướng thẳng đứng, nhưng sẽ nhanh chóng chuyển hướng sang phương và khi tới gần ống tiêu một khoảng cách nào đó, dòng thấm sẽ có phương hướng tâm vào ống tiêu.

Phương của dòng thấm và phạm vi biến đổi phụ thuộc vào từng bài toán cụ thể, nhưng phụ thuộc chủ yếu vào ba đại lượng: L , h , D .



Hình 5.24: Đặc điểm của dòng thấm trong bài toán tiêu

Dòng thấm chạy phía trên trục của chiều sâu tiêu (W) thì dòng đứng là chủ yếu. Dòng thấm chạy phía dưới trục tiêu thì dòng ngang là chủ yếu và khi dòng thấm chạy gần với ống tiêu một khoảng $\approx D$ thì dòng hướng tâm nổi trội.

Dòng ngang có thể xảy ra tại độ sâu $0,25L$ bên dưới trục ngang đặt ống tiêu nước. Dòng hướng tâm xảy ra trong phạm vi bán kính $\frac{1}{2}D\sqrt{2} \approx 0,7D$. Khi L lớn hơn nhiều so với h và D thì thành phần chảy ngang nhiều hơn, còn ngược lại thì dòng đứng chiếm đa phần.

Về mực nước ngầm so với ống tiêu (h): còn có thể gọi là chiều sâu tiêu hiệu quả, có thể được tính bằng tổng các cột nước tổn thất của đoạn chảy đứng (h_d), của đoạn chảy ngang (h_n), đoạn hướng tâm (h_h) và tổn thất chảy vào ống (h_v) như trên hình 5.25.

$$h = h_d + h_n + h_h + h_v \quad (5.17)$$

Trong đó:

h_d - tổn thất cột nước của phần dòng chảy đứng;

h_n - tổn thất cột nước của phần dòng chảy ngang;

h_h - tổn thất cột nước của phần dòng chảy hướng tâm;

h_v - tổn thất cột nước của phần dòng chảy vào ống. Trong đa số trường hợp tổn thất dòng chảy vào h_v thường rất nhỏ và có thể bỏ qua.

Tổn thất cột nước của dòng chảy đứng h_d

Tổn thất cột nước đứng cho dòng chảy với lưu lượng q đi qua một lớp đất có chiều dày D_d và hệ số thấm K được tính theo công thức (dựa vào định luật Darcy):

$$h_d = \frac{q \cdot D_d}{K} \quad (5.18)$$

Giải ra, ta có:

$$h_n = \frac{q.L_n^2}{8.K.D_n} \quad (5.22)$$

Trong đó:

$$L_n = (L - 2) \times 0,7D$$

D_n - chiều dày trung bình của khu vực dòng chảy ngang $D_n = D + 0,5 \times h$

Công thức (5.22) cũng có thể được xây dựng từ định luật Darcy như sau. Lưu lượng Q tăng dần dọc chiều dài chảy, tại $x = L_n/2$ thì $Q = 0$, tại $x = 0$ thì $Q = 1/2 q L_n$, cho nên theo Darcy lưu lượng trung bình sẽ bằng:

$$Q = KJ\omega$$

Thay vào ta có:

$$\frac{1}{2} q L_n = K \frac{h_n}{\frac{1}{2} L_n} D_n$$

Hay:

$$h_n = \frac{q L_n^2}{8 K D_n}$$

Tổn thất cột nước của phần dòng chảy hướng tâm h_h

Theo Earnst (1962) và Wesseling (1974), thành phần h_h (tổn thất thủy lực theo phương hướng tâm) được xác định bằng công thức:

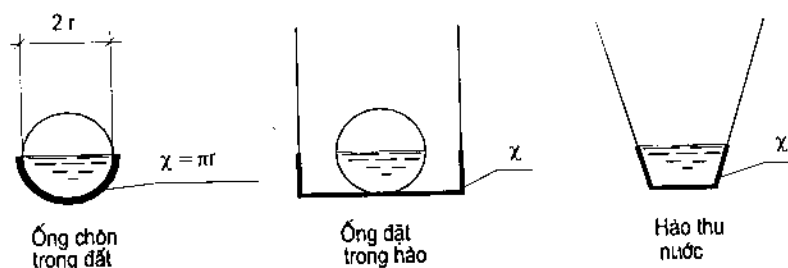
$$h_h = q \frac{L}{\pi.K} \ln \frac{a D_h}{\chi} \quad (5.23)$$

Trong đó:

$a.D_h$ - thông số định dạng nói nên vị trí tương đối giữa ống tiêu và tầng thấm gần đáy có thể lấy $a.D_h \approx D$

χ - chu vi ướt của ống tiêu

Chu vi ướt của ống tiêu phụ thuộc vào đường kính ống tiêu, phụ thuộc vào cách bố trí ống tiêu. Trên hình 5.26 cho hình vẽ minh họa cách tính chu vi ướt đối với bài toán tiêu bằng ống ngầm.



Hình 5.26: Chu vi ướt khi tính toán ống tiêu ngầm

Tổn thất cột nước khi vào ống h_v

Khi dòng chảy chui vào ống qua các lỗ đục xung quanh thành ống, có một phần tổn thất cột nước là h_v . Để đo giá trị h_v , người ta đặt một ống đo áp cách ống khoảng 10cm và một ống cắm vào ống, chênh lệch số đọc của hai áp kế sẽ cho tổn thất cột nước phân vào ống. Nói chung, do lỗ đục quanh ống có kích thước đủ lớn và do hệ số thấm của vùng quang ống lớn nên giá trị h_v rất nhỏ. Trong thực tế tính toán, người ta thường bỏ qua giá trị này.

5.4.4. Công thức Hooghoudts

Công thức xác định khoảng cách giữa các ống tiêu được nhà nghiên cứu người Hà Lan tên là Hooghoudts xây dựng vào năm 1940. Công thức này coi dòng ngầm ở trạng thái ổn định. Trong công thức chỉ xem xét đến tổn thất cột nước của dòng ngang và dòng hướng tâm còn tổn thất cột nước của dòng đứng được bỏ qua.

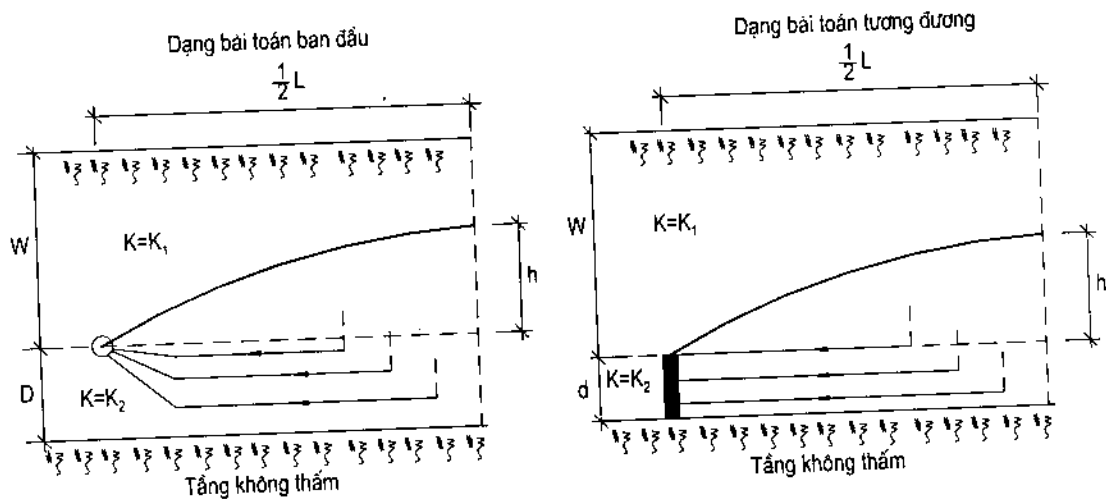
Xây dựng công thức Hooghoudts

Tổng tổn thất cột nước ban đầu (thành phần ngang và hướng tâm) được xác định theo công thức:

$$h = h_n + h_h = q \cdot \frac{L}{\pi \cdot K} \ln \frac{a \cdot D_h}{\chi} + \frac{q \cdot L_n^2}{8 \cdot K \cdot D_n} \quad (5.24a)$$

Công thức này xác định khoảng cách L là khá phức tạp, chính vì vậy Hooghoudts đã chuyển đổi dạng sơ đồ bài toán ban đầu sang một sơ đồ bài toán tương đương qua sự chuyển đổi hình thức ống tiêu sang hình thức hào tiêu (hình 5.27), khi này toàn bộ dòng thấm hướng tâm được chuyển đổi thành dòng thấm hướng ngang và công thức xác định tổng cột nước tổn thất sẽ đơn giản hơn:

$$h = h_{td} = \frac{q \cdot L^2}{8 \cdot K \cdot D_{td}} \quad (5.24b)$$



Hình 5.27: Sơ đồ chuyển đổi bài toán của Hooghoudt

Trong sơ đồ tương đương thì chiều dày trung bình của dòng chảy ngang được xác định gần đúng:

$$D_{td} = d + \frac{h}{2} \quad (5.25)$$

Thay (5.25) vào (5.24b) ta có:

$$h = \frac{q.L^2}{8.K \left(d + \frac{h}{2} \right)} \Rightarrow q = \frac{8Kh \left(d + \frac{h}{2} \right)}{L^2} \quad (5.26)$$

Và ta có:

$$q = \frac{8.K.d.h}{L^2} + \frac{4K.h^2}{L^2} \quad (5.27)$$

Khi hệ số thấm khác nhau vùng trên mặt tiêu là K_1 và dưới mặt tiêu là K_2 ta có:

$$q = \frac{8.K_2.d.h}{L^2} + \frac{4K_1.h^2}{L^2} \quad (5.28)$$

Hay:

$$L^2 = \frac{8.K_2.d.h}{q} + \frac{4K_1.h^2}{q} \quad (5.29)$$

Đây chính là công thức Hooghoudts để tính khoảng cách giữa các ống tiêu đặt song song. Ông cũng tìm ra $d = f(D, L, \chi)$ và lập bảng tra mối quan hệ này cho các loại đường kính ống tiêu trong bảng 5.12.

Ngoài ra, Ông còn chứng minh và tìm được:

$$d = \frac{D}{\frac{8D}{\pi.L} \ln \frac{D}{\chi} + 1} \quad (\text{với } D \leq \frac{1}{4}L) \quad (5.30)$$

$$d = \frac{\pi.L}{8 \ln \frac{L}{\chi}} \quad (\text{với } D > \frac{1}{4}L) \quad (5.31)$$

Sử dụng công thức Hooghoudts

Quá trình tính theo công thức Hooghoudts cần tiến hành theo các bước sau:

Bước 1: Xác định q và H ;

Bước 2: Xác định W ; tính $h = W - H$;

Bước 3: Xác định hệ số thấm K_1 , K_2 (hoặc K) và D ;

Bước 4: Lựa chọn loại ống tiêu rồi tính χ ;

Bước 5: Tính L theo công thức của Hooghoudts.

Trong bước 5 phải tính dần như sau:

- Giả thiết L rồi tính d theo công thức (5.30); (5.31) hoặc bảng 5.12.
- Tính L theo công thức (5.29) và so sánh với giả thiết.
- Thay đổi, điều chỉnh L giả thiết và tính cho đến khi đạt sai số cho phép.

Bảng 5.12: Bảng tra chiều sâu tương đương sử dụng cho ống tiêu nước
($r = 4+10\text{cm}$; $\chi = 0,3\text{m}$)

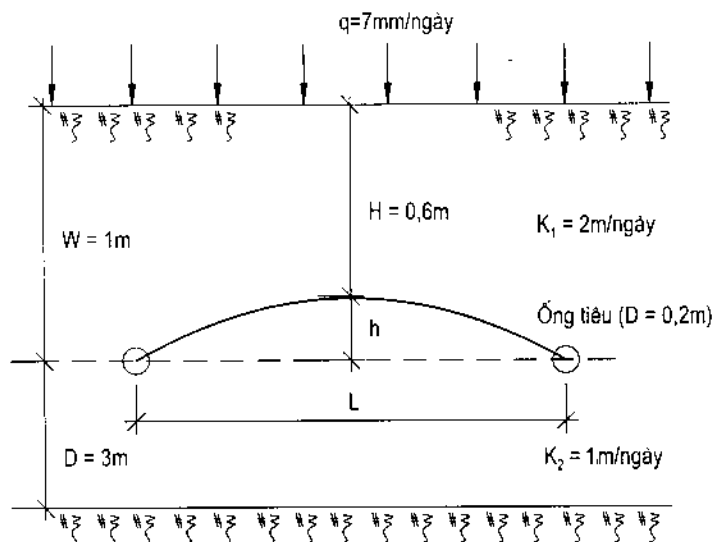
D (m)	L (m)																		
	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	75	80	85	90	100	150	200	250
0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50												
0,75	0,60	0,65	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75								
1,00	0,65	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,70	0,80	0,90	1,00	1,05	1,10	1,10	1,15	1,15	1,15	1,15								
1,50		0,90	0,95	1,10	1,20	1,25	1,30	1,30	1,35	1,35	1,35								
1,75		0,90	1,00	1,20	1,30	1,40	1,45	1,50	1,50	1,55	1,55								
2,00			1,10	1,30	1,40	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,70	1,80	1,80	1,80	1,85	1,85	1,90	1,90	1,95
2,25			1,15	1,35	1,50	1,70	1,70	1,75	1,80	1,85	1,85								
2,50				1,40	1,55	1,70	1,80	1,85	1,95	2,00	2,00								
2,75				1,40	1,65	1,75	1,90	2,00	2,05	2,10	2,20								
3,00				1,45	1,65	1,85	1,95	2,10	2,15	2,25	2,30	2,50	2,50	2,55	2,55	2,60	2,70	2,80	2,85
3,25				1,50	1,70	1,90	2,05	2,15	2,25	2,35	2,40								
3,50				1,50	1,75	1,95	2,10	2,25	2,35	2,45	2,55								
3,75				1,50	1,80	1,95	2,15	2,30	2,45	2,55	2,65								
4,00					1,80	2,00	2,20	2,35	2,50	2,60	2,70	3,05	3,10	3,10	3,15	3,25	3,45	3,60	3,65
4,50					1,85	2,10	2,30	2,50	2,65	2,75	2,85								
5,00					1,90	2,15	2,40	2,60	2,75	2,90	3,00	3,50	3,55	3,60	3,65	3,80	4,10	4,30	4,45
5,50						2,20	2,45	2,65	2,85	3,00	3,15								
6,00							2,50	2,70	2,90	3,10	3,25	3,85	3,95	4,00	4,10	4,25	4,70	4,95	5,15
7,00							2,55	2,80	3,05	3,25	3,45	4,15	4,25	4,35	4,40	4,60	5,20	5,55	5,80
8,00							2,55	2,85	3,15	3,35	3,55	4,40	4,50	4,60	4,70	4,95	5,70	6,15	6,45
9,00								2,90	3,20	3,45	3,65	4,55	4,70	4,80	4,95	5,25	6,10	6,65	7,00
10,00									3,25	3,50	3,75	4,75	4,90	5,05	5,20	5,45	6,45	7,10	7,55
12,50												5,00	5,20	5,40	5,55	5,90	7,20	8,05	8,70
15,00												5,20	5,40	5,60	5,80	6,25	7,75	8,85	9,65
17,50												5,30	5,55	5,75	6,00	6,45	8,20	9,45	10,40
20,00													5,60	5,85	6,10	6,60	8,55	9,95	11,10
25,00													5,75	5,95	6,20	6,80	9,00	10,70	12,10
30,00																	9,25	11,30	12,90
35,00																	9,45	11,60	13,40
40,00																		11,80	13,80
45,00																		12,00	13,80
50,00																		12,10	14,30
60,00																			14,60
	0,70	0,95	1,15	1,55	1,90	2,25	2,60	2,90	3,25	3,55	3,90	5,40	5,75	6,00	6,25	6,80	9,55	12,20	14,70

d = const đối với
D > 0,25L

Thí dụ 5.6:

Cho sơ đồ bài toán tiêu dưới đây với $q = 7 \text{ mm/ngày}$; $2r = 0,2\text{m}$;

Yêu cầu bài toán xác định khoảng cách giữa các ống tiêu L .



Giải: (với sai số cho phép không lớn hơn $\pm 1\%$)

Tính lần 1:

Giả thiết $L = 40\text{m}$; $\frac{1}{4}L = 10\text{m}$

Vì: $D = 3\text{m} < \frac{1}{4}L = 10\text{m}$ nên d được xác định theo công thức 5.30

$$\text{Tính: } d = \frac{D}{\frac{8D}{\pi \cdot L} \ln \frac{D}{\chi} + 1} = \frac{3}{\frac{8 \cdot 3}{\pi \cdot 40} \ln \frac{3}{0,314} + 1} = \frac{3}{0,191 \cdot 2,257 + 1} = \frac{3}{1,431} = 2,096\text{m}$$

$$\text{Tính: } h = W - H = 1 - 0,6 = 0,4\text{m}$$

Tính L:

$$L^2 = \frac{8 \cdot K_2 \cdot d \cdot h}{q} + \frac{4K_1 \cdot h^2}{q} = \frac{8 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 2,096}{0,007} + \frac{4 \cdot 2 \cdot 0,4^2}{0,007} = 958 + 183 = 1141$$

$$\Rightarrow L = 33,78\text{m}.$$

Sai số là: $(33,78 - 40)/40 = -0,1555 = -15,55\%$ là khá lớn, nên phải giả thiết và tính lại L .

Tính lần 2:

Giả thiết $L = 33\text{m}$

$$D = \frac{3}{0,231.2,257 + 1} = \frac{3}{1,522} = 1,97\text{m}$$

$$L^2 = 900 + 183 = 1083 \Rightarrow L = 32,9\text{m}$$

Sai số là: $(32,9 - 33)/33 = -0,003 = -0,3\%$ nằm trong phạm vi sai số cho phép.

Vậy đáp số là $L = 33\text{m}$

Một số lưu ý khi sử dụng công thức Hooghoudt

(1) Từ công thức của Hooghoudt, chúng ta thấy khoảng cách giữa các ống tiêu (L) sẽ tăng khi:

- Hệ số thấm tăng, đặc biệt khi K_2 tăng, còn K_1 ít ảnh hưởng tới L hơn.
- Lượng cần tiêu q giảm vì L tỷ lệ với $q^{-1/2}$.
- Khoảng cách từ trục ống tiêu đến tầng không thấm (D) tăng.
- Độ giảm mực nước ngầm (h) tăng.

(2) Khi độ giảm mực nước ngầm (h) là nhỏ (có thể bỏ qua) thì công thức (5.29) có thể rút gọn thành công thức Hooghoudt đơn giản:

$$L^2 = \frac{8.K.d.h}{q} \quad (5.32)$$

(3) Khi thành phần dòng đứng là quan trọng, nên thay giá trị (h) trong các công thức trên bằng giá trị $(h - h_d)$, với giá trị h_d được tính theo công thức (5.18).

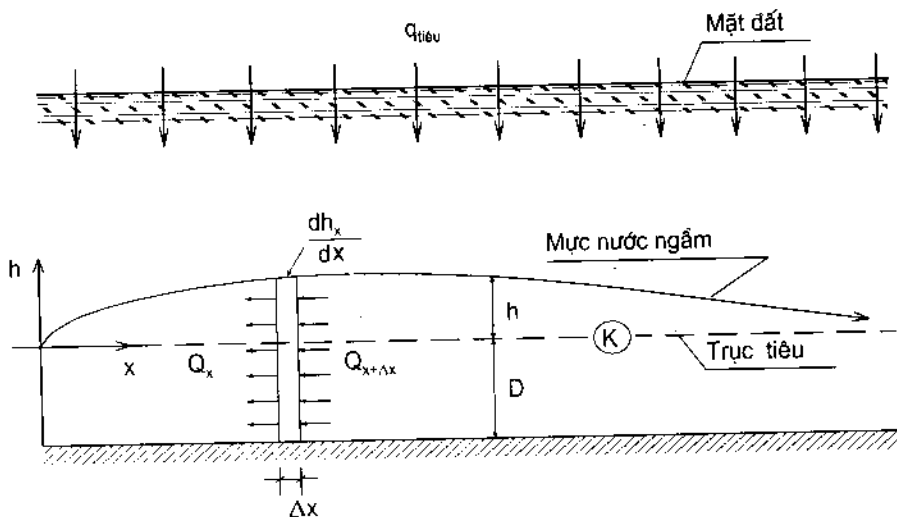
(4) Vế sau của công thức Hooghoudt ($q = \frac{4Kh^2}{L^2}$ trong công thức 5.28), không được sử dụng riêng cho phần tiêu bên trên trục ống tiêu.

5.4.5. Công thức Glover-Dumm

Công thức Hooghoudt được xây dựng trên giả thiết là dòng ngầm ở trạng thái ổn định (tức là giả thiết mực nước ngầm không đổi theo thời gian), nhưng trong thực tế, hoa màu cùng vùng rễ cây chịu ảnh hưởng lớn của mực nước ngầm, mà mực nước ngầm lại thay đổi theo thời gian, đặc biệt là sau những cơn mưa. Như vậy, khi mực nước ngầm biến động, các công thức dựa trên giả thiết dòng thấm ổn định không còn phù hợp nữa. Trong mục này, chúng ta sẽ nghiên cứu công thức của Glover-Dumm dựa trên giả thiết là dòng ngầm là không ổn định, ngoài ra công thức này coi mực nước ngầm là một biến số quan trọng, do đó, nó còn thuộc nhóm công thức được gọi là các công thức độ giảm mực nước ngầm.

Khi $h < D \ll L$ thì thành phần dòng ngang chiếm tỷ trọng chủ yếu. Từ hình vẽ 5.28 và sử dụng định luật Darcy, chúng ta có thể rút ra công thức:

$$Q_x = KD_n \frac{\partial h_x}{\partial x} \quad (5.33)$$



Hình 5.28: Sơ đồ dòng chảy ngầm theo phương ngang

Mặt khác, viết phương trình cân bằng cho phần tử Δx nằm dưới mực nước ngầm với μ là hệ số ngấm nước của đất, ta có:

$$\mu \frac{\partial h_x}{\partial t} \Delta x = Q_{x+\Delta x} + q \cdot \Delta x - Q_x \quad (5.34)$$

Khi cho $\Delta x \rightarrow 0$ thì (5.34) trở thành:

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + q = \mu \frac{\partial h_x}{\partial t} \quad (5.35)$$

Thay Q_x trong (5.35) bằng (5.33), ta được:

$$\frac{\partial \left(KD_n \frac{\partial h_x}{\partial x} \right)}{\partial x} + q = \mu \frac{\partial h_x}{\partial t}$$

$$\text{Rút gọn lại:} \quad \frac{\partial h_x}{\partial t} = \frac{KD_n}{\mu} \frac{\partial^2 h_x}{\partial x^2} + \frac{q}{\mu} \quad (5.36)$$

Phương trình (5.36) có tên là *phương trình Boussinesq*, nó mô tả quỹ đạo của đường mực nước ngầm trong trạng thái không ổn định.

Tích phân phương trình (5.36) đối với trường hợp $q = 0$ (không có lượng tiêu bổ sung trên bề mặt đất), chúng ta sẽ có điều kiện biên như sau:

+ Khi $t = 0$ thì $h_x = h_0$ đối với mọi giá trị của x . Với h_0 là chênh cao giữa mực nước ngầm và trục tiêu.

+ Khi $t > 0$ thì $h = 0$ tại vị trí $x = 0$ và $x = L$. Với L là khoảng cách giữa hai ống tiêu nước ngầm.

Từ các kết quả trên, Glover - Dumm đã xây dựng công thức của mình (hình 5.29), trong đó mô tả mối quan hệ giữa cột nước cao nhất h_t tại thời điểm $t = t$ với cột nước h_0 tại thời điểm $t = 0$ như sau:

$$\frac{h_t}{h_0} = 1,16e^{-\alpha t} \quad (5.37)$$

$$\alpha = \frac{10Kd}{\mu L^2} \quad (5.38)$$

Kết hợp (5.37) và (5.38), thu được:

$$L^2 = \frac{10Kdt}{\mu} \left[\ln 1,16 \frac{h_0}{h_t} \right]^{-1} \quad (5.39)$$

Trong đó:

t - thời gian tính bằng ngày;

h_0 - mực nước ngầm so với trục tiêu tại thời điểm ban đầu $t=t_0$ (m);

h_t - mực nước ngầm tại thời điểm $t=t$ (m);

α - hệ số nhả nước của đất (1/ngày);

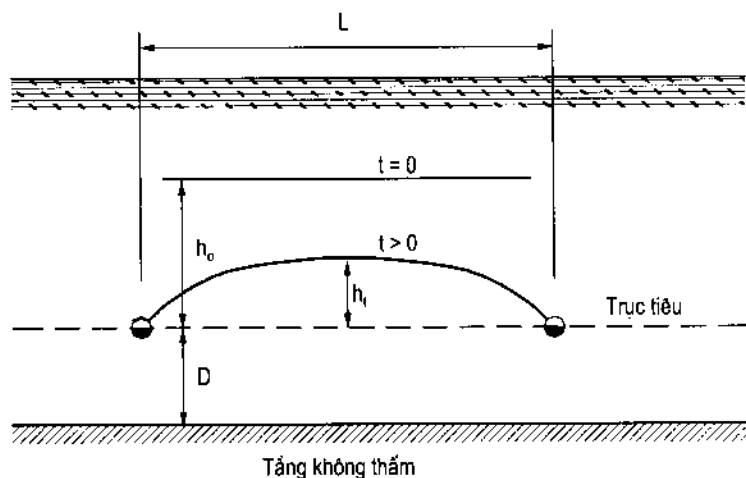
μ - hệ số ngấm nước của đất (m^3/m^3);

10 - gần đúng của giá trị $n^2 = 9,87$;

L - khoảng cách giữa hai ống tiêu (m);

d - chiều sâu tương đương từ trục tiêu tới tầng không thấm (m) (xem phần công thức Hooghoudt);

K - hệ số thấm của đất (m/ngày).



Hình 5.29: Thông số, đặc trưng và điều kiện biên trong công thức Glover-Dumm

Để đơn giản hơn, năm 1963 Bouwer và Schilfgaard đã giả thiết lượng tiêu bổ sung trên mặt đất có thể tính theo độ hạ mực nước ngầm theo thời gian như sau:

$$q = -C\mu \frac{dh}{dt} \quad (5.40)$$

Giá trị của hệ số điều chỉnh C thường từ 0,7 đến 0,9 tại vị trí cao nhất của mực nước ngầm. Kết hợp phương trình (5.40) với công thức Hooghoudt đơn giản (5.32), thu được:

$$\left. \begin{aligned} q &= -C\mu \frac{dh}{dt} \\ q &= \frac{8Kdh}{L^2} \end{aligned} \right\} dt = \frac{-C\mu L^2}{8Kdh} dh \quad (5.41)$$

Tích phân (5.41) với cận $t = 0, h = h_0$ và $t = t, h = h_t$, sau đó sắp xếp lại với giá trị $C = 0,8$ sẽ cho phương trình (5.42) gần giống với công thức (5.39).

$$L^2 = \frac{10Kdt}{\mu} \left[\ln \frac{h_0}{h_t} \right]^{-1} \quad (5.42)$$

Nếu kết hợp (5.40) với công thức (5.26) cũng cho công thức tương tự:

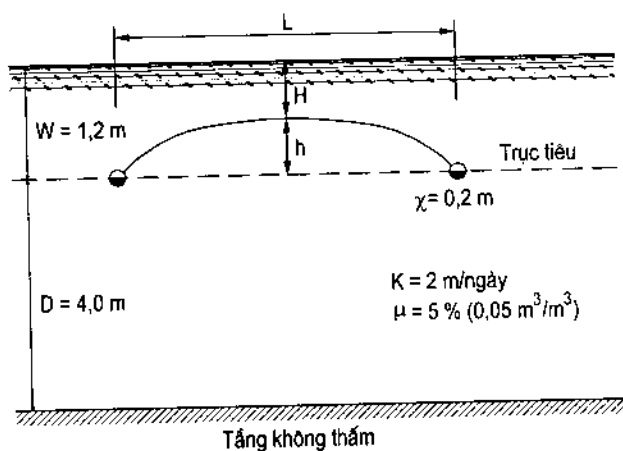
$$L^2 = \frac{10Kdt}{\mu} \left[\ln \frac{h_0(2d + h_t)}{h_t(2d + h_0)} \right]^{-1} \quad (5.43)$$

Để nắm được quá trình sử dụng công thức Glover-Dumm (5.39) hay một số công thức tương tự (5.42), (5.43) khi tính toán khoảng cách giữa các ống thu nước ngầm, chúng ta làm thí dụ sau.

Thí dụ 5.7: Cho bài toán ở trạng thái không ổn định như trong hình vẽ với các điều kiện: $t = 0$ thì $H_0 = 0$ (mực nước ngầm bằng cao độ mặt đất).

$t = 4$ thì $H_4 = 0,8$ m (tức là sau 4 ngày, mực nước ngầm hạ thấp xuống 0,8 m tính từ mặt đất).

Hãy tính khoảng cách giữa hai ống tiêu nước ngầm?



Giải:

a) Giải trực tiếp

$$\left. \begin{array}{l} h_0 = W - H_0 = 1,2\text{m} \\ h_4 = W - H_4 = 0,4\text{m} \end{array} \right\} \frac{h_4}{h_0} = \frac{0,4}{1,4} = 0,33$$

Từ phương trình (5.37), ta có:

$$\frac{h_t}{h_0} = \frac{h_4}{h_0} = 0,33 \rightarrow \alpha t = -\ln \frac{0,33}{1,16} = 1,24$$

$$\text{Với } t = 4 \text{ thì: } \alpha = \frac{1,24}{4} = 0,31$$

$$\text{Thay vào phương trình (5.38): } \alpha = \frac{10Kd}{\mu L^2} = 0,31 \Rightarrow L^2 = \frac{10Kd}{0,31\mu}$$

$$\text{Với } \mu = 0,05 \text{ và } K = 2,0 \rightarrow L^2 = 1290d$$

Như vậy L phụ thuộc d và ngược lại d phụ thuộc L, chúng ta có 2 công thức nên có thể tính đúng dần để tìm kết quả. Sử dụng bảng 5.12 hoặc công thức tính d (5.30 và 5.31) với hai lần tính đúng dần như sau:

+ Đúng dần lần 1: giả thiết L = 30m, tìm được d = 2,20 m (bảng 5.12)

$$L = \sqrt{1290 \times 2,20} = 53,30\text{m}$$

+ Đúng dần lần 2: giả thiết L = 60m, tìm được d = 2,84 m (bảng 5.12)

$$L = \sqrt{1290 \times 2,84} = 60,50\text{m}$$

+ Có thể dừng tính với kết quả: L = 60 m.

b) Giải gián tiếp

Kết hợp công thức Hooghoudt đơn giản (5.32) với công thức Glover-Dumm (5.38), ta có:

$$\left. \begin{array}{l} L^2 = \frac{8Kdh}{q} \\ L^2 = \frac{10Kd}{\alpha\mu} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{h}{q} = \frac{10}{8\alpha\mu}$$

$$\text{Với } \alpha = 0,31 \text{ và } \mu = 0,05 \rightarrow h/q = 80,65.$$

Thay vào công thức Hooghoudt đơn giản với K = 2 m/ngày, h/q = 80,65 sẽ thu được: L² = 1290d.

Sau khi tính đúng dần tương tự như trên, sẽ có kết quả là L = 60 m

5.4.6. Công thức De Zeeuw và Hellinga

Công thức Hooghoudt đơn giản (5.32) có thể tiếp tục được xây dựng cho trạng thái không ổn định đối với bài toán tưới tiêu hữu hạn. Trong công thức đó, lượng cần tiêu (q) gần như phụ thuộc tuyến tính vào độ hạ mực nước ngầm lớn nhất (h).

$$q = \frac{8Kd}{L^2} h$$

Như vậy sự biến đổi lưu lượng cần tiêu theo thời gian cũng sẽ phụ thuộc tuyến tính vào sự biến đổi của mực nước ngầm lớn nhất theo thời gian. Tức là:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{8Kd}{L^2} \frac{dh}{dt} \quad (5.44)$$

Gọi tổng lượng nước bổ sung cho nước ngầm là (R), gọi lượng tiêu là (q) thì mực nước ngầm sẽ dâng cao khi ($R - q > 0$) và hạ thấp khi ($R - q < 0$). Sử dụng phương trình (5.40), sự thay đổi mực nước ngầm có thể được biểu thị:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{(R - q)}{C\mu} \quad (5.45)$$

Kết hợp phương trình (5.44) và (5.45) với $C = 0,8$, ta có:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{10Kd}{\mu L^2} (R - q) = \alpha(R - q) \quad (5.46)$$

Như vậy sự thay đổi về lượng tiêu theo thời gian tỷ lệ với hiệu số ($R - q$), còn hệ số tỷ lệ α chính là hệ số *nhả nước* mà chúng ta đã biết. Tích phân phương trình (5.46) với cận khi $t = t$, $q = q$ và $t = t - 1$ thì $q = q_{t-1}$, cho ta:

$$\int_{q_{t-1}}^q \frac{dq}{(R - q)} = \int_{t-1}^t \alpha dt$$

$$\frac{(R - q)_t}{(R - q)_{t-1}} = e^{-\alpha \Delta t}$$

Có thể biến đổi thành:

$$q_t = q_{t-1} e^{-\alpha \Delta t} + R_{\Delta t} (1 - e^{-\alpha \Delta t}) \quad (5.47)$$

Trong đó $R_{\Delta t}$ là giá trị trung bình của R trong khoảng thời gian $\Delta t = t - (t-1)$ và được coi là hằng số. Sử dụng quan hệ tuyến tính giữa q và h trong phương trình (5.32), tức là:

$$q = \frac{8Kd}{L^2} h = 0,8\alpha\mu h$$

Ta có:

$$h_t = h_{t-1} e^{-\alpha \Delta t} + \frac{R_{\Delta t}}{0,8\mu\alpha} (1 - e^{-\alpha \Delta t}) \quad (5.48)$$

Công thức (5.47) và (5.48) lần đầu tiên được De Zeeuw và Hellinga thiết lập năm 1958 có thể được áp dụng để tính toán mực nước ngầm thay đổi theo lượng tiêu nếu biết số liệu quan trắc và hệ số nhả nước α . Thí dụ 5.8 dưới đây sẽ làm sáng tỏ cách áp dụng công thức trên.

Thí dụ 5.8: Cho bài toán tiêu nước bằng ống ngầm với: $W = 1,20$ m; $L = 40$ m; $Kd = 2,5$ m²/ngày; $\mu = 0,05$ m³/m³. Hãy tính quan hệ h và q trong 10 ngày nếu biết lúc bắt đầu mưa ($t = 0$), mực nước ngầm là 0,1m, lớp đất bên trên có thể ngấm ngay 15mm để đạt mức bão hoà. Bốc thoát hơi thực vật (E) là nhỏ, chỉ từ 1 đến 2 mm/ngày và cho trước.

Giải: Chọn khoảng thời gian $\Delta t = 1$ ngày. Tính các tham số như sau:

$$\alpha = \frac{10Kd}{\mu L^2} = \frac{10 \times 2,5}{0,05 \times 40^2} = 0,31$$

$$e^{-\alpha \Delta t} = e^{-0,31} = 0,73$$

$$(1 - e^{-\alpha \Delta t}) = (1 - 0,73) = 0,27$$

$$0,8\mu\alpha = 0,8 \times 0,05 \times 0,31 = 0,012$$

Tại lúc bắt đầu tiêu ($t = 0$):

$$H = W - h = 1,20 - 0,10 = 1,10\text{m}$$

$$q = \frac{8Kdh}{L^2} = \frac{8 \times 2,5 \times 0,10}{1600} = 0,001 \text{ m/ngày}$$

$$R = P - E - 15 = 20 - 1 - 15 = 4\text{mm} = 0,004\text{m}$$

Trong đó 15mm là lượng ngấm nước ban đầu của đất.

Từ ngày thứ nhất ($t = 1$) đến ngày thứ 10, quá trình tính toán như trong bảng sau.

Ngày thứ	Mưa P (m)	Bốc hơi E (m)	Lượng cấp R (m)	Mực nước ngầm h (m)	Lượng tiêu q (m/ngày)
0				0,10	0,001
1	0,020	0,001	0,004	0,16	0,002
2	0,020	0,001	0,019	0,54	0,007
3	0,010	0,002	0,008	0,57	0,007
4	0,025	0,001	0,024	0,96	0,012
5	0,005	0,002	0,003	0,77	0,010
6		0,002		0,56	0,007
7		0,002		0,41	0,005
8		0,002		0,30	0,004
9		0,002		0,22	0,003
10		0,002		0,16	0,003

Trong bảng tính trên:

+ Các cột (1), (2) và (3) là cho trước.

+ Cột (4) = cột (2) - cột (3) và không âm, trừ ngày thứ nhất ($t = 1$) đã tính ở trên.

+ Cột (5): sử dụng công thức (5.48):

$$h_t = h_{t-1}e^{-\alpha\Delta t} + \frac{R_{\Delta t}}{0,8\mu\alpha}(1 - e^{-\alpha\Delta t})$$

$$\text{với } t = 1: h_1 = (0,10 \times 0,73) + \left(\frac{0,004}{0,012} \times 0,27\right) = 0,073 + 0,090 = 0,16$$

$$\text{với } t = 2: h_2 = (0,16 \times 0,73) + \left(\frac{0,019}{0,012} \times 0,27\right) = 0,117 + 0,427 = 0,54$$

$$\text{với } t = 6: h_6 = (0,77 \times 0,73) = 0,56$$

$$\text{với } t = 7: h_7 = (0,56 \times 0,73) = 0,41 \dots$$

+ Cột (6): sử dụng công thức (5.47):

$$q_t = q_{t-1}e^{-\alpha\Delta t} + R_{\Delta t}(1 - e^{-\alpha\Delta t})$$

$$\text{với } t = 1: q_1 = (0,001 \times 0,73) + (0,004 \times 0,27) = 0,002$$

$$\text{với } t = 2: q_2 = (0,002 \times 0,73) + (0,019 \times 0,27) = 0,007$$

$$\text{với } t = 6: q_6 = (0,010 \times 0,73) = 0,007$$

$$\text{với } t = 7: q_7 = (0,007 \times 0,73) = 0,005 \dots$$

5.4.7. Những lưu ý khi thiết kế hệ thống tiêu bằng ống ngầm

Khi thiết kế hệ thống tiêu nước bằng ống ngầm, ngoài vấn đề phương pháp luận và lựa chọn công thức tính toán đã đề cập ở trên, còn khá nhiều chỉ tiêu khác ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán mà người kỹ sư không thể bỏ qua. Chẳng hạn như thời kỳ tính toán tiêu úng, mối quan hệ giữa độ ngầm nước và độ sâu tiêu, vấn đề lựa chọn độ sâu tiêu kinh tế, vấn đề đường kính ống tiêu. Dưới đây sẽ đề cập tới những chỉ tiêu đó.

1. Thời kỳ tính toán tiêu

Khi đã bố trí hệ thống tiêu nước bằng ống ngầm thì quanh năm, một lượng tiêu nào đó theo thời gian sẽ được tiêu rút khỏi khu vực cần tiêu. Chúng ta đã bàn về nội dung tính toán lưu lượng tiêu thiết kế trong phần trước. Lưu lượng tiêu thiết kế phụ thuộc vào cấp công trình và phụ thuộc vào tần suất tiêu thiết kế cũng như nhiều yếu tố khác. Vấn đề cần trao đổi ở đây là sau khi có lưu lượng tiêu thì trường hợp tính toán và kiểm tra sẽ ra sao (điều kiện ban đầu và điều kiện biên).

Ở nước ta, mùa mưa thường gây úng ngập cho cây trồng và gây tác hại đối với nền nông nghiệp, trong khi mùa khô lại thiếu nước tưới. Mùa mưa ở miền Bắc thường trùng

với mùa hè (từ tháng 6 đến tháng 9 dương lịch), mùa mưa đối với miền Trung, Tây Nguyên và miền Nam sẽ chậm hơn. Như vậy rõ ràng trường hợp tính toán cần lựa chọn đúng với thời kỳ mưa lớn, kéo dài phù hợp với điều kiện khí hậu của mỗi vùng. Trong khi đó trường hợp kiểm tra, ngược lại, lại rơi vào mùa khô.

2. Quan hệ giữa độ ngấm nước và độ sâu tiêu

Trong phân trước có đề cập tới độ ngấm nước của đất (μ) và chiều sâu tiêu hay trục tiêu (W). Các công thức tính toán nói chung đều chịu ảnh hưởng của hai yếu tố quan trọng này. Khi không có mưa, mực nước ngầm thậm chí hạ xuống thấp hơn trục tiêu và như vậy khả năng ngấm nước của đất lúc đó rất cao, đó chính là ảnh hưởng của (μ) lưu lượng tiêu q . Khi W lớn, nói chung mực nước ngầm sẽ hạ thấp xuống hơn khi không có mưa so với khi W nhỏ.

Từ sự ảnh hưởng lẫn nhau trên, người ta đã nghiên cứu, thống kê và so sánh để đưa ra một số chỉ dẫn thiết kế (μ và W) so với trường hợp chuẩn (q ứng với $\mu = 5\%$ và $W = 1,0$ m) như trong bảng sau. Như vậy nếu ở trường hợp chuẩn chúng ta tính được $q = 7$ mm/ngày thì khi với $\mu = 10\%$ và $W = 1,50$ m chúng ta sẽ có giá trị của q là $q = 0,65 \times 7 = 4,6$ mm/ngày.

Bảng 5.13: Một số chỉ dẫn thiết kế liên quan đến μ và W

Giá trị μ	Chiều sâu trục tiêu W			
	0,70 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m
5%	1,50 q	q	0,80 q	0,65 q
10%	1,20 q	0,80 q	0,65 q	0,50 q
15%	q	0,65 q	0,50 q	0,50 q

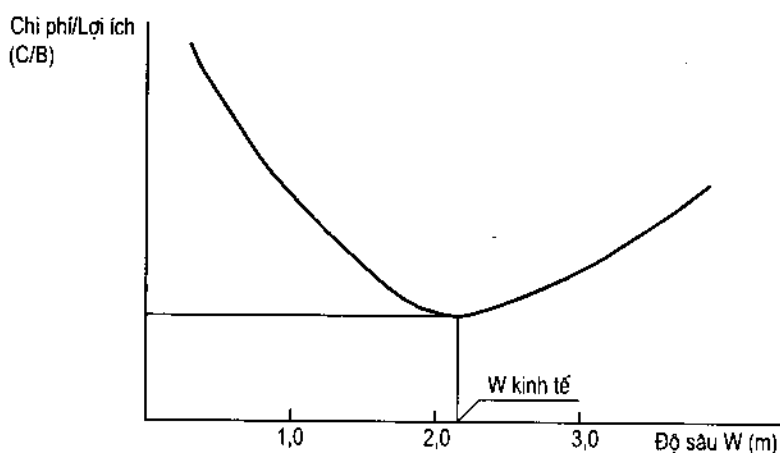
3. Xác định độ sâu tiêu kinh tế (W)

Qua các phân tích ở trên, chúng ta thấy khi độ sâu tiêu (W) tăng lên thì khả năng tiêu úng sẽ tăng (q tăng) khi cố định khoảng cách giữa các ống tiêu. Như vậy hiệu quả tiêu sẽ tăng. Tuy nhiên khi tăng W thì chi phí xây dựng cũng tăng theo do khối lượng đào tăng, chi phí lắp ráp, bảo quản,... cũng có xu hướng tăng lên.

Như vậy sẽ tồn tại một chiều sâu W nào đó để tỷ số chi phí/lợi ích (C/B) là nhỏ nhất. Chiều sâu đó được gọi là độ sâu tiêu kinh tế. Qua thực tế, có thể nhận xét rằng, độ sâu tiêu kinh tế thường rơi vào khoảng $2,0 \div 2,5$ m dưới mặt đất (hình 5.30).

Tuy nhiên ngoài khái niệm độ sâu kinh tế vừa nêu, khi lựa chọn chiều sâu tiêu W cần lưu ý đến những yếu tố ảnh hưởng dưới đây:

a) *Mực nước tiêu của cả hệ thống*: Chiều sâu tiêu W là chiều sâu đặt các ống thu nước ngầm tại ruộng, chiều sâu này ngoài ý nghĩa hiệu quả tiêu của ruộng, ý nghĩa kinh tế của phần thu nước tiêu, nó còn liên quan đến cao độ đáy hào thu nước, đáy của mạng lưới



Hình 5.30: Độ sâu tiêu kinh tế

dẫn nước tiêu và cao độ đáy của miệng ra của toàn bộ hệ thống tiêu. Do đó, khi lựa chọn W , nhất thiết phải lưu ý đến các cao độ có liên quan, và bài toán kinh tế cả hệ thống tiêu mới là quan trọng. Thí dụ muốn hạ chiều sâu W xuống mà dẫn tới hạ toàn bộ cao độ đáy của hệ thống thì khối lượng thi công sẽ tăng cao, chi phí xây dựng trạm bơm tăng, công suất và đặc tính máy bơm cũng tăng, cho nên về mặt hiệu quả kinh tế của toàn hệ thống sẽ không tăng mà lại giảm.

b) Dòng thấm: Khi bố trí hệ thống thu nước tiêu bằng đường ống sẽ làm cho mực nước ngầm tại khu ruộng giảm rõ rệt so với khu vực xung quanh, điều này vô hình chung tạo nên một "rốn" nước để dòng thấm từ các khu vực xung quang đổ về.

c) Tính chất cơ lý của đất: Tùy thuộc vào tính chất cơ lý của lớp đất mặt (độ sâu khoảng 2m dưới mặt đất) mà xem xét có nên bố trí hệ thống tiêu nước bằng ống ngầm hay không. Chẳng hạn đối với cát có hệ số thấm quá lớn hoặc đối với đất sét nặng có hệ số thấm quá thấp thì bố trí hệ thống này cũng không có hiệu quả.

d) Thiếu nước tưới: Khi có hệ thống tiêu nước ngầm, mực nước ngầm sẽ giảm quanh năm so với trước kia. Hiệu quả tiêu trong mùa mưa là rõ rệt, nhưng đối với các vùng mùa khô kéo dài, hạn hán là hiểm họa thì khi có hệ thống tiêu nước ngầm sẽ làm giảm hiệu quả tưới. Nói chung, đối với khu vực cần có hệ thống tưới tiêu kết hợp thì khi nghiên cứu giải pháp tiêu bằng ống ngầm cần hết sức thận trọng.

e) Thiết bị và công nghệ thi công: Cần lựa chọn loại thiết bị và công nghệ thi công phù hợp, đặc biệt đối với nước ta, khi loại hình tiêu nước ngầm chưa là phổ biến. Đôi khi thiết bị và công nghệ sẽ làm tăng vốn đầu tư đáng kể.

4. Xác định đường kính ống tiêu

Đường kính ống thu nước tiêu phải đảm bảo có mặt cắt đủ lớn để tải được lưu lượng tiêu thu được. Khi tính toán đường kính yêu cầu của ống thu nước tiêu tại ruộng, người

ta dựa vào phương trình Darcy-Weisbach đối với các ống trơn và phương trình Chezy-Manning đối với các ống có gờ. Đồng thời có hai giả thiết về trạng thái chảy trong ống là trạng thái ổn định, và trạng thái không ổn định. Dưới đây là các công thức ứng dụng.

a) Trường hợp chảy ổn định:

$$+ \text{Đối với ống trơn: } Q = 50d^{2,71}i^{0,57} \quad (5.49)$$

$$+ \text{Đối với ống có gờ: } Q = 22d^{2,67}i^{0,50} \quad (5.50)$$

b) Trường hợp chảy không ổn định:

$$+ \text{Đối với ống trơn: } Q = 89d^{2,71}i^{0,57} \quad (5.51)$$

$$+ \text{Đối với ống có gờ: } Q = 38d^{2,67}i^{0,50} \quad (5.52)$$

Thí dụ 5.9:

Cho loại ống trơn thu nước tiêu tại ruộng với độ dốc ống bằng 0,1%. Thu nước tiêu cho 20 ha với mức tiêu đơn vị là $q = 5$ mm/ngày. Hiệu suất tiêu là 75% (tổn thất lưu lượng 25%). Hãy tính đường kính ống tiêu trong trạng thái chảy ổn định.

Giải: Tính tổng lưu lượng tiêu:

$$Q = \frac{qA}{1000 \times 3600 \times 24} = \frac{5 \times 200000}{1000 \times 3600 \times 24} = 0,0116 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tính lưu lượng tiêu thiết kế sau khi trừ tổn thất lưu lượng:

$$Q_{TK} = \frac{Q}{0,75} = \frac{0,0116}{0,75} = 0,0155 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tính đường kính yêu cầu của ống theo công thức (5.49):

$$Q_{TK} = 50d^{2,71}i^{0,57} \Rightarrow d = \left[\frac{0,0155}{50 \times (0,001)^{0,57}} \right]^{\frac{1}{2,71}} = 0,217 \text{ m}$$

Chọn đường kính trong (theo tiêu chuẩn) của ống $d = 22$ cm là phù hợp.

Thí dụ 5.10:

Cho hệ thống thu nước tiêu ống ngầm có gờ bằng chất dẻo. Khoảng cách giữa hai ống tiêu $L = 35$ m. Chiều dài ống 200 m, cho $q = 5$ mm/ngày, độ dốc ống $i = 0,10\%$. Hiệu suất dẫn nước là 50%. Tính đường kính ống cần thiết với trạng thái không ổn định?

Giải:

Tính diện tích thu nước tiêu của mỗi ống:

$$A = 200 \times 35 = 7000 \text{ m}^2$$

Tính tổng lưu lượng tiêu:

$$Q = \frac{qA}{1000 \times 3600 \times 24} = \frac{5 \times 5000}{1000 \times 3600 \times 24} = 0,0004 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tính lưu lượng tiêu thiết kế sau khi trừ tổn thất lưu lượng:

$$Q_{TK} = \frac{Q}{0,50} = \frac{0,0004}{0,50} = 0,0008 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tính đường kính yêu cầu của ống theo công thức (5.52):

$$Q_{TK} = 38d^{2,67}i^{0,50} \Rightarrow d = \left[\frac{0,0008}{38 \times (0,001)^{0,50}} \right]^{\frac{1}{2,67}} = 0,064 \text{ m}$$

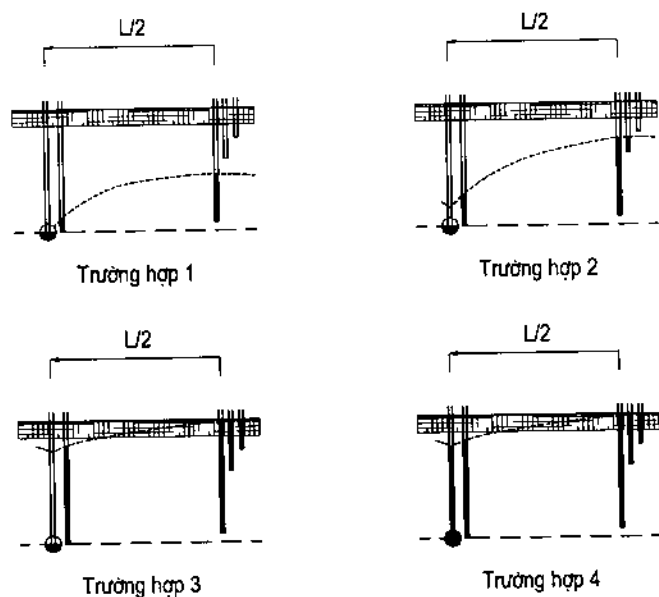
Chọn đường kính trong (theo tiêu chuẩn) của ống $d = 72 \text{ mm}$ là phù hợp.

5.4.8. Kiểm tra và quản lý hệ thống tiêu bằng ống ngầm

Sau khi thi công lắp đặt mạng lưới thu nước tiêu tại ruộng bằng ống ngầm, chúng ta cần kiểm tra, nghiệm thu và sau đó là vận hành mạng lưới và toàn bộ hệ thống tiêu. Các công cụ hữu hiệu để làm công tác kiểm tra và vận hành hệ thống là các ống đo áp và các máng đo lưu lượng.

Các ống đo áp được bố trí tại ruộng, trong khi các máng đo lưu lượng lại được đặt tại các điểm nút trên tuyến dẫn. Những số liệu quan trắc được ghi chép và là cơ sở để tính toán kiểm tra hiệu quả làm việc thực tế của hệ thống so với chế độ thiết kế.

Về máng đo lưu lượng và mực nước (tràn thành mỏng, máng Parshall) đã được đề cập trong chương 3, ở đây sẽ chỉ ra 4 trường hợp kiểm tra bằng ống đo áp (hình 5.31).



Hình 5.31: Kiểm tra sự làm việc của ống tiêu bằng ống đo áp

Cả bốn trường hợp đều bố trí các ống đo áp ở vị trí như nhau, một ống đặt thẳng vào lòng ống thu nước tiêu, ống thứ 2 đặt ngay cạnh ống tiêu (cách 10 đến 20 cm), 3 ống còn lại đặt ở khoảng giữa của khoảng cách giữa hai ống tiêu ($L/2$). Tất cả các trường hợp đều được đọc tại chế độ thiết kế (lúc mưa to, mực nước ngầm dâng cao, cần phải tiêu úng).

Trường hợp 1: Mực nước ngầm tụt xuống quá thấp so với thiết kế. Hiện tượng này chứng tỏ dòng thấm từ trên mặt xuống bị cản trở. Nguyên nhân thường do lớp đất bên trên bị chặt hóa, tạo nên tầng kém thấm giả tạo làm nước ứ đọng trên mặt ruộng. Để khắc phục cần cày xới lớp đất trên mặt, tạo độ rỗng cho lớp đất bên trên.

Trường hợp 2: Chênh lệch quá lớn giữa các ống đo áp, hiệu quả tiêu kém, h quá lớn, trong khi $H = W - h$ lại nhỏ dưới mức yêu cầu. Dòng thấm dưới mực nước ngầm đổ mạnh vào ống tiêu khi đến gần. Thường do nguyên nhân bởi khâu thiết kế chưa hợp lý. Có thể đã chọn hệ số thấm K của đất quá cao. Hệ số tiêu chọn thiên thấp, khoảng cách giữa các ống tiêu chưa đúng. Để khắc phục, biện pháp chỉnh sửa thường là đặt thêm các ống thu nước tiêu (giảm L).

Trường hợp 3: Độ kháng thủy lực lúc chảy vào ống quá cao (ống đo áp bên ngoài ống tiêu cao, trong khi ống bên trong không có nước). Hiện tượng này hoặc là do tắc các lỗ ở thành ống tiêu, hoặc lớp đất bên ngoài ống khi thi công quá ướt, quá chặt. Khi có hiện tượng như vậy, biện pháp tốt nhất là nâng cấp cơ bản bằng cách đào cho ống hở ra, thông lại các lỗ thu nước, xử lý lại lớp đất xung quanh ống rồi lấp lại đất.

Trường hợp 4: Đây là trường hợp đánh mất toàn bộ hiệu quả tiêu, nước ứ đầy ngay trong bản thân ống thu nước tiêu, mực nước ngầm dâng cao ở khu ruộng. Nguyên nhân có thể do:

- + Mực nước ngầm ở hào thu nước hoặc kênh thu nước quá cao. Có thể xử lý bằng cách đặt thấp hơn toàn bộ hệ thống hào, kênh thu ...

- + Đường kính ống thu nước tiêu quá nhỏ. Nếu vậy cần đặt thêm ống thu bổ sung.

- + Bản thân ống thu nước tiêu bị tắc ở chỗ nào đó do han rỉ, do rễ cây chui vào và phát triển,... Nếu vậy cần kiểm tra xác định chỗ tắc, đào ống lên xử lý hoặc thay thế bằng đoạn ống mới.

5.5. THIẾT KẾ HỆ THỐNG TIÊU BAO LÁI LŨ

5.5.1. Khái niệm về hệ thống tiêu bao lái lũ

Trong nông nghiệp và thủy lợi, ngoài nhiệm vụ tiêu úng như đã đề cập trong chương này, ngoài nhiệm vụ điều tiết lũ ở hồ chứa để đảm bảo an toàn cho bản thân công trình và giảm thiểu cường độ lũ uy hiếp hạ du, còn một loại hình chống lũ nữa được gọi là *bao lái lũ*. Bao lái lũ là hình thức xây dựng hệ thống công trình để bảo vệ một khu vực bao gồm cả khu dân cư, làng mạc, ao hồ, ruộng đồng... khỏi sự uy hiếp của dòng nước lũ, đặc biệt là dòng nước lũ lên nhanh và tồn tại trong thời gian dài.

Lịch sử chống lũ ở nước ta đã từng ghi nhận hệ thống đê bao La Thành dài hàng chục km để bao bọc Hà Nội khỏi sự uy hiếp của nước lũ, hệ thống đê bao Hoàng Long ở Ninh Bình cũng là một thí dụ khác, ở quy mô nhỏ hơn, tại các huyện, cụm xã vùng bán sơn địa cũng đang tồn tại nhiều hệ thống đê bao bọc làng mạc, ruộng vườn của nhân dân.

Như vậy, hệ thống tiêu bao lái lũ là một cụm các công trình đảm nhiệm cùng một lúc các nhiệm vụ:

- Thứ nhất: bao bọc một khu vực nào đó không bị lũ uy hiếp.
- Thứ hai: lái dòng nước lũ chảy theo một tuyến nhất định tới khu vực thoát lũ.
- Thứ ba: tiêu thoát dòng lũ trong một khoảng thời gian nhất định nào đó.

Hệ thống tiêu bao lái lũ rất phù hợp với khu vực bán sơn địa, nơi ráp ranh với những dãy núi cao, sườn dốc, lượng nước lũ do mưa tập trung nhanh, cường độ lớn, lượng lũ lớn, có sức tàn phá mạnh. Ngoài ra khu vực cần tiêu bao lại có địa hình tương đối trũng một cách cục bộ, là một "chảo", một "rốn" thu nước tự nhiên. Có khi nước lũ do các khu vực xung quanh dồn về nhanh, không tiêu thoát kịp, đe dọa mùa màng và cuộc sống của nhân dân trong vùng. Trong điều kiện như vậy, giải pháp tiêu nước bằng hệ thống tiêu mặt hoặc ngầm không còn là hữu hiệu nữa.

Để đạt được những yêu cầu đặt ra, hệ thống tiêu bao lái lũ thường là tổ hợp các công trình như:

- Hệ thống đê bao. Thông thường hệ thống đê bao được làm bằng đất đồng chất, đỉnh đê bao có thể được gia cố phục vụ giao thông hoặc để tự nhiên.
- Tuyến thoát lũ. Đây thường là các luồng lạch sông, suối, đất trũng tự nhiên hay nhân tạo, có đủ độ dốc và chiều rộng để vừa trữ nước lũ vừa dẫn dòng chảy của lũ.
- Các công trình phụ trợ như: cống dưới đê, trạm bơm qua đê và trạm bơm cuối hệ thống.

5.5.2. Tính toán lưu lượng tiêu lái lũ

Đối với hệ thống tiêu bao lái lũ việc tính toán lưu lượng đỉnh lũ cũng quan trọng như tính toán tổng lượng lũ. Nói cách khác đối với hệ thống tiêu bao lái lũ, việc xác định đường quá trình lũ thiết kế là một yêu cầu bắt buộc.

Lũ cần tiêu bao thường do mưa cường độ lớn và dài ngày gây nên. Do đó, phương pháp tính toán lưu lượng lũ được sử dụng là phương pháp thống kê từ tài liệu quan trắc trong lưu vực hoặc phương pháp sử dụng mô hình toán Mưa - Dòng chảy đã được đề cập. Phương pháp đường cong số cũng rất phù hợp với bài toán này.

Sử dụng một trong các phương pháp trên cho một khu vực cụ thể với diện tích hứng nước, điều kiện thảm phủ thực vật, tính chất cơ lý của đất đai, chúng ta sẽ có được con lũ thiết kế $Q = f(t)$. Con lũ thiết kế ứng với tần suất thiết kế sẽ cho chúng ta cả lưu lượng

đỉnh lũ, thời gian lũ và tổng lượng lũ thiết kế. Đây là một trong các số liệu đầu vào quan trọng nhất để tiến hành thiết kế hệ thống bao tiêu lái lũ.

5.5.3. Thiết kế hệ thống tiêu bao lái lũ

Việc thiết kế hệ thống tiêu bao lái lũ bao gồm các vấn đề chủ yếu sau đây:

- Thiết kế tuyến tiêu thoát lũ.
- Xác định cao trình đỉnh đê bao và công suất trạm bơm.
- Thiết kế đê bao.
- Thiết kế các công trình dọc tuyến đê bao.

1. Thiết kế tuyến tiêu thoát lũ

Tuyến tiêu thoát lũ thường tận dụng địa hình tự nhiên tại các lạch, khe tự thủy hoặc các sông suối thiên nhiên. Tuy nhiên do mặt cắt ngang tự nhiên của các khe lạch thường không đảm bảo các điều kiện thủy lực để tháo lũ. Do đó, cần đo đạc, tính toán và thiết kế tuyến tiêu thoát lũ.

Thông thường khe lạch tự nhiên chỉ đảm bảo dẫn được lưu lượng cơ bản. Khi có lũ, hoặc cả hai bên, hoặc một bên sẽ bị ngập nặng. Khi đó, người kỹ sư cần vạch ra tuyến tiêu thoát lũ trên bình đồ, sau đó nghiên cứu thực địa để vạch ra tuyến đê bao lái lũ cụ thể. Ngoài ra, cần thống kê số hộ, số người cần di dời đang sống trong khu vực tuyến thoát lũ. Hơn nữa, cần đề ra những biện pháp công trình và phi công trình để giảm sức cản thủy lực dọc tuyến thoát lũ. Những biện pháp này thường là di dời dân cư, san lấp, chặt cây, khơi thông luồng lạch.

Khi tuyến thoát lũ đã hình thành, tức là tuyến đê bao hai phía hoặc một phía đã hình thành, vấn đề xác định mặt cắt ngang và cao trình đỉnh đê bao trở nên quan trọng nhằm thỏa mãn nhiệm vụ thoát lũ thiết kế.

2. Xác định cao trình đỉnh đê bao và công suất trạm bơm

Đỉnh đê bao lái lũ có liên quan mật thiết tới mặt cắt thủy lực của tuyến thoát lũ và khả năng trữ của hệ thống tiêu bao lái lũ. Ngoài ra đỉnh đê cũng liên quan chặt chẽ tới công suất trạm bơm tại cửa ra của hệ thống. Nếu công suất bơm lớn thì cao trình đỉnh đê bao thấp đồng thời thời gian ú nước nhỏ và ngược lại. Vấn đề này sẽ được làm rõ hơn dưới đây.

Chúng ta biết rằng phần lòng dẫn của hệ thống thoát lũ có dung tích nhất định, chính dung tích trữ này có ý nghĩa rất quan trọng đối với bài toán tiêu thoát lũ nói chung và bài toán điều tiết lũ bằng hồ chứa nói riêng.

Dung tích trữ nước của hệ thống thoát lũ liên quan tới lượng dòng chảy đến, lượng nước bơm tiêu qua trạm bơm và độ sâu trữ nước của hệ thống thông qua phương trình cân bằng nước dưới đây:

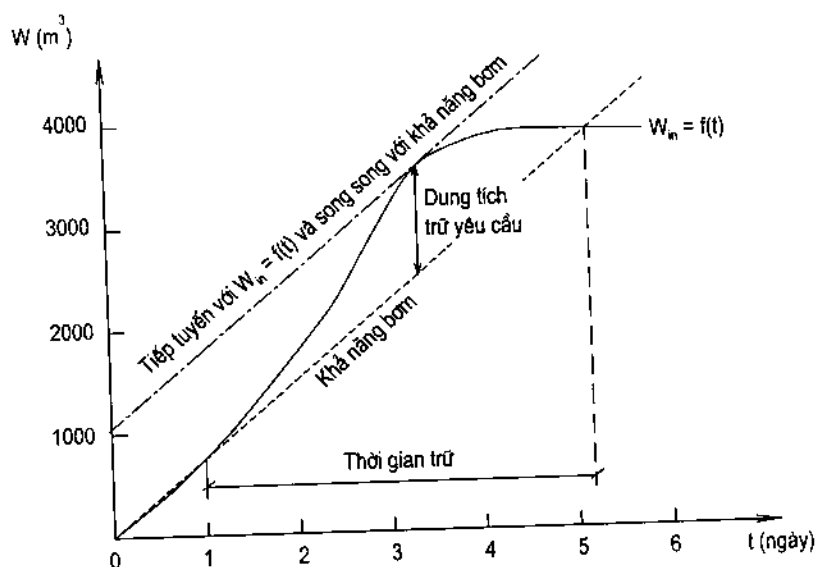
$$Q_{in} - Q_{out} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = F_{HT} \frac{\Delta Z}{\Delta t} \quad (5.53)$$

Trong đó:

- Q_{in} - lưu lượng cần tiêu chảy vào hệ thống thoát lũ (m^3/s);
- Q_{out} - lưu lượng bơm ra khỏi hệ thống thoát lũ (m^3/s);
- ΔV - dung tích trữ nước tăng lên trong hệ thống thoát (m^3);
- Δt - khoảng thời gian tính toán (sec);
- F_{HT} - diện tích mặt thoáng trung bình của hệ thống thoát lũ (m^2);
- ΔZ - chênh lệch mực nước (m) trong khoảng thời gian Δt .

Như vậy nếu lưu lượng bơm ra càng nhỏ hơn lưu lượng chảy vào hệ thống thoát lũ thì mực nước trong hệ thống thoát lũ sẽ càng lên cao và ngược lại.

Hình 5.32 minh họa cách tính dung tích trữ cần thiết của hệ thống tuyến thoát lũ hoặc hồ chứa điều tiết lũ, khi biết quá trình dòng chảy đến và khả năng bơm của hệ thống.



Hình 5.32: Xác định dung tích trữ của hệ thống tiêu

Sau đây chúng ta sẽ làm thí dụ 5.11 về các phương án bơm tiêu và dung tích trữ của hệ thống thoát lũ. Trong thí dụ này, sẽ sử dụng phương trình cân bằng nước (5.53) và kiến thức về điều tiết dòng chảy được minh họa trong hình 5.32.

Thí dụ 5.11: Hãy xác định dung tích trữ lớn nhất và độ dâng cao của mực nước trong hệ thống tiêu thoát lũ nếu biết các dữ kiện sau:

- Cho diện tích lưu vực F_{lv} = 200 ha
- Chiều dài tuyến thoát lũ L = 500 m
- Chiều rộng TB tuyến thoát lũ = 30 m

Cho cơn mưa thiết kế trong 5 ngày như sau:

	Ngày thứ 1	Ngày thứ 2	Ngày thứ 3	Ngày thứ 4	Ngày thứ 5
Trận mưa từ ngày thứ 1 (mm)	7	7	6		
Trận mưa từ ngày thứ 2 (mm)		4	3	3	
Trận mưa từ ngày thứ 3 (mm)			3	3	2
Mưa thiết kế từng ngày (mm)	7	11	12	6	2
Mưa thiết kế lũy tích (mm)	7	18	30	36	38
Cho các phương án bơm:	P. án 1	P. án 2	P. án 3		
Công suất (m ³ /ngày)	14.000	14.000	17.500		
Thời gian bắt đầu bơm	Ngày thứ 1	Ngày thứ 2	Ngày thứ 2		

Giải:

Tính diện tích lưu vực $= 2.000.000\text{m}^2$

Tính diện tích mặt thoát tuyến thoát lũ $= 15.000\text{m}^2$

Tính lượng nước cần tiêu theo thời gian $W = f(t)$:

	Ngày thứ 1	Ngày thứ 2	Ngày thứ 3	Ngày thứ 4	Ngày thứ 5	Ngày thứ 6
Lượng nước đổ về từng ngày (m ³)	14.000	22.000	24.000	12.000	4.000	0
Lượng nước đổ về lũy tích (m ³)	14.000	36.000	60.000	72.000	76.000	76.000

Với bơm phương án 1:

Lượng nước bơm lũy tích (m ³):	14.000	28.000	42.000	56.000	70.000	84.000
Lượng nước trữ trong ngày (m ³):	0	8.000	18.000	16.000	6.000	-8.000
Lượng nước trữ max ngày (m ³):			18.000			
Chiều sâu nước dâng (m):			1,2			

Với bơm phương án 2:

Lượng nước bơm lũy tích (m ³):	0	14.000	28.000	42.000	56.000	70.000
Lượng nước trữ trong ngày (m ³):	14.000	22.000	32.000	30.000	20.000	6.000
Lượng nước trữ max ngày (m ³):			32.000			
Chiều sâu nước dâng (m):			2,1			

Với bơm phương án 3:

Lượng nước bơm lũy tích (m ³):	0	17.500	35.000	52.500	70.000	87.500
Lượng nước trữ trong ngày (m ³):	14.000	18.500	25.000	19.500	6.000	-11.500
Lượng nước trữ max ngày (m ³):			25.000			
Chiều sâu nước dâng (m):			1,7			

Như vậy với phương án bơm 1, nước dâng cao nhất thêm 1,2m và lưu trữ trong hơn 5 ngày, phương án bơm 2 cho kết quả 2,1m và hơn 6 ngày, còn phương án bơm 3 cho 1,7m và hơn 5 ngày. Với các kết quả trên, nếu đưa vào phân tích hiệu quả kinh tế sẽ cho ta lời giải cuối cùng về quy mô hệ thống tiêu thoát và công suất trạm bơm.

3. Thiết kế đê bao và công trình trên tuyến đê bao

Đê bao thường là đê bằng đất đồng chất, cho nên việc xác định mặt cắt đê bao thuộc bài toán thiết kế đập đất đồng chất. Chúng ta cần tham khảo các tài liệu liên quan đến thiết kế đập đất đồng chất đầm nén.

Về độ vượt cao của đỉnh đê so với mực nước lũ cao nhất, không lấy nhỏ hơn 1m. Chiều rộng mặt đê bao thường khoảng 3,0m để kết hợp đường dân sinh.

Mái dốc hai bên đê có thể lấy như nhau hoặc lấy mái phía lòng dẫn thoải hơn một cấp. Mái dốc đê bao phụ thuộc vào chiều cao thân đê và tính chất cơ lý của đất đắp, sơ bộ có thể chọn từ $m = 1,5 \div 2,0$. Sau khi kiểm tra độ ổn định của thân đê sẽ điều chỉnh lại mái dốc cho phù hợp. Mái đê có thể có gia cố nhẹ hoặc không gia cố vì thời gian lưu trữ nước lũ không kéo dài quá vài ngày.

Công trình dọc tuyến đê bao thường có 2 loại quan trọng, đó là cống thoát nước từ bên trong ra bên ngoài lòng hệ thống thoát lũ và cửa khẩu qua thân đê.

Cống thoát nước làm nhiệm vụ thoát nước thường xuyên của khu vực bên trong vòng đê bao ra bên ngoài, và khi có lũ lớn thì phải đóng kín lại để dòng lũ không xâm nhập vào bên trong khu vực cần bảo vệ. Do đó, đây là cống có cửa van và rãnh phai sửa chữa. Quy trình thiết kế cống qua đê được đề cập ở phần kỹ thuật tưới và một số tài liệu chuyên môn về thiết kế cống đồng bằng.

Cửa khẩu có nhiệm vụ đảm bảo giao thông giữa hai bên tuyến đê bao. Trong trường hợp cần giao thông xuyên qua tuyến đê bao mà chiều cao đê quá lớn, làm đường vượt đỉnh đê không hiệu quả, lúc này có thể thiết kế cửa khẩu. Tại đây phải có tường biên hai bên bằng bê tông cốt thép, có bố trí các khe phai để đảm bảo khi đóng phai sẽ ngăn được dòng lũ từ bên ngoài.

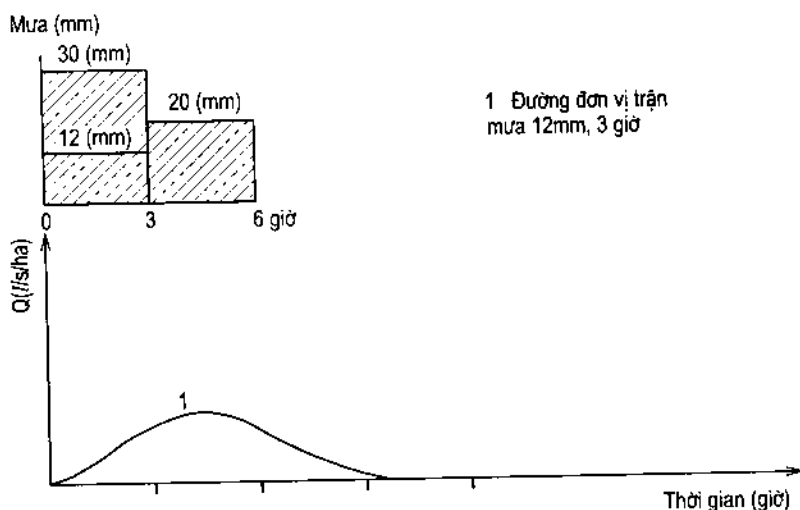
5.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 5

1. Thế nào là một hệ thống tiêu nước trong nông nghiệp? Mạng lưới thu nước là gì? Hệ thống tiêu chính là gì? và cửa thoát tiêu là gì? chúng có quan hệ với nhau như thế nào? Vẽ hình minh họa.
2. Trình bày về nhiệm vụ chủ yếu của hệ thống tiêu nước?
3. Hãy nêu các cách phân loại hệ thống tiêu nước? Cách phân loại nào là phổ biến?
4. Hãy nêu một số nguyên tắc bố trí mặt bằng hệ thống tiêu nước? Khi nào thì chọn hình thức "cảnh cây"? Khi nào chọn hình thức "xương cá"?
5. Hãy nêu các nhóm yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng tiêu thiết kế?

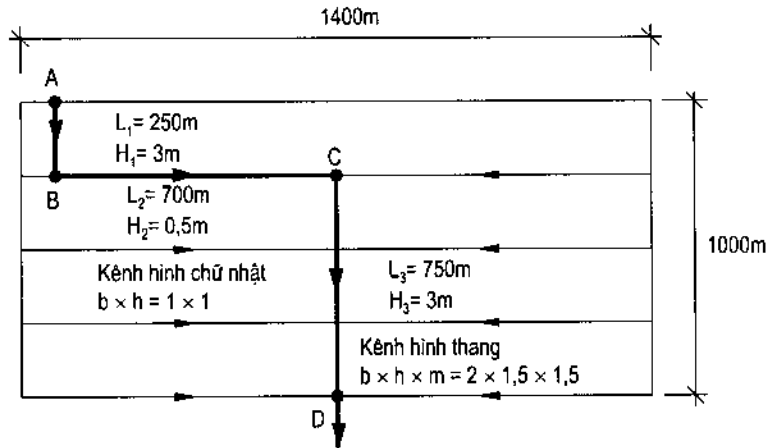
6. Phân tích các ảnh hưởng do mưa đến lưu lượng tiêu thiết kế?
7. Phân tích các ảnh hưởng do đất đai và thảm phủ đến lưu lượng tiêu thiết kế?
8. Phân tích các ảnh hưởng do sức cản thủy lực đến lưu lượng tiêu thiết kế?
9. Phân tích ảnh hưởng do phương pháp tính đến lưu lượng tiêu thiết kế?
10. Trình bày phương pháp thống kê từ tài liệu quan trắc để xác định lưu lượng tiêu thiết kế.
11. Hãy xác định lưu lượng tiêu thiết kế tại một lưu vực có mặt cắt với số liệu 15 năm quan trắc dòng chảy lớn nhất năm. Tần suất tiêu thiết kế là $p = 10\%$. Sử dụng công thức trọng số để tính tần suất.

Năm	$Q_{\max}$ (m^3/s)	Năm	$Q_{\max}$ (m^3/s)
1968	859	1976	859
1969	581	1977	610
1970	496	1978	986
1971	1134	1979	1027
1972	687	1980	809
1973	652	1981	376
1974	817	1982	566
1975	961		

12. Trình bày phương pháp luận và quá trình tính toán lưu lượng tiêu thiết kế bằng phương pháp tương quan Mưa-Lưu lượng?
13. Cho đường đơn vị của trận mưa 12mm trong 3 giờ như hình vẽ. Với trận mưa thiết kế trong 6 giờ mà 3 giờ đầu mưa 30mm và 3 giờ sau của trận mưa thiết kế có cường độ 20mm. Hãy xây dựng đường quá trình đơn vị của thiết kế.



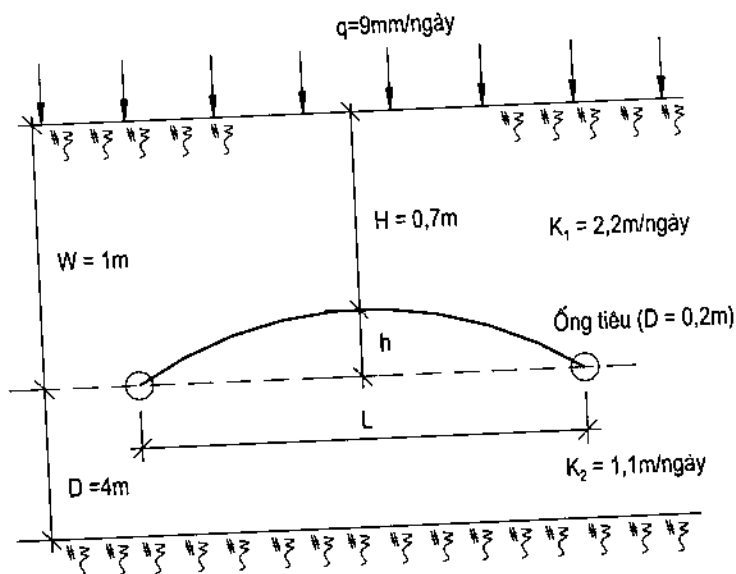
14. Hãy sử dụng công thức phân vùng để tính lưu lượng tiêu thiết kế Q_p cho diện tích nhỏ, đất thấm trung bình, trên đó 40% đất trồng trọt và 60% là cỏ. Trận mưa thiết kế được lấy với tần suất $p = 10\%$, tổng lượng mưa thiết kế là 40mm. Yêu cầu bài toán là tính thời gian tập trung dòng chảy từ A→D và lưu lượng tiêu thiết kế.



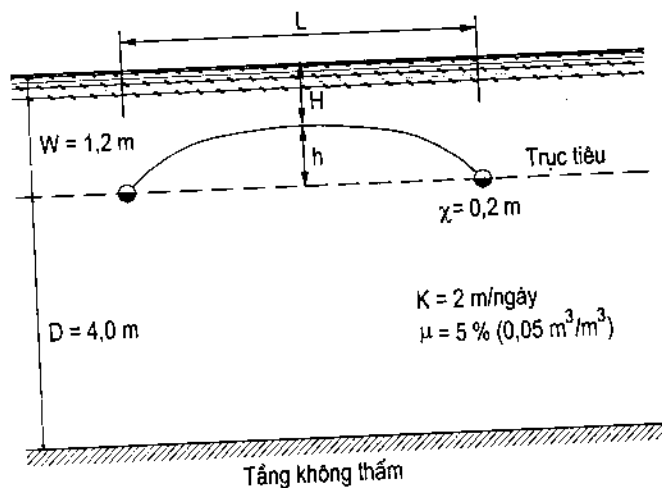
Sơ đồ hệ thống tiêu của bài toán trong thí dụ 5.3

15. Hãy trình bày các bước tính toán khi sử dụng phương pháp đường cong số?
16. Hãy tính lũ thiết kế đơn vị theo phương pháp đường cong số nếu biết:
- Cho trận mưa thiết kế 80mm trong 6 giờ phân bố theo quy luật ở bảng 5.3.
 - Thời gian xuất hiện đỉnh lưu lượng là $T_f = 2$ giờ (số liệu quan trắc).
 - Giá trị CN = 90.
17. Nêu điều kiện áp dụng của hệ thống tiêu nước mặt? Hào thu nước là gì? Kênh thu nước là gì? Kênh chính và kênh các cấp dẫn nước tiêu có nhiệm vụ gì?
18. Nêu các công thức sử dụng để tính toán thủy lực kênh tiêu nước mặt? Hãy phân biệt hệ số nhám (n) và (K)?
19. Nêu hai bài toán thiết kế cơ bản đối với kênh tiêu mặt? Nêu trường hợp thiết kế kênh tiêu chính?
20. Nêu điều kiện áp dụng của hệ thống tiêu nước ngầm? Có những loại ống tiêu ngầm nào? Các công trình trên hệ thống tiêu ngầm thường gặp là gì?
21. Nêu mô hình thực của dòng thấm dưới đất chảy vào ống tiêu? Có các thành phần tổn thất thủy lực nào dọc dòng thấm? Thành phần nào là quan trọng?
22. Mô hình dòng thấm tương đương được xây dựng dựa trên những giả thiết nào? Thế nào là trạng thái chảy ngầm ổn định? Thế nào là trạng thái không ổn định?

23. Trình bày công thức Hooghoudt và quá trình tính toán khoảng cách giữa các ống tiêu (L)? Công thức này coi dòng thấm là ổn định hay không ổn định?
24. Hãy tính khoảng cách giữa các ống tiêu ngầm theo công thức Hooghoudt với số liệu sau: $q = 9 \text{ mm/ngày}$; $2r = 0,2\text{m}$;



25. Trình bày các bước xây dựng công thức Glover-Dumm? Công thức này coi trạng thái chảy ngầm là gì?
26. Cho bài toán ở trạng thái không ổn định như trong hình vẽ với các điều kiện: $t = 0$ thì $H_0 = 0$ (mức nước ngầm bằng cao độ mặt đất); $t = 5$ thì $H_4 = 1,0 \text{ m}$ (tức là sau 5 ngày, mức nước ngầm hạ thấp xuống 1,0 m tính từ mặt đất.
Hãy tính khoảng cách giữa hai ống tiêu nước ngầm?



27. Nêu công thức De Zeeuw và Hellinga và cách áp dụng?

28. Cho bài toán tiêu nước bằng ống ngầm với: $W = 1,20 \text{ m}$; $L = 35 \text{ m}$; $K_d = 2,5 \text{ m}^2/\text{ngày}$; $\mu = 0,05 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Hãy tính quan hệ h và q trong 10 ngày nếu biết lúc bắt đầu mưa ($t=0$), mực nước ngầm là $0,1\text{m}$, lớp đất bên trên có thể ngấm ngay 12 mm để đạt mức bão hoà. Cho trước bốc thoát hơi thực vật $E = 1 \text{ mm}/\text{ngày}$ và là hằng số.

29. Nêu các công thức tính đường kính ống tiêu tron và có gờ trong trạng thái chảy ổn định và không ổn định?

30. Làm lại các thí dụ 5.9 và 5.10?

31. Tiêu bao lải lũ là gì? Khả năng trữ nước của hệ thống tiêu thoát được tính toán như thế nào?

32. Hãy xác định dung tích trữ lớn nhất và độ dâng cao của mực nước trong hệ thống tiêu thoát lũ nếu biết các dữ kiện sau:

Cho diện tích lưu vực $F_{lv} = 300 \text{ ha}$

Chiều dài tuyến thoát lũ $L = 600 \text{ m}$

Chiều rộng TB tuyến thoát lũ $= 40 \text{ m}$

Cho cơn mưa thiết kế trong 5 ngày như sau:

	Ngày thứ	Ngày thứ	Ngày thứ	Ngày thứ	Ngày thứ
	1	2	3	4	5
Trận mưa từ ngày thứ 1 (mm)	7	7	6		
Trận mưa từ ngày thứ 2 (mm)		4	3	3	
Trận mưa từ ngày thứ 3 (mm)			3	3	2
Mưa thiết kế từng ngày (mm)	7	11	12	6	2
Mưa thiết kế lũy tích (mm)	7	18	30	36	38

Cho các phương án bơm:

Công suất ($\text{m}^3/\text{ngày}$)

Thời gian bắt đầu bơm

P. án 1	P. án 2	P. án 3
20.000	20.000	28.000
Ngày thứ	Ngày thứ	Ngày thứ
1	2	2

Chương 6

TRẠM BƠM TRONG HỆ THỐNG TƯỚI TIÊU

6.1. TRẠM BƠM TRONG HỆ THỐNG TƯỚI - TIÊU

Trong nhiệm vụ tưới - tiêu, cải tạo đất và phục vụ nông nghiệp, trạm bơm đóng một vai trò rất quan trọng. Đối với một dự án xây dựng hệ thống tưới, hệ thống tiêu hay hệ thống tưới tiêu kết hợp, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quy mô, kiểu loại và đặc tính của trạm bơm. Trong các yếu tố đó, điều kiện địa hình, đặc điểm về nguồn nước là những yếu tố quan trọng và ảnh hưởng quyết định đến việc thiết kế trạm bơm.

Một trạm bơm phục vụ tưới tiêu được lựa chọn, cần thỏa mãn một số yêu cầu sau:

- Đạt độ ổn định và độ tin cậy cao trong làm việc.
- Chi phí vận hành trạm bơm là nhỏ nhất.
- Đơn giản và dễ dàng trong hoạt động.
- Tổng chi phí tính toán là nhỏ nhất.

Dưới đây, chúng ta sẽ nghiên cứu những ảnh hưởng quan trọng nhất khi thiết kế trạm bơm, đồng thời cũng nghiên cứu những đặc điểm nổi bật nhất của trạm bơm phục vụ tưới tiêu.

6.1.1. Trạm bơm trong hệ thống tưới

Về mặt đặc điểm cấp nước, hệ thống tưới phục vụ nông nghiệp có hai hình thức chính là: tưới tự chảy và tưới động lực. Có hệ thống hoàn toàn tưới tự chảy, loại này thường phù hợp với các khu tưới có nguồn nước có đủ độ cao so với mặt ruộng, thông thường loại này hay gặp ở các khu vực miền núi và trung du. Có hệ thống hoàn toàn là tưới động lực, cột nước đủ để phục vụ khu tưới là do máy bơm đặt ở trạm bơm tạo ra. Loại tưới động lực phù hợp với khu vực đồng bằng, những nơi mà cao độ mực nước tại nguồn thấp hơn cao độ tưới yêu cầu. Nhưng cũng có những hệ thống tưới áp dụng cả hình thức tưới tự chảy và tưới động lực.

Trong phần này của giáo trình, chúng ta chỉ nghiên cứu hình thức tưới động lực phục vụ toàn bộ hoặc phục vụ một phần hệ thống tưới. Dưới đây là những vấn đề liên quan đến máy bơm và trạm bơm trong hệ thống tưới phục vụ nông nghiệp.

6.1.1.1. Nước phục vụ trạm bơm tưới

Nước phục vụ trạm bơm tưới bao gồm hai vấn đề là nguồn nước và hệ thống vận chuyển và phân phối nước tới khu tưới. Tùy thuộc vào tính chất và đặc điểm của nguồn

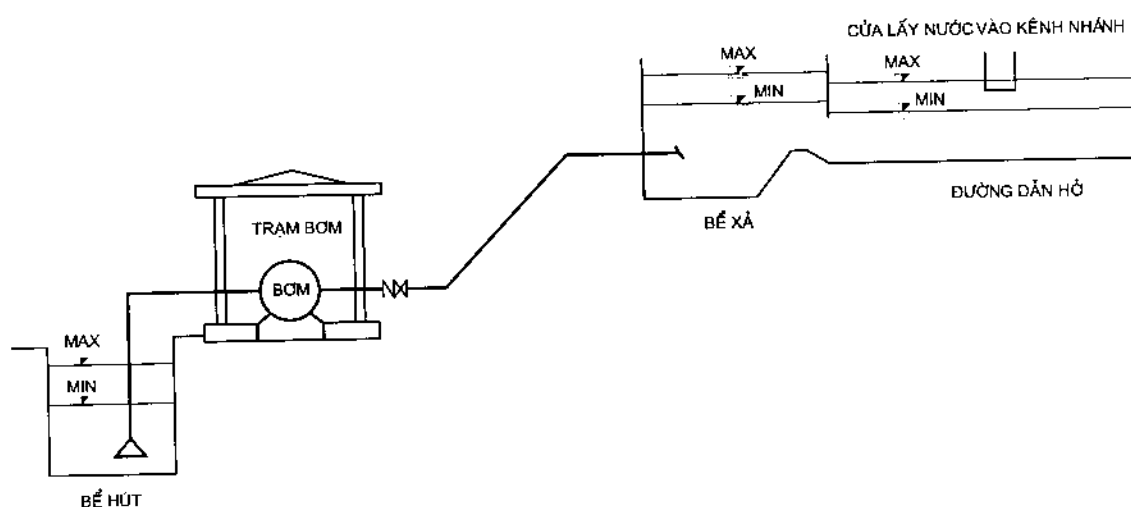
nước, tùy thuộc vào khoảng cách và điều kiện địa hình từ nguồn tới khu tưới mà trạm bơm và hệ thống phân phối nước được nghiên cứu thiết kế và có những đặc điểm khác nhau. Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu hai vấn đề này, vấn đề đặc điểm nguồn nước tưới và vấn đề hệ thống (hay mạng lưới) vận chuyển và phân phối nước tưới.

(1) Đặc điểm nguồn nước tưới

Đối với nguồn nước phục vụ tưới tại khu tưới cần lưu ý đến hai vấn đề là nguồn nước của trạm bơm và đặc điểm về cấp nước cho khu tưới. Về nguồn nước thiên nhiên của trạm bơm có thể chia thành bốn loại nguồn là nguồn nước sông thiên nhiên, nguồn nước hồ nhân tạo, nguồn nước hồ thiên nhiên và nguồn nước ngầm.

Sông và hồ nhân tạo là hai loại nguồn nước phục vụ nông nghiệp phổ biến nhất hiện nay. Chúng có đặc điểm chung là mực nước nguồn dao động khá lớn trong năm làm cho mực nước tại bể hút cũng dao động lớn, do đó máy bơm cần phải lựa chọn loại có chiều sâu hút phù hợp, đồng thời cao trình đặt máy bơm cũng phải được thiết kế để đảm bảo không sinh hiện tượng khí thực. Ngoài ra chất lượng nước nguồn cũng thay đổi trong năm, sự thay đổi chất lượng nước chủ yếu do hàm lượng phù sa trong nước sông, hồ thay đổi theo mùa lũ hay mùa cạn. Hơn nữa, loại nguồn này còn phải lưu ý tới việc hạn chế hoặc loại bỏ rác rưởi, vật nổi kéo vào bể hút.

Với nguồn nước là hồ thiên nhiên và nước ngầm, mực nước nguồn khá ổn định, chất lượng nước cũng ít biến đổi, đồng thời vấn đề chắn và vớt rác cũng được giảm nhẹ so với hai loại nguồn nêu trên. Về đặc điểm cấp nước tưới, tức là đặc điểm dòng chảy sau trạm bơm, có thể phân thành bốn sơ đồ như trong các hình 6.1 đến 6.4.

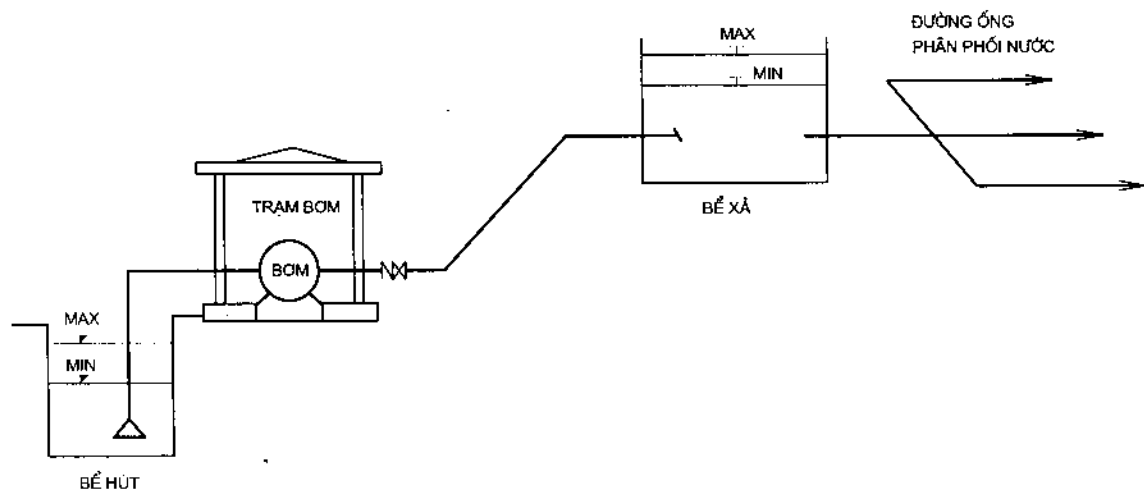


Hình 6.1: Sơ đồ 1 về đặc điểm cấp nước tưới

- Sơ đồ 1 (hình 6.1): Nước từ nguồn (sông, hồ chứa) được đưa đến bể hút của trạm bơm cấp 1 (trong đó bố trí một số máy bơm công tác và bơm dự trữ), qua ống dẫn, nước được đưa vào bể xả. Mực nước trong bể hút dao động phụ thuộc vào mức độ dao động

của nước nguồn, trong khi mực nước trong bể xả cũng dao động và phụ thuộc vào các cấp lưu lượng bơm. Sau bể xả là hệ thống đường dẫn hở, thường là kênh hở hoặc máng dẫn nước. Dọc bề tuyến đường dẫn hở có bố trí các hộp chia nước (hoặc cống lấy nước) vào các kênh nhánh. Sơ đồ 1 rất thông dụng ở nước ta và các nước có nền nông nghiệp trồng lúa nước. Sơ đồ cũng rất phù hợp với khu tưới có địa hình tương đối bằng phẳng với nguồn nước dồi dào. Đây là sơ đồ được áp dụng sớm nhất và cũng rộng rãi nhất trong nông nghiệp.

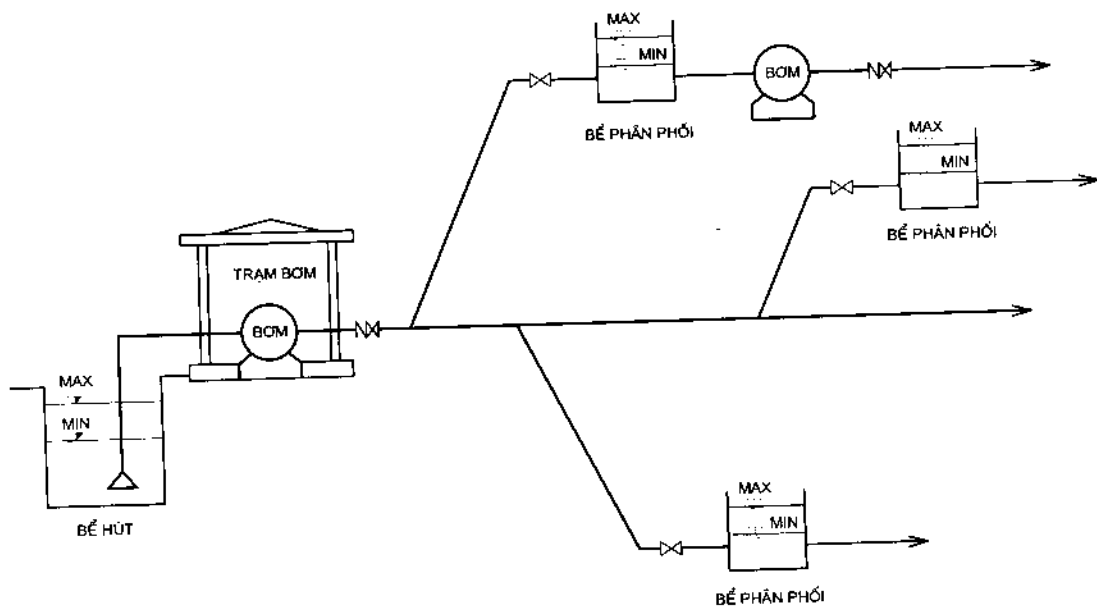
- *Sơ đồ 2 (hình 6.2):* Khi điều kiện địa hình phức tạp hơn, chẳng hạn dọc tuyến dẫn nước, địa hình bị chia cắt nhiều bởi các khe tụ thủy, các công trình công cộng v.v. hoặc địa chất phức tạp, sơ đồ 1 sẽ được cải tiến thành sơ đồ 2. Với sơ đồ 2, sau bể xả là hệ thống đường ống áp lực chuyển nước đến các khu tưới. Đường ống áp lực thường làm bằng thép, gang, kẽm hay ống nhựa tổng hợp. Sơ đồ này thường được áp dụng khi nguồn nước kém dồi dào (cần tiết kiệm nước), địa hình, địa chất phức tạp thường xuất hiện tại khu vực miền núi và trung du.



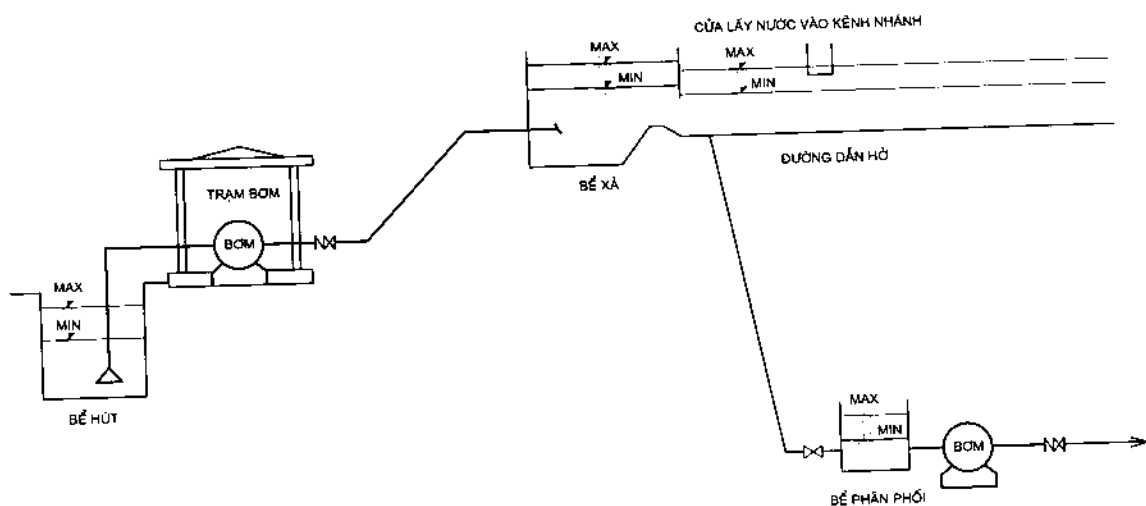
Hình 6.2: Sơ đồ 2 về đặc điểm cấp nước tưới

- *Sơ đồ 3 (hình 6.3):* Khi khu tưới bao gồm cả diện tích gieo trồng lúa nước và cả những chân ruộng cao trồng các loại cây lương thực và cây công nghiệp khác, trong khi nguồn nước hạn chế và điều kiện địa hình và địa chất phức tạp, người ta sẽ sử dụng sơ đồ 3. Sơ đồ 3 chính là sự phát triển của sơ đồ 2, trong đó có bổ sung thêm bơm tăng áp sau bể chứa của tuyến ống phục vụ các chân ruộng nằm cao hơn khu tưới chính.

- *Sơ đồ 4 (hình 6.4):* Khi khu tưới bao gồm cả những ruộng lúa nước và cả những chân ruộng cao trồng cây hoa màu hoặc cây công nghiệp, người ta có thể cải tiến sơ đồ 1 thành sơ đồ 4, trong đó nước được bơm tăng áp tạo thêm áp lực để đưa lên tưới các chân ruộng cao.



Hình 6.3: Sơ đồ 3 về đặc điểm cấp nước tưới

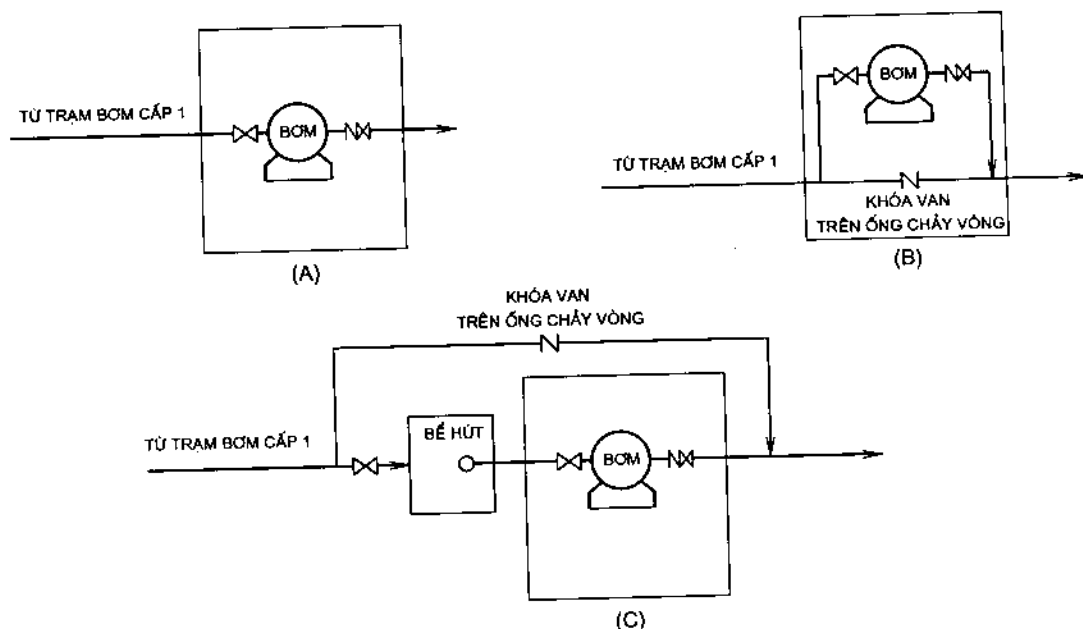


Hình 6.4: Sơ đồ 4 về đặc điểm cấp nước tưới

Trên đây có đề cập tới bơm tăng áp được lắp trực tiếp trên các ống dẫn và phân phối nước. Bơm tăng áp như vậy chỉ có nhiệm vụ cung cấp thêm năng lượng tạo cột nước áp lực cho dòng chảy chứ không tăng thêm lưu lượng. Trường hợp lắp đặt thêm bơm tăng áp thường được áp dụng khi tuyến ống dẫn, ống phân phối nước quá dài, hoặc khi có chân ruộng cần tưới nằm quá cao.

Về sơ đồ lắp đặt bơm tăng áp trên tuyến ống, có thể tham khảo 3 sơ đồ điển hình được minh họa trong hình 6.5 trên đây.

- Sơ đồ (A): Lắp bơm tăng áp trực tiếp. Sơ đồ này thuộc loại đơn giản.



Hình 6.5: Cách thức bố trí bơm tăng áp

- A) Bơm tăng áp trực tiếp; B) Bơm tăng áp trực tiếp với ống chảy vòng;
 C) Bơm tăng áp với bể hút riêng.

- Sơ đồ (B): Lắp bơm tăng áp trực tiếp cùng đường ống chảy vòng. Sơ đồ này tăng thêm tính linh động trong việc tạo áp lực cho dòng chảy, tùy thuộc vào áp lực do trạm bơm cấp 1 tạo ra.

- Sơ đồ (C): Lắp bơm tăng áp với bể hút riêng biệt, trường hợp này có thể lắp bơm tăng áp, hoặc bơm thông thường để tạo cả cột nước và cả lưu lượng. Đồng thời sơ đồ này cũng bố trí đường ống chảy vòng để tăng tính linh động và tính an toàn.

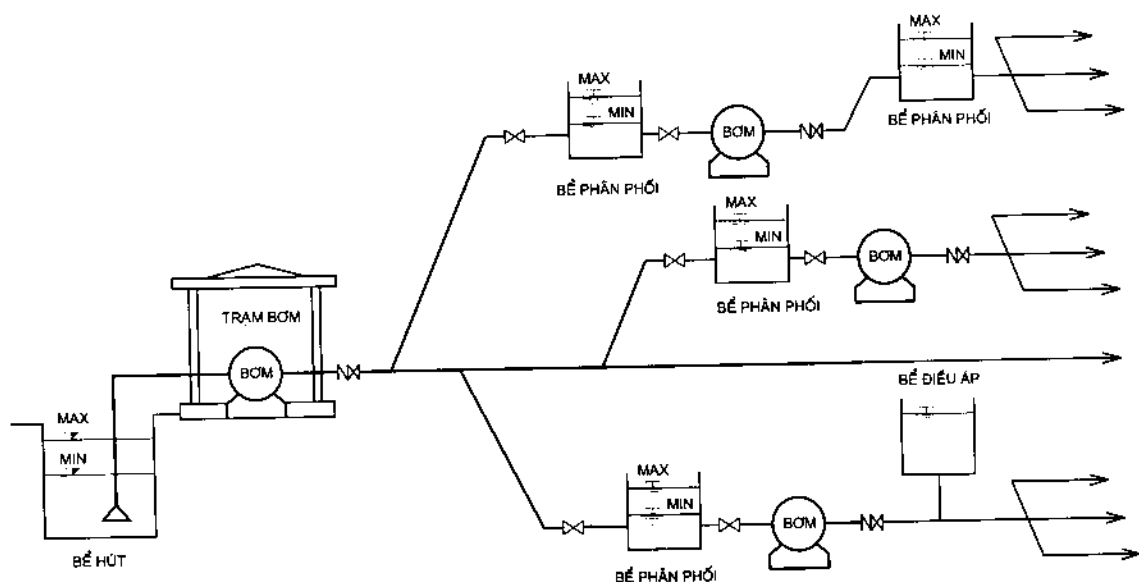
(2) Mạng lưới vận chuyển và phân phối nước tưới:

Đối với mạng lưới vận chuyển và phân phối nước tưới, từ sau ống đẩy của trạm bơm cấp 1, người ta có thể phân thành ba sơ đồ tiêu biểu.

Sơ đồ thứ nhất: sau bể phân phối là bơm tăng áp, bơm nước lên một bể phân phối khác, bể này có nhiệm vụ như là bể điều tiết lưu lượng, ngoài ra nó còn có nhiệm vụ duy trì áp lực nước tại đầu mạng ống cấp nước. Sơ đồ này phù hợp với mạng ống có chiều dài lớn, nhưng chênh cao của khu tưới không đáng kể.

Sơ đồ thứ hai: sau bể phân phối là bơm tăng áp, bơm nước trực tiếp vào mạng ống phân phối. Đây là sơ đồ giản đơn, được áp dụng khi chiều dài và cao độ tưới của mạng phân phối không có biến động lớn.

Sơ đồ thứ ba: sau bể phân phối là bơm tăng áp, bơm nước lên một bể điều áp khác, bể này có nhiệm vụ như là bể duy trì áp lực tại đầu mạng ống cấp nước, ngoài ra bể còn có thể điều tiết một phần lưu lượng. Sơ đồ này phù hợp với mạng ống có chiều dài lớn, và chênh cao của khu tưới cũng lớn.



Hình 6.6: Mạng lưới vận chuyển và phân phối nước

6.1.1.2. Điều tiết và quản lý lượng nước tưới

Dưới góc độ điều tiết và quản lý lượng nước tưới, hiện nay đang tồn tại khá nhiều hình thức. Tuy nhiên có thể phân thành ba loại quản lý và điều tiết điển hình:

1. Loại điều tiết và quản lý tại nguồn.
2. Loại điều tiết và quản lý tại ruộng.
3. Loại điều tiết và quản lý kết hợp tại nguồn và tại hộ.

Loại điều tiết và quản lý tại nguồn hay còn gọi là điều tiết và quản lý theo khả năng (supply leading type). Loại hình thức quản lý này thường phù hợp với hệ thống tưới tự chảy hoặc tưới động lực nhưng mạng lưới dẫn và phân phối nước thuộc loại đường dẫn hở. Với loại hình này, nước nguồn thường dồi dào, sự phân phối nước vào các chân ruộng, vào các trang trại không bắt buộc một quy trình nghiêm ngặt. Điển hình cho loại hình quản lý này đang được áp dụng rất rộng rãi tại các công ty khai thác thủy nông ở nước ta. Thủy lợi phí được tính toán theo lượng nước lấy tại cống lấy nước đầu mối và phân phối theo lượng nước qua các cống điều tiết trên kênh. Sau đó mức thu thủy lợi phí được phân bổ cho các chân ruộng theo tỷ lệ với diện tích canh tác. Cách điều tiết và quản lý này dễ dẫn tới sự thiếu chính xác và chưa thực sự đảm bảo sự công bằng ở mức độ cần thiết.

Loại điều tiết và quản lý tại ruộng hay còn gọi là điều tiết và quản lý theo nhu cầu (demand leading type). Loại hình thức quản lý này được minh họa rất rõ nét đối với hệ thống cấp nước sinh hoạt tại khu đô thị. Mỗi hộ sử dụng đều được gắn một đồng hồ đo nước để đo lượng nước sử dụng của mình trong tháng. Trên cơ sở số đo tại đồng hồ, tiền nước sinh hoạt được tính toán một cách chính xác. Với hệ thống cấp nước tưới, loại hình

thức quản lý này thường thích hợp với mạng ống cấp nước có áp, kín và nguồn nước không thật dồi dào đồng thời việc cấp nước tưới cho các chân ruộng mang tính công nghiệp hóa cao. Đối với sơ đồ điều tiết và quản lý theo khả năng các đồng hồ đo lưu lượng được lắp đặt tại cuối các đường ống, trước khi vào bể phân phối nước của mỗi khu ruộng hoặc mỗi trang trại. Loại điều tiết và quản lý này mang tính khách quan, tính công bằng cao, đồng thời cũng rất tiết kiệm nước.

Kết hợp giữa hai loại trên là hình thức điều tiết và quản lý tiên tiến nhất. Việc so sánh các số đo giữa đầu nguồn với các số đo tại hộ tiêu thụ cho nhà quản lý một số liệu chính xác, để từ đó có thể tính toán chính xác tổn thất lượng nước dọc theo mạng lưới cấp nước, và có thể vạch ra được các kế hoạch cung cấp và phân phối cũng như quản lý nước một cách có hiệu quả nhất.

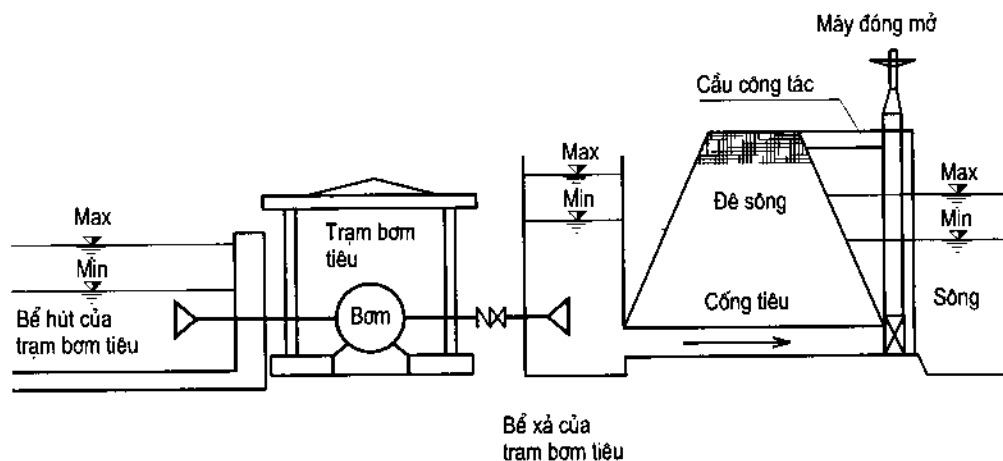
6.1.2. Trạm bơm trong hệ thống tiêu

(1) Nước phục vụ trạm bơm tiêu

Bài toán tiêu thoát nước phục vụ nông nghiệp được chia thành hai loại điển hình là: bài toán tiêu thoát nước quanh năm cho cây trồng và bài toán tiêu úng lũ do mưa lớn gây nên. Hai loại bài toán này có thể dựa trên nguyên tắc tiêu tự nhiên (hay tiêu tự chảy) hoặc trên nguyên tắc tiêu động lực bằng cách sử dụng máy bơm và trạm bơm tiêu. Việc lựa chọn nguyên tắc tiêu và loại bài toán tiêu phụ thuộc vào từng nhiệm vụ tiêu úng cụ thể, phụ thuộc vào điều kiện địa hình khu tiêu cũng như mực nước ngoài sông. Dưới đây chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ hơn về đặc điểm của bài toán tiêu và đặc điểm nguồn nước cần tiêu.

Đối với bài toán tiêu úng quanh năm cho cây trồng, nếu là tiêu tự chảy, mực nước tại cuối hệ thống tập trung tiêu sẽ được nối với cống điều tiết tiêu trước khi đổ ra sông. Nói chung trong trường hợp tiêu tự chảy thì mực nước sông sẽ thấp hơn mực nước trong đồng. Khi mực nước sông bằng hoặc cao hơn mực nước trong đồng, hình thức tiêu tự chảy không áp dụng được mà phải có máy bơm hoặc trạm bơm tiêu. Trạm bơm tiêu được bố trí ở khu vực trũng, ngay gần bể hút của trạm bơm tiêu, nước được bơm vào bể xả của trạm bơm, trước khi qua cống điều tiết để chảy ra sông. Một đặc điểm của bài toán tiêu úng quanh năm là mực nước tại bể hút của trạm bơm tiêu thường ít dao động. Còn mực nước nguồn xả thì phụ thuộc vào lưu lượng trong sông tại thời kỳ tiêu úng.

Đối với bài toán tiêu thoát lũ, nguyên tắc tiêu tự chảy cũng có thể được áp dụng khi điều kiện địa hình cho phép, tuy nhiên trường hợp này ít xảy ra. Chủ yếu loại bài toán này áp dụng hình thức tiêu động lực với sơ đồ tương tự như với tiêu quanh năm bằng trạm bơm như trong hình 6.7. Đặc điểm của bài toán tiêu thoát lũ bằng bơm động lực là mực nước tại bể hút của trạm bơm tiêu dao động lớn, đồng thời mực nước ngoài sông cũng dao động rất lớn. Do đó khi tính toán thiết kế cho trạm bơm tiêu, cần lưu ý tới vấn đề mực nước tính toán trong đồng và mực nước tính toán ngoài sông, cũng như việc lựa chọn tổ hợp mực nước tính toán cho trạm bơm.



Hình 6.7: Sơ đồ hệ thống tiêu nước

(2) Điều tiết và khống chế lượng nước tiêu

Điều tiết và khống chế lượng nước tiêu khác với mục đích điều tiết và quản lý lượng nước tưới. Đối với điều tiết nước tưới, mục tiêu chủ yếu là nâng cao hiệu quả tưới, tiết kiệm nước tưới, đảm bảo sự chính xác và công bằng trong việc thu thủy lợi phí. Còn đối với bài toán tiêu thì mục đích của điều tiết lượng nước tiêu là đảm bảo cho cây trồng không bị chết vì úng quá lâu, đảm bảo cho khu vực cần tiêu nhanh chóng được tiêu thoát nước và giảm tổn hại do lũ úng đối với mùa màng, tài sản và con người. Với mục đích như vậy, không cần thiết phải bố trí các đồng hồ đo lưu lượng dọc tuyến dẫn nước tiêu mà cần bố trí các thước đo mực nước trong đồng và ngoài sông sao cho hợp lý. Độ dốc dọc của hệ thống tập trung nước tiêu phải hợp lý, khả năng thoát nước của các mặt cắt tuyến dẫn phải đảm bảo thoát được lưu lượng tiêu tính toán. Và vấn đề quan trọng nhất là phải thiết kế và lựa chọn trạm bơm tiêu có đủ công suất tiêu ứng với lưu lượng tiêu tính toán trong khoảng thời gian cho phép.

6.2. THÀNH PHẦN CÔNG TRÌNH CỦA MỘT ĐẦU MỐI BƠM

Trong tiết này chúng ta sẽ nghiên cứu về các thành phần và sơ đồ bố trí một hệ thống đầu mối bơm phục vụ tưới tiêu. Trong thực tế, yêu cầu tưới tiêu trong nông nghiệp rất đa dạng và phong phú, có thể nói là muôn hình muôn vẻ. Chúng phụ thuộc vào nhiệm vụ được giao, vào điều kiện địa hình, địa chất, phụ thuộc vào đặc điểm của nguồn nước và vào nhiều yếu tố chủ quan và khách quan khác. Do đó để có được những định hình và phân loại nhất định, chúng ta cần nghiên cứu về các thành phần và sơ đồ cơ bản về bố trí một đầu mối bơm phục vụ nông nghiệp nói riêng và thủy lợi nói chung.

6.2.1. Một số khái niệm

Để vấn đề được rành mạch và nhất quán trong quá trình nghiên cứu, dưới đây sẽ thống nhất một số khái niệm có liên quan đến thành phần và sơ đồ bố trí đầu mối bơm.

Đó là những khái niệm về tổ bơm, về nhà máy bơm, về thiết bị cơ - thủy lực, thiết bị cơ điện, v.v... và đầu mối bơm.

Tổ bơm: Là một tập hợp các bộ phận công trình và thiết bị, máy móc nhằm phục vụ trực tiếp yêu cầu chính là bơm. Trong tổ bơm bao gồm máy bơm, động cơ chạy máy bơm, đường ống hút và ống đẩy. Đối với các đầu mối bơm cố định, cỡ trung bình và lớn, ngoài những bộ phận trên còn có các công trình và các thiết bị hỗ trợ, phục vụ hay điều khiển như các thiết bị phụ, thiết bị điều khiển, hệ thống công trình cung cấp và phân phối, điều tiết năng lượng v.v...

Nhà máy bơm: Là thành phần quan trọng nhất, đây là loại nhà máy có kết cấu đặc biệt để chịu áp lực nước trực tiếp hay gián tiếp. Tại nhà máy bơm lắp đặt nhiều tổ bơm và các thành phần công trình, các thiết bị phụ trợ, thiết bị điều khiển khác cũng như khu làm việc, quản lý vận hành để nhiệm vụ bơm được hoàn thành một cách suôn sẻ và đạt hiệu quả cao.

Trạm bơm: Là một hệ thống công trình bơm hoàn chỉnh bao gồm nhà máy bơm và các thành phần công trình dẫn và chuyển nước đến và đi như bể hút, bể xả, các công trình và thiết bị phục vụ các công trình đó.

Hệ thống đầu mối bơm: Tập hợp tất cả các công trình và thiết bị phục vụ cho yêu cầu bơm nước kể cả các công trình lấy nước, dẫn nước, công trình điều tiết nước (đập, hồ chứa), công trình phân phối nước (bể áp lực và phân phối) và các công trình hỗ trợ trên hệ thống dẫn nước như dốc nước, bậc nước, máng dẫn nước, trạm hạ áp, v.v... cùng với trạm bơm, được gọi là một hệ thống đầu mối (thủy lợi) bơm nước.

Thành phần công trình thủy: Tất cả các hạng mục công trình trong hệ thống đầu mối bơm liên quan đến nhiệm vụ dẫn nước và ra khỏi tổ bơm đều có tên gọi chung là các thành phần hay các hạng mục công trình thủy. Các thành phần này có thể kể ra như: cống lấy nước, cống điều tiết, bể lắng và xả cát, bể hút, bể xả, bể phân phối, bể điều áp và nhà máy bơm.

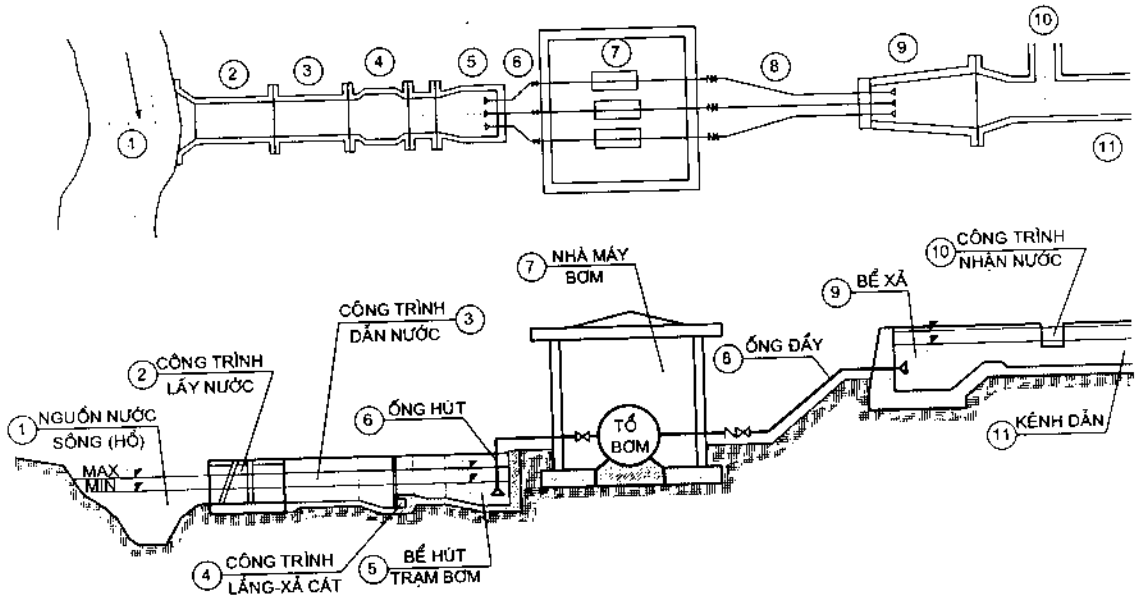
Thiết bị cơ - thủy lực: Các thiết bị được lắp đặt tại các thành phần công trình thủy nêu trên để đảm bảo cho công trình làm việc bình thường được gọi là thiết bị cơ thủy lực. Thiết bị cơ thủy lực quan trọng nhất ở đây là máy bơm, ngoài ra còn có những thiết bị cơ thủy lực khác như cửa van điều tiết, các khóa van, đồng hồ khống chế lưu lượng và áp lực.

Thiết bị cơ - điện: Các thiết bị liên quan đến sơ đồ điện trong hệ thống đầu mối bơm được gọi là thiết bị cơ điện. Thiết bị cơ điện quan trọng nhất trong nhà máy bơm là động cơ điện, các máy biến áp tại trạm hạ áp cũng đóng vai trò quan trọng, các tủ bảng điện, tủ điều khiển,... trong nhà máy bơm và nhà van cũng là những thiết bị thuộc loại cơ điện.

6.2.2. Thành phần liên quan đến cơ - thủy lực

Dưới góc độ cơ - thủy lực, một hệ thống đầu mối bơm đầy đủ sẽ có các hạng mục hay các thành phần công trình sau:

1. Nguồn nước (sông, hồ chứa, nguồn nước ngầm) để cấp cho công trình lấy nước.
2. Công trình lấy nước có nhiệm vụ điều tiết và lấy lượng nước cần thiết với chất lượng đảm bảo từ nguồn nước.
3. Công trình dẫn nước được dùng để chuyển lượng nước lấy từ công trình lấy nước đưa vào bể tập trung nước và bể hút nhà máy bơm.



Hình 6.8: Sơ đồ các thành phần cơ-thủy lực của hệ thống đầu mối bơm

4. Bể lắng. Nếu trong nước có chứa cát không phù hợp với yêu cầu thì trên hệ thống dẫn nước bố trí bể lắng và xả cát có kết cấu và chức năng giống như các bể lắng cát ở công trình thủy lợi, thủy điện.
5. Bể hút trước nhà máy. Nhiệm vụ của bể hút là tập trung và điều tiết nước đến để phân phối cho các ống hút của các máy bơm.
6. Ống hút của máy bơm. Ống hút có thể thuộc loại bê tông cốt thép với nhà máy bơm lớn, hoặc ống hút bằng thép.
7. Nhà máy bơm bao gồm các tổ bơm và thiết bị trong nhà máy.
8. Ống đẩy. Thường ống đẩy được làm bằng thép để chuyển nước áp lực lên bể xả.
9. Bể xả của nhà máy bơm. Bể xả nhận nước từ các ống đẩy, bể xả thường làm luôn nhiệm vụ bể đầu kênh dẫn hở hoặc bể phân phối đầu nguồn vào các đường ống dẫn và phân phối nước.
10. Công trình nhận nước. Tùy theo loại trạm bơm, công trình nhận nước có thể là các bể phân phối đầu kênh tưới, là các khu tập trung nước tiêu (sông, hồ đầm vv...) hoặc là công trình làm sạch nước của trạm bơm cấp sau đó.

11. Công trình dẫn nước và phân phối nước.

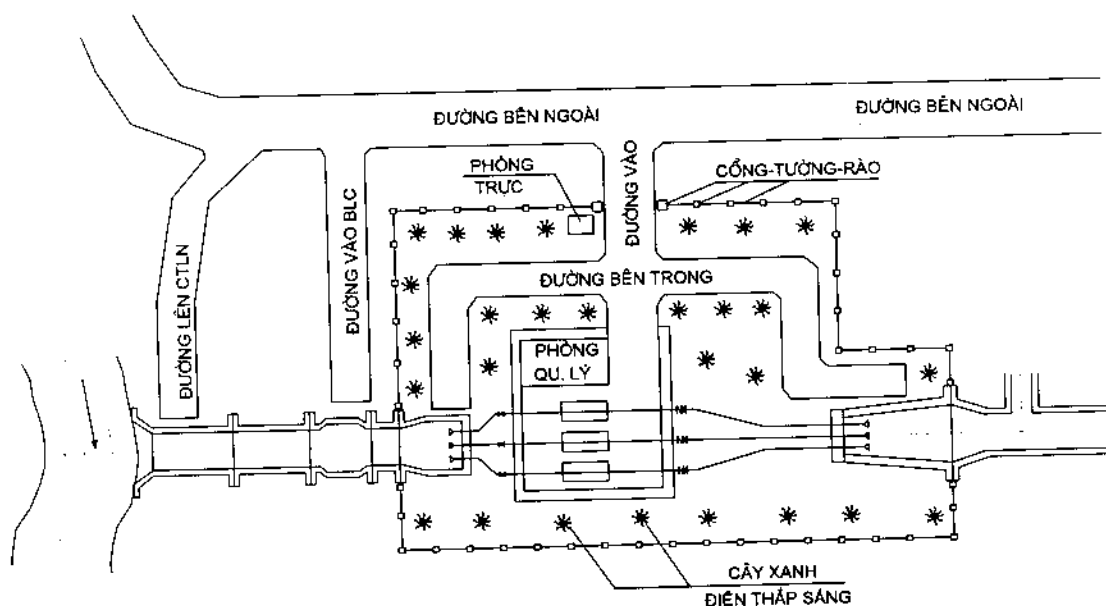
Sơ đồ minh họa hệ thống đầu mối bơm với đầy đủ các thành phần cơ-thủy lực được nêu trong hình 6.8. Trong thực tế, tùy từng trường hợp cụ thể và tùy theo điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn, vv... mà sơ đồ bố trí và thành phần công trình có thể được thay đổi hay giản đơn hơn, thí dụ, nếu nước ở nguồn không chứa nhiều cát thì không cần bể lắng cát, hoặc khi nhà máy bơm đặt ngay ở lòng hay bờ sông thì không cần công trình dẫn nước và nhà máy với công trình lấy nước sẽ được thiết kế theo kiểu kết hợp liên phần trước.

6.2.3. Thành phần liên quan đến quản lý vận hành

Còn một số thành phần công trình không liên quan đến thủy lực và điện, như các phòng làm việc, phòng điều khiển, nhà quản lý, kho, xưởng, đường bên trong hệ thống đầu mối bơm, hệ thống thoát nước mưa, cây xanh, điện công cộng, v.v. thuộc loại các công trình phục vụ công tác quản lý vận hành hệ thống đầu mối bơm. Những thành phần công trình này ngày càng có vai trò quan trọng trong một hệ thống đầu mối bơm hoàn chỉnh, đặc biệt đối với các hệ thống đầu mối bơm lớn (hình 6.9).

1. Đường bên trong hệ thống đầu mối bơm. Nối tiếp với đường giao thông bên ngoài, hệ thống đường nội bộ của hệ thống đầu mối bơm được thiết kế nhằm đảm bảo giao thông thuận tiện bên trong hệ thống, phục vụ công tác quản lý vận hành của toàn hệ thống.

2. Hệ thống cổng, tường, rào của trạm bơm và nhà máy bơm. Vì khu vực nhà máy bơm là khu vực mang tính chất sản xuất, trong đó bố trí nhiều thiết bị và công trình có giá trị cao, do đó cần phải thiết kế hệ thống cổng - tường - rào bảo vệ.



Hình 6.9: Sơ đồ các thành phần liên quan đến quản lý vận hành

3. Hệ thống tiêu thoát nước mưa. Cũng như các công trình dân dụng và công nghiệp khác, tại khu vực nhà máy bơm và trạm bơm, cần thiết xây dựng hệ thống thoát nước mưa tốt để tránh ứ đọng nước.

4. Hệ thống cây xanh và đèn bảo vệ. Dọc đường vào khu vực trạm bơm, trong phạm vi khuôn viên nhà máy bơm, cần phải bố trí đủ cây xanh và hệ thống điện thấp sáng.

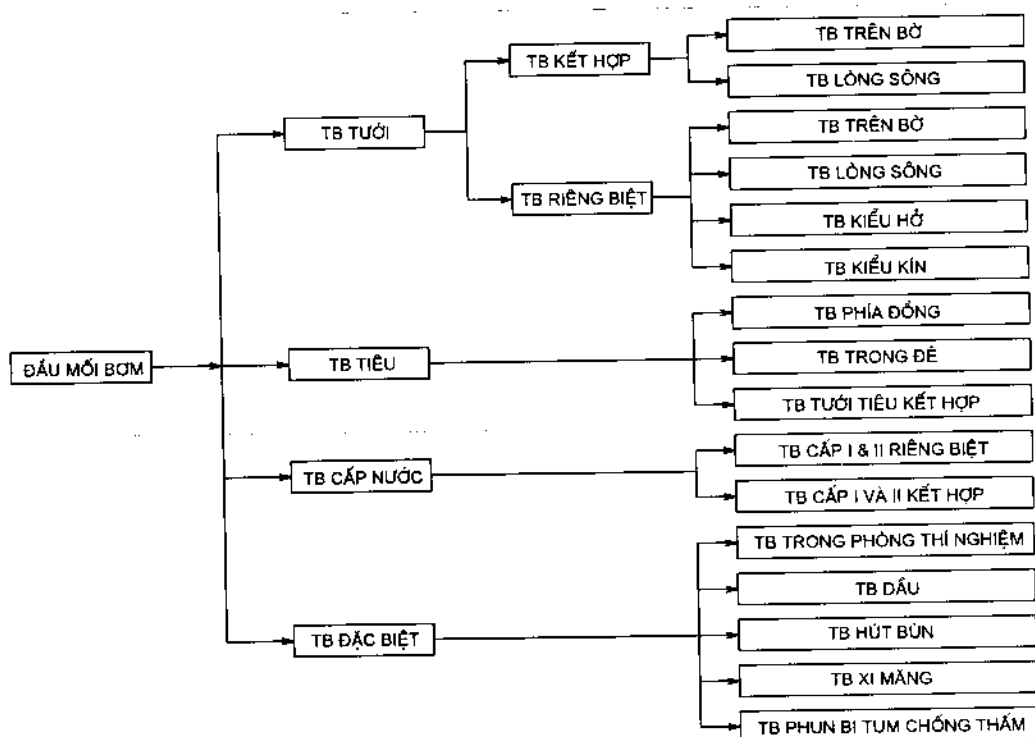
5. Nhà làm việc và phòng quản lý vận hành nhà máy bơm. Với đầu mối bơm lớn, khu nhà làm việc của cán bộ, công nhân viên có thể được bố trí riêng biệt với khu nhà máy bơm, còn với trạm bơm quy mô nhỏ, hạng mục này có thể không có. Phòng quản lý vận hành thường được bố trí bên trong nhà máy bơm, có thể ở đầu hồi nhà máy, thuộc tầng tương đương với cao độ mặt đất tự nhiên.

6.3. MỘT SỐ SƠ ĐỒ ĐẦU MỐI BƠM PHỤC VỤ TUỚI TIÊU

6.3.1. Phân loại sơ đồ bố trí đầu mối bơm

Căn cứ vào tính chất và đối tượng phục vụ có thể phân chia hệ thống đầu mối bơm thành những loại chính sau đây:

1. Hệ thống trạm bơm phục vụ tưới - tiêu trong nông nghiệp.
2. Hệ thống trạm bơm cấp nước phục vụ cho nhu cầu cấp và thoát nước sinh hoạt của các khu dân cư, thành phố và công nghiệp.



Hình 6.10: Phân loại các sơ đồ đầu mối bơm

3. Hệ thống trạm bơm phục vụ cho ngành xây dựng cơ bản, như hệ thống thoát nước hố móng, cấp nước cho nhu cầu xây dựng và sinh hoạt của công trường, hệ thống trạm bơm hạ mực nước ngầm, trạm bơm cung cấp và vận chuyển dung dịch bùn và đất bồi, hệ thống trạm bơm phục vụ cho các nhu cầu chuyên môn như hệ thống bơm dầu, bơm nhiên liệu, trạm bơm cấp nước cho các phòng thí nghiệm, nhà ga xe lửa, trạm bơm phục vụ cho quốc phòng hay cho nhu cầu văn hoá, thể thao, bơm bê tông, bơm ép bi tum và vữa xi măng, v.v...

Bảng phân loại hệ thống đầu mối bơm được minh họa trong hình 6.10. Trong đó phân loại đầy đủ các chủng loại trạm bơm theo nhiệm vụ được giao cũng như đặc điểm hoạt động. Tuy nhiên trong giáo trình này, chúng ta chỉ lưu ý đến loại hệ thống đầu mối bơm tưới - tiêu phục vụ nông nghiệp mà thôi.

6.3.2. Một số sơ đồ nhà máy bơm phục vụ tưới

Đối với hệ thống đầu mối bơm tưới có nguồn cấp nước là sông, thì có thể có sơ đồ bố trí công trình về tổng quát trên mặt bằng như trên hình 6.8. So sánh vị trí tương đối giữa nguồn nước với nhà máy bơm và công trình lấy nước có thể có mấy hình thức bố trí trạm bơm như sau:

1. *Trạm bơm kết hợp (giữa nhà máy với công trình lấy nước) nằm trên bờ sông (hình 6.11)*

Sơ đồ này có thể được áp dụng nếu như điều kiện địa chất, địa hình của bờ sông thích hợp cho việc xây dựng nhà máy bơm, bờ sông tương đối dốc, độ dao động mực nước sông nằm trong khoảng $\Delta Z < 8\text{m}$.

2. *Trạm bơm kết hợp (giữa nhà máy với công trình lấy nước) nằm ở lòng sông (hình 6.12)*

Nếu với những điều kiện tương tự như với sơ đồ trạm bơm kết hợp trên bờ nhưng biên độ dao động mực nước sông lớn, $\Delta Z = 12 - 20\text{m}$ thì có thể sử dụng sơ đồ trạm bơm bố trí kết hợp ở lòng sông.

3. *Trạm bơm riêng biệt (giữa nhà máy với công trình lấy nước) nằm trên bờ sông (hình 6.13)*

Trường hợp biên độ dao động mực nước sông không lớn lắm, đồng thời máy bơm có chiều cao hút H_s dương thì có thể bố trí kiểu riêng biệt trên bờ sông.

4. *Trạm bơm riêng biệt (giữa nhà máy với công trình lấy nước) nằm ở lòng sông (hình 6.14)*

Sơ đồ này có điều kiện áp dụng tương tự như với sơ đồ trạm bơm kết hợp ở lòng sông, nhưng trạm bơm có thể sử dụng phương án riêng biệt ở lòng sông, trong đó công trình lấy nước đặt ở lòng sông, còn nhà máy bơm bố trí trên bờ.

5. *Trạm bơm kết hợp kiểu hở trên kênh dẫn (hình 6.15) và riêng biệt kiểu kín trên kênh (hình 6.16).*

Nếu như máy bơm có chiều cao hút âm, thì phải dùng sơ đồ kết hợp kiểu hở hoặc riêng biệt kiểu kín, trong đó có đường ống dẫn nước vào các máy bơm.

6. *Trạm bơm lấy nước từ hồ chứa:* Đối với trường hợp nguồn nước là hồ chứa thì tùy theo biên độ dao động mực nước hồ có thể bố trí nhà máy bơm ở phía thượng lưu hồ khi $\Delta Z < 6$ hoặc ở phía hạ lưu hồ khi $\Delta Z = 6 - 14\text{m}$ (hình 6.17a và 6.17b).

6.3.3. Một số sơ đồ nhà máy bơm phục vụ tiêu

1. *Trạm bơm tiêu đặt phía đồng (hình 6.18)*

Về sơ đồ bố trí trạm bơm tiêu nước từ trong đồng ra sông có thể sử dụng hình thức nhà máy bơm đặt ở phía trong đồng, nếu biên độ dao động mực nước sông lớn.

2. *Trạm bơm tiêu đặt trong thân đê (hình 6.19)*

Trường hợp tiêu nước từ đồng ra sông nhưng biên độ dao động của mực nước sông nhỏ, có thể chuyển sang sơ đồ đặt nhà máy bơm ngay trong thân đê.

3. *Trạm bơm tưới - tiêu kết hợp (hình 6.20)*

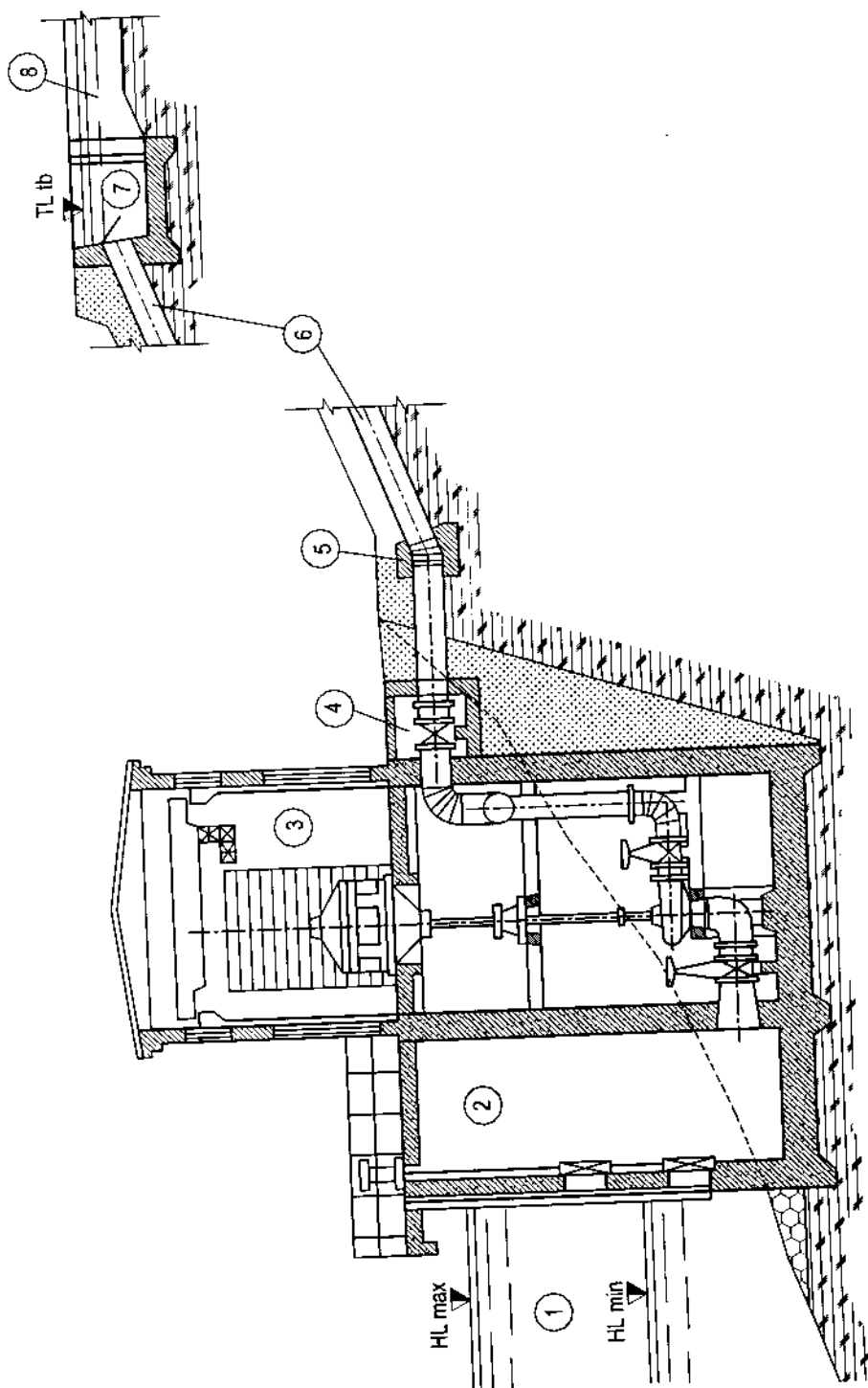
Trong sản xuất nông nghiệp, có thể gặp trường hợp ở một khu vực canh tác ở khu đất trũng phải cấp nước tưới, đồng thời phải tiêu úng. Đối với nhiệm vụ tưới tiêu kết hợp như vậy, tiến hành xây dựng trạm bơm tưới tiêu kết hợp là phù hợp nhất.

Loại sơ đồ bố trí trạm bơm tưới - tiêu kết hợp có ưu điểm là gọn và tiết kiệm được một số công trình tập trung việc quản lý. Tuy nhiên khi thiết kế cần lưu ý các chi tiết nhằm đảm bảo cho chế độ bơm tưới tiêu được độc lập, tránh tình trạng nước tiêu lẫn vào nước tưới, hoặc do việc bơm tiêu cho nơi này mà ảnh hưởng đến việc cấp nước tưới cho vùng kia, làm ảnh hưởng đến thời vụ sản xuất.

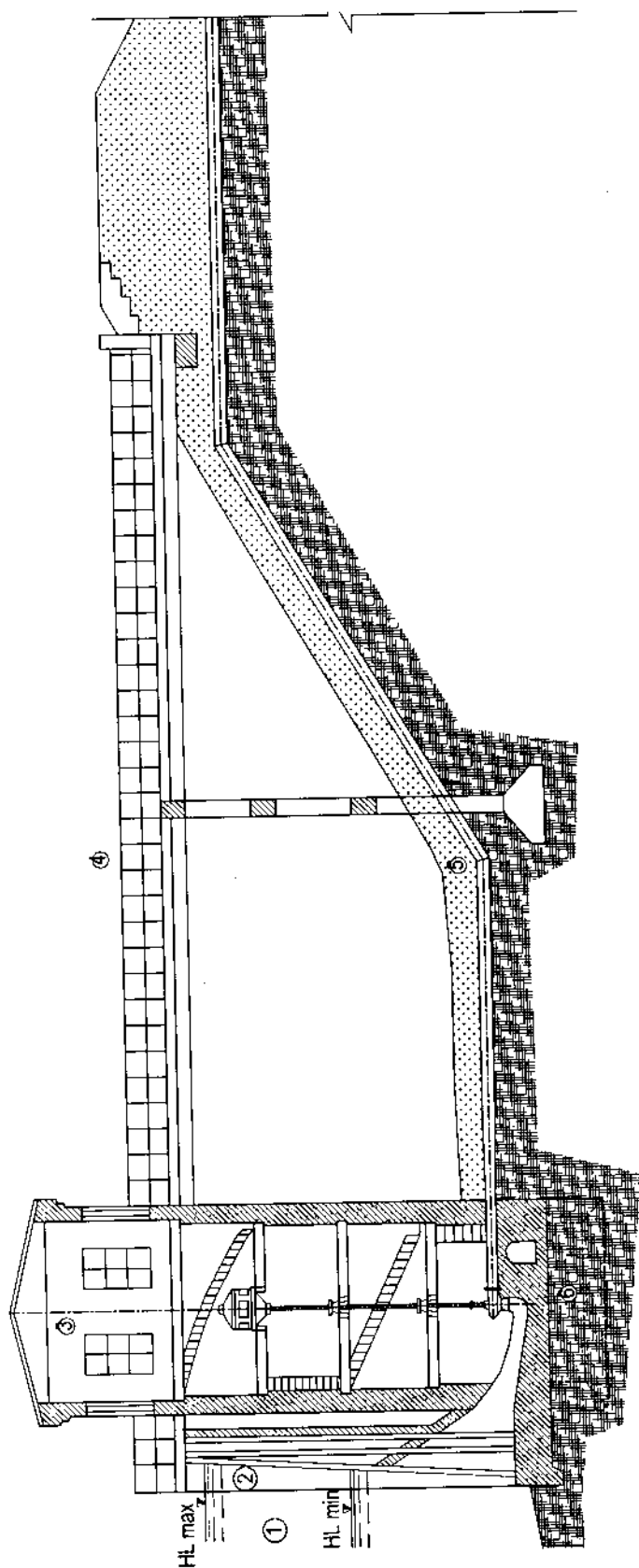
4. *Trạm bơm tiêu thoát nước thành phố (hình 6.21a, b, c)*

Khi cần thoát lưu lượng tiêu lớn (tiêu thoát nước mưa cho thành phố hay khu đô thị), mực nước sông dao động nhiều, thường chọn loại máy bơm hỗn lưu, cột nước từ $10 \div 20\text{m}$ và lưu lượng tổ bơm lên đến hàng chục m^3/s . Trong những trường hợp này, nhà máy bơm được đặt phía trong thân đê để bơm nước ra sông.

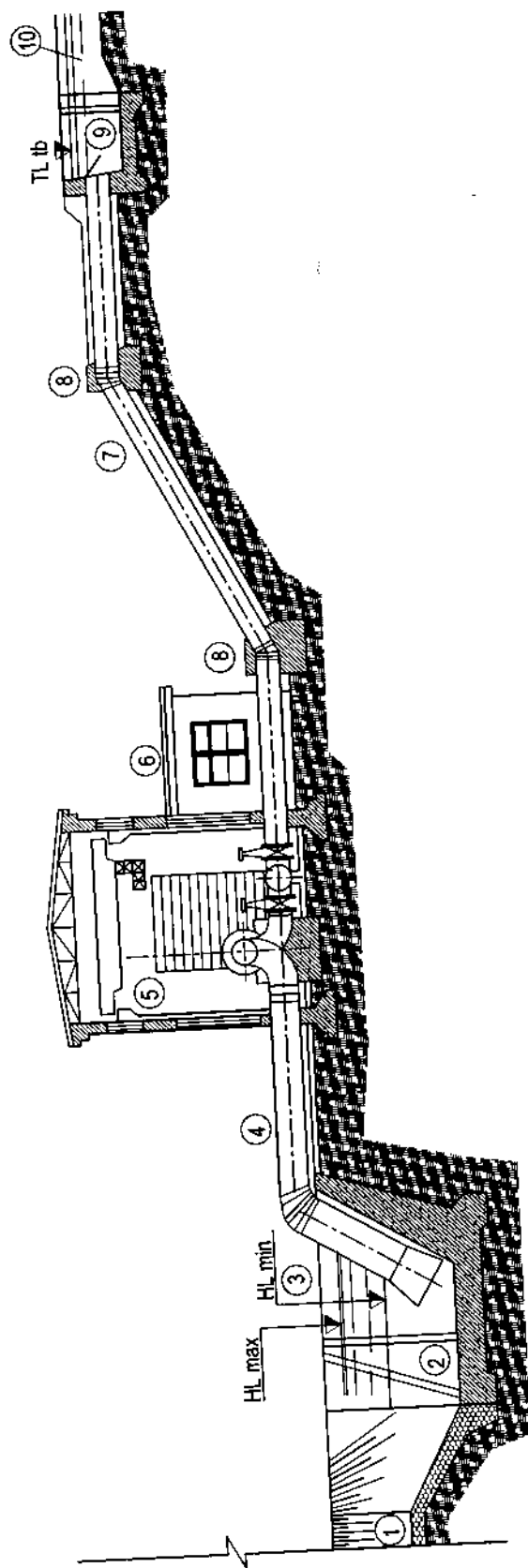
Hình 6.21a, b, c giới thiệu mặt bằng, mặt cắt ngang và mặt cắt dọc của trạm bơm tiêu Yên Sở. Trạm bơm Yên Sở nằm giữa đê sông Hồng và làng Sở Thượng, trạm bơm Yên Sở được coi là hạng mục lớn của dự án thoát nước thành phố Hà Nội - Giai đoạn I. Với công suất bơm $45 \text{ m}^3/\text{s}$ (giai đoạn I) và $90 \text{ m}^3/\text{s}$ (giai đoạn cuối), loại bơm hỗn lưu trục ngang, cột nước lớn nhất đạt 15m , trạm bơm đã góp phần cải thiện tình trạng ngập lụt khi mưa to của nội thành thành phố Hà Nội.



Hình 6.11: Sơ đồ bố trí trạm bơm kết hợp trên bờ sông
 1 - Nguồn nước (sông); 2 - Công trình lấy nước; 3 - Nhà máy bơm;
 4 - Buồng van; 5 - Trụ néo; 6 - Ống đẩy; 7 - Bể xả; 8 - Kênh tưới

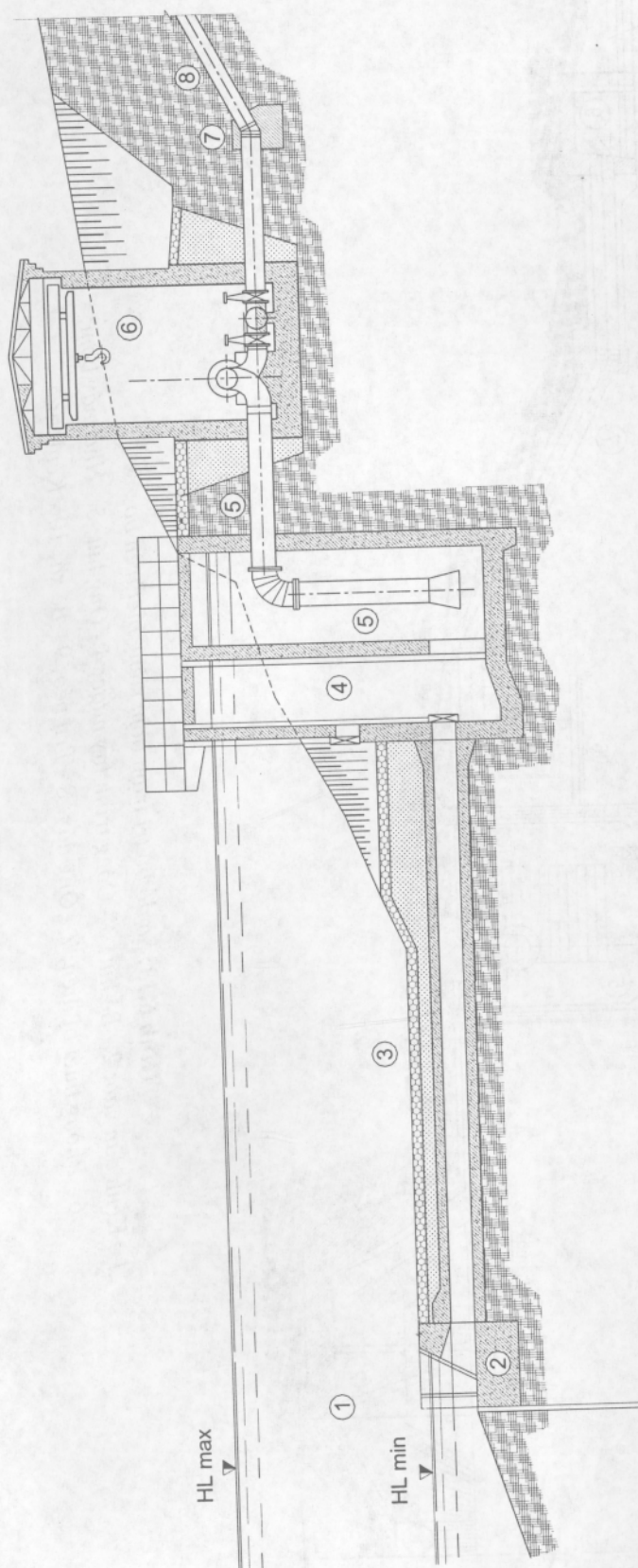


Hình 6.12: Sơ đồ bố trí trạm bơm kết hợp ở lòng sông
 1 - Nguồn nước (sông); 2 - Công trình lấy nước; 3 - Nhà máy bơm;
 4 - Cầu công tác; 5 - Ống dẫn; 6 - Giếng chìm.

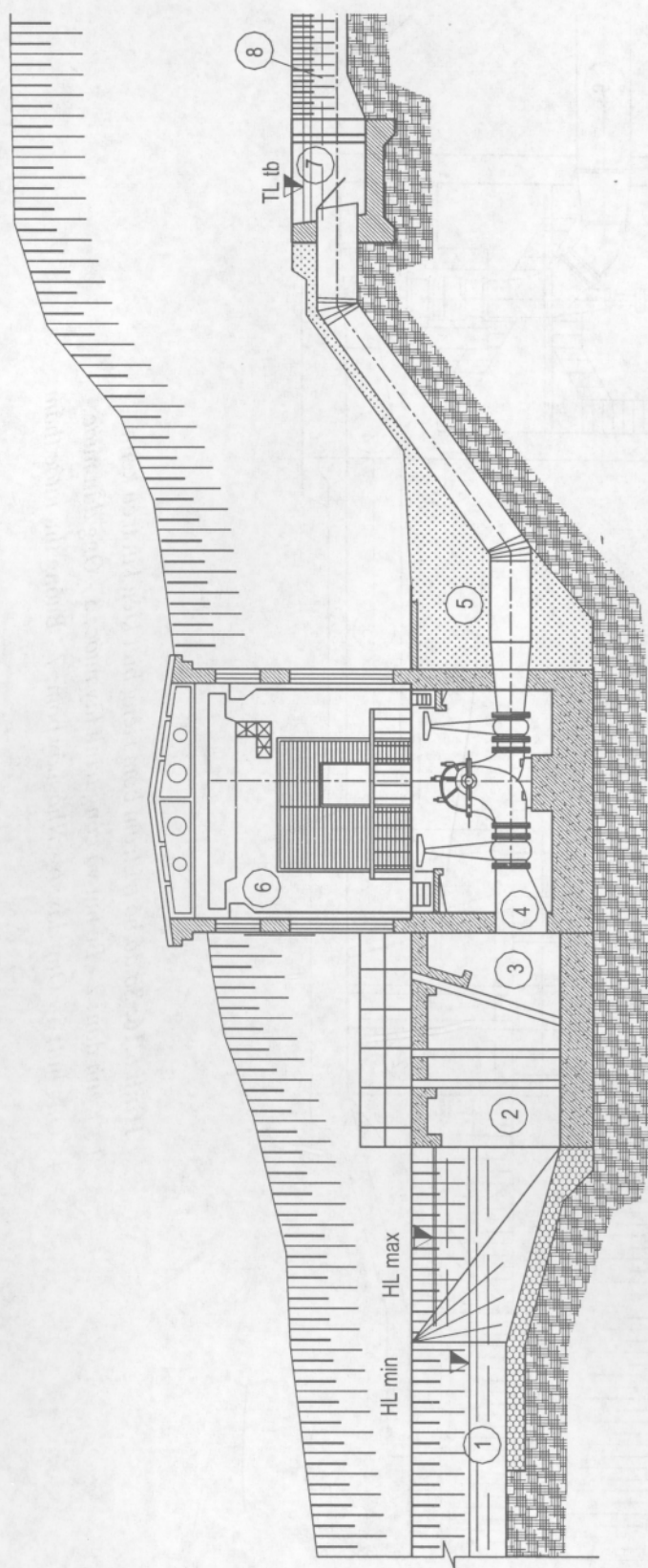


Hình 6.13: Sơ đồ bố trí trạm bơm riêng biệt trên bờ

1 - Kênh dẫn vào; 2 - Bể hút; 3 - Công trình lấy nước; 4 - Ống hút; 5 - Nhà máy bơm;
6 - Phòng thiết bị điện; 7 - Ống đẩy; 8 - Bể xả; 9 - Ống xả; 10 - Kênh tưới.

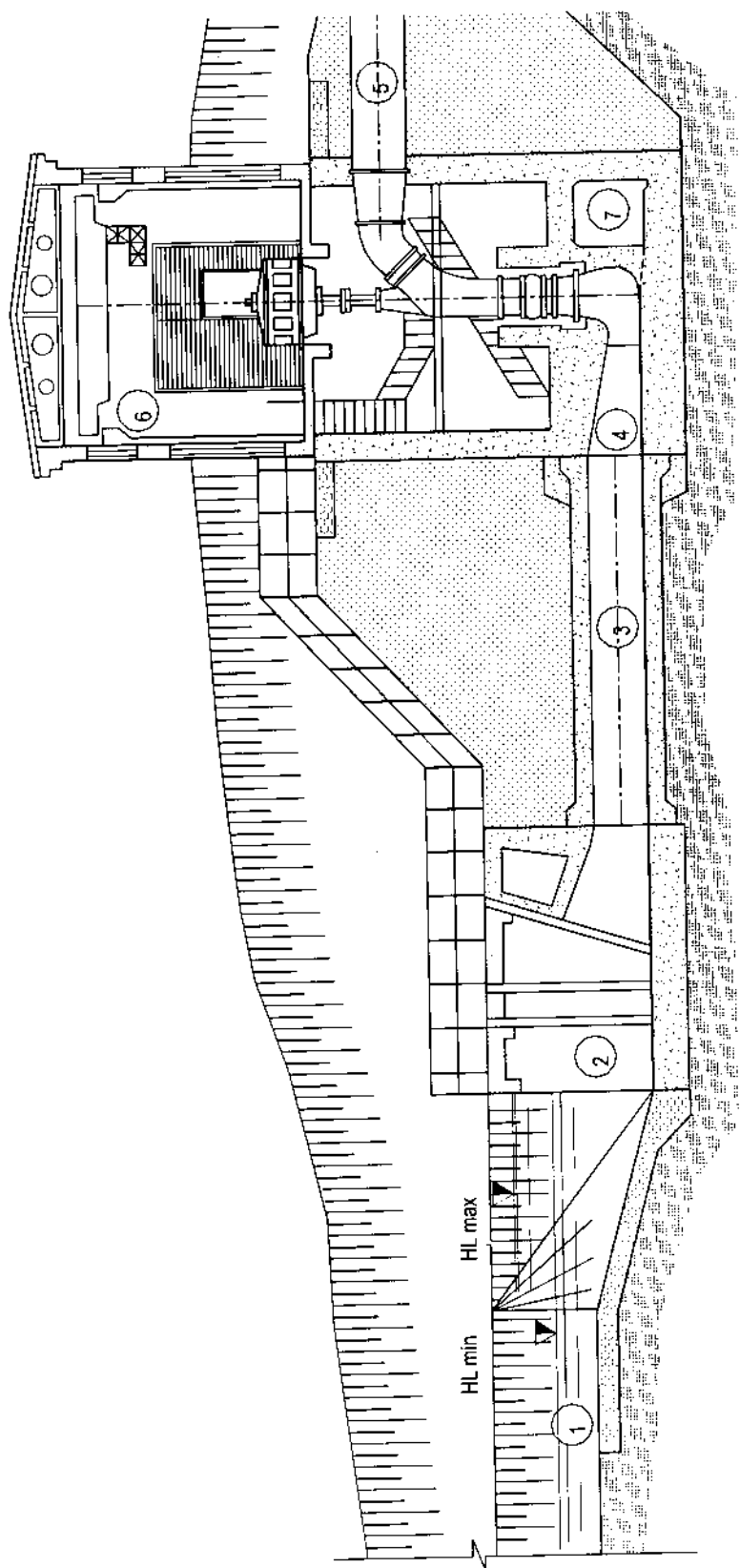


Hình 6.14: Sơ đồ bố trí trạm bơm riêng biệt ở lòng sông
 1 - Sông; 2 - Công trình lấy nước; 3 - Đường dẫn nước; 4 - Giếng tập trung nước, bể hút;
 5 - Ống hút; 6 - Nhà máy bơm; 7 - Trụ néo; 8 - Ống đẩy

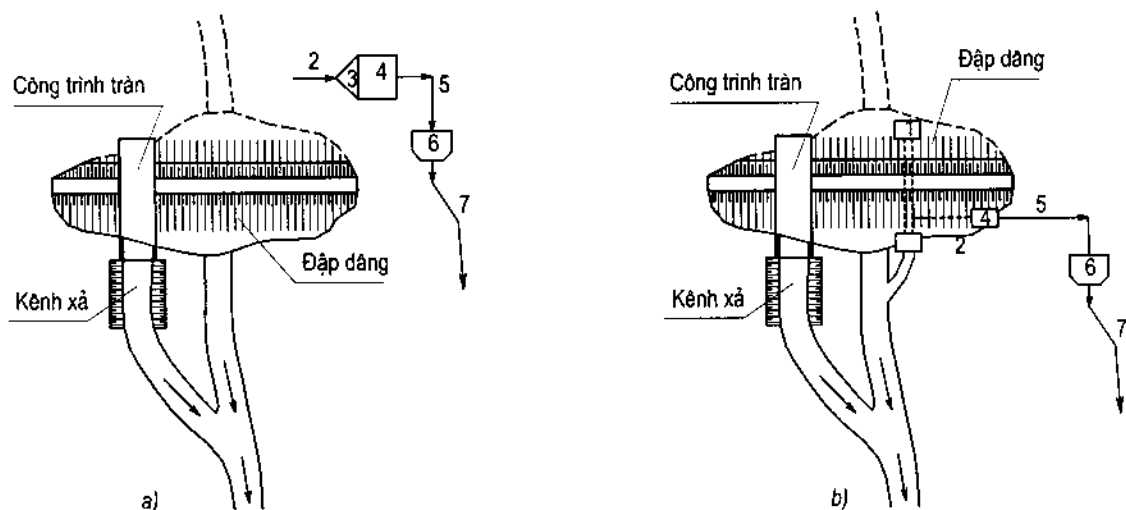


Hình 6.15: Sơ đồ bố trí trạm bơm kết hợp kiểu hở trên kênh

1 - Kênh dẫn vào; 2 - Bể hút; 3 - Công trình lấy nước; 4 - Ống hút; 5 - Ống đẩy;
6 - Nhà máy bơm; 7 - Bể xả; 8 - Kênh tưới



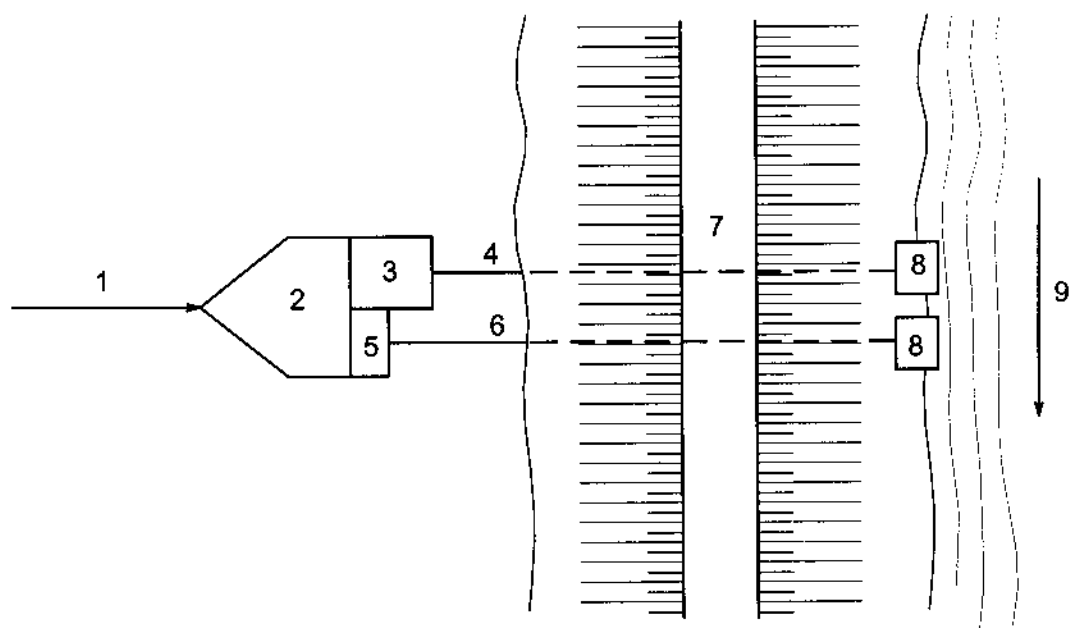
Hình 6.16: Sơ đồ bố trí trạm bơm riêng biệt kiểu kín trên kênh
 1 - Kênh dẫn; 2 - Bể hút và công trình lấy nước; 3 - Ống dẫn nước;
 4 - Ống hút; 5 - Ống đẩy; 6 - Nhà máy bơm; 7 - Buồng thu nước thấm



Hình 6.17: Sơ đồ bố trí trạm bơm lấy nước ở hạ lưu hồ chứa

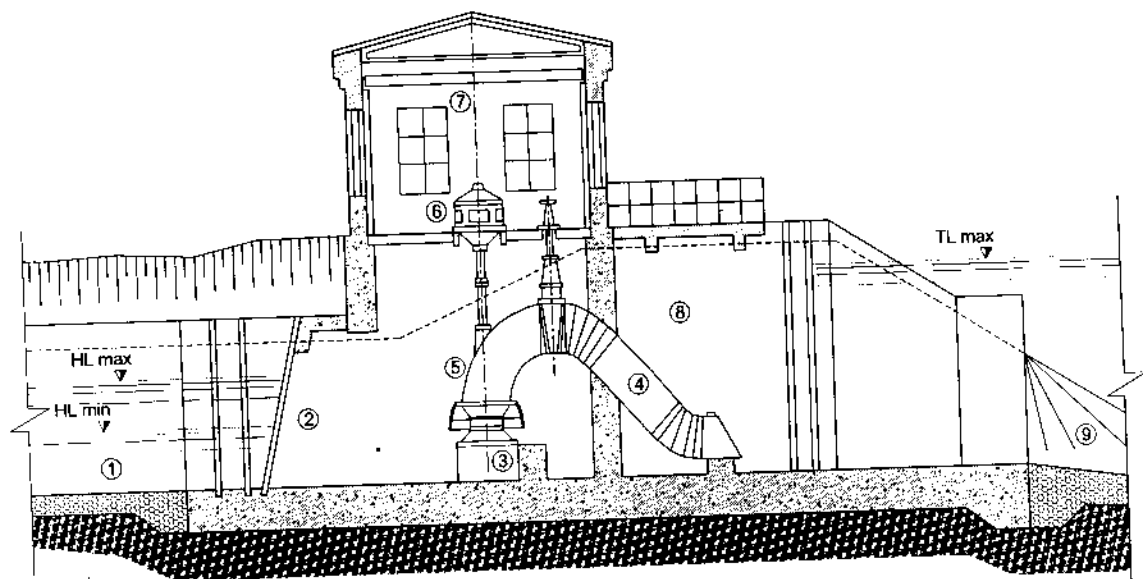
a) Nhà máy bơm ở thượng lưu hồ; b) Nhà máy bơm ở hạ lưu hồ.

- 1 - Công trình lấy nước và tháo nước; 2 - Đường ống hoặc kênh dẫn vào bể hút;
3 - Bể hút; 4 - Nhà máy bơm; 5 - Đường ống đẩy; 6 - Bể xả; 7 - Kênh dẫn



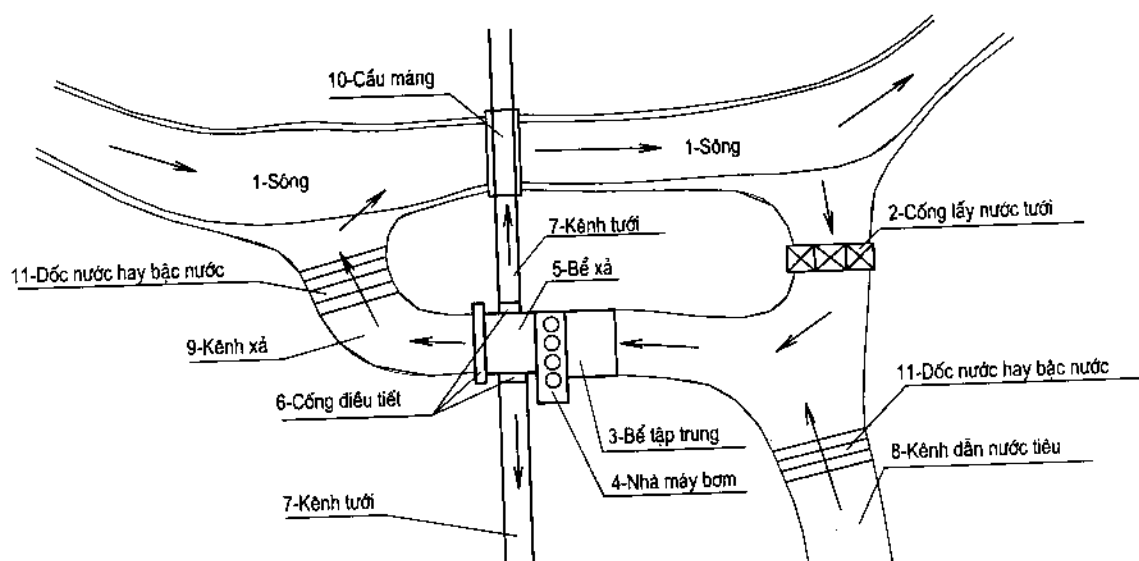
Hình 6.18: Sơ đồ bố trí trạm bơm tiêu diệt phía đông

- 1 - Kênh dẫn; 2 - Bể tập trung nước; 3 - Nhà máy bơm; 4 - Đường ống đẩy;
5 - Cống tháo tự chảy; 6 - Ống tháo; 7 - Đê; 8 - Cửa tháo; 9 - Sông.

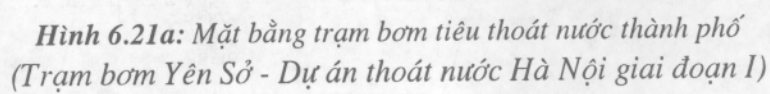


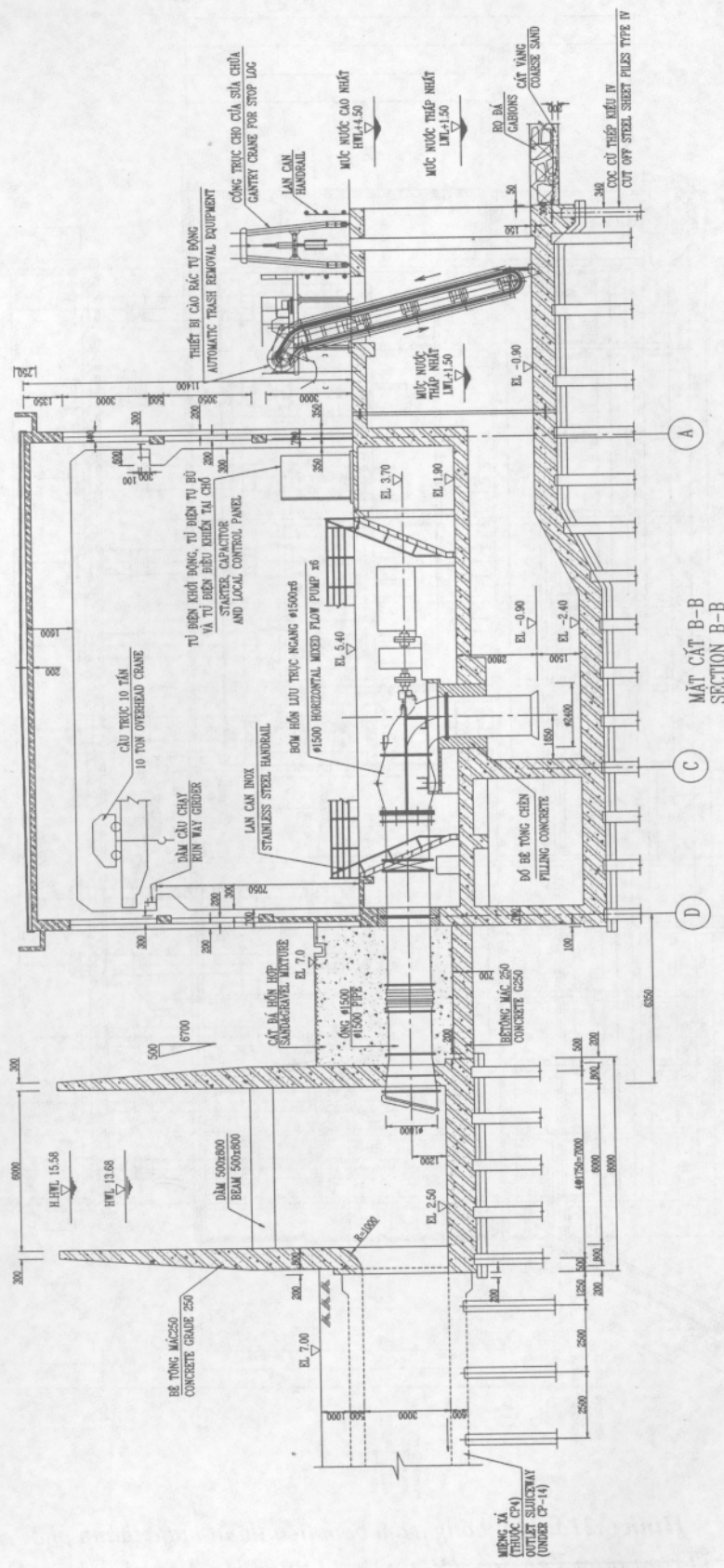
Hình 6.19: Sơ đồ bố trí trạm bơm tiêu đặt trong thân đê

1 - Kênh dẫn vào; 2 - Công trình lấy nước; 3 - Miệng hút; 4 - Ống dẫn;
5 - Máy bơm; 6 - Động cơ điện; 7 - Nhà máy bơm; 8 - Bể xả; 9 - Thân đê.



Hình 6.20: Sơ đồ bố trí trạm bơm tươi - tiêu kết hợp





Hình 6.21b: Mặt cắt ngang trạm bơm tiêu thoát nước thành phố
(Trạm bơm Yên Sở - Dự án thoát nước Hà Nội giai đoạn I)

6.4. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 6

1. Nêu các yêu cầu trong thiết kế đối với trạm bơm phục vụ nông nghiệp?
2. Nêu đặc điểm nguồn nước tưới và sơ đồ 1 về đặc điểm cấp nước tưới?
3. Trình bày sơ đồ 2 về đặc điểm cấp nước tưới?
4. Trình bày sơ đồ 3 về đặc điểm cấp nước tưới?
5. Trình bày sơ đồ 4 về đặc điểm cấp nước tưới?
6. Nêu 3 sơ đồ bố trí bơm tăng áp trên mạng vận chuyển và phân phối nước?
7. Trình bày về 3 sơ đồ của mạng lưới vận chuyển và phân phối nước sau ống đẩy của nhà máy bơm?
8. Hãy viết phương trình cân bằng nước đối với bài toán tiêu nước ngầm?
9. Nêu nguyên tắc điều tiết và quản lý nước tại nguồn?
10. Nêu nguyên tắc điều tiết và quản lý nước tại hộ tiêu thụ?
11. Sự khác nhau của hai nguyên tắc điều tiết và quản lý nước tại nguồn và tại hộ tiêu thụ?
12. Trình bày sơ đồ trạm bơm tiêu ứng cho ruộng?
13. Điều tiết và khống chế lượng nước tiêu khác với điều tiết và quản lý lượng nước tưới như thế nào?
14. Thế nào là tổ bơm? nhà máy bơm? trạm bơm? hệ thống đầu mối bơm? thành phần công trình thủy? thiết bị cơ - thủy lực? thiết bị cơ - điện?
15. Nêu nhiệm vụ của 11 thành phần công trình thủy trong một hệ thống đầu mối bơm hoàn chỉnh?
16. Trình bày các thành phần liên quan đến quản lý vận hành đầu mối bơm?
17. Hãy phân loại đầu mối bơm? Phân loại về đầu mối bơm phục vụ tưới tiêu?
18. Sự giống và khác nhau giữa sơ đồ kết hợp và riêng biệt?
19. Sự giống và khác nhau giữa sơ đồ kiểu kín và kiểu hở?
20. Ưu nhược điểm của trạm bơm tưới - tiêu kết hợp?
21. Sơ đồ bố trí và thiết kế đầu mối bơm phụ thuộc chủ yếu vào những điều kiện gì?

Chương 7

MÁY BƠM PHỤC VỤ TUỚI TIÊU

7.1. MỘT SỐ LOẠI BƠM THƯỜNG SỬ DỤNG TRONG TUỚI TIÊU

Trong lĩnh vực nông nghiệp, có khá nhiều loại máy bơm được sử dụng, trong đó loại được dùng rộng rãi nhất là "*bơm cánh*" vì nó có các cánh gắn vào bánh xe công tác. Bơm cánh còn được gọi là bơm liên tục vì dòng chảy qua bơm là dòng liên tục, không đứt quãng. Về nguyên lý hoạt động, bơm cánh được chia thành ba loại : (1) Bơm ly tâm; (2) Bơm hướng trục; và (3) Bơm đối góc. Sự phân chia này dựa trên chiều chuyển động của chất lỏng trong phạm vi bánh xe công tác của bơm. Với bơm ly tâm, dòng chảy vào song song với trục bơm, dòng chảy ra vuông góc với trục bơm và có chiều ly tâm. Với bơm hướng trục thì dòng chất lỏng chuyển động theo mặt quay gần như là mặt trụ quanh trục bơm và phương chuyển động là song song với trục bơm. Còn với bơm đối góc (còn gọi là hỗn lưu) thì chất lỏng chuyển động theo một mặt quay có đường sinh nằm nghiêng một góc so với trục bơm.

Trong ba loại bơm thuộc bơm cánh trên đây, bơm ly tâm và bơm hướng trục được sử dụng rộng rãi nhất trong các ngành kinh tế quốc dân nói chung và trong nông nghiệp nói riêng. Do đó, chúng ta sẽ nghiên cứu hai loại bơm này trong môn học.

7.1.1. Bơm ly tâm

Bơm ly tâm được phân loại theo nhiều cách khác nhau, tùy theo cách tiếp cận và hướng quan tâm, hướng nghiên cứu.

(1) Phân loại theo cột áp của bơm:

Bơm cột áp thấp	$H < 20\text{m}$
Bơm cột áp trung bình	$H = (20 \div 60)\text{m}$
Bơm cột áp cao	$H > 60\text{m}$

(2) Phân loại theo số bánh xe công tác:

- Bơm một cấp có một cấp bánh xe công tác
- Bơm nhiều cấp có nhiều cấp bánh xe công tác

(3) Phân loại theo phương pháp dẫn chất lỏng vào cánh BXCT:

- Bơm nước vào một phía
- Bơm nước vào hai phía

(4) Phân loại theo kết cấu và phương của trục bơm:

Bơm trục đứng

Bơm trục ngang

(5) Phân loại theo hệ số tỷ tốc:

Bơm tỷ tốc thấp $50 < n_s \leq 80$

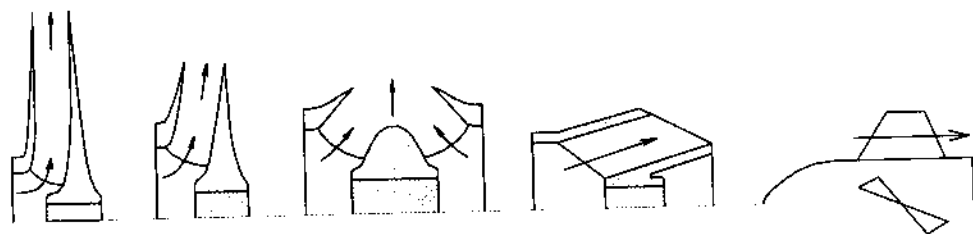
Bơm tỷ tốc trung bình $80 < n_s \leq 150$

Bơm tỷ tốc cao $150 < n_s \leq 300$

Dù theo cách phân loại nào thì bơm ly tâm cũng có những đặc điểm cơ bản như nhau, đó là về nguyên lý làm việc, phương trình cơ bản và đường đặc tính của bơm.

7.1.1.1. Nguyên lý làm việc của bơm ly tâm

Bơm ly tâm làm việc dựa trên nguyên lý tác dụng của lực ly tâm tạo ra nhờ chuyển động quay của cánh bánh xe công tác. Khi cánh BXCT quay thì chất lỏng trong cánh BXCT một mặt quay theo cánh, mặt khác sẽ chuyển động dịch chuyển tương đối so với cánh (men theo bề mặt cánh). Như vậy chuyển động của dòng chất lỏng bên trong cánh BXCT là chuyển động phức hợp bao gồm chuyển động quay với vận tốc quay u và chuyển động tương đối men theo bề mặt cánh với vận tốc W có phương tiếp tuyến với bề mặt cánh tại điểm đang xét. Hình 7.1 trình bày sơ đồ chuyển động của chất lỏng trong BXCT của bơm.



Hình 7.1: Sơ đồ chuyển động của chất lỏng trong BXCT của bơm

Muốn xét tác dụng của cánh đối với chất lỏng trong BXCT, ta giả thiết rằng cửa ra của bơm đóng kín ($Q = 0$ và $W = 0$), lúc này chất lỏng chỉ tham gia chuyển động quay cùng BXCT mà không chuyển động tương đối so với cánh.

Lấy một phân tố chất lỏng M (xem hình 7.2) ở trong rãnh BXCT có bề dày Δr , rộng b và giới hạn bởi hai mặt của đĩa BXCT với góc cắt trung tâm là $\Delta\phi$. Khi BXCT quay với vận tốc $\omega = \text{constant}$, trong phân tố chất lỏng đang xét sẽ xuất hiện nội lực Δc bằng lực ly tâm:

$$\Delta c = m \frac{u^2}{r} = m\omega^2 r \quad (7.1)$$

Trong đó:

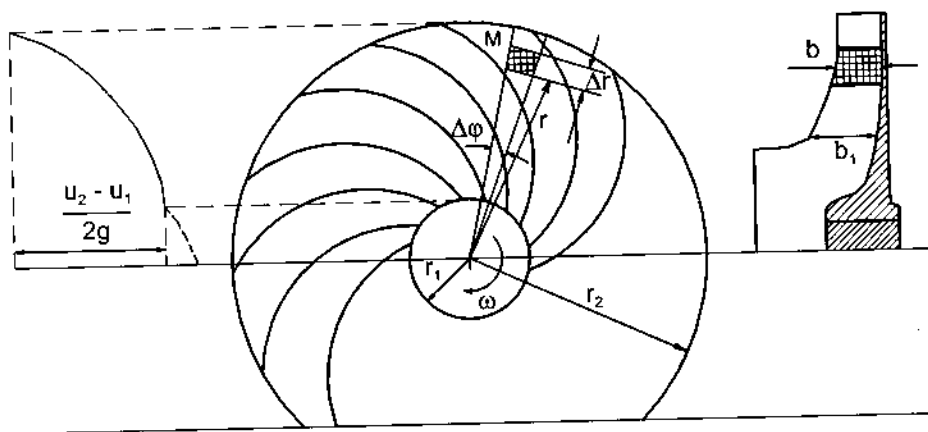
m - khối lượng phân tố chất lỏng M :

$$m = \frac{\gamma}{g} \Delta r b \Delta \varphi r$$

r - bán kính quay của phân tố chất lỏng M ;

γ - trọng lượng thể tích của chất lỏng;

g - gia tốc trọng trường.



Hình 7.2: Chất lỏng trong BXCT của bơm ly tâm

Nội lực Δc tác dụng lên bề mặt ngoài ΔF tạo nên một áp suất Δp :

$$\Delta p = \frac{\Delta c}{\Delta F} = \frac{\frac{\gamma}{g} \Delta r b \Delta \varphi \omega^2 r}{b(r + \Delta r) \Delta \varphi} \quad (7.2)$$

Bỏ qua đại lượng vô cùng nhỏ bậc hai ($\Delta \varphi \cdot \Delta r$) và thay các giá số bằng các vi phân, có thể xác định độ tăng áp suất của toàn khối chất lỏng chứa trong BXCT là:

$$\begin{aligned} P &= \int_{r_1}^{r_2} dp = \int_{r_1}^{r_2} \frac{dc}{df} = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\gamma r b d\varphi \omega^2 r dr}{g b r d\varphi} \\ &= \frac{\gamma}{g} \omega^2 \int_{r_1}^{r_2} r dr = \frac{\gamma}{2g} [(\omega r_2)^2 - (\omega r_1)^2] = \gamma \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \end{aligned} \quad (7.3)$$

Từ đó tìm ra được cột nước áp suất ứng với cửa ra của bơm đóng kín (khi $Q = 0$) là:

$$H_{Q=0} = \frac{p}{\gamma} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (7.4)$$

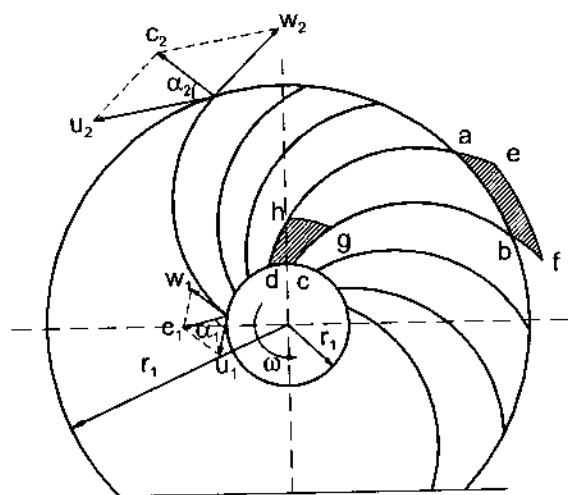
Ở đây u_1 và u_2 là vận tốc quay ứng với bán kính quay r_1 và r_2 . Như vậy có thể thấy rằng nguyên lý hoạt động của bơm là cơ năng của động cơ tạo ra áp lực cho chất lỏng,

áp lực của chất lỏng do BXCT tạo nên tỷ lệ thuận với hiệu số bình phương của vận tốc quay khi đường ống đầy đóng.

7.1.1.2. Phương trình cơ bản của bơm ly tâm

Để thiết lập phương trình cột nước lý thuyết của bơm ly tâm, ta xét khối chất lỏng trong rãnh a, b, c, d của BXCT vào thời điểm $t = 0$, biểu diễn trên hình 7.3.

Sau thời gian dt khối chất lỏng sẽ dịch chuyển và cho rằng nó có vị trí mới là e, f, g, h. Nếu biểu thị khối lượng phần chất lỏng ra khỏi BXCT là dm , thì nó sẽ bằng phần chất lỏng c, d, h, g đi vào BXCT. Như vậy, sự biến đổi mô men động lượng của khối chất lỏng a, b, c, d trong thời gian dt chính là sự biến đổi mô men động lượng của khối chất lỏng nguyên tố dm đi vào và đi ra bởi vì trong thời gian đó mô men động lượng của phần chất lỏng nằm trong phạm vi a, b, g, h là không thay đổi.



Hình 7.3: Sơ đồ xây dựng phương trình cơ bản của bơm ly tâm

Biểu thị mô men của các ngoại lực tác dụng lên khối chất lỏng ứng với trục quay là M_t , mô men của khối chất lỏng đi vào và đi ra là M_v và M_r , theo định luật cơ học về sự biến đổi mô men động lượng, ta có:

$$M_t = M_r - M_v = \frac{dm}{dt} (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1) \quad (7.5)$$

Trong đó:

c_1 và c_2 là vận tốc tuyệt đối của khối chất lỏng phân tố đi vào và đi ra;

$r_1 \cos \alpha_1$ và $r_2 \cos \alpha_2$ là các cánh tay đòn tương ứng.

Đối với toàn bộ BXCT, sự biến đổi của chất lỏng trong thời gian dt sẽ là lưu lượng Q_t của máy bơm, nghĩa là:

$$M = \frac{Q_t \gamma}{g} (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1) \quad (7.6)$$

Trong đó M là mô men của tất cả các ngoại lực tác dụng lên toàn khối chất lỏng trong BXCT.

Các loại lực này gồm hiệu áp lực tác dụng từ hai phía của bề mặt cánh, áp lực ở phía trước cửa vào và cửa ra của BXCT, và lực ma sát có phương ngược chiều với phương

dòng chảy tạo nên mô men quay bổ sung (theo giả thiết ban đầu của thuyết dòng tia bỏ qua ma sát trên).

Nhân hai vế phương trình với vận tốc góc ω và lưu ý rằng $M\omega$ là công suất cần thiết để máy bơm cung cấp lưu lượng Q_t ứng với cột nước $H_{T\infty}$, ta có:

$$M\omega = \gamma Q_t H_{T\infty} = \frac{Q_t \gamma}{g} \omega (c_2 r_2 \cos \alpha_2 - c_1 r_1 \cos \alpha_1) \quad (7.7)$$

Thay $\omega r = u$ và rút gọn phương trình trên ta được:

$$H_{T\infty} = \frac{1}{g} (c_2 u_2 \cos \alpha_2 - c_1 u_1 \cos \alpha_1) \quad (7.8)$$

Ký hiệu: $c_2 \cos \alpha_2 = c_{2u}$

$c_1 \cos \alpha_1 = c_{1u}$

Ta được: $H_{T\infty} = \frac{c_{2u} u_2 - c_{1u} u_1}{g} \quad (7.9)$

Biểu thức (7.9) được gọi là *phương trình cột nước lý thuyết* của máy bơm ly tâm. Nó được Ô-le tìm ra khi nghiên cứu trên cơ sở lý thuyết chuyển động của dòng tia. Khi thiết kế bơm thường người ta chọn chế độ công tác có $c_{1u} = 0$ tức là chọn góc vào của dòng chất lỏng so với cánh BXCT là $\alpha_1 = 90^\circ$ (dòng vào song song với trục hoặc vào không va) để giảm tổn thất. Lúc này thì biểu thức (7.9) được rút gọn lại thành:

$$H_{T\infty} = \frac{c_{2u} u_2}{g} \quad (7.10)$$

Công thức (7.10) còn có thể viết dưới dạng sau đây trên cơ sở tam giác vận tốc. Từ biểu đồ tam giác vận tốc tại mặt cắt cửa vào và cửa ra ta có:

$$w_1^2 = c_1^2 + c_1^2 - 2 c_1 \cdot c_1 \cdot \cos \alpha_1 \quad (7.11)$$

$$w_2^2 = c_2^2 + c_2^2 - 2 c_2 \cdot c_2 \cdot \cos \alpha_2$$

$$c_{1u} u_1 = (c_1^2 + u_1^2 - W_1^2) / 2 \quad (7.12)$$

$$c_{2u} u_2 = (c_2^2 + u_2^2 - W_2^2) / 2$$

Thay giá trị trên vào công thức (7.9) ta được:

$$H_{T\infty} = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} \quad (7.13)$$

Như vậy năng lượng của cột nước bơm bao gồm 2 thành phần, thành phần thứ nhất là phần động năng (cột nước động lực), còn hai thành phần sau là áp năng (cột nước áp lực).

Gọi η_T là hiệu suất thủy lực kể đến ảnh hưởng của số cánh hữu hạn và sự làm việc của bơm với chất lỏng thực, phương trình cơ bản của bơm ly tâm là:

$$H_t = \eta_H \left(\frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} \right) \quad (7.14)$$

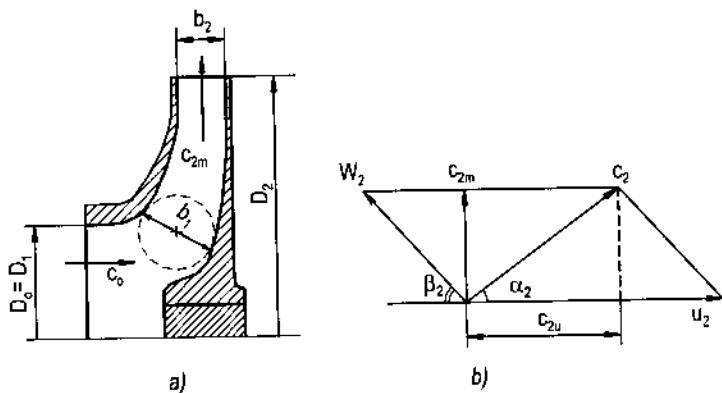
7.1.1.3. Đường đặc tính của bơm ly tâm

Quan hệ giữa các thông số cơ bản của máy bơm biểu thị bằng đồ thị gọi là đặc tính của bơm. Có 2 loại đường đặc tính của máy bơm. Đường đặc tính lý thuyết được xây dựng trên cơ sở tính toán lý thuyết và đường đặc tính thực nghiệm được xây dựng từ các kết quả thí nghiệm.

Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa hai thông số cơ bản của máy bơm. Khi số vòng quay không đổi, nghĩa là biểu đồ các đường quan hệ $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$ ứng với $n = \text{const}$, gọi là *đường đặc tính công tác* của bơm.

Đường đặc tính tổng hợp của bơm biểu diễn quan hệ $Q-H$, $Q-N$, $Q-\eta$ ứng với số vòng quay làm việc khác nhau. Các điểm làm việc của bơm có cùng hiệu suất được nối với nhau thành những đường cong gọi là *đường đồng hiệu suất*.

Đường đặc tính tổng hợp cũng như đường đặc tính công tác cho phép xác định được các chế độ làm việc tối ưu của bơm, giúp cho việc thiết kế chọn bơm và điều chỉnh chế độ làm việc của bơm cánh.



Hình 7.4: Các thành phần vận tốc và tam giác vận tốc
a) Thành phần vận tốc; b) Tam giác vận tốc

* Cách xây dựng đường đặc tính công tác lý thuyết của bơm ly tâm:

Từ quan hệ giữa lưu lượng và cột nước, biết rằng:

$$H_{T\infty} = \frac{u_2 c_{2u}}{g};$$

$$Q = \pi D_2 b_2 \Psi_2 c_{2m}$$

Trong đó:

c_{2m} - vận tốc thành phần hướng bán kính (hình 7.4);

b_2 - bề rộng rãnh BXCT ở cửa ra;

Ψ - hệ số tính đến độ co hẹp của rãnh do đầu cánh, lấy bằng 0,87.

Từ tam giác vận tốc (hình 7.4), ta có

$$c_{2U} = u_2 - c_{2m} \cotg \beta_2$$

Vậy:

$$H_{T\infty} = \frac{c_{2U} u_2}{g} = \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 Q}{\pi D_2 b_2 \Psi_2 g} \cotg \beta_2 \quad (7.15)$$

Nếu ký hiệu $A = u_2^2/g$ (khi $n = \text{const}$ thì $u_2 = \text{const}$),

$B = u_2/(\pi g D_2 b_2 \Psi_2)$ thì công thức (7.15) có dạng:

$$H_{T\infty} = A - B Q \cotg \beta_2 \quad (7.16)$$

Phương trình (7.16) là phương trình đường thẳng có hệ số góc phụ thuộc vào β_2 .

Trường hợp $Q = 0$, thì $H_{Q=0} = u_2^2/g$.

Hình (7.6) là các dạng đường đặc tính công tác Q-H ứng với $\beta_2 = 90^\circ$, $\beta_2 < 90^\circ$, và $\beta_2 > 90^\circ$:

Khi $\beta_2 = 90^\circ$, $\cotg \beta_2 = 0$, nên đường Q - H sẽ là đường thẳng nằm ngang có $H = \text{const}$.
 Khi $\beta_2 < 90^\circ$; $\cotg \beta_2 > 0$, đường Q - H có độ dốc xuống, còn khi $\beta_2 > 90^\circ$ thì $\cotg \beta_2 < 0$ và đường Q-H sẽ dốc lên.

Đó là dạng đường đặc tính cột nước lý thuyết của máy bơm ly tâm.

Đường đặc tính thực tế được xây dựng sau khi đưa vào các hệ số hiệu chỉnh gồm hệ số hiệu chỉnh về số cánh có hạn k ($z \neq \infty$) và hệ số tính tổn thất thủy lực η_{Tl} do dịch thể thực chuyển động có ma sát cũng như hiện tượng dịch thể đi vào đầu cánh và bộ phận hướng dòng có thể bị va gây nên. Cột nước thực tế có giá trị bằng:

$$H_T = k \cdot \eta_{Tl} \cdot H_{T\infty} = \eta_H \cdot H_{T\infty} \quad (7.17)$$

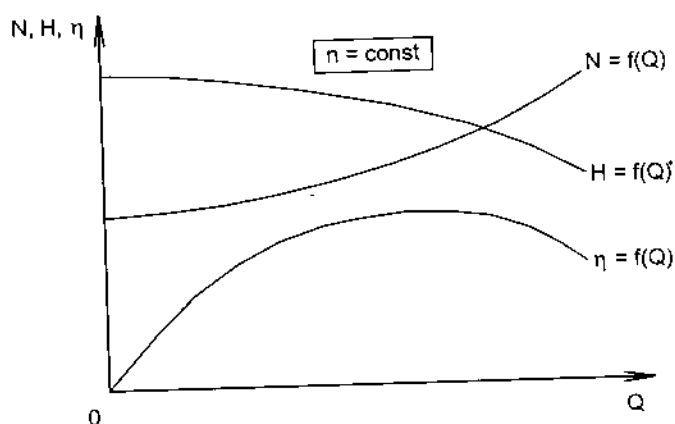
Tổn thất thủy lực phụ thuộc vào lưu lượng và chế độ bơm. Ở chế độ thiết kế ($Q = Q_A$) tức khi máy bơm làm việc với lưu lượng và cột nước thiết kế thì tổn thất thủy lực trong bơm sẽ nhỏ nhất (hình 7.5: đường III và IV gặp nhau), lúc này hiệu suất bơm sẽ lớn nhất ($\eta_{Tl} = \eta_{Tl\max}$).

Đường đặc tính công suất biểu diễn quan hệ $Q = f(N)$ trong đó công suất được tính:

$$N = \left(\frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 Q \cotg \beta_2}{\pi D_2 b_2 \Psi_2 g} \right) \gamma Q \quad (7.18)$$

* Đường đặc tính tổng hợp của bơm ly tâm

Đường đặc tính tổng hợp của bơm ly tâm là sự biểu hiện bằng đồ thị quan hệ giữa các đại lượng : cột nước áp lực (H), lưu lượng (Q), số vòng quay (n), công suất (N) và hiệu suất (η_H) của mỗi bơm. Cũng giống tua bin nước, đường đặc tính tổng hợp được xây dựng từ phương trình cơ bản của bơm ly tâm, dựa trên cơ sở các tam giác vận tốc ở cửa vào và cửa ra của bơm, các đường đặc tính công tác tương ứng với những trường hợp tính toán khác nhau.



Hình 7.7: Dạng chung của đường đặc tính thực tế máy bơm ly tâm

Thông thường, đường đặc tính tổng hợp của bơm ly tâm có trục hoành biểu diễn lưu lượng (Q), trục tung là cột nước (H), gồm các đường cong đồng hiệu suất có dạng đường bao quả trứng biểu diễn giá trị hiệu suất với tâm có hiệu suất max, ngoài ra còn có các đường cong biểu diễn số vòng quay khác nhau theo một hướng.

Thông thường, đường đặc tính tổng hợp của bơm ly tâm có trục hoành biểu diễn lưu lượng (Q), trục tung là cột nước (H), gồm các đường cong đồng hiệu suất có dạng đường bao quả trứng biểu diễn giá trị hiệu suất với tâm có hiệu suất max, ngoài ra còn có các đường cong biểu diễn số vòng quay khác nhau theo một hướng.

7.1.2. Bơm hướng trục

7.1.2.1. Nguyên lý làm việc của bơm hướng trục

Khác với bơm ly tâm, trong bơm hướng trục dịch thể chuyển động theo mặt hình trụ có bán kính quay không đổi nghĩa là các phần tử dịch thể chuyển động theo quỹ đạo đường xoắn ốc có phương song song với trục bơm.

Cột áp được hình thành trong bơm hướng trục nhờ vào nguyên lý lực nâng cánh. Nguyên lý lực nâng cánh được dùng trong thiết kế và chế tạo cánh máy bay. Hình 7.8 thể hiện tiết diện ngang của cánh bánh xe công tác, chiều chuyển động của chất lỏng cùng các lực tác dụng lên cánh.

Dòng chảy đến cánh với vận tốc w_∞ . Do cánh đặt nghiêng một góc δ so với dòng chảy đến nên phía trên lưng cánh tạo ra các dòng xoáy, chính vì vậy mà dòng xoáy này đã gây lên cánh một lực R có phương tạo với phương thẳng đứng một góc λ . Lực R được phân tích thành R_y (lực nâng) và R_x (lực cản). Giá trị các lực này được tính theo công thức:

$$R_y = c_y S \frac{\gamma}{2g} w_\infty^2 \quad (7.20)$$

$$R_x = c_x S \frac{\gamma}{2g} w_\infty^2$$

Trong đó:

c_y - hệ số tỷ lệ của lực nâng;

c_x - hệ số tỷ lệ của lực cản;

S - diện tích bề mặt cánh (m^2);

γ - trọng lượng riêng của dòng chảy (N/m^3);

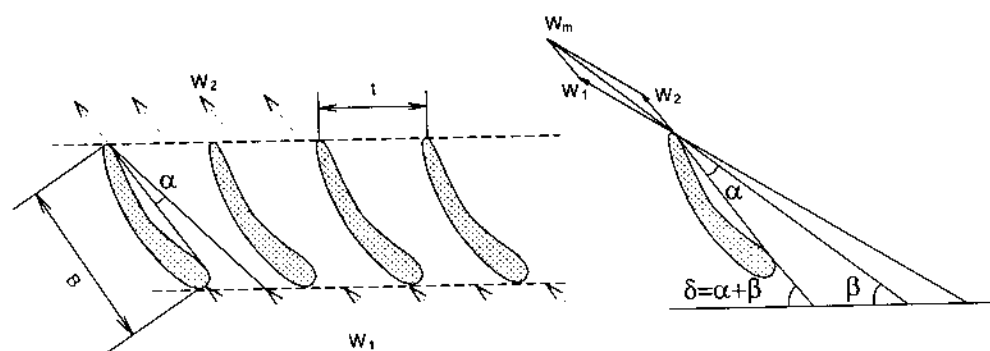
g - gia tốc trọng trường (m/s^2).

Nguyên lý cánh nâng của viện sỹ Giu-cốp-xki được áp dụng để thiết kế nhiều loại bơm hướng trục với quy mô khác nhau. Bằng phương pháp thủy khí động học người ta đã tìm được các lời giải về quan hệ giữa các đại lượng số lượng cánh, diện tích bề mặt cánh, góc nghiêng δ đối với lực nâng cánh.

Trong hình 7.8 còn thể hiện mặt cắt hình trụ quanh cánh bánh xe công tác đi qua A-A và khai triển ra các tam giác vận tốc ở cửa vào và cửa ra của cánh BXCT. Chúng ta có:

$$\begin{aligned}\vec{c}_1 &= \vec{w}_1 + \vec{u}_1 \\ \vec{c}_2 &= \vec{w}_2 + \vec{u}_2\end{aligned}\quad (7.21)$$

Từ đó có thể nhận xét rằng khi BXCT quay dưới tác động của mô men quay M thì nước sẽ được hút lên và đẩy qua các cánh hướng dòng chảy vào ống đẩy. Lực R tác dụng lên BXCT qua các cánh, lực này được phân tích thành lực thẳng đứng R_T và lực ngang R_N . Lực R_T tác dụng lên gối đỡ chặn còn lực R_N tạo ra mô men cản có xu hướng bắt BXCT quay theo chiều ngược lại. Cánh hướng có tác dụng biến động năng của dòng chất lỏng lúc rời cánh BXCT thành thế năng hình thành cột nước của bơm hướng trục.



Hình 7.8: Nguyên lý làm việc của bơm hướng trục

7.1.2.2. Phương trình cơ bản của bơm hướng trục

Như vậy vận tốc quay của mỗi phân tố chất lỏng bất kỳ sẽ là không đổi trong suốt quá trình chuyển động qua BXCT từ cửa vào đến cửa ra, nghĩa là $u_1 = u_2 = u = \text{const}$, do đó phương trình cột nước của bơm hướng trục sẽ có dạng sau:

$$H_t = \frac{c_{2U}u_2 - c_{1U}u_1}{g} = \frac{u(c_{2U} - c_{1U})}{g} \quad (7.22)$$

hoặc:

$$H_t = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} \quad (7.23)$$

Về tổng quát phương trình cột nước của bơm hướng trục có dạng tương tự như của bơm ly tâm, nhưng về giá trị cuối cùng tức là trị số cột nước khi chất lỏng đi ra khỏi BXCT thì lại rất khác nhau. Đối với bơm ly tâm, mọi phân tố dịch thể ra khỏi BXCT có giá trị cột nước gần bằng nhau và đó là giá trị lớn nhất, còn đối với bơm hướng trục, do phân tố chuyển động trong các mặt trụ có bán kính khác nhau nên có cột nước khác nhau với sự phân bố trị số cột nước tăng dần từ tâm quay ra ngoài theo dạng đường cong bậc hai.

Thực ra việc dùng kết quả thổi khí qua một cánh để thiết kế bơm hướng trục để rồi áp dụng cho cả lưới cánh là không chính xác vì không tính đến ảnh hưởng tương hỗ giữa các cánh. Do vậy, về sau người ta đã dùng phương pháp “Tính lưới cánh mỏng theo phương pháp tích phân” dựa trên cơ sở thí nghiệm lưới cánh quay trong một vỏ đặc biệt của giáo sư Vót-nhe-xen-xki-Pêkin. Ngoài ra, trong tính toán bơm hướng trục người ta còn đưa ra một khái niệm gọi là “circula” vận tốc, được tính theo công thức:

$$\Gamma = c_U 2\pi R \quad (7.24)$$

Dùng khái niệm này, biểu thức cột nước sẽ có dạng:

$$H_t = \frac{c_{2U}u_2 - c_{1U}u_1}{g} = \frac{2 \cdot c_{2U}\pi\omega R_2 - 2\pi c_{1U}\omega R_1}{2\pi g} = \frac{(\Gamma_2 - \Gamma_1)\omega}{2\pi g} \quad (7.25)$$

Với số cánh là Z và ký hiệu circula trung bình của cánh là Γ_c ta có:

$$Z \Gamma_c = \Gamma_2 - \Gamma_1 \quad (7.26)$$

và:

$$H_t = \frac{Z \Gamma_c \omega}{2\pi g} \quad (7.27)$$

hoặc:

$$H_t = \frac{Z \Gamma_c n}{60g} \quad (7.28)$$

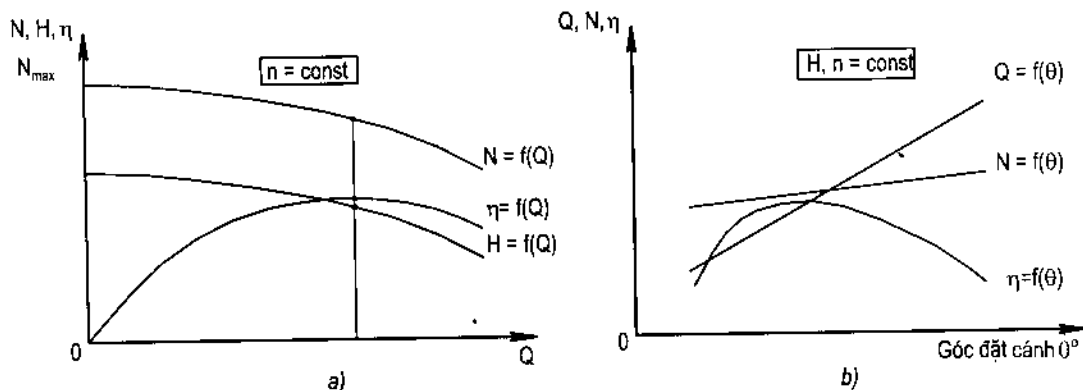
Trong đó: $\omega = (\pi \cdot n)/60$;

n số vòng quay của BXCT.

Theo tài liệu thí nghiệm của Rut-nhep thì circula của cánh tỷ lệ thuận bậc một với lưu lượng bơm và vận tốc góc.

7.1.2.3. Đường đặc tính của bơm hướng trục

Đường đặc tính của bơm hướng trục được giới thiệu trên hình 7.9a. Ở đây đường $N-Q$ có dạng cong xuống, trong đó giá trị N tại $Q = 0$ có giá trị $N_{\max}$, vì vậy không nên mở bơm khi đường ống đầy đóng khoá. Ngoài ra, bơm hướng trục còn được thiết kế với các cánh có thể thay đổi góc nghiêng đặt cánh, vì vậy có thể điều chỉnh được các thông số bơm ứng với hiệu suất làm việc cao (hình 7.9b).



Hình 7.9: Đường đặc tính của bơm hướng trục

7.1.3. Hiện tượng khí thực và chiều sâu hút của bơm ly tâm

Khi bơm ly tâm làm việc, trong ống hút khí áp suất giảm đến số cực trị (áp suất cực trị là áp suất hơi bão hoà p_{BH} ứng với nhiệt độ t_0) thì xuất hiện các bọt khí tách ra và hoà vào nước. Các bọt khí lẫn trong nước chuyển động về vùng có áp suất cao hơn, hơi sẽ ngưng tụ và các bọt khí sẽ bị phá vỡ, các phần tử nước ở xung quanh bọt khí xô đến khoảng trống với vận tốc lớn gây ra hiện tượng nước va cục bộ, áp lực tăng lên đạt hàng ngàn atmởphe. Hiện tượng này gọi là hiện tượng khí thực. Như vậy: *Sự hình thành và phá vỡ các bọt khí trong dòng chất lỏng chuyển động được gọi là hiện tượng khí thực.*

Hiện tượng khí thực gây tác hại rất lớn. Hiện tượng nước va cục bộ cực lớn xảy ra rất nhanh tại các vị trí bọt khí ngưng tụ sẽ tạo thành các sóng va. Sự tác dụng nhiều lần của sóng va sẽ phá hỏng bề mặt kim loại tiếp xúc với nước dẫn đến hiện tượng ăn mòn xâm thực. Hiện tượng xâm thực làm hỏng bánh xe công tác và các bộ phận khác của bơm, xâm thực phá vỡ dòng liên tục trong máy bơm gây ra tổn thất cột áp, lưu lượng và hiệu suất của máy bơm. Ngoài ra xâm thực còn gây ra tiếng nổ và rung động mạnh tổ máy ảnh hưởng đến vận hành trạm bơm.

Hiện tượng khí thực thường xảy ra tại cánh bánh xe công tác của máy bơm. Khi chất lỏng chuyển động bị tách khỏi mặt cánh và hình thành dòng chảy rối sau mặt cánh, áp suất của chất lỏng tại các vị trí đó bị giảm thấp hình thành khí thực.

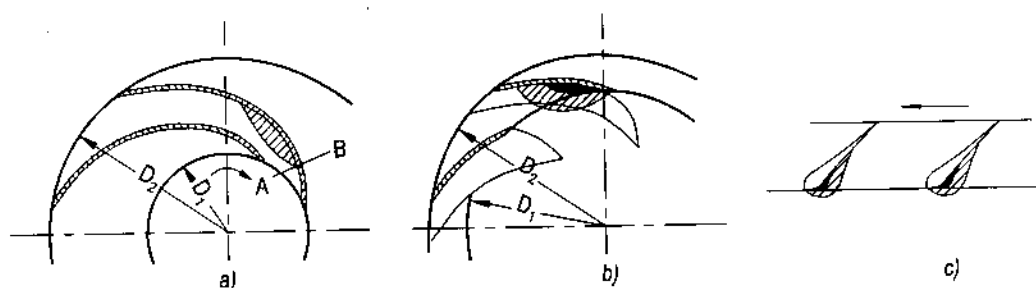
Nguyên nhân làm giảm áp suất của dòng chảy trong bơm cánh là:

- Do tăng vận tốc tương đối, ví dụ tăng lưu lượng bơm.

- Do hình thành dòng xoáy và sự tách dòng khỏi thành dẫn hay bề mặt cánh.
- Do tăng độ cao hút quá trị số cho phép.
- Do áp suất bên ngoài giảm, ví dụ bơm đặt ở vị trí địa hình cao hoặc do dịch thể có nhiệt độ lớn.
- Do cấu tạo bộ phận dẫn dòng làm cho điều kiện đi vào hay sự chảy bao cánh không thuận, vv...

Như đã nói ở trên, một trong những xu hướng lớn là nghiên cứu biện pháp và kết cấu bơm cho phép tăng hệ số tỷ tốc n_s của máy bơm, nhờ đó tăng được hiệu suất nói chung và cụ thể là hiệu suất thủy lực. Tuy nhiên n_s càng tăng thì khả năng xảy ra khí thực càng nhiều, cho nên việc nghiên cứu khí thực và biện pháp khắc phục nó là một vấn đề rất quan trọng.

Do đặc tính chảy bao cho nên thường xảy ra khí thực ở mặt sau cánh, nơi có áp suất nhỏ (hình 7.10).



Hình 7.10: Vùng áp suất thấp ở mặt sau cánh

a) Với BXCT có n_s nhỏ; b) Với BXCT có n_s trung bình; c) Với BXCT có n_s lớn.

Hiện tượng khí thực trong bơm rất dễ phát hiện qua tiếng nổ lách tách của chất lỏng do sự phá vỡ bọt khí và sự rung động không bình thường của máy bơm. Sự tăng áp suất cục bộ rất lớn khi có khí thực sẽ làm cho thành dẫn bị rạn nứt, rỗ và do đó càng làm cho sự hình thành khí thực phát triển tăng lên. Trong thực tế đã có trường hợp BXCT bị hỏng hoàn toàn sau vài giờ làm việc ở chế độ khí thực. Ngoài ra trong chất lỏng thường có lẫn khí hoà tan nên càng làm cho thành dẫn chóng bị hư hỏng do bị ăn mòn hoá học.

Có thể phân biệt thành mấy dạng khí thực sau:

1. **Khí thực hình dạng:** Là loại khí thực xảy ra ở bề mặt (thường là mặt sau) của cánh. Nó phụ thuộc vào điều kiện dẫn dòng đi vào cánh, ví dụ với bơm hướng trục thì yếu tố ảnh hưởng là hình dạng cánh và bộ phận hướng nước trước cánh. Để đặc trưng cho loại khí thực này người ta đưa ra hệ số biểu thị điều kiện chảy bao của chất lỏng qua lưới cánh sau:

$$\lambda = \frac{h_1 - h_{bq}}{\frac{v_1^2}{2g}} \quad (7.29)$$

Trong đó:

h_1 - chiều cao cột nước (mét) ứng với áp suất tuyệt đối của dòng chảy trước cánh;

h_{bh} - chiều cao cột nước ứng với áp suất bão hoà của hơi chất lỏng;

v_1 - vận tốc thành phần hướng trục của dòng chảy trước BXCT;

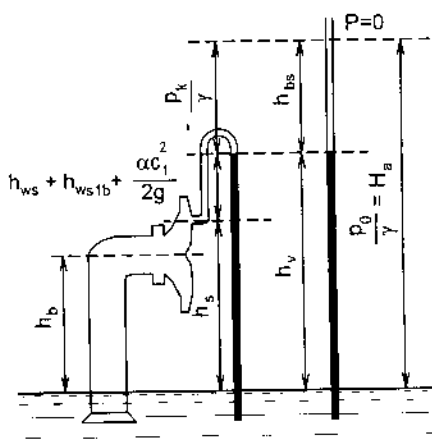
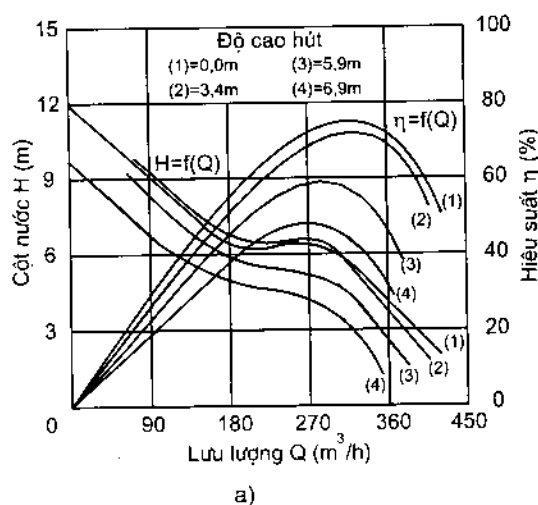
Hệ số λ càng lớn thì điều kiện chảy càng thuận và khả năng khí thực ít.

2. *Khí thực rãnh*: Do điều kiện chảy vào rãnh BXCT không những phụ thuộc vào hình dạng cánh mà còn phụ thuộc vào dạng lượn tròn của đầu cánh tương tự như dòng chảy men theo đầu trụ pin, cho nên hình dạng của rãnh (đầu cánh) cũng có liên quan đến khí thực trong rãnh BXCT.

3. *Khí thực do độ nhám thành dẫn* phụ thuộc vào độ nhẵn của bề mặt thành dẫn. Độ nhẵn lớn thì khả năng khí thực ít.

Khí thực có thể xảy ra trong BXCT, trong bộ phận hướng nước và cả trong vỏ bơm, tuy ở đây ít xảy ra hơn. Trong chế độ khí thực, các thông số như lưu lượng, cột nước hiệu suất của máy bơm sẽ bị giảm, máy bơm làm việc không ổn định, còn các bộ phận dẫn dòng nơi có khí thực sẽ bị phá huỷ dần.

Như trên đã nói, hiện tượng khí thực có thể xảy ra do nhiều nguyên nhân, trong đó có nguyên nhân do chiều cao hút (h_s) quá lớn (xem hình 7.11a). Vì vậy khi thiết kế trạm bơm cần biết được chiều cao hút cho phép của máy bơm và từ đó bố trí vị trí đặt bơm một cách hợp lý. Dưới đây là công thức tính toán quan hệ về chiều cao hút cho phép của máy bơm. Viết phương trình Bernoulli cho các mặt cắt qua điểm K trong rãnh BXCT và qua mặt thoáng ở bể hút, lấy mặt thoáng làm chuẩn (hình 7.11b), ta có:



Hình 7.11: Quan hệ giữa đường đặc tính của bơm hướng trục với chiều cao hút

$$\frac{P_0}{\gamma} = \frac{P_K}{\gamma} + h_s + h_{ws} + h_{wslb} + \frac{\alpha c_1}{2g} \quad (7.30)$$

Trong đó:

$\frac{P_0}{\gamma} = H_a$ - cột nước ứng với áp suất khí trời;

h_{ws} - tổn thất cột nước trên đường ống hút;

h_{wslb} - tổn thất cột nước trong bơm kể từ cửa vào bơm đến mặt cắt qua K;

Ta có thể viết:

$$h_{wslb} = \xi_v \frac{w_1^2}{2g} \quad (7.31)$$

Trong đó:

ξ_v - hệ số cản thủy lực khi dịch thể đi vào rãnh BXCT phụ thuộc vào dạng đầu cánh, dạng cánh và lưới cánh;

w_1 - vận tốc vào tương đối;

c_1 - vận tốc vào tuyệt đối;

α - hệ số phân bố vận tốc tuyệt đối tại mặt cắt vào của rãnh BXCT.

Ký hiệu $H_s = h'_s + h_{ws}$ và gọi là cột nước hút tính đối, ta có:

$$H_s = H_a - \frac{P_K}{\gamma} - \left(\xi_v \frac{w_1^2}{2g} + \alpha \frac{c_1^2}{2g} \right) \quad (7.32)$$

Đương nhiên khi có khí thực thì áp suất dịch thể tại điểm K sẽ bằng áp suất hơi bão hoà tức là $\frac{P_K}{\gamma} = h_{bh}$, do đó:

$$H_{SK} = H_a - h_{bh} - \left(\xi_v \frac{w_1^2}{2g} + \alpha \frac{c_1^2}{2g} \right) \quad (7.33)$$

Theo nghiên cứu của Tom, độ giảm cột nước động có thể tính theo tỷ lệ cột nước toàn phần qua hệ số khí thực σ , nghĩa là:

$$\frac{\xi_v \frac{w_1^2}{2g} + \alpha \frac{c_1^2}{2g}}{H} = \sigma \quad (7.34)$$

Vì vậy công thức (7.33) sẽ có dạng:

$$H_{SK} = H_0 - h_{bh} - \sigma H \quad (7.35)$$

Trong đó: H_{SK} chiều cao cột nước hút tính đối phân giới khi máy bơm làm việc ở trạng thái khí thực.

Để xác định độ cao hút cho phép $[H_S]$, tức độ cao không xảy ra khí thực, ta cần đưa vào khái niệm hệ số khí thực cho phép bằng:

$$[\sigma] = K\sigma \quad (7.36)$$

Ở đây K là hệ số dự trữ (an toàn) lấy bằng $K = 1,3$. Vậy ta có:

$$[H_S] = H_a - h_{bh} - [\sigma]H \quad (7.37)$$

Giá trị đại lượng h_{bh} của với nước phụ thuộc vào nhiệt độ được ghi ở bảng 7.1.

Bảng 7.1: Quan hệ của cột nước bão hoà h_{bh} với nhiệt độ

Nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
h_{bh} , (m)	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82	7,14	10,39

Bảng 7.2 là giá trị của H_a tùy thuộc vào độ cao vị trí so với mực nước biển.

Bảng 7.2: Quan hệ của áp suất mặt thoáng H_a với độ cao so với mực nước biển

Độ cao so với mực nước biển	0	500	1000	2000
Áp suất mặt thoáng H_a , (m)	10,3	9,7	9,2	8,1

Các biểu thức tính toán trên cho thấy rõ khái niệm về hiện tượng khí thực, tuy nhiên nếu áp dụng những tính toán trên trong thực tế sẽ không thuận tiện vì phải tiến hành đo các thông số ở trong rãnh BXCT.

Áp suất và hệ số cần có thể được xác định qua việc kiểm nghiệm bơm làm việc ở chế độ khí thực, cho nên để thuận tiện hơn, người ta dùng khái niệm về hệ số dự trữ khí thực là độ gia tăng của tổng tiềm năng của dịch thể tính ở cửa vào của máy bơm gồm áp năng và động năng so với áp suất hoá hơi, tức là:

$$\Delta h = \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} - h_{bh} \quad (7.38)$$

Để thiết lập quan hệ giữa hệ số khí thực σ và hệ số dự trữ khí thực Δh , ta có thể viết phương trình Bécnu-li cho các mặt cắt qua điểm A (mặt cắt cửa vào) và mặt thoáng ở bể hút:

$$\frac{P_0}{\gamma} = \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + h_s + h_{ws} \quad (7.39)$$

$$\text{Từ đó:} \quad H_a = \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + H_S \quad (7.40)$$

hay:

$$H_s = H_a - \left(\frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} \right)$$

Thay giá trị Δh ở công thức (7.38) và (7.40) ta được:

$$H_{SK} = H_a - h_{bh} - \Delta h_k \quad (7.41)$$

So sánh (7.33) với (7.41) ta thấy:

$$\begin{aligned} \Delta h_k &= \sigma H \\ [\Delta h] &= [\sigma] H \end{aligned} \quad (7.42)$$

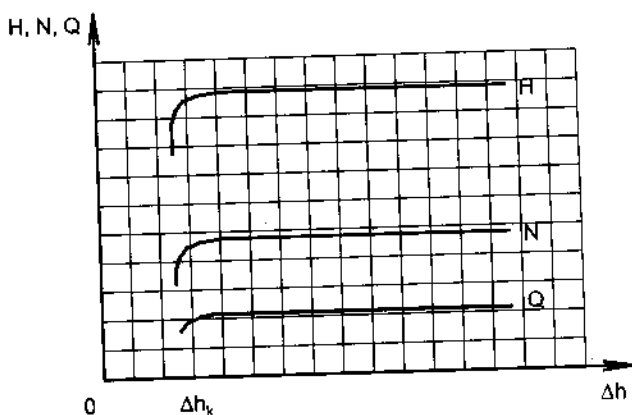
hay:

$$\text{Trong đó:} \quad [\Delta h] = k \Delta h_k \quad (7.43)$$

$[\Delta h]$ - độ dự trữ khí thực cho phép;

k - hệ số an toàn, $k = 1,3$;

Δh_k - độ dự trữ khí thực phân giới, là trị số Δh khi các thông số Q , H , N giảm 2% so với bình thường (hình 7.12).



Hình 7.12: Độ dự trữ khí thực phân giới

Dựa theo kết quả thực nghiệm, các công thức thực nghiệm sau đây được sử dụng:

$$\left. \begin{aligned} \Delta h &\geq 10 \left(\frac{n\sqrt{Q}}{C} \right)^{4/3} \\ \sigma &= \frac{n_s^{4/3}}{A} \end{aligned} \right\} \quad (7.44)$$

Trong đó:

n - số vòng quay trong 1 phút của BXCT;

Q - lưu lượng bơm (tính cho một phía nước vào) m^3/s ;

n_s - hệ số tỷ tốc;

C và A các hệ số kinh nghiệm phụ thuộc vào kết cấu bơm.

Nếu bơm có:	$n_s = 60$	$C = 600 \div 800$	$A = 4000$
	$n_s = 70 \div 150$	$C = 600 \div 800$	$A = 4000$
	$n_s = 160 \div 200$	$C = 600 \div 800$	$A = 4000$

Trong trường hợp số vòng quay của máy bơm thay đổi nhưng không lớn hơn hai lần trị số tính toán thì có thể tính lại các đại lượng Δh và σ theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} &= \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \\ \frac{\sigma_1}{\sigma_2} &= \left(\frac{n_{s2}}{n_{s1}} \right)^{3/4} \end{aligned} \right\} \quad (7.45)$$

7.2. ĐẶC TÍNH THỦY LỰC MẠNG LƯỚI DẪN NƯỚC

7.2.1. Mạng lưới dẫn nước

Để hoàn thành nhiệm vụ bơm nước phục vụ những nhu cầu khác nhau của con người trong cấp nước tưới, tiêu thoát nước, cấp nước sinh hoạt và công nghiệp... các hạng mục công trình trong một hệ thống trạm bơm như: cống, kênh, đường ống, máy bơm và nhà trạm cùng các thiết bị trên đường ống được liên kết với nhau và tạo thành mạng lưới thủy lực.

Mạng lưới thủy lực đối với hệ thống bơm có thể được chia thành ba phần chính, đó là:

(1) Phần dẫn nước vào cho tới miệng hút của bơm. Phần này thường có: kênh dẫn vào, công trình trên kênh dẫn vào (như cửa cống, van, lưới chắn rác, bể lắng cát...), bể hút và ống hút;

(2) Phần máy bơm, tại đó dòng chất lỏng được các cánh bánh xe công tác của bơm truyền năng lượng và được đẩy ra mặt cắt ra của máy bơm.

(3) Phần dẫn ra từ miệng ra của bơm cho tới hệ tiêu thụ nước. Phần này thường có các thành phần như: ống đẩy, bể xả, kênh chính và kênh nhánh cùng các công trình trên kênh (nếu là hệ thống hở); hoặc sau ống đẩy là hệ thống đường ống kín dẫn nước cùng các thiết bị trên đường ống (nếu là hệ thống kín).

Về mặt thủy lực, các khái niệm có liên quan đến hệ thống kênh hở và đường cống có áp đã được nghiên cứu kỹ trong môn học Thủy lực đại cương, Thủy lực công trình và một số môn học khác. Dưới đây chỉ nhắc lại một số kiến thức cơ bản nhất đối với đặc tính thủy lực của mạng lưới dẫn nước mà chủ yếu là đối với hệ thống đường ống dẫn nước có áp.

7.2.2. Thủy lực mạng lưới dẫn nước - Phương trình cơ bản

(1) *Phương trình liên tục*: theo định luật bảo toàn khối lượng, đối với dòng chảy ổn định trong hệ thống ống dẫn tại mặt cắt vào (1-1) và mặt cắt ra (2-2) nào đó, ta có:

$$\rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 = \text{const} \quad (7.46)$$

Trong đó:

ρ_1 và ρ_2 - khối lượng riêng của chất lỏng tại mặt cắt 1 và 2 tương ứng. Đối với nước trong hệ thống đường ống kín và liên tục, nói chung là như nhau.

Q_1 và Q_2 - lưu lượng qua mặt cắt 1 và 2 tương ứng.

Như vậy (7.46) còn có thể biểu diễn dưới dạng:

$$F_1 v_1 = F_2 v_2 = \text{const} \quad (7.47)$$

Trong đó:

F_1 và F_2 - diện tích mặt cắt 1-1 và 2-2;

v_1 và v_2 - vận tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt 1-1 và 2-2 tương ứng.

Suy rộng cho một nút trên mạng lưới ống với n ống vào nút và m ống ra khỏi nút ta có:

$$\sum_{i=1}^n F_i v_i = \sum_{k=1}^m F_k v_k \quad (7.48)$$

Công thức (7.48) còn gọi là phương trình cân bằng nút về mặt lưu lượng.

(2) *Phương trình năng lượng*: năng lượng dòng chảy tại một mặt cắt bất kỳ trên kênh hở hay đường ống có áp được thể hiện bằng phương trình năng lượng (công thức Becnuily).

$$E = Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad (7.49)$$

Trong đó:

E - năng lượng đơn vị của khối chất lỏng đang chuyển động;

Z - cao độ so với mặt chuẩn;

p - áp suất;

γ - trọng lượng riêng của chất lỏng;

v - vận tốc trung bình mặt cắt của dòng chảy;

g - gia tốc trọng trường.

(3) *Phương trình động lượng*: theo Định luật 3 Newton, lực tác dụng vào khối vật chất chuyển động với vận tốc v được tính bằng:

$$F = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt} = ma \quad (7.50)$$

Trong đó:

F - lực tác dụng;

m - khối lượng khối vật chất đang xét;

v - vận tốc của khối vật chất;

t - thời gian;

a - gia tốc theo phương của lực tác dụng.

Đối với khối nước đang chuyển động có thể biến đổi phương trình (7.50) thành:

$$F = m \frac{dv}{dt} = \rho Q \Delta v = \rho Q (v_2 - v_1) \quad (7.51)$$

Trong đó:

F - tổng hợp các lực tác dụng lên khối chất lỏng đang xét;

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng;

Q - lưu lượng;

Δv - biến thiên vận tốc trong khoảng thời gian Δt ;

v_1, v_2 - vận tốc ban đầu và vận tốc sau khoảng thời gian Δt .

7.2.3. Tổn thất thủy lực trên mạng lưới dẫn nước

Trong quá trình chuyển động dọc theo mạng lưới dẫn nước, năng lượng sẽ bị tiêu hao dần để khắc phục những sức cản thủy lực dọc theo mạng lưới (ma sát giữa chất lỏng và lòng dẫn, nội ma sát trong chất lỏng) và sức cản cục bộ khi lòng dẫn thay đổi đặc trưng (thu hẹp, mở rộng, uốn cong, các thiết bị ...). Để tính toán được tổn thất trên, chúng ta sẽ nghiên cứu những vấn đề sau.

(1) *Bảo toàn năng lượng*: từ định luật bảo toàn năng lượng, sử dụng công thức tính năng lượng đơn vị (7.49) cho dòng chảy từ mặt cắt 1-1 đến mặt cắt 2-2 trên mạng, với giả thiết không có rẽ nhánh giữa hai mặt cắt, ta có:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_w + \sum h_c \quad (7.52)$$

Trong đó:

h_w - tổn thất dọc đường từ mặt cắt 1-1 đến mặt cắt 2-2;

$\sum h_c$ - tổng tổn thất cục bộ trong đoạn 1-1 đến 2-2.

Các ký hiệu khác như đã giải thích trong công thức (7.49) nhưng áp dụng cho mặt cắt 1-1 và mặt cắt 2-2.

(2) *Công thức Hazen - Williams*: công thức Hazen-Williams tính toán xác định tổn thất ma sát dọc theo dòng chảy có dạng sau:

$$v = 0,849 C_H R^{0,63} J^{0,54} \quad (7.53)$$

Trong đó:

v - vận tốc dòng chảy (m/s);

C_H - hệ số Hazen - Williams thay đổi từ 80 (đối với ống rất nhám) đến hơn 150 (đối với ống nhẵn) - bảng 7.3;

R - bán kính thủy lực (m), với ống tròn chảy đầy nước thì thay $R = D/4$, với D là đường kính trong của ống;

J - tổn thất thủy lực do ma sát trên một đơn vị chiều dài hoặc độ dốc thủy lực (m/m).

Đối với ống tròn đường kính trong là D (m) tải lưu lượng Q (m^3/s), nếu chuyển độ dốc thủy lực thành tổn thất thủy lực do ma sát trên 1000m dài và ký hiệu là h_f ta có thể biến đổi (7.53) thành:

$$h_f = 10700 \left(\frac{Q}{C_H} \right)^{1,85} D^{-4,87} \quad (7.54)$$

Bảng 7.3: Hệ số C_H trong công thức Hazen - Williams và giá trị trung bình của n (hệ số nhám)

Loại ống, loại vật liệu	C_H	n
<i>Ống mới hoặc có gia cố bề mặt</i>		
Thủy tinh hoặc kính hữu cơ nhẵn	150	0,009
Láng vữa xi măng bằng quay ly tâm	145	0,009
Trát vữa xi măng tại chỗ	140	0,009
Thép thương mại	140	0,009
Kẽm	135	0,010
Gang không lớp lót	130	0,012
Amiăng-Ximăng có lớp lót	145	0,009
Amiăng-Ximăng không có lớp lót	140	0,009
BTCT ly tâm đúc sẵn	135	0,010
<i>Ống cũ hoặc có gia cố bề mặt (dùng 20 năm trở lên)</i>		
Thủy tinh hoặc kính hữu cơ nhẵn	135	0,010
Láng vữa xi măng bằng quay ly tâm	130	0,010
Trát vữa xi măng tại chỗ	125	0,010
Amiăng-Ximăng có lớp lót	130	0,010
Amiăng-Ximăng không có lớp lót	125	0,010
Gang không lớp lót	100	0,013
BTCT ly tâm đúc sẵn	130	0,010
Gỗ ghép	110	0,012
Thép tán rivê	80	0,016
BTCT	80	0,016
Đất sét nung (sành)	100	0,013
Thép thương mại	100	0,013
Kẽm	90	0,014

(3) Công thức Darcy - Weisbach: công thức Darcy - Weisbach cho đường ống tròn rất quen thuộc khi sử dụng để xác định tổn thất ma sát dọc đường có dạng:

$$h_w = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (7.55)$$

Trong đó: λ - hệ số tổn thất do ma sát;

L - chiều dài ống (m);

D - đường kính trong của ống (m);

v - vận tốc chảy trong ống (m/s);

g - gia tốc trọng trường ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Công thức Darcy-Weisbach có những ưu điểm nổi bật là:

- Được xây dựng trên nền tảng lý thuyết cơ bản.
- Có thứ nguyên nhất quán.
- Đúng cho mọi chất lỏng (dầu, gas, nước biển, bùn).
- Có thể sử dụng cho cả trạng thái chảy tầng và chảy rối.
- Hệ số ma sát có thể lập bảng in ấn tiện sử dụng.

Nhưng công thức cũng có hạn chế là:

- Hệ số tổn thất ma sát (λ) không chỉ phụ thuộc vào độ nhám lòng dẫn mà còn phụ thuộc số Reynolds. Do đó xác định chính xác hệ số λ khá phức tạp, nhiều học giả đã xây dựng những công thức, công cụ và phương pháp đơn giản tiện lợi để xác định λ và qua đó tính tổn thất h_w (tham khảo các tài liệu về thủy lực đại cương và thủy lực công trình).

$$R_e = \frac{VD}{\nu} \quad (7.56)$$

Trong đó: R_e - số Reynolds;

V - vận tốc dòng chảy (m/s);

D - đường kính trong của ống (m);

ν - số nhớt động học (m^2/s).

(4) Một số công thức xác định λ

Bảng 7.4 cho quan hệ giữa λ với đường kính ống D tính theo công thức của F.A Sêvêlep (7.57-7.58) cho các ống gang và thép có đường kính lớn.

$$\lambda = \frac{0,021}{D^{0,2}} \text{ n khi } R_e \geq 920000 \quad (7.57)$$

$$\lambda = \left[\frac{0,0000015 + \frac{\nu}{V}}{D} \right]^{0,3} \text{ khi } R_e < 920000 \quad (7.58)$$

Bảng 7.5 cho quan hệ giữa λ , độ nhám n và đường kính ống D tính theo công thức của N.N Pavlốpski (7.59) áp dụng cho các đường ống có $D < 4m$.

$$\lambda = 8gn^2 \left(\frac{4}{D} \right)^{3\sqrt{n}} \quad (7.59)$$

Trong các công thức trên n là độ nhám tương đối, còn gọi là hệ số nhám.

Quan hệ giữa λ , hệ số C_H , vận tốc (V) và đường kính ống D tính theo công thức của Darcy-Weisbach (7.60).

$$\lambda = \left(\frac{1}{C_H^{1,85}} \right) \left(\frac{134}{V^{0,15} D^{0,167}} \right) \quad (7.60)$$

Trong đó: V - vận tốc dòng chảy trong ống (m/s);

D - đường kính trong của ống (m);

C_H - hệ số Hazen - Williams lấy theo bảng 7.3.

Bảng 7.4: Hệ số λ trong công thức F.A. Sêvêlep cho ống gang và ống thép

D (m)	λ	D (m)	λ	D (m)	λ
1,00	0,0210	1,75	0,0178	3,00	0,0151
1,25	0,0196	2,00	0,0161	4,00	0,0139
1,50	0,0186	2,50	0,0161	5,00	0,0116

Bảng 7.5: Hệ số λ trong công thức N.N. Pavlốpski

D (mm)	Hệ số nhám n				
	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015
200	0,021	0,026	0,033	0,039	0,044
300	0,019	0,024	0,029	0,025	0,039
400	0,017	0,022	0,026	0,033	0,036
500	0,016	0,020	0,025	0,030	0,034
600	0,016	0,019	0,024	0,028	0,032
700	0,015	0,019	0,023	0,027	0,031
800	0,015	0,018	0,022	0,026	0,029
900	0,014	0,017	0,021	0,025	0,028
1000	0,013	0,017	0,020	0,023	0,026
1200	0,013	0,016	0,019	0,022	0,025
1500	0,012	0,015	0,018	0,021	0,022
2000	0,011	0,014	0,016	0,019	0,021
2500	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020
3000	0,010	0,012	0,014	0,017	0,020

Thí dụ 7.1: Tính tổn thất dọc đường ống gang mới có độ dài $L = 200\text{m}$, đường kính trong của ống $D = 1500\text{mm}$, lưu lượng nước chảy trong ống $Q = 3,54 \text{ m}^3/\text{s}$ theo các công thức của Sêvêlep, Pavlôpxki, Darcy-Weisbach và Hazen-Wiliams.

Giải:

1. Theo Sêvêlep, công thức (7.57), (7.58) và tra bảng 7.4 với đường kính $D = 1,5\text{m}$ ta có $\lambda = 0,0186$. Thay vào công thức (7.55):

$$h_w = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ ta có } h_w = 0,0186 \frac{200}{1,5} \frac{(3,54 \times 4 / 3,14 / 1,5^2)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,507\text{m}$$

(với vận tốc trung bình trong ống tính được là $V = 2,003 \text{ m/s}$).

2. Theo Pavlôpxki, công thức (7.59) và tra bảng 7.5 với đường kính $D = 1,5\text{m}$ và độ nhám của ống gang mới $n = 0,011$, (bảng 7.3) ta có $\lambda = 0,015$. Thay vào công thức (7.55) ta có:

$$h_w = 0,015 \frac{200}{1,5} \frac{(3,54 \times 4 / 3,14 / 1,5^2)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,409 \text{ m}$$

3. Theo Darcy - Weisbach, tra hệ số $C_H = 130$ (theo bảng 7.3) sau đó tính hệ số tổn thất theo công thức (7.60) ta có:

$$\lambda = \left(\frac{1}{C_H^{1,85}} \right) \left(\frac{134}{V^{0,15} D^{0,167}} \right) = 0,0139, \text{ thay vào công thức (7.55) ta có } h_w = 0,379\text{m}.$$

4. Theo Hazen-Wiliams, công thức (7.54) tính tổn thất trên 1000 m dài theo công thức $h_f = 10700 \left(\frac{Q}{C_H} \right)^{1,85} D^{-4,87} = 10700 \left(\frac{3,54}{130} \right)^{1,85} 1,5^{-4,87} = 1,891\text{m}$ vậy tổn thất trên 200 m dài ống sẽ là $h_w = 0,378 \text{ m}$.

Nhận xét: Tính theo Hazen - Wiliams và Darcy - Weisbach cho kết quả rất hội tụ và nhỏ thua kết quả tính theo công thức của Pavlôpxki và Sêvêlep. Khi cần tính sơ bộ nhanh có thể sử dụng công thức và bảng tra của Pavlôpxki và Sêvêlep.

(5) **Tổn thất thủy lực cục bộ:** Đối với mạng lưới dẫn nước của trạm bơm, đặc biệt khi trên mạng là đường ống có áp, sẽ có rất nhiều bộ phận được lắp ráp để đảm bảo điều kiện làm việc bình thường của hệ thống mạng lưới. Chẳng hạn như các đoạn nối cong khi tuyến ống thay đổi, đoạn cút, đoạn chẽ 3, đoạn côn thu hẹp hoặc mở rộng, các loại van hoặc khoá nước... tất cả những thiết bị vừa kể trên và những nơi đặc trưng đường ống thay đổi đột ngột sẽ gây nên tổn thất thủy lực cục bộ.

Phương pháp tính toán tổn thất cục bộ đơn giản và hiệu quả nhất là sử dụng các hệ số tổn thất cục bộ đối với mỗi loại thiết bị và tại nơi đặc trưng đường ống thay đổi đột ngột (xem bảng 7.6). Nếu có hệ số tổn thất cục bộ thì tổn thất thủy lực cục bộ được xác định theo công thức sau:

$$h_c = \xi_c \frac{V^2}{2g} \quad (7.61)$$

Trong đó: h_c - tổn thất cục bộ (m);

ξ_c - hệ số tổn thất cục bộ;

V - vận tốc dòng chảy tại mặt cắt tính toán (m/s);

g - gia tốc trọng trường (m/s²).

Bảng 7.6: Hệ số tổn thất cục bộ kiến nghị (ξ_c) nơi lắp đặt van (mở toàn bộ)

Loại van	ξ_c	Loại van	ξ_c
Van góc	1,8 ÷ 2,9	Van côn	0,04
Van bóng (van phao)	0,04	Van phẳng	
Van bướm		Loại 2 cửa	0,1 ÷ 0,2
Loại nhỏ 4,5 kg/cm ²	0,16	Loại gioăng đàn hồi	0,3
Loại nhỏ 7,5 kg/cm ²	0,27	Van cầu	4,0 ÷ 6,0
Loại nhỏ 10 kg/cm ²	0,35	Van hình lưới	
Van kiểm tra		Loại gioăng kim loại	0,2
Loại cầu hướng tâm	2,6	Loại gioăng đàn hồi	0,3
Loại 2 cửa		Van bít (dầu)	0,5 ÷ 1
Loại ≤ 8 in (20 cm)	2,5	Van ly tâm chữ nhật mở 80%	1,0
Loại 10 ÷ 16 in	1,2	Van ly tâm tròn mở toàn bộ	0,5

7.3. ĐIỂM LÀM VIỆC VÀ ĐIỀU CHỈNH ĐIỂM LÀM VIỆC CỦA MÁY BƠM

7.3.1. Khái niệm về điểm làm việc của bơm

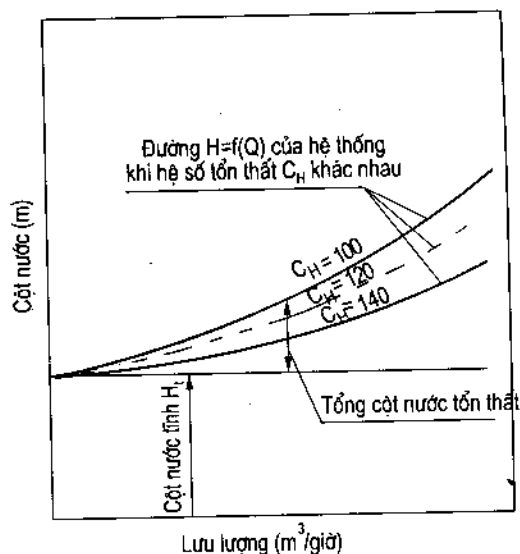
Đối với tất cả các hệ thống bơm khi làm việc đều phải đảm bảo điều kiện cân bằng về cột nước và cân bằng về lưu lượng, tức là:

- Cột nước do bơm tạo ra phải bằng tổng cột nước động lực bao gồm cả tổn thất thủy lực trong hệ thống.

- Lưu lượng bơm phải bằng với lưu lượng trong ống.

Từ mối quan hệ trên về cân bằng cột nước và cân bằng lưu lượng, khái niệm "Điểm làm việc" của bơm được hình thành. Vậy điểm làm việc của bơm là điểm giao giữa hai đường cong quan hệ: đường $H = f(Q)$ của bơm và đường $H = f(Q)$ của hệ thống mạng dẫn nước (đây là phương pháp thông thường để xác định điểm làm việc của bơm - hình 7.14a). Ngoài ra còn có thể xác định điểm làm việc theo phương pháp trừ tổn thất, phương pháp này được minh họa trên hình 7.14b, phương pháp này rất thuận tiện đối với bài toán bơm trong mạng phức tạp.

Đường cong quan hệ $H = f(Q)$ của mạng lưới dẫn nước như trong hình 7.15 được vẽ với dải lưu lượng biến thiên từ zero (ứng với cột nước tĩnh H_t do độ cao địa hình quyết định) đến giá trị lưu lượng lớn nhất (ứng với cột nước động tổng cộng bao gồm cột nước tĩnh địa hình cộng các loại tổn thất thủy lực). Một cách gần đúng, quan hệ này có dạng parabol bởi vì $H \cong f(v^2/2g)$. Chính xác hơn thì quan hệ này không phải là đường parabol bởi vì trong công thức Hazen-Williams thì tổn thất thủy lực h_f là hàm của $Q^{1.85}$, còn trong công thức Darcy-Weisbach thì tổn thất thủy lực còn phụ thuộc thêm vào số Reynolds. Tuy nhiên đối với các bài toán thực tế thì coi đường quan hệ dạng parabol hoàn toàn có thể chấp nhận được về độ chính xác.



Hình 7.13: Dạng đường cong $H = f(Q)$ của hệ thống

Trên hình 7.13 thể hiện 3 đường $H = f(Q)$ ứng với 3 giá trị khác nhau về đặc trưng mạng lưới dẫn nước (hệ số tổn thất dọc đường Hazen-Williams) $C_H = 100, 120$ và 140 .

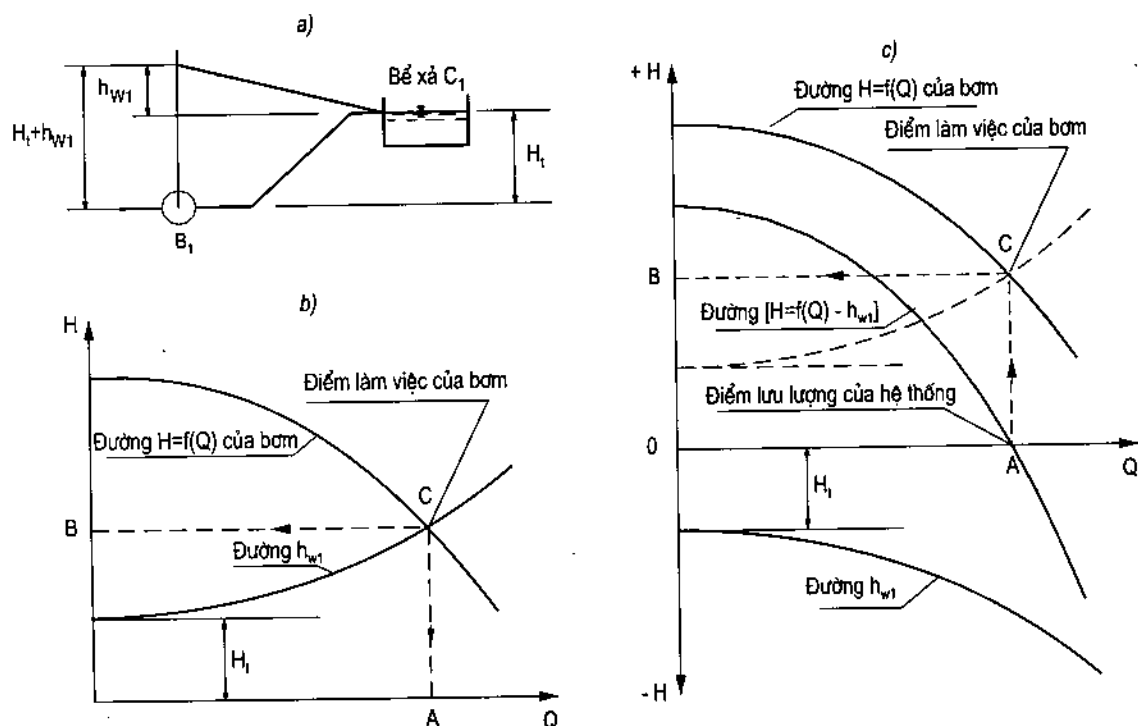
7.3.2. Điều chỉnh điểm làm việc của bơm

(1) Điểm làm việc đối với bơm độc lập - làm việc với vận tốc không đổi

Trên hình 7.14 vẽ đường quan hệ $H = f(Q)$ do một máy bơm làm việc với tốc độ quay không thay đổi, đường này chính là đường đặc tính cột nước đã được nghiên cứu ở phần trước. Đặc điểm của đường đặc tính cột nước của bơm là khi cột nước đẩy tăng lên thì lưu lượng bơm giảm đi và ngược lại.

Điểm làm việc của bơm trong trường hợp này chính là giao điểm giữa đường $H = f(Q)$ của mạng lưới dẫn nước và đường $H = f(Q)$ của bơm. Điểm làm việc của bơm độc lập - vận tốc không đổi không hoàn toàn cố định theo thời gian. Khi thời gian sử dụng ống tăng lên, hệ số tổn thất thủy lực trên mạng dẫn nước sẽ tăng lên, khi đó đường $H = f(Q)$ của mạng lưới có xu hướng tăng lên và điểm làm việc sẽ có xu hướng dịch lên trên và sang trái.

Hình 7.14b cho ta cách xác định điểm làm việc của bơm theo phương pháp truyền thống, còn hình 7.17c cho ta phương pháp xác định điểm làm việc của bơm theo phương pháp trừ tổn thất.



Hình 7.14: Xác định điểm làm việc của bơm độc lập - tốc độ không đổi
a) Sơ đồ; b) Phương pháp truyền thống; c) Phương pháp trừ tổn thất.

(2) Điểm làm việc đối với bơm độc lập - làm việc với vận tốc thay đổi

Khi bơm làm việc với vận tốc khác với vận tốc thiết kế (số vòng quay của bơm tăng lên hoặc giảm đi), lúc đó điểm làm việc sẽ thay đổi. Để xác định vị trí mới của điểm làm việc, chúng ta cần nghiên cứu *Quy luật thay đổi tốc độ* (Affinity Law) của máy bơm.

Từ các công thức cơ bản của bơm và quy luật đồng dạng, đối với máy bơm khi thay đổi tốc độ quay, điểm làm việc sẽ không dịch chuyển theo đường $H = f(Q)$ của mạng lưới dẫn nước mà thay đổi theo quy luật thay đổi tốc độ theo các công thức sau:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (7.62)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (7.63)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (7.64)$$

Trong đó: Q - lưu lượng bơm;

H - cột nước bơm;

P - công suất bơm;

n - số vòng quay của bơm (tốc độ);

1,2 - chỉ hai điểm chế độ tương ứng với hai vận tốc quay.

Ba công thức trên biểu diễn các mối quan hệ giữa lưu lượng bơm, cột nước bơm và công suất bơm khi số vòng quay của bơm thay đổi. Từ công thức (7.62) và (7.63) có thể xây dựng công thức (7.65) biểu diễn mối quan hệ giữa H và Q khi số vòng quay thay đổi như sau:

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{H_1}{H_2} \quad (7.65)$$

và rút ra:

$$H_1 = H_2 \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \quad (7.66)$$

Đồ thị của công thức (7.66) có dạng parabol biểu thị mối quan hệ giữa cột nước H ở điểm làm việc này với tích số cột nước H ở điểm tương quan (chứ không phải điểm làm việc khác) và bình phương tỷ số lưu lượng tại hai điểm làm việc đó. Đây chính là thể hiện của *Quy luật thay đổi tốc độ*.

Để hiểu rõ hơn cách xác định điểm làm việc của bơm khi tốc độ quay thay đổi, chúng ta sẽ nghiên cứu thí dụ sau.

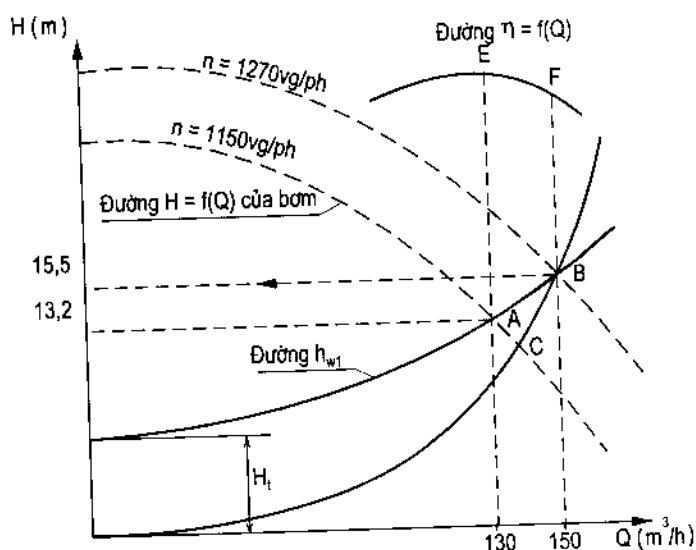
Thí dụ 7.2: Cho đường đặc tính cột nước (1) trên hình 7.15 của bơm độc lập làm việc tại số vòng quay $n_1 = 1150$ v/ph, điểm làm việc của chế độ này ứng với điểm A ($Q_1 = 130$ m³/giờ và $H_1 = 13,2$ m). Nếu bơm phải làm việc với chế độ $Q_2 = 150$ m³/giờ, thì:

a) Hãy xác định điểm làm việc mới và số vòng quay của bơm ở chế độ mới?

b) Xác định hiệu suất ứng với điểm làm việc mới?

Giải:

a) Để trả lời câu hỏi (a) ta theo các bước sau:



Hình 7.15: Xác định điểm làm việc mới khi bơm thay đổi tốc độ (thí dụ 7.2)

Với $Q_2 = 150 \text{ m}^3/\text{giờ}$, từ giá trị này trên trục hành, kẻ đường thẳng đứng sẽ cắt đường (1) tại điểm B. Điểm B chính là điểm làm việc mới của bơm. Điểm B có tọa độ $Q_2 = 150 \text{ m}^3/\text{giờ}$, $H_2 = 15,5 \text{ m}$.

Muốn tìm được số vòng quay của bơm ở chế độ mới, không thể thay các giá trị trực tiếp vào công thức (7.62) để tìm ra n_2 vì điểm A và điểm B không phải là hai điểm tương quan cùng nằm trên đường cong Quy luật thay đổi số vòng quay. Do đó chúng ta phải dùng công thức (7.66) để vẽ đường parabol đi qua gốc tọa độ và qua điểm B (đường (2) - bảng 7.7).

Bảng 7.7: Tọa độ điểm của đường parabol đi qua gốc tọa độ và qua điểm B
(có $H_2 = 15,5 \text{ m}$ và $Q_2 = 150 \text{ m}^3/\text{giờ}$)

H_1 (thay đổi theo Q_1)	H_2 (tại điểm gốc B)	Q_1 (giả thiết)	Q_2 (tại điểm gốc B)
27,56	15,5	200	150
24,87	15,5	190	150
22,32	15,5	180	150
19,91	15,5	170	150
17,64	15,5	160	150
15,50	15,5	150	150
13,50	15,5	140	150
11,64	15,5	130	150
9,92	15,5	120	150
8,34	15,5	110	150
6,89	15,5	100	150
1,72	15,5	50	150
0,43	15,5	25	150
0,00	15,5	0	150

Đường (2) cắt đường (1) tại điểm C và điểm C với điểm B là hai điểm tương quan theo quy luật thay đổi vận tốc. Tra trên đồ thị ta có $Q_C = 136 \text{ m}^3/\text{giờ}$. Khi đã có hai điểm tương quan là điểm C ($Q = 136 \text{ m}^3/\text{giờ}$, $n_1 = 1150 \text{ vg/ph}$) và điểm B ($Q = 150 \text{ m}^3/\text{giờ}$, chưa biết n_2) ta sử dụng công thức (7.62) thay các giá trị đã biết sẽ tính được n_2 .

$$\text{Từ } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ suy ra } n_2 = n_1 \frac{Q_2}{Q_1} = 1150 \frac{150}{136} \approx 1270 \text{ vg/ph}$$

Cũng có thể xác định n_2 thông qua các giá trị đã biết về cột nước H tại điểm B và điểm C sau đó sử dụng công thức (7.63) để tính toán.

b) Hiệu suất tại điểm làm việc mới có thể xác định bằng cách kẻ tia thẳng đứng từ điểm B tới cắt đường đặc tính hiệu suất tại điểm F nào đó. Điểm này sẽ cho giá trị hiệu suất ứng với điểm làm việc mới của bơm, nói chung hiệu suất tại điểm làm việc mới thường nhỏ hơn hiệu suất tại điểm làm việc ứng với số vòng quay định mức (điểm E).

7.4. MỘT SỐ SƠ ĐỒ GHEP NỐI BƠM

Đối với mỗi trạm bơm, trong nhà máy bơm thường lắp đặt một số máy bơm (thường các máy bơm có đặc tính giống nhau), trên đường ống của mạng cấp nước cũng có khi được lắp đặt thêm các máy bơm tăng áp. Như vậy trong hệ thống thủy lực của trạm bơm, các máy bơm được nối ghép với nhau để cùng hoàn thành nhiệm vụ.

- Khi cần đảm bảo bơm lưu lượng lớn, các máy bơm thường được ghép nối song song.
- Khi cần tạo cột nước bơm lớn, các máy bơm sẽ được ghép nối tiếp tại nhà máy bơm, hoặc lắp bơm tăng áp dọc trên đường ống cấp nước.
- Nếu cả hai phương thức ghép nối trên cùng được áp dụng ở một hệ thống bơm chúng ta có phương thức ghép nối hỗn hợp. Tuy nhiên bao giờ trong tính toán cũng có thể phân tích ra hai trường hợp ghép nối cơ bản là: ghép song song và ghép nối tiếp.

7.4.1. Máy bơm làm việc song song khi có đoạn ống đẩy riêng như nhau

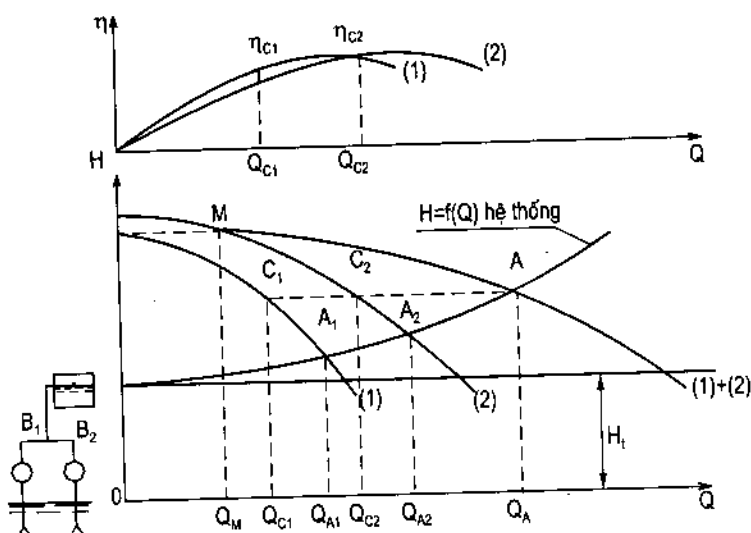
Trường hợp hai hay nhiều máy bơm được mắc song song để cùng bơm nước vào một đường ống đẩy chung được sử dụng rất phổ biến trong thực tế. Nói chung các máy bơm mắc song song thường là giống nhau. Tuy nhiên trong trường hợp tổng quát thì các máy bơm khác nhau hoàn toàn có thể mắc song song để cùng làm việc.

Chúng ta xét sơ đồ hai máy bơm B_1 và B_2 khác nhau được mắc song song như trên hình 7.16. Hai máy bơm có hai đường đặc tính cột nước tương ứng là đường (1) và đường (2). Để xác định điểm công tác và lưu lượng của mỗi máy bơm ta phải xây dựng đường đặc tính chung cho hai bơm (đường (1) + (2)) dựa trên nguyên tắc: lưu lượng bằng tổng lưu lượng hai bơm tại cùng một giá trị cột nước như nhau. Vậy đường đặc tính tổng cộng có thông số tính theo công thức sau:

$$\left. \begin{aligned} H_{1+2} &= H_1 = H_2 \\ Q_{1+2} &= Q_1 + Q_2 \end{aligned} \right\} \quad (7.67)$$

Điểm giao nhau của đường đặc tính tổng cộng (1) + (2) với đường đặc tính đường ống $H = f(Q)$ cho ta điểm làm việc A của hai máy bơm ghép song song. Từ điểm A vẽ song song với trục Q ta có hai điểm C_1 và C_2 ứng với lưu lượng Q_{C1} và Q_{C2} . Đó cũng là lưu lượng bơm lên được bơm 1 và bơm 2 khi chúng làm việc song song.

Đương nhiên khi làm việc song song, lưu lượng bơm của cả nhà máy sẽ bằng tổng lưu lượng của mỗi máy bơm, trường hợp này: $Q_{C1} + Q_{C2} = Q_A$.



Hình 7.16: Máy bơm ghép nối song song

Như trên hình vẽ, nếu hai máy bơm làm việc độc lập với hai đường ống đẩy riêng thì điểm công tác của chúng tương ứng sẽ là A_1 và A_2 với lưu lượng bơm tương ứng của mỗi bơm là Q_{A1} và Q_{A2} . Rõ ràng là $Q_{A1} > Q_{C1}$ và $Q_{A2} > Q_{C2}$.

$$\text{Đại lượng: } \Delta Q = (Q_{A1} + Q_{A2}) - Q_A \quad (7.68)$$

được gọi là độ giảm lưu lượng trong trường hợp bơm làm việc song song. Đó là một thông số tham khảo khi xét chọn phương án bơm làm việc song song (tức là so sánh giữa tiết kiệm chi phí về đường ống với chi phí tăng thêm do độ giảm lưu lượng bơm).

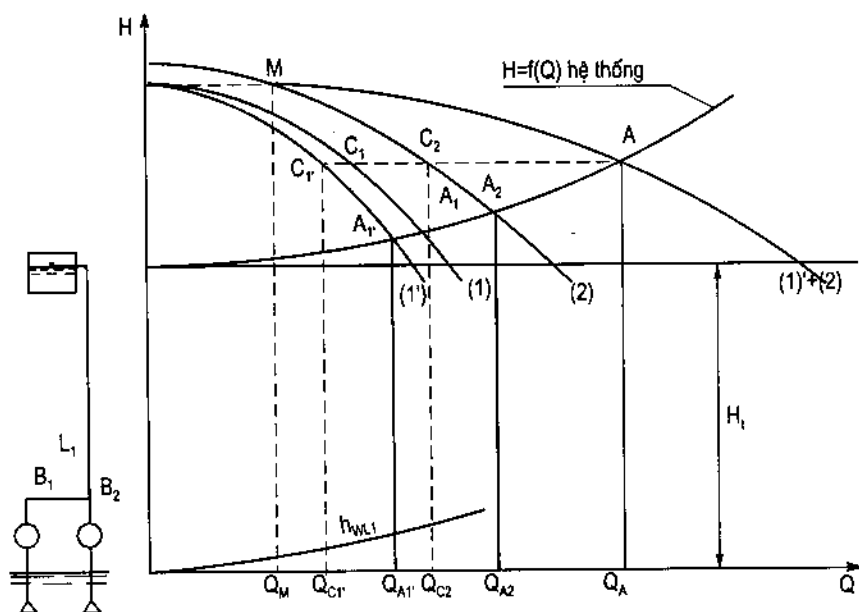
Hiệu suất của hệ bơm làm việc song song xác định theo công thức :

$$\eta_{1+2} = \frac{\gamma Q_A H_A}{\frac{\gamma Q_{C1} H_{C1}}{\eta_{C1}} + \frac{\gamma Q_{C2} H_{C2}}{\eta_{C2}}} \frac{(Q_{C1} + Q_{C2}) \eta_{C1} \eta_{C2}}{Q_{C1} \eta_{C1} + Q_{C2} \eta_{C2}} \quad (7.69)$$

7.4.2. Máy bơm làm việc song song khi có đoạn ống đẩy riêng khác nhau

Trường hợp bơm làm việc song song nhưng được đặt ở các trạm khác nhau với chiều dài đoạn ống đẩy riêng khác nhau (hình 7.17) thì trước khi xây dựng đường đặc tính tổng cộng cần phải trừ phần tổn thất cột nước trên đoạn L_1 đối với máy bơm B_1 ta sẽ được đường 1'. Cộng lưu lượng của đường 1' và 2 ứng với các giá trị $H_1 = \text{const}$ ta có đường đặc tính tương trưng 1' + 2 và điểm công tác sẽ là A. Việc tính toán tiếp theo tương tự như trên.

Cần lưu ý rằng, khi thiết kế bơm làm việc song song phải chọn loại máy bơm có đường đặc tính dốc (độ giảm lưu lượng sẽ nhỏ) và không được chọn bơm có đường đặc tính cong lõm có điểm cực đại (xem hình 7.17).

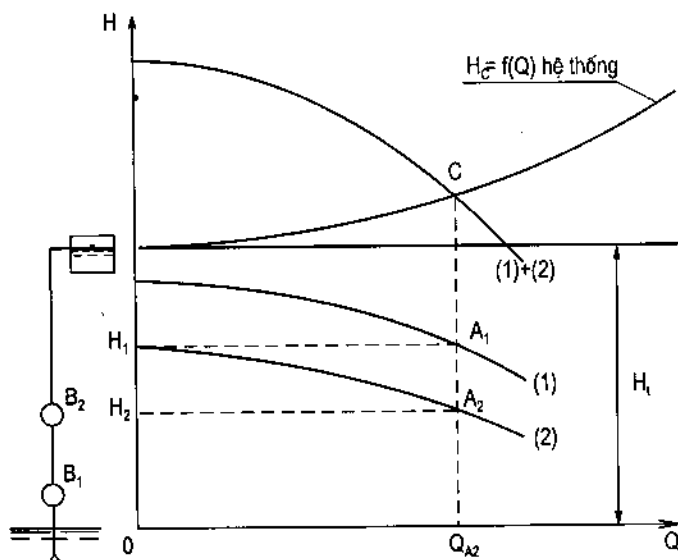


Hình 7.17: Ghép song song bơm khi ống dẫn khác nhau

7.4.3. Máy bơm làm việc nối tiếp trên đường ống

Trong trường hợp số máy bơm hiện có không thể tạo được áp suất cột nước cần thiết, hoặc do yêu cầu cột nước bơm thực tế, nếu thấy cần thì người ta có thể bố trí máy bơm làm việc nối tiếp.

Hình 7.18 minh họa sơ đồ làm việc của hai bơm làm việc trên cùng một đường ống dẫn. Bơm thứ hai còn được gọi là bơm tăng áp (ống hút của bơm tăng áp được nối vào cuối ống dẫn của bơm trước nó). Lúc này áp suất cột nước tổng cộng thì bằng áp suất của các bơm cộng lại, còn lưu lượng tổng cộng thì bằng lưu lượng của một bơm theo công thức sau.



Hình 7.18: Máy bơm làm việc nối tiếp trên cùng đường ống

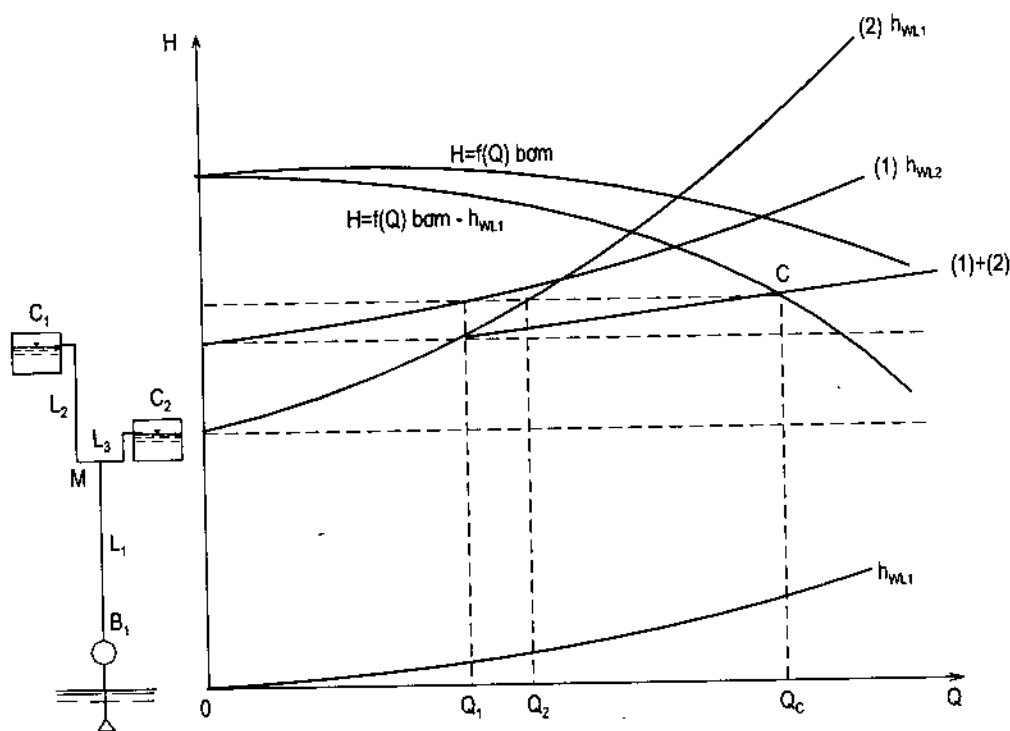
$$\left. \begin{aligned} Q_C &= Q_1 = Q_2 \\ H_C &= H_1 + H_2 \end{aligned} \right\} \quad (7.70)$$

Từ công thức (7.70) sẽ xây dựng được đường đặc tính chung $H_C = f(Q)$ và điểm công tác của hai bơm khi làm việc sẽ là C.

7.4.4. Máy bơm làm việc cùng tháp cấp nước

Trường hợp trên đã xem xét trường hợp ghép nối tiếp các bơm trên cùng hệ thống đường ống, còn gọi là bơm tăng áp. Bơm tăng áp rất hay được áp dụng trong mạng lưới cung cấp nước sinh hoạt. Một trường hợp nữa cũng thường xảy ra trong thực tế cấp nước sạch là máy bơm B_1 làm việc cùng với tháp nước cao để cấp nước cho hộ tiêu thụ (bể chứa nước hoặc vòi nước) ở xa và cao. Trường hợp này gọi là máy bơm làm việc song song với tháp nước.

Để minh họa cách ghép nối này, chúng ta xem xét một bài toán cụ thể thông qua thí dụ 7.3 và hình 7.19.



Hình 7.19: Máy bơm làm việc cùng tháp cấp nước

Thí dụ 7.3: Sơ đồ mạng cấp nước bơm B_1 làm việc song song với tháp nước C_1 để cấp nước cho bể chứa C_2 được thể hiện trong hình 7.19. Yêu cầu dùng nước tại bể C_2 lúc nào cũng phải đảm bảo $Q_2 = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Hãy tính lưu lượng và cột nước do bơm và tháp nước cấp cho bể, nếu biết các số liệu sau:

- Bể C_2 đặt ở cao độ 30m so với mực nước tại bể hút của bơm B_1 .
- Mực nước trong tháp C_1 ổn định ở mức 35m so với mực nước tại bể hút của bơm B_1 .
- Điểm nối M có cao độ 30m so với mực nước tại bể hút bơm.

(d) Đoạn ống từ miệng hút đến điểm nối M (đoạn L_1) có đường kính 1m, được đặc trưng tổn thất $h_{w1} = 4,0 v_1^2/2g$

(e) Tổn thất thủy lực đoạn ống từ tháp đến điểm nối M (đoạn L_2) có đường kính 1m là $h_{w2} = 2,4 v_2^2/2g$

(f) Tổn thất thủy lực từ điểm nối M đến bể chứa (đoạn L_3), nằm ngang có đường kính 1m là $h_{w3} = 3,2 v_3^2/2g$

(g) Gắn đúng cho đặc tính công tác bơm B_1 là $H = 32 - (12 v_1^2/2g)$

Giải: Trước hết vẽ đồ thị các tổn thất trên các đoạn ống từ công thức tính tổn thất đầu bài đã cho và đồ thị đặc tính cột nước (H) của máy bơm B_1 , đồ thị cột nước máy bơm trừ tổn thất ($H-h_{w1}$) theo bảng 7.8 dưới đây:

Bảng 7.8: Quan hệ vận tốc và tổn thất, cột nước và lưu lượng trong thí dụ 7.3

$v(m/s)$	$Q(m^3/s)$	$h_{w1}(m)$	$h_{w2}(m)$	$h_{w3}(m)$	$H(m)$	$H-h_{w1}(m)$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	34,000	34,000
0,10	0,079	0,002	0,001	0,002	33,994	33,915
0,20	0,157	0,008	0,005	0,007	33,976	33,818
0,40	0,314	0,033	0,020	0,026	33,902	33,588
0,50	0,393	0,051	0,031	0,041	33,847	33,454
1,00	0,785	0,204	0,122	0,163	33,388	32,603
1,50	1,178	0,459	0,275	0,367	32,624	31,446
2,00	1,571	0,815	0,489	0,652	31,554	29,983
2,50	1,964	1,274	0,765	1,019	30,177	28,214
3,00	2,356	1,835	1,101	1,468	28,495	26,139
3,50	2,749	2,497	1,498	1,998	26,508	23,759
4,00	3,142	3,262	1,957	2,610	24,214	21,072

Quá trình giải bài toán theo các bước sau:

(1) Xác định cột nước địa hình tại mực nước bể chứa C_2 là 30m so với mặt chuẩn là mực nước tại bể hút của máy bơm, kẻ đường nằm ngang, xác định giao điểm ứng với lưu lượng $Q = 1,8m^3/s$.

(2) Tính tổn thất thủy lực trên đoạn L_3 (h_{w3}) ứng với lưu lượng yêu cầu $Q = 1,8m^3/s$ được kết quả là $h_{w3} = 0,86m$, vẽ đoạn thẳng có tung độ bằng 0,86m. Giao điểm của hai đường cho quả làm việc song song của bơm và tháp tại bể chứa khi xả lưu lượng $1,8m^3/s$.

(3) Vì áp suất cột nước tại điểm nối M phải bằng áp suất cột nước tại điểm miệng xả ra bể hay nói cách khác cột nước áp suất tại điểm nối M cũng phải bằng $30 + 0,86 = 30,86m$. Biết cột nước từ đó tính được lưu lượng do máy bơm cấp dựa vào phương trình đặc tính cột nước bơm đã trừ tổn thất h_{w1} : thay $H = 30,86m$ sẽ tính hoặc tra được lưu lượng do

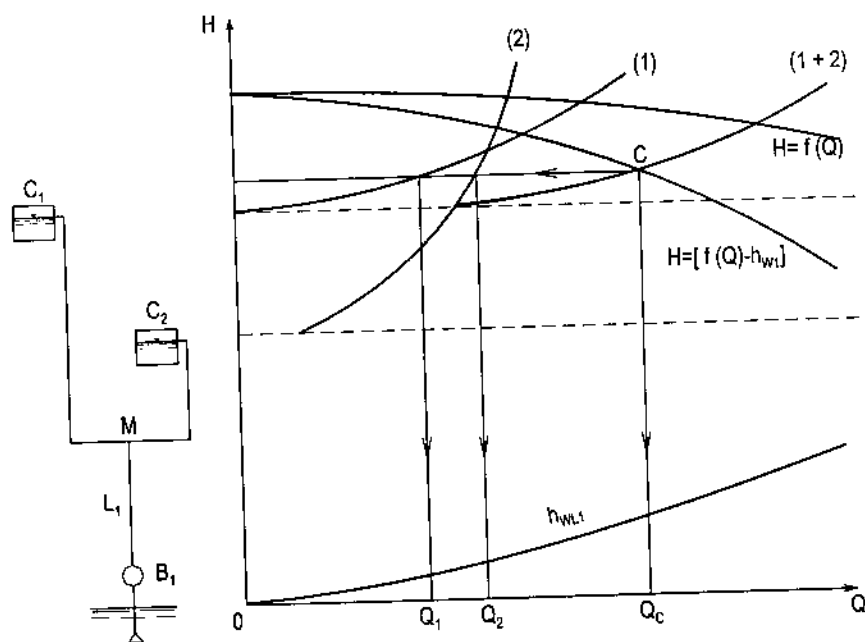
bơm cấp là: $Q_{\text{bơm}} = 1,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Đồng thời xác định được tổn thất h_{w1} tương ứng là $h_{w2} = 0,60\text{m}$ và lưu lượng cấp từ tháp là $1,80 - 1,35 = 0,45\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng cột nước tổn thất $h_{w2} = 0,04\text{m}$.

(4) Nếu xuất phát từ điểm nối M tính theo nhánh tháp cấp nước cũng sẽ xác định được kết quả tương tự, tuy nhiên phải có phương trình quan hệ giữa cột nước và lưu lượng tháo qua đường ống từ tháp nước.

7.4.5. Máy bơm cấp nước cho nhiều bể xả

Đây cũng là một loại bài toán thường gặp trong các hệ thống cấp nước. Thí dụ bơm cấp nước cho các toà nhà cao thấp khác nhau của một khu dân cư. Trên hình 7.20 giới thiệu sơ đồ máy bơm B_1 cấp nước cho hai bể: bể C_1 ở cao trình cao hơn và bể C_2 đặt ở cao trình thấp hơn.

Để xác định điểm công tác chung (điểm C), trước hết cần vẽ đường đặc tính mạng lưới ống tương ứng 1 + 2 theo nguyên tắc lưu lượng bằng tổng lưu lượng của hai bể ứng với áp suất tại điểm chung M (hình 7.20), mà tại điểm đó áp suất là như nhau. Để vẽ đường 1 + 2, cần giả thiết rằng cột nước áp suất tại điểm chung M phải bằng với cột nước áp suất tại điểm ra của bể xả C_1 nếu nhỏ hơn thì nước sẽ không bơm lên bể C_1 được, do đó đường 1 + 2 có cột nước áp suất bằng đường 1 còn lưu lượng thì bằng tổng lưu lượng cấp cho hai bể xả. Giao điểm giữa đường 1 + 2 và đường đặc tính công tác của bơm trừ đi tổn thất trên đoạn ống L_1 sẽ cho điểm làm việc C. Từ điểm C kẻ đường song song với trục hoành Q sẽ tìm được giao điểm với các đường 1 và 2 ứng với lưu lượng Q_1 và Q_2 mà mỗi bể nhận được. Tức là: $Q_C = Q_1 + Q_2$



Hình 7.20: Máy bơm làm việc với hai bể xả

7.4.6. Máy bơm trong hệ thống phức tạp

Trên đây đã nghiên cứu một số trường hợp nối ghép bơm. Trong thực tế, nhiều hệ thống cấp nước sử dụng tất cả những hình thức đã nghiên cứu ở trên. Sơ đồ như vậy được gọi là hệ thống phức tạp mà chúng ta sẽ nghiên cứu trong mục này.

Hình 7.21 minh họa một sơ đồ hệ thống phức tạp bao gồm ba máy bơm có đặc tính cột nước tương ứng là $H_1 = f(Q_1)$, $H_2 = f(Q_2)$ và $H_3 = f(Q_3)$ (bơm B_1 song song với bơm B_2 , bơm B_3 là bơm tăng áp trên tuyến ống), hai bể xả ở cao trình khác nhau C_1 và C_2 , các đoạn ống L_1, L_2, L_3, L_4 và L_5 có các phương trình tổn thất tương ứng là $h_{w1}, h_{w2}, h_{w3}, h_{w4}$ và h_{w5} .

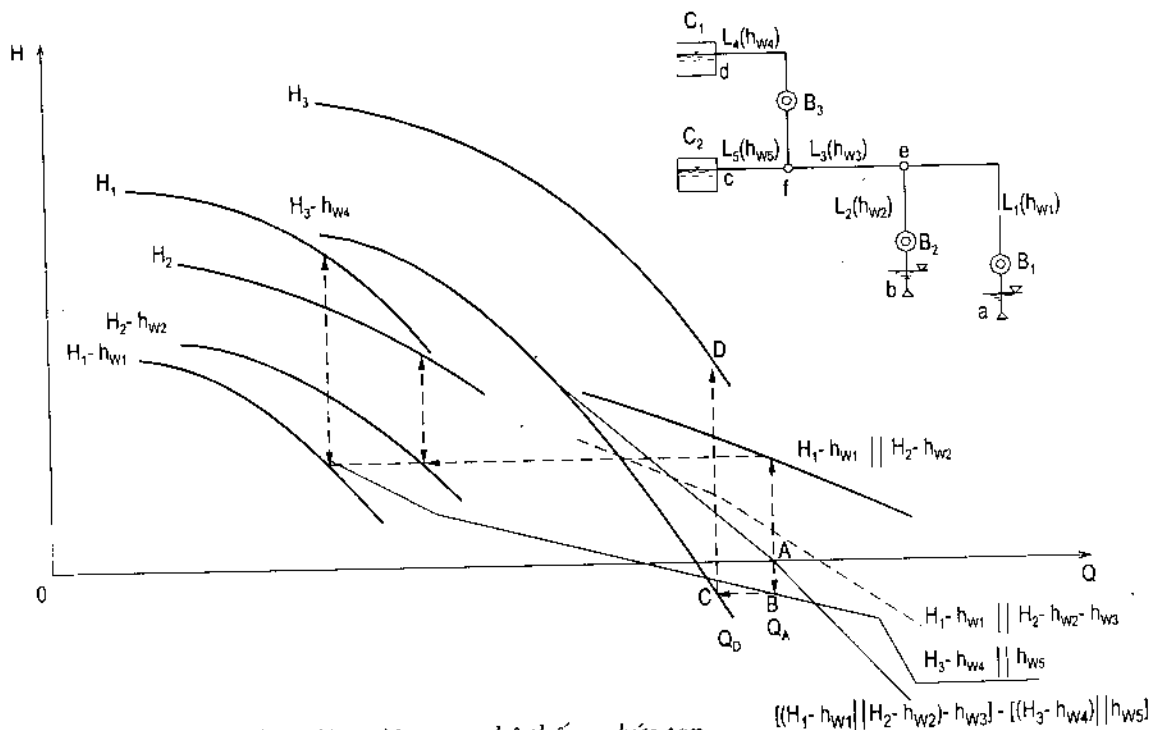
Để xác định điểm công tác và giải bài toán tổng quát, có thể làm theo các bước sau:

(1) Vẽ các đường đặc tính cột nước các bơm và các đường tổn thất thủy lực mỗi đoạn ống lên cùng đồ thị H và Q .

(2) Vẽ đường đặc tính công tác bơm 1 trừ đi tổn thất trên đoạn L_1 , được đường $(H_1 - h_{w1})$. Đường này biểu diễn diễn biến đoạn ae tại điểm e.

(3) Vẽ đường đặc tính công tác bơm 2 trừ đi tổn thất trên đoạn L_2 , được đường $(H_2 - h_{w2})$. Đường này biểu diễn diễn biến đoạn be tại điểm e.

(4) Bơm B_1 và B_2 làm việc song song với ống đẩy khác nhau, sử dụng công thức (3.38) cho trường hợp này để tìm đường biểu diễn trạng thái làm việc đoạn abe tại điểm e đối với bơm B_1 và B_2 , tức là ta có đường $(H_1 - h_{w1} \parallel H_2 - h_{w2})$.



Hình 7.21: Máy bơm làm việc trong hệ thống phức tạp

(5) Lấy đường $(H_1-h_{w1} \parallel H_2-h_{w2})$ vừa tìm được ở bước (4) trừ đi h_{w3} để có được trạng thái tại điểm f, tức là $(H_1-h_{w1} \parallel H_2-h_{w2}) - h_{w3}$.

(6) Nếu bơm B_3 làm việc thì lưu lượng tại f sẽ chia hai nhánh, nhánh fd (đi bể C_1) và nhánh fc đi bể C_2 . Do đó vẽ đường H_3-h_{w4} cho nhánh fd và đường h_{w5} cho nhánh fc.

(7) Vẽ đường $(H_3-h_{w4} \parallel h_{w5})$ cho nhánh fcd, đường này biểu diễn phân hệ thống từ điểm f qua các điểm c và d.

(8) Bây giờ vẽ đường tổng hợp của hai bước (5) và (7) sẽ được đường của cả hệ thống như sau: $[(H_1-h_{w1} \parallel H_2-h_{w2}) - h_{w3}] - [(H_3-h_{w4} \parallel h_{w5})]$. Giao điểm của đường này với trục hoành (điểm A) sẽ cho ta tổng lưu lượng do cả ba bơm làm việc. Từ đây có thể đi theo các nhánh để tìm điểm làm việc của mỗi bơm.

(9) Để tìm lưu lượng xả vào bể C_1 (điểm d) và bể C_2 (điểm c) cần xuất phát từ điểm làm việc D của bơm B_3 để xác định lưu lượng Q_D , phần còn lại $(Q_A - Q_D)$ chính là lưu lượng chảy vào bể C_2 .

7.5. CHỌN MÁY BƠM

7.5.1. Vấn đề lựa chọn máy bơm

Chọn máy bơm là bài toán rất thường gặp trong thực tế đối với các kỹ sư thủy lợi. Bài toán thiết kế bơm chỉ đặt ra đối với những kỹ sư chuyên về máy bơm, máy thủy lực chuyên ngành cơ khí chế tạo máy. Vấn đề đặt ra đối với bài toán chọn máy bơm là: *làm sao có thể chọn được loại máy bơm phù hợp nhất về kỹ thuật và kinh tế đang có trên thị trường cho công trình trạm bơm đang thiết kế.*

Như chúng ta đã biết, hiện nay trên thế giới, trong khu vực và ở nước ta có khá nhiều hãng sản xuất và cung ứng máy bơm. Nhà máy bơm Hải Dương của Việt Nam ra đời từ mấy chục năm là hãng cung cấp bơm nội địa chủ yếu trong nước. Ngoài ra các hãng bơm của Mỹ, Nhật, Italy, Na Uy, Thụy Điển, Hàn Quốc ... đều đang có mặt trên thị trường Việt Nam. Sản phẩm của các hãng trên rất đa dạng về quy mô (bơm loại nhỏ, trung bình, loại lớn), về chủng loại (bơm ly tâm, bơm trục, bơm giếng, bơm trên khô, bơm chìm...), về đặc điểm (bơm nước sạch, bơm hút bùn, bơm tiêu nước bẩn...), về chất lượng máy bơm cũng muôn hình muôn vẻ, về giá cả cũng rất khác nhau.

Về yêu cầu và đặc điểm của nhà máy và trạm bơm cũng hết sức đa dạng và phong phú, nhất là trong thời kỳ phát triển đất nước, yêu cầu về tưới tiêu nước, cấp nước sinh hoạt, xây dựng (bơm bê tông), sản xuất vật liệu xây dựng và giao thông (bơm hút bùn cát) đang cùng một lúc được đặt ra trên mọi miền và ở nhiều ngành kinh tế quốc dân. Ngoài ra đặc điểm và điều kiện riêng tại mỗi trạm bơm cũng cực kỳ đa dạng bởi điều kiện địa hình, địa chất, nhiệm vụ đặt ra hết sức khác nhau.

Trong tình hình như vậy, bài toán lựa chọn máy bơm để đạt được mục tiêu đặt ra như đã nêu ở trên là không đơn giản. Bài toán lựa chọn máy bơm cũng không nhất thiết phải có quy trình giống nhau. Tuy nhiên những gợi ý và những tổng kết dưới đây có thể giúp ích phần nào cho kỹ sư và cho bạn đọc khi cần lựa chọn máy bơm cho công trình của mình.

7.5.2. Những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến lựa chọn máy bơm

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình và kết quả chọn máy bơm, sau đây là những yếu tố quan trọng nhất mà người kỹ sư phải xác định và thu thập thông tin trước khi bắt tay vào bài toán lựa chọn bơm.

(1) Kháng định loại chất lỏng bơm (bơm nước sạch, bơm bùn cát, bơm bê tông, bơm tiêu nước bẩn, bơm hóa chất...).

(2) Yêu cầu về lưu lượng bơm (Q bơm là bao nhiêu m^3 /giờ hay l/s).

(3) Yêu cầu về cột nước bơm (H bơm là bao nhiêu mét).

(4) Điều kiện làm việc của bơm (khoảng biến thiên cột nước $H_{\min} \div H_{\max}$, khoảng biến thiên lưu lượng $Q_{\min} \div Q_{\max}$, bơm đặt ngập, bơm chìm hay bơm đặt cao hơn mực nước bể hút).

(5) Bơm làm việc trong hệ thống như thế nào, có cùng làm việc với tháp nước, cấp cho bao nhiêu bể xả, bơm lấy nước từ hồ chứa hay hút nước từ giếng ngầm.

(6) Động cơ hay máy dẫn động, loại động cơ, loại máy, truyền động trực tiếp hay gián tiếp, với tốc độ không đổi hay tốc độ thay đổi.

(7) Vị trí và điều kiện xây dựng nhà máy bơm (bao nhiêu tổ bơm trong nhà máy, ghép nối tiếp hay song song, bơm trục ngang hay trục đứng...).

(8) Loại hình và đặc trưng mạng lưới thủy lực dẫn nước (loại ống, chiều dài, loại thiết bị trên đường ống).

(9) Những yêu cầu và đề nghị đặc biệt của chủ đầu tư đối với việc lựa chọn bơm.

(10) Đặc tính kỹ thuật và giá cả của tất cả các loại bơm xem xét cũng như các loại đường ống và thiết bị trên đường ống.

7.5.3. Tóm tắt các bước trong quá trình chọn máy bơm

Các bước cần thiết trong quy trình lựa chọn máy bơm cho một công trình trạm bơm được tóm tắt dưới đây.

Bước 1: Kháng định yêu cầu thiết kế về lưu lượng và cột nước địa hình cần bơm, kháng định điều kiện làm việc của bơm, tính chất chất lỏng bơm.

Bước 2: Xác định các yêu cầu kỹ thuật khác có liên quan.

Bước 3: Tính toán thủy lực và vẽ các đường đặc tính mạng lưới ống (tổn thất thủy lực) từ bể hút tới bể xả và hồ dùng nước.

Bước 4: Phân tích, tính toán và quyết định về số lượng máy bơm cần thiết, hình thức ghép nối, chủng loại bơm. Từ đó có các phương án về quy mô mỗi máy bơm (H và Q).

Bước 5: Thu thập biểu đồ hệ loại bơm (thí dụ trên hình 7.22), đường đặc tính tổng hợp (thí dụ trên các hình ở tiết sau), đặc tính kỹ thuật (thí dụ trong bảng 7.9) từ những hãng sản xuất và cung ứng trên thị trường (nên thu thập từ ít nhất là 3 hãng bơm) phù hợp với quy mô và chủng loại bơm đã sơ bộ xác định trong bước 4.

Bước 6: Sơ bộ chọn máy bơm từ những tài liệu đã thu thập của một hãng ở bước 5 cho đến khi chọn được máy bơm nào đạt hiệu suất cao nhất tại điểm làm việc. Lưu ý nên chọn loại bơm phổ biến, bền, dễ vận hành, làm việc ổn định.

Bước 7: Vẽ đường đặc tính công tác cột nước của bơm và các bơm lên cùng hệ tọa độ với đường đặc tính mạng lưới ống. Một lần nữa kiểm tra để chắc chắn điểm làm việc của máy bơm vừa chọn phù hợp với điểm yêu cầu thiết kế (về lưu lượng Q và cột nước H).

Bước 8: Tính toán chiều sâu hút H_s từ sơ đồ làm việc về thủy lực và kiểm tra chiều sâu hút cho phép của bơm vừa chọn $[H_s]$. Lưu ý chiều sâu trong những tài liệu của các hãng nước ngoài thường ký hiệu là $NPSH_A$ còn chiều sâu hút cho phép ký hiệu là $NPSH_R$.

Bước 9: Kiểm tra một lần nữa tốc độ số vòng quay của bơm tại điểm làm việc.

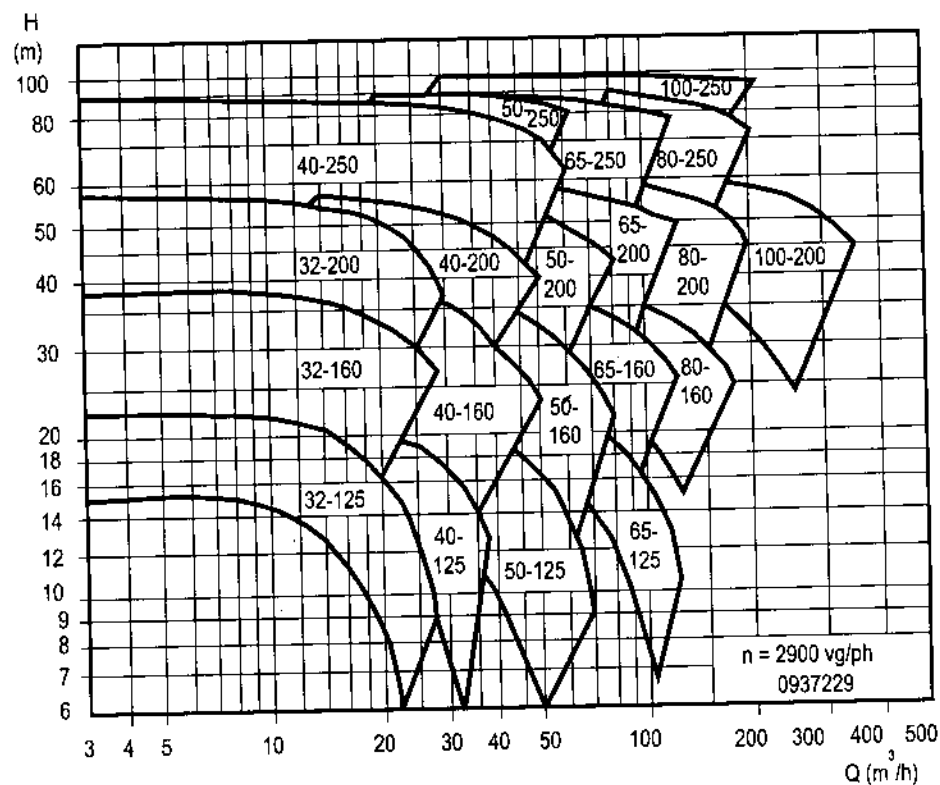
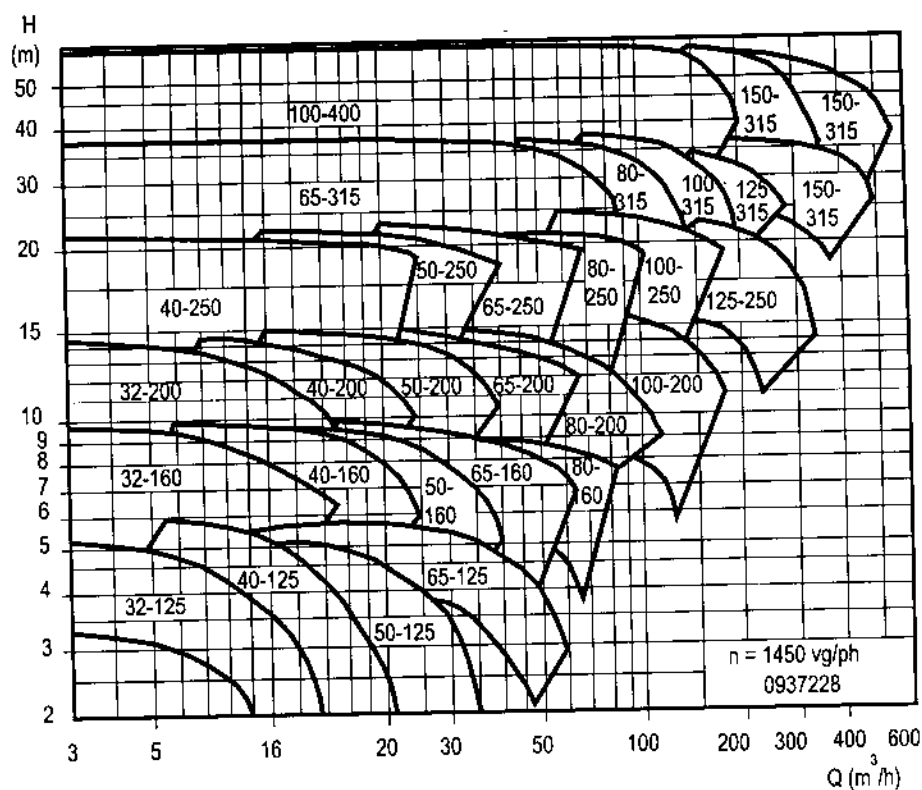
Bước 10: Lập lại bước 6 đến bước 10 đối với tài liệu, catalog đã thu thập của hãng thứ hai và các hãng khác.

Bước 11: So sánh kết quả chọn bơm đối với từng hãng với nhau để chọn được loại bơm cho điểm làm việc phù hợp nhất với thiết kế, hiệu suất cao nhất và các điều kiện khác cũng đảm bảo.

Bước 12: Liên hệ với ít nhất hai hãng sản xuất bơm hoặc hãng cung ứng bơm đã được lựa chọn để khẳng định về chủng loại, số lượng, chất lượng bơm là sẵn có. Quan trọng hơn là lấy báo giá về loại bơm đã chọn. Và lấy catalog và đặc tính kỹ thuật cập nhật nhất về loại máy bơm định chọn.

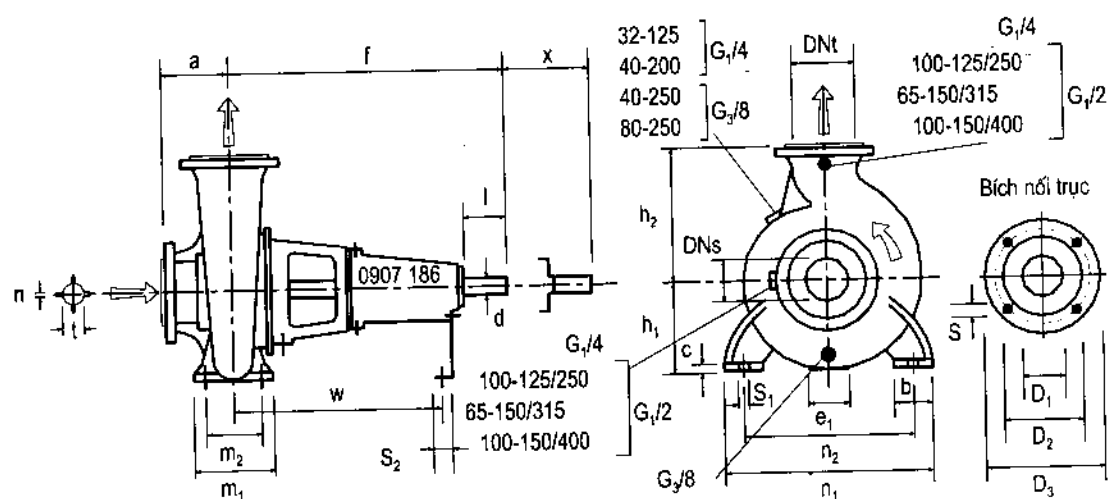
Bước 13: Kiểm tra catalog, đặc tính kỹ thuật và giá cả mới thu thập được, tính toán, so sánh và liên hệ chủ đầu tư để có thể tiến hành đấu thầu cung cấp thiết bị. Có thể cho phép hai hãng sản xuất trên tham gia đấu thầu hoặc các hãng cung ứng khác nhưng phải đảm bảo lấy loại máy bơm phù hợp.

Bước 14: Sau khi đã mua được máy bơm phù hợp, cần tuân thủ chặt chẽ quy trình lắp đặt, chạy thử, đào tạo công nhân, bàn giao, nghiệm thu và đưa vào vận hành thật.



Hình 7.22: Thí dụ vẽ biểu đồ hệ loại bơm CM chuẩn của hãng GRUNDFOS

**Bảng 7.9: Thí dụ về đặc tính kỹ thuật
của bơm CM chuẩn của hãng GRUNDFOS**



Kích thước bích nối trục (mm)

DN	D_1	D_2	D_3	s
32	32	100	140	4×18
40	40	110	150	4×18
50	50	125	165	4×18
65	65	145	185	4×18
80	80	160	200	8×18
100	100	180	220	8×18
125	125	210	250	8×18
150	150	240	285	8×22
200	200	295	340	12×22

Bảng kích thước theo kiểu loại bơm

Loại bơm	Kích thước bơm (mm)						Kích thước chân máy (mm)												Đầu nối trục (mm)				
	DN _i	DN _s	a	f	h ₁	h ₂	b	c	m ₁	m ₂	n ₁	n ₂	S ₁	e ₁	S ₂	w	d	l	f	n	x		
32-125	32	50	80	360	112	140	50	12	100	70	190	140	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
32-160			80	360	132	160	50	12	100	70	240	190	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
32-200			80	360	160	180	50	12	100	70	240	190	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
40-125	40	65	80	360	112	140	50	12	100	70	210	160	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
40-160			80	360	132	160	50	12	100	70	240	190	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
40-200			100	360	160	180	50	12	100	70	265	212	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
40-250			100	360	180	225	65	12	125	95	320	250	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
50-125	50	65	100	360	132	160	50	12	100	70	240	190	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
50-160			100	360	160	180	50	12	100	70	265	212	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
50-200			100	360	160	200	50	12	100	70	265	212	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
50-250			100	360	180	225	65	12	125	95	320	250	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
65-125	65	80	100	360	160	180	65	12	125	95	280	212	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
65-160			100	360	160	200	65	12	125	95	280	212	15	-	-	-	24	50	27	8	80		
65-200			100	360	180	225	65	12	125	95	320	250	15	-	-	-	24	50	27	8	100		
65-250			100	470	200	250	80	15	160	120	360	280	18	-	-	-	32	80	35	10	100		
65-315			125	470	225	280	80	16	160	120	400	315	18	110	14	342	32	80	35	10	140		
80-160	80	100	125	360	180	225	65	12	125	95	320	250	15	-	-	-	24	50	27	8	100		
80-200			125	470	180	250	65	15	125	95	345	280	15	-	-	-	32	80	35	10	100		
80-250			125	470	200	280	80	15	160	120	400	315	18	-	-	-	32	80	35	10	100		
80-315			125	470	250	315	80	16	160	120	400	315	18	110	14	342	32	80	35	10	140		
100-200	100	125	125	470	200	280	80	16	160	120	360	280	18	110	14	342	32	80	35	10	140		
100-250			140	470	225	280	80	16	160	120	400	315	18	110	14	342	32	80	35	10	140		
100-315			140	470	250	315	80	16	160	120	400	315	18	110	14	342	32	80	35	10	140		
100-400			140	530	280	355	100	18	200	150	500	400	23	110	14	370	42	110	45	12	140		
125-250	125	150	140	470	250	355	80	16	160	120	400	315	18	110	14	342	32	80	35	10	140		
125-315			140	530	280	355	100	18	200	150	500	400	23	110	14	370	42	110	45	12	140		
125-400			140	530	315	400	100	18	200	150	500	400	23	110	14	370	42	110	45	12	140		
150-315	150	200	160	530	280	400	100	18	200	150	550	450	23	110	14	370	42	110	45	12	140		
150-400			160	530	315	450	100	18	200	150	550	450	23	110	14	370	42	110	45	12	140		

Thí dụ 7.4: Chọn loại máy bơm, số vòng quay, đường kính bánh xe công tác, số lượng máy bơm... cần thiết để cấp nước cho hệ thống nhà cao tầng với các số liệu sau:

- Mức nước tại bể hút: $Z_{BHmax} = +18,0m$, $Z_{BHmin} = +16,5m$.
- Mức nước tại bể xả: $Z_{BXmax} = +31,0m$, $Z_{BXmin} = +30,0m$.
- Cao trình đặt máy bơm: $Z_{MB} = +18,5m$.
- Tổn thất thủy lực trung bình trên đường ống: $2m/100m$ dài.
- Chiều dài ống hút đến máy bơm: $25m$, chiều dài ống từ miệng hút đến miệng xả: $64,5m$.
- Bỏ qua tổn thất thủy lực cục bộ.
- Lượng nước bơm trong một ngày (10 giờ) là $600 m^3$.
- Sử dụng các đường đặc tính kỹ thuật của hãng GRUNDFOS trong hình 7.22 và bảng 7.9 để chọn máy bơm.

Giải:

Để chọn máy bơm phù hợp với yêu cầu cần phải xác định được các thông số sau:

- + Xác định được cột nước địa hình nhỏ nhất và lớn nhất (H_{DHmin} và H_{DHmax}).
- + Xác định chiều cao hút (h_s) ứng với cao trình đặt bơm.
- + Lưu lượng bơm (Q).

Trên cơ sở các thông số tính toán (H_{DH} , Q , h_s) tiến hành chọn máy bơm theo các bảng tra đã có.

1. Xác định được cột nước địa hình nhỏ nhất và lớn nhất:

$$\text{Cột nước địa hình nhỏ nhất: } H_{DHmin} = Z_{BXmin} - Z_{BHmax} + h_w$$

$$\text{Cột nước địa hình lớn nhất: } H_{DHmax} = Z_{BXmax} - Z_{BHmin} + h_w$$

$$\text{Tổn thất cột nước khi bỏ qua tổn thất cục bộ: } h_w = L_{\text{ống}} \times 2/100$$

$$h_{w,max} = 64,5m \times 2/100 = 1,29m$$

$$\text{Vậy cột nước địa hình nhỏ nhất: } H_{DHmin} = 30m - 18m + 1,29m = 13,29m$$

$$\text{và cột nước địa hình lớn nhất: } H_{DHmax} = 31,5m - 16,5m + 1,29m = 16,29m$$

2. Xác định chiều cao hút (h_s) của máy bơm:

Chiều cao hút của máy bơm được tính từ cao trình mực nước bể hút đến cao trình đặt máy bơm:

$$\text{Chiều cao hút nhỏ nhất: } h_{Smin} = Z_{MB} - Z_{BHmax} + h_{w-hút}$$

$$\text{Chiều cao hút lớn nhất: } h_{Smax} = Z_{MB} - Z_{BHmin} + h_{w-hút}$$

$$\text{Trong đó: } h_{w-hút} = L_{\text{ống hút}} \times 2/100$$

$$h_{w-hút} = 25m \times 2/100 = 0,5m$$

Xác định chiều cao hút của máy bơm:

Chiều cao hút nhỏ nhất: $h_{Smin} = 18,5m - 18m + 0,5m = 1,0m$

Chiều cao hút lớn nhất: $h_{Smax} = 18,5m - 16,5m + 0,5m = 2,5m$

3. Xác định lưu lượng của máy bơm Q (m^3/s):

Lưu lượng của máy bơm được tính bằng lượng nước cần bơm (W) chia cho thời gian bơm (T): $Q = W/T$

$$Q = 600m^3/10giờ = 60m^3/h$$

4. Tiến hành chọn máy bơm theo các thông số đã tính toán ở trên bao gồm:

$$H_{DHmax} = 16,29m$$

$$H_{DHmin} = 13,29m$$

$$h_{S-min} = 1,00m$$

$$h_{S-max} = 2,50m$$

$$Q = 60m^3/h$$

Chọn máy bơm theo biểu đồ sơ bộ chọn máy bơm loại CM chuẩn - Hãng bơm GRUNDFOS.

+ Chọn được máy bơm CM 65-125 có số vòng quay $n = 2900$ vg/phút.

+ Số lượng máy cần thiết: 1

+ Đường kính bánh xe công tác: 123 mm.

+ Đường kính ống hút $D_S = 80mm$, đường kính ống đẩy $D_t = 65mm$.

+ Tại vùng công tác giữa cột nước địa hình nhỏ nhất (13,29m) và lớn nhất (16,29m), lưu lượng bơm từ 73 xuống 47 m^3/h với chiều cao hút cho phép $[h_s] = 2,2$ đến 3,5m.

7.5.4. Phạm vi sử dụng và biểu đồ phân bố một số loại bơm

Theo một số tài liệu thống kê, các quốc gia trên thế giới đã sản xuất và đưa vào sử dụng trên 3000 kiểu loại bơm với nguyên lý làm việc, kết cấu, công dụng, kích thước, quy mô và phạm vi áp dụng rất khác nhau. Các nước công nghiệp phát triển như Nga, Mỹ, Nhật Bản và các nước Bắc Âu có nền công nghệ và công nghiệp chế tạo bơm hết sức phát triển. Nhu cầu sử dụng bơm cho các ngành kinh tế, trong sinh hoạt và dịch vụ rất lớn, tại các nước phát triển, mức tiêu thụ năng lượng cho các loại bơm có thể lên đến 20% tổng sản lượng điện của quốc gia.

Trong tình hình như vậy, phần này cố gắng đề cập đến một số chủng loại bơm được sử dụng rộng rãi và cũng chỉ của một số hãng sản xuất - chế tạo bơm của một số nước, trong đó có sản phẩm bơm của Nhà máy chế tạo bơm Hải Dương.

Bảng 7.10 và 7.11 thống kê đặc tính kỹ thuật của một số loại bơm phục vụ tưới tiêu, cấp nước sinh hoạt do Nhà máy bơm Hải Dương chế tạo.

Trên hình 7.23 trình bày phạm vi sử dụng bơm của Nga và của Nhật.

**MỘT SỐ SẢN PHẨM MÁY BƠM
CỦA CÔNG TY CHẾ TẠO BƠM HẢI DƯƠNG - VIỆT NAM**

Bảng 7.10: Bơm ly tâm và bơm hỗn lưu một cấp-trục ngang

Kiểu	Thông số kỹ thuật và kích thước cơ bản							Ứng dụng
	Q (m ³ /h)	H (m)	[H _{ck}] (m)	n (v/ph)	N (kw)	D _h (mm)	D _x (mm)	
LT 46-7	26-50	11,5-4	4-6	2900	34HP	50	50	Tưới tiêu trong nông nghiệp và thủy lợi
LT 270-12	190-270	15-8,5	4,3-6	1450	15-14	200	150	
LT 450-16	300-500	19-15	3,2-4,4	1450	33	200	200	
LT 470-16	380-530	19-14	5,4-6,8	980	33	250	200	
HL 190-5,5	150-240	6,5-4,2	4,7-6	1450	4,5	200	200	
HL 290-6	240-320	7-5	4,1-5,4	1450	7,5	200	200	
HL 600-5	520-660	6-4,5	4,4-5,8	980	15	300	300	
HL 700-7	550-800	8,4-6	5,4-6,2	980	22	300	300	
HL 980-9	850-1100	10-7,8	4,5-5,5	980	33	350	350	
HL 1000-12	800-1200	15-7,8	2,8-4,6	1450	55	300	300	
HL 1100-12	1000-1500	12,7-9,5	4-5	980	55	350	350	
HL 1120-6,5	1000-1300	7,5-5,5	4-5	980	33	350	350	
HL 1400-5	1250-1500	5,7-3	2,5-4,5	980	33	350	350	
HL 1200-3	950-1200	4-3	3-3,5	980	22	400	350	

Chú thích:

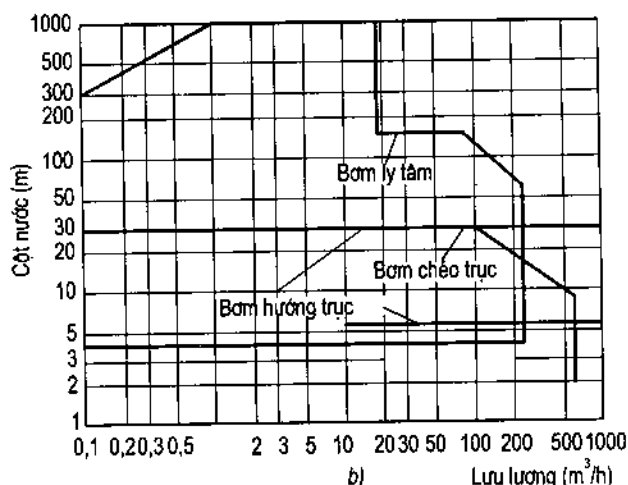
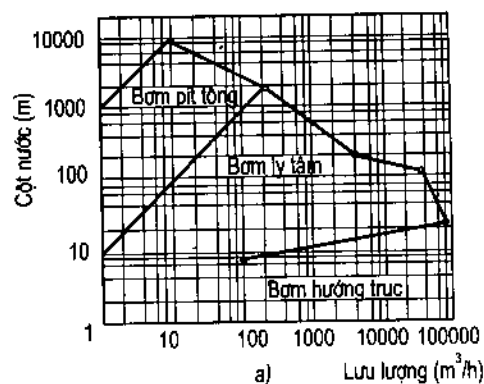
- HL 980-9 chỉ bơm hỗn lưu $Q=980 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=9\text{m}$;
- LT 270-12 chỉ bơm ly tâm $Q=270 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=12\text{m}$;
- Q , H trong ký hiệu là giá trị định mức tại điểm có hiệu suất lớn nhất;
- D_h và D_x chỉ đường kính trong của miệng hút và miệng xả;
- $[H_{ck}]$ chỉ chiều sâu hút chân không cho phép;

Bảng 11: Bơm hướng trục đứng và nghiêng

Kiểu	Thông số kỹ thuật và kích thước cơ bản						Ứng dụng
	Q (m ³ /h)	H (m)	n (v/ph)	N (kw)	D _h (mm)	D _x (mm)	
HTD 700-2,5	650-750	3-1,7	1450	11	370	300	Tưới tiêu trong nông nghiệp và thủy lợi
HTD 1200-3	1150-1250	3,5-2,4	1450	22	442	360	
HTD 1500-3,5	1300-1700	4,3-2	970	33	610	450	
HTD 1950-4,5	1800-2100	5,4-3,4	970	37	630	500	
HTD 2100-6 (HTD 440)	1950-2450	6,5-3,5	980	55	630	450	
HTD 2400-3,5	2300-2500	4,1-3	970	37	630	500	
HTD 2300-7	1900-2500	8-6	730	75	824	580	
HTD 2500-4,5	2250-2700	5,6-3,2	970	55	630	500	
HTD 3750-5 (HTD 560)	3600-4350	5,6-2,5	735	75	824	580	
HTD 4000-5 (HTD 560-C3)	3500-4300	6-3,8	735	90	824	580	
HTD 4000-6 (HTD 56-C5)	3550-4800	7-4	735	110	824	580	
HTD 6000-7 (HTD 800)	5800-7400	8,5-5,5	585	200	1150	900	
HTD 8000-5,6	7800-8600	6,8-4	580	200	1150	900	
HTD 8400-5,2	7600-9000	6,5-4	580	200	1150	900	
HTD 8000-9	8000-10000	9-6	580	320	1240	1000	
HTD 1200	15600-19500	7,9-5	365	450	1315	1100	Dùng ở nơi có mực nước dao động lớn
HTD 1300	20000-26500	9,4-5	365	700	1950	1800	
HTD 1600	29000-36000	8,7-5,5	20	900	2400	2000	
HTN 800-2,5	800	2,5	1960	20	300	300	
HTN 800-7	800	7	970	33	350	400	
HTN 1800-2,3	1800	2,3	970	33	400	400	

Chú thích:

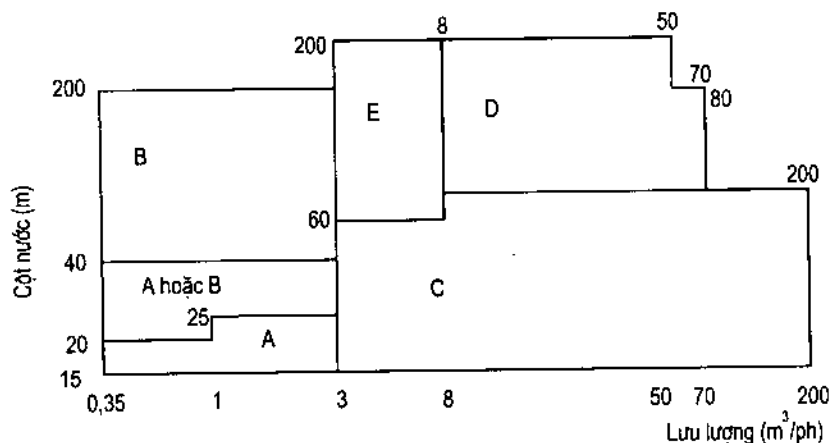
- HTD 560 chỉ bơm hướng trục đặt đứng đường kính trung bình 560mm;
- HTD 8000-9 chỉ bơm hướng trục đặt đứng $Q=8000 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=9\text{m}$;
- HTN 800-7 chỉ bơm hướng trục đặt nghiêng $Q=800 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=7\text{m}$, thường dùng di động ở những nơi có mực nước dao động lớn;
- D_h và D_x chỉ đường kính trong của miệng hút và miệng xả;



Hình 7.23: Phạm vi sử dụng bơm của Nga (a) và của Nhật (b)

1. Bơm ly tâm

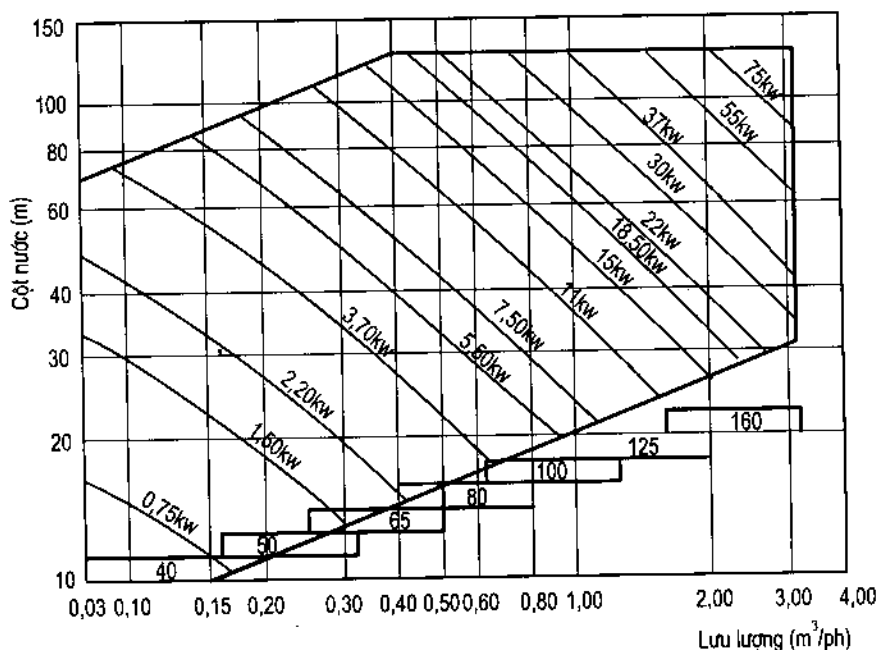
Sơ đồ tổng hợp sử dụng để sơ bộ lựa chọn các loại bơm ly tâm được trình bày theo biểu đồ trong hình 7.24.



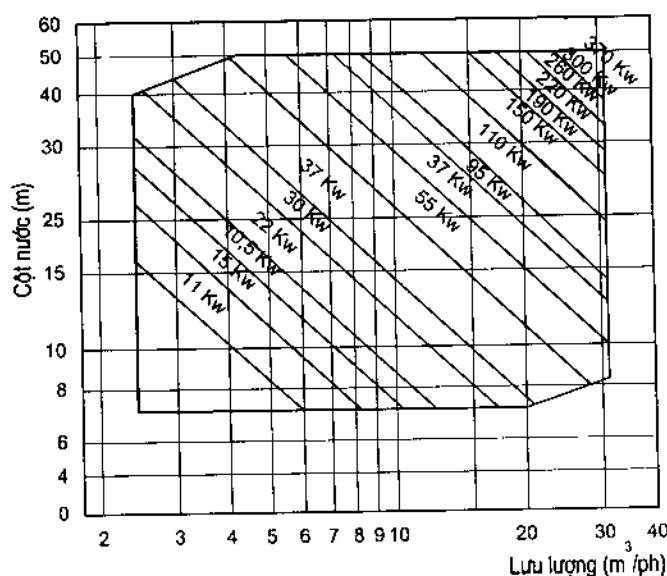
Hình 7.24: Sơ đồ tổng hợp lựa chọn bơm ly tâm

- A - Bơm trục ngang một cấp hút một phía; B - Bơm trục ngang nhiều cấp hút một phía;
C - Bơm trục ngang một cấp hút hai phía hoặc bơm trục đứng;
D - Bơm trục ngang nhiều cấp hút hai phía; E - Bơm trục ngang nhiều cấp hút một phía

Bơm ly tâm nhiều cấp được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như cấp nước sinh hoạt, cấp nước công nghiệp, các nhà máy nhiệt điện, nồi hơi, các công trình thủy lợi, khai thác mỏ và trong nông nghiệp. Ưu điểm nổi bật của bơm ly tâm nhiều cấp là làm việc với cột nước cao và lưu lượng nhỏ. Cột nước loại bơm này lên đến 4500m, lưu lượng đạt tới 5000 m³/giờ và công suất đạt tới 30.000 kW. Biểu đồ phân bố bơm ly tâm nhiều cấp cho trong hình 7.25. Bơm ly tâm hút hai phía có biểu đồ phân bố và lựa chọn như trong hình 7.26.



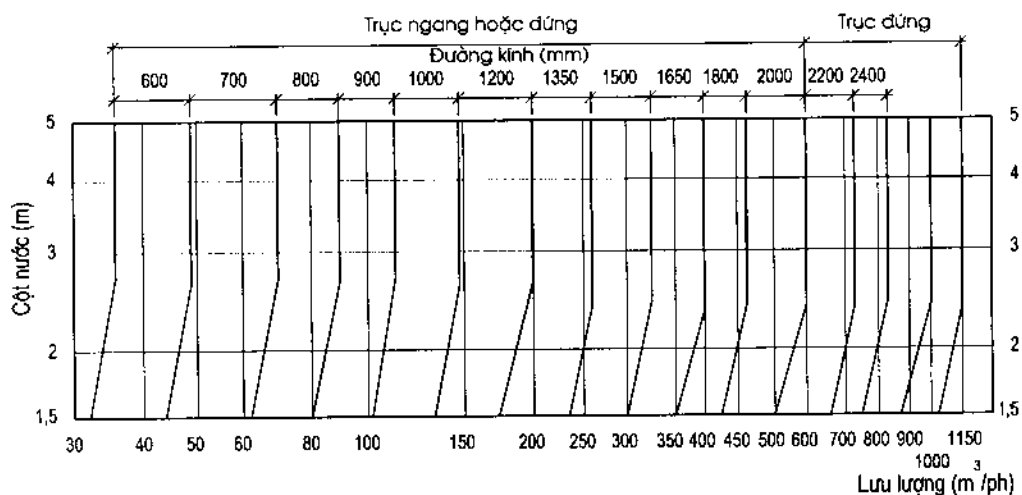
Hình 7.25: Biểu đồ phân bố lựa chọn bơm ly tâm nhiều cấp cho tần số dòng điện 50Hz



Hình 7.26: Biểu đồ phân bố lựa chọn bơm ly tâm hút hai phía

2. Bơm hướng trục

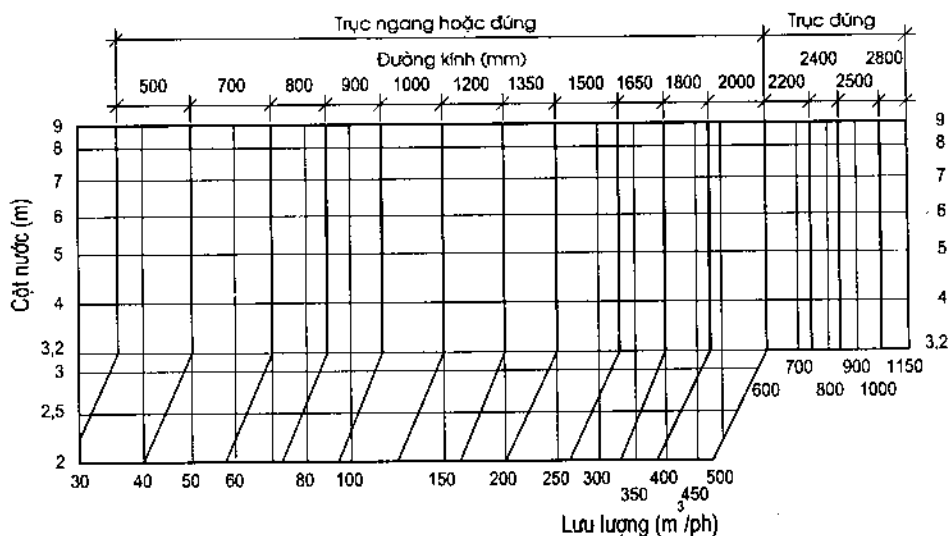
Bơm hướng trục thường có cột nước thấp, tỷ tốc cao nên kích thước gọn hơn nhưng khả năng chống xâm thực kém hơn bơm ly tâm, hoạt động của bơm không ổn định khi tăng công suất đầu trục bơm, tức là công suất làm việc trung bình chỉ đạt khoảng 60% đến 70% công suất thiết kế. Cột nước bơm hướng trục trong phạm vi 15 đến 20 m. Trong hình 7.27 trình bày biểu đồ lựa chọn đối với bơm hướng trục trục đứng hoặc trục ngang loại nhỏ ($H \leq 5\text{m}$).



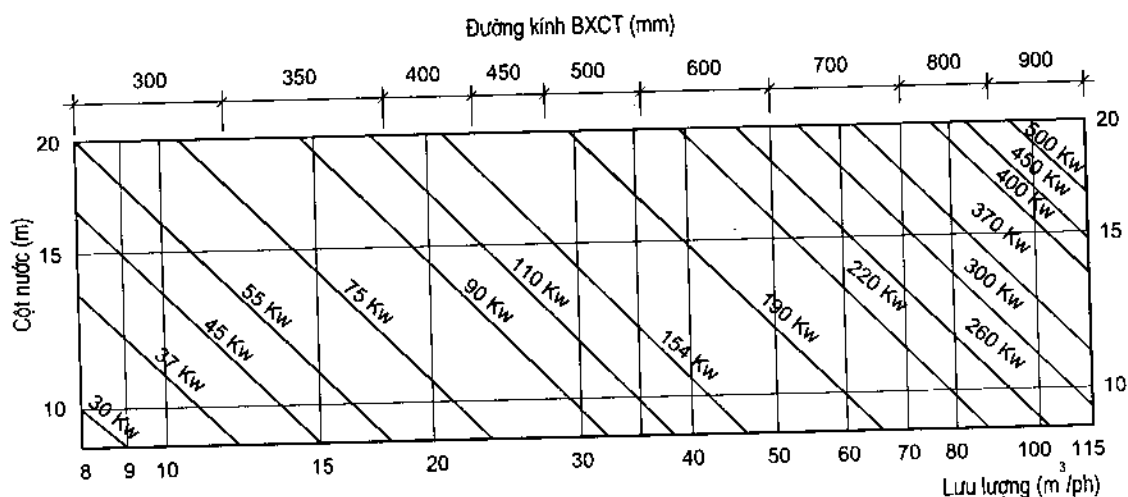
Hình 7.27: Biểu đồ lựa chọn bơm hướng trục loại nhỏ

3. Bơm chéo trục

Do đặc điểm của bơm ly tâm là làm việc với cột nước cao nhưng lưu lượng nhỏ, trong khi đó bơm hướng trục lại làm việc với lưu lượng lớn và cột nước thấp, cho nên bơm chéo trục được chế tạo cho khoảng cột nước và lưu lượng trung bình. Biểu đồ lựa chọn bơm chéo trục cho trên hình 7.28 và 7.29.

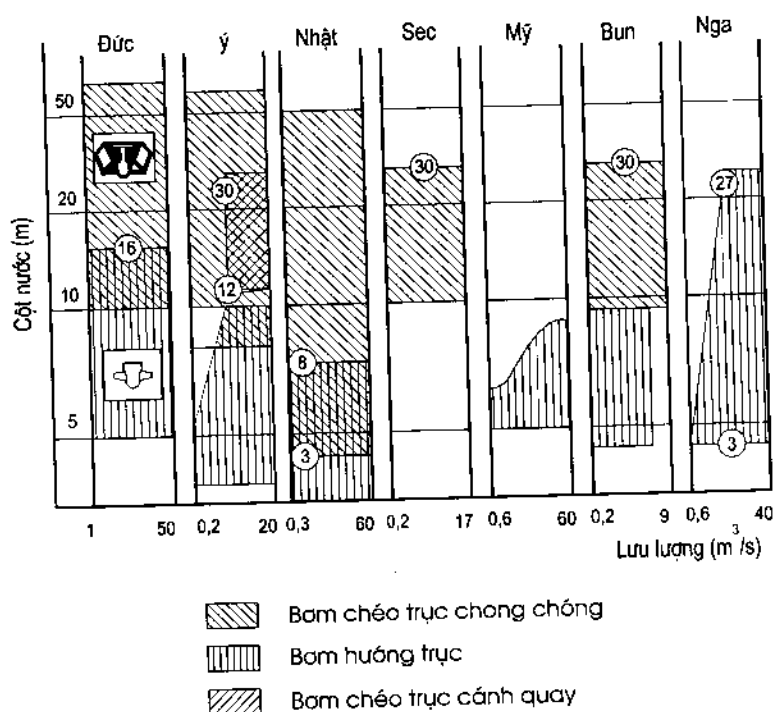


Hình 7.28: Biểu đồ lựa chọn bơm chéo trục cột nước thấp



Hình 7.29: Biểu đồ lựa chọn bơm chéo trục một cấp có một bộ phận hướng dòng

Phạm vi áp dụng bơm hướng trục và chéo trục cỡ lớn được chế tạo ở một số nước được thống kê trong hình 7.30.

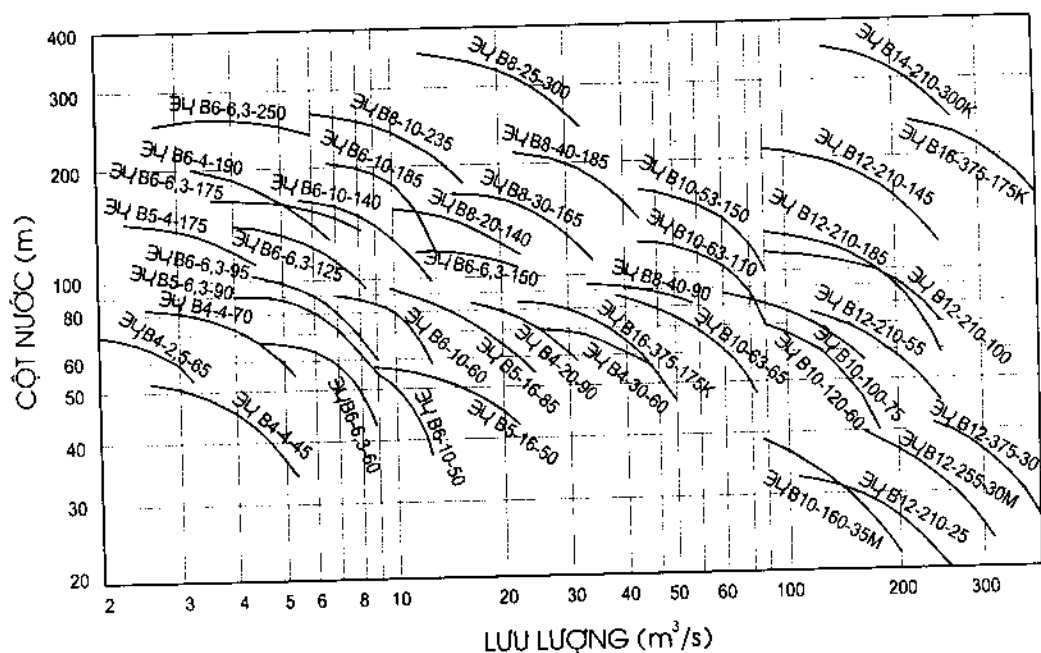


Hình 7.30: Phạm vi sử dụng bơm hướng trục và bơm chéo trục cỡ lớn

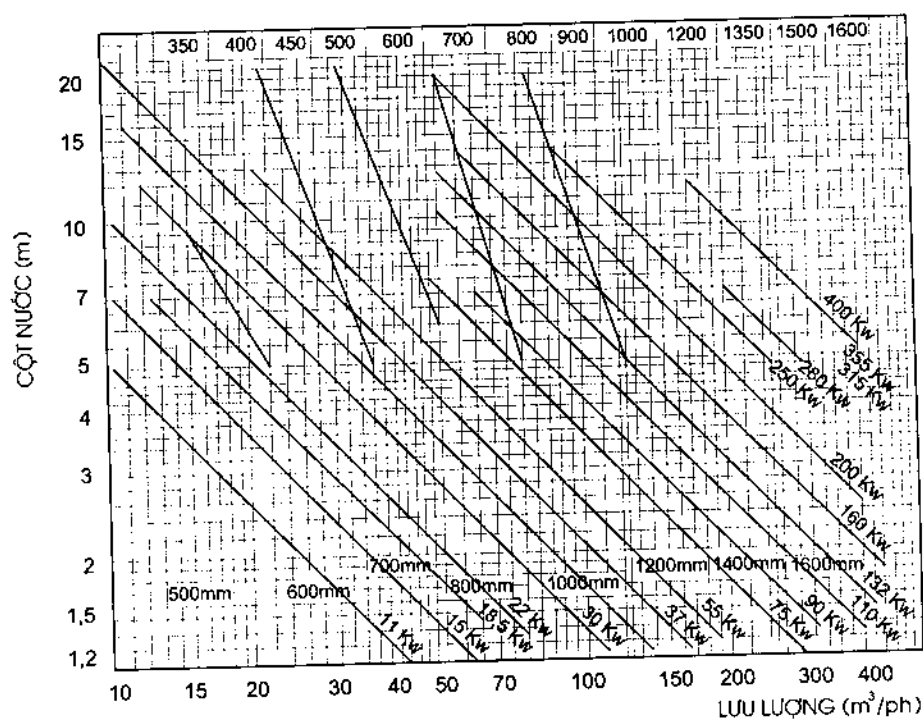
4. Bơm chìm

Bơm chìm với động cơ điện lắp bên trong vỏ và được thả xuống bể hút hoặc các giếng khoan ngày càng được sử dụng rộng rãi. Đặc điểm chính của bơm chìm là chi phí

mua thiết bị bơm cao, nhưng chi phí xây dựng phần nhà trạm lại rất nhỏ. Biểu đồ lựa chọn bơm chìm có thể tham khảo trong hình 7.31 và 7.32.



Hình 7.31: Biểu đồ lựa chọn bơm chìm vỏ xoắn ốc
(các chỉ số trong sơ đồ biểu thị công suất khởi động - KW)



Hình 7.32: Biểu đồ lựa chọn bơm chìm hướng trục và bơm chéo trục

7.6. MỘT SỐ LƯU Ý TRONG SỬ DỤNG BƠM TUỔI TIÊU

Quá trình thiết kế, lựa chọn máy bơm, sau đó xây dựng - lắp đặt, chạy thử và vận hành máy bơm là một khoảng thời gian dài, liên quan đến rất nhiều điều kiện, do đó nó là một quá trình rất phức tạp. Về sử dụng máy bơm nói chung và bơm ly tâm và bơm hướng trục nói riêng liên quan đến nhiều vấn đề, khi cần thiết phải tham khảo các sổ tay chuyên môn về bơm. Phần này chỉ mang tính chất gợi ý một số điểm hay gặp trong quá trình sử dụng mà thôi.

7.6.1. Lắp đặt bơm

Lắp đặt máy bơm trong trạm bơm là một công tác phức tạp, tỉ mỉ và đòi hỏi độ chính xác cao. Độ chính xác lắp ráp có ảnh hưởng không nhỏ đến hiệu suất làm việc của tổ bơm, tuổi thọ tổ bơm và chi phí vận hành. Có nhiều công đoạn trong lắp ráp máy bơm và thiết bị trong trạm bơm, có nhiều cách phân loại, tuy nhiên có thể phân công tác lắp đặt máy bơm và thiết bị trong trạm bơm thành những khối công việc sau:

1. Công tác chuẩn bị bao gồm

(a) Công tác chuẩn bị thiết bị như cần trục, pa lăng, máy đo đặc, các dụng cụ chuyên dụng sử dụng cho lắp ráp cơ khí khác..., chuẩn bị công nhân và kỹ sư lắp máy có trình độ và có tay nghề cao, vạch kế hoạch và tiến độ lắp đặt.

(b) Công tác kiểm tra bao gồm việc kiểm tra công tác chuẩn bị đã hoàn tất hay chưa, kiểm tra thiết bị máy bơm và thiết bị phụ đã sẵn sàng và đủ để lắp đặt chưa, lúc này với máy bơm lớn đôi khi phải tháo rời để kiểm tra chi tiết bên trong, với máy bơm nhỏ thì không cần tháo rời. Kiểm tra số lượng, chất lượng, hư hỏng, phụ tùng thay thế bước đầu...

(c) Công tác nghiên cứu thiết kế kỹ thuật và thiết kế thi công và quy trình lắp ráp từ hãng sản xuất, so sánh với điều kiện cụ thể để xây dựng kế hoạch và quy trình lắp đặt cho trạm bơm.

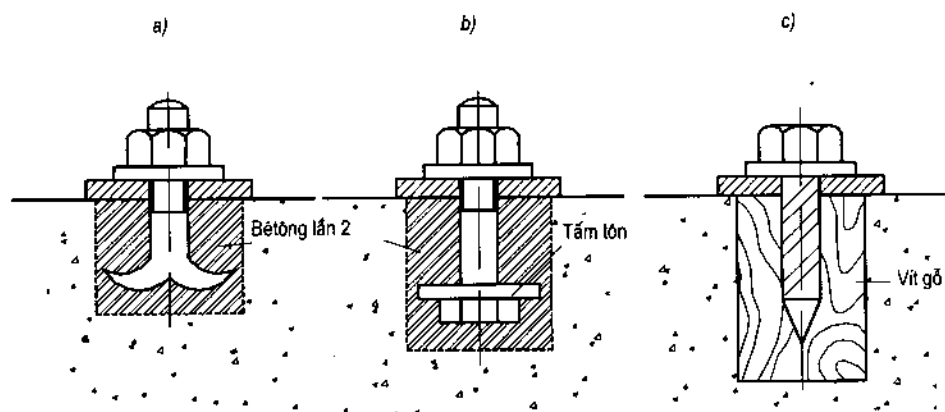
2. Công tác lắp tổ bơm bao gồm

(a) Lắp đặt máy bơm: trước khi lắp máy bơm, yêu cầu lau chùi cẩn thận các bộ phận của bơm, đo đặc kiểm tra xác định tim mốc của trục máy, kiểm tra các vị trí bu lông trên bệ máy so với lỗ bu lông đế máy, kiểm tra cao độ trục máy. Sau đó thận trọng đưa máy vào vị trí lắp đặt và tiến hành theo đúng hướng dẫn lắp đặt của hãng sản xuất và quy trình đã đề ra ở bước 1.

(b) Sau khi định vị máy bơm, tiến hành tương tự đối với động cơ điện (hoặc máy chủ). Khi vị trí động cơ điện và máy bơm đã được định vị, tiến hành nối truyền động sau đó kiểm tra lần cuối độ chính xác cho phép trong sai số lắp đặt. Khi đã đạt yêu cầu về độ chính xác, mới được cố định máy bơm và động cơ.

(d) Lắp ráp tổ bơm ly tâm: trước khi lắp ráp máy bơm, cần kiểm tra tình trạng chung của tổ máy, xem kỹ các tài liệu kỹ thuật liên quan đến hướng dẫn lắp đặt và hướng dẫn sử dụng, xoay thử trục bơm xem có trơn tru và quay nhẹ nhàng không. Sau đó có thể tham khảo trình tự lắp ráp tổ bơm trục ngang như sau:

- Xây bệ đỡ máy bơm theo bản vẽ thiết kế, bệ có thể là bê tông cốt thép, bê tông hoặc gạch xây. Trong thực tế, các tổ bơm ly tâm thường được đặt trên bệ đỡ, hẳn hữu cũng có tổ máy bơm không có bệ đỡ, tuy nhiên trường hợp này chỉ xảy ra khi quy mô và công suất tổ bơm rất nhỏ. Chú ý đổ bê tông các lỗ chờ để chôn bu lông chân máy theo thiết kế. Chiều dài bu lông theo tiêu chuẩn từ $200 \div 700$ mm, đường kính lỗ chờ $\phi = 100 \div 250$ mm.



Hình 7.33: Bu lông bệ máy

- Sau đó chôn bu lông chốt chết (hình 7.33a), bu lông có tấm tôn hãm (hình 7.33b) hoặc dùng vít gỗ (hình 7.33c). Dùng máy thủy bình hoặc nivô để kiểm tra độ thẳng bằng của móng máy và bệ máy trước khi lắp ráp bơm. Chú ý cân bằng cả mặt phẳng ngang của bệ máy và các mặt đứng tại bốn góc bệ máy. Định vị các bu lông thật chính xác theo bản vẽ, sau đó chèn bê tông và cố định các bu lông chờ.

- Sau ít nhất 3 ngày để bệ máy đạt độ cứng, có thể lắp máy bơm vào bệ. Xiết chặt các bu lông bệ máy và có thể coi việc lắp máy bơm đã xong.

(e) Lắp ráp bơm hướng trục trục đứng: trước khi lắp ráp máy bơm, cần kiểm tra tình trạng chung của tổ máy, xem kỹ các tài liệu kỹ thuật liên quan đến hướng dẫn lắp đặt và hướng dẫn sử dụng. Đối với bơm trục nói chung, công việc quan trọng nhất là đảm bảo được sự đồng tâm của trục bơm với trục động cơ. Trình tự lắp ráp tổ bơm hướng trục trục đứng như sau:

- Lắp bánh xe công tác vào trục bơm, kiểm tra và hiệu chỉnh tâm trục bơm.

- Thông thường trục bơm đặt thấp hơn $4 \div 5$ mm so với vị trí theo thiết kế. Không lắp vỏ bạc của ổ trượt dẫn hướng. Độ thẳng đứng của trục bơm có thể kiểm tra theo phương pháp bốn dây (hình 7.34).

Phía bích trên của trục gắn khung chữ thập 1, mỗi đầu treo một dây thép mềm đường kính $0,3 \div 0,5$ mm bên dưới treo quả cân. Trọng lượng mỗi quả cân xác định theo điều kiện kéo căng dây thép (công thức 7.71). Với dây thép 0,3mm cân quả cân 5,7 kg, với dây thép 0,5 mm cân quả cân 15,7 kg.

$$P = \frac{\sigma_T \pi d^2}{4k} \quad (7.71)$$

Trong đó:

P - lực căng đầu dây thép kG;

σ_T - khả năng chịu kéo của dây thép, $\sigma_T = 200$ kG/mm²;

k - hệ số, lấy bằng 2,5.

Xác định độ thẳng đứng của trục theo các điều kiện:

$$\begin{cases} \delta_x = \frac{(a_2 - c_2) - (a_1 - c_1)}{2} \\ \delta_y = \frac{(d_2 - b_2) - (d_1 - b_1)}{2} \end{cases} \quad (7.72)$$

Trong đó x và y là hai trục vuông góc với nhau và trùng với hai trục của khung chữ thập. Trị số tuyệt đối của độ lệch theo phương đứng là:

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \quad (7.73)$$

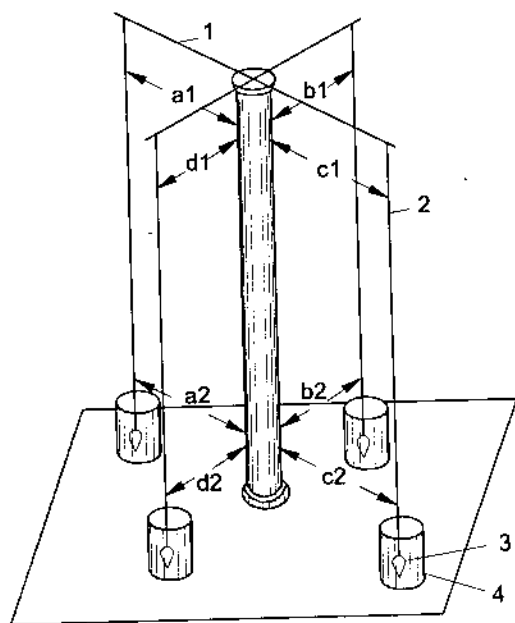
Sai số cho phép là:

$$[(a_1 + c_1) + (b_2 + d_2)] - [(a_2 + c_2) + (b_1 + c_1)] < 0,04 \text{ mm} \quad (7.74)$$

3. Công tác nối tổ bơm với ống hút và ống đẩy bao gồm

(a) Kiểm tra lại vị trí, độ dài ống, khoảng cân chỉnh của ống hút và ống đẩy (thường đã được định vị trước trong quá trình xây lắp nhà trạm), cân chỉnh tuyến ống, sử dụng các dụng cụ kích, chèn và các thiết bị như bích rời, gioăng, bu lông... để lắp ống hút và ống đẩy vào máy bơm.

(b) Nếu đảm bảo độ chính xác thì cố định ống hút và ống đẩy, cho phép bên xây lắp thực hiện công tác xây trát hoàn thiện. Nếu khó khăn hoặc độ chính xác lắp ráp chưa đảm bảo, lúc đó buộc phải nghiên cứu giải pháp cân chỉnh, phải phân tích, tính toán kỹ lưỡng trước khi cân chỉnh.



Hình 7.34: Phương pháp bốn dây kiểm tra độ thẳng đứng của trục

4. Công tác lắp ráp thiết bị phụ

Kiểm tra lại công tác chuẩn bị đối với thiết bị phụ trong nhà máy bơm. Sau đó theo quy trình và hướng dẫn lắp đặt để lắp ráp thiết bị phụ. Tùy quy mô và loại hình của nhà trạm bơm mà thiết bị phụ bao gồm các loại sau:

- + Thiết bị điện: bảng tủ điện, trạm hạ áp, rơ le, cầu chì, cầu dao,...
- + Thiết bị thông gió và làm mát.
- + Thiết bị chiếu sáng (tự nhiên và nhân tạo).
- + Thiết bị tiêu nước thấm trong nhà máy.
- + Thiết bị nâng hạ.
- + Thiết bị điều khiển và kiểm tra (chống rung, chống ồn).
- + Thiết bị khác như khí nén, dầu áp lực...

5. Công tác lắp ráp tuyến ống và thiết bị trên đường ống bao gồm

(a) Đây là công tác có khối lượng lớn, công tác này được thực hiện ngoài hiện trường theo tuyến ống thiết kế. Do đó trước hết phải thực hiện công tác đào đắp, xây lắp (bệ ống, neo ống), sau đó vận chuyển ống rải dọc tuyến lắp ráp.

(b) Vận chuyển thiết bị, dụng cụ và tiến hành vừa cân chỉnh để đảm bảo thông số thiết kế, vừa lắp ráp các đoạn ống với nhau. Công đoạn này có thể tiến hành từ nhà trạm bơm đến hộ tiêu thụ (quy trình xuôi này hay được sử dụng), tuy nhiên cũng có thể lắp ngược lại hoặc lắp thành từng khối công đoạn ống, tuy nhiên phải đảm bảo độ chính xác yêu cầu.

(c) Lắp ráp các thiết bị trên đường ống như van, khóa nước, đồng hồ đo áp và đo lưu lượng...

6. Công tác tổng kiểm tra

Sau khi các công việc nêu trên hoàn tất, cần tổng kiểm tra lần cuối công tác lắp ráp để điều chỉnh, sửa chữa (nếu cần). Sau đó chuẩn bị sang công tác vận hành thử.

7.6.2. Khởi động bơm

Khởi động bơm ly tâm và bơm hướng trục chủ yếu lưu ý đến hai vấn đề là mô men khởi động (hay công suất khởi động) và môi nước cho bơm.

1. Mô men khởi động bơm

Muốn máy bơm khởi động, mô men quay của động cơ phải lớn hơn mô men khởi động yêu cầu trên trục máy bơm. Nếu điều kiện trên không được đảm bảo thì hoặc máy bơm không thể khởi động được, hoặc bơm làm việc không ổn định.

Mô men khởi động bơm phụ thuộc vào loại bơm bởi vì mỗi loại bơm (bơm ly tâm, bơm hướng trục, bơm chéo trục) có đường đặc tính công tác khác nhau (hình 7.35).

Với bơm ly tâm, ứng với chế độ đóng van ($Q = 0$) có trị số công suất nhỏ nhất (đường c), tức là khi khởi động nên đóng van trên ống đẩy để giảm mô men khởi động. Còn với bơm hướng trục có công suất lớn ở chế độ $Q = 0$ (có thể lớn gấp 2 đến 3 lần công suất của bơm ở chế độ thiết kế). Công suất của bơm giảm dần (đường a) với sự tăng lên của lưu lượng và đạt nhỏ nhất khi van trên ống đẩy mở lớn nhất. Nghĩa là khi khởi động bơm hướng trục cần mở hết cỡ van trên ống đẩy. Với bơm chéo trục, nói chung có đường đặc tính công tác gần giống bơm hướng trục (đường b), do vậy nên mở van trên ống đẩy khi khởi động.

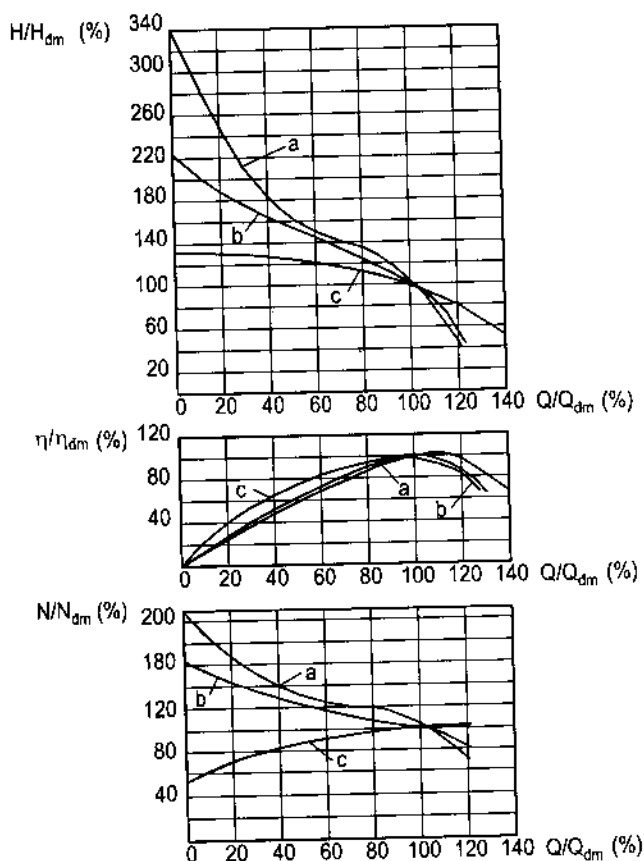
2. Môi nước cho máy bơm

Môi nước chỉ đặt ra với bơm ly tâm đặt nổi, mặc dù hiện nay với công nghệ tiên tiến một số

bơm ly tâm cũng đã tự động môi nước khi khởi động. Tuy nhiên để phục vụ vận hành thì vấn đề môi nước cho bơm ly tâm vẫn cần phải được nhắc nhở. Khi máy bơm làm việc với chiều cao hút dương mà không có thiết bị môi nước tự động thì phải môi đầy nước vào phần hút của bơm trước khi khởi động. Trong thực tế có thể sử dụng một số phương pháp môi nước sau đây.

(a) Môi nước thủ công: Mở nút chặn nằm phía trên của vỏ xoắn của máy bơm, mức nước đổ đầy qua lỗ này, lưu ý mở hết cỡ van xả khí (nếu có). Đổ cho đến khi nước đầy tràn lỗ nút chặn thì đóng van xả, đóng nút chặn rồi cho máy bơm khởi động.

(b) Môi nước từ ống xả của bơm: Có thể xảy ra hai trường hợp: nếu không có van một chiều ở ống hút thì cần mở van điều chỉnh ở ống đẩy và mở van xả khí qua lỗ xả trên vỏ bơm. Nếu có van một chiều ở ống hút thì có thể dùng ống đặc biệt để đưa nước từ ống đẩy xuống ống hút của bơm. Cả hai trường hợp đều phải chú ý là nước ở ống đẩy có áp suất dư cho nên phải mở hết cỡ van xả khí hoặc nút chặn ở phía trên vỏ xoắn để xả hết khí trước khi khởi động bơm.



Hình 7.35: Đường đặc tính công tác

a) Bơm hướng trục; b) Bơm chéo trục; c) Bơm ly tâm

(c) Mỗi nước từ thùng chứa hay bể xả: Trường hợp này cần có một thùng chứa hoặc bể xả đặt trên cao. Một ống mỗi nước được gắn từ thùng chứa tới buồng bơm và ống hút, trên ống mỗi có bố trí các van một chiều. Khi mỗi nước, cần mở van xả khí hoặc nút chặn để xả hết khí, sau đó mở van ống mỗi để mỗi nước, cuối cùng đóng van xả khí hoặc nút chặn rồi khởi động máy bơm.

(d) Mỗi nước bằng bơm chân không: Với bơm lớn hơn, có thể lắp các bơm chân không để mỗi nước. Bơm chân không (có thể là bơm pít tông, bơm dòng xoáy, ...) được lắp phía ống hút, tại điểm cao nhất của vỏ bơm cần mỗi nước, còn ống đẩy của bơm chân không được lắp với thùng chứa hay hệ thống thoát nước (lưu ý mỗi nước cho bơm chân không trước khi mở máy bơm chân không). Khi bơm chân không hoạt động, không khí trong buồng bơm và ống hút sẽ được từ từ rút ra, nước từ phía bể hút sẽ nâng dần lên trong ống hút và buồng bơm. Thời gian mỗi nước bằng bơm chân không thường từ 3 đến 5 phút là tốt nhất, không nên lâu quá 15 phút.

(e) Mỗi nước bằng bơm phun tia: Ống hút của bơm phun tia được lắp với điểm cao nhất trên vỏ bơm của máy bơm cần mỗi nước. Khi bơm phun tia hoạt động, cần đóng van trên ống đẩy của máy bơm cần mỗi, độ chân không trong buồng bơm hoặc trong ống hút của bơm cần mỗi tăng dần, nước từ bể hút hoặc từ ống đẩy của bơm cần mỗi sẽ dâng lên (tương tự như trường hợp mỗi nước bằng bơm chân không) trong ống hút và buồng bơm cần mỗi nước. Trường hợp dùng bơm phun tia sẽ không cần bố trí van một chiều trên ống hút của bơm cần mỗi.

Quá trình khởi động bơm ly tâm cần thực hiện các thao tác sau:

- (a) Đóng van (khóa) và đồng hồ đo chân không trên ống đẩy
- (b) Đóng các van trên ống đẩy và ống dẫn phụ
- (c) Mở khóa đồng hồ đo áp suất
- (d) Tiến hành mỗi nước cho bơm
- (e) Đóng rơ le để chạy động cơ điện, quá trình khởi động bắt đầu
- (g) Khi đạt số vòng quay yêu cầu và đạt áp suất cần thiết (đọc trên đồng hồ đo) thì mở khóa chân không kế và khóa ống dẫn nước làm mát...
- (h) Sau cùng mở khóa, van trên ống đẩy để bơm nước vào hệ thống.

Nếu trên ống đẩy có lắp đặt van một chiều khít nước thì thao tác đóng - mở van trên ống đẩy không cần thiết nữa.

7.7. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 7

1. Có mấy loại bơm cánh? Phân biệt sự khác nhau cơ bản giữa nguyên lý làm việc của các loại bơm đó?
2. Hãy kể tên một số loại bơm ly tâm đã và đang được sản xuất ở Việt Nam?
3. Xây dựng phương trình cơ bản của bơm ly tâm?

4. Định nghĩa đường đặc tính lý thuyết, đường đặc tính thực và đường đặc tính tổng hợp của bơm ly tâm? Công dụng của đường đặc tính trong thiết kế và vận hành bơm như thế nào?
5. Nêu khái niệm về hiện tượng khí thực và chiều sâu hút của bơm ly tâm?
6. Mạng lưới dẫn nước là gì? các loại công trình và thiết bị trên mạng lưới dẫn nước? Đặc trưng thủy lực của mạng lưới dẫn nước là gì?
7. Hãy nêu các phương trình cơ bản của mạng lưới dẫn nước.
8. Tính toán tổn thất thủy lực mạng lưới dẫn nước?
 - Nêu công thức Hazen - Williams và áp dụng?
 - Nêu công thức Darcy - Weisbach và áp dụng?
 - Nêu công thức Sêvêlep và áp dụng?
 - Nêu công thức Pavlôxki và áp dụng?
9. Tính tổn thất dọc đường ống gang mới có độ dài $L = 500\text{m}$, đường kính trong của ống $D = 1200\text{mm}$, lưu lượng nước chảy trong ống $Q = 2,40 \text{ m}^3/\text{s}$ theo các công thức của Sêvêlep, Pavlôxki, Darcy-Weisbach và Hazen-Williams. So sánh kết quả và rút ra nhận xét.
10. Ghi nhớ công thức tính tổn thất thủy lực cục bộ. Xem các hệ số tính tổn thất cục bộ khi đặc trưng mặt cắt thủy lực thay đổi đột ngột.
11. Điểm làm việc của bơm là gì, cách xác định điểm làm việc của bơm theo phương pháp thông thường và theo phương pháp trừ tổn thất trước?
12. Nêu mục đích của việc nối ghép bơm, nêu các trường hợp nối ghép bơm và cách tìm điểm làm việc chung khi nối ghép bơm?
13. Sơ đồ mạng cấp nước bơm B_1 làm việc song song với tháp nước C_1 để cấp nước cho bể chứa C_2 được thể hiện trong hình 7.19. Yêu cầu dùng nước tại bể C_2 lúc nào cũng phải đảm bảo $Q_2 = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Hãy tính lưu lượng và cột nước do bơm và tháp nước cấp cho bể, nếu biết các số liệu sau:
 - (a) Bể C_2 đặt ở cao độ 32m so với mực nước tại bể hút của bơm B_1 .
 - (b) Mực nước trong tháp C_1 ổn định ở mức 36m so với mực nước tại bể hút của bơm B_1 .
 - (c) Điểm nối M có cao độ 28m so với mực nước tại bể hút bơm.
 - (d) Đoạn ống từ miệng hút đến điểm nối M có đường kính 1m, được đặc trưng tổn thất $h_{w1} = 4,2 v_1^2/2g$
 - (e) Tổn thất thủy lực đoạn ống từ tháp (điểm C) đến điểm nối M, đoạn L_2 có đường kính 1m là $h_{w2} = 2,6 v_2^2/2g$

(f) Tổn thất thủy lực từ điểm nối M đến bể chứa, đoạn L_3 nằm ngang có đường kính 1m là $h_{W3} = 3,5 v_3^2/2g$.

(g) Gần đúng cho đặc tính công tác bơm B_1 là $H = 34 - (12 v_1^2/2g)$.

14. Những yếu tố ảnh hưởng trong quá trình lựa chọn máy bơm là gì?

15. Nêu các bước trong quy trình lựa chọn máy bơm?

16. Chọn loại máy bơm, tốc độ quay, đường kính bánh xe công tác và số lượng tổ máy cần thiết để cấp nước cho hệ thống nhà cao tầng với các số liệu sau:

- Mức nước tại bể hút: $Z_{BHmax} = -1,0m$, $Z_{BHmin} = -2,5m$.

- Mức nước tại bể xả: $Z_{BXmax} = +35,0m$, $Z_{BXmin} = +33,5m$.

- Cao trình đặt máy bơm: $Z_{MB} = 0$.

- Bỏ qua các loại tổn thất thủy lực.

- Lượng nước bơm trong một ngày (12 giờ) là $2400 m^3$.

- Sử dụng các đường đặc tính kỹ thuật có trong giáo trình để chọn máy bơm.

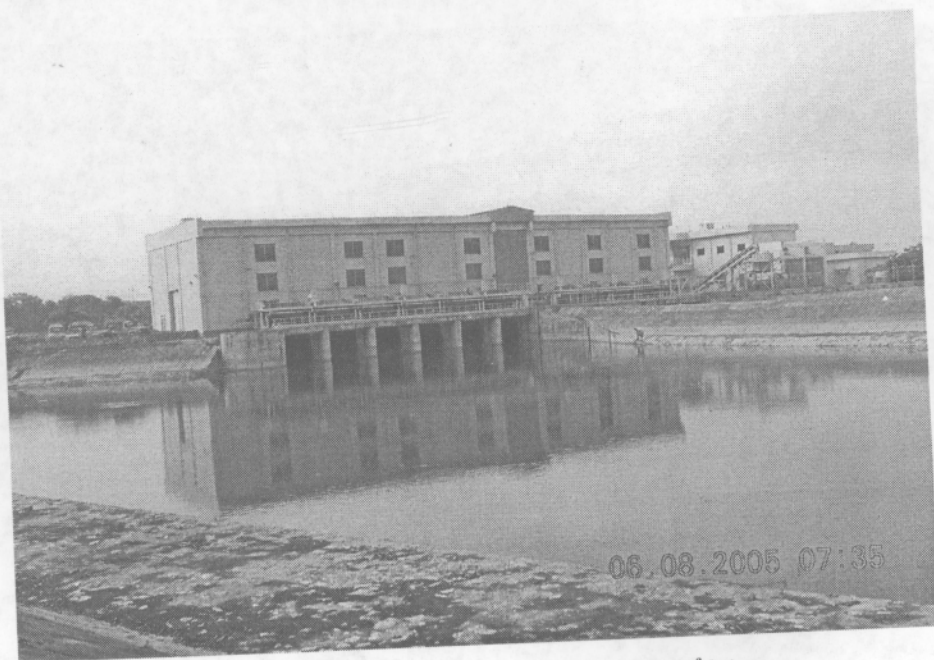
17. Nêu những lưu ý trong công tác lắp đặt bơm và tổ bơm?

Chương 8

NHÀ MÁY BƠM TUỚI TIÊU VÀ CÔNG TRÌNH NỐI TIẾP

8.1. PHÂN LOẠI NHÀ MÁY BƠM

Nhà máy bơm là một loại công trình được xây dựng để bố trí các thiết bị và máy móc phục vụ cho yêu cầu bơm, đồng thời để tiếp nhận các tải trọng và lực do các máy móc thiết bị truyền sang (kể cả tải trọng tĩnh và động) và qua nó truyền xuống nền. Tương tự như nhà máy thủy điện, kết cấu nhà máy bơm thường được chia thành hai phần: phần dưới nước và phần trên khô. Phần dưới nước ngoài việc đảm bảo bố trí thành phần công trình và thiết bị như bể hút, ống hút, máy bơm,... còn chịu tải trọng (các loại) trực tiếp của nước. Phần trên khô, nằm cao hơn mực nước và mực nước ngầm, cũng có nhiệm vụ bố trí các thiết bị mà quan trọng nhất là thiết bị năng lượng, thiết bị điện, hệ thống điều khiển,... do đó phần này không chịu tác động trực tiếp của môi trường nước. Về mặt kết cấu, phần trên khô của nhà máy bơm tương tự như nhà công nghiệp. Hình 8.1 cho thấy toàn cảnh phía thượng lưu (bể hút) của một nhà máy bơm tiêu quy mô lớn. Trên hình 8.1, chúng ta thấy rõ phần trên khô (từ mặt đất tự nhiên trở lên) có dáng dấp một nhà công nghiệp với phần bao che có chú ý đến tính kiến trúc. Còn phần dưới nước chịu tác động trực tiếp của môi trường nước ở bể hút.



Hình 8.1: Nhà máy bơm tiêu nước và bể hút

Ngoài ra theo chiều cao từ dưới lên trên, còn có thể chia nhà máy bơm thành ba tầng: tầng ống hút, tầng máy bơm và tầng động cơ (tương tự như nhà máy thủy điện có tầng ống hút, tầng tuốc bin và tầng máy phát. Khi biên độ dao động của nước nguồn quá lớn (nhà máy bơm trọng lực kiểu giếng đứng nằm ở bãi bồi của các con sông lớn), trục máy bơm đến trục động cơ quá dài, người ta có thể bố trí các tầng phụ với hệ khung dầm trung gian giữ các ổ và khớp nối trục.

Về tổng quát, hình thức và kết cấu của nhà máy bơm phụ thuộc vào thể loại, quy mô và số lượng máy bơm, loại và cấu tạo của động cơ chạy máy bơm, vào sự bố trí phối hợp giữa các công trình nối tiếp với nhà máy, vào điều kiện thủy văn của nguồn nước, tình hình khí hậu, địa chất khu vực xây dựng, điều kiện thi công và vật liệu xây dựng, và vào các yêu cầu về khai thác quản lý trạm bơm sau này.

Có thể phân loại nhà máy bơm về phương diện quy mô, tức là dựa theo năng suất Q của nhà máy thành các loại nhà máy bơm *cỡ lớn*, *cỡ trung bình* hoặc *cỡ nhỏ*, tuy nhiên sự phân loại này chỉ có tính tương đối, vì nó phụ thuộc vào từng ngành cụ thể, ví dụ đối với các ngành dùng nước cỡ lớn trong lĩnh vực tưới tiêu thì nhà máy có $Q_{tr} \geq 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ sẽ là nhà máy cỡ nhỏ, trong khi đó đối với các ngành cấp nước thì đó lại là loại nhà máy cỡ lớn hoặc trung bình lớn.

Trong chương này, vấn đề được quan tâm là hình thức bố trí và kết cấu cụ thể của nhà máy bơm như thế nào, nó phụ thuộc chủ yếu vào những yếu tố gì. Dưới góc độ đó, nhà máy bơm được phân thành một số nhóm loại điển hình sau:



Hình 8.2: Bể xả của nhà máy bơm tiêu nước

- 1) Nhà máy bơm kiểu trọng lực hay còn gọi là kiểu khối lớn.
- 2) Nhà máy bơm kiểu buồng.
- 3) Nhà máy bơm kiểu đường ống dẫn.
- 4) Nhà máy bơm loại di động.

Ngoài cấu tạo và đặc điểm kết cấu của nhà máy bơm, trong chương này còn đề cập tới hai thành phần công trình luôn luôn đi kèm với nhà máy bơm là bể hút và bể xả. Còn các thiết bị chính và phụ (trừ máy bơm) sẽ được giới thiệu ở chương 9.

8.2. CẤU TẠO NHÀ MÁY BƠM KIỂU TRỌNG LỰC

8.2.1. Đặc điểm kết cấu nhà máy bơm trọng lực

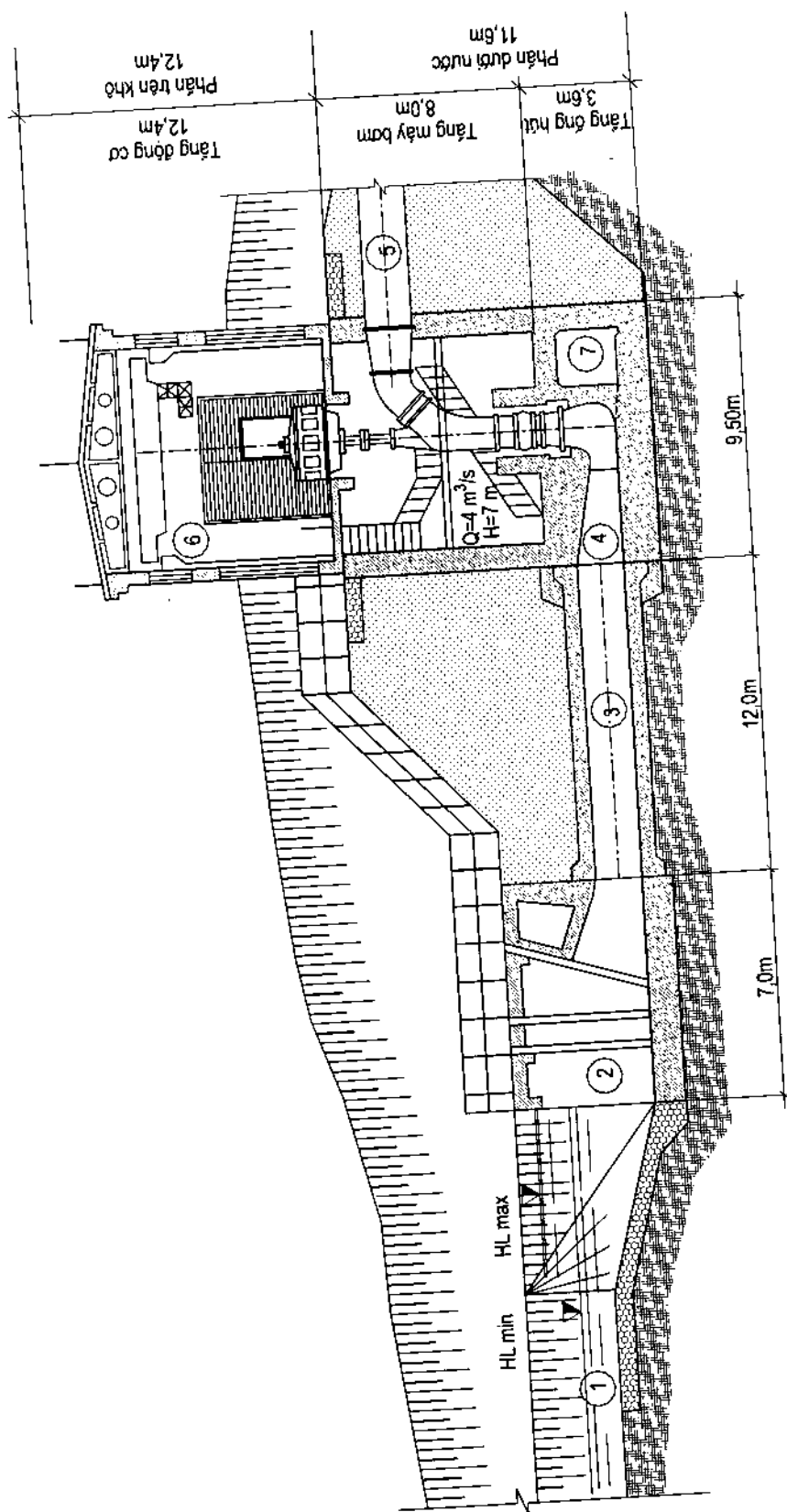
Đặc điểm chính của loại nhà máy bơm kiểu trọng lực là phần móng nhà máy được làm bằng khối bê tông trọng lực (kính thước và trọng lượng lớn) có khả năng chịu được tải trọng (tĩnh và động) lớn với độ ổn định cao. Nhà máy bơm loại trọng lực dựa vào trọng lượng lớn của bản thân nhà máy để ổn định. Loại nhà máy này được thiết kế khi dùng các loại máy bơm ly tâm hay hướng trục trực đứng cỡ lớn với lưu lượng mỗi bơm $Q_b \geq 2m^3/s$. Chiều cao hút của máy bơm thường là âm với loại ống hút hình khuỷu cong hay hình chữ nhật. Về mặt bố trí, nhà máy bơm gồm 3 tầng: tầng ống hút, tầng bơm và tầng động cơ. Trong trường hợp biên độ dao động mực nước ở nguồn khá lớn ($\Delta Z \geq 8m$), để đảm bảo cho động cơ luôn luôn khô và làm việc an toàn, thường người ta bố trí sàn của tầng động cơ nằm trên mực nước lũ tính toán một độ dự trữ an toàn khoảng $0,5 \div 1m$, khi đó giữa tầng động cơ và tầng máy bơm cách nhau khá lớn nên có khi phải chia thành một số tầng trung gian để bố trí các dầm đỡ trục bơm. Lúc này nhà máy bơm khối lớn còn gọi là trọng lực giếng đứng.

8.2.2. Một số sơ đồ, mặt cắt của nhà máy bơm kiểu trọng lực

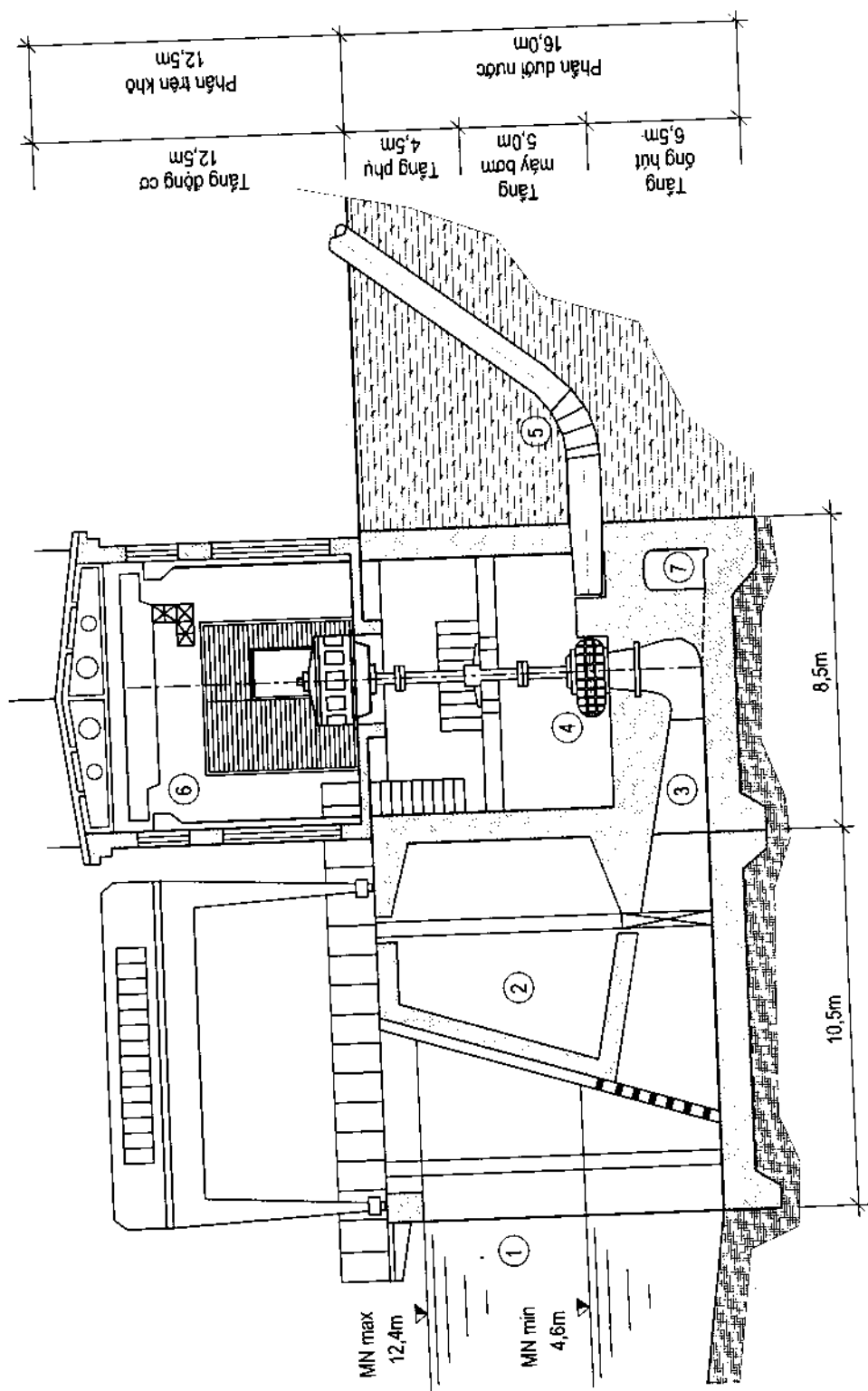
Trong phần này sẽ giới thiệu một số sơ đồ và mặt cắt của nhóm nhà máy bơm kiểu trọng lực.

Hình 8.3 là sơ đồ mặt cắt ngang của một nhà máy bơm trọng lực lắp máy bơm hướng trục. Loại này được ứng dụng trong cả hệ thống tưới và hệ thống tiêu có quy mô lớn. Máy bơm trong nhà máy là máy bơm hướng trục trực đứng, ống hút bằng BTCT dạng khuỷu cong nối liền với bể hút. Khối nhà máy được chia thành ba tầng rõ ràng là tầng ống hút với bản đáy BTCT dày từ 1,0 đến 2,5 m. Tiếp theo là tầng máy bơm, với máy bơm hướng trục trực đứng, về nguyên tắc tầng máy bơm cần khô ráo, tuy nhiên do thấm và rò rỉ nên tầng này cũng thường ẩm ướt. Trên cùng là tầng động cơ khô ráo hoàn toàn. Đây là tầng đồng thời đặt các thiết bị điện, bảng tủ điều khiển, thiết bị nâng và phần bao che.

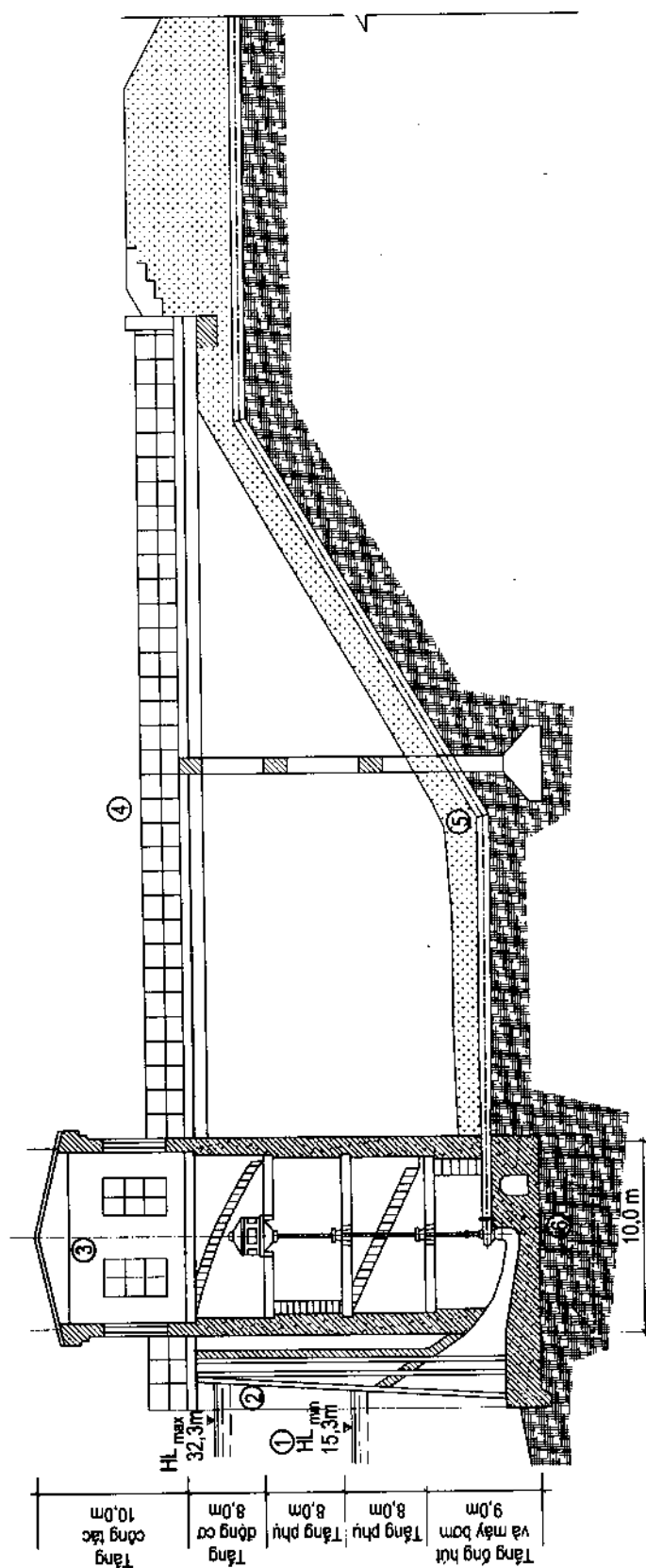
Trong hình 8.4 thể hiện sơ đồ mặt cắt ngang của một nhà máy bơm trọng lực lắp máy bơm ly tâm trực đứng phục vụ tưới quy mô lớn. Tại công trình lấy nước có bố trí lưới chắn rác và cửa van công tác cùng một căn trục chân dề phục vụ công tác lắp đặt và vận hành. Ngay sau công trình lấy nước là ống hút BTCT khuỷu cong. Về mặt kết cấu, nhà máy này tương tự như với nhà máy bơm trọng lực với máy bơm hướng trục trực đứng trên hình 8.3.



Hình 8.3: Sơ đồ mặt cắt ngang nhà máy bơm trọng lực bơm hướng trục trực đứng
 1 - Kênh dẫn; 2 - Bể hút và công trình lấy nước; 3 - Ống dẫn nước;
 4 - Ống hút; 5 - Ống đẩy; 6 - Nhà máy bơm; 7 - Buồng thu nước thấm



Hình 8.4: Sơ đồ mặt cắt ngang nhà máy bơm trọng lực bơm ly tâm trục đứng
 1 - Nguồn nước; 2 - Công trình lấy nước; 3 - Ống hút; 4 - Máy bơm; 5 - Ống đẩy; 6 - Nhà máy bơm; 7 - Buồng thu nước thấm



Hình 8.5: Nhà máy bơm trọng lực kiểu giếng

1 - Nguồn nước (sông); 2 - Công trình lấy nước; 3 - Nhà máy bơm; 4 - Cầu công tác; 5 - Ống đẩy; 6 - Giếng chìm

Một dạng khác của nhà máy bơm trọng lực được thể hiện trong hình 8.5. Đó là nhà máy bơm trọng lực kiểu giếng. Dọc hai bờ sông Hồng, sông Lô,... ở khu vực đồng bằng, có hàng chục nhà máy bơm kiểu này. Nhà máy bơm được xây dựng ngoài sông trên bãi bồi, rất khó đưa nhà máy vào bờ vì hai vấn đề là: biên độ dao động mực nước sông quá lớn (hàng chục mét) và giới hạn của chiều cao hút của máy bơm. Toàn bộ nhà máy bơm như một giếng đứng BTCT bên trong lắp đặt tất cả các thiết bị. Nhà máy bơm được nối với bờ sông bằng một cầu công tác. Do trục tổ máy rất dài nên khá nhiều tầng phụ được thiết kế nhằm đảm bảo ổn định của phần quay của tổ bơm.

8.3. CẤU TẠO NHÀ MÁY BƠM KIỂU BUỒNG

8.3.1. Đặc điểm kết cấu nhà máy bơm kiểu buồng

Điểm khác nhau cơ bản giữa nhà máy bơm kiểu buồng với nhà máy bơm kiểu trọng lực nằm ở bốn điểm chính:

- Kết cấu nhẹ nhàng hơn, bản đáy mỏng hơn, không tự ổn định bằng trọng lượng bản thân.

- Quy mô tổ bơm thường nhỏ hơn, lưu lượng tổ bơm $Q_b < 2m^3/s$.

- Nhà máy bơm thường tách biệt với công trình lấy nước và bể hút (nhà máy bơm kiểu riêng biệt).

- Thường được bố trí ngoài sông nhưng nằm gần bờ hơn, riêng công trình lấy nước có thể nằm xa bờ. Biên độ dao động mực nước nguồn $\Delta Z \leq 8m$.

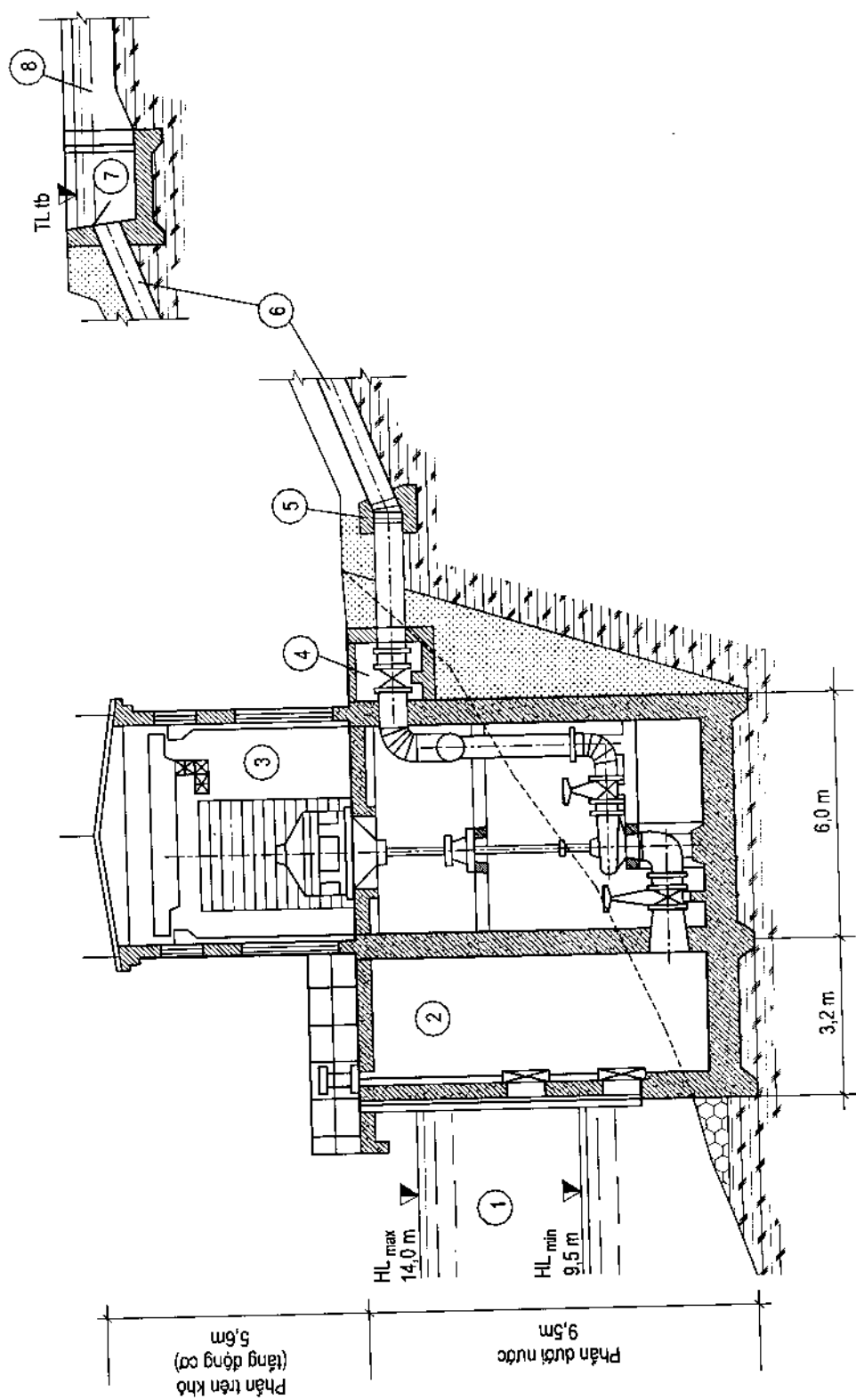
Ngoài các điểm khác nhau trên, những kết cấu chịu lực khác của loại nhà máy này đều tương tự như với nhà máy bơm trọng lực. Phần trên khô bao gồm tầng động cơ, bao che và tầng máy bơm tương tự với nhà máy bơm trọng lực, chỉ tầng ống hút là khác bởi ống hút được bố trí riêng biệt, đôi khi không có tầng ống hút trong nhà máy bơm.

Tùy theo sự bố trí tương quan giữa tầng bơm với bể hút, nhà máy bơm kiểu buồng có thể được phân thành loại buồng khô, buồng ướt với sàn bơm đặt khô và loại buồng ướt với máy bơm đặt ngập trong nước.

Đối với loại nhà máy bơm kiểu buồng nhưng tầng bơm đặt khô có thể dùng khi biên độ dao động mực nguồn là bất kỳ. Với loại nhà máy bơm kiểu buồng có bơm đặt ngập trong nước chỉ được dùng khi biên độ dao động mực nước ở bể hút nhỏ $\Delta Z \leq 2 \div 3m$, vì rằng nếu biên độ lớn sẽ làm cho trục nối động cơ với máy bơm sẽ dài, chiều cao của tầng bơm sẽ lớn và kết cấu nhà máy sẽ trở nên nặng nề và không kinh tế.

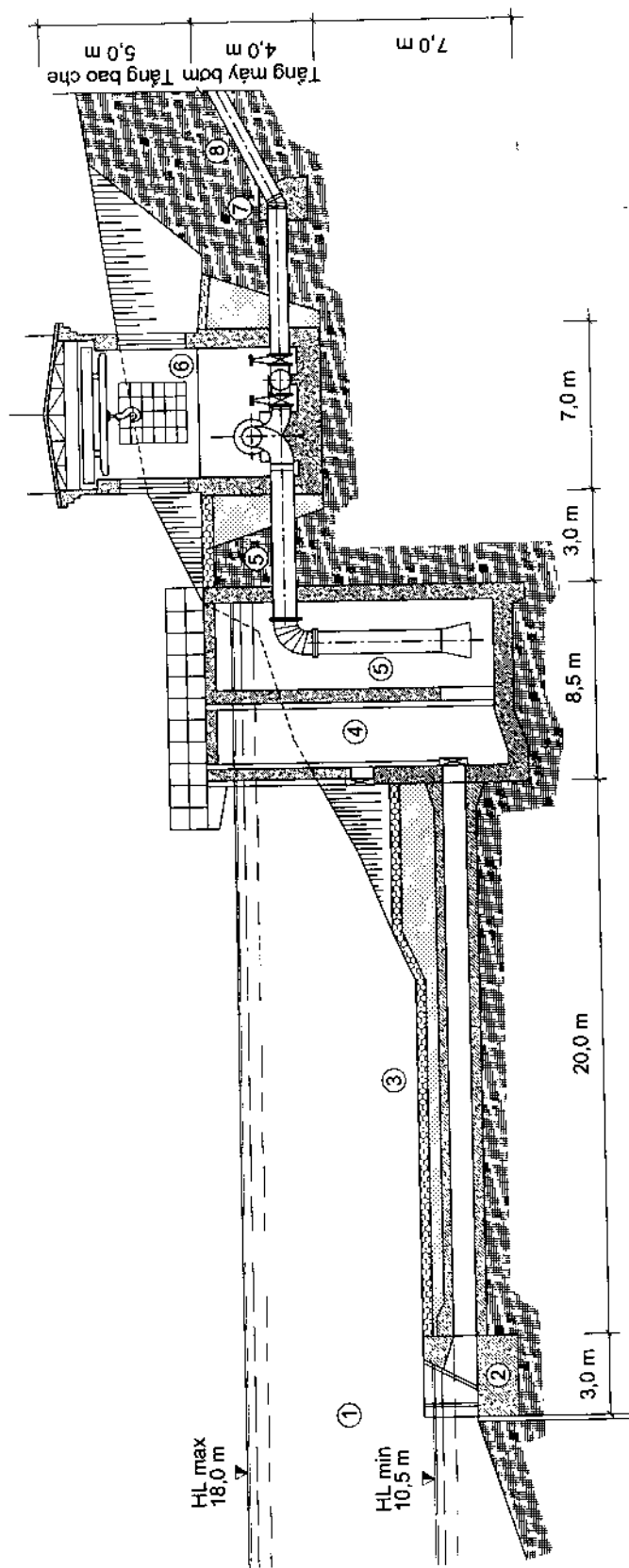
8.3.2. Một số sơ đồ, mặt cắt của nhà máy bơm kiểu buồng

Hình 8.6 là sơ đồ mặt cắt ngang của một nhà máy bơm kiểu buồng khô. Trong đó thành phần công trình lấy nước là một buồng riêng độc lập với buồng nhà máy chính về mặt kết cấu. Tầng máy bơm và tầng động cơ hoàn toàn khô ráo. Nhà máy bơm được đặt ngay sát bờ sông, biên độ dao động mực nước sông không quá lớn. Phần trên khô và



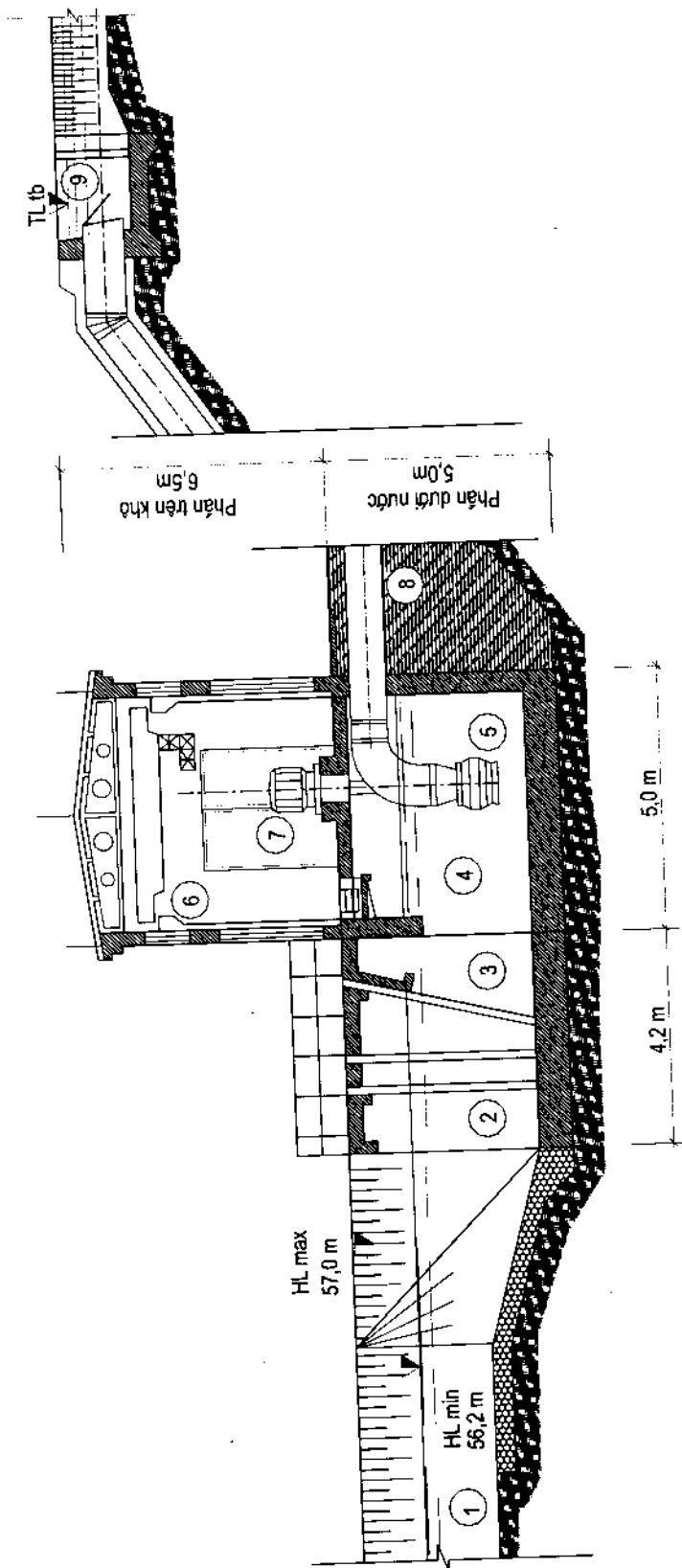
Hình 8.6: Sơ đồ mặt cắt ngang nhà máy bơm kiểu buồng khô

1 - Nguồn nước (sông); 2 - Công trình lấy nước; 3 - Nhà máy bơm; 4 - Buồng van; 5 - Trụ neo; 6 - Ống dẫn; 7 - Bể xả; 8 - Kênh tưới.



Hình 8.7: Sơ đồ bố trí trạm bơm riêng biệt ở lòng sông

1 - Sông; 2 - Công trình lấy nước; 3 - Đường dẫn nước; 4 - Giếng tập trung nước, bể hút; 5 - Ống hút; 6 - Nhà máy bơm; 7 - Trụ neo; 8 - Ống đẩy



Hình 8.9: Sơ đồ nhà máy bơm kiểu buồng ướt, máy bơm đặt trong nước
 1 - Kênh; 2 - Công trình lấy nước; 3 - Bể hút; 4 - Buồng ướt;
 5 - Máy bơm; 6 - Nhà máy bơm; 7 - Động cơ; 8 - Ống đẩy; 9 - Bể xả.

tăng động cơ cùng phần bao che không khác gì so với nhà máy bơm kiểu trọng lực. Máy bơm loại ly tâm trục đứng (cũng có thể bố trí máy bơm hướng trục trục đứng).

Hình 8.7 và 8.8 minh họa sơ đồ mặt cắt ngang nhà máy bơm kiểu buồng ướ (buồng ống hút đặt trong nước) còn máy bơm ... đặt trên khô. Hình 8.7 là nhà máy bơm phục vụ tưới với máy bơm ly tâm trục ngang, còn hình 8.8 là nhà máy bơm tiêu sử dụng bơm hướng trục trục ngang.

Trên hình 8.9 thể hiện mặt cắt ngang của một nhà máy bơm tưới trên kênh kiểu buồng ướ và máy bơm hướng trục trục đứng đặt trong nước, $\Delta Z \leq 1,0$ m.

8.4. CẤU TẠO NHÀ MÁY BƠM KIỂU ĐƯỜNG DẪN

8.4.1. Đặc điểm kết cấu nhà máy bơm kiểu đường dẫn

Nhà máy bơm kiểu buồng là cải tiến và điều chỉnh về kết cấu của nhà máy bơm kiểu trọng lực nhằm thoả mãn các điều kiện thực tế của nó, nên kết cấu đã thanh mảnh hơn; thành phần công trình lấy nước tách rời khỏi nhà máy, nhưng nhà máy bơm vẫn chia thành phần dưới nước, phần trên khô. Nhà máy bơm kiểu đường dẫn lại có kết cấu khác hẳn hai loại trên. Đặc điểm về kết cấu của loại nhà máy bơm kiểu đường dẫn là móng nhà máy tách rời với móng của máy bơm và động cơ, tương tự như các loại nhà công nghiệp. Phần bao che và vận hành là kết cấu của nhà công nghiệp, còn phần lắp đặt máy bơm và động cơ hoàn toàn trên khô, móng (bê đỡ) máy bơm và động cơ là các khối bê tông riêng biệt đặt trong lòng nhà máy bơm.

Máy bơm đặt trong nhà máy đường ống dẫn là loại trục ngang, có chiều cao hút dương và có lưu lượng $Q_b < 2\text{m}^3/\text{s}$. Như vậy nhà máy bơm thông thường chỉ có một tầng, cho nên nó chỉ được dùng thích hợp khi biên độ dao động mực nước ở bể hút nhỏ hơn chiều cao hút cho phép của máy bơm ($\Delta Z \leq [h_s]$), thí dụ trạm bơm bố trí trên kênh hay các trạm bơm nước sạch (trạm bơm cấp II) của hệ thống cấp nước sinh hoạt. Chênh lệch khoảng cách giữa chiều cao hút cho phép của máy bơm được sử dụng để khắc phục cột nước địa hình từ cao trình đặt máy bơm tới mực nước hạ lưu lớn nhất.

8.4.2. Sơ đồ, mặt cắt nhà máy bơm kiểu đường dẫn

Trên hình 8.10 thể hiện mặt cắt ngang của một nhà máy bơm kiểu đường dẫn phục vụ tưới với quy mô trung bình với máy bơm ly tâm trục ngang.

Nguồn nước thường là kênh tưới chính hoặc kênh tưới cấp I, dao động mực nước nguồn không lớn (trong phạm vi trên dưới 1m). Với điều kiện như vậy, máy bơm ly tâm trục ngang thường rất phù hợp. Do phần dưới nước không có, chỉ còn lại phần trên khô trong đó bố trí toàn bộ thiết bị chính và phụ. Các loại van khoá trên ống hút và ống đẩy cũng được đặt trong nhà máy nên chiều rộng nhà máy thường lớn hơn kiểu nhà máy bơm trọng lực và kiểu buồng lắp bơm trục đứng. Ngoài ra, khi cần thiết, thiết bị điện có thể được đặt trong một gian phụ phía đầu hồi nhà máy (nếu nhà máy quy mô nhỏ) hoặc phía đường ống xả (nếu quy mô lớn).

8.5. NHÀ MÁY BƠM KIỂU DI ĐỘNG

Gần đây trong lĩnh vực tưới bằng động lực người ta đã chuyển sang dùng một hình thức mới là trạm bơm di động. Khi lưu lượng bơm nhỏ, biên độ dao động mực nước nguồn lớn, người ta sử dụng tổ bơm di động. Trong trường hợp này, tổ bơm chính là nhà máy bơm đơn giản, thậm chí là trạm bơm đơn giản. Hình thức bơm di động được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như bơm hút bùn (bằng tàu cuốc), bơm bê tông (bằng xe bơm bê tông), hay bơm nước tưới bằng tổ bơm di động.

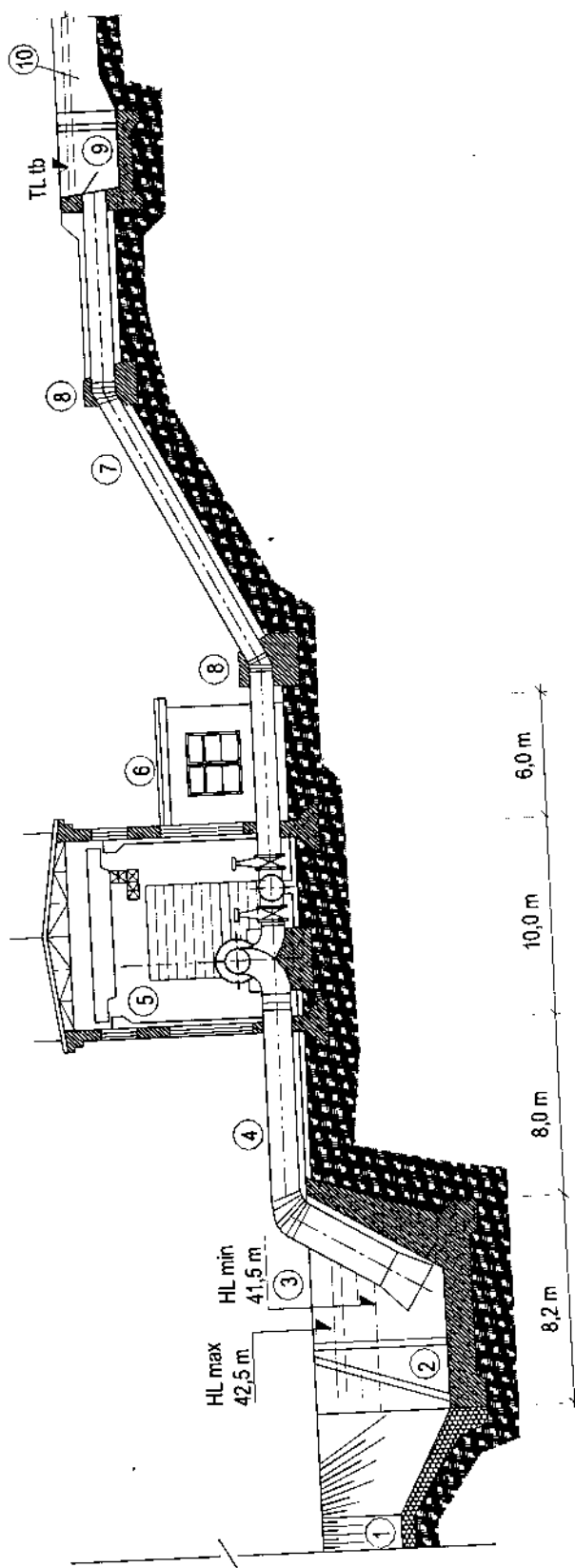
Với nhà máy bơm di động, cụm từ "nhà máy bơm" thực ra chỉ mang tính chất khái niệm, thực chất với loại hình này không tồn tại một kết cấu nhà máy thực sự nữa.

Do điều kiện địa hình tự nhiên và khí hậu thay đổi khá phức tạp và do đặc điểm, nhu cầu dùng nước của cây trồng cho nên chế độ tưới không những mang tính chất thời vụ mà còn thay đổi khá phức tạp tùy theo từng vụ cụ thể. Để giảm bớt khối lượng công trình, giảm số lượng kênh mương, giảm diện tích đất đai bị kênh mương choán chỗ, đồng thời đảm bảo kịp thời cung cấp nước đầy đủ và thích hợp với nhu cầu sinh trưởng của cây, việc dùng loại bơm di động sẽ có một số ưu điểm rất lớn. Nó không những đáp ứng được các yêu cầu nêu ở trên mà còn giảm được kích thước của bản thân nhà máy (do di động nên độ cao nhà máy sẽ giảm vì không phụ thuộc vào biên độ dao động mực nước nguồn), tạo điều kiện tốt cho việc phát triển cơ giới hoá công tác nông nghiệp (loại bỏ được mạng lưới mương máng chân rết), đồng thời còn giảm được tổn thất nước do các hiện tượng bốc hơi, ngấm, thấm hoặc rò rỉ ở công trình và kênh mương.

Có hai hình thức di động của máy bơm: di động trên bộ và di động trên đường thủy. Loại di động trên bộ thường là máy bơm gắn trên khung của máy kéo và lợi dụng ngay năng lượng của động cơ máy kéo thông qua truyền động để chạy máy bơm. Trong quá trình chuyển động của máy kéo dọc theo tuyến kênh cấp nước, máy bơm sẽ bơm nước sang một hoặc hai phía ruộng ven theo kênh. Nếu là tưới tràn mặt thì máy bơm sẽ bơm nước ở từng chặng một, tại mỗi chặng máy kéo đứng cố định; còn nếu là tưới phun thì máy kéo di động liên tục với tốc độ nhất định (theo tính toán của chế độ tưới) trong quá trình bơm nước.

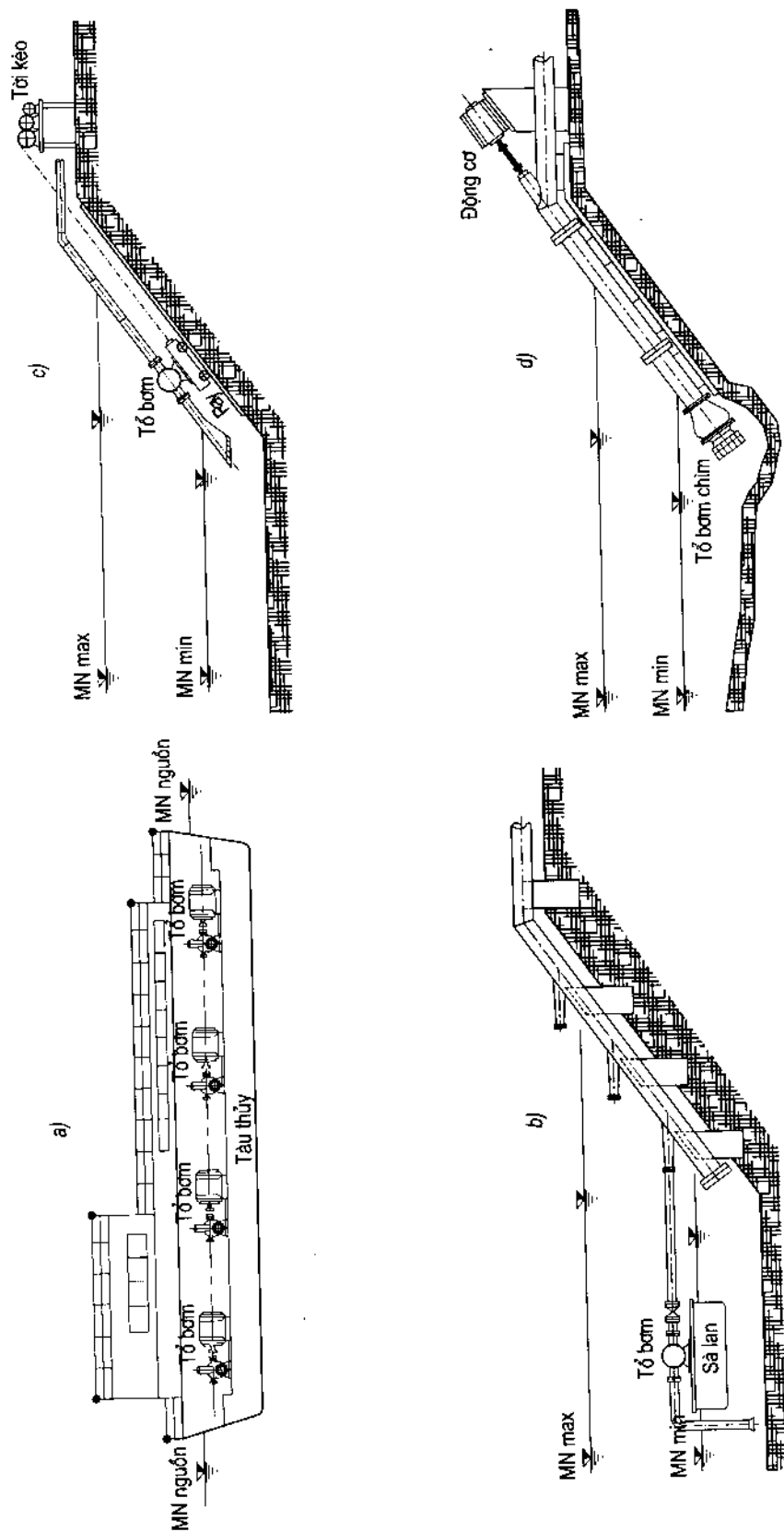
Loại di động trên nước đôi khi còn gọi là trạm bơm thuyền, được dùng khi khu vực tưới nằm kéo dài dọc hai bên sông với biên độ dao động mực nước ở sông khá lớn. Tùy theo cỡ bơm, trạm bơm thuyền có thể làm bằng gỗ, bằng kim loại hay bằng bê tông cốt thép.

Trên hình 8.11 minh họa các phương án nhà máy bơm (tổ bơm di động), (a) là nhà máy bơm trên tàu thủy di động trên mặt nước, phù hợp cho bơm tưới khi mực nước nguồn dao động lớn hoặc hút bùn cát dưới sông; (b) là hình thức máy bơm và ống hút di động trên sà lan, phao, bè nổi theo mặt nước, còn ống đẩy có các mức cố định tương đối; (c) là máy bơm cùng ống hút bố trí trên xe kéo có thể trượt trên mái dốc kênh mương, còn ống đẩy mềm có thể nằm linh động theo mặt đất; (d) là hình thức tương tự như (c) nhưng máy bơm chìm nhiều cấp, loại này có thể di chuyển dọc theo kênh tưới để phục vụ các thửa ruộng hai bên kênh.



Hình 8.10: Mặt cắt ngang nhà máy bơm kiểu đường dẫn

1 - Kênh dẫn vào; 2 - Bể hút; 3 - Công trình lấy nước; 4 - Ống hút; 5 - Nhà máy bơm;
6 - Phòng thiết bị điện; 7 - Ống đẩy; 8 - Trụ néo; 9 - Bể xả; 10 - Kênh tưới.



Hình 8.11: Một số hình thức nhà máy bơm di động
 a) Tàu thủy đặt bơm; b) Tổ bơm trên sà lan; c) Tổ bơm di động; d) Tổ bơm trượt theo mái kênh

8.6. NGUYÊN TẮC XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC NHÀ MÁY BƠM

Kích thước chung của nhà máy bơm tùy thuộc vào kích thước của các thiết bị và cách bố trí chúng ở bên trong nhà máy. Đối với các nhà máy bơm cỡ trung bình hoặc cỡ lớn dùng loại bơm ly tâm hay hướng trục trực tiếp thường được bố trí ở vùng có biên độ dao động nguồn nước khá lớn, do đó nhà máy thường gồm nhiều tầng và có hai phần: phần chìm (phần dưới nước) tức là nằm thấp hơn mặt đất và phần nổi (phần trên khô). Trong phần chìm chủ yếu để bố trí máy bơm cùng với ống hút (hoặc buồng hút), đồng thời có thể lợi dụng để bố trí một số thiết bị bơm khác như bơm tiêu nước, bơm cấp nước kỹ thuật, bơm dầu v.v... Phần nổi được dùng để bố trí động cơ và các thiết bị điện, thiết bị điều khiển. Ngoài ra trên phần nổi còn có các gian lắp máy và sửa chữa, các phòng quản lý v.v...

Kích thước của nhà máy bơm phụ thuộc vào các yếu tố như:

- Loại và kết cấu của máy bơm chính, số lượng bơm chính;
- Loại và kết cấu động cơ chạy bơm chính;
- Loại nguồn nước, biên độ dao động mực nước ở nguồn;
- Điều kiện địa chất, địa hình vùng xây dựng nhà máy;
- Phương pháp thi công và lắp đặt thiết bị;
- Loại vật liệu xây dựng;
- Yêu cầu khai thác quản lý sau này và các yêu cầu riêng khác.

Sau đây là nguyên tắc xác định kích thước chung, tức là việc xác định các chiều rộng, dài và cao của nhà máy bơm. Do nhà máy bơm kiểu trọng lực có đầy đủ các phần, các tầng và các phòng cho nên chúng ta tìm hiểu nguyên tắc xác định kích thước của nhà máy bơm trọng lực. Đối với các loại nhà máy kiểu buồng, kiểu đường dẫn, hoàn toàn có thể sử dụng nguyên tắc xác định kích thước của nhà máy bơm trọng lực.

8.6.1. Chiều rộng nhà máy (B)

Chiều rộng của nhà máy bơm được tính theo chiều bơm nước từ phía ống hút tới ống đẩy. Do có các tầng khác nhau, cho nên cần phải xác định chiều rộng cần thiết của mỗi tầng, sau đó ghép các tầng lại (chồng tầng) và điều chỉnh để có được chiều rộng của toàn nhà máy (hình 8.12).

(1) Đối với tầng ống hút: Căn cứ vào cách bố trí ống hút, máy bơm và các ống nối, khoá điều tiết v.v..., nhà máy phải có chiều rộng móng (B_1) bằng:

$$B_1 = a + l_{br} + l_{th.l} + l_{kh} + l_1 + 0,4 + d_{TS} \text{ (m)}; \quad (8.1)$$

Trong đó:

- a- chiều dài ống hút, lấy theo kích thước của ống hút;
- l_{br} - chiều dài của phần máy bơm tính từ trục đến cửa ra;

$l_{th.l}$ - chiều dài đoạn ống điều chỉnh tháo lắp;

l_{kh} - chiều dài của khoá;

l_1 - chiều dài đoạn ống lọc đổi tiết diện;

0,4- độ lưu không tính đến tường nhà máy;

d_{TS} - chiều dày tường sau của nhà máy.

(2) Đối với tầng máy bơm: Xét theo yêu cầu bố trí máy bơm và thiết bị trong tầng máy bơm thì chiều rộng nhà máy (B_2) phải bằng:

$$B_2 = d_{TT} + a_3 + l_b + l_{th.l} + l_{kh} + l_1 + 0,4 + d_{TS} \quad (m) \quad (8.2)$$

Trong đó:

d_{TT} - chiều dày tường phía trước của nhà máy;

a_3 - khoảng cách giữa bơm với tường (lối đi lại); lấy bằng 1m;

l_b - chiều dài của máy bơm;

Các kích thước khác như ở công thức (8.1).

(3) Đối với tầng động cơ: Chiều rộng của tầng động cơ phải đủ chỗ và phù hợp với yêu cầu bố trí động cơ và thiết bị, do đó chiều rộng (B_3) bằng:

$$B_3 = 2 \times 0,1 + 2d_t + a_1 + D_{d/c} + a_2 \quad (m) \quad (8.3)$$

Trong đó:

0,1- khoảng cách từ mép móng tường đến tường (0,1m);

d_t - chiều dày tường bao che phần trên khô;

a_1 và a_2 - khoảng cách giữa động cơ và tường;

$D_{d/c}$ - đường kính ngoài của động cơ.

Với động cơ dùng điện cao thế thì cả a_1 và $a_2 \geq 1,5m$; nếu động cơ điện thế thấp thì a_1 hoặc $a_2 \geq 1m$.

Như vậy ta tìm được chiều rộng cần thiết đối với mỗi tầng của nhà máy. Trong các kích thước đó ta chọn kích thước lớn nhất làm chiều rộng thiết kế và điều chỉnh lại các kích thước khác cho hợp lý. Những khu vực trống có kích thước lớn có thể được tận dụng để bố trí các thiết bị hay phòng quản lý phụ.

8.6.2. Chiều cao của nhà máy

Chiều cao nhà máy gồm phần dưới nước và phần trên khô. Tương tự như trên ta có thể xác định kích thước của tầng bơm (tầng dưới nước) theo các công thức sau:

$$H_{l,b} = h_m + h_{gb} \quad (m) \quad (8.4)$$

Trong đó: h_m - chiều cao của tầng móng hay tầng hút;

h_{gb} - chiều cao của gian bơm.

$$h_m = h_g + c + c_1; (m) \quad (8.5)$$

Ở đây:

h_g - chiều dây bản đáy;

c - chiều cao miệng ống hút;

c_1 - chiều dày bê tông miệng ống hút.

Ngoài ra còn phải lưu ý đến độ cao hút của bơm. Nếu độ cao hút âm thì phải bố trí cao trình đặt bơm bên dưới mực nước thấp nhất một khoảng lớn hơn hay bằng h_s .

Chiều cao gian bơm cần thỏa mãn cả hai công thức sau:

+ Theo các kích thước của các thiết bị đặt bên trong gian bơm:

$$h_{gb} = H_b + h_{tr} + h_{dc}; (m) \quad (8.6)$$

Trong đó:

H_b - chiều cao máy bơm;

h_{tr} - chiều dài trục nối bơm với động cơ;

h_{dc} - chiều cao phần thò xuống của trục động cơ.

+ Theo biên độ dao động mực nước nguồn (ở bể hút), khi biên độ dao động khá lớn và động cơ được bố trí cao hơn mực nước lớn nhất một độ cao an toàn h_0 , thì chiều cao gian bơm có thể tính theo:

$$h_{gb} = c_2 - c_1 + \Delta Z + h_0; (m) \quad (8.7)$$

Trong đó:

c_2 - chiều sâu từ mực nước min ở bể hút đến ngưỡng trên miệng ống hút;

ΔZ - biên độ dao động mực nước nguồn.

Khi xác định chiều cao thiết kế cần lưu ý tới chiều dài trục nối bơm và động cơ điện để chọn khớp nối, khớp đỡ trục và kích thước toàn bộ trục cho thích hợp (cần lưu ý tới cỡ trục có sẵn của các nhà máy chế tạo).

Chiều cao tầng động cơ (phần trên khô) được xác định theo kích thước của động cơ điện, của các kích thước vật cần nâng, khoảng lưu không cần thiết khi nâng cầu thiết bị, yêu cầu của tường bao che, cửa đi, cửa sổ ... (hình 8.12).

8.6.3. Chiều dài của nhà máy

Về chiều dài của nhà máy có thể theo hình thức bố trí các gian bơm có vách ngăn, hoặc không có vách ngăn. Nếu thiết kế không có vách ngăn thì chiều dài của nhà máy sẽ được giảm đi, nhưng chiều dày của tường phía trước và phía sau lại phải tăng lên. Nếu có gian lắp máy thì chiều dài phần nổi của nhà máy phải cộng thêm chiều dài của gian lắp máy.

Về nguyên tắc chiều dài nhà máy (L) được tính như sau:

$$L = L_{LM} + Z (L_{GM}) + 2 (d_t); (m) \quad (8.8)$$

$$L_{LM} = (0,8 \div 1,0) L_{GM}; (m) \quad (8.9)$$

$$L_{GM} = d + D_{mb} + a_4 + a_5; (m) \quad (8.10)$$

và: $L_{GM} = d_1 + D_{dc} + a_6 + a_7; (m) \quad (8.11)$

Trong đó:

L_{LM} - chiều dài gian lắp ráp sửa chữa;

Z - số tổ bơm;

L_{GM} - chiều dài một gian tổ bơm;

d_t - chiều dày tường bao che;

d - chiều dày trụ pin phần dưới nước;

d_1 - chiều dày cột đỡ dầm cầu trục;

D_{mb} - đường kính máy bơm theo chiều dọc nhà máy;

D_{dc} - đường kính động cơ;

a_4, a_5 - khoảng cách lưu không từ máy bơm đến trụ pin;

a_6, a_7 - khoảng cách lưu không từ động cơ đến trục cột.

Ngoài ra khi xác định kích thước và bố trí sơ đồ nhà máy cần lưu ý những điểm sau:

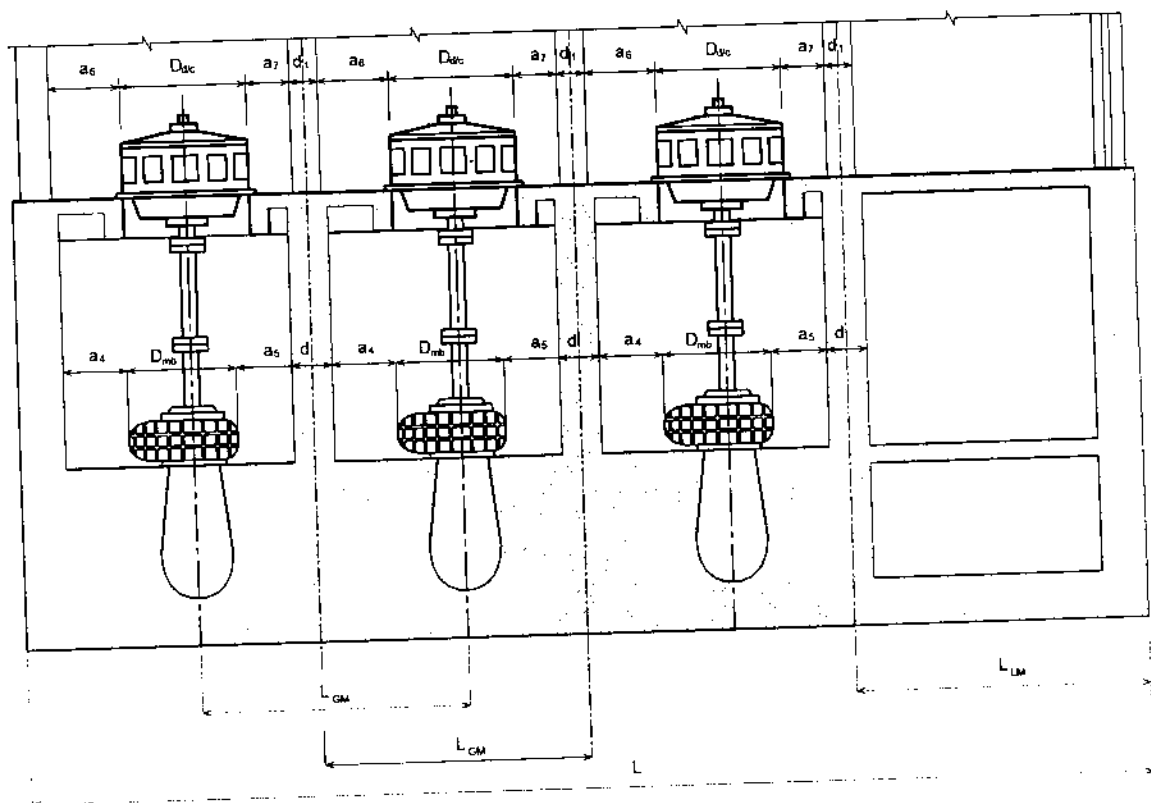
- Cố gắng giảm kích thước chung của nhà máy, nhất là giảm diện tích mặt bằng của nhà máy, nếu nhà máy thuộc loại trọng lực giếng đứng, với điều kiện đảm bảo tốt nhất các yêu cầu kỹ thuật về sự bố trí thiết bị máy móc (cự ly giữa các máy công tác), đảm bảo tốt nhất các yêu cầu về quản lý khai thác và yêu cầu an toàn (vấn đề chống nóng, chống ẩm, chống lũ, chống tiếng động, vấn đề tranh thủ lấy ánh sáng tự nhiên v.v...).

- Kết hợp bố trí các thiết bị phụ và thiết bị phục vụ để đảm bảo yêu cầu tận dụng diện tích và không gian. Không nên vì việc bố trí các thiết bị phụ mà phải tăng kích thước chung của nhà máy.

Các tủ phân phối điện, tủ điều khiển nếu không lợi dụng bố trí trong nhà máy được thì sẽ bố trí ở một gian riêng đặt sát cạnh nhà máy.

Kích thước và kết cấu cụ thể của tường, vách ngăn, các tầng dầm (nóc, dầm máy điện, dầm máy bơm, dầm móng v.v...) được thiết kế và tính toán theo tải trọng và lực tác dụng tương tự như các kết cấu của công trình thủy lợi, trong đó tùy theo từng chi tiết có thể phải tính đến áp lực gió, áp lực thấm, áp lực thủy tĩnh, áp lực đất và cả lực đặc biệt (lực động đất) nếu có.

Xu hướng xây dựng mới hiện nay ở các nước trên thế giới là dùng kết cấu lắp ghép và không làm tầng nóc, tức là không làm gian máy điện, trong đó các động cơ điện được



Hình 8.13: Sơ đồ xác định kích thước mặt cắt dọc nhà máy bơm trọng lực

8.7. CÔNG TRÌNH NỐI TIẾP VỚI NHÀ MÁY BƠM

8.7.1. Thành phần công trình nối tiếp

Như đã đề cập trong chương 6, dưới góc độ cơ - thủy lực, một hệ thống đầu mối bơm đầy đủ sẽ có các hạng mục hay các thành phần công trình sau:

1. Nguồn nước (sông, hồ chứa, nguồn nước ngầm) để cấp cho công trình lấy nước.
2. Công trình lấy nước có nhiệm vụ điều tiết và lấy lượng nước cần thiết với chất lượng đảm bảo từ nguồn nước.
3. Công trình dẫn nước được dùng để chuyển lượng nước lấy từ công trình lấy nước đưa vào bể tập trung trước và bể hút nhà máy bơm.
4. Bể lắng. Nếu trong nước có chứa cát không phù hợp với yêu cầu dùng thì trên hệ thống dẫn nước bố trí bể lắng và xả cát có kết cấu và chức năng giống như các bể lắng cát ở công trình thủy lợi, thủy điện.
5. Bể hút trước nhà máy. Nhiệm vụ của bể hút là tập trung và điều tiết nước đến để phân phối cho các ống hút của các máy bơm.
6. Ống hút của máy bơm. Ống hút có thể thuộc loại bê tông cốt thép với nhà máy bơm lớn, hoặc ống hút bằng thép.

7. Nhà máy bơm bao gồm các tổ bơm và thiết bị trong nhà máy.

8. Ống đẩy. Thường ống đẩy được làm bằng thép để chuyển nước áp lực lên bể xả.

9. Bể xả của nhà máy bơm. Bể xả nhận nước từ các ống đẩy, bể xả thường làm luôn nhiệm vụ bể đầu kênh dẫn hở hoặc bể phân phối đầu nguồn vào các đường ống dẫn và phân phối nước.

10. Công trình nhận nước. Tùy theo loại trạm bơm, công trình nhận nước có thể là các bể phân phối đầu kênh tưới, là các khu tập trung nước tiêu (sông, hồ đầm vv...) hoặc là công trình làm sạch nước của trạm bơm cấp sau đó.

11. Công trình dẫn nước và phân phối nước.

Sơ đồ minh họa hệ thống đầu mối bơm với đầy đủ các thành phần cơ - thủy lực được nêu trong hình 6.8. Trong thực tế, tùy từng trường hợp cụ thể và tùy theo điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn, vv... mà sơ đồ bố trí và thành phần công trình có thể được thay đổi hay giản đơn hơn, thí dụ, nếu nước ở nguồn không chứa nhiều cát thì không cần bể lắng cát, hoặc khi nhà máy bơm đặt ngay ở lòng hay bờ sông thì không cần công trình dẫn nước và nhà máy với công trình lấy nước sẽ được thiết kế theo kiểu kết hợp liền phần trước.

Trong phần này chúng ta sẽ đề cập tới nguyên tắc thiết kế một số thành phần công trình nối tiếp với nhà máy bơm. Đó là:

1. Công trình lấy nước.

2. Công trình dẫn nước.

3. Bể hút.

4. Bể xả.

Còn các thành phần thuộc về thiết bị như ống hút, ống đẩy,... sẽ được đề cập trong chương 9.

8.7.2. Công trình lấy nước

Công trình lấy nước phục vụ hệ thống tưới tiêu có những chức năng và nhiệm vụ sau đây:

+ Lấy đủ lượng nước cần thiết theo biểu đồ cấp nước của trạm bơm, kể cả lượng tổn thất để đưa vào bể hút (tập trung nước trước nhà máy) hoặc đưa trực tiếp cho các máy bơm.

+ Đối với nguồn nước chứa nhiều bùn cát, thì công trình lấy nước phải lấy được lượng nước trong thuộc lớp nước trên mặt, đồng thời xả được lượng bùn cát, nhất là bùn cát đáy, để khỏi phải xây bể lắng cát, hạn chế sự bồi lắng dọc theo công trình dẫn nước, hạn chế sự bào mòn các bộ phận công tác của máy bơm và tránh hiện tượng bồi lắng trên kênh dẫn sau nhà máy bơm. Trên mặt bằng, công trình lấy nước bên bờ sông thường được bố trí phía bờ lõm của đoạn sông cong nhằm lợi dụng hiện tượng dòng chảy vòng ngang tự nhiên tại đoạn sông cong để lấy được lớp nước trong trên mặt.

+ Trong trường hợp cho phép lấy phù sa, cần bố trí các cửa lấy nước hợp lý để có thể tranh thủ lấy được lượng phù sa chứa nhiều chất dinh dưỡng đối với cây trồng.

Như vậy kết cấu của công trình lấy nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố như công suất của trạm bơm, loại nguồn nước, chất lượng và thành phần nước nguồn, điều kiện địa hình, địa chất và yêu cầu khai thác. Về mặt phương pháp lấy nước, công trình lấy nước vào trạm bơm có ba loại điển hình, đó là:

a) Công trình lấy nước riêng biệt kiểu ngấp (hình 8.14), phù hợp khi biên độ dao động mực nước nguồn (sông, hồ) lớn. Vào mùa lũ công trình lấy nước bị chìm dưới nước. Cửa nhận nước có phai và van phẳng, nối tiếp với công trình lấy nước là đường dẫn có áp BTCT, sau đó là bể lắng bùn cát, bể hút và nhà máy bơm nằm phía bờ sông (hình 8.14a). Cũng có thể bố trí cửa nhận nước hình tròn (kiểu giếng) không cửa van, bên trên là lưới chắn, phía sau đường ống dẫn không cần bể lắng mà là bể hút của nhà máy bơm cũng nằm phía bờ sông (hình 8.14b). Trường hợp đặc biệt khi biên độ dao động nước nguồn quá lớn, công trình lấy nước và cả nhà máy bơm (trọng lực kiểu giếng) đều nằm ngoài bãi sông (hình 8.14c).

b) Công trình lấy nước riêng biệt trên kênh, được áp dụng khi biên độ dao động mực nước nguồn không đáng kể, nhà máy bơm kiểu đường ống dẫn (hình 8.15a).

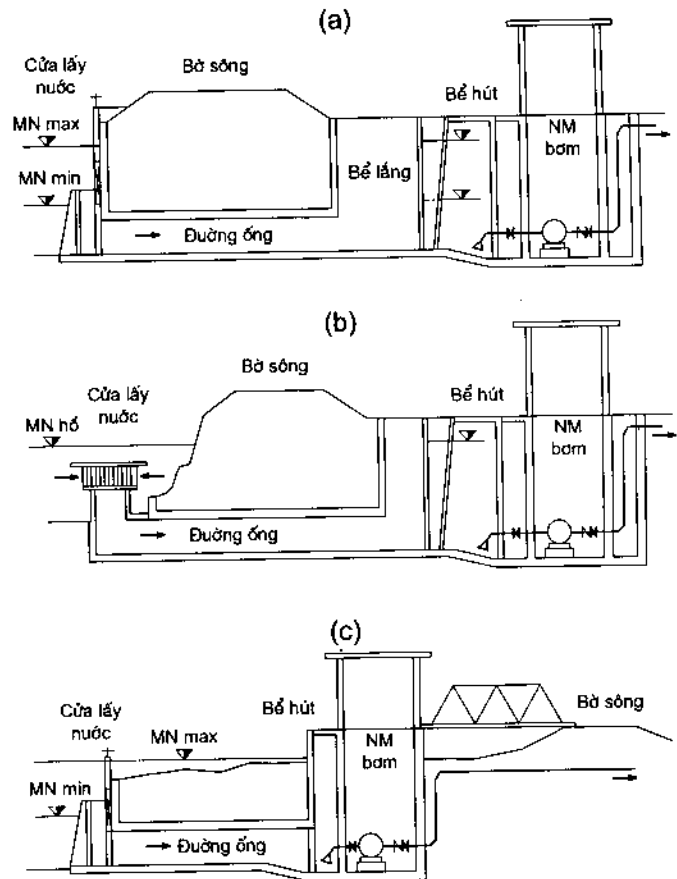
c) Công trình lấy nước riêng biệt kiểu tháp có 2 tầng cửa nằm xa ngoài bãi sông, có cấu công tác nối với bờ, nối tiếp là đường ống BTCT, được áp dụng khi biên độ dao động mực nước sông rất lớn (hình 8.15b).

Khi bố trí công trình lấy nước cần lưu ý để không gây trở ngại cho việc khai thác và sử dụng nguồn nước vào các mục đích khác, đồng thời không làm thay đổi quá nhiều chế độ thủy văn của nguồn nước, nếu ở hạ lưu công trình còn có yêu cầu về sử dụng nguồn nước. Trong trường hợp này lưu lượng lấy không nên vượt quá 20-25% lưu lượng của nước nguồn.

Để tránh bùn cát đáy, ngưỡng công trình lấy bố trí cao hơn đáy sông thiên nhiên ít nhất $0,5 \div 1$ m, còn vào mùa lũ thì nên dùng phai thả xuống nhằm nâng cao trình của ngưỡng lên.

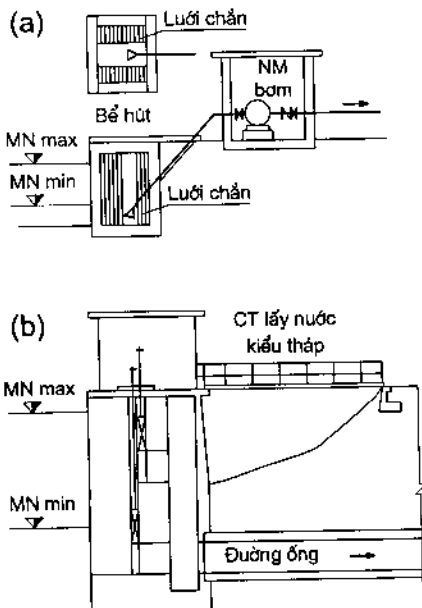
Đối với công trình lấy nước loại có hai tầng cửa, mép trên của cửa tầng trên phải thấp hơn mực nước nguồn lớn nhất là $1,0 \div 1,5$ m, còn mép trên của cửa tầng dưới nằm dưới mực nước thấp nhất là $0,3 \div 0,5$ m. Kích thước cửa lấy nước xác định theo vận tốc dòng chảy vào cửa lấy nước, thường vận tốc nhỏ hơn 1,0 m/s và tốt nhất nên chọn $v = 0,5 \div 0,7$ m/s. Trước cửa lấy nước cần thiết kế lưới chắn rác, các phai và van công tác cùng các thiết bị thao tác vận hành.

Hình 8.16 là một công trình lấy nước kiểu kết hợp với nhà máy bơm. Trên hình 8.17 giới thiệu sơ đồ cấu tạo của hai loại công trình lấy nước: (a) là công trình lấy nước riêng biệt kiểu tháp nằm ngoài bãi sông có 2 tầng cửa, (b) là công trình lấy nước kiểu đơn giản bị ngấp trong mùa lũ nằm tách biệt ở bãi sông.

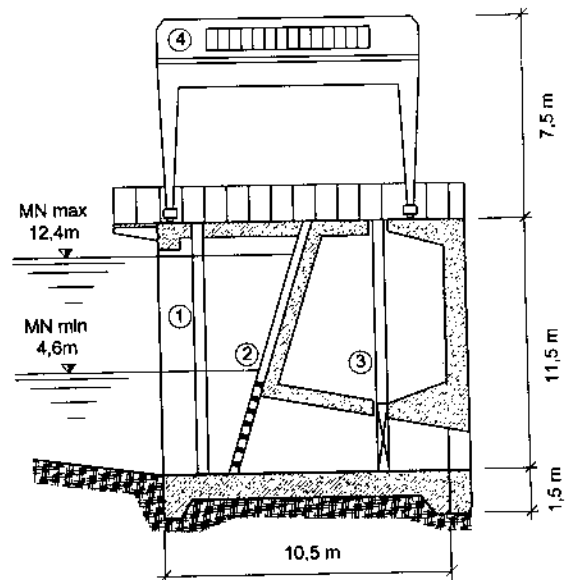


Hình 8.14: Công trình lấy nước riêng biệt ngập

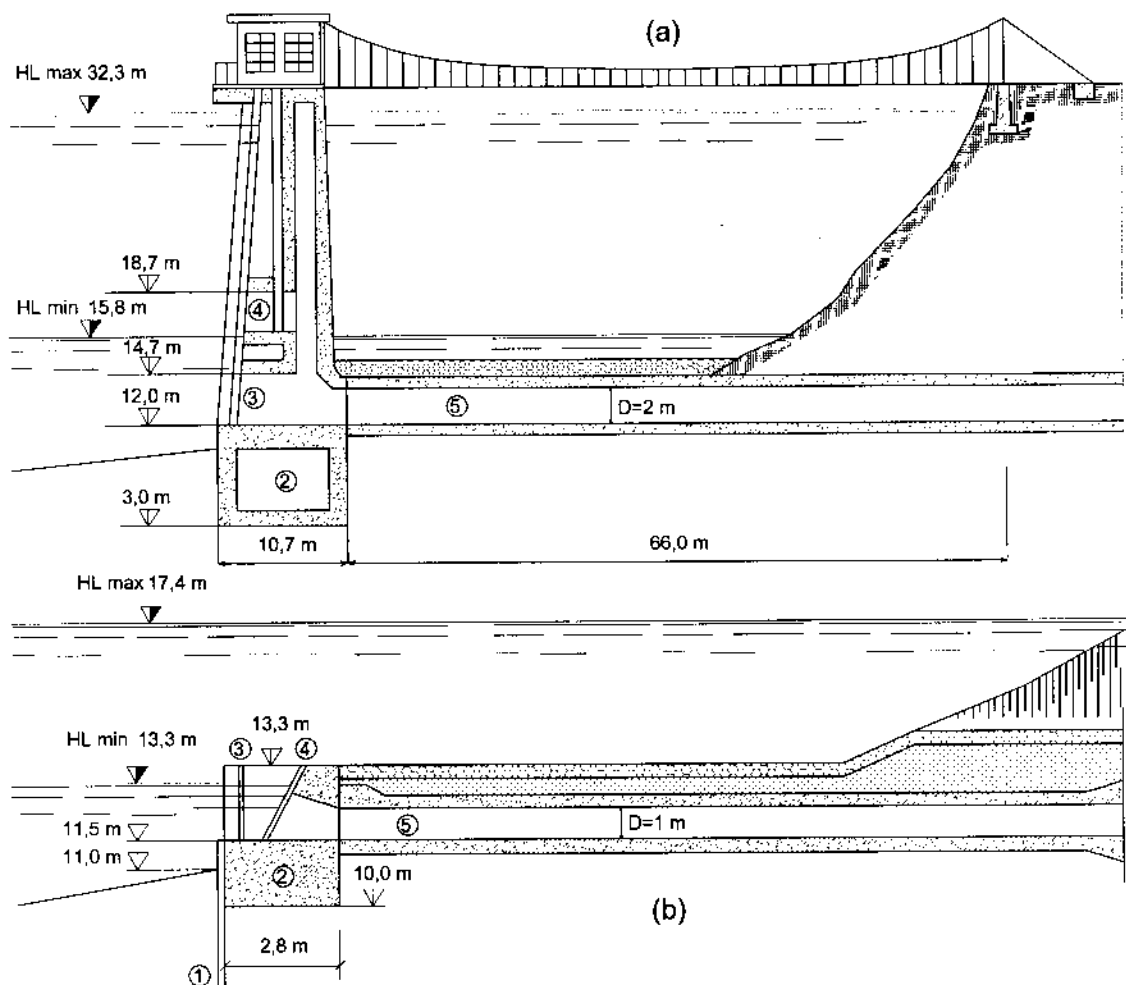
- a) Van phẳng ở bờ sông;
b) Kiểu giếng ở bờ sông;
c) Van phẳng ngoài bãi sông



Hình 8.15: (a) Công trình lấy nước trên kênh (b) Công trình lấy nước kiểu tháp hai tầng cửa



Hình 8.16: Công trình lấy nước kiểu kết hợp
1 - Phai; 2 - Lưới chắn rác;
3 - Van công tác; 4 - Cản trực chân dè



Hình 8.17: Công trình lấy nước kiểu riêng biệt
 1 - Cù thép; 2 - Móng công trình lấy nước; 3 - Phai, van;
 4 - Lưới chắn rác; 5 - Đường ống

8.7.3. Công trình dẫn nước

Công trình dẫn nước có thể là kiểu hở hoặc kiểu kín. Nếu mực nước nguồn thay đổi ít (kênh chính, đập tràn toàn tuyến, hay hồ thiên nhiên), thì công trình dẫn nước thường kiểu hở (kênh hở). Vấn đề tính toán thủy lực kênh hở, hình thức kết cấu kênh và công trình trên kênh đã được đề cập chi tiết trong chương 3.

Khi mực nước nguồn dao động lớn, chế độ thủy văn phức tạp (mực nước lũ cao, bùn cát nhiều v.v...) nối tiếp với công trình lấy nước thường là công trình dẫn nước kiểu kín.

Công trình dẫn nước kiểu kín của trạm bơm được làm bằng ống bê tông cốt thép đối với loại trạm bơm cỡ lớn và trung bình, và bằng thép hay xi măng amiăng, nếu là trạm bơm cỡ nhỏ. Kết cấu của ống được tính theo trường hợp có áp (mực nước nguồn là cao nhất). Đầu đường ống được nối với công trình lấy nước (xem hình 8.15).

Trường hợp biên độ dao động mực nước nguồn không lớn lắm và khi ở đầu đường dẫn không bố trí công trình lấy nước và điều tiết mà dùng loại công trình lấy nước kiểu ngập, thì cuối đường ống bố trí bể tập trung và lắng cát, rồi sau đó bố trí ống hút riêng biệt lấy nước ở bể tập trung vào máy bơm (hình 8.7).

Nếu lưu lượng của trạm bơm lớn, đồng thời chiều dài của đường dẫn cũng lớn, thì có thể sử dụng phương án số đường dẫn ít hơn số tổ bơm, ở cuối đường dẫn gần nhà máy bơm, bố trí các ống phân nhánh để chuyển nước và nối với ống hút của máy bơm.

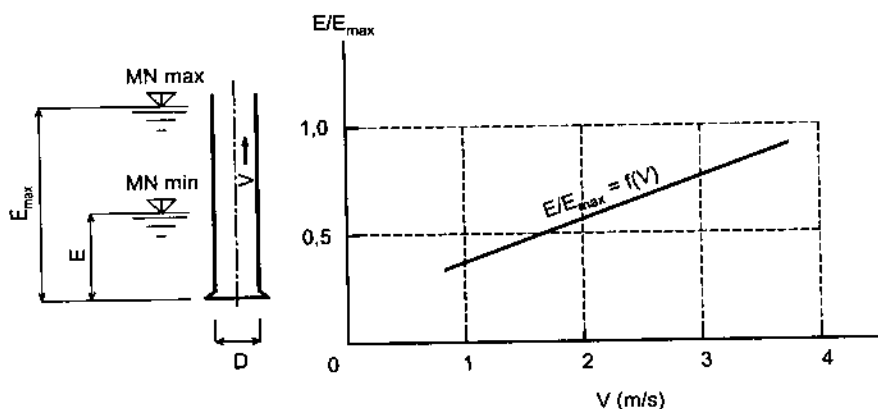
Tiết diện đường ống dẫn bằng BTCT thường là tròn hoặc hình hộp chữ nhật, chiều dài thành ống tùy thuộc kết quả tính toán độ bền và ổn định nhưng không nhỏ hơn 30cm. Mỗi nối thì công giữa các đoạn ống cần được xử lý liên kết và chống thấm tốt với các vật chống thấm bằng cao su hoặc lá đồng.

8.7.4. Bể hút, buồng hút

Bể hút (suction sump) là một thành phần công trình nối tiếp với nhà máy bơm, tại đó dòng chảy chuyển tiếp vào ống hút của máy bơm. Tùy thuộc vào loại ống hút (ống hút quy mô nhỏ, quy mô vừa, quy mô lớn dạng khuỷu cong) và kích thước tương đối của bể hút mà trạng thái thủy lực của dòng chảy ở đây khác nhau. Nhưng dù có kích thước như thế nào thì khi thiết kế bể hút cũng phải đảm bảo yêu cầu không sinh phễu khí và tuyệt đối không để không khí lẫn vào dòng nước đi vào máy bơm, đồng thời không được kéo theo bùn cát ở đáy bể.

Vận tốc dòng chảy trong ống hút loại nhỏ có thể được chọn theo tỷ số $E/E_{\max}$, trong đó E là độ của miệng ống hút ứng với mực nước min, còn $E_{\max}$ là độ ngập ứng với mực nước max (hình 8.18). Khi tỷ số này càng lớn thì vận tốc cho phép càng cao (lên đến 4 m/s) và ngược lại (vận tốc nhỏ nhất khoảng 1 m/s).

Đối với mỗi loại ống hút có một dạng bể hút tương ứng như bể hút chuẩn (ống hút nhỏ và trung bình), bể hút điều chỉnh, bể hút cho ống hút lớn, bể hút cho ống hút khuỷu cong.... Sau đây là các chỉ dẫn thiết kế cho mỗi loại bể hút.

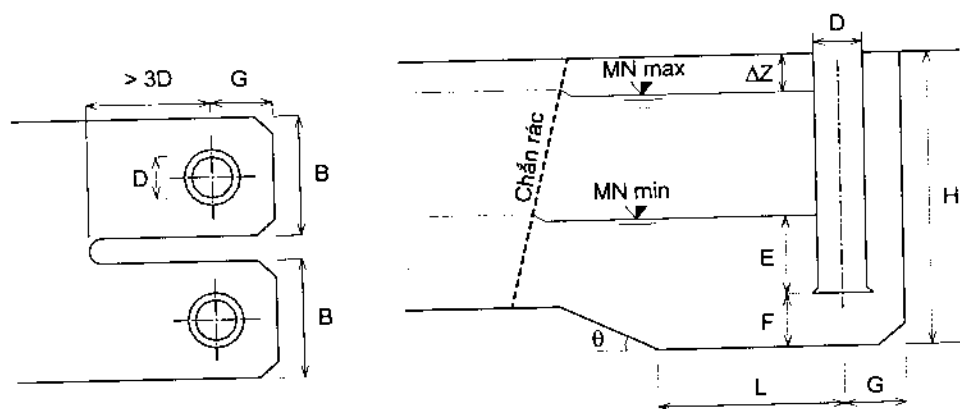


Hình 8.18: Vận tốc trong ống hút nhỏ theo tỷ số $E/E_{\max}$

(1) *Bể hút chuẩn với ống hút trung bình*: Hình 8.19 thể hiện kích thước cơ bản của bể hút có mặt thoáng, ống hút độc lập loại trung bình. Còn ở bảng 8.1 cho ta thống kê kích thước bể hút theo đường kính trong của ống hút máy bơm. Nếu gọi đường kính trong của miệng vào máy bơm là D (m) thì chúng ta có các kích thước của bể hút tương ứng là:

a) Độ ngập của miệng ống hút (E): chiều sâu ngập của miệng ống hút có $D = 600 \div 2000$ mm nằm trong khoảng từ $1,6D \div 1,8D$.

b) Chiều rộng khoang hút (B): chiều rộng của mỗi khoang hút thường nhỏ nhất bằng $3D$ để đảm bảo sao cho vận tốc trung bình dòng chảy trong khoang khoảng $0,3$ m/s.



Hình 8.19: Kích thước bể hút chuẩn đối với ống hút trung bình

c) Khoảng cách từ miệng ống hút tới đáy bể (F): cần đủ lớn để không kéo bùn cát đáy vào ống hút. Qua thí nghiệm, cho thấy $F = 0,7D$ là đủ, nhưng trong thiết kế thường lấy $F = D$.

d) Khoảng cách từ trục ống hút đến tường áp lực (G): cần đủ lớn để đảm bảo dòng chảy vào ống hút đều theo các phương, đồng thời không quá lớn sẽ gây khó khăn khi cố định ống hút. Thông thường $G = 1,1D \div 1,3D$.

e) Chiều dài bể (L) và góc nghiêng (θ): L cần đủ dài tương ứng với góc nghiêng để không sinh tách dòng. Khi $\theta = 30^\circ$ thì $L = 3D$, khi $\theta = 45^\circ$ thì $L = 4,5D$.

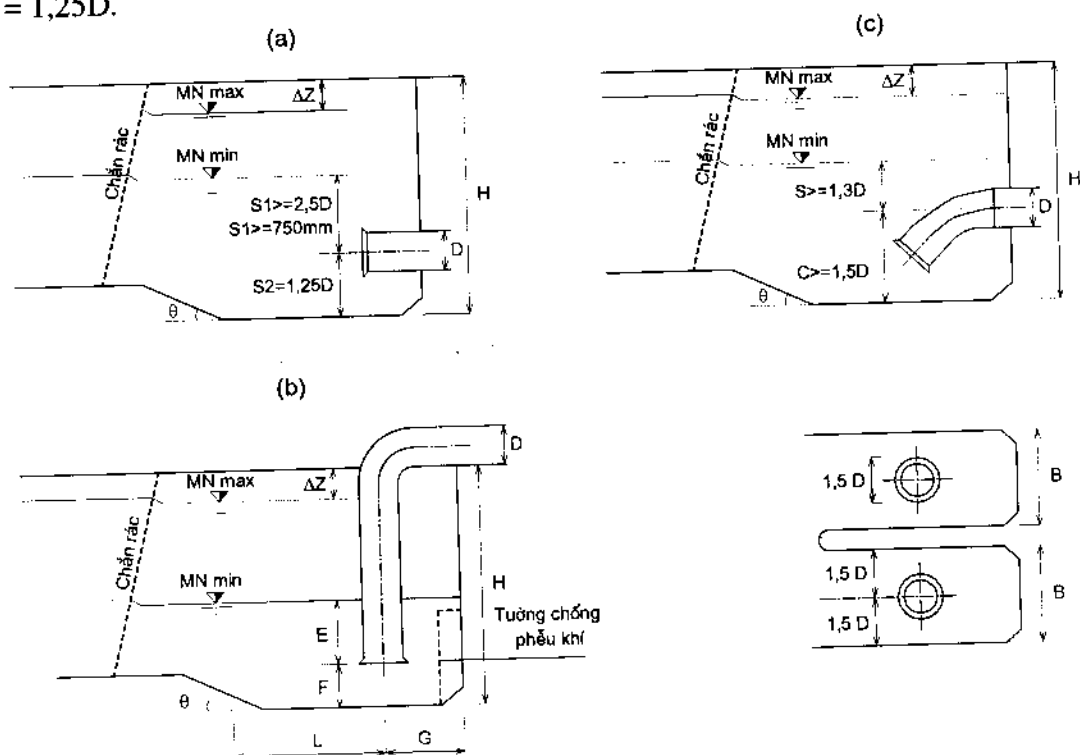
g) Chiều sâu bể (H): phụ thuộc vào cao trình đáy bể, mực nước cao nhất và thấp nhất trong bể. Thường cao trình đỉnh tường bể hút phải cao hơn mực nước cao nhất một đoạn $\Delta Z \geq 0,30 \div 0,50$ m.

(2) *Bể hút điều chỉnh*: Đối với ống hút trung bình ($D < 2000$ mm), nếu do điều kiện nào đó về loại máy bơm, địa hình,... không áp dụng được bể hút chuẩn, chúng ta có thể tham khảo một số chỉ dẫn cho các dạng cải tiến từ bể hút chuẩn (tạm gọi là bể hút điều chỉnh) như trong hình 8.20. Trong hình giới thiệu mặt cắt dọc của ba kiểu bể hút cùng mặt bằng của loại bể hút miệng nghiêng.

Bảng 8.1: Kích thước bể hút chuẩn đối với ống trung bình

D (mm)	E (mm)	B (mm)	F (mm)	G (mm)	L (mm)	
					$\theta = 30^\circ$	$\theta = 45^\circ$
600	1100	1800	600	700	1800	2700
700	1300	2100	700	800	2100	3150
800	1400	2400	800	900	2400	3600
900	1600	2700	900	1000	2700	4100
1000	1700	3000	1000	1100	3000	4500
1200	2000	3600	1200	1300	3600	5400
1350	2300	4050	1350	1500	4050	6100
1500	2500	4500	1500	1650	4500	6750
1650	2700	4950	1650	1800	4950	7400
1800	2900	5400	1800	2000	5400	8100
2000	3300	6000	2000	2200	6000	9000

a) Bể hút với ống hút nằm ngang: loại này cũng có trong thực tế nhưng do chiều sâu ngập lớn nên không kinh tế, do đó loại này chỉ áp dụng cho ống hút nhỏ và rất nhỏ, ít khi áp dụng cho ống hút lớn (hình 8.20a). Độ sâu $S_1 \geq 2,5D$ đồng thời $S_1 \geq 750\text{mm}$, còn $S_2 = 1,25D$.

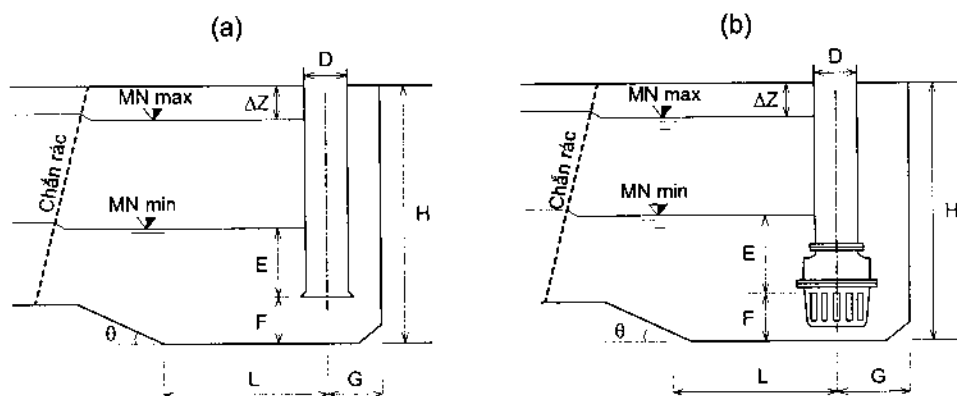


Hình 8.20: Kích thước bể hút điều chỉnh đối với ống hút trung bình
a) Với ống hút ngang; b) Với ống hút uốn 90° ; c) Với ống hút xiên

b) Bể hút với ống hút thẳng đứng rồi uốn 90° : loại bể hút này có các kích thước E, F và G giống như bể hút chuẩn (bảng 8.1). Nhưng nếu độ cong của cút 90° làm cho G lớn hơn thì lấy G khoảng $1,5D$. Ngoài ra để tránh dòng đáy gây phểu khí từ tường áp lực, cần làm tường chống phểu khí (hình 8.20b).

c) Bể hút với ống hút ngang nhưng miệng hút nghiêng: loại này thường được sử dụng đối với một số loại máy bơm đặc biệt có đường kính ống hút D cỡ 2000mm, các chỉ dẫn thiết kế cho trên hình 8.20c.

(3) Bể hút chuẩn với ống hút nhỏ: Trên hình 8.21 thể hiện các kích thước cơ bản của bể hút có mặt thoáng, bố trí ống hút độc lập loại nhỏ, hình 8.21a cho loại bể hút với ống hút loe, còn hình 8.21b cho ống hút có lưới đáy. Các kích thước cơ bản của hai loại bể hút trên, tương ứng cho trong bảng 8.2 và 8.3, những kích thước như L, H và θ có thể tham khảo bảng 8.1.



Hình 8.21: Kích thước bể hút chuẩn cho ống nhỏ
a) Với ống hút loe; b) Với ống hút có van đáy.

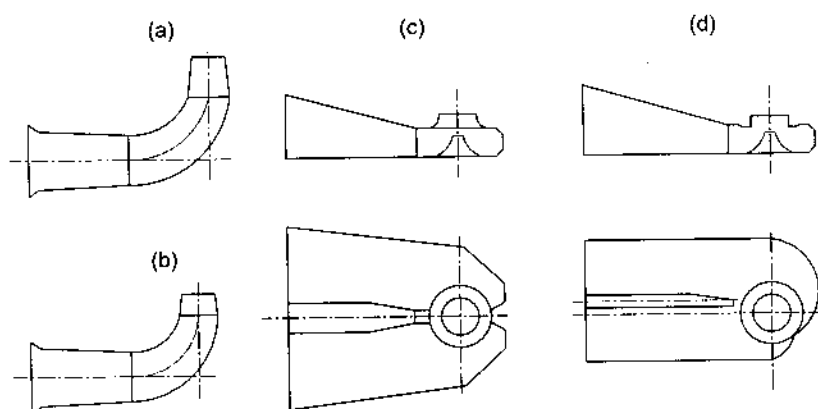
Bảng 8.2: Kích thước bể hút chuẩn đối với ống hút loe nhỏ

D (mm)	Kích thước bể hút (mm)			D (mm)	Kích thước bể hút (mm)		
	E	F	G		E	F	G
65	280	150	200	150	500	380	250
80	310	200	200	200	600	500	400
100	330	250	200	250	720	620	400
125	420	310	250	300	850	740	450

Bảng 8.3: Kích thước bể hút chuẩn đối với ống hút van đáy nhỏ

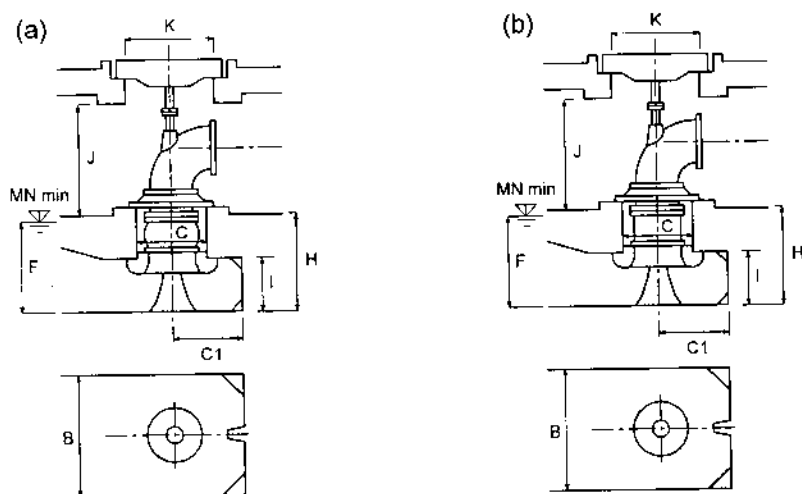
D (mm)	Kích thước bể hút (mm)			D (mm)	Kích thước bể hút (mm)		
	E	F	G		E	F	G
150	500	250	250	350	670	350	450
200	500	250	300	400	760	400	500
250	500	250	350	450	860	450	550
300	570	300	400	500	950	500	600

(4) *Bể hút cho ống hút nhỏ lớn:* Khi ống hút và miệng ống hút lớn (lớn hơn 2000mm), người ta không sử dụng ống hút kim loại tiết diện không đổi mà chuyển sang sử dụng ống hút bằng thép hoặc bằng BTCT có tiết diện giảm dần (tương tự như ống hút ở nhà máy thủy điện). Với tiết diện thay đổi như vậy, chế độ thủy lực trong ống hút sẽ tốt hơn và khả năng chống sự hình thành phễu khí cũng tốt hơn. Trên hình 8.22 thể hiện hình dạng của một số loại ống hút: ống hút kim loại tiết diện tròn thay đổi dần (hình 8.22a), ống hút kim loại tiết diện tròn thay đổi gấp (hình 8.22b), ống hút BTCT hình chóp cắt đối xứng (hình 8.22c) và ống hút hình chóp cắt không đối xứng (hình 8.22d). Trong hình 8.23 là hai mẫu thiết kế với ống hút BTCT chóp cắt, hình (a) cho máy bơm hỗn lưu trục đứng và hình (b) cho máy bơm hướng trục trục đứng. Các kích thước tương ứng của hai trường hợp trên được cho trong bảng 8.4 và 8.5 cho máy bơm có $D = 2200 \div 2800\text{mm}$.



Hình 8.22: Kích thước ống hút có tiết diện thay đổi

a) Ống hút kim loại tròn thay đổi dần; b) Ống hút kim loại thay đổi gấp
c) Ống hút chóp cắt đối xứng; d) Ống hút chóp cắt không đối xứng.



Hình 8.23: Kích thước ống hút chóp cắt

a) Ống hút chóp cắt cho bơm hỗn lưu; b) Ống hút chóp cắt cho bơm hướng trục

Bảng 8.4: Kích thước ống hút chóp cụt cho bơm hỗn lưu trực đứng

D (mm)	Kích thước cơ bản của ống hút (mm)							
	C	Cl	F	B	H	I	J	K
2200	3200	3000	3400	6000	5600	1800	4200	4000
2400	3500	3300	3700	6600	5900	2000	4600	4300
2600	3800	3500	4200	7000	6500	2200	5000	4600
2800	4000	3800	4500	7600	7000	2400	5600	5000

Bảng 8.5: Kích thước ống hút chóp cụt cho bơm hướng trục trực đứng

D (mm)	Kích thước cơ bản của ống hút (mm)							
	C	Cl	F	B	H	I	J	K
2200	3000	3000	3200	6000	4200	1800	4200	4000
2400	3200	3300	3500	6600	4600	2000	4600	4300
2600	3400	3500	3900	7000	5000	2200	5000	4600
2800	3600	3800	4200	7600	5600	2400	5600	5000

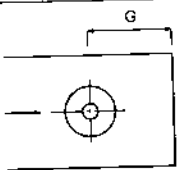
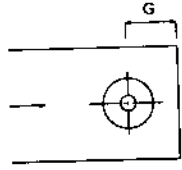
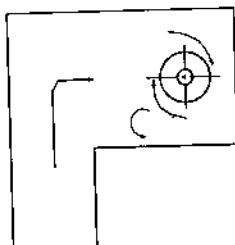
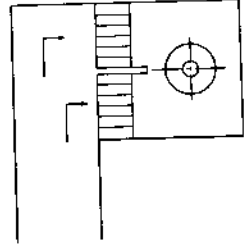
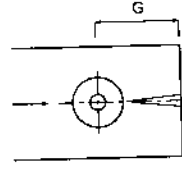
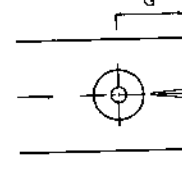
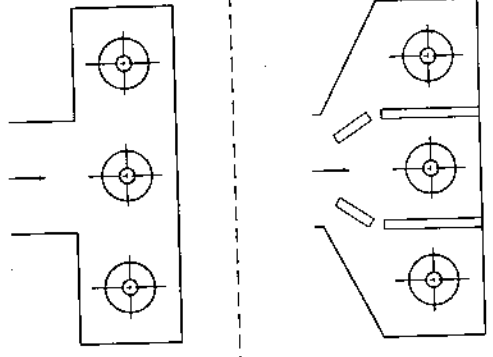
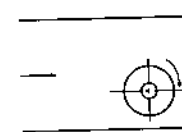
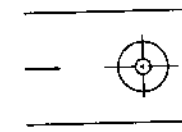
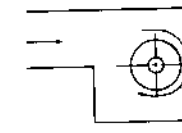
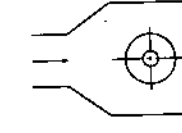
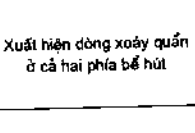
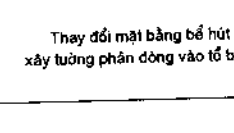
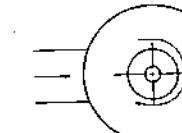
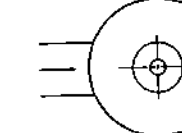
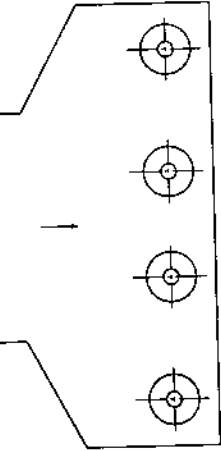
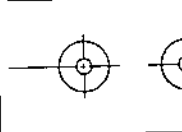
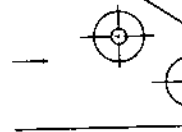
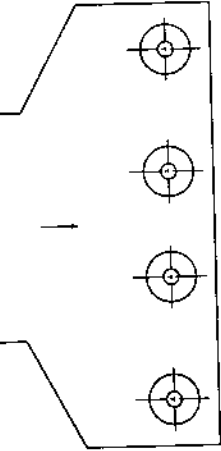
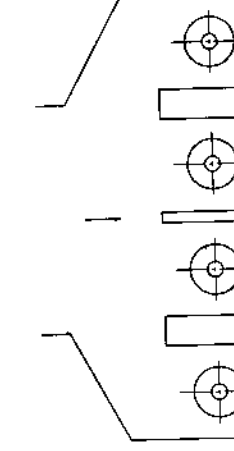
(5) Một số nguyên tắc bố trí bể hút cho nhiều tổ bơm: Dưới đây là các trường hợp không khả thi và hướng điều chỉnh thiết kế mặt bằng của bể hút với một tổ bơm và với nhiều tổ bơm. Khi điều chỉnh kích thước mặt bằng cần đảm bảo điều kiện thủy lực của từng tổ bơm (hình 8.24), hình bên trái chưa thật tốt về điều kiện thủy lực, còn hình phía phải tương ứng là hướng điều chỉnh thiết kế.

(6) Một số lưu ý khác khi thiết kế bể hút: Do điều kiện thực tế của nhà máy bơm muôn hình muôn vẻ, cho nên ngoài những chỉ dẫn thiết kế cơ bản về bể hút như trên, trong nhiều trường hợp cần thiết phải điều chỉnh kích thước, hình dạng bể. Dưới đây là một số lưu ý:

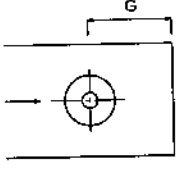
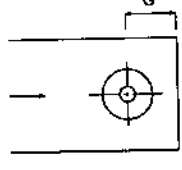
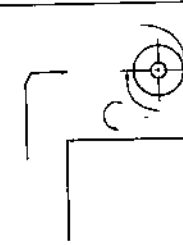
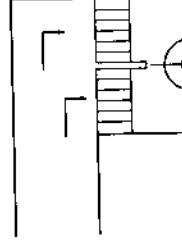
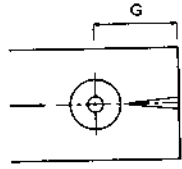
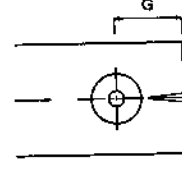
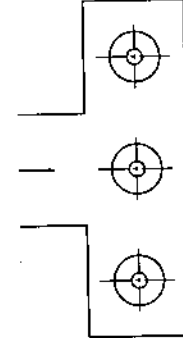
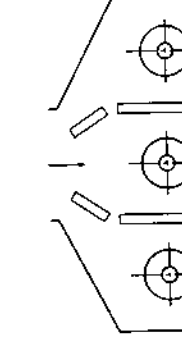
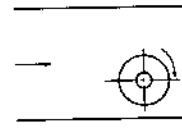
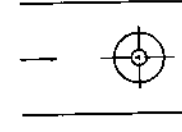
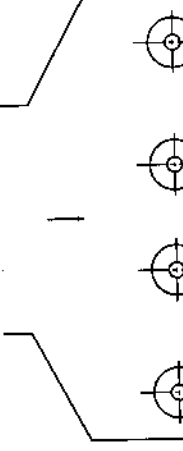
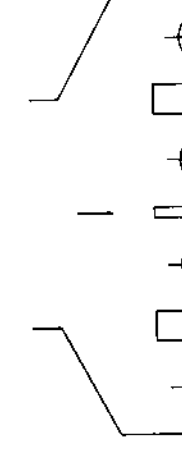
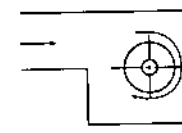
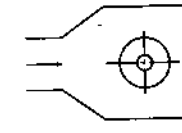
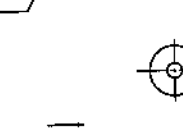
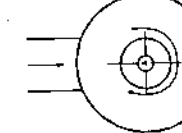
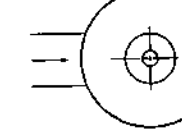
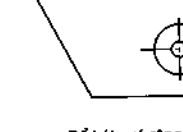
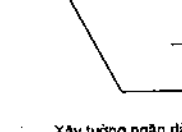
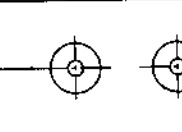
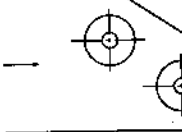
a) Mức nước trong bể hút: mực nước trong bể hút dao động theo tình hình thủy văn của nguồn nước, khi tính toán mực nước max và min trong bể, cần kiểm tra lại mực nước max và min ở nguồn, sau đó cần thận trừ đi các loại tổn thất cột nước từ công trình lấy nước cho đến tận miệng vào ống hút.

b) Kích thước thiết bị lắp đặt bên trên bể hút: khi kích thước thiết bị có liên quan đến bể hút đòi hỏi kích thước bể không giống như kích thước chuẩn, cần xử lý tăng (giảm) kích thước bể hút cho phù hợp với thiết bị nhưng phải đảm bảo các yêu cầu cơ bản và nhiệm vụ của bể hút như đã nêu.

c) Bể trễ: phần bể trễ chính là đoạn mở rộng và đào sâu xuống tại cuối tuyến dẫn nước trước khi vào bể hút. Nếu vận tốc dòng chảy trong kênh lớn, cần có đoạn chuyển tiếp (bể trễ) để giảm dần vận tốc xuống mức $0,5 \div 0,7$ m/s.

Không khả thi	Điều chỉnh thiết kế	Không khả thi	Điều chỉnh thiết kế
 Khoảng cách G quá lớn	 Giảm $G = (1,0 \text{ đến } 1,2) D$	 Xuất hiện dòng xoáy quán	 Giảm vận tốc dòng chảy, xây tường ngăn, vát đáy từ kênh vào bể hút
 Khoảng cách G quá lớn	 Giảm $G = \text{khoảng } 1,5 D$	 Thay đổi mặt bằng bể hút xây tường phân dòng vào tổ bơm	
 Lệch tâm, xuất hiện dòng xoáy	 Chỉnh cân tâm và $G = (1,0 \text{ đến } 1,2) D$		
 Lệch tâm, xuất hiện dòng xoáy	 Chỉnh cân tâm và $G = (1,0 \text{ đến } 1,2) D$	 Xuất hiện dòng xoáy quán ở cả hai phía bể hút	 Thay đổi mặt bằng bể hút xây tường phân dòng vào tổ bơm
 Xuất hiện dòng xoáy	 Xây tường phân dòng	 Bể hút quá rộng, tim tổ bơm không cân đều	
 Hai tổ bơm dọc ống hút	 Đặt lại tim và xây vát một bên		
		 Bể hút quá rộng, tim tổ bơm không cân đều	 Xây tường ngăn đáy và mỏng để chia đều khoang các tổ bơm

Hình 8.24: Hướng xử lý điều chỉnh mặt bằng bể hút

Không khả thi	Điều chỉnh thiết kế	Không khả thi	Điều chỉnh thiết kế
 Khoảng cách G quá lớn	 Giảm G = (1,0 đến 1,2) D	 Xuất hiện dòng xoáy quanh	 Giảm vận tốc dòng chảy, xây tường ngăn, vát đáy từ kênh vào bể hút
 Khoảng cách G quá lớn	 Giảm G = khoảng 1,5 D	 Xuất hiện dòng xoáy quanh ở cả hai phía bể hút	 Thay đổi mặt bằng bể hút xây tường phân dòng vào tổ bơm
 Lệch tim, xuất hiện dòng xoáy	 Chỉnh cân tim và G = (1,0 đến 1,2) D	 Bể hút quá rộng, tim tổ bơm không cân đều	 Xây tường ngăn dòng và móng để chia đều khoảng các tổ bơm
 Lệch tim, xuất hiện dòng xoáy	 Chỉnh cân tim và G = (1,0 đến 1,2) D	 Bể hút quá rộng, tim tổ bơm không cân đều	 Xây tường ngăn dòng và móng để chia đều khoảng các tổ bơm
 Xuất hiện dòng xoáy	 Xây tường phân dòng	 Bể hút quá rộng, tim tổ bơm không cân đều	 Xây tường ngăn dòng và móng để chia đều khoảng các tổ bơm
 Hai tổ bơm dọc ống hút	 Đặt lại tim và xây vát một bên		

Hình 8.24: Hướng xử lý điều chỉnh mặt bằng bể hút

d) Lưới chắn rác, van và phai: thông thường ở trước đoạn chuyển tiếp, sẽ lắp đặt các thiết bị như lưới chắn rác, rãnh phai sửa chữa và van công tác cùng thiết bị thao tác vận hành chúng.

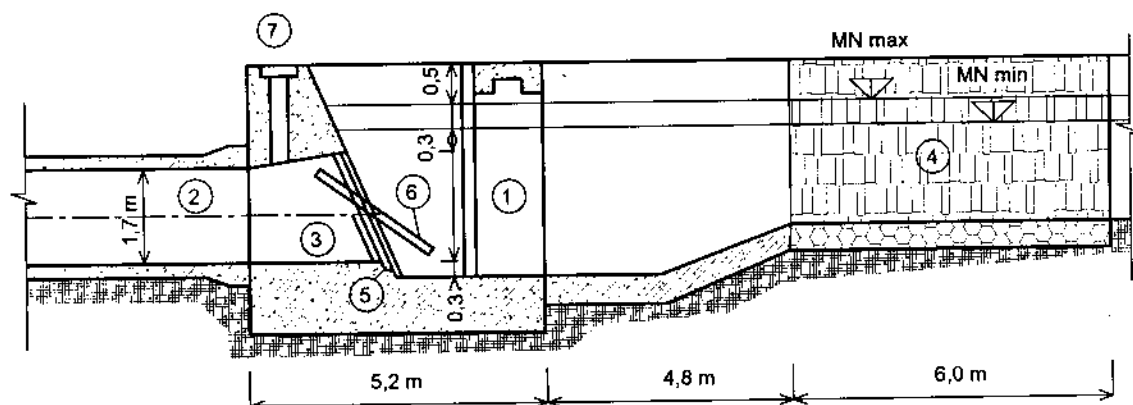
e) Bể lắng bùn và sân phơi bùn: nếu dòng chảy trong tuyến dẫn có nhiều bùn cát, đặc biệt đối với trạm bơm tiêu, cần thiết kế bể lắng trước bể hút. Khi không có yêu cầu lấy nước làm mát, bôi trơn, yêu cầu tính toán lắng đọng là: vận tốc trung bình của dòng chảy từ $0,15 \div 0,30$ m/s và thời gian lắng là $30 \div 60$ s. Khi có yêu cầu lấy nước làm mát, bôi trơn, yêu cầu tính toán lắng đọng là: vận tốc trung bình của dòng chảy từ $0,02 \div 0,07$ m/s và thời gian lắng là $10 \div 20$ phút. Ngoài ra nếu không có điều kiện xả bùn cát về nguồn thì cần thiết kế sân phơi bùn (cát) để sau khi khô sẽ xúc chuyển đổ ra bãi thải.

8.7.5. Bể xả (bể phân phối)

Nhiệm vụ của công trình xả nước là nối tiếp dòng chảy từ ống đẩy với công trình nhận nước, đảm bảo tiêu năng dòng chảy sau ống đẩy và phân phối nước cho các tuyến dùng nước.

Đối với trạm bơm cấp nước (cấp II) dòng chảy có thể từ ống đẩy đi thẳng tới tháp điều tiết hay vào mạng phân phối nước (không cần công trình xả), nhưng với trạm bơm tưới, tiêu hay thoát nước thì cuối ống đẩy phải bố trí công trình xả theo kiểu bể tiêu năng và phân phối nước của công trình thủy lợi.

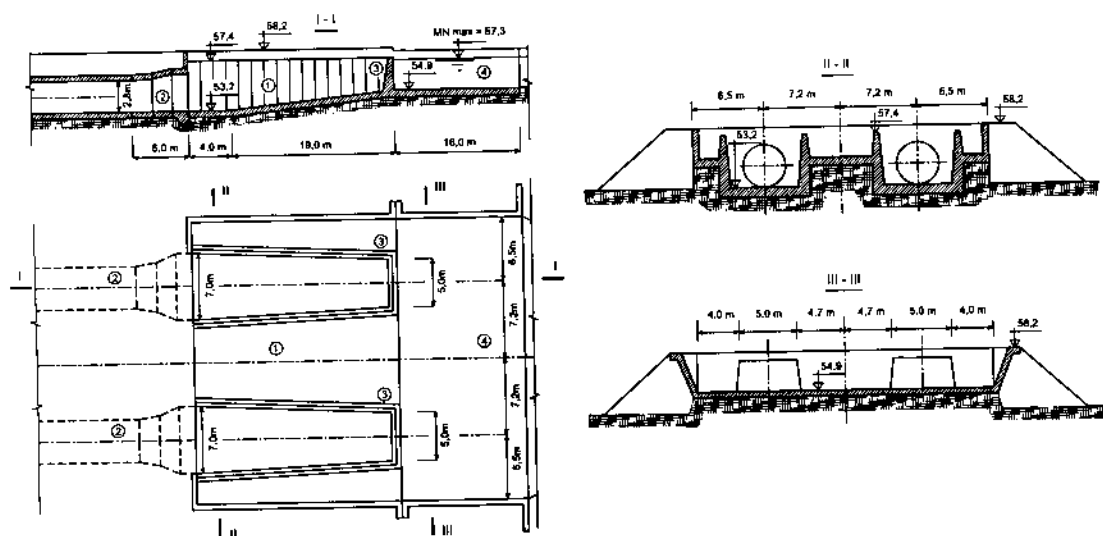
Đối với bể xả của trạm bơm tưới - tiêu, người ta thường sử dụng những giải pháp thiết kế về công trình hay thiết bị để duy trì lượng nước trong ống đẩy nhằm duy trì nước trong buồng công tác của máy bơm. Điều này giúp cho quá trình khởi động máy bơm có thể tránh phải mỗi nước. Dưới góc độ này, về mặt thiết bị có thể bố trí van cánh bướm tại miệng ra của mỗi ống đẩy nếu đường kính miệng ra của ống đẩy $< 2,0$ m (hình 8.25), khi đường kính lớn hơn $2,0$ m, người ta sẽ thiết kế van phẳng tại bể xả.



Hình 8.25: Cấu tạo bể xả có van cánh bướm cuối ống đẩy

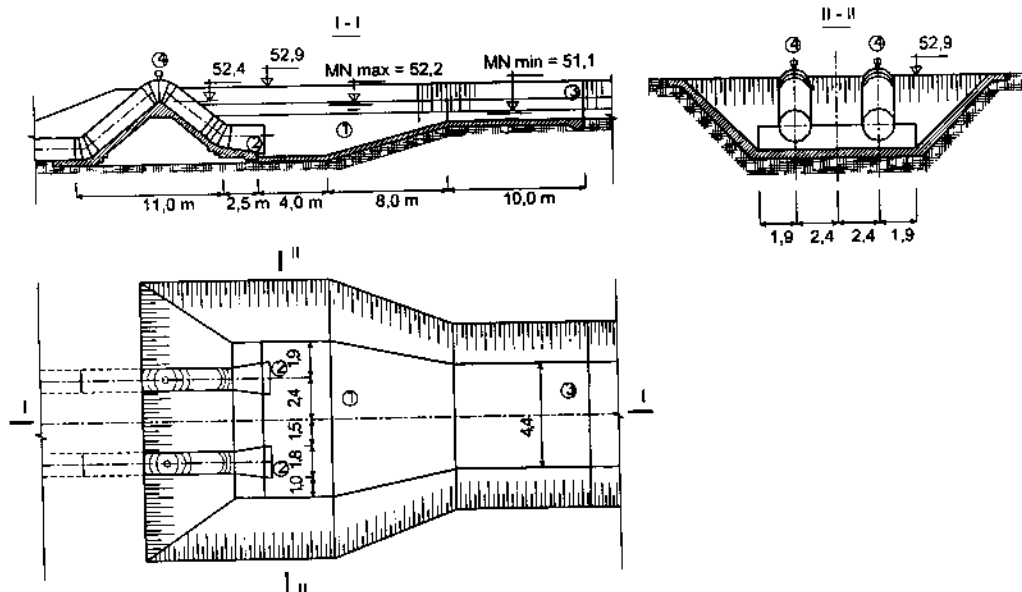
- 1 - Bể xả; 2 - Ống đẩy; 3 - Đoạn xả miệng ống đẩy; 4 - Kênh tưới
5 - Kết cấu chống thấm của van; 6 - Cánh van; 7 - Ống thông khí

Về mặt công trình, có thể thiết kế công trình xả loại ngưỡng tràn (hình 8.26), do mực nước ở bể xả luôn luôn cao hơn mép trên của ống đẩy nên không cần phải đặt van ở cuối đường ống đẩy. Trường hợp này máy bơm phải khắc phục thêm một độ cao cột nước bằng độ chênh lệch giữa mực nước trên ngưỡng tràn và trong kênh phía sau ngưỡng (khoảng $0,4 \div 1,0\text{m}$ tùy theo kích thước tường tràn). Ngoài ra, người ta hay sử dụng hình thức xả kiểu xi phong, vừa tạo cho dòng chảy ra được êm, tổn thất thủy lực nhỏ, vừa không phải bố trí van ở cuối ống đẩy (hình 8.27).



Hình 8.26: Cấu tạo bể xả có ngưỡng tràn

1 - Bể xả; 2 - Ống đẩy; 3 - Ngưỡng tràn và máng tràn cuối bể xả; 4 - Kênh tưới



Hình 8.27: Cấu tạo bể xả có ống xả kiểu xi phong

1 - Bể xả; 2 - Ống đẩy dạng xi phong; 3 - Kênh tưới; 4 - Van phá chân không

Về nguyên tắc thiết kế bể xả, chúng ta sẽ lần lượt tham khảo các chỉ dẫn dưới đây.

1. Một số chỉ dẫn thiết kế chung đối với bể xả

(a) Hình dạng và kích thước bể xả: về nguyên tắc, việc giảm tổn thất thủy lực trong phạm vi bể xả (nếu cần cột nước) và tiêu tán năng lượng thừa của dòng chảy sau khi ra khỏi ống đẩy (nếu thừa cột nước) đều là cần thiết. Do đó, trong trường hợp thứ nhất, cần giảm vận tốc trong bể xả xuống khoảng $0,3 \div 0,5$ m/s, còn khi thừa năng lượng cần có biện pháp xử lý như làm tường tiêu năng, hoặc bể tiêu năng. Từ yêu cầu trên, kích thước bể xả sẽ được xác định. Về hình dạng, dù chỉ một tổ bơm hay nhiều tổ bơm thì hình dạng của bể xả nên bố trí đối xứng qua trục tổ bơm và trục giữa của bể xả.

(b) Cao trình của bể xả: mép trên của miệng ống đẩy phải ngập dưới mực nước thấp nhất trong bể xả một khoảng tối thiểu là 0,30 m. Đáy bể xả phải thấp hơn mép dưới miệng ra của ống đẩy khoảng $0,40 \div 0,60$ m. Đỉnh tường của bể xả cần cao hơn mực nước cao nhất trong bể từ $0,30 \div 0,50$ m.

(c) Dung tích và mặt thoáng tối thiểu của bể xả đối với trạm bơm quy mô lớn cần được kiểm tra thêm điều kiện lúc đột ngột dừng bơm hay lúc khởi động nhà máy bơm. Trong các trường hợp trên sẽ có hiện tượng sóng trong bể nếu dung tích và mặt thoáng của bể quá bé.

2. Những lưu ý đối với bể xả của trạm bơm tưới và cấp nước

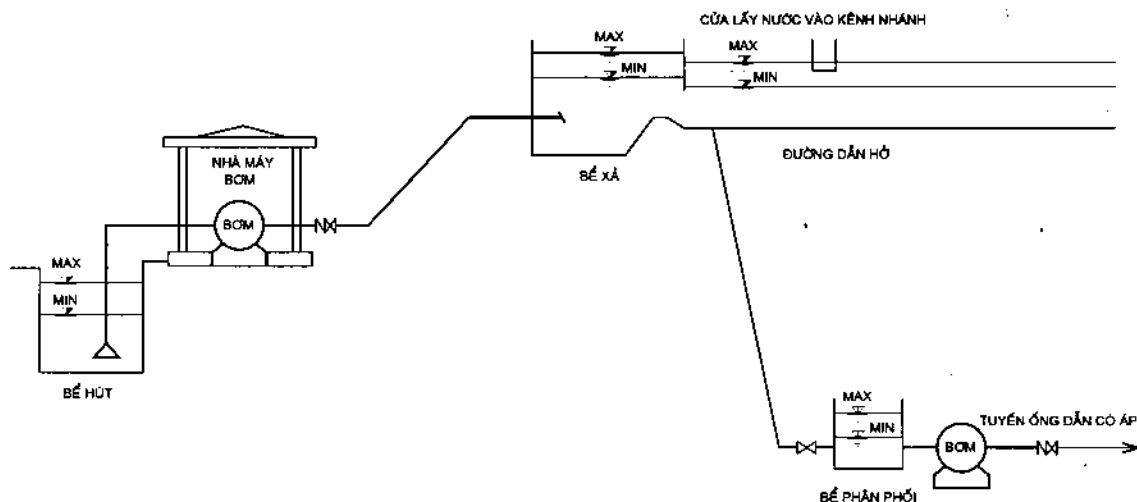
(a) Vị trí của bể xả trong hệ thống bơm tưới và cấp nước sinh hoạt phụ thuộc vào các điều kiện như: địa hình, địa chất, cột nước áp lực yêu cầu (hay cao độ yêu cầu của bể xả). Do đó khi lựa chọn vị trí bể xả cần lưu ý tất cả những yếu tố trên. Hệ thống cấp nước và hệ thống bơm tưới vùng núi, bán sơn địa thường có nhiều cấp bơm khác nhau. Do đó, vị trí bể xả còn gắn liền với sơ đồ thủy lực và kiểu loại cũng như công suất của máy bơm. Hình 8.28 cho chúng ta một sơ đồ bơm cấp nước tưới và sinh hoạt với hai cấp bơm.

(b) Kích thước bể xả, về nguyên tắc càng lớn thì càng đảm bảo về điều kiện thủy lực và chế độ của dòng chảy. Tuy nhiên nếu lớn quá sẽ làm cho chi phí xây dựng bể tăng. Do đó, khi tính toán kích thước bể cần nghiên cứu quy trình vận hành của bơm. Bởi vì từ khi khởi động đến lúc đạt 100% lưu lượng và cột nước thiết kế thường cần thời gian từ 20 phút đến 10 phút. Trên cơ sở tính toán cân bằng nước theo thời gian giữa máy bơm và lượng nước bơm sẽ xác định được dung tích cần thiết của bể xả.

(c) Hình dạng và vật liệu xây dựng bể: về mặt vật liệu xây dựng bể có thể là đất đắp có gia cố bên trong, bê tông, bê tông cốt thép, thép,... Nhưng cho dù với loại vật liệu nào cũng phải đảm bảo không lún và chống thấm tốt.

Về mặt hình dạng, mặt cắt ngang của bể xả thông thường là hình chữ nhật đối xứng qua trục, cũng có thể mặt cắt hình thang đối xứng. Độ dao động mực nước trong bể xả thường từ $1 \div 3$ m. Tất nhiên biên độ dao động càng nhỏ càng tốt, khi cần có thể khống chế trong phạm vi $1 \div 2$ m.

(d) Khoảng cách từ mực nước lớn nhất tới đỉnh tường của bể ít nhất là 0,30 m. Ngoài ra tại bể xả cũng có thể bố trí các thiết bị và công trình như ngưỡng tràn bên, thước đo mực nước, van, phai, ngưỡng duy trì mực nước tối thiểu,...



Hình 8.28: Sơ đồ thủy lực đối với bể xả trạm bơm tưới

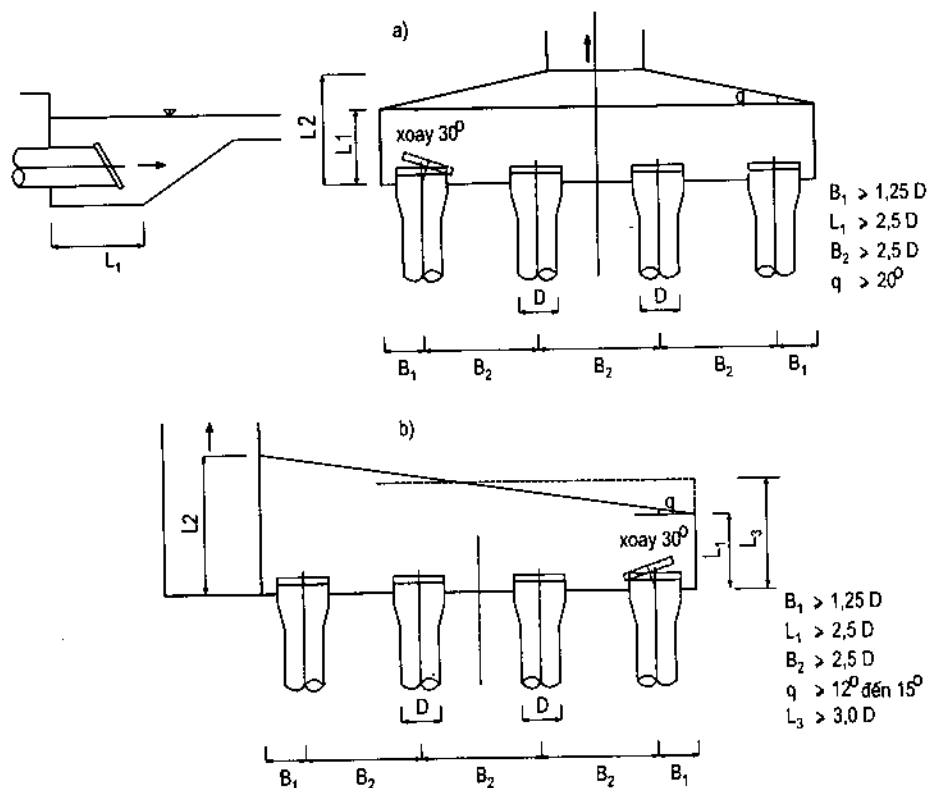
3. Những lưu ý đối với bể xả của trạm bơm tiêu

(a) Bể xả của trạm bơm tiêu thường có quy mô lớn, nằm gần sông thu nước tiêu, dòng chảy từ bể xả ra sông thường là tự chảy, do đó mực nước trong bể xả phải cao hơn mực nước lớn nhất ngoài sông có kể tổn thất thủy lực dọc đường. Như vậy, đỉnh tường bể xả thường cao hơn đỉnh đê hoặc bờ sông.

(b) Nối từ bể xả ra sông có hai hình thức kênh, hình thức kênh chảy thẳng và cùng trục dọc với bể xả (hình 8.29a) và hình thức kênh nằm một bên bể xả (hình 8.29b).

(c) Trên hình 8.29a, cho các kích thước cơ bản tối thiểu của bể xả có kênh cùng trục. $L_1 \geq 1,25D$, khi L_1 giảm, phần ra của ống đẩy hai biên cần uốn khoảng 30° để hướng dòng chảy vào giữa kênh. Chiều rộng B_1 thường bằng $1,5D$. Chiều rộng B_2 cần thỏa mãn việc lắp đặt các thiết bị liên quan như van và độ mở miệng ống đẩy, thường $B_2 = 2,5D$. Góc thu θ nhỏ nhất là 20° . Sau đó sẽ xác định được L_2 tương ứng. Vận tốc dòng chảy lớn nhất trong bể nên nhỏ hơn $0,30 \div 0,50$ m/s.

(d) Trên hình 8.29b, cho các kích thước cơ bản tối thiểu của bể xả có kênh nằm bên cạnh bể xả. Với loại bể này thì $L_1 \geq 1,25D$, khi L_1 giảm, phần ra của ống ở biên đẩy cần uốn khoảng 30° để hướng dòng chảy vào giữa kênh. Khi tường bể không mở rộng dần và không làm mái dốc ngang, cần đảm bảo chiều rộng B_3 bằng $3,0D$. Chiều rộng B_2 cần thỏa mãn việc lắp đặt các thiết bị liên quan như van và độ mở miệng ống đẩy, thường $B_2 = 2,5D$. Góc thu θ nhỏ nhất là $12^\circ \div 15^\circ$. Sau đó sẽ xác định được L_2 tương ứng. Vận tốc dòng chảy lớn nhất trong bể nên nhỏ hơn $0,30 \div 0,50$ m/s.



Hình 8.29: Cấu tạo bể xả có ống xả kiểu xi phông

1 - Bể xả; 2 - Ống đẩy dạng xi phông; 3 - Kênh tưới; 4 - Van phá chân không

8.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 8

1. Về mặt kết cấu, nhà máy bơm được phân chia thành những loại nào?
2. Nêu đặc điểm kết cấu, sơ đồ cấu tạo và điều kiện áp dụng của nhà máy bơm kiểu trọng lực?
3. Nhà máy bơm trọng lực kiểu giếng đứng có đặc điểm nổi bật gì? Khi nào thì phải xây dựng loại nhà máy này?
4. Nêu đặc điểm kết cấu, sơ đồ cấu tạo và điều kiện áp dụng của nhà máy bơm kiểu buồng?
5. Nêu đặc điểm kết cấu, sơ đồ cấu tạo và điều kiện áp dụng của nhà máy bơm kiểu đường dẫn?
6. Nêu đặc điểm kết cấu, sơ đồ cấu tạo và điều kiện áp dụng của nhà máy bơm kiểu di động? Nêu một số sơ đồ nhà máy bơm di động mà anh (chị) biết?
7. Nêu nguyên tắc xác định kích thước cơ bản của nhà máy bơm? Kích thước phần dưới nước phụ thuộc chủ yếu vào yếu tố nào? Kích thước tầng động cơ phụ thuộc vào yêu cầu gì?

8. Trình bày nhiệm vụ và yêu cầu đối với công trình lấy nước của trạm bơm?
9. Có những loại công trình lấy nước nào?
10. Nêu nhiệm vụ và yêu cầu đối với công trình dẫn nước của trạm bơm?
11. Nêu nguyên tắc tính toán thủy lực công trình dẫn nước không áp?
12. Nêu nguyên tắc tính toán thủy lực công trình dẫn nước có áp?
13. Phân tích nhiệm vụ, yêu cầu của bể hút?
14. Khi thiết kế bể hút cần chú ý tới vấn đề gì nhất?
15. Các chỉ dẫn thiết kế bể hút chuẩn đối với ống hút quy mô nhỏ?
16. Các chỉ dẫn thiết kế bể hút chuẩn đối với ống hút quy mô trung bình?
17. Các chỉ dẫn thiết kế bể hút chuẩn đối với ống hút quy mô lớn?
18. Nêu nhiệm vụ và yêu cầu của bể xả?
19. So sánh những điểm giống và khác nhau khi thiết kế bể xả của các loại trạm bơm tưới và trạm bơm tiêu?
20. Trình bày yêu cầu tối thiểu về kích thước bể xả trạm bơm tiêu khi kênh dẫn đồng trục và khi kênh dẫn nằm một bên bể xả?

Chương 9

THIẾT BỊ TRONG NHÀ MÁY BƠM PHỤC VỤ TUỚI TIÊU

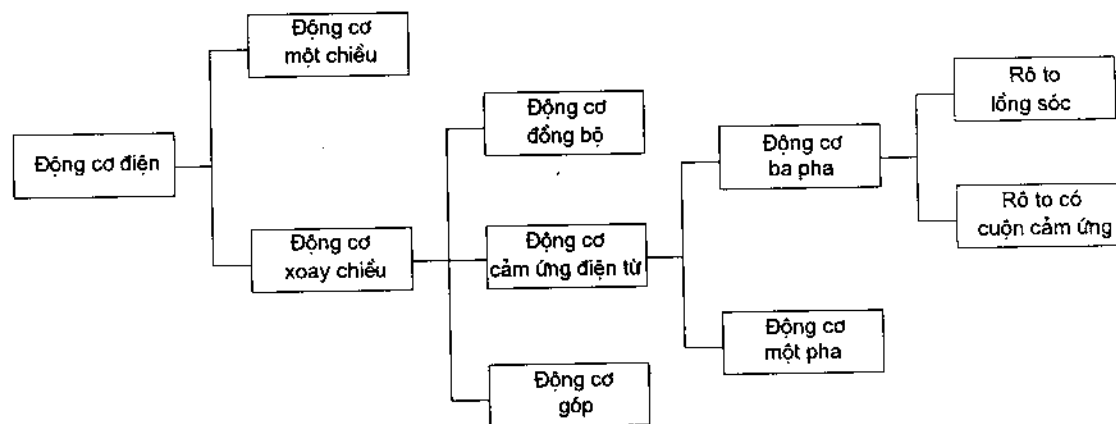
9.1. THIẾT BỊ NĂNG LƯỢNG

Mỗi tổ bơm bao gồm hai thiết bị có vai trò quan trọng nhất trong nhà máy bơm, cho nên chúng được gọi là các thiết bị chính. Thiết bị thứ nhất là máy bơm công tác (chúng ta đã có riêng chương 7 nghiên cứu về máy bơm), thứ hai là động cơ phục vụ máy bơm. Động cơ là thiết bị cung cấp năng lượng cho máy bơm công tác để qua đó truyền năng lượng cho chất lỏng bơm đi xa và lên cao. Vì vậy, động cơ thuộc nhóm thiết bị năng lượng. Trong trạm bơm nói chung và trạm bơm tưới tiêu nói riêng, người ta thường sử dụng ba loại động cơ là: động cơ điện, động cơ diesel và tuốc bin khí. Trong đó, động cơ điện được sử dụng rộng rãi nhất, sau đó đến máy diesel và cuối cùng là tuốc bin hơi. Sau đây chúng ta sẽ đề cập tới những đặc điểm quan trọng nhất của ba loại thiết bị năng lượng này.

9.1.1. Động cơ điện

1. Các loại động cơ điện và đặc điểm của chúng

Động cơ điện được chia thành hai nhóm là động cơ điện một chiều và động cơ điện xoay chiều. Động cơ xoay chiều lại được chia thành ba loại là: động cơ cảm ứng điện từ, động cơ đồng bộ và động cơ góp. Với động cơ cảm ứng lại có thể phân thành động cơ ba pha và động cơ một pha. Còn về cấu tạo, động cơ ba pha có hai loại là rô to lồng sóc và loại rô to có cuộn cảm ứng. Hình 9.1 trình bày cách phân loại động cơ điện.



Hình 9.1: Sơ đồ phân loại động cơ điện

a) **Động cơ điện cảm ứng (điện/từ):** Đây là loại được ứng dụng rộng rãi nhất trong thực tế bởi ba ưu điểm rất cơ bản là: Có cấu tạo đơn giản; dễ dàng tháo lắp, vận hành bảo dưỡng và giá thành thấp hơn các loại động cơ điện khác. Trong loại này thì động cơ điện ba pha phổ biến hơn một pha. Động cơ ba pha chia ra loại rô to lồng sóc và loại rô to có cuộn cảm ứng. Động cơ điện cảm ứng ba pha rô to lồng sóc và rô to có cuộn cảm ứng có cấu tạo khác nhau, nguyên lý công tác khác nhau và ưu nhược điểm khác nhau như được thống kê trong bảng 9.1.

Bảng 9.1: Ưu nhược điểm của động cơ điện 3 pha rô to lồng sóc và có cuộn cảm

Các chỉ tiêu	Động cơ rô to lồng sóc	Động cơ rô to có cuộn cảm
Cấu tạo	Đơn giản	Khá phức tạp
Dòng điện khởi động	Lớn ($500 \div 650\%$)	Nhỏ ($100 \div 150\%$)
Mô men khởi động	$100 \div 150\%$	$100 \div 150\%$
Hiệu suất mô men*	Thấp hơn	Cao hơn
Hiệu suất	Tương tự	Tương tự
Hệ số công suất ($\cos\phi$)	Tương tự	Tương tự
Hút công suất	Tương tự	Tương tự
Chi phí bảo dưỡng	Thấp hơn	Khá cao
Phương thức khởi động	Khởi động trực tiếp	Khởi động gián tiếp

Ghi chú: * $\text{Hiệu suất mô men} = (\text{Mô men khởi động})/(\text{Dòng điện khởi động})$

b) **Động cơ điện đồng bộ:** Động cơ điện đồng bộ có các cực từ gắn ở rô to. Phương thức khởi động tương tự như với động cơ điện cảm ứng rô to lồng sóc (khởi động trực tiếp hay khởi động giảm điện áp). Do đặc điểm cấu tạo, nên loại động cơ này thường chỉ làm việc với 100% công suất và với tốc độ không đổi (nên có tên là đồng bộ). Loại này thường có công suất từ 100 kW trở lên và có ít nhất là 16 cực từ. Bảng 9.2 cho chúng ta sự so sánh ưu nhược điểm của loại động cơ điện đồng bộ và loại động cơ điện cảm ứng rô to lồng sóc.

Bảng 9.2: Ưu nhược điểm của động cơ điện đồng bộ và loại 3 pha rô to lồng sóc

Các chỉ tiêu	Động cơ đồng bộ	Động cơ rô to lồng sóc
Dòng điện khởi động	Lớn ($500 \div 650\%$)	Lớn ($500 \div 650\%$)
Mô men khởi động	Thấp hơn	Cao hơn
Hiệu suất	Cao hơn một chút	Thấp hơn một chút
Hệ số công suất ($\cos\phi$)	100% công suất	Có sự hút công suất
Hút công suất	Không hút	Hút khoảng ($1 \div 4\%$)
Thiết bị kích thích	Cần thiết	Không cần
Chi phí thiết bị	Cao hơn	Thấp hơn
Chi phí vận hành	Thấp hơn	Cao hơn
Chi phí bảo dưỡng	Cao hơn một chút	Thấp hơn

c) **Động cơ điện góp:** Động cơ góp là sự làm việc kết hợp giữa một động cơ và bộ điều chỉnh điện áp để điều chỉnh tốc độ quay của động cơ. Phần động cơ thường là loại động cơ điện cảm ứng ba pha được nối trực tiếp với nguồn điện. Rô to của động cơ có cấu tạo tương tự như rô to của động cơ điện một chiều. Bộ điều chỉnh điện áp bao gồm bộ chỉnh điện áp một pha và bộ biến áp. Bộ chỉnh điện áp một pha có các cuộn dây stato và rô to, cuộn dây stato nối với nguồn điện, còn cuộn dây rô to nối với rô to của động cơ điện. Chính sự điều chỉnh điện áp của bộ điều chỉnh sẽ làm thay đổi tốc độ quay của động cơ chính và qua đó điều chỉnh được công suất làm việc.

2. Công suất và số vòng quay của động cơ điện

(a) **Công suất động cơ điện:** công suất của động cơ điện là hàm số của điện áp, cường độ dòng điện, hệ số năng lượng và hiệu suất, và được tính theo công thức sau:

$$P = \sqrt{3} UI\eta \cos \varphi \text{ (kW)} \quad (9.1)$$

Trong đó:

P - công suất động cơ (kW);

U - điện áp (V);

I - cường độ dòng điện lúc 100% tải (A);

$\cos \varphi$ - hệ số công suất;

η - hiệu suất động cơ.

(b) **Số vòng quay của động cơ:** số vòng quay của trục động cơ có quan hệ trực tiếp tới số vòng quay của máy bơm.

Đối với động cơ điện đồng bộ, số vòng quay đồng bộ được tính theo công thức sau:

$$n_{db} = \frac{120 f}{p} \text{ (vg/ph)} \quad (9.2)$$

Trong đó:

120 - hệ số chuyển đổi;

f - tần số dòng điện (Hz);

p - số cực của động cơ.

Hoặc:
$$n_{db} = \frac{60 f}{p_2} \text{ (vg/ph)} \quad (9.3)$$

với p_2 là số đôi cực của động cơ.

Đối với động cơ cảm ứng điện từ do có độ trễ công suất, nên số vòng quay trên trục động cơ được gọi là số vòng quay thực và ký hiệu là (n) được tính như sau:

$$n = \frac{120 f}{p} (1 - S) \text{ (vg/ph)} \quad (9.4)$$

Trong đó: $S = \frac{(n_{db} - n)}{n_{db}}$ thường bằng 2% đến 3%.

Số vòng quay thực của trục động cơ phụ thuộc vào tần số dòng điện, số cực (hoặc số đôi cực), vào đặc tính của động cơ thông qua tổn thất do hiện tượng trễ. Số vòng quay của động cơ khi tổn thất hụt (trễ) là 3% ứng với số cực khác nhau được cho trong bảng 9.3.

Bảng 9.3: Số vòng quay của động cơ khi tổn thất trễ là 3%

Số cực	Số vòng quay n (vg/ph)	
	Khi $f = 50 \text{ Hz}$	Khi $f = 60 \text{ Hz}$
2	2900	3500
4	1450	1750
6	970	1160
8	730	880
10	580	700
12	485	580
14	415	500
16	360	435
18	325	390

3. Điện áp, hiệu suất và hệ số năng lượng của động cơ điện

(a) *Điện áp của động cơ*: khi điện áp tăng thì công suất trên trục động cơ cũng tăng theo. Việc quyết định chọn mức điện áp của động cơ phụ thuộc vào những phân tích kinh tế về vấn đề này đối với toàn bộ trạm bơm.

Nói chung có thể phân ra 3 cấp điện áp động cơ là:

- + Điện áp thấp: 200 ÷ 400 V;
- + Điện áp cao: 3000 ÷ 6000 V;
- + Điện áp cực cao: 10000 V hoặc lớn hơn (rất ít khi sử dụng).

Hình 9.2 cho thấy quan hệ giữa công suất trục và điện áp của động cơ.

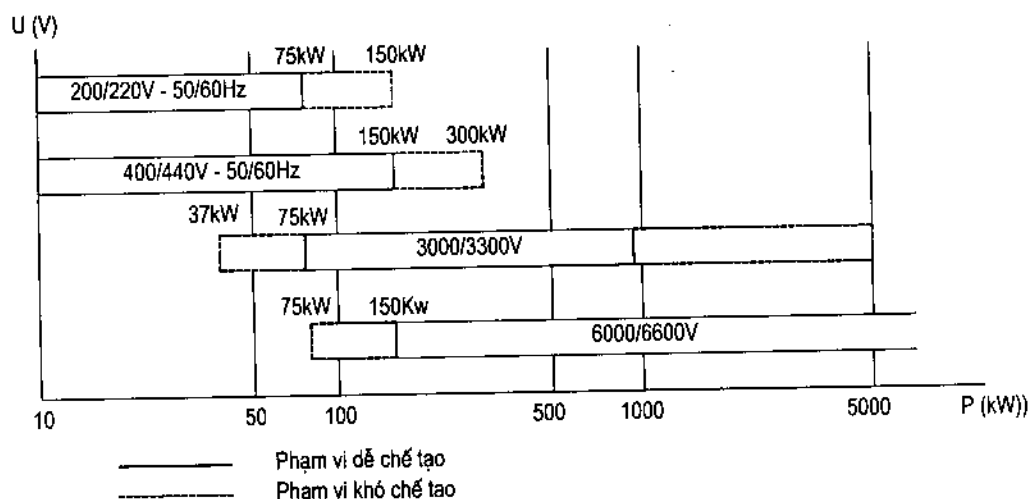
(b) *Hiệu suất động cơ*: hiệu suất động cơ là tỷ số giữa công suất đầu ra trên trục động cơ và công suất đầu vào (tiêu thụ năng lượng của hệ thống điện). Có hai phương thức tính hiệu suất. Có thể đo công suất đầu vào và đo công suất đầu ra rồi tính. Hoặc đo công suất đầu vào, đo các loại tổn thất năng lượng rồi tính. Về nguyên tắc, công suất động cơ được tính như sau:

$$\eta = \frac{P}{P_i} = \frac{P_i - P_{tt}}{P_i} \quad (9.5)$$

Trong đó: P - công suất đầu ra trên trục động cơ (kW);

P_i - công suất đầu vào (kW);

P_u - tổn thất công suất trong động cơ (kW).



Hình 9.2: Quan hệ giữa công suất trục và điện áp động cơ điện

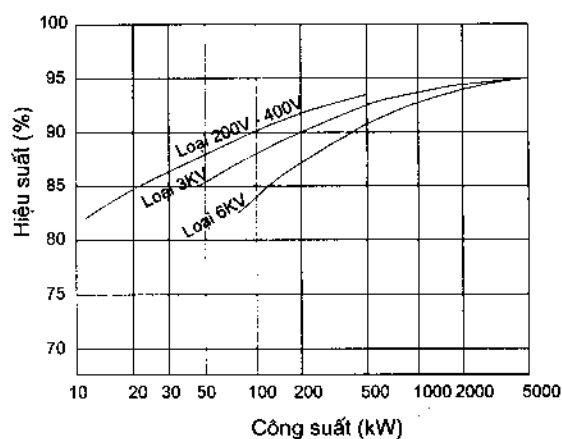
(c) **Hệ số công suất:** hệ số công suất ($\cos\varphi$) là cosin của góc giữa điện áp và cường độ dòng điện. Hệ số công suất sẽ tăng khi số cực từ giảm và ngược lại. Hệ số công suất cũng tăng khi tải của động cơ tăng. Tùy thuộc vào loại động cơ mà có các hệ số công suất khác nhau. Thông thường hệ số công suất nằm trong phạm vi $82\% \div 95\%$. Xu thế ngày nay là chế tạo động cơ có hệ số công suất cao hơn.

4. Đường đặc tính của động cơ điện

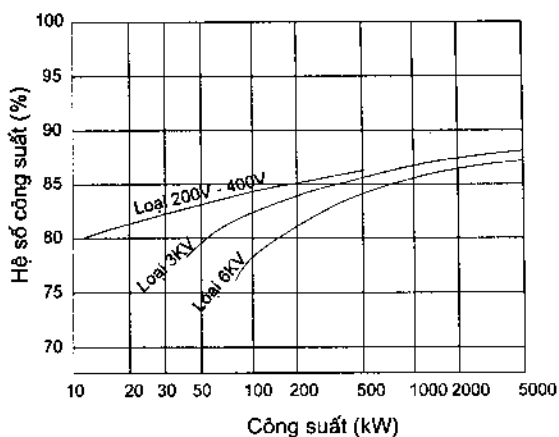
Tương tự như đối với máy bơm và tước bin nước, đối với động cơ điện, người ta cũng thường xây dựng các đường đặc tính. Có hai loại đường đặc tính là đường đặc tính công tác và đường đặc tính tổng hợp. Với đường đặc tính tổng hợp, lại có thể xây dựng đường đặc tính công suất và đường đặc tính số vòng quay.

(a) **Đường đặc tính công tác:** đường đặc tính công tác của động cơ điện là đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa 2 thông số là công suất (trục hoành) và hệ số công suất, hoặc hiệu suất tương ứng (trục tung). Hình 9.3 minh họa đường đặc tính công tác của động cơ điện cảm ứng 3 pha, hình (a) biểu diễn quan hệ giữa công suất và hiệu suất, hình (b) biểu diễn quan hệ giữa công suất và hệ số công suất.

(b) **Đường đặc tính tổng hợp:** Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa mô men trục, cường độ dòng điện, hiệu suất, hệ số công suất, tốc độ quay và độ sụt theo công suất đầu ra được gọi là đường đặc tính tổng hợp công suất (hình 9.4a). Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa mô men trục, cường độ dòng điện, hiệu suất và hệ số công suất theo tốc độ quay được gọi là đường đặc tính tổng hợp tốc độ quay (hình 9.4b).

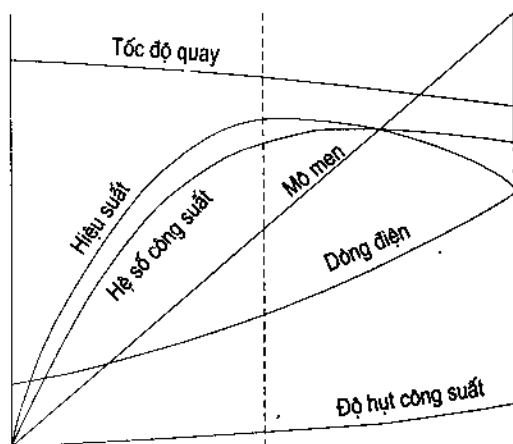


a)



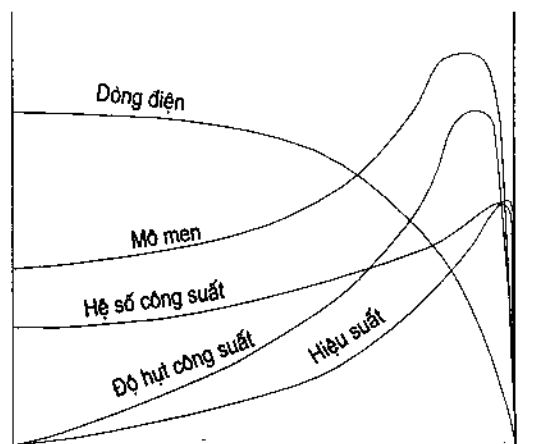
b)

Hình 9.3: Đường đặc tính công tác của động cơ điện cảm ứng 3 pha có 4 cực từ



Công suất

a)



Trễ = 1

Tốc độ quay

b)

Trễ = 0

Hình 9.4: Đường đặc tính tổng hợp của động cơ điện
a) Đường đặc tính công suất; b) Đường đặc tính tốc độ quay.

9.1.2. Máy diesel (hay động cơ diesel)

Máy diesel, hay động cơ diesel thường được sử dụng trong trạm bơm tiêu với lưu lượng lớn, cột nước nhỏ, chịu ảnh hưởng trực tiếp của mực nước nguồn và biên độ dao động của nó. Sử dụng động cơ diesel sẽ có hai ưu điểm so với động cơ điện. Đó là chi phí vận hành thấp hơn và không phụ thuộc vào nguồn điện lưới. Tuy nhiên nhược điểm của loại động cơ này so với động cơ điện là hay hỏng hóc hơn cũng như yêu cầu duy tu bảo dưỡng phức tạp hơn. Thực chất máy diesel có hai chức năng là phát điện (tiêu thụ nhiên liệu chuyển hoá thành điện năng) và động cơ điện (tiêu thụ nhiên liệu để chuyển

hoá thành cơ năng trên trục của động cơ), chính vì thế, lúc thì nó được gọi là máy phát điện diesel, lúc lại gọi là động cơ diesel. Do đó, tốt nhất nên sử dụng từ "máy diesel".

Máy diesel phát triển nhanh chóng và tiến bộ không ngừng, phạm vi công suất của nó từ một vài kW đến hàng nghìn kW. Ngoài ứng dụng ở hệ thống bơm tiêu nước, nó còn được ứng dụng vô cùng rộng rãi trong lĩnh vực vận tải (công nghiệp ô tô, xe máy,...).

Máy diesel được phân loại theo nhiều tiêu chí, trong đó hay sử dụng nhất là phân theo tốc độ quay. Theo cách này, máy diesel được phân thành 3 nhóm là:

- + Loại quay chậm: có số vòng quay < 750 vg/ph;
- + Loại quay trung bình: có số vòng quay từ 750 ÷ 1500 vg/ph;
- + Loại quay nhanh: có số vòng quay > 1500 vg/ph.

Ngoài ra còn một số cách phân loại máy diesel khác như được thống kê trong bảng 9.4 dưới đây.

Bảng 9.4: Một số cách phân loại máy diesel

Cách phân loại	Loại máy diesel	Lưu ý
Theo chu kỳ làm việc	+ Loại 4 kỳ + Loại 2 kỳ	+ Loại 4 kỳ thường dùng cho bơm
Theo số xi lanh	+ Loại một xi lanh + Loại nhiều xi lanh (2 ÷ 16)	
Theo cách bố trí xi lanh	+ Loại bố trí theo đường thẳng + Loại bố trí theo hình chữ V + Loại bố trí hình sao	+ Loại bố trí thẳng và chữ V thường dùng cho bơm
Thiết bị tăng áp	+ Loại không có thiết bị tăng áp + Loại có thiết bị tăng áp	+ Có thiết bị tăng áp sẽ cho công suất lớn hơn với cùng dung tích xi lanh
Phương thức khởi động	+ Loại khởi động bằng tay + Loại khởi động bằng điện (có động cơ nhỏ) + Loại khởi động bằng khí nén (áp suất khí nén 30 kG/cm ²) + Loại dùng động cơ khí (áp suất khí nén 6 ÷ 10 kG/cm ²)	+ Chỉ dùng với công suất nhỏ + Sử dụng rộng rãi + Hiếm sử dụng
Hệ thống làm mát	+ Làm mát bằng khí + Làm mát bằng thùng nước + Làm mát bằng nước tuần hoàn + Làm mát bằng nước qua bộ tản nhiệt	+ Cho máy nhỏ + Cho máy nhỏ + Sử dụng rộng rãi + Yêu cầu khí mát
Cách âm, chống ồn	+ Loại được đặt trong hộp bao che	

9.1.3. Tuốc bin hơi

Mặc dù ít thông dụng hơn, nhưng tuốc bin hơi cũng có thể sử dụng trong lĩnh vực tưới tiêu bởi một số ưu điểm như:

- Không cần hệ thống làm mát;
- Gọn và nhẹ hơn;
- Lực rung động nhỏ hơn.

Tuy nhiên khi muốn sử dụng loại tuốc bin hơi phục vụ bơm nước, cần hết sức lưu ý các điểm sau:

- Chỉ có rất ít loại tuốc bin hơi có thể áp dụng được;
- Tiêu tốn nhiên liệu hơn;
- Công suất đầu ra giảm nhanh khi nhiệt độ tăng (khi ở 45°C , công suất giảm từ $15 \div 30\%$ so với ở 15°C).

9.1.4. Thiết bị truyền động

Trong nhà máy bơm, trục của máy bơm thường được nối với trục của động cơ, trong nhiều trường hợp máy bơm trục đứng và động cơ cũng trục đứng thì trục của chúng có thể được nối trực tiếp bằng các "khớp nối". Nhưng khi máy bơm trục đứng, còn động cơ lại trục ngang thì trục của chúng được nối với nhau qua thiết bị truyền động được gọi là "hộp số truyền động". Dưới đây chúng ta sẽ đề cập tới hai thiết bị này.

1. Hộp số truyền động

Bộ hộp số truyền động được sử dụng rất rộng rãi trong cơ khí, chế tạo máy và trong lắp đặt tổ bơm. Để đảm bảo tốc độ quay cần thiết của máy bơm, trong khi tốc độ quay của động cơ không giống thì hộp số có nhiệm vụ điều chỉnh tốc độ quay. Ngoài ra nó còn có nhiệm vụ đổi hướng và truyền chuyển động.

Về mặt cấu tạo, hộp số được chia thành 3 loại chính là:

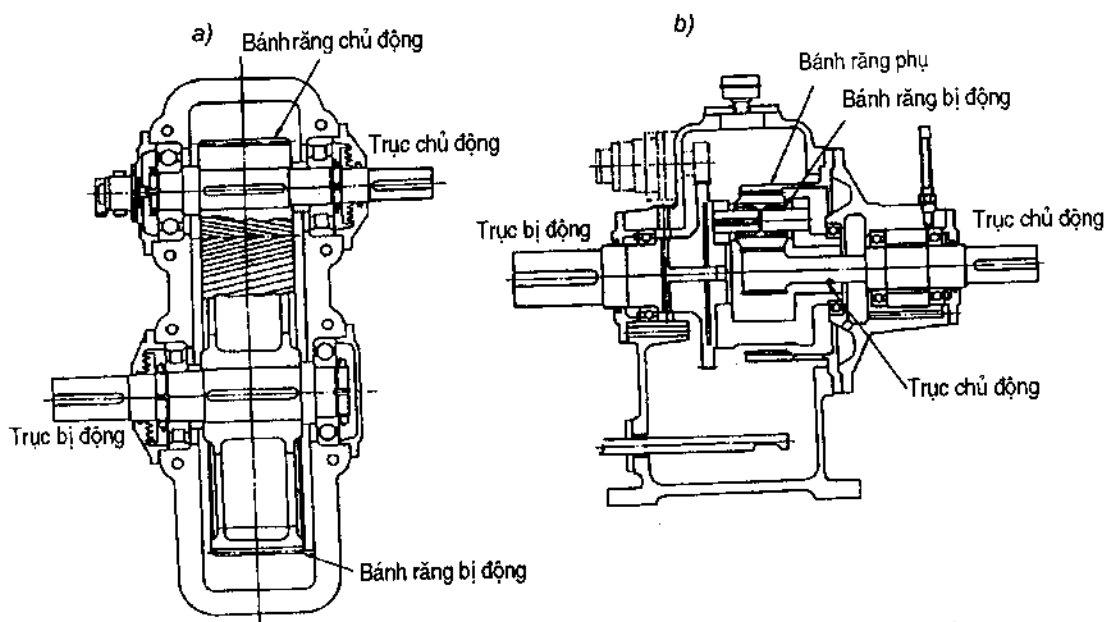
- Hộp số truyền động song song;
- Hộp số truyền động vuông góc;
- Hộp số truyền động nghiêng.

Trong mỗi loại trên, hộp số lại được chia ra các loại theo phương thức bôi trơn, kiểu dáng bánh răng,...

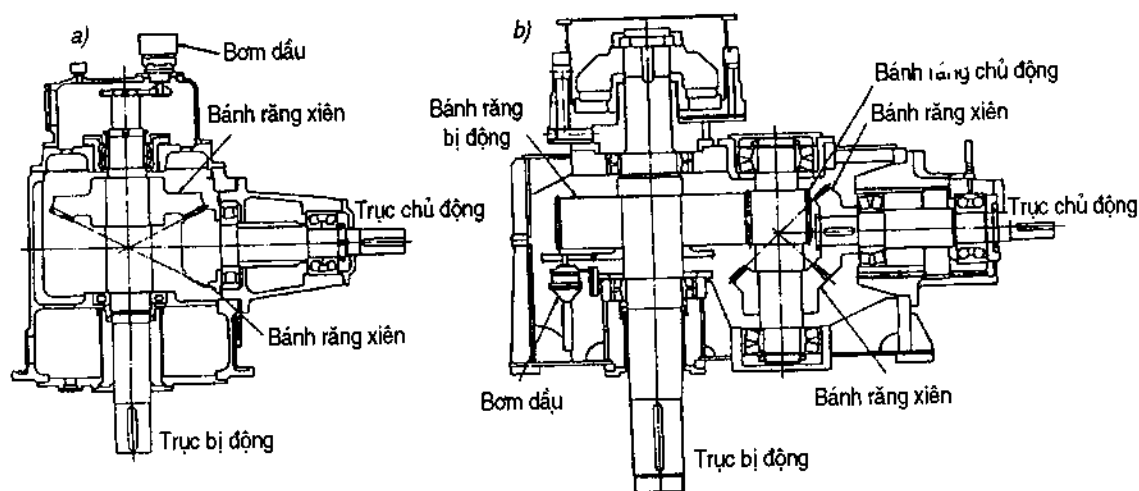
(a) *Hộp số truyền động song song (hình 9.5a)*: bên trong hộp số là các cặp bánh răng được ngâm trong dầu. Nếu hộp số chỉ có một cặp bánh răng truyền động thì được gọi là hộp số một cấp, nếu có nhiều cặp bánh răng sẽ là loại nhiều cấp truyền động. Với loại hộp số một cấp, độ thay đổi tốc độ quay sẽ từ $1 \div 6$ lần. Loại hộp số song song được sử dụng cho máy bơm và động cơ quy mô nhỏ và trung bình và trục của máy bơm và trục động cơ song song với nhau nhưng không đồng trục.

(b) *Hộp số truyền động vuông góc (hình 9.5b):* Khi trục máy bơm và trục động cơ song song và đồng trục với nhau, nhưng tốc độ quay của động cơ khác với máy bơm, lúc này buộc phải sử dụng hộp số với các bánh răng vuông góc với nhau. Với cấu tạo bánh răng chủ, bánh răng phụ và bánh răng bị động (bánh răng vuông góc) được đặt trong hộp dầu kín, loại hộp số này có tỷ số truyền động từ $3 \div 12$ lần.

(c) *Hộp số truyền động nghiêng (hình 9.6):* Khi trục máy bơm và trục động cơ vuông góc với nhau (thường là máy bơm trục đứng, còn động cơ trục ngang), người ta sử dụng



Hình 9.5: Hộp số truyền động song song (a) và vuông góc (b)



Hình 9.6: Hộp số truyền động nghiêng
a) Hộp số xiên một cấp; b) Hộp số xiên hai cấp

dụng cặp bánh răng mà bề mặt bánh nghiêng so với trục, hai độ vát nghiêng của bánh răng khi khít vào nhau sẽ tạo độ vuông góc cho hai trục của bánh răng. Nếu cần tỷ số truyền động < 6 lần, thì sử dụng loại hộp số một cấp bánh răng. Khi muốn tăng tỷ số truyền động thì sử dụng loại hộp số nhiều cấp.

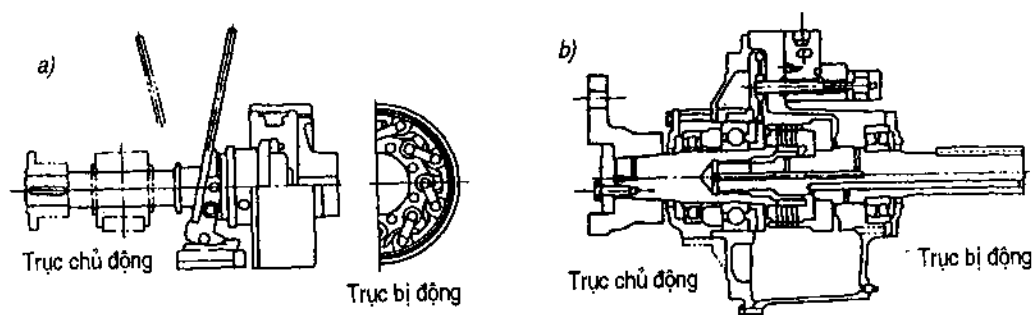
2. Khớp nối

Khớp nối trục máy bơm và trục động cơ gồm hai loại chính là:

- Khớp nối bằng mặt bích
- Khớp nối ly hợp và khớp nối thủy lực.

Loại khớp nối cứng bằng mặt bích được áp dụng hết sức rộng rãi trên thế giới, khi máy bơm và động cơ đồng trục thì người ta rất hay sử dụng khớp nối cứng bằng mặt bích. Loại khớp nối này đơn giản, dễ tháo lắp, duy tu bảo dưỡng đơn giản và giá thành rẻ.

Khi cần độ linh động nhất định về số vòng quay và phương của trục máy, chúng ta có thể nghiên cứu áp dụng loại khớp nối ly hợp (hình 9.7a) hoặc khớp nối thủy lực (hình 9.7b). Loại này đắt, duy tu bảo dưỡng phức tạp nhưng lại thỏa mãn được một số yêu cầu kỹ thuật mà khớp nối cứng không đáp ứng được.



Hình 9.7: Khớp nối ly hợp (a) và khớp nối thủy lực (b)

9.2. THIẾT BỊ ĐIỆN

9.2.1. Thành phần thiết bị điện trong nhà máy bơm

Trong nhà máy bơm thiết bị điện là một mảng lớn và hết sức quan trọng. Về mặt thiết bị điện trong nhà máy bơm, chúng ta sẽ lần lượt nghiên cứu các thành phần sau đây:

- Phụ tải toàn nhà máy
- Các thiết bị thu nhận và phân phối
- Các thiết bị đo lường
- Các thiết bị điều khiển
- Nguồn điện thay thế
- Nguồn điện một chiều

1. Phụ tải toàn nhà máy

Phụ tải của nhà máy bơm bao gồm các máy bơm chính và các động cơ điện, các thiết bị phụ trợ, động cơ điện phục vụ cần trục, hệ thống điều hoà, các thiết bị cào rác, vận hành van ở cửa nhận nước và trên đường ống hút và đẩy, hệ thống chiếu sáng và bảo vệ,... Tất cả các loại phụ tải của nhà máy bơm phải được thống kê đầy đủ và tính toán mức tiêu thụ năng lượng.

2. Các thiết bị thu nhận và phân phối

Các thiết bị điện được lắp đặt từ sau trạm hạ áp dẫn điện tới bảng điện chính rồi từ đó phân phối dẫn truyền tới các mạch điện riêng biệt trong nhà máy bơm cũng phải được tính toán, lựa chọn cẩn thận và đầy đủ.

3. Các thiết bị đo lường

Các thiết bị đo lường phục vụ công tác vận hành nhà máy bơm như đầu đo mực nước tại bể hút, bể xả, áp suất dọc tuyến ống, lưu lượng trong ống và các thông số kỹ thuật cần thiết khác phải được lắp đặt chính xác.

4. Các thiết bị điều khiển

Các thiết bị điều khiển phục vụ cán bộ vận hành trong công tác điều hành hoạt động của nhà máy bơm. Với các thiết bị điều khiển, người ta có thể khởi động hay dừng tổ bơm, cũng như tất cả các thiết bị khác trong nhà máy bơm. Các thiết bị điều khiển thường được lắp tại tủ bảng điện điều khiển trung tâm với máy tính, các đồng hồ đo, các nút công tác...

5. Nguồn điện thay thế

Trường hợp có sự cố trên đường điện chính, lúc đó cần nguồn điện thay thế kịp thời. Nguồn điện thay thế thường là các máy phát điện luôn luôn ở trạng thái sẵn sàng hoạt động.

6. Nguồn điện một chiều

Nguồn điện một chiều trong nhà máy bơm là một bộ phận thiết bị mà đầu vào là nguồn điện xoay chiều, còn đầu ra là dòng điện một chiều được trữ trong các ắc quy để luôn luôn đảm bảo đủ điện một chiều phục vụ các hoạt động của thiết bị phụ cần điện một chiều như máy kích thích, máy kiểm tra mạch,...

9.2.2. Yêu cầu và quá trình thiết kế thiết bị điện trong nhà máy bơm

1. Các yêu cầu đối với thiết bị điện trong nhà máy bơm (NMB): Trong quá trình thiết kế và lựa chọn thiết bị điện cho NMB, người kỹ sư cần đảm bảo được các yêu cầu sau về thiết bị điện:

- + Độ tin cậy cao;
- + Độ an toàn cao;
- + Đơn giản và thuận tiện trong vận hành;

- + Duy tu, sửa chữa đơn giản;
- + Có tính đồng bộ cao;
- + Giá thành thấp;
- + Chi phí vận hành nhỏ.

2. Quá trình thiết kế thiết bị điện cho NMB cần qua các công đoạn sau:

- (1) Phân loại và tính toán phụ tải toàn NMB
- (2) Tính toán điện năng yêu cầu cho NMB
- (3) Xác định cấp điện cao áp và phương thức đấu nối
- (4) Lựa chọn cấp điện áp và phương thức khởi động động cơ
- (5) Xác định các cấp điện áp của các mạch điện
- (6) Tính toán công suất của máy hạ áp
- (7) Xác định cường độ dòng điện cho các mạch và mạch chính
- (8) Xây dựng sơ đồ khối và sơ đồ mạng chi tiết
- (9) Tính toán công suất của máy cắt
- (10) Chọn máy cắt
- (11) Xây dựng mạch bảo vệ
- (12) Lựa chọn cầu dao cho động cơ
- (13) Chọn hộp cầu dao điện điện áp cao và thấp
- (14) Tính toán và lựa chọn công suất và loại máy phát điện dự trữ
- (15) Xác định phương thức vận hành toàn NMB
- (16) Chọn lựa các thiết bị điều khiển, tủ bảng điện
- (17) Chọn lựa các thiết bị đo lường
- (18) Kiểm tra lần cuối về công suất, chủng loại thiết bị
- (19) Kiểm tra công suất của nguồn điện thay thế
- (20) Tính toán công suất cần thiết của nguồn điện một chiều
- (21) Xác định vị trí và diện tích phòng điều khiển trung tâm
- (22) Xây dựng các tuyến cáp điện.

Khối lượng công việc liệt kê trong 22 mục trên thuộc phần việc của các kỹ sư điện công nghiệp và tuân thủ các quy phạm, tiêu chuẩn của điện công nghiệp. Dưới đây chỉ đề cập tới một số vấn đề có liên quan nhiều tới phần công trình như: cấp điện áp đến NMB, máy biến áp chính và sơ đồ điện trong NMB.

9.2.3. Phụ tải và điện áp cấp cho nhà máy bơm

1. Phụ tải và công suất tiêu thụ điện của NMB: Sau khi đã có các thiết bị tiêu thụ điện của toàn NMB (phụ tải), việc tiến hành xác định công suất tiêu thụ cho từng thiết bị là hoàn toàn có thể thực hiện được một cách dễ dàng. Công suất tiêu thụ cực đại sau đó

được tính toán với toàn bộ tải lúc khởi động động cơ. Sau đó đường quá trình công suất theo thời vụ hoặc theo năm được xây dựng, qua đó tính được mức điện năng tiêu thụ theo mùa vụ hoặc theo năm.

Điều hết sức quan trọng là từ công suất và điện năng tính toán ở trên, dự án phải làm việc, ký hợp đồng với ngành điện và bộ phận quản lý điện địa phương để khẳng định khả năng cung ứng điện phục vụ NMB.

2. Cấp điện áp tới NMB và phương thức đấu nối: Cấp điện từ lưới điện tới nhà máy bơm cũng phụ thuộc vào lưới điện của địa phương và của ngành điện. Điều này cũng phải được thể hiện qua hợp đồng mua bán điện giữa dự án bơm và ngành điện.

Riêng về phương thức đấu nối có thể do dự án phân tích và lựa chọn. Có phương thức mạch đơn, mạch kép, một nguồn điện hay hai nguồn điện. Tùy theo điều kiện cụ thể để chọn lựa một trong bốn phương thức đấu nối dưới đây:

(a) Nếu có sự cố mất điện nguồn trong khoảng thời gian ngắn mà không ảnh hưởng gì tới sản xuất kinh doanh của NMB thì chọn phương thức đấu nối mạch đơn từ một nguồn điện.

(b) Nếu có sự cố mất điện nguồn trong khoảng thời gian ngắn nhưng tại NMB vẫn cần duy trì một công suất tiêu thụ điện không lớn thì chọn phương thức đấu nối mạch đơn từ một nguồn điện kèm theo máy phát điện dự trữ.

(c) Nếu sự cố mất điện nguồn gây tổn thất cũng như các vấn đề khác cho dự án bơm thì phải chọn phương thức đấu nối mạch kép (một mạch làm việc, một mạch dự trữ) từ một nguồn điện, thậm chí cần bố trí cả máy phát dự trữ.

(d) Nếu dự án bơm có tầm quan trọng và được sự đồng ý của ngành điện thì có thể sử dụng phương thức đấu nối mạch kép lấy từ hai nguồn điện khác nhau.

9.2.4. Máy biến áp chính

Máy biến áp (MBA) tại NMB thường là máy hạ áp, đầu cao áp có cấp điện áp do ngành điện cung cấp, còn đầu hạ áp phụ thuộc vào mức điện áp của động cơ điện. Vấn đề còn lại là xác định công suất của MBA chính, chọn lựa loại máy biến áp.

1. Xác định công suất máy biến áp chính: Công suất máy biến áp chính được tính toán từ việc lựa chọn hiệu suất ban đầu và công suất tiêu thụ lớn nhất toàn nhà máy cùng độ hạ điện áp khi khởi động động cơ.

(a) *Chọn hiệu suất tính toán:*

+ Xác định công suất tiêu thụ lớn nhất mỗi tổ máy (P_k) bằng tổng công suất các thiết bị tham gia hoạt động đối với 1 tổ máy không kể các thiết bị dự trữ.

+ Lấy hệ số phụ tải (β) từ 95% đến 100%.

+ Chọn hiệu suất động cơ (η_k) khoảng 85% ứng với $\cos \varphi = 0,90$.

+ Giả thiết hệ số quá tải của MBA (α) $\geq 1,1$.

+ Dòng điện khởi động động cơ và hệ số công suất động cơ:

Với rô to lồng sóc:

Dòng điện định mức $\times (500 \div 650)\%$, $\cos \varphi = 0,40$

Với rô to có cuộn cảm:

Dòng điện định mức $\times (100 \div 150)\%$, $\cos \varphi = 0,90$

(b) Công thức tổng quát tính toán công suất MBA chính: công thức tổng quát để tính công suất của MBA chính ở NMB như sau:

$$P_{MBA} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{P_k}{\eta_k} \right) \frac{1}{\cos \varphi} \beta \alpha ; (KVA) \quad (9.6)$$

Trong đó: P_{MBA} - công suất MBA chính (KVA);

k - tổ bơm thứ k trong tổng số n tổ bơm;

P_k - công suất tiêu thụ max của tổ bơm thứ k (kW);

η_k - hiệu suất động cơ của tổ bơm thứ k ;

$\cos \varphi$ - hệ số công suất động cơ;

β - hệ số phụ tải;

α - hệ số quá tải của MBA.

(c) Công thức đơn giản xác định công suất MBA chính: cũng có thể sử dụng công thức sau đây để tính công suất MBA chính:

$$P_{MBA} = P_A + P_C + P_T ; (KVA) \quad (9.7)$$

Trong đó: P_A - tổng công suất tiêu thụ trừ các động cơ (KVA);

P_C - tổng công suất tiêu thụ của các động cơ khi điện áp cao;

P_T - tổng công suất tiêu thụ của các động cơ khi điện áp thấp.

$$P_C = \frac{P_{DC}}{0,90 \times 0,90} ; (KVA) \quad (9.8)$$

$$P_T = \frac{P_{DT}}{0,85 \times 0,90} ; (KVA) \quad (9.9)$$

Với : P_{DC} - tổng công suất các động cơ khi điện áp cao (kW);

P_{DT} - tổng công suất các động cơ khi điện áp thấp (kW).

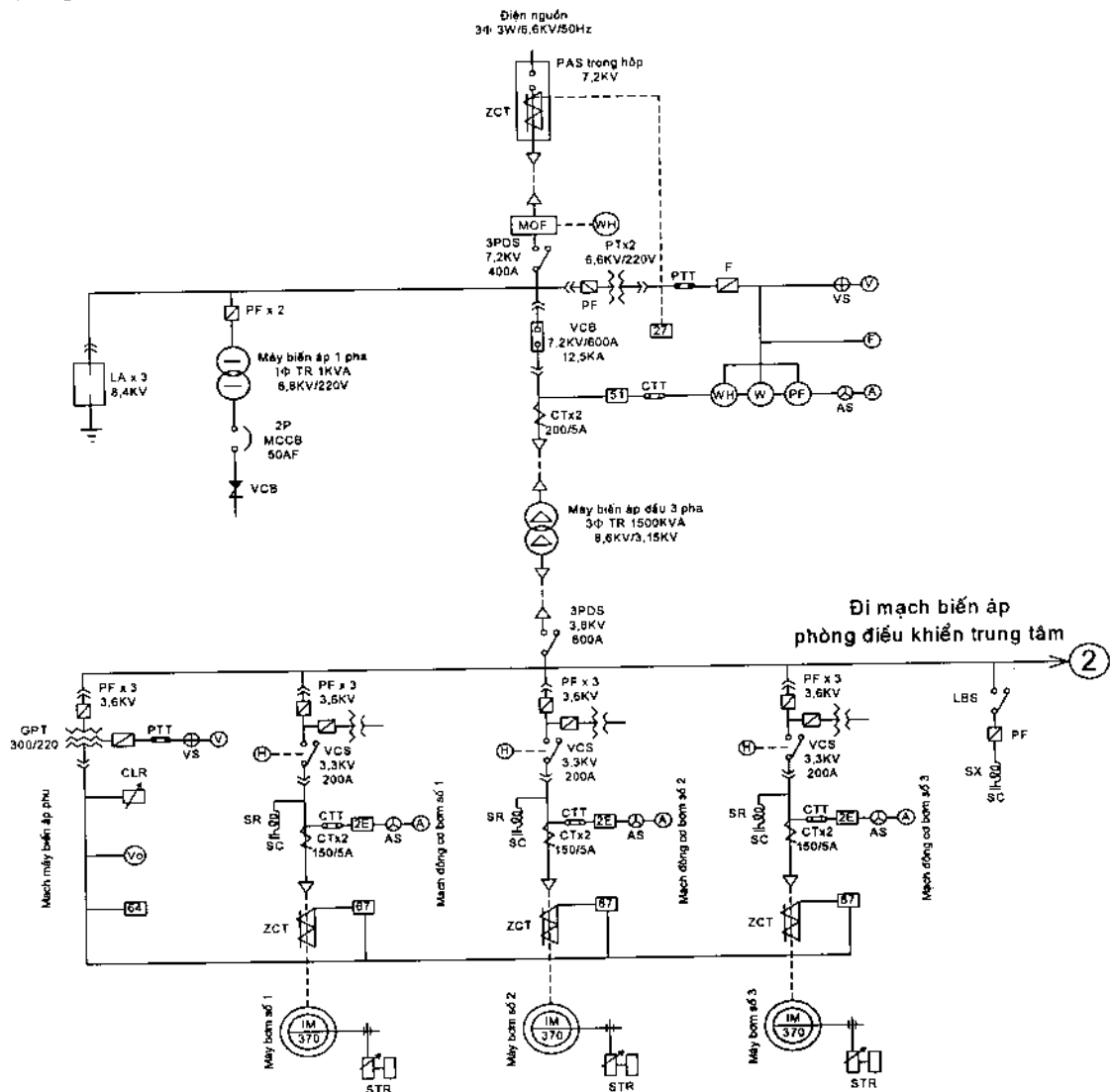
(d) Độ giảm công suất MBA khi tụt áp: khi động cơ khởi động, sẽ làm cho điện áp thấp của MBA bị tụt, và khi điện áp tụt thì công suất MBA cũng giảm, do đó cần khống chế độ giảm điện áp của MBA trong phạm vi 15% để tránh hiện tượng giảm công suất quá mức cho phép của MBA.

2. Các loại máy biến áp: ngoài cách phân loại theo mức độ tăng hạ áp, như có máy nâng áp, máy hạ áp,... máy biến áp 3 pha, MBA một pha,... về mặt cấu tạo bộ phận làm mát, người ta còn phân thành các loại MBA dầu, khí... Do đó khi lựa chọn loại MBA chính cần tham khảo ngành điện để chọn cho phù hợp.

9.2.5. Sơ đồ điện trong NMB

Sơ đồ điện trong nhà máy bơm được các kỹ sư điện thiết kế, trên đó phải thể hiện đầy đủ và chi tiết các thiết bị điện, sơ đồ chính, sơ đồ mạch nhánh,...

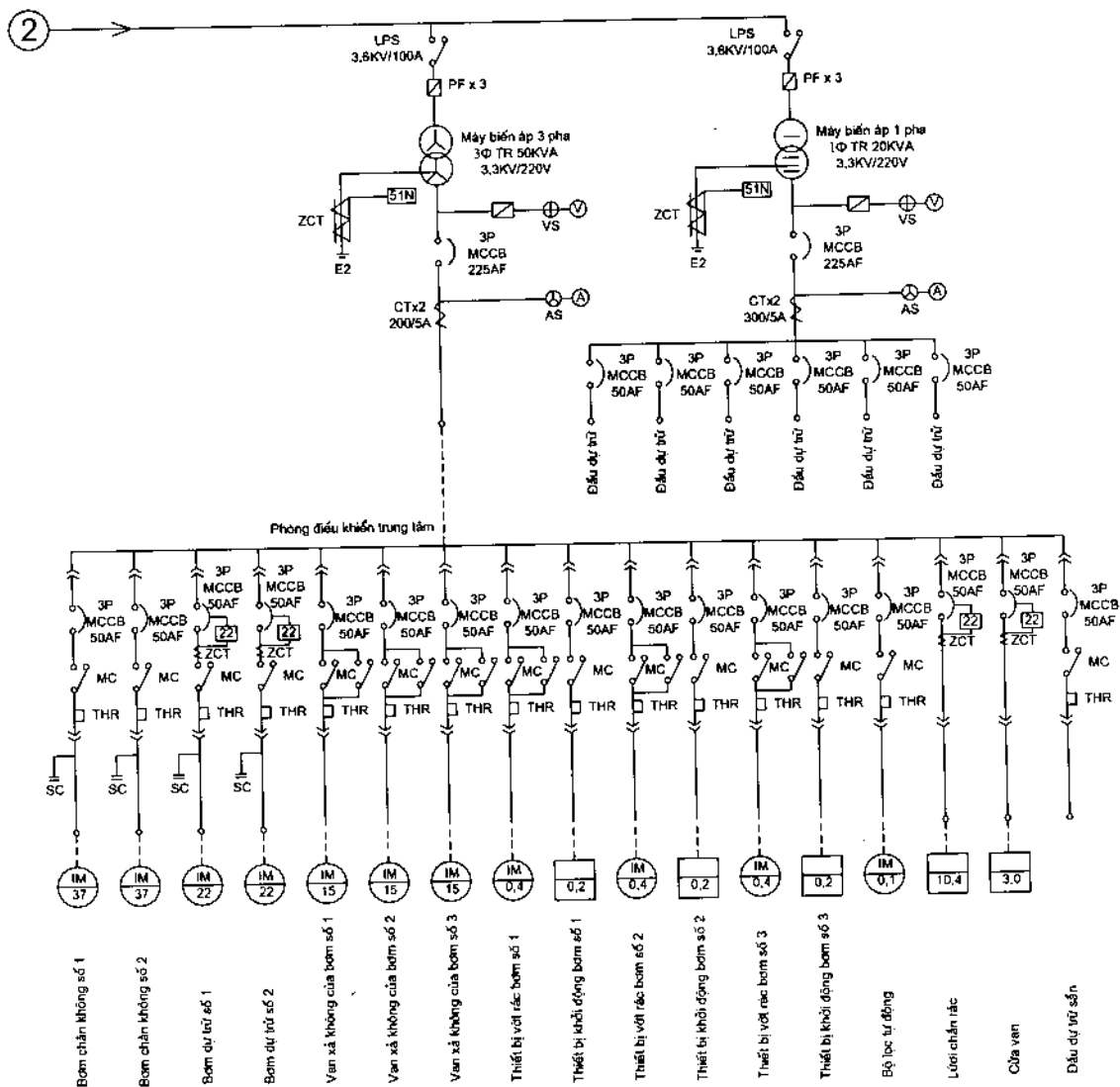
Hình 9.8 dưới đây là thí dụ minh họa sơ đồ điện của nhà máy bơm lắp đặt 3 tổ bơm, điện áp nguồn là 6,6 KV, tần số dòng điện 50 Hz.



KÝ HIỆU	TÊN THIẾT BỊ	KÝ HIỆU	TÊN THIẾT BỊ	KÝ HIỆU	TÊN THIẾT BỊ
PAS	Cột điện có máy cắt không khí	[27]	Rơ le dưới áp xoay chiều	(F)	Đồng hồ đo tần số dòng điện
MOF	Bộ đồng hồ đo điện	CT	Máy biến dòng	VS	Cái ngắt mạch khi tăng điện áp
DS	Công tắc ngắt mạch	(WH)	Công tơ điện	TR	Máy biến áp
PT	Máy biến áp	(W)	Đồng hồ đo điện	(Vo)	Vôn kế pha trung hòa
PF	Máy biến áp	(PF)	Đồng hồ đo hệ số công suất	GPT	Máy biến áp đặt trên mặt đất
LA	Cột chống sét	(A)	Am pe kế	PF	Cầu chì cao áp
VCB	Mạch máy cắt chân không	(V)	Vôn kế	CTT	Đầu kiểm tra dòng điện

Hình 9.8: Sơ đồ đấu điện ở một nhà máy bơm

Từ mạch chính đến biến áp
và phòng điều khiển trung tâm



KÝ HIỆU	TÊN THIẾT BỊ	KÝ HIỆU	TÊN THIẾT BỊ	KÝ HIỆU	TÊN THIẾT BỊ
CLR	Điện trở dòng cực đại	SC	Tụ điện tĩnh	MCCB	Bộ mạch ngắt điện
[64]	Rơ le tiếp địa quá áp	ZCT	Biến dòng pha trung hòa	MC	Công tắc điện từ
[2E]	Rơ le bảo vệ 2 phần tử	[51N]	Rơ le quá dòng xoay chiều	THR	Rơ le nhiệt
AS	Cái ngắt mạch khi tăng dòng	SR	Bộ điện kháng	ELBC	Cái ngắt mạch tiếp đất
[67]	Rơ le tiếp địa trực tiếp	LBS	Bộ ngắt tải	VCS	Công tắc chân không

Hình 9.8 (tiếp theo): Sơ đồ đấu điện ở một nhà máy bơm

9.3. VAN PHỤC VỤ MÁY BƠM

Trong phần này chúng ta sẽ nghiên cứu các loại van trực tiếp phục vụ máy bơm, đó chính là các van được lắp đặt trên hệ thống ống hút (trước máy bơm) và ống đẩy (sau máy bơm). Các loại van khác được bố trí ở công trình lấy nước hay bể xả,... sẽ được đề cập ở phần cuối của chương.

9.3.1. Các loại van thường gặp

Để phục vụ sự hoạt động của máy bơm, trên đường ống cần bố trí van. Van trên đường ống có thể có các nhiệm vụ khác nhau như van công tác (đóng/mở), van xả không tải, van một chiều,... Dưới đây chúng ta sẽ đề cập tới các loại van này.

1. Phân loại van trên đường ống: có thể phân thành các loại van như: van phẳng, van bướm, van xả không tải, van cánh sập, van quay và van một chiều. Bảng 9.5 thống kê các loại van, nhiệm vụ của chúng và phương thức thao tác điều khiển. Về mặt tiêu chuẩn hoá, bảng 9.6 cho chúng ta quy chuẩn kỹ thuật cơ bản nhất đối với một số loại van của Nhật Bản.

Bảng 9.5: Các loại van trên đường ống

Van Đặc điểm	Van phẳng	Van bướm	Van xả không	Van cánh sập	Van quay	Van 1 chiều
Điều chỉnh Q	x	x			x	
Đóng/mở	x	x			x	
Xả Q để an toàn			x	x	x	x
Giảm nước va			x		x	
Đóng mở bằng trọng lượng bản thân			x	x		x
Đóng mở bằng tay	x	x			x	
Đóng mở bằng điện	x	x			x	
Đóng mở bằng thủy lực					x	

2. Van phẳng

Van phẳng được dùng khá phổ biến trên đường ống của nhà máy bơm bởi kết cấu đơn giản, giá thành thấp. Khi mở hoàn toàn, đĩa van được kéo lên thẳng đứng do vít vô tận quay và toàn bộ tiết diện ống được thông thủy cho nên tổn thất thủy lực tại van rất nhỏ. Khi đóng hoàn toàn, đĩa van được đưa xuống chắn toàn bộ tiết diện ống, do áp lực dòng chảy lên bề mặt đĩa làm cho đĩa tỳ vào bộ phận chắn nước nên cho dù có rò rỉ lưu lượng nhưng coi như dòng chảy bị chặn hoàn toàn. Tuy nhiên van phẳng cũng có một số nhược điểm so với các loại van khác. Đó là:

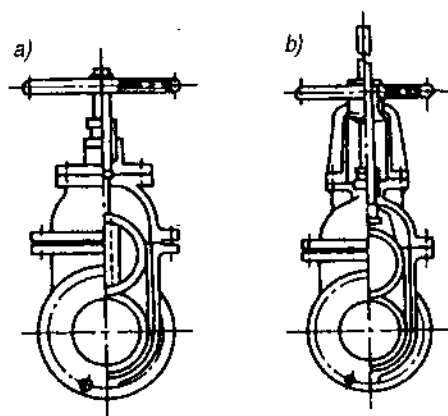
Bảng 9.6: Tiêu chuẩn của Nhật về van trên đường ống

Tiêu chuẩn	Đặc điểm kỹ thuật	Áp suất max (kG/cm ²)	Đường kính (mm)
JIS B 2031	Van xích phẳng bằng thép 5 kG/cm ² loại cửa kéo ra bên ngoài	5 ÷ 7	50 ÷ 250
JIS B 2031	Van xích phẳng bằng thép 10 kG/cm ² loại cửa kéo ở bên trong	10 ÷ 14	50 ÷ 300
JIS B 2031	Van xích phẳng bằng thép 10 kG/cm ² loại cửa kéo ra bên ngoài	10 ÷ 14	50 ÷ 300
JIS B 2031	Van xả lưu lượng, xích quay bằng thép 10 kG/cm ²	10 ÷ 14	50 ÷ 200
JIS B 2073	Van xả lưu lượng, xích quay bằng thép 10 kG/cm ² , loại cửa kéo ra bên ngoài	12 ÷ 14	50 ÷ 300
JIS B 2074	Van xả lưu lượng, xích quay bằng thép 10 kG/cm ²	12 ÷ 14	50 ÷ 300
JIS B 2083	Van xích phẳng bằng thép 20 kG/cm ² loại cửa kéo ra bên ngoài	36	50 ÷ 300
JIS B 2084	Van xả lưu lượng, xích quay bằng thép 20 kG/cm ²	36	50 ÷ 300
JIS B 2062	Van phẳng ở cổng 7,5 kG/cm ² loại trực đứng	7,5	50 ÷ 1200
JIS B 2062	Van phẳng ở cổng 7,5 kG/cm ² loại trực ngang	7,5	400 ÷ 1500
JIS B 2064	Van bướm loại 1	4,5	200 ÷ 1500
JIS B 2064	Van bướm loại 2	7,5	200 ÷ 1500
JIS B 2064	Van bướm loại 3	10	300 ÷ 1500
JWWA B 115	Van phẳng ở cổng 10 kG/cm ²	10	50 ÷ 500

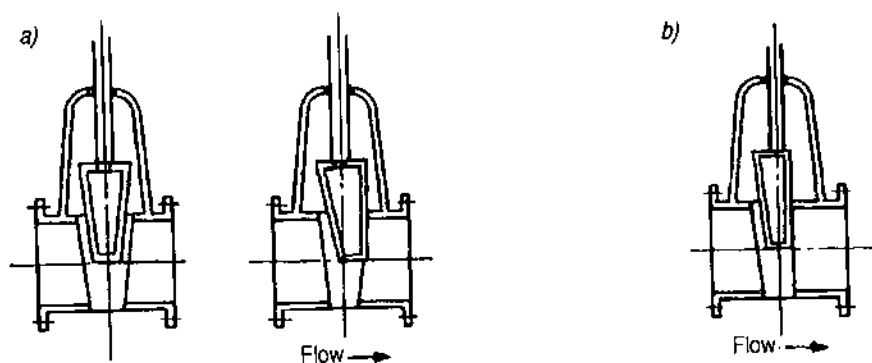
- + Kích thước khá công kênh, đặc biệt đối với loại van kéo ra bên ngoài;
- + Lực đóng mở lớn;
- + Tốc độ đóng mở chậm;
- + Trọng lượng van lớn.

Do đặc điểm cấu tạo như vậy cho nên van phẳng trên đường ống thường chỉ sử dụng để đóng hoàn toàn hoặc mở hoàn toàn, vì khi đóng một phần thì tổn thất thủy lực sẽ rất lớn. Đóng mở van có thể thao tác bằng tay (đối với van nhỏ) hoặc bằng điện đối với van lớn ở nhà máy bơm lớn, hiện đại và tự động điều khiển.

Về mặt cấu tạo van phẳng có loại kéo đĩa van ra bên ngoài và có loại kéo đĩa van lên nhưng vẫn ở bên trong hộp van (hình 9.9). Về kết cấu chắn nước có loại cân đối, vát 2 phía, có loại chỉ vát một phía (hình 9.10).



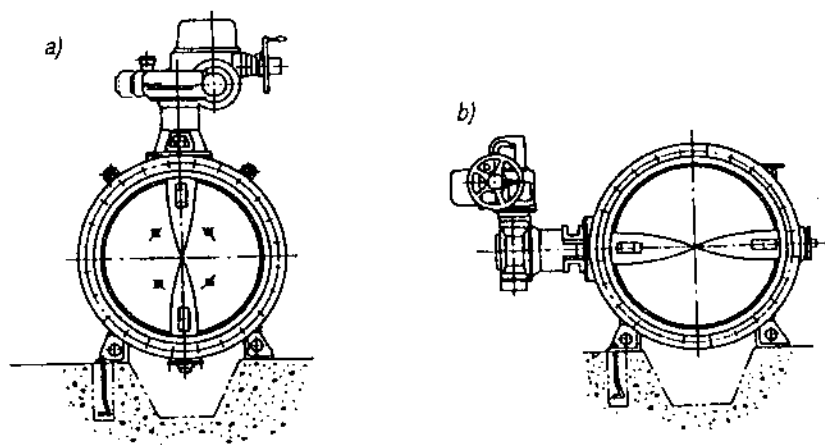
Hình 9.9: Van phẳng kéo ra ngoài (a) và kéo ở trong (b)



Hình 9.10: Kết cấu chắn nước ở van phẳng: a) Loại vát 2 phía; b) Loại vát 1 phía

3. Van bướm

Van bướm cũng thường xuyên được sử dụng trên đường ống trong NMB với nhiệm vụ đóng và mở đường ống. Cơ cấu hoạt động của van là có hai cánh quay quanh trục (như cánh bướm). So với van phẳng, van bướm có kích cỡ gọn nhẹ hơn, tốc độ đóng mở nhanh hơn và lực đóng mở nhỏ hơn.



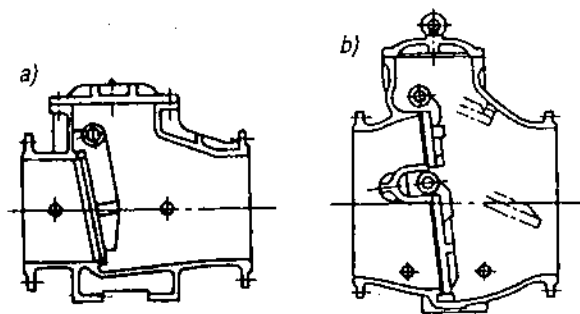
Hình 9.11: Kết cấu van bướm: a) Loại trục đứng; b) Loại trục ngang

Van bướm được sản xuất với hai loại chính là loại có trục thẳng đứng (hình 9.11a) và loại có trục nằm ngang (hình 9.11b). Loại có trục thẳng đứng ít được dùng hơn vì trục quay của cánh van phía dưới dễ bị bùn cát trong dòng chảy gây hư hỏng.

Vật chắn nước của cánh van cũng có hai loại là cao su và kim loại. Loại cao su chắn nước tốt hơn nhưng lại dễ bị hư hỏng do bùn cát và lão hoá. Về cơ chế điều khiển van bướm có thể bằng tay hoặc bằng điện. Với van lớn, ở NMB quan trọng, thường có mức độ tự động hóa cao nên thường điều khiển tự động bằng điện.

4. Van xả lưu lượng, van kiểm tra

Nhiệm vụ của van xả lưu lượng hay van kiểm tra khác hẳn với van phẳng và van bướm. Chúng có nhiệm vụ đảm bảo sự hoạt động an toàn của nhà máy bơm chứ không có nhiệm vụ đóng/mở. Khi NMB đang hoạt động bình thường, do nguyên nhân nào đó mà nguồn điện bị cắt, máy bơm dừng hoạt động trong khi các van công tác trên đường ống lại mở hoàn toàn, lúc này, dòng chảy phía ống đẩy sẽ chảy ngược về phía máy bơm, làm cho động cơ quay ngược, ống hút quá tải, hiện tượng này gây nguy hiểm cho thiết bị thủy lực và thiết bị năng lượng. Để tránh hiện tượng dòng chảy ngược, người ta thường lắp van xả lưu lượng phía ống đẩy, khi có hiện tượng trên, ngay lập tức và tự động, đĩa van xả mở ra để dòng chảy thoát qua van mà không quay trở lại máy bơm.

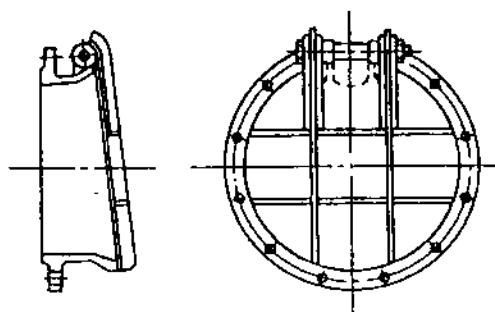
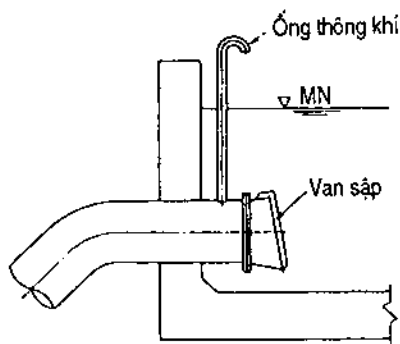


Hình 9.12: Kết cấu van xả lưu lượng
a) Loại một cánh; b) Loại hai cánh

Về mặt cấu tạo, van xả lưu lượng có loại một cánh van (hình 9.11a), loại hai cánh van (hình 9.11b), loại chuyển dịch quay, loại chuyển dịch thẳng đứng, loại hoạt động theo cơ chế chảy vòng, loại hoạt động theo cơ chế đòn bẩy, loại đóng nhanh và loại đóng chậm.

5. Van cánh sập

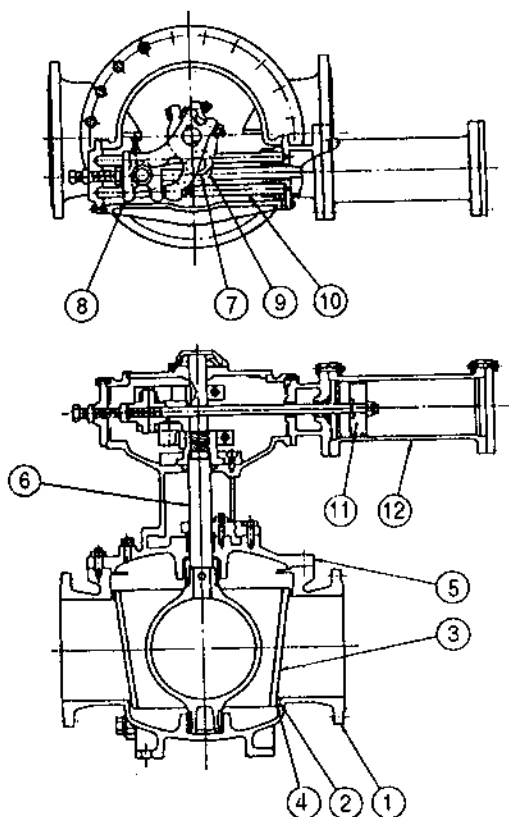
Cuối ống đẩy người ta còn hay bố trí một loại van đáy miệng ống đẩy mà chúng ta hay gọi là van cánh sập (hình 9.13). Khi đường kính ống đẩy khoảng 2000 mm thì cánh van hình tròn, khi đường kính ống đẩy lớn hơn 2000 mm, cánh van chuyển sang hình vuông. Van cánh sập hoạt động nhờ trọng lượng bản thân, ngăn dòng chảy từ bể xả chảy ngược lại tổ bơm khi bơm dừng làm việc.



Hình 9.13: Kết cấu van cánh sập

6. Van quay (van cầu, van đĩa)

Van trên đường ống hoạt động dựa trên chuyển động quay quanh trục khi đóng mở có hai loại là van cầu và van đĩa. Van quay có nhiều ưu điểm so với các loại van phẳng và van bướm. Loại van này là tối ưu nếu sử dụng với nhiệm vụ đóng mở đường ống bởi độ khít nước rất cao, ngoài ra nó cũng có thể ngăn chặn dòng chảy ngược thay cho van xả lưu lượng vì thời gian thao tác van có thể rất nhanh, nhất là với các van thao tác bằng thủy lực. Hình 9.14 minh họa kết cấu của van cầu.

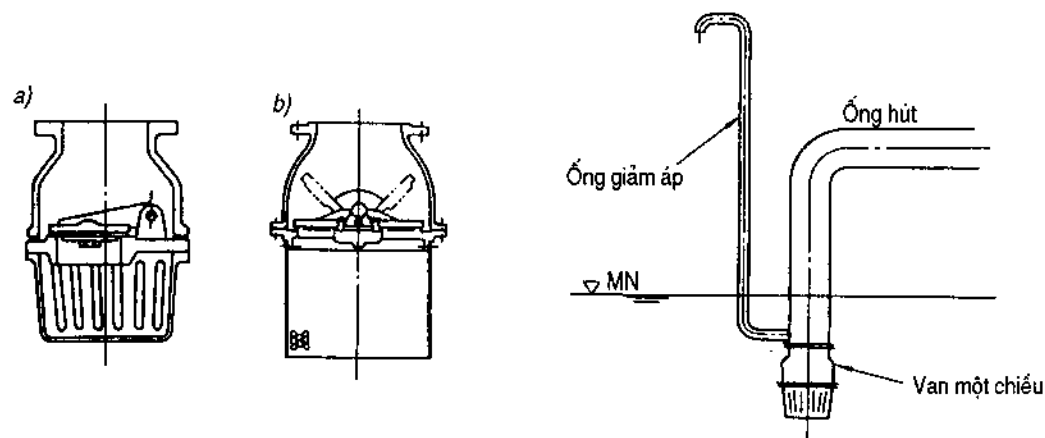


Hình 9.14: Kết cấu van cầu
1. Thân van; 2. Vật chắn nước thân van; 3. Đĩa van; 4. Vật chắn nước đĩa van; 5. Nắp dẩy trên; 6. Trục van; 7. Cơ cấu quay; 8. Tay quay; 9. Vật nối cơ cấu quay; 10. Thanh dẫn hướng; 11. Pitông; 12. Xi lanh.

7. Van một chiều

Van một chiều được lắp đặt ở miệng ống hút loại nhỏ. Loại van này có nhiệm vụ ngăn dòng chảy từ máy bơm trở về bể hút và đảm bảo cho buồng công tác của máy bơm luôn luôn đầy nước, giúp cho quá trình khởi động bơm có thể tránh phải mỗi nước. Van một chiều có loại chảy một phía (hình 9.15a), loại chảy hai phía (hình 9.15b).

Van một chiều có thể lắp đặt cho ống hút với đường kính tới 300 mm, nhưng thông thường nhất, nó được áp dụng cho ống hút có đường kính nhỏ hơn 150 mm.



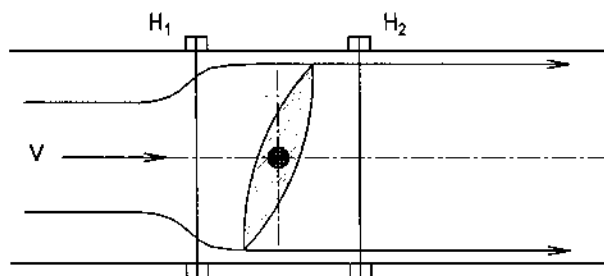
Hình 9.15: Kết cấu van một chiều

9.3.2. Đặc tính xâm thực và hệ số lưu lượng của van

Van trên đường ống chủ yếu được sử dụng để điều tiết lưu lượng trong ống và một số nhiệm vụ đặc biệt khác như đã nêu ở trên. Khi mở hoàn toàn, nói chung sẽ không có vấn đề kỹ thuật phát sinh ở van, nhưng khi mở một phần, rất nhiều vấn đề có thể sẽ xảy ra như: tổn thất thủy lực tăng đáng kể, xâm thực ở van và bộ phận qua nước phía sau kèm theo rung động và tiếng ồn. Do đó ở phần này chúng ta sẽ nghiên cứu hai vấn đề có liên quan nhất là hiện tượng xâm thực (vấn đề áp suất) và hệ số lưu lượng của van trên đường ống của NMB.

1. Đặc tính xâm thực ở van

Hình 9.16 cho ta sơ đồ tính hệ số xâm thực tại van trên đường ống, trong khi điều kiện để không xảy ra xâm thực được nêu ở công thức (9.10), còn công thức (9.11) cho ta các thông số liên quan để tính hệ số xâm thực cho phép theo điều kiện địa hình khi lắp đặt van.



Hình 9.16: Sơ đồ tính hệ số xâm thực ở van trên đường ống

$$\sigma < [\sigma] \quad (9.10)$$

$$\sigma = \frac{H_a + H_2 - H_h}{H_1 - H_2 + \frac{V^2}{2g}} \quad (9.11)$$

Trong đó:

$[\sigma]$ - hệ số xâm thực cho phép của van;

σ - hệ số xâm thực tính toán theo điều kiện địa hình và vận tốc dòng chảy, tính theo công thức (9.11);

V - vận tốc dòng chảy trước van (m/s);

H_a - áp suất khí trời ở điều kiện tiêu chuẩn (10,33 m cột nước);

H_1 - áp suất thủy tĩnh trước van (m cột nước);

H_2 - áp suất thủy tĩnh sau van (m cột nước);

H_h - áp suất hoá hơi của nước tại điều kiện nhiệt độ và cao độ lắp van (m cột nước).

Về hệ số xâm thực tính toán σ , mỗi loại van có một hệ số khác nhau và hệ số này thay đổi theo độ mở của van. Từ công thức trên chúng ta thấy hệ số xâm thực cho phép sẽ thay đổi khi vận tốc dòng chảy qua van thay đổi, khi vận tốc qua van càng lớn thì hệ số xâm thực cho phép càng giảm và khả năng xảy ra xâm thực càng cao. Trong quá trình thiết kế, nhất thiết phải tính toán và đảm bảo điều kiện không xảy ra xâm thực (9.10).

Đối với mỗi loại van, đường đặc tính hệ số xâm thực theo độ mở van đều được các nhà sản xuất cung cấp. Dưới đây cho một số giá trị của hệ số chống xâm thực (hệ số xâm thực cho phép) đối với một số loại van trong điều kiện bình thường:

Với van phẳng: $[\sigma] = 2,5 \div 4,5$

Với van bướm: $[\sigma] = 2,5 \div 3,0$

Với van quay: $[\sigma] = 1,2 \div 1,5$

2. Hệ số lưu lượng qua van

Hệ số lưu lượng qua van phụ thuộc vào loại van, lưu lượng, độ mở và chế độ thủy lực tương ứng. Mối quan hệ giữa các yếu tố trên được cho trong công thức (9.12) và (9.13) dưới đây.

$$m_v = \frac{1,167}{\sqrt{\frac{\Delta P}{\gamma}}} \quad (9.12)$$

$$Q_v = m_v Q \quad (9.13)$$

Trong đó: 1,167 - hệ số chuyển đổi đơn vị;

m_v - hệ số lưu lượng qua van;

Q - lưu lượng trước van (m^3/s , m^3/ph , m^3/h);

Q_v - lưu lượng sau van (m^3/s , m^3/ph , m^3/h);

ΔP - chênh lệch áp suất trước và sau van ($\text{kG lực}/\text{cm}^2$);

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

P_1 - áp suất dòng chảy trước van ($\text{kG lực}/\text{cm}^2$);

P_2 - áp suất dòng chảy sau van ($\text{kG lực}/\text{cm}^2$);

γ - trọng lượng riêng của chất lỏng ở $15,6^\circ\text{C}$ ($\text{tấn}/\text{m}^3$);

Thí dụ 9.1: Nghiên cứu lựa chọn loại van

Số liệu: Hãy nghiên cứu lựa chọn một trong hai loại van bướm và van quay cho NMB có các số liệu sau:

- + NMB có một tổ bơm ly tâm hai miệng hút đường kính 500 mm;
- + Phạm vi biến thiên lưu lượng: $(15 \div 30) \text{ m}^3/\text{s}$ tức $(50\% \div 100\%)$;
- + Cột nước toàn phần: 35 m;
- + Cột nước địa hình: 25 m;
- + Cột nước tổn thất: 10 m;
- + Cột nước tổn thất qua van khi tải 50% lưu lượng: 14 m;
- + Đường kính trong của van: 1000 mm;
- + Hệ số xâm thực cho phép của van: $2,5 \div 3,0$ với van bướm và $1,2 \div 1,5$ với van quay;
- + Độ mở lớn nhất của van: 70° với van bướm, 80° với van quay;
- + Độ mở nhỏ nhất của van: 15° với van bướm, 10° với van quay;
- + Giả thiết cột nước áp lực sau van là 27 m;
- + Áp suất hóa hơi ở 25°C là: 0,33 m cột nước.

Tính toán:

1. Tính hệ số lưu lượng qua van: sử dụng công thức: $m_v = \frac{1,167}{\sqrt{\frac{\Delta P}{\gamma}}}$

với: $\Delta P = 14 \text{ m cột nước} = 1,4 \text{ kG}/\text{cm}^2$;

$\gamma_{\text{nước}} = 1 \text{ T}/\text{m}^3$;

tính được: $m_v = 0,986$.

Lưu lượng sau van khi tải 100%: $Q = 0,986 \times 30 = 29,58$

Lưu lượng sau van khi tải 50%: $Q = 0,986 \times 15 = 14,79$

2. Tính hệ số xâm thực theo công thức:
$$[\sigma] = \frac{H_a + H_2 - H_h}{H_1 - H_2 + \frac{V^2}{2g}} = \frac{10,33 + 27 - 0,33}{14 + \frac{V^2}{2g}}$$

Dưới đây là kết quả tính toán σ cho hai loại van với đường kính khác nhau.

Thông số	Đường kính van (mm)							
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Q (m ³ /s)	30	15	10	5	2,5	1,25	0,75	0,5
V (m/s)	38,22	19,11	12,74	6,37	3,18	1,59	0,96	0,64
V ² /2g (m)	74,44	18,61	8,27	2,07	0,52	0,13	0,05	0,02
σ	0,42	1,13	1,66	2,30	2,55	2,62	2,63	2,64

3. Kết luận: Nếu lấy hệ số xâm thực cho phép của van bướm là 2,5 và van quay là 1,2 thì:

- + Ở chế độ lưu lượng khoảng 5 m³/s van bướm vẫn đảm bảo không xâm thực.
- + Ở chế độ lưu lượng khoảng 15 m³/s van quay vẫn đảm bảo không xâm thực.

9.4. ĐƯỜNG ỐNG VÀ THIẾT BỊ NỐI ỐNG

Đường ống chính trong trạm bơm cùng với ống hút và ống đẩy đóng vai trò quan trọng trong nhiệm vụ vận chuyển và đảm bảo chế độ làm việc bình thường của NMB. Về vật liệu làm ống, đối với hệ thống bơm tưới, tiêu và cấp nước, thường làm bằng hai loại là ống gang và ống thép. Dưới đây sẽ nghiên cứu một số vấn đề liên quan đến hai loại ống này, kích thước ống chính, ghép nối ống cũng như kích cỡ và thiết kế ống hút và ống đẩy.

9.4.1. Các loại ống trong trạm bơm tưới tiêu

Bảng dưới đây thống kê đặc tính cơ lý chủ yếu của hai loại ống gang và ống thép.

Bảng 9.7: Đặc tính cơ lý chủ yếu của ống gang và ống thép

Đặc tính	Đơn vị	Loại ống	
		Ống gang	Ống thép
Loại vật liệu	-	gang	thép
Khả năng chịu kéo	kG/cm ²	≥ 42	≥ 41
Khả năng chịu uốn	kG/cm ²	≥ 60	≥ 41
Độ biến dạng dài	%	≥ 10	≥ 18
Modun đàn hồi	kG/mm ²	(1,6 ÷ 1,7) 10 ⁴	2,1 10 ⁴
Độ cứng	-	≤ 230	≤ 140
Hệ số nở hông (Poisson)	-	0,28 ÷ 0,29	0,30
Trọng lượng riêng	Tấn/m ³	7,17	7,85
Hệ số giãn nhiệt	1/1°C	1,0 10 ⁻⁵	1,1.10 ⁻⁵

So sánh giữa hai loại ống chúng ta có một số nhận xét sau:

- + Chế tạo ống thép với các hình dáng phức tạp sẽ khó khăn hơn.
- + Khuôn mẫu phục vụ ống gang đòi hỏi nhiều thời gian gia công.
- + Trọng lượng ống gang lớn hơn do chiều dày yêu cầu chế tạo lớn.
- + Với ống thép yêu cầu kiểm tra, thử nghiệm rất cao để tìm khuyết tật.
- + Tổn thất thủy lực tương đương nhau.
- + Khả năng và thời gian chống ăn mòn của ống gang cao hơn ống thép.
- + Cả hai loại ống đều yêu cầu sơn, nhưng ống thép sơn nhiều lớp hơn.

9.4.2. Chọn lựa kích cỡ đường ống, ống hút, ống đẩy

1. Chiều dày thành ống

(a) *Tính toán độ dày thành ống*: Chiều dày cần thiết (tối thiểu) của thành ống gang và thép được tính toán từ điều kiện độ bền theo công thức (9.14), sau đó được kiểm tra theo điều kiện ổn định, điều kiện làm việc khác như điều kiện chống ăn mòn, điều kiện vận chuyển khi thi công lắp ráp.

$$t \geq \frac{0,5 D H + \sqrt{(0,5 D H)^2 + 24 \alpha \sigma_a M}}{2 \sigma_a} \text{ (cm)} \quad (9.14)$$

Trong đó:

t - chiều dày tối thiểu của ống theo điều kiện bền (cm);

D - đường kính trong của ống (cm);

H - áp suất bên trong ống (kG lực/cm²);

$$H = H_1 + H_2$$

H₁ - áp suất thủy tĩnh (kG lực/cm²);

H₂ - áp suất nước va (kG lực/cm²);

M - mô men uốn lớn nhất tính cho 1 cm dài (kG lực cm/cm);

α - tỷ số giữa ứng suất kéo/ứng suất uốn, bằng 0,7 đối với ống gang và thép;

σ_a - ứng suất kéo cho phép (kG lực/cm²);

Đối với ống gang lấy 90% ứng suất kéo, sau đó chia cho 2 (hệ số an toàn):

$$\sigma_a = \frac{4900 \times 0,90}{2} = 1890 \text{ kG lực/cm}^2.$$

Đối với ống thép lấy 85% ứng suất kéo, sau đó chia cho 2, đối với các loại thép khác nhau, có ứng suất cho phép khác nhau.

Ứng suất kéo σ (kG lực/cm ²)	Ứng suất kéo cho phép σ_a (kG lực/cm ²)
4200	1780
4100	1740
3800	1610
3000	1270

Mô men uốn lớn nhất tính theo công thức:

$$M = M_1 + M_2$$

Trong đó:

M_1 - mô men do trọng lượng nước bên trong ống gây nên:

$$M_1 = b W_0 R^3$$

M_2 - mô men do trọng lượng bản thân ống gây nên:

$$M_2 = c W_d R$$

Với: b, c - các hệ số sau khi tính đến phản lực gối đỡ theo góc ôm (xem bảng 9.8)

W_0 - trọng lượng 1 cm³ nước (0,001 Kg/cm³)

W_d - trọng lượng 1 cm dài ống (Kg/cm³)

R - bán kính tính toán (cm), có thể lấy:

$$R = 0,5 (D + t)$$

Bảng 9.8: Giá trị M_1 và M_2

Mô men	Điều kiện tính toán		
	Loại tải trọng	Góc ôm của gối đỡ tự do (θ°)	Giá trị mô men tính toán
M_1	Nước trong ống	0	$(0,750 W_0 R^3)$
		30	$0,563 W_0 R^3$
		60	$0,420 W_0 R^3$
		90	$0,321 W_0 R^3$
		120	$0,260 W_0 R^3$
		180	$(0,220 W_0 R^3)$
M_2	Bản thân thành ống	0	$(0,239 W_d R)$
		30	$0,179 W_d R$
		60	$0,134 W_d R$
		90	$0,102 W_d R$
		120	$0,083 W_d R$
		180	$(0,070 W_d R)$

(Lưu ý: giá trị trong ngoặc ít dùng trong thực tế)

(b) *Chiều dày thành ống thiết kế:* chiều dày thành ống tính toán ở trên là chiều dày tối thiểu theo điều kiện độ bền. Khi kể đến các điều kiện khác cần tăng chiều dày tính toán lên như sau:

Đối với ống gang: $T = 1,1(t + 1)$ khi $t + 1 \geq 10$ mm

$T = t + 2$ khi $t + 1 < 10$ mm

Đối với ống thép: $T = t + 1$ khi $D \geq 800$ mm

$T = t + 2$ khi $D < 800$ mm

Cuối cùng chiều dày thành ống được quy chuẩn theo đường kính tính toán của ống như trong bảng 9.9.

Bảng 9.9: Chiều dày quy chuẩn của thành ống

Đường kính trung bình (mm)	Ống gang		Ống thép	
	Chiều dày (mm)	Khối lượng (Kg/m)	Chiều dày (mm)	Khối lượng (Kg/m)
80	8,5	16,1	4,2	8,79
100	8,5	20,9	4,5	12,2
125	8,5	25,6	4,5	15,0
150	9,0	32,3	5,0	19,8
200	11,0	51,6	5,8	30,1
250	12,0	70,0	6,6	42,4
300	12,5	87,1	6,9	53,0
350	13,0	105	6,0	51,7
400	14,0	129	6,0	59,2
450	14,5	151	6,0	66,8
500	15,0	173	6,0	74,3
600	16,0	221	6,0	89,0
700	17,0	273	6,0	104
800	18,0	331	7,1	141
900	19,0	393	7,9	177
1000	20,0	459	8,7	216
1100	21,0	530	10,3	281
1200	22,0	605	11,1	331
1350	24,0	742	11,9	399
1500	26,0	892	12,7	473

2. Kích thước ống

Đường kính đường ống chính, ống hút và ống đẩy phải phù hợp với đường kính miệng vào của máy bơm, nói chung khi chế tạo bơm, người ta đã lưu ý đến miệng vào máy bơm và việc ghép nối ống sau này. Chỉ trong các trường hợp đặc biệt, khi tuyến ống quá dài, tổn thất thủy lực lớn mới đề xuất phương án kích cỡ ống thay đổi dọc tuyến. Bảng dưới đây cho đường kính ống bằng với đường kính tính toán chuẩn của miệng vào máy bơm.

Bảng 9.10: Kích cỡ ống và kích cỡ miệng vào máy bơm

Đường kính miệng bơm (mm)	Đường kính đường ống (mm)	Đường kính miệng bơm (mm)	Đường kính đường ống (mm)
80	80	800	800
100	100	900	900
125	125	1000	1000
150	150	1200	1200
200	200	1350	1350
250	250	1500	1500
300	300	1600	1600
350	350	1800	1800
400	400	2000	2000
450	450	2200	2200
500	500	2400	2400
600	600	2600	2600
700	700	2800	2800

3. Ống hút

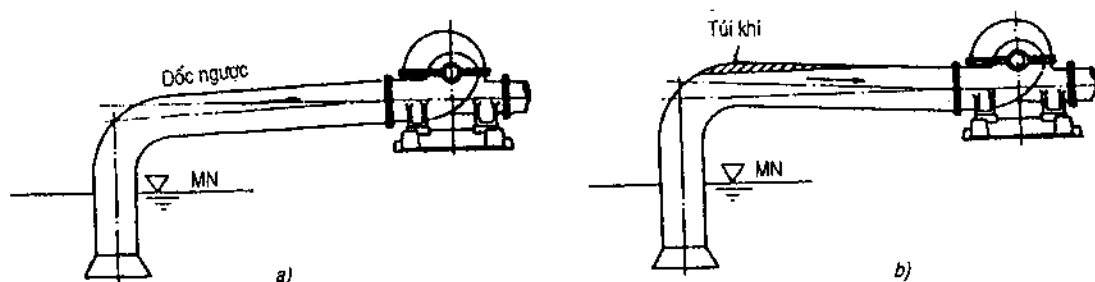
Khi thiết kế ống hút cần lưu ý những điểm sau:

- + Đảm bảo không cho không khí đi vào ống hút (xem phần thiết kế bể hút).
- + Đảm bảo sự làm việc độc lập của mỗi ống hút.
- + Không được để trực ống hút phần nằm ngang có độ dốc âm, hoặc nằm ngang, hoặc tốt nhất là có độ dốc ngược từ 1/200 đến 1/50 để tránh hình thành túi khí trong ống hút (hình 9.17).
- + Tránh nối trực tiếp ống hút với máy bơm mà nên có đoạn ống nối với chiều dài lớn hơn 2 lần đường kính (hình 9.18).
- + Không nên lắp van đóng mở phía ống hút. Trong trường hợp nhất thiết phải lắp van, nên bố trí van theo phương ngang để tránh hình thành túi khí trong van (hình 9.19).

4. Ống đẩy

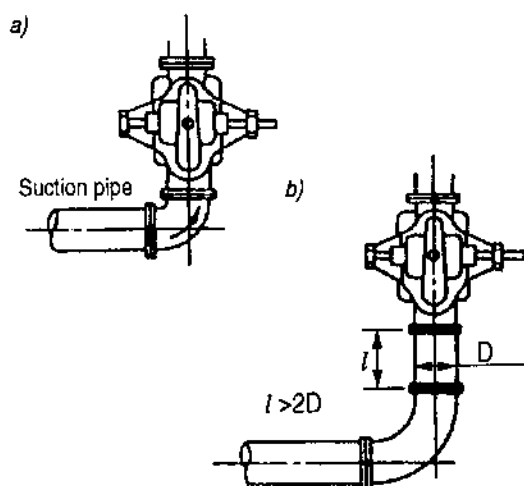
Khi thiết kế ống đẩy nên lưu ý những điểm dưới đây:

+ Nên lắp các đoạn ống và bích phụ để tạo điều kiện dễ dàng trong quá trình lắp đặt bơm, van và thiết bị trên đường ống.



Hình 9.17: Nền lắp ống hút có độ dốc ngược

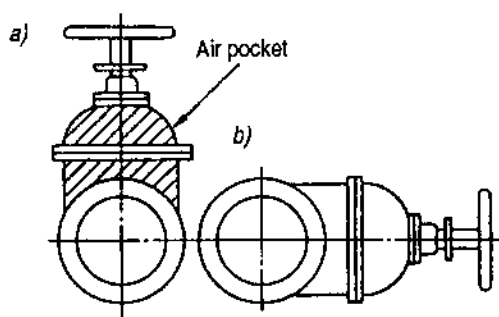
a) Độ dốc ngược; b) Độ dốc thuận sinh túi khí



Hình 9.18: Nền lắp ống hút có đoạn ống nối

a) Có đoạn ống nối đủ dài;

b) Không có đoạn ống nối.



Hình 9.19: Nền lắp van nằm ngang

a) Van thẳng đứng sinh túi khí;

b) Lắp van nằm ngang.

+ Cần bố trí các ống thông khí hoặc van xả khí tại những nơi có thể hình thành túi khí.

+ Đối với NMB tiêu tiêu kết hợp, cần bố trí ống đẩy hai nhánh.

+ Nếu cần thiết, nên bố trí van xả lưu lượng để giảm áp lực nước và trong ống đẩy.

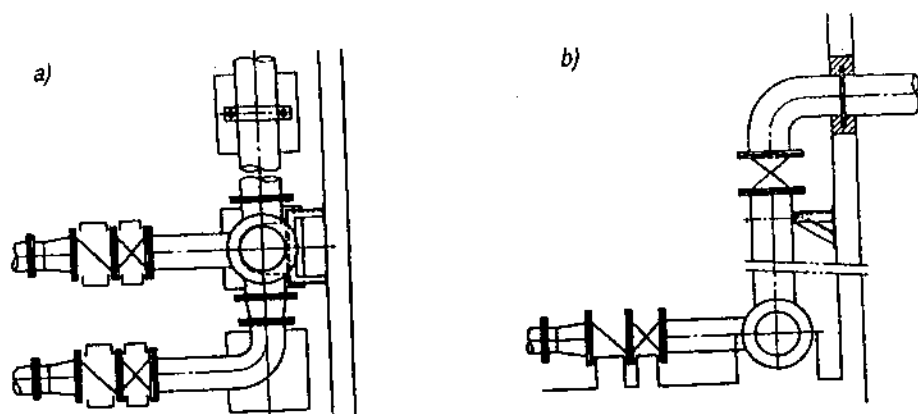
+ Với ống đẩy của NMB tiêu (thường có kích thước lớn), nối tiếp miệng ống đẩy với bể xả có thể là đoạn ống loe tiết diện tròn hoặc hình hộp. Khi miệng vào máy bơm nhỏ hơn 2000 mm, người ta chọn loại ống tiết diện tròn, còn khi lớn hơn, có thể sử dụng tuyến ống tiết diện hình hộp như trong bảng 9.11.

Bảng 9.11: Kích cỡ miệng lọc ống đẩy vào bể xả

Đường kính miệng máy bơm (mm)	Miệng lọc của ống đẩy (mm)	Ghi chú
600	800	Tiết diện tròn
700	900	
800	1000	
900	1200	
1000	1350	
1200	1500	
1350	1650	
1500	1800	
1600	2000	Tiết diện hình hộp
1800	1800 × 2600	
2000	2000 × 2900	
2200	2200 × 3100	
2400	2400 × 3400	
2600	2600 × 3700	
2800	2800 × 4000	

5. Đỡ ống đẩy

Đối với đường ống đẩy, cần bố trí các trụ, bệ đỡ bê tông hoặc các giá đỡ, giá neo nhằm đảm bảo sự làm việc ổn định của đường ống đẩy (hình 9.20)



Hình 9.20: Đỡ ống đẩy: a) Mặt bằng; b) Mặt cắt.

9.4.3. Ghép nối ống

Do tuyến ống thường trải dài và cần phù hợp với địa hình muôn hình muôn vẻ, do yêu cầu vận chuyển và chế tạo định hình, cho nên việc lắp ráp, ghép nối đường ống ở hiện trường là cần thiết.

Những thiết bị cần thiết cho việc ghép nối ống có nhiều loại và cũng được chế tạo sẵn. Thường là các bích gắn liền ống, mặt bích phụ, gioăng khít nước, các đoạn ống loc, các đoạn ống cong, các đoạn ống phân rẽ nhánh,...

Yêu cầu cơ bản nhất đối với các thiết bị ghép nối trên là phải đảm bảo tốt những điều kiện sau:

- + Sự làm việc ổn định của cả tuyến ống
- + Đảm bảo độ bền
- + Đảm bảo khít nước
- + Dễ dàng lắp ráp và tháo rời
- + Giá thành hạ
- + Khả năng chống mài mòn cao.

9.5. THIẾT BỊ PHỤ TRONG NHÀ MÁY BƠM

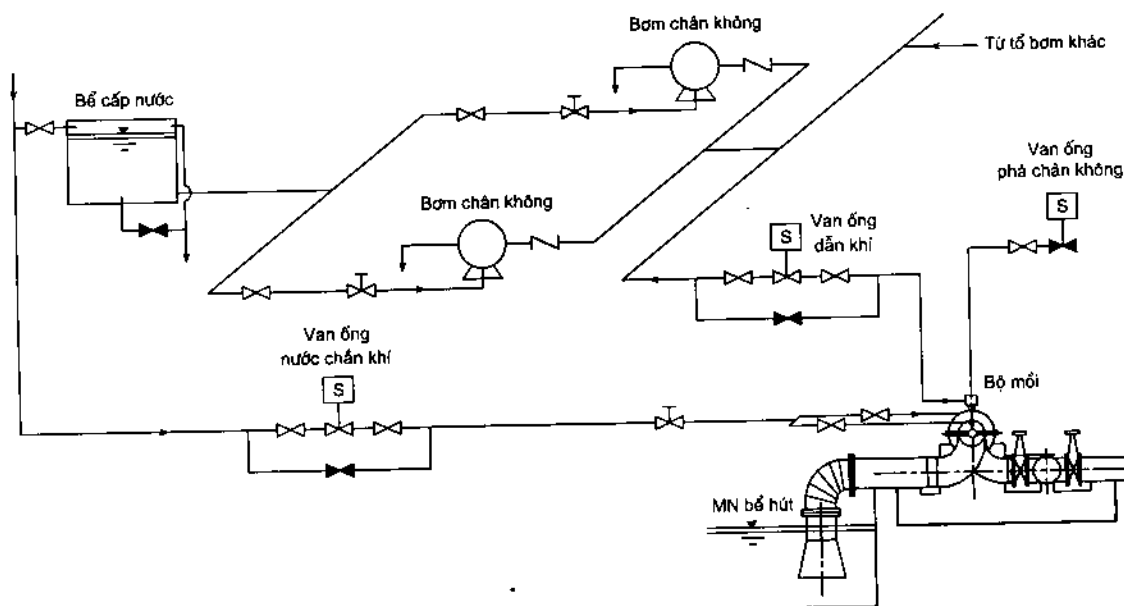
Ngoài tổ bơm, thiết bị đường ống,... đã nêu trên, còn cần rất nhiều các thiết bị phụ trợ khác để hệ thống trạm bơm hoạt động ổn định, an toàn với độ tin cậy cao. Sau đây chúng ta sẽ đề cập tới các hệ thống thiết bị phụ trợ này.

9.5.1. Hệ thống môi nước máy bơm

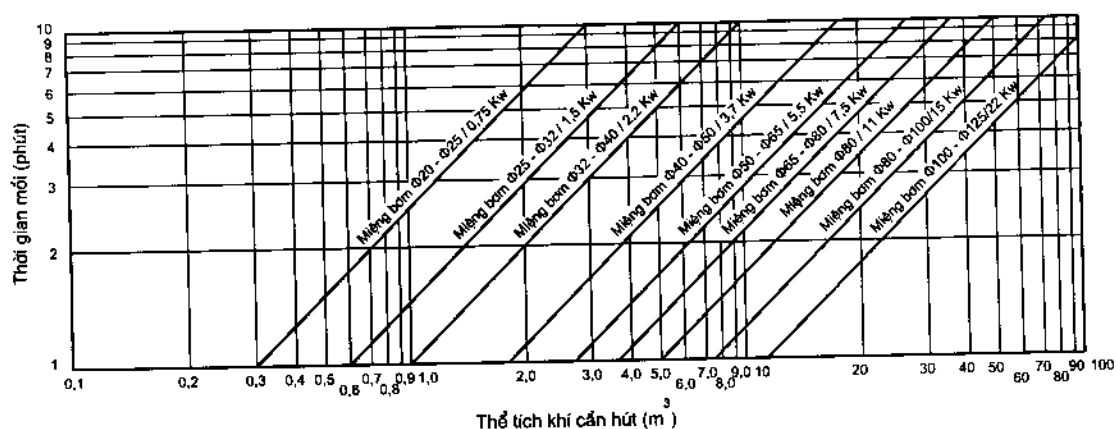
Đối với một số loại bơm, đặc biệt là bơm hướng trục trực ngang hoặc ống hút có đoạn dài nằm ngang, hoặc trong những trường hợp sau khi dừng bơm, nước trong buồng công tác của máy bơm chảy đi hết và không khí tràn vào chiếm chỗ, cần có hệ thống môi nước cho máy bơm mới có thể khởi động lại được. Với nhiệm vụ môi nước cho máy bơm chính, người ta hay sử dụng bơm chân không trong hệ thống môi nước.

Hệ thống môi nước cho máy bơm bằng bơm chân không thường có các thiết bị như: thùng nước môi, bộ dò, van khí, và máy bơm chân không. Hệ thống bơm môi nước cho máy bơm chính được minh họa trong sơ đồ hình 9.21.

Công suất của bơm chân không được chọn lựa phụ thuộc vào các yếu tố như: thể tích không khí chiếm chỗ trong phần ống hút, buồng công tác máy bơm chính và một phần ống đẩy, đường kính miệng máy bơm chính và thời gian môi nước. Với loại bơm có thể khởi động khi đóng van trên đường ống đẩy thì thể tích khí tính từ miệng ống hút tới van trên ống đẩy. Với các loại bơm khác, thể tích khí tính từ miệng ống hút tới miệng ra của ống đẩy. Trong đa số các trường hợp, thời gian môi nước là 5 phút, đặc biệt nếu đường kính ống hút và ống đẩy cũng như chiều dài lớn, thời gian môi nước cho máy bơm chính có thể lên đến 10 phút. Trên hình 9.22 là biểu đồ lựa chọn bơm chân không theo thể tích không khí và thời gian môi nước.



Hình 9.21: Sơ đồ hệ thống môi nước cho máy bơm chính



Hình 9.22: Biểu đồ lựa chọn bơm chân không

9.5.2. Hệ thống nước kỹ thuật

Hệ thống nước kỹ thuật trong NMB bao gồm ba hệ thống có các nhiệm vụ khác nhau. Đó là:

- + Hệ thống nước làm mát
- + Hệ thống nước bôi trơn
- + Hệ thống nước chắn khí

(a) *Hệ thống nước làm mát:* Nước làm mát thường cần thiết cho máy diesel, động cơ, hộp truyền động, khớp thủy lực và các ổ trục của máy bơm lớn. Nước làm mát có thể

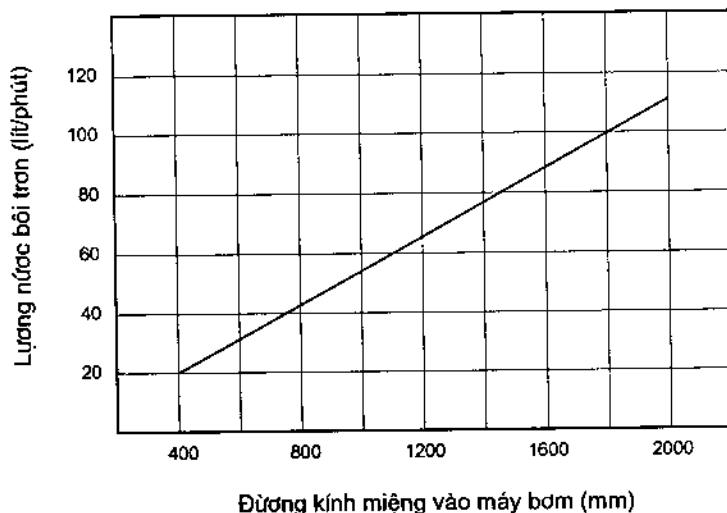
lấy từ hệ thống nước sinh hoạt, từ hồ chứa hay sông suối, nhưng nhất thiết phải qua các thiết bị lọc và xử lý để đảm bảo chất lượng nước theo đúng yêu cầu kỹ thuật.

Hệ thống cấp nước làm mát bao gồm máy bơm nước kỹ thuật (máy bơm nước kỹ thuật dùng chung cho cả ba hệ thống nước làm mát, nước bôi trơn và nước chấn khí), van điều tiết lưu lượng, van một chiều, rơ le điều khiển,...

Lưu lượng nước làm mát đối với máy diesel dao động từ $80 \div 2000$ lít/phút tùy theo công suất của máy. Đối với hộp truyền động cần từ $15 \div 400$ lít/phút, còn đối với khớp thủy lực cần từ $100 \div 800$ lít/phút.

(b) *Hệ thống nước bôi trơn*: Nước bôi trơn cần cho các ổ trục của bơm hướng trục trực đứng và bơm hỗn lưu nằm ngập trong nước. Nước bôi trơn ngoài đòi hỏi về chất lượng còn đòi hỏi có áp suất nhất định để có thể bơm vào các ổ trục bị ngập nước và đang làm việc. Nhiệm vụ tạo áp lực cho nước bôi trơn do một máy bơm tăng áp (gọi là máy bơm nước bôi trơn) phục vụ, nguồn nước bôi trơn có thể lấy từ nguồn nước kỹ thuật, chung với nước làm mát hoặc hệ thống độc lập. Đối với các NMB cỡ lớn, thường hệ thống này độc lập với hệ thống nước làm mát và hoạt động theo chu trình khép kín tuần hoàn.

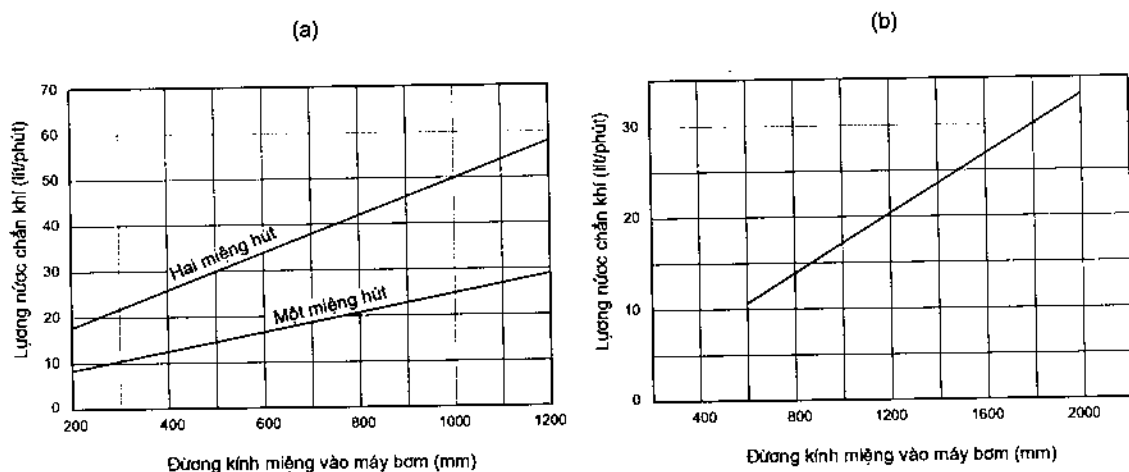
Lưu lượng nước bôi trơn phụ thuộc chủ yếu vào đường kính miệng vào của máy bơm. Hình 9.23 cho ta biểu đồ xác định lưu lượng nước bôi trơn cần thiết cho máy bơm trực đứng có ổ trục với vật chấn nước cao su.



Hình 9.23: Biểu đồ xác định lưu lượng nước bôi trơn cho bơm hướng trục ổ trục đệm cao su

(c) *Hệ thống nước chấn khí*: Nước làm nhiệm vụ màng chấn không khí cần thiết cho bạc và vòng đệm của trục máy bơm hướng trục trực ngang. Nước làm nhiệm vụ màng chấn khí có áp suất từ $0,5 \div 1,0$ kG lực/cm². Một máy bơm tăng áp riêng đảm nhận nhiệm vụ tạo áp suất cho nước.

Lưu lượng nước làm nhiệm vụ chấn khí phụ thuộc vào loại máy bơm và đường kính miệng vào của máy bơm chính. Hình 9.24a là biểu đồ xác định lưu lượng nước cho bơm ly tâm có một miệng hút và hai miệng hút, hình 9.24b là biểu đồ xác định lưu lượng nước cho máy bơm trục và hỗn lưu trục ngang.



Hình 9.24: Biểu đồ xác định lưu lượng nước chấn khí
a) Cho bơm ly tâm; b) Cho bơm trục và hỗn lưu trục ngang

9.5.3. Hệ thống dầu áp lực

Hệ thống dầu áp lực cung cấp dầu có áp cho các thiết bị thủy lực với nhiệm vụ trợ và tăng lực thao tác tại những thiết bị cơ và cơ thủy lực cần lực đóng mở lớn như van công tác trợ lực bằng thủy lực hoặc các máy công tác có trợ lực thủy lực.

Hệ thống dầu áp lực có hai loại. Loại đơn giản - trực tiếp và loại gián tiếp qua thùng dầu áp lực. Loại thứ nhất áp lực dầu do máy bơm tăng áp cho dầu trong đường ống dầu dẫn tới các thiết bị trợ lực thủy lực. Loại này sẽ ngừng hoạt động nếu mất điện nguồn và máy bơm dầu ngừng hoạt động.

Tại những NMB lớn và quan trọng, người ta sử dụng thùng dầu áp lực, trong đó có chứa dầu và bên trên là không khí, một máy nén khí cung cấp khí nén vào thùng dầu và tạo đủ áp lực cần thiết cho dầu trong thùng. Từ thùng dầu áp lực, dầu có áp theo các ống dẫn dầu tới các thiết bị trợ lực thủy lực. Loại gián tiếp này sẽ hoạt động liên tục và an toàn hơn ngay cả khi mất điện nguồn.

9.5.4. Hệ thống dầu bôi trơn

Hệ thống dầu bôi trơn thường là các hệ thống con, chỉ cấp dầu bôi trơn cho các ổ trục máy diesel, hộp truyền động và khớp thủy lực khi bắt đầu khởi động. Sau khi khởi động, các thiết bị trên sử dụng hệ thống dầu bôi trơn của bản thân chúng cho nên hệ thống dầu bôi trơn chung sẽ ngừng hoạt động.

9.5.5. Hệ thống nhiên liệu và hơi khởi động cho máy diesel

Đối với máy diesel ở NMB không sử dụng động cơ điện, còn cần hai hệ thống thiết bị phụ trợ là hệ thống cung cấp nhiên liệu cho máy diesel hoạt động và hệ thống hơi khởi động.

9.5.6. Hệ thống thiết bị thu nước thấm

Trong NMB, đặc biệt với nhà máy bơm trọng lực và nhà máy bơm kiểu buồng thường có lượng nước thấm qua móng hoặc tường từ bên ngoài vào. Ngoài ra trong quá trình hoạt động, nếu vật chắn nước kém kín, cũng sẽ có lượng nước rò rỉ từ các khớp nối dọc đường ống bên trong nhà máy. Đôi khi nước mưa cũng là một bộ phận của lượng nước cần tiêu thoát trong NMB. Đối với một số loại NMB, cần thường xuyên định kỳ tháo nước khỏi buồng hút của máy bơm để kiểm tra, sửa chữa.

Các loại nước trên không cần thiết cho NMB và do đó cần được tháo bỏ để đảm bảo khô ráo và vệ sinh bên trong NMB. Lượng nước ở các buồng hút khi tháo bỏ cũng cần được bơm đi. Hệ thống thu nước thấm làm nhiệm vụ này. Trước hết tại mỗi phòng, mỗi buồng, mỗi tầng đều có các rãnh thu nước xung quanh, nước sẽ được tập trung xuống tầng dưới cùng và dồn vào một giếng tập trung nước thấm. Tại đây bố trí các máy bơm tiêu nước để bơm ra ngoài. Thường bố trí các máy bơm công tác và máy bơm tiêu dự trữ.

Công suất và số lượng máy bơm tiêu nước thấm phụ thuộc vào dung tích nước cần bơm và thời gian cho phép để bơm cũng như cột nước từ giếng tập trung nước tới mực nước nguồn.

9.5.7. Hệ thống thiết bị thông gió giảm nhiệt

Hệ thống thông gió trong NMB có các nhiệm vụ sau:

- + Giảm nhiệt độ trong NMB do sự toả nhiệt trong quá trình làm việc của các thiết bị năng lượng, thiết bị điện...

- + Cấp không khí cho máy diesel hoạt động

- + Đảm bảo nhiệt độ phù hợp với sức khỏe của cán bộ, công nhân trong NMB.

Có hai phương pháp thông gió giảm nhiệt là:

- + Thông gió tự nhiên qua hệ thống cửa sổ và cửa đi

- + Thông gió nhân tạo bằng hệ thống thông gió sử dụng quạt gió và ống thông gió.

1. Nhiệt lượng toả ra của thiết bị

Các thiết bị toả nhiệt trong NMB bao gồm: động cơ điện, máy diesel, máy phát điện diesel, khớp thủy lực, hộp số truyền động và nhiều thiết bị khác, trong đó chủ yếu nhất là từ động cơ điện hoặc máy phát điện (nếu sử dụng máy diesel).

(a) *Nhiệt lượng từ động cơ điện*: nhiệt lượng toả ra từ động cơ điện được tính theo công thức sau:

$$Q_{DC} = \frac{P_{DC}(1-\eta_{DC})}{\eta_{DC}} 860 \quad (9.15)$$

Trong đó:

Q_{DC} - nhiệt lượng tỏa ra từ động cơ điện (Kcal/giờ);

P_{DC} - công suất động cơ (kW);

η_{DC} - hiệu suất động cơ điện (xem bảng 9.12).

Bảng 9.12: Hiệu suất động cơ điện

Công suất động cơ điện, (kW)	Hiệu suất gần đúng
50 ÷ 200	0,88 ÷ 0,92
200 ÷ 500	0,93 ÷ 0,94
500 ÷ 1000	0,94 ÷ 0,95

(b) *Nhiệt lượng từ máy phát điện:* nhiệt lượng tỏa ra từ máy phát điện được tính theo công thức sau:

$$Q_{MF} = \frac{P_{MF} \cos \varphi (1-\eta_{MF})}{\eta_{MF}} 860 \quad (9.16)$$

Trong đó:

Q_{MF} - nhiệt lượng tỏa ra từ máy phát điện (Kcal/giờ);

P_{MF} - công suất máy phát điện (KVA);

$\cos \varphi$ - hệ số công suất của máy phát điện (0,80);

η_{DC} - hiệu suất máy phát điện (xem bảng 9.13).

Bảng 9.13: Hiệu suất máy phát điện

Công suất máy phát		Hiệu suất	Công suất máy phát		Hiệu suất
(KVA)	(kW)		(KVA)	(kW)	
20	16	0,790	150	120	0,881
37,5	30	0,825	200	160	0,889
50	40	0,843	250	200	0,895
62,5	50	0,852	300	240	0,900
75	60	0,857	375	300	0,906
100	80	0,867	500	400	0,913
125	100	0,876			

2. Tính toán lưu lượng không khí

Lưu lượng không khí hay công suất thiết bị thông gió cần thiết cho NMB để duy trì nhiệt độ giới hạn được tính theo công thức sau:

$$V_{TG} = \frac{\sum Q_i}{60 \gamma C_p \Delta T} \quad (9.17)$$

Trong đó: V_{TG} - công suất cần thiết của thiết bị thông gió ($m^3/phút$);

$\sum Q_i$ - tổng lượng nhiệt tỏa ra từ các thiết bị (Kcal/giờ);

γ - khối lượng đơn vị của không khí, bằng 1,2 ở $30^\circ C$ (kg/m^3);

C_p - nhiệt lượng riêng của không khí, bằng 0,24 (Kcal/ $kg^\circ C$);

ΔT - mức gia tăng nhiệt độ so với xung quanh, bằng $5 \div 10^\circ C$.

9.5.8. Hệ thống thiết bị chiếu sáng

Mọi khu vực trong NMB đều cần được chiếu sáng. Nguồn sáng là các bóng đèn điện. Mức độ yêu cầu về ánh sáng phụ thuộc vào nhiệm vụ riêng của mỗi phòng, màu sơn tường và diện tích phòng. Bảng 9.14 liệt kê yêu cầu về mức độ ánh sáng (lx) của các loại phòng trong NMB.

Bảng 9.14: Yêu cầu về mức độ ánh sáng của các phòng trong NMB

Loại phòng	Yêu cầu ánh sáng (lx)
1. Phòng điều khiển trung tâm	250
2. Phòng thiết bị điện	150
3. Gian máy bơm và động cơ	100
4. Phòng thiết bị phụ trợ	100

Về mức độ ánh sáng do các bóng đèn cung cấp cho các phòng, có thể tính theo công thức sau:

$$E = \frac{NFUM}{A} \quad (9.18)$$

$$\text{hoặc: } N = \frac{EA}{FUM} \quad (9.19)$$

Trong đó: E - yêu cầu về mức độ ánh sáng (như trong bảng 9.14) (lx);

N - số lượng bóng đèn;

F - độ phát sáng của một bóng đèn;

M - hệ số che phủ bóng đèn (bảng 9.15);

U - hệ số yêu cầu ánh sáng;

A - diện tích gian phòng (m^2).

Bảng 9.15: Hệ số che phủ bóng đèn

Loại đèn	Ít bụi	Bụi vừa	Nhiều bụi
Để trần không chụp	0,72	0,67	0,62
Có chụp ngoài	0,62	0,57	0,52

Riêng hệ số yêu cầu ánh sáng (U) phụ thuộc vào đặc điểm của gian phòng (RI) và hệ số phản chiếu (PC) của tường và trần nhà. Đặc điểm của gian phòng được tính theo công thức (9.20), còn hệ số phản chiếu của tường và trần nhà lấy theo bảng 9.16.

$$RI = \frac{RC}{H(R + C)} \quad (9.20)$$

Trong đó: RI - đặc điểm gian phòng;

R - chiều rộng phòng (m);

C - chiều cao phòng (m);

H - chiều cao từ sàn nhà tới bóng đèn (m).

Bảng 9.16: Hệ số phản chiếu của tường và trần nhà

Loại vật liệu	Hệ số PC (%)
Sơn màu trắng	65
Sơn màu nhạt	35 ÷ 55
Bê tông trần	25

Từ đặc điểm gian phòng, hệ số phản chiếu của trần và sàn nhà, sẽ xác định được hệ số yêu cầu ánh sáng (U) khi chiếu sáng trực tiếp theo bảng 9.17.

Bảng 9.17: Hệ số yêu cầu ánh sáng U

Hệ số phản chiếu của trần	80			50		30	
Hệ số phản chiếu của tường	60	30	10	30	10	30	10
Đặc điểm phòng (RI)	Hệ số yêu cầu ánh sáng U (%)						
0,60	35	26	23	26	23	26	23
0,80	43	34	31	33	30	33	30
1,00	47	39	35	38	34	37	34
1,25	52	44	40	42	39	42	39
1,50	55	47	44	46	43	45	42
2,00	60	53	50	51	49	50	48
2,50	63	57	54	54	52	53	51
3,00	65	60	57	57	55	55	53
4,00	67	63	61	60	58	58	57
5,00	69	65	63	62	60	60	59

Độ phát sáng (F) của một số loại đèn được cho trong bảng 9.18 dưới đây.

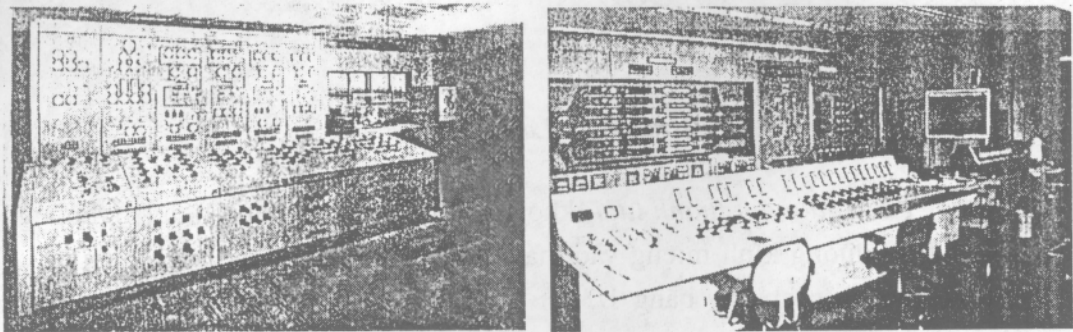
Bảng 9.18: Độ phát sáng của một số loại đèn

Công suất bóng (W)	Loại đèn		
	Bóng tròn	Huỳnh quang	Thủy ngân
10	-	400	-
20	170	980	-
30	325	1480	-
40	485	2620	1300
60	810	-	-
100	1520	-	3900
150	2450	-	-
200	3450	-	-
250	-	-	11500
300	-	-	15000
400	-	-	21000
700	-	-	38000
1000	-	-	55000

9.5.9. Hệ thống thiết bị thao tác và điều khiển

Hệ thống thao tác và điều khiển trong NMB bao gồm các mạch điện điều khiển các thiết bị thao tác, kiểm tra và đo lường. Với những NMB quy mô nhỏ có thể thao tác điều khiển trực tiếp bằng tay. Ngày nay ở các NMB trung bình và lớn hệ thống thao tác điều khiển chuyển sang tự động hóa ở mức độ ngày càng cao. Kỹ sư điều khiển ngồi vận hành tại gian hoặc phòng điều khiển trung tâm thao tác các bàn phím, nút điện trên bàn, bảng và tủ điều khiển (hình 9.25).

Sơ đồ mạch điện, điện tử của hệ thống điều khiển được các kỹ sư điện và điện tử thiết kế.



Hình 9.25: Phòng điều khiển cùng tủ bảng điện

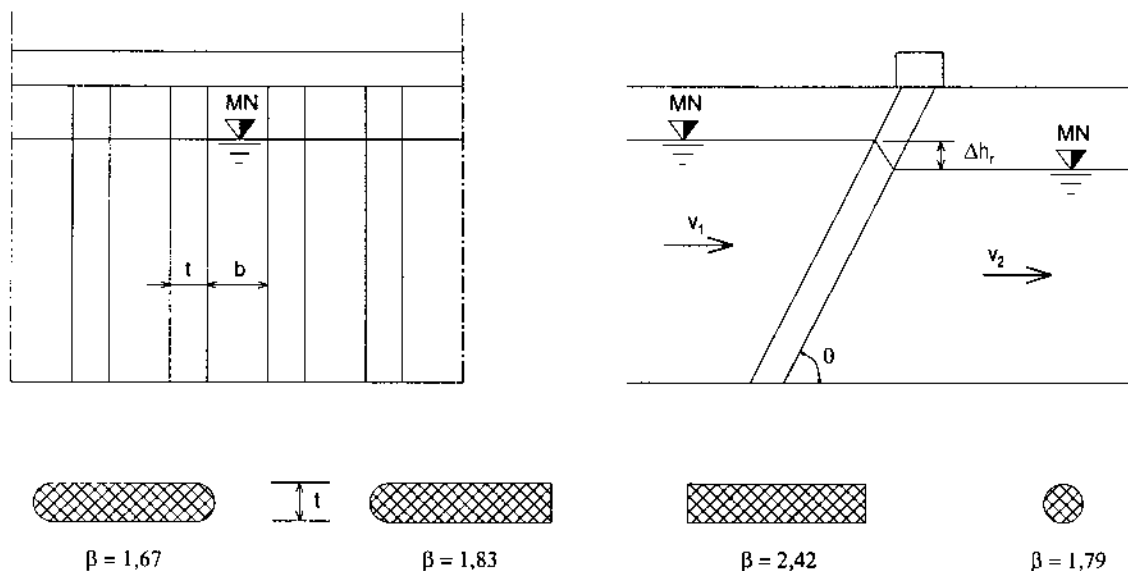
9.5.10. Cửa van, lưới chắn rác và thiết bị vớt rác

Tại cửa nhận nước hoặc ngay trước bể hút của trạm bơm thường lắp đặt lưới chắn rác, phai sửa chữa, van công tác cùng các thiết bị nâng hạ van và vớt rác.

1. Lưới chắn rác

Lưới chắn rác được gia công bằng những thanh thép đung hàn vào các dầm đỡ bằng thép vào cố định vào thành một khung lưới chắn rác. Khi thiết kế lưới chắn rác, cần tính toán và lựa chọn những thông số chủ yếu sau đây:

- + Khoảng cách giữa hai thanh lưới (b);
- + Chiều dày thanh lưới;
- + Góc nghiêng (θ);
- + Vận tốc dòng chảy qua lưới;
- + Tổn thất thủy lực tại lưới chắn rác;
- + Thiết bị vớt rác.



Hình 9.26: Lưới chắn rác

a) Khoảng cách giữa hai thanh lưới: khoảng cách giữa hai thanh lưới (b) thường lấy bằng $1/10 \div 1/30$ đường kính miệng vào máy bơm. Nếu miệng vào máy bơm lớn hơn 3000 mm thì khoảng cách này bằng $1/35 \div 1/40$. Dưới đây là bảng tính b theo đường kính miệng vào máy bơm.

**Bảng 9.19: Khoảng cách giữa 2 thanh lưới (b)
theo đường kính miệng vào máy bơm (D)**

D (mm)	b (mm)	D (mm)	b (mm)	D (mm)	b (mm)	D (mm)	b (mm)
200	20	600	30	1350	50	2400	75
250	20	700	30	1500	60	2600	80
300	20	800	30	1650	60	2800	90
350	25	900	40	1800	70	3000	100
400	25	1000	40	2000	70		
500	25	1200	50	2200	75		

b) *Chiều dày và hình dạng thanh lưới*: chiều dày thanh lưới (t) thường được lấy theo cấu tạo, sau đó kiểm tra độ ổn định.

Khi $b < 50$ mm thì $t = (6 \div 8)$ mm

Khi $b = (60 \div 80)$ mm thì $t = (10 \div 12)$ mm

Khi $b > 80$ mm thì $t = (14 \div 20)$ mm

Hình dạng mặt cắt của thanh có thể là tròn, chữ nhật hoặc chữ nhật lượn tròn đầu như trong hình 9.26.

c) *Góc nghiêng*: góc nghiêng của lưới chắn rác so với phương ngang (θ) như trong hình 9.26 thường được lấy bằng $45^\circ \div 60^\circ$ nếu vớt rác bằng tay và bằng $70^\circ \div 90^\circ$ nếu vớt rác bằng máy.

d) *Vận tốc dòng chảy qua lưới*: vận tốc dòng chảy ngay trước lưới chắn rác (V_1) không được lớn hơn 1 m/s. Khi vớt rác bằng tay, vận tốc lấy $\leq 0,30$ m/s; khi vớt rác bằng máy lấy vận tốc $\leq 0,50$ m/s.

e) *Tổn thất thủy lực tại lưới chắn rác*: tổn thất thủy lực qua lưới chắn rác khi chưa mắc rác có thể tính theo các công thức sau.

$$h_r = f_r \frac{V_1^2}{2g} = \left[\beta \sin \theta \left(\frac{t}{b} \right)^{4/3} \right] \frac{V_1^2}{2g} \quad (9.21)$$

$$\Delta h_r = f_r \frac{V_1^2}{2g} + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) \quad (9.22)$$

Trong đó: h_r - tổn thất thủy lực qua lưới chắn rác (m);

Δh_r - chênh lệch mực nước trước và sau lưới (m);

V_1 - vận tốc dòng chảy ngay trước lưới (m/s);

V_2 - vận tốc dòng chảy sau lưới (m/s);

β - hệ số hình dạng mặt cắt thanh lưới;

θ - góc nghiêng của lưới so với phương ngang ($^{\circ}$);

t - chiều dày thanh lưới (mm);

b - khoảng cách giữa 2 thanh lưới (mm);

f_r - hệ số tổn thất thủy lực tại lưới chắn rác.

g) **Thiết bị vớt rác:** thiết bị vớt rác có thể là các cào rác phục vụ vớt rác thủ công bằng tay hoặc các máy cào, máy vớt rác được bố trí trên các sàn công tác tại cửa lấy nước hoặc bể hút.

2. Cửa van

Cửa van tại công trình lấy nước và bể hút của trạm bơm tưới tiêu thường là van phẳng quy mô nhỏ. Cửa van được kéo lên và hạ xuống theo phương thẳng đứng bằng các tay quay và vít vô tận hoặc pa lăng hay cần trục chân dê. Cửa van có thể trượt theo rãnh van hoặc lăn theo rãnh. Vật chắn nước ở cửa van thường bằng cao su chất lượng cao gắn vào bên dưới và hai bên mép cửa van.

9.5.11. Thiết bị nâng

Trong nhà máy bơm, để lắp đặt, tháo dỡ, di chuyển thiết bị có thể bố trí cầu trục chạy dọc NMB (với NMB quy mô lớn, nhiều tổ bơm) hoặc pa lăng xích gắn vào các dầm trần (với NMB quy mô nhỏ, ít tổ bơm). Bảng 9.20, 9.21 và 9.22 cho các thông số chính của một số loại cầu trục được sử dụng trong NMB.

Bên ngoài NMB, nếu cần có thể sử dụng cần trục chân dê hoặc lúc nào cần sẽ huy động cần trục bánh lốp hoặc bánh xích.

Bảng 9.20: Thông số của cầu trục với bộ tời xích

Sức nâng (tấn)	Dài nhịp (m)	Số móc (cái)	Khối lượng ray (kg/m)	Tải trọng lớn nhất lên bánh xe (tấn)		
				Khi nhịp 6 m	Khi nhịp 10 m	Khi nhịp 14 m
1	6 ÷ 14	1	15	0,7	0,8	1,0
2	6 ÷ 14	1	15	1,2	1,3	1,5
3,2	6 ÷ 14	2	15	1,7	1,9	2,2
5	6 ÷ 14	2	15	2,7	3,0	3,3

Bảng 9.21: Thông số của cầu trục với xe tời

Sức nâng móc chính (tấn)	Sức nâng móc phụ (tấn)	Dài nhịp (m)	Khối lượng ray (kg/m)	Tải trọng lớn nhất lên bánh xe (tấn)			
				Nhịp 6 m	Nhịp 10 m	Nhịp 15 m	Nhịp 20 m
8	3,2	6 ÷ 20	15	4,5	4,8	5,4	6,1
10	3,2	6 ÷ 20	15	5,8	6,2	6,8	7,5

Bảng 9.22: Thông số của cầu trục với xe tời có động cơ điện

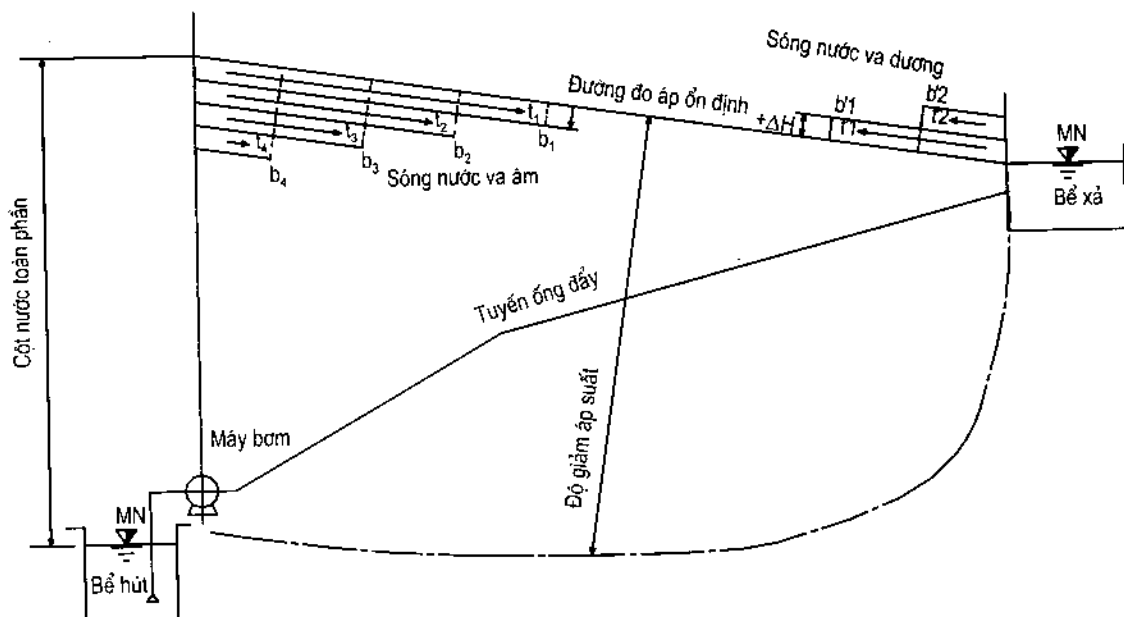
Sức nâng móc chính (tấn)			13	16	20	25	32	35	40	50
Sức nâng móc phụ (tấn)			-	3,2	5	5	8	8	8	10
Chiều dài nhịp (m)			6,3÷20	6,3÷20	6,3÷20	6,3÷25	6,3÷25	6,3÷25	6,3÷25	8,0÷25
Tốc độ xe nâng chính (m/phút)			2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	1,6	1,6
Công suất động cơ xe chính (kW)			8,5	8,5	13	13	13	17	17	25
Tốc độ xe nâng phụ (m/phút)			-	12,5	12,5	12,5	10	10	10	8
Công suất động cơ xe phụ (kW)			-	8,5	13	13	17	17	17	17
Khối lượng ray (kg/m)			30	30	30	30	30	30	30	37
Tải trọng lớn nhất lên bánh xe (tấn)	Khi chiều dài nhịp (m)	6	-	10,5	13,9	-	-	-	-	-
		8	9,5	11,0	14,4	17,2	19,7	22,0	25,4	30,7
		10	10,5	11,5	15,0	17,8	20,4	23,0	26,2	31,6
		12	11,0	12,0	15,5	18,4	21,1	24,0	27,0	32,5
		14	11,5	12,5	16,0	19,0	21,8	25,0	27,8	33,4
		16	12,0	13,0	16,6	19,6	22,5	25,5	28,6	34,4
		18	12,5	13,5	17,1	20,2	23,2	26,0	29,4	35,3
		20	13,5	14,0	17,6	20,8	23,9	27,0	30,2	36,2
		22	-	-	-	21,4	24,6	28,0	31,0	37,2
		24	-	-	-	22,0	25,2	29,0	31,8	38,1
		26	-	-	-	22,6	25,9	30,0	32,6	39,0

9.6. VẤN ĐỀ NƯỚC VÀ DỘC ĐƯỜNG ỐNG

9.6.1. Hiện tượng nước và độc đường ống

Nước va là hiện tượng vật lý dọc đường ống của nhà máy thủy điện (NMTĐ) cũng như NMB. Khi dòng chảy trong ống đột ngột thay đổi vận tốc, do sự duy trì quán tính của dòng chảy trong ống tạo nên sự chênh lệch áp suất trong ống. Sự thay đổi áp suất này truyền dọc theo ống rồi dội ngược trở lại khi gặp mặt thoáng đủ lớn với áp suất duy trì đủ mạnh nào đó. Hiện tượng trên gọi là "nước va" mà chúng ta đã từng nghiên cứu trong tuyến năng lượng của NMTĐ.

Đối với đường ống đẩy của NMB, hiện tượng nước va cũng có nguyên nhân và tác hại tương tự như nước va trong đường ống tước bin ở NMTĐ. Hình 9.27 cho ta bức tranh về nước va dọc đường ống đẩy ở NMB.



Hình 9.27: Sự truyền sóng nước và dọc ống đẩy NMB

Trong hình 9.27, ở chế độ chảy ổn định (chẳng hạn máy bơm đang làm việc ở chế độ thiết kế), đường mực nước đo áp dọc theo ống đẩy là đường nghiêng trên cùng. Đột nhiên do sự cố, máy bơm dừng làm việc, ngay lúc đó tại miệng ra máy bơm, áp suất bị giảm đột ngột, đồng thời vận tốc dòng chảy ở miệng ra giảm xuống bằng không, nhưng do quán tính của dòng chảy đang chảy đi nên ở đây sinh áp suất âm, áp suất âm này truyền về phía bể xả. Cứ sau các khoảng thời gian t_1 , t_2 , t_3 và t_4 , lại có thêm một lượng giảm áp suất tương ứng b_1 , b_2 , b_3 và b_4 . Tại bể xả có mặt thoáng lớn, áp suất âm bị dội ngược lại đường ống đẩy thành áp suất dương và lại truyền ngược về phía máy bơm tương ứng với các khoảng thời gian t'_1 , t'_2 là độ tăng áp suất b'_1 và b'_2 . Đường giảm áp tổng cộng dọc theo đường ống được biểu thị bằng đường chấm gạch.

9.6.2. Phương trình cơ bản nước va

1. Vận tốc truyền sóng nước va

Vận tốc truyền sóng nước va được ký hiệu là "C" và được tính theo công thức:

$$C = \frac{\sqrt{\frac{g E_0}{\gamma}}}{\sqrt{1 + \frac{E_0}{E} \frac{D}{t}}} \quad (9.23)$$

Trong đó:

C - vận tốc truyền sóng nước va trong ống (m/s);

g - gia tốc trọng trường ($9,81 \text{ m/s}^2$);

γ - trọng lượng riêng của chất lỏng, với nước (1 T/m^3);

E_0 - mô đun đàn hồi của nước bằng $2,07 \cdot 10^4$ đến $2,10 \cdot 10^4 \text{ kG/cm}^2$;

$\sqrt{\frac{gE_0}{\gamma}}$ - vận tốc truyền âm trong nước, bằng 1425 m/s ;

E - mô đun đàn hồi của thành ống, ống thép $E = 2,10 \cdot 10^6 \text{ kG/cm}^2$;

với ống gang $E = 1,10 \cdot 10^6$ đến $1,6 \cdot 10^6 \text{ kG/cm}^2$;

D - đường kính trong của ống (m);

t - chiều dày thành ống (m).

Với ống thép công thức trên trở thành (9.24) và $C = 750 \div 1200 \text{ m/s}$:

$$C = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{E_0}{E} \frac{D}{t}}} \quad (9.24)$$

2. Áp suất nước và với độ thay đổi vận tốc

Sự thay đổi áp suất khi vận tốc thay đổi được thiết lập từ định luật Niuton II hoặc ứng dụng kết quả nghiên cứu của Jucốpski:

$$\Delta H = \frac{C}{g} \Delta V = \frac{C}{g\omega} \Delta Q \quad (9.25)$$

Trong đó:

C - vận tốc truyền sóng nước và (m/s);

ΔV - sự thay đổi vận tốc (m/s) sau khoảng thời gian tính toán;

ΔQ - sự thay đổi lưu lượng (m^3/s) sau khoảng thời gian tính toán;

ω - diện tích tiết diện ống (m^2).

3. Phương trình nước và cơ bản

Phương trình động lực học:

$$g \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial V}{\partial t} - V \frac{\partial V}{\partial x} \quad (9.26)$$

Phương trình liên tục:

$$C^2 \frac{\partial V}{\partial x} = g \left(\frac{\partial H}{\partial t} - V \frac{\partial H}{\partial x} \right) \quad (9.27)$$

Vì $C \gg V$ nên có thể bỏ qua thành phần chứa V và hệ phương trình trên trở thành:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = g \frac{\partial H}{\partial x} \quad (9.28)$$

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{g}{C^2} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (9.29)$$

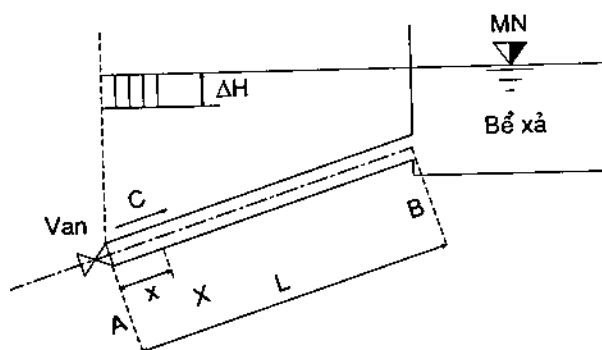
Giải hệ phương trình vi phân trên sẽ thu được nghiệm tổng quát:

$$H - H_0 = f_1 \left(t - \frac{x}{C} \right) + f_2 \left(t + \frac{x}{C} \right) \quad (9.30)$$

$$V - V_0 = -\frac{g}{C} f_1 \left(t - \frac{x}{C} \right) + \frac{g}{C} f_2 \left(t + \frac{x}{C} \right) \quad (9.31)$$

Hệ phương trình trên được nhà bác học Liên Xô Jukópcki tìm ra năm 1897. Đó là cơ sở để tính áp lực nước va trong đường ống khi có xét đến tính đàn hồi của nước và thành ống nên chúng được gọi là phương trình cơ bản của nước va.

Trong các phương trình có hàm: $f_1 \left(t - \frac{x}{C} \right)$ và $f_2 \left(t + \frac{x}{C} \right)$ đặc trưng cho sóng nước va truyền từ máy bơm hoặc van đến bể xả (f_1) và ngược lại (f_2). Các hàm này được xác định từ điều kiện ban đầu và điều kiện biên (hình 9.28).



Hình 9.28: Nước va dọc ống dẫn NMB

Sau đây là một số khái niệm quan trọng có liên quan:

+ Đặc trưng mật cắt đường ống (μ): $\mu = \frac{C Q_{\max}}{2gH_0\omega}$

+ Pha nước va (t_p): $t_p = \frac{2L}{C}$ với L là chiều dài ống

+ Nước va trực tiếp: Nếu thời gian đóng van máy bơm $\leq t_p$ thì giá trị nước va trong ống sẽ đạt cực đại, chúng ta gọi là nước va trực tiếp.

+ Nước va gián tiếp: Nếu thời gian đóng van máy bơm $> t_p$ thì giá trị nước va trong ống sẽ bị sóng hồi triệt giảm bớt, chúng ta gọi là nước va gián tiếp.

4. Phương trình đặc tính công tác của máy bơm

Phương trình đặc tính công tác của máy bơm có thể chuyển sang dạng hàm đa thức với mục đích hàm hóa như sau:

$$H = a_0 + a_1 V + a_2 V^2 + a_3 V^3 \quad (9.32)$$

Trong đó: các hệ số a được xác định theo điều kiện ban đầu và điều kiện biên.

5. Phương trình đặc tính ống và van trên đường ống

a) Đặc tính đường ống được biểu thị bằng phương trình sau:

$$H_0 = H_a \pm \Phi Q^n \quad (9.33)$$

Trong đó: H_0 - cột nước áp lực dọc ống (m);

H_a - cột nước toàn phần (m);

Φ - hệ số tổn thất cột nước do ma sát, dấu + chảy thuận, dấu - chảy ngược;

n - số mũ bằng từ 1,85 đến 2;

Q - lưu lượng trong ống (m^3/s).

b) Đặc tính van được biểu thị bằng phương trình sau:

$$H_v = \xi_v Q^n \quad (9.34)$$

Trong đó: H_v - cột nước sau van (m);

ξ_v - hệ số đặc trưng độ mở theo cột nước;

Q, n - như trên.

6. Mô men và số vòng quay của máy bơm

Sau khi ngắt điện, phần quay của máy bơm và động cơ, do quán tính vẫn tiếp tục quay thêm một khoảng thời gian nữa. Mối quan hệ này được biểu hiện trong công thức sau:

$$\Delta n = n_{t0} - n_{t1} = K \frac{M_{t0} - M_{t1}}{2} \Delta t \quad (9.35)$$

Trong đó: Δn - sự thay đổi số vòng quay sau khoảng thời gian Δt (vg/ph);

n_{t0} - số vòng quay ban đầu (vg/ph);

n_{t1} - số vòng quay ở thời điểm t_1 (vg/ph);

M_{t0} - mô men quay ban đầu (Tm);

M_{t1} - mô men quay ở thời điểm t_1 (Tm);

Δt - khoảng thời gian tính toán bằng $t_1 - t_0$;

K - hệ số đà:

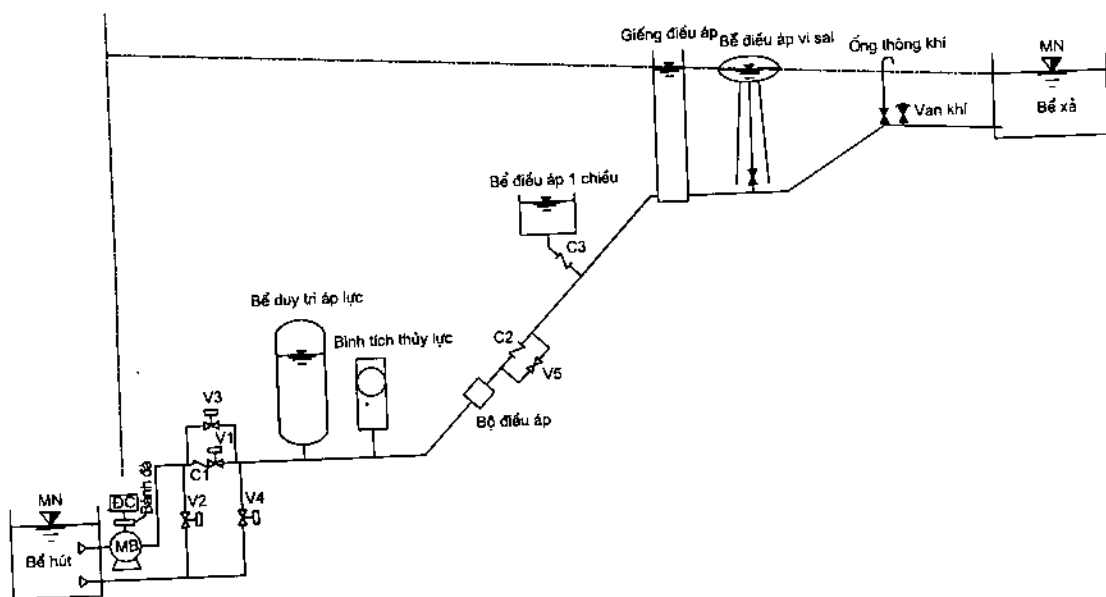
$$K = \frac{375 M_{t0}}{GD^2 n_{t0}} \text{ với } GD^2 \text{ là mô men bánh đà.}$$

7. Tính toán nước va

Sử dụng phương trình cơ bản tính nước va, coi đặc tính van, ống, động cơ, mực nước bề xả,... là điều kiện ban đầu và điều kiện biên, chúng ta sẽ tính được áp lực nước va trong đường ống theo phương pháp đồ giải, giải tích hoặc tra biểu đồ lập sẵn.

9.6.3. Các biện pháp giảm áp lực nước va

Có rất nhiều biện pháp công trình và phi công trình để giảm áp lực nước va trong đường ống của trạm bơm. Hình 9.29 minh họa các biện pháp đó.



Hình 9.29: Sơ đồ minh họa các biện pháp giảm nước va

Dưới đây là các biện pháp có thể được áp dụng để giảm áp lực nước va:

1. Tăng trọng lượng của bánh đà nhằm tăng mô men đà của phần quay của máy bơm và động cơ.
2. Van công tác V1 là van điều tiết lưu lượng, cần tính toán và kéo dài thời gian đóng mở để không sinh nước va trực tiếp.
3. Nên bố trí van xả lưu lượng C1 để giảm áp lực nước va.
4. Nếu có bố trí van V2 với nhiệm vụ chảy vòng, thường có túi khí giữa van V1 và V2, do đó để tránh nước va, cần mở van V2 trước khi mở van V1.
5. Nên bố trí van V4 để giảm áp suất phía ống hút khi áp suất phía ống đẩy tăng cao. Van này còn được gọi là van giảm áp.
6. Nếu van xả lưu lượng C1 chưa đủ giảm áp, cần bố trí thêm van xả lưu lượng C2 để hỗ trợ.
7. Bố trí bể duy trì áp lực để điều hoà áp lực trong ống đẩy. Nếu bể nối trực tiếp với ống, có thể điều tiết áp lực cả khi tăng và khi giảm, nếu có thêm van 1 chiều sẽ chỉ điều tiết theo chiều mong muốn.
8. Sử dụng bình tích thủy lực thay cho bể điều áp đối với các đường ống nhỏ, nước va không lớn. Trong ống trụ, có bố trí một quả cầu kim loại, bên trên quả cầu là không

khí nén, bên dưới chịu áp suất của chất lỏng trong ống. Khi áp suất tăng giảm, quả cầu sẽ bị đẩy lên hay co xuống và điều chỉnh được áp suất do cơ chế nén áp thủy lực.

9. Bộ điều áp có cấu tạo đơn giản hơn nữa và chỉ có tác dụng với đường ống nhỏ. Trong bộ điều áp bố trí các ống cao su có tính đàn hồi cao tiếp xúc với chất lỏng, giữa ống cao su và vỏ hộp là không khí nén.

10. Bể điều áp 1 chiều cấp nước cho đường ống đẩy khi giảm áp qua van 1 chiều. Đối với trạm bơm, bể điều áp 1 chiều kinh tế hơn giếng điều áp truyền thống.

11. Giếng điều áp truyền thống được xây dựng tại vị trí địa hình thay đổi có tác dụng điều áp cả hai chiều. Tuy nhiên khối lượng xây dựng giếng rất lớn.

12. Với lưu lượng nước trong đường ống không lớn, để giảm khối lượng làm giếng điều áp truyền thống, người ta làm tháp điều áp vì sai với buồng công tác có dung tích nhỏ đồng thời chiều cao thấp cũng vừa phải.

13. Ống thông khí hoặc van khí được bố trí hỗ trợ với các thiết bị giảm áp khác. Chúng được lắp đặt tại những điểm đường ống cong lồi lên để tụ khí bên trong, nên cần bổ sung không khí khi nước bị rút đi hoặc xả khí khi áp suất tăng.

9.7. VẤN ĐỀ RUNG ĐỘNG VÀ TIẾNG ỒN TRONG NMB

Khi hoạt động, các thiết bị tham gia chuyển động trong nhà máy bơm thường gây tiếng ồn và rung động. Tiếng ồn và rung động thường đi kèm với nhau và do các nguyên nhân sau đây:

- + Hiện tượng mạch động;
- + Ma sát giữa ổ trục và trục quay;
- + Ma sát giữa chất lỏng chuyển động và thành ống;
- + Xâm thực;
- + Sóng áp lực nước va.

Sau khi chạy thử và bàn giao sử dụng, mức độ ồn và rung động phải nằm trong giới hạn cho phép để đảm bảo điều kiện kỹ thuật và sức khỏe con người. Trong quá trình khai thác vận hành sau này, nếu thấy tiếng ồn hay rung động tăng khác thường, cần lập tức tìm hiểu nguyên nhân, đặc biệt là các nguyên nhân cong vênh trục, hỏng ổ đỡ, có hiện tượng xâm thực, có hiện tượng nước va,... và cần sớm có kế hoạch dừng hoạt động để sửa chữa kịp thời.

9.8. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 9

1. Hãy nêu các loại động cơ điện và các đặc điểm của chúng? Loại động cơ điện nào thường được sử dụng trong NMB? Tại sao?
2. Thế nào là số vòng quay đồng bộ và số vòng quay thực của động cơ? Hãy giải thích về hiện tượng "trễ"?

3. Trình bày về công suất và hiệu suất của động cơ điện? Hệ số công suất là gì?
4. Nêu các loại máy diesel? Các loại tuốc bin hơi? Các loại máy này có được sử dụng trong NMB không?
5. Có những loại hộp số truyền động nào? Nhiệm vụ của chúng?
6. Khớp nối thủy lực là gì? Nhiệm vụ của khớp nối?
7. Hãy nêu các thành phần thiết bị điện trong NMB?
6. Các yêu cầu khi thiết kế thiết bị điện trong NMB là gì?
7. Nêu quy trình và các bước thiết kế lựa chọn thiết bị điện trong NMB?
8. Nhiệm vụ của máy biến áp chính trong NMB? Nêu công thức tính công suất cần thiết của máy biến áp chính?
9. Nêu các loại van trên đường ống và nhiệm vụ của chúng?
10. Hệ số lưu lượng qua van được tính như thế nào?
11. Đặc tính xâm thực của van là gì?
12. So sánh ưu nhược điểm của ống gang và ống thép?
13. Những lưu ý đối với ống hút của NMB?
14. Những lưu ý đối với ống đẩy của NMB?
15. Nêu nhiệm vụ của hệ thống thiết bị môi nước trong NMB?
16. Nêu nhiệm vụ của hệ thống thiết bị cấp nước kỹ thuật trong NMB?
17. Nêu nhiệm vụ của hệ thống thiết bị tiêu nước trong NMB?
18. Nêu nhiệm vụ của hệ thống thiết bị thông gió trong NMB?
19. Nêu nhiệm vụ của hệ thống thiết bị chiếu sáng trong NMB?
20. Nêu nhiệm vụ của hệ thống thiết bị nâng trong NMB?
21. Nêu nhiệm vụ của hệ thống thiết bị điều khiển trung tâm trong NMB?
22. Nêu yêu cầu thiết kế lưới chần rác ở trạm bơm?
23. Thế nào là nước va dọc đường ống?
24. Nguyên nhân của hiện tượng nước va là gì?
25. Nêu phương trình cơ bản của nước va trong đường ống?
26. Nêu các công thức có liên quan đến bài toán tính toán nước va?
27. Có những biện pháp giảm áp lực nước va nào?
28. Nêu nguyên nhân của tiếng ồn và rung động trong NMB?
29. Nêu hướng khắc phục hiện tượng ồn và rung động trong NMB?

Chương 10

QUẢN LÝ VÀ KHAI THÁC HỆ THỐNG TUỚI TIÊU

10.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các chương trước của cuốn sách, chúng ta đã nghiên cứu những vấn đề liên quan tới nội dung tính toán và thiết kế hệ thống tưới-tiêu-trạm bơm. Cuốn sách sẽ không được trọn vẹn nếu chúng ta không đề cập tới những vấn đề khác không kém phần quan trọng so với công tác thiết kế. Đó là các nội dung của những công tác trước và sau thiết kế. Với ý nghĩa đó, chương 10 và chương 11 sẽ đề cập tới ba nội dung không thể tách rời đối với mọi loại hình của dự án, trong đó có những dự án phục vụ tưới tiêu nói chung và tưới tiêu trong nông nghiệp nói riêng.

Chương 10 đề cập tới những vấn đề cần lưu ý trong công tác quản lý và khai thác hệ thống tưới tiêu. Chương 11 nghiên cứu sâu hơn về kỹ thuật phân tích kinh tế lựa chọn phương án hiệu quả nhất của dự án tưới tiêu.

Đối với hệ thống tưới tiêu, sau khi chúng được thiết kế và thi công xây dựng xong sẽ được bàn giao cho bên quản lý và khai thác sử dụng. Kể từ lúc đó, hệ thống mới bắt đầu làm việc và phát huy hiệu quả của mình. Do đặc thù của hệ thống tưới tiêu thuộc công trình thủy lợi, cho nên chúng mang đầy đủ những đặc điểm riêng cần quan tâm so với các loại công trình xây dựng cơ bản khác. Những đặc điểm nổi bật nhất cần hết sức lưu ý trong quá trình quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu là:

- (1) Công trình lộ thiên, chịu tác động trực tiếp của thiên nhiên;
- (2) Công trình làm việc trong điều kiện tiếp xúc với nước;
- (3) Công trình hoạt động trong điều kiện dòng chảy thiên nhiên đến thay đổi liên tục, không có quy luật ổn định và không thể dự báo chính xác trước;
- (4) Công trình trải trên diện rộng và dài, không có tường rào ngăn cách bảo vệ một cách rõ ràng, trừ công trình đầu mối và nhà máy trạm bơm;
- (5) Công trình có giá trị cao và ảnh hưởng lớn đến cộng đồng nếu có sự cố xảy ra.

Những đặc điểm trên sẽ ảnh hưởng trực tiếp tới công tác khai thác quản lý hệ thống tưới tiêu của chúng ta. Từ các đặc điểm như vậy, công tác quản lý và khai thác hệ thống tưới tiêu cần có những mục đích, nhiệm vụ và biện pháp cụ thể phù hợp nhằm phát huy tối đa hiệu quả của hệ thống và giảm thiểu những chi phí trong quá trình vận hành hệ thống.

Trong chương này, sau khi đặt vấn đề và xem xét về mục đích và nhiệm vụ chung của hệ thống tưới tiêu, chúng ta sẽ lần lượt nghiên cứu công tác quản lý khai thác đối với ba đối tượng là:

- Hệ thống tưới;
- Hệ thống tiêu úng;
- Trạm bơm và nhà máy bơm.

10.2. MỤC ĐÍCH VÀ NHIỆM VỤ CỦA CÔNG TÁC QUẢN LÝ KHAI THÁC

10.2.1. Mục đích của công tác quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu

Mục đích của công tác quản lý và khai thác hệ thống tưới tiêu có thể được nêu ngắn gọn là: *Giảm thiểu chi phí, tăng thu nhập để phát huy tối đa hiệu quả của hệ thống đối với nông nghiệp và với xã hội.*

Để hệ thống tưới tiêu hoạt động bình thường, cần có nhiều loại chi phí khác nhau trong một năm. Về cơ bản, những chi phí này có thể được chia thành hai loại, một là các chi phí ít thay đổi trong một năm, hai là các chi phí thay đổi trong năm phụ thuộc vào công suất làm việc thực của hệ thống trong năm đó. Vậy cần phải quản lý thế nào và khai thác hệ thống ra sao để có thể giảm thiểu được cả hai loại chi phí này mà không ảnh hưởng đến sự vận hành bình thường của hệ thống tưới tiêu. Một khi các chi phí này được giảm thiểu thì hiệu quả tổng hợp của hệ thống chắc chắn sẽ được nâng cao hơn.

Khác với chi phí, thu nhập hàng năm của hệ thống tưới tiêu mặc dù đơn giản (chỉ có hai loại là thu nhập từ cấp nước tưới và hiệu ích từ phòng chống úng) nhưng lại không ổn định. Các thu nhập này thay đổi liên tục trong mỗi năm và đôi khi gặp khó khăn trong việc lượng hóa chúng. Mặc dù vậy, chúng ta cũng phải tìm ra những biện pháp để có thể tăng thu nhập và qua đó tăng hiệu quả tổng hợp của hệ thống tưới tiêu.

Những chi phí và thu nhập của hệ thống tưới tiêu cùng cách tính toán chúng sẽ được đề cập cụ thể trong chương 12, còn các biện pháp để giảm chi phí và tăng thu nhập cũng như những đối tượng quản lý nhằm đạt được mục đích đã đề ra thì thuộc nội dung của chương này.

10.2.2. Nhiệm vụ của công tác quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu

Sau khi nhận bàn giao hệ thống tưới tiêu để đưa vào khai thác, chủ sở hữu hệ thống phải ngay lập tức đề ra những nhiệm vụ và biện pháp quản lý và khai thác hệ thống của mình sao cho đạt hiệu quả cao nhất. Ở nước ta hiện nay, chủ sở hữu của hệ thống tưới tiêu trong nông nghiệp thường là các cơ quan nhà nước, ở các nước khác cũng tương tự như vậy, chủ sở hữu loại hình công trình này cũng thường là các doanh nghiệp hoặc các chủ thể cộng đồng hoặc nhà nước.

Vì là quản lý và khai thác nguồn nước, một trong những nguồn tài nguyên quý giá của bất kỳ quốc gia nào, cho nên mức độ phức tạp và tầm quan trọng của công tác quản

lý và khai thác hệ thống tưới tiêu là đáng kể. Chúng ta cần nhớ lại các thành phần công trình của một hệ thống thủy lợi phục vụ tưới tiêu, trong đó có những đập dâng tạo hồ chứa điều tiết dòng chảy, có hệ thống đê bao, đê ngăn. Mà vấn đề "an toàn đê đập" luôn là một trong những đề tài được cộng đồng quan tâm. Ngoài ra còn rất nhiều thành phần công trình có giá trị cao cần được bảo quản và khai thác tốt. Đó cũng là những điểm cần quan tâm thỏa đáng khi đề ra nhiệm vụ quản lý và khai thác tốt hệ thống tưới tiêu phục vụ nông nghiệp. Những đặc điểm riêng biệt của hệ thống tưới tiêu cũng luôn luôn là cơ sở để chủ sở hữu hệ thống xây dựng các nhiệm vụ trong quản lý và khai thác.

Từ một số phân tích trên, người ta đã tập hợp và xây dựng thành một số nội dung mà nhiệm vụ quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu cần đặt ra. Đó là:

(1) Tuyển chọn và xây dựng đội ngũ quản lý hệ thống có chuyên môn, có trách nhiệm và có kinh nghiệm;

(2) Đảm bảo hệ thống luôn ở trạng thái bình thường, có thể làm việc tốt ở năng lực thiết kế;

(3) Đảm bảo tất cả các thành phần công trình trong hệ thống luôn làm việc trong trạng thái an toàn, ổn định;

(4) Phục vụ tốt các yêu cầu về tưới và tiêu thuộc phạm vi của hệ thống;

(5) Sẵn sàng xử lý và khắc phục những tình huống không lường trước xảy ra.

Trong thực tế đối với từng hệ thống tưới tiêu cụ thể, những nhiệm vụ khác và nhiệm vụ cụ thể và chi tiết hơn sẽ được chủ sở hữu đề ra, nhưng năm nhiệm vụ bao trùm trên đây thường được áp dụng cho mọi hệ thống tưới tiêu trong nông nghiệp. Để làm tốt các nhiệm vụ đặt ra, đối với mỗi hệ thống tưới hay tiêu hoặc đối với trạm bơm, cần phải quan tâm giải quyết những vấn đề không giống nhau được đề cập dưới đây.

10.3. CÁC VẤN ĐỀ QUẢN LÝ KHAI THÁC HỆ THỐNG TUỚI

Trong phần này chúng ta sẽ xét một số vấn đề liên quan trong công tác quản lý và khai thác một hệ thống tưới phục vụ nông nghiệp ở nước ta. Một hệ thống tưới như vậy thường là khai thác nguồn nước mặt trong tự nhiên để tưới cây cối, hoa màu,... trong nông nghiệp. Với một hệ thống tưới được xác định như vậy, nó sẽ bao gồm một số thành phần công trình chủ yếu như:

(1) Nguồn nước và đầu mối thủy lợi. Nguồn nước là sông, suối thiên nhiên, công trình đầu mối có thể là đập dâng tạo hồ điều tiết, hoặc đập tràn toàn tuyến, tại đó có bố trí công trình tháo lũ.

(2) Công trình lấy nước.

(3) Công trình chuyển nước bao gồm cả các công trình trên tuyến chuyển nước.

(4) Công trình phân phối và điều tiết nước cho các thửa ruộng.

(5) Các công trình và thiết bị đo lường, kiểm tra.

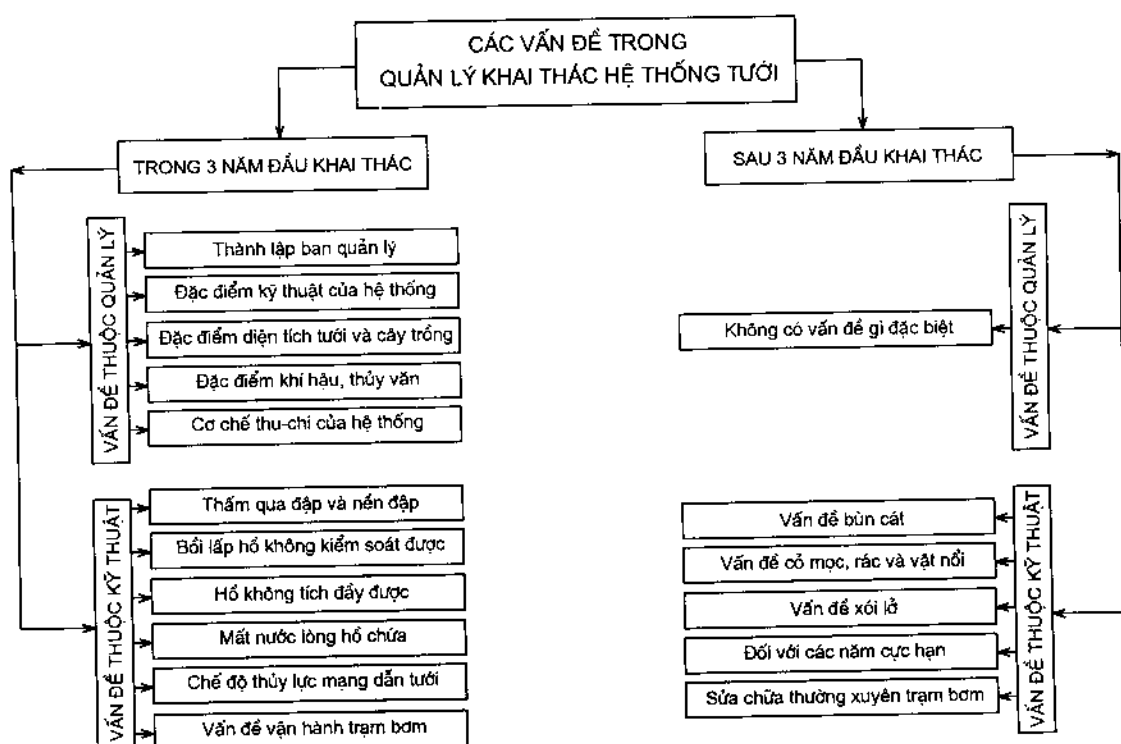
(6) Nhà máy bơm (có thể có hoặc không có trong hệ thống nếu là tưới tự chảy).

Với một hệ thống tưới như vậy, có khá nhiều vấn đề về quản lý và kỹ thuật liên quan đến công tác quản lý và khai thác sao cho hệ thống làm việc có hiệu quả. Về mặt ổn định theo thời gian của hệ thống có thể chia ra thành hai giai đoạn cần quan tâm là:

- Giai đoạn từ 1 đến 3 năm đầu tiên khai thác hệ thống;
- Giai đoạn sau 3 năm, hệ thống đã ổn định qua thời gian.

Trong mỗi giai đoạn chúng ta lại có thể phân chia các vấn đề thành hai nhóm, nhóm liên quan đến khoa học, phương pháp quản lý, trình độ quản lý và nhóm liên quan đến kỹ thuật thủy lợi. Dưới đây sẽ trình bày một số vấn đề cần quan tâm trong công tác quản lý và khai thác hệ thống tưới theo cách phân loại và cách tiếp cận trên.

Hình 10.1 minh họa về các vấn đề cần quan tâm trong quản lý và khai thác hệ thống tưới theo cách tiếp cận trên.



Hình 10.1: Sơ đồ minh họa các vấn đề cần quan tâm trong quản lý và khai thác hệ thống tưới

10.3.1. Giai đoạn 3 năm đầu tiên

Thực tế khai thác vận hành các công trình thủy lợi nói chung và hệ thống tưới nói riêng cho thấy trong ba năm đầu, mà đặc biệt trong năm đầu tiên khai thác, sẽ có rất nhiều vấn đề kỹ thuật và phi kỹ thuật xảy ra. Điều này cũng dễ hiểu, bởi vì hệ thống tưới

với những đặc điểm của nó, cho thấy độ ổn định của các công trình còn tiếp tục phát triển theo thời gian, ngoài ra do tính chất ngẫu nhiên, bất định của dòng chảy thiên nhiên mà công trình sau khi được xây dựng còn phải được thực tế kiểm nghiệm để chứng minh tính sát thực của công tác thiết kế và thi công xây dựng.

Trong giai đoạn đầu này, ngoài những vấn đề cần quan tâm như với giai đoạn sau, chủ sở hữu hệ thống cần đặc biệt lưu ý đến một số vấn đề được đề cập dưới đây.

A- Các vấn đề về trình độ quản lý

Một số vấn đề thuộc phạm vi trình độ quản lý cần được triển khai ngay sau khi chủ sở hữu nhận khai thác hệ thống tưới là:

(1) Thành lập ngay ban quản lý và khai thác hệ thống tưới. Đối với hệ thống tưới lớn (năng lực tưới đủ phục vụ từ 2 nghìn ha diện tích trồng trọt trở lên), cần thành lập ban quản lý và khai thác lên đến hàng chục cán bộ, trong đó có kỹ sư thủy nông và thủy lợi.

Đối với hệ thống phục vụ dưới 2 nghìn ha diện tích trồng trọt, có thể chỉ thành lập tổ quản lý và khai thác với số lượng cán bộ kỹ thuật, trung cấp thủy lợi gọn nhẹ hơn. Dù là ban quản lý hay tổ quản lý, thì về cơ cấu tổ chức và nhân sự cũng phải được hoàn thành sớm và rõ ràng theo các hướng dẫn về cơ cấu tổ chức của bộ chủ quản. Trong trường hợp cần thiết, cần cử các cán bộ, kỹ sư, kỹ thuật viên đi học các lớp bồi dưỡng về công tác quản lý khai thác hệ thống tưới. Trong một số trường hợp thật đặc biệt và quy mô hệ thống rất nhỏ, việc quản lý khai thác sẽ do người dân hưởng lợi trực tiếp và tự mình quản lý, thông qua tổ chức xã hội như: hội nông dân, hội phụ nữ, ...

(2) Nghiên cứu và nắm vững tất cả những đặc điểm về quy mô, kết cấu, yêu cầu kỹ thuật, quy trình vận hành, xử lý sự cố,... của các thành phần công trình trong hệ thống tưới.

(3) Nghiên cứu và nắm vững diện tích cần tưới, chủng loại và cơ cấu cây trồng, các đối tượng sử dụng nước. Lịch trình tưới của từng loại cây trồng, đặc điểm về thời vụ và những đặc điểm riêng khác của cây trồng.

(4) Nghiên cứu và nắm chắc đặc điểm khí hậu, thủy văn, dòng chảy của khu vực. Những quy luật thay đổi của các yếu tố khí tượng, thủy văn có ảnh hưởng tới quá trình khai thác hệ thống tưới.

(5) Tìm hiểu và nắm được mối quan hệ giữa chủ sở hữu hệ thống tưới với chủ quản đầu tư, với cơ quan chuyên môn về nông nghiệp, thủy lợi và đặc biệt là mối quan hệ với người dân có yêu cầu được cung cấp nước tưới từ hệ thống. Ngoài ra cần làm rõ ràng về cơ chế chi và cơ chế thu của hệ thống trong năm. Nếu cần thì điều chỉnh cách quản lý lượng nước (tại nguồn hay tại hộ tiêu thụ).

B- Các vấn đề liên quan đến kỹ thuật thủy lợi

Trong giai đoạn này, về mặt kỹ thuật thủy lợi, chủ sở hữu hệ thống tưới cần đặc biệt chú ý đến những vấn đề liên quan đến an toàn của công trình đầu mối, đến hiệu suất làm

việc của hệ thống, đến lượng nước cấp và chất lượng nước cấp phục vụ tưới. Dưới đây là một số vấn đề thường xuyên ảnh hưởng đến hệ thống tưới trong quá trình khai thác. Đó là các vấn đề kỹ thuật hay xảy ra ở hệ thống tưới ngay trong năm đầu hoặc trong vài năm đầu khai thác. Đây cũng chính là quá trình kiểm nghiệm và điều chỉnh thiết kế cho thật phù hợp với các điều kiện vốn rất phức tạp của thực tế.

(1) *Vấn đề thấm qua đập và nền đập.* Đập dâng trong hệ thống tưới có thể thuộc đủ loại quy mô và được thiết kế với đủ dạng vật liệu và kết cấu. Dù với quy mô và đặc điểm kết cấu, đặc điểm vật liệu nào thì hiện tượng thấm vẫn xảy ra qua thân đập, nền đập, vai đập. Để hạn chế những ảnh hưởng bất lợi của dòng thấm, giảm lưu lượng thấm, đồng thời quản lý được vấn đề này, các nhà thiết kế đập đã có nhiều biện pháp và những biện pháp đó được thực hiện trong quá trình thi công xây dựng.

Mặc dù quy trình nêu trên đã chặt chẽ, nhưng do khá nhiều nguyên nhân khách quan và chủ quan, một số đập dâng sau khi thi công xong đã xảy ra thấm nghiêm trọng, ảnh hưởng đến an toàn công trình và hiệu quả điều tiết của hồ chứa. Khi thấm quá phạm vi cho phép xảy ra đối với đập (sau khi đã nghiệm thu và bàn giao), thì đây vẫn thuộc trách nhiệm của nhà thiết kế và nhà thi công, không thuộc trách nhiệm của người chủ sở hữu. Những phát hiện vấn đề, theo dõi vấn đề, báo cáo, phối hợp tìm nguyên nhân, đề ra biện pháp xử lý và thực hiện xử lý,... thì thuộc nhiệm vụ của chủ sở hữu hệ thống tưới trong quá trình khai thác vận hành.

Thấm quá giới hạn cho phép hay xảy ra dưới mấy hình thức dưới đây:

- + Lượng thấm qua thân đập, nền đập (được tập trung về hệ thống thu nước thấm sau các vật thoát nước) đo được lớn hơn lượng thấm cho phép tính toán trong thiết kế.
- + Dòng thấm xuất hiện ngay ở vai đập và mặt hạ lưu đập.
- + Dòng thấm xuất hiện một cách rõ ràng ở miệng ra của cống lấy nước.

Các hiện tượng trên đây có thể xảy ra và nước thấm là nước trong, hoặc nước đục. Trường hợp là nước trong, thì còn có thể có thời gian theo dõi và xử lý, còn nếu là nước đục thì phải lập tức báo cáo và có biện pháp tháo cạn hồ càng sớm càng tốt, nếu để thấm đục diễn biến tiếp, có thể dẫn tới vỡ đập.

Khi phát hiện được những hiện tượng trên, chủ sở hữu một mặt báo cáo với cơ quan chủ quản đầu tư, báo cáo với cơ quan quản lý chuyên môn thủy lợi nông nghiệp, mặt khác đo đạc, ghi chép ngay về diễn biến của lưu lượng thấm và mực nước hồ theo thời gian. Tài liệu đo đạc càng sớm và càng dài (trong nhiều ngày) càng giúp ích cho việc phân tích và tìm nguyên nhân.

Tổ chức sớm hội nghị có sự tham gia của các bên có liên quan đến hệ thống tưới như bên thiết kế, bên thi công, chủ quản đầu tư, cơ quan chức năng về thủy lợi, nông nghiệp và chủ sở hữu,... để phân tích nguyên nhân, đề ra giải pháp xử lý, phân công và theo dõi quá trình thực hiện.

(2) *Vấn đề bồi lấp lòng hồ không kiểm soát được:* Hiện tượng bồi lấp lòng hồ diễn ra liên tục theo thời gian. Quá trình này sẽ tiến tới lúc toàn bộ phần dung tích bồi lấp sẽ bị bồi lấp hết. Đó là hiện tượng bồi lấp lòng hồ bình thường, có thể kiểm soát được và đã được các nhà thiết kế tính toán trước. Nhưng trong thực tế khai thác vận hành, còn xuất hiện vấn đề bồi lấp lòng hồ không kiểm soát được. Có trường hợp, sau một vài năm vận hành, hồ chứa bị bồi lấp hoàn toàn, có thể trồng trọt trên đất đai vùng lòng hồ tại cao độ MNDBT. Tất nhiên những trường hợp này chỉ xảy ra với hồ chứa quy mô nhỏ.

Nếu hiện tượng bồi lấp quá nhanh, không được phát hiện sớm và có biện pháp khắc phục thì hồ chứa sẽ nhanh chóng mất tác dụng hoàn toàn.

Chủ sở hữu hệ thống tưới, thông qua cán bộ quản lý của mình cần theo dõi chặt chẽ quá trình bồi lấp sau mỗi mùa lũ, lập báo cáo và gửi lên cơ quan có trách nhiệm. Nếu bồi lấp quá nhanh, ngoài dự tính, cần thông báo và triệu tập hội nghị chuyên đề bàn về nguyên nhân và biện pháp xử lý.

(3) *Vấn đề mất cân đối giữa dung tích hồ và khả năng của dòng chảy thiên nhiên:* Ngược lại với vấn đề thấm và bồi lấp, tại một số hồ, lượng nước thiên nhiên đến hồ trong năm, tức là hồ chứa không tích đầy nước được. Về mặt quy luật, nếu xảy ra năm cực hạn, lượng dòng chảy thiên nhiên quá nhỏ thì hồ chứa cũng không thể tích đầy nước, điều này là bình thường. Nhưng đối với những năm trung bình và nhiều nước, nếu hồ không đầy được, tức là đã mất cân đối giữa dung tích thiết kế và khả năng của dòng chảy thiên nhiên.

Cũng qua theo dõi, ghi chép, chủ sở hữu và nhà quản lý hệ thống tưới cần báo cáo vấn đề để có thể có giải pháp điều chỉnh nhằm tăng hiệu quả khai thác hồ chứa và khai thác hệ thống tưới.

(4) *Vấn đề mất nước qua bờ và đáy hồ:* Vấn đề này chỉ xảy ra đối với những vùng địa chất karst mà trong quá trình khảo sát chưa lường hết được. Hiện tượng này thường đặc biệt chỉ xảy ra trong vài năm đầu khai thác, nhất là năm đầu tiên. Nếu sau ba năm vận hành mà hồ chứa làm việc bình thường, thì vấn đề karst coi như có thể được loại bỏ.

Khá nhiều hồ chứa quy mô nhỏ và quy mô trung bình xây dựng trong khu vực núi đá vôi đã bị mất nước hoàn toàn sau vài năm khai thác. Sau đợt mưa to vài giờ đồng hồ là hồ cạn trơ đến đáy, như vậy hồ đã mất tác dụng tích nước. Hiện nay với sự phát triển của công nghệ chống thấm, với sự làm ăn có hiệu quả từ ngành nông nghiệp, với nguồn tài chính đầy đủ, việc xử lý mất nước đã được thực hiện tốt ở khá nhiều hồ chứa trong cả nước. Do đó chủ sở hữu cần nhanh chóng báo cáo và lập kế hoạch mời tư vấn thiết kế để đề ra giải pháp xử lý thấm mất nước lòng hồ và khẩn trương thực thi giải pháp chống thấm nhằm sớm đưa hồ chứa và hệ thống hoạt động trở lại.

(5) *Vấn đề chế độ thủy lực thực tế dọc hệ thống dẫn tưới:* Chế độ thủy lực và đường mặt nước dọc hệ thống dẫn tưới (không áp hoặc có áp) đã được tính toán cho các trường hợp thiết kế và kiểm tra. Dù như vậy, trong thực tế khai thác, đường mặt nước, đường do

áp đối với tất cả các cấp lưu lượng sẽ có thể xuất hiện những trường hợp cần điều chỉnh thiết kế cho thật phù hợp. Đôi khi chỉ cần xây thêm một gờ (ngưỡng) nhỏ ở đáy kênh, hoặc cần mở thêm cửa lấy nước và ruộng, hay xây hẹp cửa vào kênh một chút, mở thêm máng tràn bên, gia cố thêm tràn băng, cống luồn,... những phát hiện và biện pháp xử lý trên thường không phức tạp nhưng cần được kiểm tra và điều chỉnh sớm để hệ thống dẫn tưới làm việc với hiệu quả cao nhất.

(6) Các vấn đề liên quan đến sự hoạt động của trạm bơm và thiết bị trong nhà máy bơm: Những vấn đề như hiệu suất máy, quy trình vận hành theo thiết kế so với thực tế, các sự cố có thể xảy ra, vấn đề rung động và tiếng ồn,... sẽ được đề cập riêng trong mục 10.5.

10.3.2. Giai đoạn sau

Sau giai đoạn khoảng ba năm đầu, những vấn đề thuộc về khoa học quản lý hệ thống tưới đã đi vào nề nếp. Bây giờ chỉ còn những vấn đề thuộc về kỹ thuật, những vấn đề diễn ra tương tự như nhau trong tất cả các năm khai thác, đã được nhà thiết kế lường trước và có những giải pháp khắc phục, là những vấn đề khi hệ thống đã đi vào quá trình ổn định.

(1) Vấn đề bùn cát: Vấn đề bùn cát bồi lấp cửa nhận nước và kênh dẫn, vấn đề lắng đọng cát và thau rửa cát ở công trình lắng cát, vấn đề xả cát ở hồ chứa, vấn đề tắc và xả cặn trong tuyến ống dẫn có áp là những vấn đề bình thường, xảy ra liên tục trong suốt thời gian khai thác hệ thống tưới. Để thực hiện các nhiệm vụ liên quan đến những vấn đề trên, hàng năm hệ thống tưới cần một khoản chi phí đáng kể để duy trì sự hoạt động bình thường.

Bùn cát bồi lấp cửa nhận nước (tại nguồn nước là hồ chứa, sông thiên nhiên hay kênh cấp trên) là một trong các quy luật của tự nhiên. Do đó, thường thì các nhà thiết kế đã bố trí cống xả cát hay công trình xả cát tại cửa lấy nước. Vấn đề của nhà quản lý khai thác là vận hành việc tháo cát theo đúng quy trình do người thiết kế đề xuất, ngoài ra tùy tình hình bùn cát thiên nhiên hàng năm mà có những điều chỉnh quy trình tháo cát cho hợp lý và hiệu quả. Nếu trong năm, bùn cát lắng đọng ít hơn bình thường thì có thể giảm số lần tháo cát để tiết kiệm nước nguồn và ngược lại nếu lượng bùn cát về nhiều thì cần tăng cường tháo xả cát nhằm đảm bảo hiệu quả lấy nước của công trình nhận nước.

Đối với hệ thống kênh tưới quy mô lớn, ở phần đầu kênh có thể có công trình lắng cát theo quy trình tháo rửa có chu kỳ hoặc tháo rửa liên tục. Cũng tuân theo chỉ dẫn trên, nhà quản lý cần theo dõi chặt chẽ tình hình bùn cát tại bể lắng cát để có thể điều chỉnh biện pháp và số lần tháo rửa cát trong bể.

Đối với những tuyến ống dẫn nước dài, thay đổi theo bề mặt địa hình, tại những chỗ trũng, thường có các van xả cặn và có quy trình xả cặn tương ứng. Do mức độ và hàm lượng bùn cát trong ống áp lực không lớn (vì đã có biện pháp loại bỏ bùn cát trước khi vào ống), nên nhà quản lý cần tuân thủ quy trình xả cặn, và thường xuyên kiểm tra xem đường ống vận chuyển nước có bình thường hay không.

(2) *Vấn đề cỏ mọc, rác và vật nổi*: Mặc dù đã đảm bảo vận tốc dòng chảy trong kênh dẫn tưới lớn hơn "vận tốc không lắng và cỏ mọc" nhưng đó là với chế độ thiết kế. Còn đối với các chế độ khác thiết kế, có thể có sẽ mọc trong lòng kênh dẫn làm giảm khả năng tháo của kênh. Thực tế cho thấy có những kênh tưới năm nào cũng bị rong và cỏ mọc đầy lòng dẫn, làm khả năng tháo của kênh chỉ còn khoảng 10% năng lực tháo thiết kế. Đối với những trường hợp này, biện pháp tốt nhất là kiến nghị với bên thiết kế để có thể có những giải pháp công trình nhằm điều chỉnh lại chế độ thủy lực trong kênh. Ngoài ra, nhà quản lý cần báo cáo chủ sở hữu hệ thống tưới để chuẩn bị nhân lực và kinh phí hàng năm để nạo vét và vệ sinh lòng kênh trước những vụ tưới quan trọng.

Vật nổi tại lưới chắn rác làm giảm đáng kể khả năng thoát nước của cửa nhận nước, do đó cần thường xuyên cào và vớt rác theo những hướng dẫn của nhà thiết kế (thường vớt rác vào cuối mùa lũ và một lần vào trước vụ tưới). Trong những năm nhiều rác và vật nổi, nhà quản lý cần tăng cường số lần vớt rác ngay trong vụ tưới.

(3) *Vấn đề xói lở*: Trong quá trình vận hành, do tác động của thiên nhiên và con người, các công trình của hệ thống tưới, đặc biệt là vai đập, rãnh thoát nước vai đập, rãnh thoát nước dọc bờ kênh, bờ kênh,... rất hay bị sạt lở và bồi lấp. Tại những chỗ bị xói lở hay bồi lấp, cần khẩn trương nạo vét và gia cố lại những chỗ bị sạt. Công tác này tiến hành càng sớm thì chi phí cho chúng càng giảm. Nếu không xử lý ngay, diện sạt lở phát triển, khối sạt cổ kết theo thời gian sẽ làm chi phí xử lý tăng đáng kể.

(4) *Vấn đề đối với các năm cực hạn*: Năm cực hạn và nhóm các năm hạn xảy ra đối với hệ thống tưới không thực sự thường xuyên và có quy luật, tuy nhiên hệ thống tưới nào trong quá trình khai thác cũng phải đương đầu với vấn đề này. Khi năm hạn và cực hạn xảy ra sẽ gây cho hệ thống những vấn đề mà nhà quản lý cần lưu ý như sau:

- + Thiếu nước cho nhu cầu tưới.
- + Hồ chứa không tích đầy nước vào cuối mùa lũ được.
- + Gây tranh cãi trong vấn đề phân phối nước cho các hộ sản xuất.
- + Gây một số hiện tượng không bình thường như: khô nứt nẻ phần công trình đất vào sau đó là sạt lở đột ngột khi gặp mưa.

Để giải quyết tốt những vấn đề có thể nảy sinh như trên, nhà quản lý cần chuẩn bị những phương án cụ thể khi gặp những năm hạn. Đó là:

+ Cố gắng không hạ mực nước hồ xuống dưới MNC thiết kế, hoặc nếu có hạ thì chỉ hạ trong phạm vi cho phép. Nếu hạ mực nước hồ quá sâu dưới MNC thiết kế sẽ làm nảy sinh những tác hại không lường ngay được như: làm môi sinh lòng hồ không đảm bảo cho thủy sinh và cá sinh sống bình thường và cân bằng, làm cho vấn đề hồ không thể tích đầy nước vào năm sau hoặc các năm sau nghiêm trọng hơn.

+ Cần có những tính toán khoa học và rõ ràng để giảm thiểu tác hại đối với mùa màng do thiếu nước tưới. Cắt, giảm tưới cho khu vực canh tác nào, cắt giảm nước tưới

đối với loại cây trồng gì, thuộc hộ sản xuất nào đều phải được tính toán kỹ càng và làm việc với các hộ có liên quan. Nếu làm tốt điều này theo kế hoạch vạch trước, có lý có tình và khoa học, sẽ giảm được sự tranh giành nước và làm cho tình hình trở nên nhẹ nhàng hơn.

(5) *Vấn đề sửa chữa định kỳ và duy tu bảo dưỡng thiết bị ở nhà máy bơm:* Tùy thuộc vào quy mô, số lượng tổ máy, chủng loại thiết bị mà hàng năm hoặc vài năm cần dừng máy để tiến hành kiểm tra, duy tu, sửa chữa nhỏ, sửa chữa lớn, thay thế,... cho đến khi thiết bị hết giá trị sử dụng và có đủ điều kiện để làm thủ tục thanh lý. Chi tiết hơn về những nội dung này được trình bày trong mục 10.5 của chương này.

10.4. CÁC VẤN ĐỀ QUẢN LÝ KHAI THÁC HỆ THỐNG TIÊU

Hệ thống tiêu ứng riêng biệt hoặc nằm trong hệ thống tưới tiêu kết hợp thường được xây dựng để làm nhiệm vụ nhanh chóng tiêu thoát nước úng ngập do mưa lớn và kéo dài. Lượng nước vượt quá khả năng tự tiêu thoát của đất và mạng sông suối tập trung rất nhanh về các khu vực trũng gây úng ngập và ảnh hưởng đến sự phát triển của cây trồng, đến tài sản và con người.

Khác với hệ thống tưới, hệ thống tiêu thường được đặt dưới sự quản lý của cộng đồng (ở nước ta, thường là do các cơ quan thuộc nhà nước đảm nhận), nên chủ sở hữu là cộng đồng, hầu như rất ít trường hợp chủ sở hữu hệ thống tiêu là tư nhân.

Với nhiệm vụ là tiêu úng do nguyên nhân chính là mưa, hệ thống tiêu có một vài đặc điểm khác so với hệ thống tưới mà người quản lý cần lưu ý. Đó là:

- (1) Mức độ phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, thủy văn rất lớn.
- (2) Thu nhập từ hệ thống tiêu khó lượng hóa chính xác.
- (3) Sự hoạt động của hệ thống tiêu không thường xuyên, không có chu kỳ rõ ràng.

Cũng như đối với hệ thống tưới, trước khi nghiên cứu một số vấn đề cần quan tâm trong quản lý và khai thác hệ thống tiêu, chúng ta nhắc lại về thành phần công trình thường có trong hệ thống:

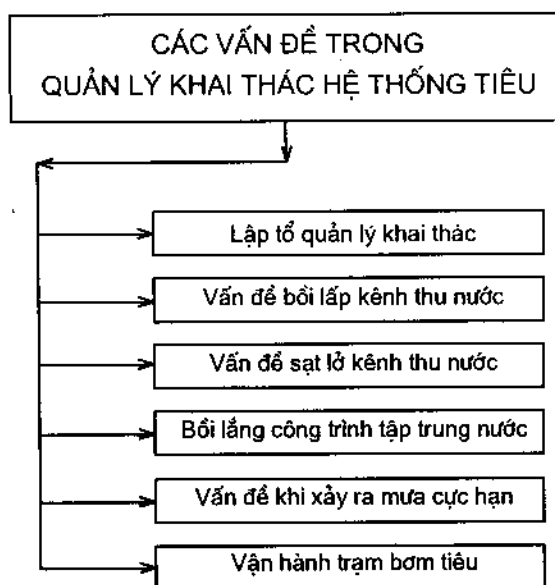
(1) Mạng lưới thu thập lượng nước tiêu. Đó là hệ thống kênh mương thu nước cần tiêu, hệ thống cống, đường hầm, hành lang thu nước,... Đối với hệ thống tiêu bao lái lũ, còn có đê bao lái lũ.

(2) Công trình tập trung lượng nước tiêu. Công trình tập trung nước tiêu thường là các bể tập trung (bể hút) của trạm bơm tiêu (nếu hệ thống nhỏ) hoặc hồ điều hòa và các bể tập trung nước (nếu là hệ thống tiêu lớn).

(3) Công trình điều tiết nước. Thường là các cống điều tiết, nhằm khống chế chế độ tiêu tự chảy hay tiêu động lực, chúng thường được bố trí ở các tuyến đê ngăn.

(4) Nhà máy bơm tiêu.

Từ những đặc điểm và các thành phần công trình của hệ thống tiêu úng, chúng ta nhận thấy những vấn đề cần quan tâm trong công tác quản lý khai thác không phức tạp như với hệ thống tưới. Công trình tiêu thoát nước phục vụ nông nghiệp thường không có các đập dâng nước tạo hồ chứa, cho nên những vấn đề liên quan đến hồ chứa trong hệ thống tiêu úng là không có. Ngoài ra mục đích của hệ thống tiêu úng là tiêu thoát nước úng ngập càng nhanh càng tốt nên vấn đề phân chia lượng nước tiêu hầu như cũng không cần đặt ra đối với hệ thống tiêu. Ngoài ra, mặc dù hệ thống tiêu úng có thể có diện rộng, nhưng việc xử lý tiêu úng lại chủ yếu chỉ diễn ra tại đầu mỗi tiêu, tức là tại các cống điều tiết và các trạm bơm tiêu trong hệ thống. Do đó, vấn đề thành lập ban quản lý cũng được giảm nhẹ đáng kể. Hình 10.2 dưới đây trình bày sơ đồ về một số vấn đề cần quan tâm đối với hệ thống tiêu úng trong quá trình quản lý và khai thác. Đây là những vấn đề có thể xảy ra thường kỳ trong quá trình khai thác vận hành hệ thống tiêu úng.



Hình 10.2: Sơ đồ minh họa các vấn đề cần quan tâm trong quản lý và khai thác hệ thống tiêu úng

(1) *Lập tổ quản lý khai thác hệ thống tiêu:* Tổ quản lý khai thác hệ thống tiêu, nói chung, không cần nhiều người như đối với hệ thống tưới. Cán bộ kỹ thuật chủ yếu được bố trí tại trạm bơm tưới, còn kỹ thuật viên chỉ cần một vài người làm nhiệm vụ kiểm tra các cống điều tiết và hệ thống kênh thu và bể tập trung nước. Sau khi thành lập tổ quản lý, cần ổn định tổ chức, thông qua những quy trình khai thác vận hành hệ thống, nhiệm vụ cụ thể của từng thành viên,... và đưa kỷ luật làm việc hoặc lịch trực rõ ràng cho tất cả thành viên trong tổ.

(2) *Vấn đề bồi lấp hệ thống kênh thu nước:* Vấn đề bồi lấp kênh thu nước tiêu xảy ra khác với kênh tưới. Bồi lấp hệ thống kênh thu nước tiêu xảy ra do đất, cát, cỏ rác bị dòng

chảy tràn bề mặt đất cuốn theo trong quá trình tập trung dòng chảy và do sạt lở chứ không phải do bùn cát lún trong dòng chảy lắng đọng. Do đó sau mỗi trận mưa, hoặc một số trận mưa, đặc biệt là những trận mưa lớn, cần cử người đi kiểm tra ngay tình hình bồi lấp để có thể lên kế hoạch nạo vét trước khi mùa mưa lũ xảy ra.

(3) *Vấn đề sạt lở hệ thống kênh thu nước:* Do kênh thu nước tiêu không yêu cầu cao về lớp gia cố để giảm độ thấm và giảm tổn thất thủy lực như đối với kênh tưới, thường kênh tiêu là kênh tự nhiên. Do đó, vấn đề sạt lở thường rất hay diễn ra trong các mùa mưa. Sạt lở sẽ kéo theo bồi lấp kênh và giảm khả năng tải nước của kênh. Như vậy, công tác kiểm tra thường xuyên và công tác tu bổ xử lý sạt lở cũng được đặt ra như đối với hệ thống kênh tưới.

(4) *Vấn đề bồi lắng công trình thu nước:* Sau mỗi mùa tiêu úng, đáy bể tập trung nước đều bị bùn cát bồi lấp. Việc nạo vét bùn cát là công tác thường xuyên. Tuy nhiên cần lưu ý rằng, đối với hệ thống tiêu, bể tập trung nước có thể tháo cạn hoàn toàn và phơi khô, sau đó việc xử lý bùn khô trở nên đơn giản chứ không giống như ở hồ chứa và hệ thống tưới. Trước mỗi mùa mưa, nhất thiết phải dọn sạch bùn cát trong bể tập trung nước tiêu.

(5) *Vấn đề đối với mưa cực hạn:* Mưa lớn, kéo dài, trải trên diện rộng là nguyên nhân gây úng ngập. Lúc đó, hệ thống tiêu úng làm việc và phát huy hiệu quả. Nhưng với những trận mưa cực hạn vấn đề sẽ trở nên hết sức phức tạp. Bởi, hệ thống tiêu úng thường được thiết kế để tiêu úng cho những trận mưa và dòng chảy có tần suất xuất hiện 10% (chu kỳ lặp là 10 năm xảy ra một lần). Do đó, khi xảy ra mưa lớn hơn mưa thiết kế và đặc biệt khi xảy ra mưa cực hạn, nói chung hệ thống tiêu không thể đương đầu được. Trong thời gian này, khu tiêu thường bị ngập trắng, thậm chí trạm bơm cũng bị đe dọa ngập chìm dưới nước, mực nước sông dâng cao bằng hoặc có khi cao hơn mực nước trong đồng.

Khi mưa cực hạn xảy ra, về mặt nguyên tắc là dừng hoạt động của hệ thống tiêu úng, chú trọng vào công tác bảo vệ an toàn cho người và máy móc thiết bị, thậm chí phải tháo động cơ máy bơm và thiết bị điện di dời lên cao,... cho đến khi mực nước rút dần sẽ kiểm tra toàn bộ hệ thống, rồi mới có thể cho hệ thống hoạt động trở lại được.

(6) *Vấn đề vận hành trạm bơm tiêu:* Tương tự như với trạm bơm tưới, tùy thuộc vào quy mô, số lượng tổ máy, chủng loại thiết bị mà hàng năm hoặc vài năm cần dừng máy để tiến hành kiểm tra, duy tu, sửa chữa nhỏ, sửa chữa lớn, thay thế,... cho đến khi thiết bị hết giá trị sử dụng và có đủ điều kiện để làm thủ tục thanh lý. Chi tiết hơn về những nội dung này được trình bày trong mục 10.5 dưới đây.

10.5. VẬN HÀNH VÀ XỬ LÝ MỘT SỐ SỰ CỐ Ở TRẠM BƠM

Vận hành và xử lý sự cố trong quá trình bơm làm việc rất quan trọng và phức tạp. Quy trình vận hành được quy định cụ thể cho từng nhà máy bơm với các tổ bơm trong nhà máy. Tuy nhiên nói chung cần lưu ý những vấn đề sau:

1. Vận hành bình thường

Quy trình vận hành trong chế độ bình thường bao gồm các công tác như: kiểm tra thường xuyên trong vận hành, dùng máy sửa chữa nhỏ định kỳ, dùng máy sửa chữa lớn định kỳ, và thanh lý thay thế bơm mới.

(a) Kiểm tra thường xuyên trong vận hành là công tác thường ngày khi bơm làm việc. Thông qua hệ thống kiểm soát tự động, thông qua các đồng hồ và thiết bị đo, dựa vào kinh nghiệm bản thân về quản lý vận hành và tuân thủ quy trình vận hành để đảm bảo các tổ bơm hoạt động bình thường, ổn định với hiệu suất cao.

Thường xuyên lưu ý đến các chỉ số về nhiệt độ tại các ổ trục đỡ và ổ trục hướng phải nằm trong phạm vi cho phép. Thường xuyên kiểm tra lượng dầu, áp suất dầu bôi trơn, áp suất khí nén, lượng dầu và lượng nước sạch bôi trơn hoặc làm mát. Thường xuyên kiểm tra độ chặt của các bu lông chân đế máy, bu lông nối mặt bích, gioăng khít nước...

(b) Sửa chữa nhỏ định kỳ được quy định qua số giờ tổ bơm làm việc (theo hướng dẫn trong sổ tay quản lý vận hành hoặc hướng dẫn của hãng sản xuất). Định kỳ sau vài nghìn giờ làm việc cần dừng bơm để kiểm tra sửa chữa nhỏ. Lúc này cần tổng kiểm tra về cơ khí, thủy lực, độ mài mòn, rung động, tiếng ồn, cân chỉnh và thay thế nhỏ để sau đó tổ bơm trở lại trạng thái làm việc với hiệu suất cao.

(c) Sửa chữa lớn định kỳ yêu cầu dừng máy, tháo rời chi tiết máy, làm công tác bảo dưỡng toàn bộ, nếu cần thì thay thế chi tiết hoặc bộ phận. Thông thường sau một vài năm vận hành phải dừng máy để sửa chữa lớn.

(d) Cuối cùng khi máy đã làm việc đạt tuổi thọ thiết kế, lúc này cần tổng kiểm tra lần cuối và ghi vào lý lịch máy đã hết thời gian làm việc, giá trị sử dụng đã hết. Có hai tình huống sẽ xảy ra: hoặc thanh lý và thay máy mới, hoặc nếu máy còn sử dụng được thì tận dụng sử dụng thêm một thời gian nào đó nữa mà không phải tính khấu hao. Tuy nhiên thời gian tận dụng này sẽ không quá lâu, máy hay hư hỏng và làm việc với hiệu suất thấp.

2. Vận hành khi hỏng hóc, sự cố

(a) Trong vận hành tổ bơm, sự cố và hỏng hóc cũng thường xảy ra. Lúc đó chi phí về tiền và chi phí về thời gian sẽ nằm ngoài phần (1) trên đây. Nói chung sự cố và hỏng hóc thường hay xảy ra nhất với các thiết bị điện, sau đó là các thiết bị về cơ khí, rồi đến các thiết bị về thủy lực.

Nói chung hỏng hóc và sự cố nảy sinh có thể do nguyên nhân khách quan và nguyên nhân chủ quan. Để giảm sự cố cần tuân thủ triệt để hướng dẫn quản lý vận hành, cần đào tạo công nhân kỹ thuật có trình độ và tay nghề cao.

(b) Về kỹ thuật bơm, hay xảy ra các sự cố như rung động, ồn, xâm thực, rò rỉ. Khi gặp các sự cố như vậy cần nghiên cứu để tìm ra nguyên nhân chính, sau đó đề ra biện

pháp khắc phục. Nếu cần thì phải mời chuyên gia trong ngành hoặc chuyên gia của hãng sản xuất bơm phối hợp khắc phục. Tuyệt đối không được cố sử dụng thêm khi đã phát hiện có vấn đề.

3. Một số sự cố hay gặp

(a) Đóng cầu dao hay cấm phích điện mà máy không chạy

Nguyên nhân:

- + Mất điện;
- + Chổi than cổ góp mòn hoặc tiếp xúc với cổ góp kém;
- + Cổ góp bẩn;
- + Chổi than bị nóng.

Khắc phục:

- + Dùng bút điện kiểm tra điện lưới, cầu chì, tiếp xúc của phích...;
- + Thay chổi than mới;
- + Vệ sinh cổ góp;
- + Chỉnh sửa cổ góp.

(b) Nước không lên khi khởi động máy bơm

Nguyên nhân:

- + Môi nước chưa đủ;
- + Chiều quay của BXCT sai;
- + Tổng cột nước cần bơm vượt quá khả năng của máy bơm;
- + Chiều cao hút quá cao;
- + Lọt khí theo ống hút;
- + Van đáy tại lưới chắn rác bị kẹt;
- + Tắc lưới chắn rác;
- + Số vòng quay quá thấp so với định mức.

Khắc phục:

- + Tiếp tục môi nước cho đủ;
- + Đổi hướng quay (đảo đầu cốt động cơ điện);
- + Tính toán kiểm tra lại, đổi vị trí đặt bơm, đổi ống để giảm cột nước và giảm tổn thất thủy lực;
- + Hạ cao trình đặt bơm xuống;
- + Kiểm tra chỗ rò khí và hàn xiết lại;
- + Tháo lưới chắn rác, chỉnh lại van đáy;

- + Vệ sinh lưới chắn rác;
- + Kiểm tra số vòng quay, chỉnh đặc tính mạng ống hoặc tăng vòng quay nguồn (động cơ).

(c) Lưu lượng bơm giảm mạnh

Nguyên nhân:

- + Tắc ống hút, tắc lưới chắn rác, tắc khe hở BXCT và cánh hướng dòng;
- + Tạo túi khí ở ống hút, hoặc hở phía ống hút;
- + Vành mòn, hoặc BXCT quá mòn, sứt mẻ;
- + Sai lệch vị trí BXCT và cánh hướng dòng;
- + Số vòng quay thấp hơn định mức;
- + Độ ngập ống hút chưa đủ;
- + Chiều cao hút lớn;
- + Tổn thất trên ống đẩy tăng;
- + Bể hút thiết kế không đúng kỹ thuật.

Khắc phục:

- + Làm sạch ống hút, lưới chắn rác, làm sạch các rãnh giữa BXCT và cánh hướng dòng;
- + Kiểm tra, bịt chỗ hở;
- + Thay vành mới, sửa hoặc thay BXCT;
- + Tháo bơm, lắp lại BXCT đúng vị trí;
- + Tăng số vòng quay;
- + Tăng chiều sâu ngập nước miệng ống hút;
- + Hạ cao trình đặt bơm;
- + Kiểm tra van xả, kiểm tra các vị trí có thể bị tắc trên ống đẩy;
- + Xây lại bể hút cho đúng.

(d) Cột nước giảm mạnh

Nguyên nhân:

- + Hỏng ống đẩy;
- + Không khí lọt vào dòng chảy, có xoáy khí ở bể hút.

Khắc phục:

- + Kiểm tra van xả, xử lý các hư hỏng trên ống đẩy;
- + Làm tấm bè gỗ ở bể hút để phá xoáy, tìm chỗ rò và bịt lại.

(e) Động cơ quá tải khi khởi động

Nguyên nhân:

- + Khởi động bơm khi vẫn mở van trên ống đẩy;
- + Phần quay của rô to bị kẹt;
- + Đĩa cân bằng bị lệch;
- + Tắc ống dẫn ở khu vực đĩa cân bằng, khe hở dọc trục bị kẹt;
- + Chèn gioăng quá chặt;
- + Số vòng quay vượt quá định mức;
- + Trục cong hay dây đai quá chặt;
- + Lệch trục động cơ và trục máy bơm.

Khắc phục:

- + Đóng van ống đẩy rồi khởi động lại;
- + Kiểm tra lại việc lắp rô to, chỉnh khe hở cho phù hợp;
- + Chỉnh lại đĩa cân bằng;
- + Thông ống dẫn và chỉnh lại khe hở dọc trục;
- + Nới lỏng chèn gioăng;
- + Kiểm tra và giảm số vòng quay của nguồn động lực;
- + Nắn trục và điều chỉnh lại độ căng của dây đai;
- + Cân chỉnh lại hai trục bơm và động cơ.

(g) Động cơ quá nóng

Nguyên nhân:

- + Hông quạt làm mát;
- + Điện áp nguồn tăng;
- + Điện áp nguồn quá thấp;
- + Hư hỏng trong máy bơm;
- + Hư hỏng động cơ.

Khắc phục:

- + Tháo động cơ, kiểm tra và sửa chữa quạt;
- + Dừng bơm, đợi điện áp nguồn trở lại trị số định mức;
- + Giảm lưu lượng bơm;
- + Kiểm tra, sửa chữa máy bơm;
- + Kiểm tra, sửa chữa động cơ.

(h) Bơm bị rung động mạnh

Nguyên nhân:

- + Lỏng bu lông hãm máy bơm và động cơ vào bệ máy;

- + Các mối nối ống không chặt;
- + Lệch trục bơm với trục động cơ;
- + Rô to động cơ không cân;
- + Chiều cao hút lớn;
- + Có hiện tượng xâm thực do độ ngập nước ống hút không đủ;
- + Chốt hãm BXCT vào trục hoặc khớp nối trục lỏng;
- + Không khí lọt vào ống hút;
- + Ổ bi bị hỏng.

Khắc phục:

- + Kiểm tra và xiết chặt bu lông hãm;
- + Siết chặt lại các mối nối;
- + Hiệu chỉnh lại độ đồng tâm của hai trục;
- + Tháo động cơ, cân chỉnh lại rô to;
- + Hạ thấp cao trình đặt máy bơm;
- + Tăng độ ngập của ống hút;
- + Siết chặt ốc và chốt hãm;
- + Kiểm tra, xử lý chỗ hở;
- + Thay ổ bi mới.

(i) Xâm thực BXCT hoặc vòng mòn

Nguyên nhân:

- + BXCT đặt chưa đủ độ chìm.

Khắc phục:

+ Thay đổi chế độ làm việc của bơm, giảm lưu lượng bơm bằng cách xoay góc đặt cánh. Phục hồi, sửa chữa chỗ bị xâm thực.

(k) Bơm ra ít nước ở ống đẩy

Nguyên nhân:

- + Độ ngập nước của ống hút chưa đạt yêu cầu;
- + Ống hút bị hở;
- + Tắc lưới chắn rác hoặc vật lạ cuốn vào cánh BXCT;
- + Cột nước hút quá cao;
- + Chênh lệch địa hình lớn hơn khả năng của bơm;
- + Số vòng quay không đạt trị số định mức;
- + Công suất động cơ nhỏ.

Khắc phục:

- + Tăng chiều sâu ngập nước ống hút bằng cách tăng mực nước bể hút hoặc hạ cao trình đặt bơm;
- + Kiểm tra và xử lý chỗ hở;
- + Vệ sinh lưới chắn rác, kiểm tra và lấy vật lạ ra;
- + Hạ cao trình đặt bơm, tăng mực nước bể hút, tăng đường kính ống hút, giảm tổn thất ống hút bằng cách giảm các cút cong;
- + Giảm chênh lệch địa hình cần bơm (tăng mực nước bể hút, giảm mực nước bể xả);
- + Điều chỉnh tốc độ động cơ và máy bơm, thay đổi thiết bị truyền động với tỷ số truyền động phù hợp, tăng tiết diện dây cáp điện từ biến thế về trạm bơm;
- + Thay động cơ lớn hơn.

10.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 10

1. Vai trò của công tác quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu trong nông nghiệp?
2. Nêu các đặc điểm của hệ thống tưới tiêu và qua đó phân tích sự ảnh hưởng của các công tác này tới quản lý vận hành hệ thống?
3. Mục đích của công tác quản lý và khai thác hệ thống tưới tiêu là gì?
4. Nêu những nhiệm vụ được đặt ra đối với công tác quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu phục vụ nông nghiệp?
5. Nêu các thành phần công trình thường có trong hệ thống tưới?
6. Tại sao phải chú ý đặc biệt đến 3 năm đầu tiên khai thác hệ thống tưới? Theo anh (chị) những vấn đề nào dễ xảy ra nhất trong 3 năm đầu khai thác? Vấn đề nào dễ khắc phục? Vấn đề nào khó khắc phục nhất?
7. Tập hợp các vấn đề cần quan tâm trong quản lý, khai thác hệ thống tưới đối với 3 năm đầu tiên khai thác? Đề xuất những giải pháp công trình và phi công trình để giải quyết những vấn đề đó?
8. Nêu các vấn đề cần quan tâm trong quản lý, khai thác hệ thống tưới trong thời kỳ sau 3 năm đầu tiên khai thác? Làm thế nào để tiết kiệm chi phí thường kỳ hàng năm cho việc duy tu, bảo dưỡng và sửa chữa đối với hệ thống tưới?
9. Nêu các vấn đề cần quan tâm đối với hệ thống tiêu úng trong quá trình khai thác vận hành?
10. Mưa cục hạn là gì? khi xảy ra mưa cục hạn, nguyên tắc ứng xử trong quản lý khai thác hệ thống tiêu là gì?
11. Nêu một số vấn đề trong vận hành bình thường đối với trạm bơm?
12. Nêu một số vấn đề trong vận hành khi sự cố đối với trạm bơm?

Chương 11

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ DỰ ÁN TUỔI TIÊU

11.1. MỤC ĐÍCH ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ DỰ ÁN TUỔI TIÊU

Một dự án thủy lợi nói chung hay dự án tưới, tiêu nói riêng đều được cân nhắc và đánh giá kỹ càng trước khi đi đến kết luận có nên đầu tư hay không. Tùy thuộc vào giai đoạn đầu tư, vào quy mô đầu tư, loại hình đầu tư, người ta có thể lựa chọn các phương pháp phân tích thích hợp. Phương pháp và kỹ thuật phân tích đánh giá hiệu quả kinh tế của một dự án thủy lợi phục vụ tưới tiêu sẽ được đề cập ở mục sau. Suy cho cùng, dưới góc độ kinh tế thì mục tiêu của đầu tư đều có thể quy về *tối đa lợi nhuận*. Làm thế nào để đo mức độ lợi nhuận mà dự án đem lại? Trong kinh tế người ta thường phân ra hai loại chỉ tiêu để từ đó đánh giá được mức độ hiệu quả của dự án, đó là nhóm các chỉ tiêu tương đối và nhóm các chỉ tiêu tuyệt đối. Trong nhóm chỉ tiêu tương đối cũng có khá nhiều chỉ tiêu được gọi là *độ đo hiệu quả kinh tế*. Mỗi độ đo hiệu quả kinh tế tương ứng với một *tiêu chuẩn đánh giá hiệu quả* và một quy trình so sánh phương án, tức là "một phương pháp phân tích so sánh phương án" khác nhau. Theo thông lệ, hiện nay trên thế giới về phân tích dự án đầu tư, có thể phân thành 4 nhóm phương pháp, dựa vào 4 nhóm độ đo hiệu quả và chỉ tiêu tương đối sau đây:

- Nhóm giá trị tương đương.
- Nhóm suất thu lợi.
- Nhóm tỷ suất lợi ích - chi phí.
- Nhóm chỉ tiêu tương đối và mức độ gia tăng.

Đối với nhóm giá trị tương đương, trong kinh tế người ta đề cập đến *giá trị quy về hiện tại* viết tắt là PV hay PW, *giá trị quy về tương lai* viết tắt là FV hay FW và *giá trị hàng năm* viết tắt là AV hay AW. Trong chương này, chúng ta sẽ nghiên cứu một giá trị tương đương hay được sử dụng nhất khi phân tích dự án thủy lợi, đó là *giá trị hiện tại (PV)* và *giá trị hiện tại ròng (NPV)*. Trong nhóm suất thu lợi cũng có những chỉ tiêu như suất thu lợi bên trong ký hiệu là IRR, suất thu lợi bên ngoài (ERR), suất thu lợi tái đầu tư (RRR). Phần dưới đây, chúng ta cũng chỉ tập trung nghiên cứu chỉ tiêu hay được sử dụng trong lĩnh vực thủy lợi là suất thu lợi bên trong hay còn gọi là suất thu lợi nội tại. Về tỷ số lợi ích-chi phí chúng ta sẽ đề cập đến tỷ số B/C. Nhóm chỉ tiêu tương đối và mức độ gia tăng cũng sẽ được đề cập và giới thiệu phương pháp tính trong một phần riêng.

11.2. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN TRONG ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ

Dự án thủy lợi phục vụ tưới tiêu hay cấp nước thường là dự án đơn chức năng phục vụ một nhiệm vụ chủ yếu là tưới hay tiêu. Đôi khi có dự án tưới tiêu kết hợp, nhưng thông thường kể cả với hai nhiệm vụ này thì cũng chưa thể ghép vào nhóm dự án đa chức năng như dự án hồ chứa thủy lợi thủy điện quy mô trung bình và lớn. Do đó, đối với dự án tưới tiêu, thông thường có thể sử dụng một số cách tiếp cận để đánh giá hiệu quả đầu tư thông qua các phương pháp đánh giá mà thông dụng nhất là phương pháp phân tích chi phí-lợi ích và phương pháp tối ưu, ngoài ra còn có thể kể đến phương pháp phân tích độ nhạy, và tối ưu đa mục tiêu.

11.2.1. Phương pháp phân tích chi phí - lợi ích

Phân tích kinh tế và tài chính thực chất là hai kỹ thuật phân tích chi phí - lợi ích của dự án (viết tắt là phân tích CP-LI).

Phân tích kinh tế: Là quá trình phân tích đánh giá dòng tiền tệ của dự án, kể đến toàn bộ các chi phí và lợi ích mà dự án mang lại, có kể đến xã hội và môi trường, dù ảnh hưởng đến môi trường và xã hội không được phản ánh cụ thể trên thị trường. Do đó phân tích kinh tế, đặc biệt khi xét đến nhiều yếu tố phi kinh tế còn được gọi là phân tích chi phí - lợi ích mở rộng. Phân tích kinh tế là phương pháp đang được áp dụng rộng rãi ở nước ta khi đánh giá một dự án thủy lợi, trong đó có dự án tưới tiêu.

Phân tích tài chính: Phân tích tài chính là phân tích kinh tế nhưng có kể đến vấn đề vốn, vốn vay, khả năng huy động cũng như đảm bảo vốn cho dự án. Tức là đưa cả tiền trả lãi vay vào dòng tiền tệ của dự án để phân tích. Trong khi đó phân tích kinh tế chỉ chú ý đến tổng vốn mà không xem xét tới các khoản trả lãi vay nếu phải đi vay vốn.

Phân tích kinh tế dựa trên các chỉ tiêu kinh tế-tài chính: Phân tích hiệu quả kinh tế chủ yếu dựa trên những chỉ tiêu kinh tế-tài chính như: NPV, IRR, B/C,... còn được gọi là phân tích hiệu quả kinh tế đơn chiều. Đơn chiều ở đây dùng với ý nghĩa quá trình tính toán và phân tích kinh tế chủ yếu dựa trên các chi phí, thu nhập... có thể lượng hoá được và quy đổi được ra đơn vị tiền tệ.

Phân tích kinh tế dựa trên các chỉ tiêu kinh tế-tài chính kết hợp với các chỉ tiêu mở rộng khác: Phân tích hiệu quả kinh tế dựa trên những chỉ tiêu kinh tế-tài chính như: NPV, IRR, B/C,... kết hợp với các chỉ tiêu mở rộng phản ánh các mục tiêu khác của dự án (các mục tiêu này đôi khi không lượng hóa được một cách chính xác và chắc chắn, hoặc không quy đổi ngay thành tiền được) còn được gọi là phân tích hiệu quả kinh tế đa chiều. Kỹ thuật phân tích hiệu quả kinh tế đa chiều thường được áp dụng trong các mô hình đa mục tiêu. Ngoài mục tiêu hiệu quả kinh tế, còn có những mục tiêu khác rất quan trọng đối với dự án thủy lợi như:

- Mục tiêu tăng trưởng nền kinh tế quốc dân.
- Mục tiêu tăng trưởng kinh tế vùng.

- Mục tiêu ổn định và phát triển xã hội khu vực.
- Mục tiêu nâng cao chất lượng cuộc sống cộng đồng trong khu vực ảnh hưởng của dự án.
- Mục tiêu giữ gìn và bảo vệ môi trường sinh thái.
- .v.v.

Các mục tiêu trên thường rất khó định lượng chính xác và cũng rất khó quy đổi sang đơn vị tiền tệ. Do đó người ta thường đưa các chỉ tiêu đại diện cho các mục tiêu như vậy ra ngoài dòng tiền tệ. Sau đó xây dựng cách tính điểm cho mỗi mục tiêu và xây dựng thang trọng số cho các mục tiêu đó để xếp hạng thứ tự ưu tiên các dự án theo mục tiêu riêng biệt, rồi phân tích tổng hợp để lựa chọn dự án có điểm tổng hợp từ tất cả các mục tiêu là cao nhất.

11.2.2. Phương pháp phân tích tối ưu

Trước hết cần nêu lên hai kết luận đã được nhiều nhà nghiên cứu trong và ngoài nước nhất trí, đó là:

(1) Một dự án thủy lợi khai thác nguồn nước thuộc loại dự án phức tạp, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng về cả không gian cả thời gian, biến động liên tục theo quy luật và cả không có quy luật. Điều này có nghĩa là hàm hóa một yếu tố nào đó để xây dựng mô hình nghiên cứu là rất công phu và rất khó khăn.

(2) Nhưng khoa học kỹ thuật ngày nay đã giải quyết được nhiều vấn đề có liên quan, cho phép chúng ta có điều kiện để vượt qua những khó khăn trong việc xây dựng mô hình và hàm hóa các mối quan hệ. Điều này cho phép ứng dụng lý thuyết và kỹ thuật phân tích tối ưu để giải quyết các vấn đề kinh tế và tối ưu hoá đối với dự án thủy lợi.

Từ những kết luận trên, trong phần này của cuốn sách sẽ giới thiệu một phần kỹ thuật phân tích tối ưu để tìm kiếm dự án hay phương án tối ưu về hiệu quả kinh tế. Trước hết hãy nghiên cứu về nguyên tắc tối ưu.

1. Nguyên tắc tối ưu

Đối với các dự án thủy lợi khi đưa vào mô hình tối ưu nhằm xác định các giá trị của biến quyết định để thỏa mãn mục tiêu đặt ra của hàm mục tiêu, có thể sử dụng 2 nguyên tắc cơ bản là:

- Tổng chi phí tính toán nhỏ nhất;
- Tổng lợi ích tính toán lớn nhất.

(a) *Nguyên tắc tổng chi phí tính toán nhỏ nhất*: về lý thuyết, nếu lấy tổng chi phí là tổng chi phí tính toán của dự án thủy lợi nghiên cứu hay dự án thay thế để xem xét là đúng đắn nhất, bởi vì tổng chi phí tính toán là một hàm của nhiều biến số như: quy mô, kích thước công trình, chế độ làm việc và sự tham gia của dự án vào hệ thống. Tức là:

Hàm mục tiêu cần đạt được:

$$\text{Min của } Z_{tt} = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (11.1)$$

Trong đó: Z_{tt} - tổng chi phí tính toán của dự án;

x_i - các biến số cần xác định.

Nhưng để tính được tổng chi phí tính toán là vấn đề rất phức tạp bởi mối quan hệ chằng chịt giữa các biến số, hơn nữa số lượng biến quyết định và ràng buộc cũng rất lớn. Hiện nay người ta phải tìm cách xử lý để bài toán được giản hóa mà vẫn giữ được mục tiêu đã đề ra. Có những hướng giản hóa như sau:

+ Loại trừ một cách tuần tự và hợp lý một số thông số riêng rẽ và chia quá trình tính toán thành nhiều giai đoạn. Trong mỗi giai đoạn chỉ tìm thông số tối ưu của một hay một vài biến số có quan hệ chặt chẽ, trong khi giả thiết các thông số còn lại là không đổi.

+ Giải cả quá trình nhưng chỉ tìm giá trị tối ưu của một thông số nào đó, giả thiết các thông số khác là không thay đổi.

+ Hạn chế phạm vi của bài toán tối ưu, lược bớt những yêu cầu và điều kiện. Chẳng hạn có thể chưa xét đến vấn đề vốn và nguồn vốn khi phân tích và tính toán, hoặc chưa xét đến kế hoạch phân chia lợi nhuận... nhằm làm đơn giản bài toán.

(b) Nguyên tắc tổng lợi ích tính toán lớn nhất: tương tự như với nguyên tắc tổng chi phí tính toán của dự án là nhỏ nhất, nguyên tắc đối ngẫu có thể được sử dụng sẽ là tổng lợi ích tính toán của dự án là lớn nhất. Tức là:

Hàm mục tiêu cần đạt được:

$$\text{Max của } B_{tt} = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (11.2)$$

Trong đó: B_{tt} - tổng lợi ích tính toán của dự án;

x_i - các biến số cần xác định.

Nói chung các thông số tối ưu hoá của bài toán chi phí cũng sẽ phải là các thông số tối ưu của bài toán lợi ích đồng thời nghiệm các bài toán này cũng trùng nhau, vì thực chất đó là hai bài toán đối xứng. Tuy nhiên trong thực tế nhiều khi xem xét khía cạnh lợi ích đôi khi lại đơn giản hơn xét khía cạnh chi phí và ngược lại. Chính vì vậy, tùy thuộc vào mỗi dạng bài toán tối ưu cụ thể để lựa chọn một nguyên tắc tối ưu thích hợp nhất.

Để giản đơn hóa quá trình tối ưu hàm nhiều biến, nhiều ràng buộc, các cách xử lý như đã giới thiệu đối với nguyên tắc tổng chi phí tính toán là nhỏ nhất cũng được sử dụng cho nguyên tắc tổng lợi ích tính toán là lớn nhất.

Tối ưu là quá trình toán học nhằm tìm và nhận được lời giải hay kết quả tốt nhất của một bài toán thỏa mãn các điều kiện ràng buộc của nó. Mục tiêu tìm kiếm của bài toán tối ưu trong thực tế thường là: tối thiểu (minimum) nguồn lực hay chi phí, hoặc tối đa (maximum) lợi nhuận hay lợi ích có thể. Trong rất nhiều trường hợp có thể thấy ngay

rằng tập nghiệm X^* cho kết quả minimum của hàm $f(X)$ thì cũng với X^* đó sẽ cho maximum của hàm $-f(X)$. Do đó trong toán tối ưu người ta thường chỉ nghiên cứu dạng bài toán tìm cực tiểu hoặc ngược lại.

2. Mô hình bài toán tối ưu tổng quát

Dạng tổng quát của một bài toán tối ưu là:

$$\text{Hàm mục tiêu cần đạt được:} \quad \text{Min (hoặc Max) của } f(X) \quad (11.3)$$

$$\text{Thoả mãn các ràng buộc:} \quad g_j(X) \leq 0 \quad (11.4)$$

$$\text{Miền của biến quyết định:} \quad X_{\min} < X < X_{\max} \quad (11.5)$$

Trong đó:

X - véc tơ n biến chính $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $n = 1, \dots, n$;

$g_j(X)$ - véc tơ j phương trình ràng buộc, $j = 1, \dots, m$;

biểu thức (11.5) có thể là dấu bất đẳng thức, có thể là dấu đẳng thức;

$X_{\min}$ - véc tơ giới hạn dưới của các biến X ;

$X_{\max}$ - véc tơ giới hạn trên của các biến X ;

$f(X)$ - hàm mục tiêu được tối ưu, thường thì $\max f(X)$ tương đương với $\min -f(X)$ và ngược lại.

Khi bài toán tối ưu được thiết lập và diễn giải dưới dạng đầy đủ, thì tồn tại một số khái niệm và định nghĩa có liên quan như sau:

Biến chính:

Biến hay véc tơ biến là cách gọi ma trận n biến chính mà bài toán tối ưu phải tìm nhằm đạt được mục tiêu đặt ra và thoả mãn các điều kiện ràng buộc kèm theo. Như vậy thực chất của bài toán tối ưu là đi tìm véc tơ nghiệm:

$$X^* = \begin{Bmatrix} x_1^* \\ x_2^* \\ \vdots \\ x_n^* \end{Bmatrix}$$

Thoả mãn các điều kiện ràng buộc và cho giá trị tối ưu của hàm mục tiêu. Biến chính nhận các giá trị trong khoảng từ $X_{\min}$ đến $X_{\max}$, khoảng $[X_{\min}, X_{\max}]$ này được gọi là miền biến thiên của biến chính.

Ràng buộc (hay điều kiện ràng buộc):

Trong rất nhiều bài toán, biến chính không thể nhận giá trị bất kỳ mà chúng bị giới hạn và buộc phải thoả mãn các điều kiện hay yêu cầu nào đó. Các điều kiện và yêu cầu giới hạn trên đây được gọi chung là ràng buộc hay điều kiện ràng buộc. Ràng buộc thể

hiện các giới hạn của hệ thống và của hàm mục tiêu được gọi là ràng buộc mục tiêu. Ràng buộc biểu thị giới hạn về vật lý của các biến chính được gọi là ràng buộc hình học, ràng buộc chặn hay miền của biến.

Hàm mục tiêu:

Nhiệm vụ của bài toán tối ưu là so sánh, lựa chọn phương án tốt nhất trong các phương án có thể của biến chính. Muốn vậy phải có một tiêu chí hay chỉ tiêu để so sánh các phương án nghiệm đã nêu. Thông thường tiêu chí này được thể hiện dưới dạng hàm số của các biến chính, và được định nghĩa là *hàm mục tiêu*. Loại và dạng hàm mục tiêu phụ thuộc vào bản chất tự nhiên của bài toán tối ưu đồng thời phụ thuộc vào cách tiếp cận và xử lý vấn đề của người lập bài toán. Việc xác định và lựa chọn đúng hàm mục tiêu là bước quan trọng nhất trong toàn bộ quá trình lập và giải một bài toán tối ưu.

Nếu bài toán tối ưu nhằm giải quyết một tiêu chí và chỉ đưa ra một hàm mục tiêu thì đó là bài toán tối ưu *đơn mục tiêu*. Khi bài toán tối ưu đồng thời phải thoả mãn từ hai mục tiêu trở lên thì bài toán thuộc *tối ưu đa mục tiêu*.

4. Phân loại toán tối ưu

Mỗi bài toán tối ưu đều bao gồm hai bộ phận là: Hàm mục tiêu và các ràng buộc. Hàm mục tiêu thể hiện mục tiêu về khả năng của hệ thống, còn các ràng buộc thể hiện những điều kiện và giới hạn mà các biến chính phải tuân theo. Nghiệm của bài toán tối ưu là tập hợp các phương án biến chính thoả mãn các ràng buộc. *Vùng nghiệm* của bài toán tối ưu là miền chứa các nghiệm của bài toán. Nghiệm tối ưu là tập hợp một phương án biến chính thoả mãn các ràng buộc và cho giá trị tối ưu của hàm mục tiêu.

Tuỳ thuộc vào tính chất và đặc điểm của hàm mục tiêu và các điều kiện ràng buộc mà người ta có thể chia bài toán tối ưu thành những loại sau:

- (1) Tuyến tính hay phi tuyến;
- (2) Xác định hay không xác định;
- (3) Tĩnh hay động;
- (4) Liên tục hay rời rạc;
- (5) Thông số đồng nhất hay Thông số phân bố.

Bài toán tuyến tính tức là hàm mục tiêu cùng các ràng buộc của nó là tuyến tính, còn bài toán phi tuyến có các ràng buộc là phi tuyến còn hàm mục tiêu là phi tuyến hoặc tuyến tính. Với bài toán xác định thì các thông số hay hệ số được gán giá trị xác định, trong khi đó ở bài toán không xác định thì các thông số lại nhận các giá trị ngẫu nhiên. Các bài toán tĩnh thì rõ ràng không xét đến yếu tố thời gian thay đổi còn các bài toán Động lại quan tâm và xem xét đến yếu tố thời gian. **Bài toán liên tục** có các biến và thông số của nó nhận các giá trị đồng nhất đối với toàn bộ hệ thống, còn bài toán phân

bổ thì biến và thông số lại nhận những giá trị biến đổi từ vị trí này sang vị trí khác của hệ thống.

Thông thường phương pháp được lựa chọn để giải bài toán tối ưu trong thủy lợi nói riêng và bài toán tối ưu nói chung phụ thuộc vào ba yếu tố là:

- Loại của hàm mục tiêu;
- Loại của các ràng buộc;
- Số lượng các biến chính và số lượng ràng buộc.

Dựa vào ba yếu tố trên đây chúng ta có thể định dạng được loại bài toán tối ưu và phương pháp giải phù hợp.

11.2.3. Phân tích độ nhạy

Phân tích độ nhạy là một bước không thể thiếu trong quá trình phân tích lựa chọn phương án và dự án. Dù bằng phương pháp nào, phương pháp phân tích CP-LI hay phương pháp tối ưu hóa thì phân tích độ nhạy đối với phương án chọn lựa lần cuối cũng rất cần thiết.

Sau khi chọn được phương án tối ưu, người ta sẽ tiến hành thay đổi số gia của biến số (thí dụ tăng hay giảm về quy mô dự án theo số gia nào đó như: vốn, MNDBT, dung tích hồ...), rồi lặp lại các bước tính toán kinh tế cho phương án số gia mới. Nếu các phương án về số gia mới (cả tăng và cả giảm) cho kết quả kinh tế hiệu quả thì lúc đó mới thực sự yên tâm về phương án lựa chọn lần cuối.

Phân tích độ nhạy đối với dự án đầu tư cũng chính là bước thận trọng để lường trước các vấn đề rủi ro có thể gặp phải về sai số tính toán, về chi phí và thu nhập gián tiếp và chưa lượng hóa hết được (đã đề cập ở phần trên). Sau khi phân tích độ nhạy, nếu phương án chọn lựa lần cuối vẫn còn hiệu quả thì các nhà đầu tư sẽ rất yên tâm bỏ vốn và tiến hành quá trình đầu tư vào dự án.

11.2.4. Vài nét về tối ưu đa mục tiêu trong thủy lợi - thủy điện

Hệ thống thủy lợi (HTTL) là một hệ thống bao gồm một số công trình thủy lợi trên một lưu vực sông suối có liên hệ chặt chẽ với nhau về thủy lực, thủy văn, cùng đảm nhận một số nhiệm vụ như phát điện, chống lũ, cấp nước tưới-nước sinh hoạt, giao thông thủy... và các nhiệm vụ khác.

Ở Việt Nam hiện nay, trên nhiều hệ thống sông có khá nhiều công trình thủy lợi khai thác tổng hợp với quy mô lớn đang và sẽ được xây dựng. Vấn đề khai thác các hệ thống sông trên như thế nào để đạt được các mục tiêu một cách có hiệu quả là vấn đề đang còn tranh cãi. Việc xác định các mục tiêu của các công trình thủy lợi khai thác bậc thang trên một con sông cũng như trên một hệ thống sông để từ đó quyết định đến quy mô công trình một cách hợp lý, thực chất là bài toán "Quy hoạch hệ thống thủy lợi".

Bài toán quy hoạch hệ thống thủy lợi là một bài toán lớn, quan trọng, nó liên quan đến nhiều ngành, nhiều lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân, nhằm thỏa mãn nhiều mục tiêu. Vấn đề thế nào là mục tiêu, thế nào là mục đích của một hệ thống cũng cần được quy định trước khi đi vào nội dung chính của bài viết là phương pháp tối ưu đa mục tiêu đối với HTTL.

Trong thực tế hiện nay, cụm từ "mục tiêu" và "mục đích" hay được sử dụng thay thế cho nhau một cách khá thoải mái. Tuy nhiên có một sự hiểu ngầm rằng cụm từ mục tiêu hay được dùng khi muốn nhấn mạnh tầm quan trọng của mục đích sự việc. Trong kỹ thuật thủy lợi và đặc biệt trong lý thuyết toán tối ưu, cụm từ mục tiêu và cụm từ mục đích được phân biệt rõ ràng hơn.

Cụm từ mục đích rất rõ nghĩa khi chỉ các hồ chứa làm nhiệm vụ khai thác tổng hợp nguồn nước (còn gọi là các hồ chứa đa chức năng hay các hồ chứa đa mục đích - Multipurpose Reservoirs). Đa mục đích ở đây tương đương với từ "multipurpose" trong tiếng Anh, để chỉ hồ chứa được giao một lúc nhiều nhiệm vụ (nhiệm vụ phát điện, nhiệm vụ phòng lũ hạ du, nhiệm vụ cấp nước hạ du,...).

Trong khi đó cụm từ "mục tiêu" được sử dụng với nghĩa tương đương từ "multi-objective" trong tiếng Anh. Trong trường hợp các hồ chứa đa mục đích trên thì cụm từ đa mục tiêu được làm rõ nghĩa hơn ở chỗ: tất cả các mục đích (các nhiệm vụ của hồ) nếu chỉ phục vụ mục tiêu kinh tế (sự tăng trưởng kinh tế của các ngành khai thác nguồn nước) thì hồ đó là hồ chứa "đơn mục tiêu-single objective". Nếu hồ chứa ngoài mục tiêu kinh tế còn chú ý đến các mục tiêu khác (không cùng hoặc cùng thứ nguyên với mục tiêu kinh tế) như mục tiêu: ổn định xã hội, bảo vệ môi trường sinh thái, ổn định chính trị, giữ vững an ninh quốc phòng... thì hồ đó là hồ đa mục tiêu. Thông thường các mục tiêu này không cùng số đo, không cùng thứ nguyên và đặc biệt thường mâu thuẫn nhau, nghĩa là nếu muốn tăng hiệu ích mục tiêu này sẽ làm cho hiệu ích mục tiêu khác bị giảm đi và ngược lại. Với ý nghĩa về mục tiêu như trên cộng với nhu cầu từ thực tế đòi hỏi phải giải quyết bài toán tối ưu khi có nhiều mục tiêu mâu thuẫn nhau đặt ra, lý thuyết toán tối ưu đã phát triển một nhánh được gọi là "Quy hoạch đa mục tiêu-Multi-objective Programming".

Đa mục tiêu được hiểu với nghĩa trên có thể được áp dụng ở tầm vĩ mô hoặc tầm vi mô đối với HTTL, khi các mục tiêu nghiên cứu có tính chất mâu thuẫn với nhau. Nếu ở tầm vĩ mô, thí dụ có thể xem xét hai mục tiêu là: mục tiêu kinh tế - mục tiêu bảo vệ môi trường sinh thái. Còn ở tầm vi mô, có thể xét các cặp mục tiêu đối nhau như: điện năng đảm bảo và điện năng trung bình năm, điện năng trung bình năm và dung tích phòng lũ hạ du, tổng thu nhập và chi phí đền bù, di dân - tái định cư...

Dù ở tầm vĩ mô hay vi mô, loại bài toán đa mục tiêu này rất nên sử dụng phương pháp tối ưu đa mục tiêu để nghiên cứu.

11.3. TÍNH TOÁN CHI PHÍ VÀ THU NHẬP CỦA DỰ ÁN TƯỚI - TIÊU

11.3.1. Chi phí và thu nhập của dự án tưới

(a) Chi phí của dự án tưới

Dự án thủy lợi được đầu tư xây dựng làm nhiệm vụ cấp nước tưới cho cây trồng là một trong những loại dự án thủy lợi ra đời sớm nhất và phổ biến nhất trên thế giới. Ngay từ thời xa xưa, con người đã biết làm những guồng nước, cọn nước, máng nước để chuyển nước từ sông suối tự chảy vào đồng ruộng của họ. Đó chính là những công trình thủy lợi phục vụ tưới ra đời sớm nhất. Ngày nay, ngoài tưới tự chảy sử dụng dòng chảy thiên nhiên trên sông suối, kỹ thuật thủy lợi còn cho phép tưới động lực, tức là sử dụng những công trình bơm nước để cấp nước tưới, hoặc xây dựng những hồ chứa làm nhiệm vụ điều tiết dòng chảy, bổ sung nước mùa kiệt phục vụ tưới. Ba loại dự án thủy lợi trên đây được coi là tiêu biểu cho dự án thủy lợi phục vụ tưới. Ba loại dự án này khác nhau ở điểm cơ bản là công trình tạo cột nước đầu kênh tưới (công trình đầu mối), còn lại phần công trình dẫn nước tưới thì như nhau.

Về mặt công trình đầu mối chúng ta có thể kể đến những thành phần chính đối với ba loại hình trên như sau:

1. Công trình tưới tự chảy (bao gồm đập dâng tràn toàn tuyến, cống lấy nước).
2. Công trình tưới tự chảy và điều tiết (bao gồm đập dâng nước tạo hồ chứa, công trình tràn, cống lấy nước).
3. Công trình tưới động lực (bao gồm trạm bơm nước cùng thiết bị của nó).

Đối với công trình dẫn nước từ đầu mối tới khu ruộng tưới thường là kênh dẫn và các công trình trên kênh như: cầu máng, cống luồn, xi phông, tràn bên, bậc nước, cống chia nước.v.v...

Trên cơ sở các thành phần công trình, người ta xác định tổng vốn đầu tư cần thiết để thực hiện dự án. Tổng vốn đầu tư xây dựng ban đầu của dự án bao gồm đầu tư cho phần công trình xây dựng và đầu tư cho phần thiết bị.

$$K = K_{CT} + K_{TB} \quad (11.6)$$

Đây chính là hai thành phần chi phí lớn nhất và quan trọng nhất đối với một dự án. Quá trình tính toán vốn đầu tư cho dự án thường được gọi là công tác tính toán "dự toán" của công trình. Để tính được dự toán của một dự án đầu tư cần phải có những tài liệu như:

- Khối lượng xây lắp và khối lượng chủng loại thiết bị của dự án. Khối lượng này được tính toán và thống kê từ thiết kế dự án.
- Những văn bản quy định của Nhà nước hướng dẫn tính dự toán lúc đó. Những quy định của địa phương (thường là của UBND các tỉnh, thành phố) trong công tác tính dự toán.

- Định mức và đơn giá của Nhà nước và của địa phương đối với các loại nguyên vật liệu, thiết bị, công việc trong dự án.

- Những chính sách khác có liên quan như chính sách xã hội, bảo hiểm, và đặc biệt quan trọng là những quy định về thuế cùng những khoản thu của Nhà nước.

Về khu vực ruộng đồng, cần phải xác định được diện tích tưới (thường tính bằng ha), thống kê được chi phí hàng năm và thu nhập từ cây trồng trên diện tích đó trước khi có dự án và phải tính toán được chi phí hàng năm và thu nhập từ cây trồng cũng trên diện tích đó nhưng từ khi dự án phát huy tác dụng.

Chi phí hàng năm trước khi có dự án bao gồm các khoản chi để có thu hoạch từ cây trồng như: giống, phân bón, thuốc trừ sâu, công lao động. Sau khi có dự án ngoài những khoản chi liên quan đến sản xuất như trên để có thu nhập mới lớn hơn còn cần cộng thêm với khoản chi phí vận hành công trình, duy tu và sửa chữa công trình hàng năm.

Nhiệm vụ cấp nước tưới có chi phí hàng năm C bao gồm những khoản sau:

- Chi phí quản lý C_{QL} ;
- Chi phí sử dụng điện C_{DN} ;
- Chi phí sản xuất C_{SX} ;
- Chi phí duy tu sửa chữa công trình C_{CT} ;
- Chi phí duy tu sửa chữa thiết bị C_{TB} ;
- Chi phí khấu hao C_{KH} ;
- Chi phí bảo hiểm C_{BH} ;
- Chi phí thuế C_{TH} .

1. Chi phí quản lý (C_{QL}) gồm chi phí lương, bảo hiểm trong năm cho đội ngũ cán bộ công nhân viên tham gia vào nhiệm vụ cấp nước, họ làm việc tại các trạm bơm lấy nước, làm công tác quản lý hệ thống thủy nông, hệ thống đường ống và các công trình xử lý trên mạng lưới cấp nước,... và chi phí quản lý chung để đảm bảo hoàn thành nhiệm vụ. Riêng đối với nhiệm vụ bổ sung nước phục vụ giao thông thủy và đẩy mặn, có thể bỏ qua loại chi phí này. Tính toán chi phí C_{QL} cũng tương tự như đối với các nhiệm vụ phát điện và phòng lũ hạ du, tức là từ các quy định về lương, bảo hiểm và số người làm việc, quy mô ban quản lý và khai thác,... chúng ta sẽ dễ dàng tính được chi phí này.

2. Chi phí sử dụng điện (C_{DN}) chính là tiền điện phải trả trong năm để hoạt động các trạm bơm lấy nước từ sông, hoạt động các trạm xử lý nước, ... Trong trường hợp tưới tự chảy thì phần chi phí sử dụng điện này sẽ không có. Lượng điện tiêu hao trong năm được tính toán trên cơ sở công suất và biểu đồ vận hành trong năm của các trạm bơm, các cụm xử lý nước và đơn giá của một đơn vị điện năng đối với mỗi ngành theo quy định của công ty khai thác điện lực tại khu vực có dự án.

3. Chi phí sản xuất của nhiệm vụ cấp nước tưới (C_{SX}) là chi phí trực tiếp sản xuất không kể đến chi phí sử dụng điện (mặc dù cũng có thể kể chi phí sử dụng điện vào chi

phí sản xuất). Đối với nhiệm vụ cấp nước tưới, chi phí sản xuất là các chi phí về nhân công, giống, phân bón, thuốc trừ sâu cho cây trồng. Đối với mỗi loại cây trồng sẽ có các yêu cầu cụ thể về các chi phí trên, thường tính theo ha gieo trồng. Trong bước lập dự toán, khi chưa tính cụ thể hơn được thì có thể lấy theo phần trăm của thu nhập. Nếu thu nhập hàng năm là N thì chi phí sản xuất có thể sơ bộ tính trong khoảng:

$$C_{SX} = (20\% \div 25\%) N \quad (11.7)$$

4. Chi phí duy tu sửa chữa công trình (C_{CT}), là chi phí hàng năm để duy tu và sửa chữa phần công trình tham gia vào nhiệm vụ cấp nước, kể cả công trình lấy nước (nếu có) phục vụ nhiệm vụ này tại đầu mối thủy lợi. Đối với nhiệm vụ cấp nước, nói chung, có thể ước tính chi phí này theo phần trăm vốn đầu tư phần công trình (K_{CT}):

$$C_{CT} = (1,5 \div 2,0)\% K_{CT} \quad (11.8)$$

5. Chi phí duy tu sửa chữa thiết bị hàng năm (C_{TB}), có thể ước tính theo phần trăm vốn đầu tư thiết bị (K_{TB}) của nhiệm vụ cấp nước (máy bơm, động cơ, đường ống, tủ bảng điện...) như sau:

$$C_{TB} = (2,0 \div 2,5)\% K_{TB} \quad (11.9)$$

6. Chi phí khấu hao (C_{KH}) hàng năm theo quy luật tuyến tính giảm dần với thời gian tính khấu hao đối với phần công trình khoảng 20 năm, còn đối với phần thiết bị có thể lấy từ 10 đến 15 năm.

7. Chi phí bảo hiểm (C_{BH}) cho công trình và thiết bị tùy theo hợp đồng bảo hiểm, thông thường đối với các nhiệm vụ cấp nước, tỷ lệ bảo hiểm thấp hơn, tức là khoảng 0,5% đến 1% của giá trị xây lắp và thiết bị.

$$C_{BH} = (0,6 \div 1,0)\% [G_{CT} + G_{TB}] \quad (11.10)$$

8. Chi phí thuế (C_{TH}). Nói chung đối với nhiệm vụ cấp nước tưới, cấp nước sinh hoạt và công nghiệp, ngày càng có xu thế là kinh doanh hóa để gắn trách nhiệm và quyền lợi, cũng như khuyến khích đầu tư từ các doanh nghiệp. Do đó thuế suất đánh trên sản lượng hoặc doanh thu của doanh nghiệp kinh doanh nước được nhà nước quy định cụ thể trong các biểu định mức thuế.

(b) Thu nhập của dự án tưới

Thu nhập hàng năm từ nhiệm vụ cấp nước tưới được tính toán trực tiếp từ nhiệm vụ tưới làm tăng sản lượng hoa màu thu hoạch hàng năm.

$$N = \sum_i S_i \Delta G_i \quad (11.11)$$

Trong đó:

S_i - đơn giá của một đơn vị sản phẩm i ;

ΔG_i - sản lượng gia tăng sau khi có dự án tưới của sản phẩm i trong một năm.

Thu nhập trước khi có dự án được tính từ sản lượng trung bình trên diện tích tưới của lương thực, hoa màu mỗi năm nhân với giá cả của sản lượng đó. Còn thu nhập sau khi có dự án được tính bằng sản lượng mới và giá cả áp dụng cho sản lượng đó. Lưu ý rằng sau khi có dự án, cơ cấu cây trồng trên diện tích đó có thể thay đổi, còn nếu không thay đổi thì hệ số sử dụng đất sẽ tăng lên, nghĩa là số vụ gieo trồng tăng lên trong năm vì đã có đủ và chủ động nước tưới, còn trước khi có dự án thì chỉ dựa vào nước mưa là chính.

11.3.2. Chi phí và thu nhập của dự án tiêu

Trong lĩnh vực thủy lợi, tiêu thoát nước là một vấn đề lớn. Nếu tiêu thoát nước cho nông nghiệp, người ta thường gọi là tiêu úng. Khi mưa to và dài ngày, mực nước sông suối lên cao, nước mưa trong đồng không tự chảy để tiêu thoát kịp làm cho ruộng đồng bị ngập, cây cối và hoa màu sẽ bị chết do úng. Còn với những khu dân cư, với các thành phố lớn, khu đô thị, vấn đề thoát nước mưa và nước sinh hoạt thường đi kèm với nhau, mạng lưới cống rãnh thoát nước được nối từ từng hộ gia đình với mạng lưới tiêu thoát chung, sau đó ra đến kênh mương, tới khu xử lý trước khi trả về nguồn. Ngoài ra ở vùng núi, khu dân cư và ruộng đồng nằm ngay dưới triền núi với độ dốc sườn núi rất lớn, những trận mưa rào rất dễ dẫn đến lũ quét gây lũ và úng ngập, xử lý vấn đề này cũng thuộc nhiệm vụ tiêu thoát nước trong thủy lợi.

Như vậy chúng ta đã đề cập tới ba loại hình dự án tiêu thoát nước điển hình là:

1. Tiêu nước úng ngập cho ruộng đồng bằng hệ thống kênh mương tiêu và công trình bơm động lực.
2. Thoát nước mưa và nước sinh hoạt cũng bằng hệ thống cống, kênh mương tiêu và công trình bơm động lực.
3. Tiêu lái lũ từ sườn núi cao cho khu dân cư và ruộng đồng bằng hệ thống đê bao lái lũ.

Việc tính toán đầu tư cho dự án cũng tương tự như với dự án thủy lợi phục vụ tưới. Khi đã có phương án thiết kế, chúng ta sẽ tính được vốn đầu tư xây dựng cơ bản ban đầu cho phần công trình và phần thiết bị (công thức 11.6).

Về chi phí hàng năm cho dự án tiêu cũng được tính cho thời kỳ trước khi có dự án và sau khi có dự án. Chi phí trước khi có dự án tiêu chính là chi phí năm bình quân tính đến những tổn thất do úng ngập dẫn đến mất mùa, thiệt hại đường xá... Chi phí sau khi có dự án bây giờ chỉ bao gồm chi phí vận hành, duy tu bảo dưỡng mà thôi. Phần chênh lệch giữa chi phí hàng năm trước và sau khi có dự án được xem là thu nhập thuần mà dự án tiêu thoát nước mang lại.

(a) Chi phí hàng năm của dự án tiêu

Chi phí hàng năm của nhiệm vụ phòng lũ (C) bao gồm một số loại như:

- Chi phí phân điện sử dụng để bơm thoát lũ C_D .

- Chi phí quản lý và điều hành bộ máy xử lý và phòng chống lũ của dự án thủy lợi C_{QL} .
- Chi phí hoạt động cho hệ thống đo đạc cảnh báo lũ và thông tin về điều độ trung tâm C_{CB} .
- Chi phí duy tu sửa chữa công trình và thiết bị đo đạc, cảnh báo C_{CT} .
- Chi phí khấu hao các công trình và thiết bị đo đạc và cảnh báo C_{KH} .
- Chi phí bảo hiểm các công trình và thiết bị đo đạc và cảnh báo C_{BH} .

Như đã phân tích ở trên, có ba cách tiếp cận để phân bổ đầu tư cho nhiệm vụ phòng chống lũ hạ du, trong đó có một cách cho rằng không phân bổ vốn đầu tư cho nhiệm vụ này. Mặc dù vậy nếu hệ thống đo đạc từ xa, hệ thống cảnh báo lũ được xây dựng thì chi phí hàng năm cho hệ thống đó cần được tính toán.

1. Chi phí sử dụng điện (C_D) chính là tiền điện phải trả trong năm để hoạt động các trạm bơm tiêu nước. Trong trường hợp tiêu tự chảy thì phần chi phí sử dụng điện này sẽ không có. Lượng điện tiêu hao trong năm được tính toán trên cơ sở công suất và biểu đồ vận hành trong năm của các trạm bơm và đơn giá của một đơn vị điện năng đối với mỗi ngành theo quy định của công ty khai thác điện lực tại khu vực có dự án.

2. Chi phí quản lý và điều hành bộ máy xử lý và phòng chống lũ của dự án thủy lợi (C_{QL}) bao gồm các khoản chi lương, bảo hiểm sức khỏe, bảo hiểm y tế và xã hội... của đội ngũ cán bộ công nhân phục vụ nhiệm vụ đo đạc, truyền thông tin và cảnh báo lũ, chi phí liên quan đến trung tâm xử lý thông tin. Chi phí này được tính theo số lượng cán bộ công nhân thông qua quỹ lương và lấy theo các định mức, đơn giá liên quan.

3. Chi phí hoạt động cho hệ thống đo đạc, cảnh báo lũ (C_{CB}) là chi phí cho lượng điện một chiều (ắc quy hoặc pin) các thiết bị đo đạc tự động từ xa cần. Trong trường hợp sử dụng pin mặt trời thì chi phí này sẽ giảm đi.

4. Chi phí duy tu sửa chữa phần công trình và thiết bị đo đạc và cảnh báo lũ từ xa (C_{CT}), có thể sơ bộ ước tính chi phí này theo mức đầu tư cho công trình và thiết bị đo đạc, cảnh báo (K_{CB}), vì đây là các trạm và các thiết bị tự động, đặt ở các điểm đo mưa, đo mực nước trên lưu vực, chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi điều kiện thiên nhiên nên rất dễ hư hỏng, và cần được thường xuyên kiểm tra, duy tu, sửa chữa, thay thế:

$$C_{CT} = (10 \div 15)\% K_{CB} \quad (11.12)$$

5. Chi phí khấu hao hàng năm của các trạm và thiết bị đo đạc và cảnh báo được tính theo quy luật tuyến tính giảm dần (C_{2KH}), trong thời gian khoảng 10 năm cho phần xây lắp và từ 5 đến 10 năm cho phần thiết bị.

6. Chi phí bảo hiểm hàng năm (C_{BH}), cho phần công trình và thiết bị làm nhiệm vụ đo đạc và cảnh báo phụ thuộc vào hợp đồng mua bảo hiểm với các công ty bảo hiểm. Tuy nhiên có thể ước tính theo giá trị xây lắp (G_{CT}) và thiết bị (G_{TB}) như sau:

$$C_{BH} = (1,0 \div 1,5)\% [G_{CT} + G_{TB}] \quad (11.13)$$

(b) Thu nhập của dự án tiêu

Thu nhập trung bình năm từ nhiệm vụ phòng chống lũ lụt (N) được ước tính trên cơ sở cho rằng phần thu nhập này chính là phần chi phí do tác hại của lũ gây ra ở khu vực canh tác và khu dân cư. Như vậy, muốn tính phần thu nhập này, trước hết cần tính chi phí thiệt hại do lũ gây nên.

Chi phí thiệt hại do lũ gây nên bao gồm các khoản:

- Thiệt hại về tài sản do lũ gây nên. Thiệt hại này được đánh giá bằng giá trị bỏ ra để thay thế, sửa chữa tài sản bị mất mát, hư hỏng sau lũ.

- Thiệt hại về mùa màng được đánh giá bằng giá trị trên thị trường lương thực, hoa màu đáng lẽ được thu hoạch nếu không có lũ tàn phá.

- Thiệt hại do đình trệ quá trình sản xuất, lưu thông của vùng lũ trong thời gian lũ hoành hành.

- Chi phí trực tiếp bỏ ra để chống lũ, sơ tán, vận chuyển, chữa thương, cứu người...

Để đánh giá thiệt hại do lũ gây nên có thể theo phương pháp được trình bày dưới đây (hình 11.1):

Bước 1: Xây dựng đường tần suất tính toán của lưu lượng đỉnh lũ $Q_{\max} = f(P\%)$ như trong hình 1A: ứng với tần suất xuất hiện $P = 0,01\%$ (chu kỳ lặp là 10.000 năm) thì lưu lượng đỉnh lũ là $14.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bước 2: Xây dựng đường quan hệ giữa lưu lượng đỉnh lũ và cao trình mực nước hạ lưu $Q_{\max} = f(Z_{hl})$ như trong hình 1B: ứng với lưu lượng lũ $14.000 \text{ m}^3/\text{s}$ có cao trình mực nước hạ lưu là $13,5\text{m}$.

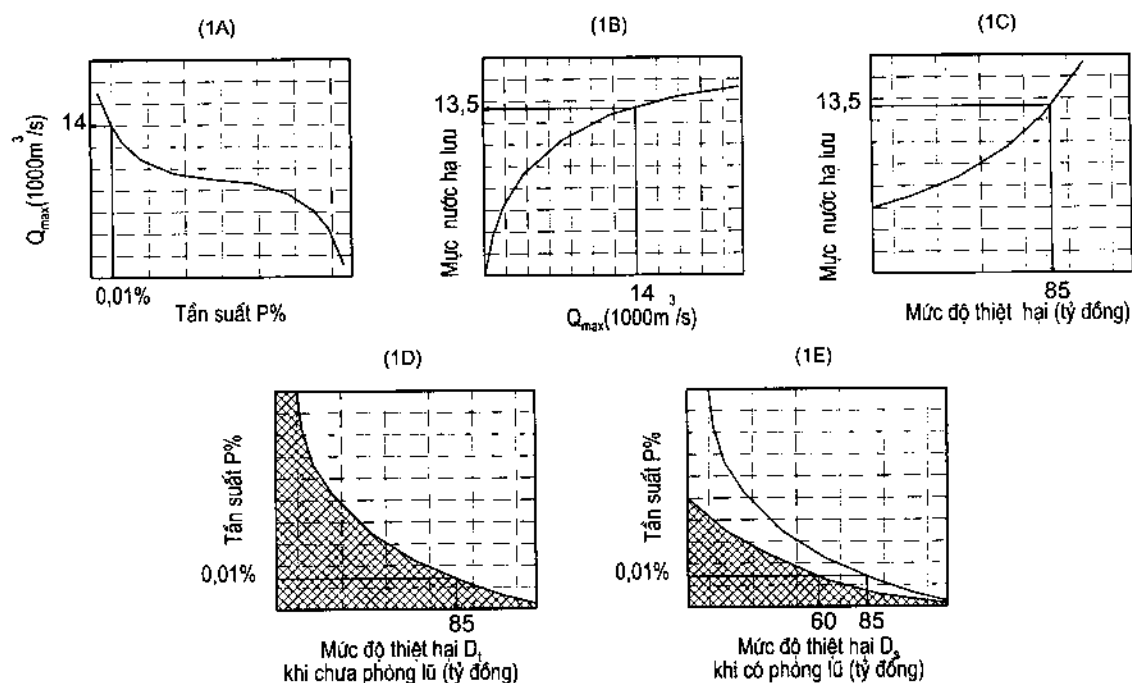
Bước 3: Xây dựng đường quan hệ giữa cao trình mực nước hạ lưu với mức độ thiệt hại do lũ $D_1 = f(Z_{hl})$ khi không có dự án tiêu chống lũ như trong hình 1C: ứng với cao trình mực nước hạ lưu $13,5\text{m}$ thì mức độ thiệt hại là 85 tỷ đồng.

Bước 4: Xây dựng đường quan hệ giữa mức độ thiệt hại do lũ khi chưa có dự án tiêu chống lũ với tần suất tính toán $D_1 = f(P\%)$ như trong hình 1D: ứng với tần suất $0,01\%$ thì mức độ thiệt hại là 85 tỷ đồng.

Bước 5: Xây dựng đường quan hệ giữa mức độ thiệt hại do lũ khi đã có dự án tiêu chống lũ với tần suất tính toán $D_S = f(P\%)$ như trong hình 1E: ứng với tần suất $0,01\%$ thì mức độ thiệt hại là 60 tỷ đồng.

Bước 6: Tính hiệu số về hoành độ giữa hai đường $D_S = f(P\%)$ và $D_1 = f(P\%)$, đó chính là thu nhập từ nhiệm vụ phòng chống lũ của dự án (hình 1E): ứng với tần suất $0,01\%$ thì mức giảm thiểu thiệt hại về lũ hay thu nhập từ phòng lũ (N) là:

$$N_2 = 85 \text{ tỷ đồng} - 60 \text{ tỷ đồng} = 25 \text{ tỷ đồng}$$



Hình 11.1: Quá trình tính toán thu nhập từ nhiệm vụ phòng chống lũ lụt

11.3.3. Một số vấn đề xung quanh giá nước

Các nước khác nhau có các cách tính giá nước khác nhau, một số nước dựa vào cách hoàn trả các chi phí, một số khác thì muốn chuyển các thu nhập giữa các ngành thông qua trợ cấp, và một số nước khác nữa thì sử dụng giá nước để cải thiện việc phân phối nước và bảo vệ nguồn nước.

Theo nghiên cứu điều tra thì từ những năm 1950 sau khi chiến tranh Thế giới thứ hai kết thúc nhiều nước bắt đầu có các chương trình đầu tư nhằm hạ giá lương thực thực phẩm. Sự đầu tư này đã tạo ra một gánh nặng tài chính, mà những người nông dân không thể trả được. Bởi vì chính phủ muốn bảo đảm lương thực và kiểm soát các đầu tư của mình, đã cố tình trợ cấp vào đầu tư. Tuy vậy, một xu hướng không thể đi ngược lại, đó là người sử dụng nước đòi hỏi phải được lựa chọn trả tiền cho các dịch vụ mà họ mong muốn.

Giá nước trong kết quả điều tra nghiên cứu của 22 nước điển hình cho thấy: nếu tính giá nước cho nông nghiệp và sinh hoạt bằng đơn vị $1 m^3$ nước thì tương đối gần giống nhau, nhưng giá nước cho công nghiệp thì rất khác nhau có thể do việc lấy nước từ các nguồn khác nhau, có nơi thì dễ dàng nhưng một số nơi thì khó khăn, hoặc còn phụ thuộc vào ý muốn thanh toán của người dùng nước.

Đối với giá nước cho nông nghiệp và cấp nước đô thị ở tất cả các nước đang phát triển và một số nước phát triển đều sử dụng giá nước trung bình chứ không dựa trên cơ

sở giá cận biên. Đối với nông nghiệp, giá nước được tính bằng cách chia tổng các chi phí của dịch vụ cấp nước cho diện tích được tưới nước, thường được ước tính vụ mùa, loại cây trồng, loại kỹ thuật tưới như tự chảy hay trọng lực. Phí nước cho nông nghiệp nói chung không tính theo vùng, mặc dù sự thay đổi giữa các vùng là rất khác nhau về nguồn nước sẵn có dẫn đến chi phí cấp nước khác nhau.

Nước tưới là một trong số các yếu tố quan trọng nhất để nâng cao năng suất và sản lượng của nông nghiệp ở các nước đang phát triển, đặc biệt là ở các nước Đông Nam Á. Phát triển và quản lý nước tưới trở thành một khía cạnh quan trọng ở châu Á, bởi vì, nông nghiệp sẽ còn tiếp tục là một ngành chiếm ưu thế để cung cấp việc làm, tạo ra tổng sản lượng quốc gia (GNP) và giảm nghèo đói. Hơn nữa ở các nước châu Á đã tự túc được lương thực thực phẩm, đặc biệt là gạo, là loại tiêu thụ lượng nước nhiều. Trong khi gạo là một loại lương thực quan trọng trong phát triển nông nghiệp, đảm bảo an toàn lương thực và ổn định chính trị. Thêm vào đó, sản phẩm của khu vực được tưới cần tăng nhanh, và diện tích tưới được mở rộng để có thể đáp ứng được nhu cầu lương thực trong tương lai.

Các nước châu Á đã đầu tư hàng tỷ USD vào trợ giúp các nguồn tài nguyên khan hiếm của nội và ngoại địa nhằm phát triển các dự án cung cấp nước tưới trong bốn thập kỷ qua. Các dự án cấp nước tưới đã vấp phải những khó khăn, không chỉ ở nguồn tài chính để đáp ứng các chi phí vận hành và duy tu bảo dưỡng cho các công trình tưới mà còn gặp phải sự khan hiếm nguồn tài chính để đầu tư cho các dự án mới.

1. Vai trò của Chính phủ trong việc phát triển và phân phối nước tưới

Vai trò của chính phủ trong sự phát triển và phân phối các đầu vào nông nghiệp khác nhau có sự thay đổi lớn, từ hầu như không có gì cho nông dân đến việc nắm phần lớn việc cung cấp nước tưới của các dự án vừa và lớn. Sự thay đổi này có vẻ là hiển nhiên và cần thiết cho chính phủ để phát triển nguồn nước tưới hướng tới thị trường hệ thống nông nghiệp của các nước châu Á. Câu trả lời cho vấn đề này nằm trong các khía cạnh của kinh tế xã hội, kỹ thuật và thể chế của phát triển tưới. Vì vậy sau đây sẽ trình bày các đặc điểm không bình thường của nguồn nước tưới.

+ Thứ nhất, đối với thị trường tự do, để xác định đầy đủ sự phát triển và phân phối nguồn nước tưới, cần phải có hệ thống quyền sở hữu cá nhân mà hầu như chưa có trên thế giới. Sự tồn tại hệ thống này chỉ tạm thời nếu có sự đòi hỏi. Phần lớn các nước dựa vào một trong ba hệ thống sau đây: quyền của người chủ đất ven sông, phân phối công cộng và phân phối ưu tiên. Trong quyền của người chủ đất ven sông liên quan đến các chủ ở liền kề nhau và thường được sử dụng ở các vùng đất ẩm ướt không thiếu nước. Trong quyền thứ hai, Chính phủ phân phối nước công cộng dựa vào quyền ưu tiên sử dụng, trong đó quyền phân phối ưu tiên dựa vào thuyết dành riêng phù hợp.

+ Lý do quan trọng thứ hai đối với Chính phủ trong sự phát triển và quản lý các dự án tưới là quy mô kinh tế có thể nhận được từ việc trữ, chuyển và phân phối nước tưới. Việc quản lý của Chính phủ sẽ đảm bảo hơn đối với việc cung cấp nước tưới theo thời gian, không gian và chất lượng.

+ Nhóm lý do thứ ba bao gồm sự cần thiết giải quyết vấn đề ngoại ứng, đặc biệt là tác động môi trường gia tăng do phát triển và khai thác nguồn tài nguyên nước.

+ Nhóm lý do thứ tư là các mục tiêu xã hội, như thu nhập được phân phối lại, tự cung cấp lương thực, và sản lượng nông nghiệp bền vững.

Các mục tiêu trên là nhiệm vụ của Chính phủ để phát triển và quản lý tốt các dự án tưới nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế khi sử dụng nguồn nước khan hiếm, và đạt được sự công bằng trong phân phối lại thu nhập, phúc lợi giữa các cá nhân, các tầng lớp xã hội, giữa các vùng.

2. Giá nước tưới ở một số nước đang phát triển

Giá nước tưới trong nông nghiệp (hay còn gọi là thủy lợi phí) thay đổi đáng kể ở các quốc gia và trong cùng một quốc gia. Phần lớn giá nước đều dựa vào điều kiện tài chính hơn là điều kiện kinh tế. Thủy lợi phí thường được tính để đảm bảo cho chi phí vận hành và duy tu bảo dưỡng hệ thống công trình tưới. Ở các nước phát triển thì các hệ thống tưới hoạt động thường được trợ cấp. Vấn đề này cần phải dần dần thay đổi bằng các phương pháp thu thủy lợi phí được đưa ra như sau:

+ Lượng nước được tính bằng thể tích hoặc thời gian cấp nước. Ví dụ như ở Peru hoặc Israel giá nước thấp khi lượng nước được dùng dưới tiêu chuẩn, và giá tăng cao nếu sử dụng hơn tiêu chuẩn (giá lũy tiến).

+ Lượng nước được tính theo diện tích theo ha tưới phải phụ thuộc vào loại cây trồng, theo mùa trong năm... Ở một số nước, giá nước cao hơn đối với công trình trữ nước so với hệ thống chuyển nước trực tiếp từ sông, hoặc đối với công trình tưới trọng lực so với tưới tự chảy.

+ Thuế đất dựa vào sự tăng lợi nhuận hàng năm.

+ Thuế đất tăng giá trị của đất tích lũy từ việc cung cấp nước tưới đầy đủ.

+ Thủy lợi phí.

+ Chi phí bảo dưỡng, vận hành và duy tu hàng năm.

+ Cơ chế tài chính không trực tiếp: tại Indonesia người nông dân không phải trả trực tiếp cho dịch vụ tưới nhưng họ phải có trách nhiệm cho các hoạt động vận hành và duy tu bảo dưỡng của hệ thống tưới. Điều này được thực hiện bởi các tổ chức dùng nước hoặc chính quyền xã. Ở Thái Lan, người ta dùng thuế xuất khẩu gạo, và thuế bù một phần chi phí phát triển và quản lý tưới.

3. Một số đề xuất cải tiến việc tính thuỷ lợi phí

Có sáu đề xuất để cải tiến việc tính giá nước như sau:

+ Trong suốt bốn thập kỷ qua, do sự tăng nhanh về dân số, các nhu cầu về vật chất tăng, kéo theo nhu cầu nước tưới cũng tăng lên, do vậy sự mất cân bằng về cung và cầu tăng lên, đặc biệt trong các nước đang phát triển ở châu Á. Sự cần thiết phải tính lại giá nước cho các dịch vụ, để khuyến khích sự phát triển của thị trường nước, nhằm quản lý tốt hơn nhu cầu dùng nước và khả năng cung cấp nước.

+ Các nước đang phát triển cần chú ý đến nguyên tắc trả cho các dịch vụ cấp nước, đặc biệt là các dịch vụ tưới. Nguyên tắc đó dựa trên khái niệm cho rằng nhà chức trách về nước tưới nên sử dụng giá nước dựa vào chi phí cận biên và đưa vào hiệu quả kinh tế để hình thành các thành phần cấu trúc của giá nước. Hoặc có thể dựa trên các khái niệm thực tế như thu nhập của người dùng nước bằng các chi phí, hoặc giá trung bình bằng tổng chi phí trung bình.

+ Khả năng trả thuỷ lợi phí còn rất thấp vì vậy không khuyến khích được việc dùng nước. Cần phải đưa phương pháp tính giá nước bằng biện pháp đo thể tích nước dùng. Nhưng điều này cần có thời gian để đầu tư các thiết bị. Vì vậy, ban đầu có thể đưa ra cách tính thuỷ lợi phí theo diện tích tưới khác nhau cho các loại cây trồng khác nhau, bởi nhu cầu dùng nước của các loại cây trồng là khác nhau. Thuỷ lợi phí cũng có thể thay đổi giữa các vùng, giữa các dự án liên quan đến việc phục vụ nước tưới.

+ Điều kiện để tính giá nước bằng đo thể tích là phải đặt các thiết bị đo. Bất luận thế nào thì việc tính giá nước bằng đo thể tích cũng phụ thuộc vào sự phân tích lợi ích và chi phí của việc đầu tư thiết bị đo đếm này.

+ Trợ cấp cho hệ thống tưới không nên ứng dụng rộng rãi. Nên lựa chọn một cách phù hợp đối với các vùng, các loại cây trồng và các mục tiêu của nhà nước.

Như vậy, nhu cầu nước tưới sẽ phản ứng lại sự thay đổi của giá nước tưới.

Người nông dân sẽ tự nguyện và có thể chi trả nếu cung cấp nước tưới với độ tin cậy cao, đúng thời gian và đầy đủ.

Một trong các lý do đối với hoạt động không hiệu quả của hệ thống tưới được trợ cấp là thiếu sự cộng tác và sự kết hợp giữa người nông dân và nhân viên quản lý tưới.

Với thị trường vốn không hoàn hảo, nên áp dụng chính sách ưu tiên đầu tư cho các dự án tưới mới hơn là cho các dự án nâng cấp và cải tạo.

+ Cuối cùng các loại giá nước thay đổi theo các đặc điểm khác nhau theo vùng, loại cây, mùa và người sử dụng. Điều này có nghĩa cơ chế về thị trường, luật và thể chế quản lý sự phát triển và phân phối nước phải được phép mở ra không kèm theo điều kiện ràng buộc nào.

11.4. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH CHI PHÍ-THU NHẬP ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ DỰ ÁN TUỔI-TIÊU

11.4.1. Các chỉ tiêu kinh tế thường được sử dụng trong phân tích và cách xác định

1. Giá trị quy về hiện tại (PV và NPV)

Trong phần này sẽ lần lượt giới thiệu ba chỉ tiêu trong nhóm chỉ tiêu giá trị quy về hiện tại là: giá trị quy về hiện tại của một khoản tiền trong tương lai, giá trị ròng hiện tại của lượng tiền đó và giá trị ròng hiện tại của một chuỗi các khoản tiền trong tương lai.

(a) Giá trị quy về hiện tại của một khoản tiền

Giá trị quy về hiện tại - PV (Present value) thường được sử dụng để định nghĩa "giá trị hiện tại" của một lượng tiền trong tương lai. Giá trị hiện tại của đồng tiền tương lai là lượng tiền cần phải đưa vào đầu tư hôm nay (hiện tại) với một tỷ lệ lãi suất cho trước sau một khoảng thời gian nào đó để có được lượng tiền trong tương lai đó. Giá trị hiện tại được dựa trên cơ sở là nhà đầu tư tin tưởng rằng 1 đơn vị tiền tệ hôm nay có giá trị hơn 1 đơn vị tiền tệ sẽ nhận được trong tương lai.

Quá trình xác định các giá trị hiện tại thường liên quan đến các dòng tiền chiết khấu. Quá trình này theo chiều nghịch đảo với chiều của lãi suất phức hợp. Nó liên quan đến câu hỏi thường xảy ra trong thực tế: "Nếu nhà đầu tư muốn kiếm thêm k% lượng tiền của mình đang có, vậy nhà đầu tư phải bỏ ra bao nhiêu tiền bây giờ vào cơ hội đầu tư nào đó để sau n chu kỳ thanh toán sẽ nhận được số tiền lãi mong muốn". Để thay cho việc xác định giá trị tương lai của lượng tiền hiện tại được đầu tư với một tỷ lệ chiết khấu đã biết, người ta có thể xác định giá trị hiện tại được chiết từ lượng tiền mong đợi trong tương lai.

Công thức tổng quát để tính giá trị quy về hiện tại của khoản tiền F trong tương lai sau n năm trong tương lai là:

$$PV = F_n \frac{1}{(1+r)^n} \quad (11.14)$$

Trong đó: F_n là giá trị lượng tiền trong tương lai sau n năm của lượng tiền bỏ ra hiện tại là PV, với lãi suất hay tỷ lệ chiết khấu mỗi năm r là không đổi. Hoặc có thể nói tắt PV là giá trị quy về hiện tại của lượng tiền trong tương lai F_n .

(b) Giá trị quy về hiện tại của một dòng tiền hỗn hợp

Trên đây đã nghiên cứu về giá trị quy về hiện tại của một khoản tiền trong tương lai. Đây là một trường hợp nghiên cứu cơ bản, nhưng lại không thường xuyên xảy ra trong thực tế sản xuất kinh doanh và hoạt động đầu tư. Một giai đoạn đầu tư sẽ xuất hiện các khoản đầu tư khác nhau về mặt số lượng tiền và thời gian bỏ vốn. Thu nhập cũng tương tự như vậy, sẽ biến động cả về lượng và về thời gian. Trong trường hợp dòng tiền hỗn hợp, công thức tính giá trị quy về hiện tại như sau:

$$PV = \sum_{t=1}^n \left\{ F_t \frac{1}{(1+r)^t} \right\} \quad (11.15)$$

Trong đó chỉ số t chỉ năm thứ t trong tương lai so với hiện tại.

(c) Giá trị hiện tại ròng của dự án đầu tư (NPV)

Giá trị hiện tại ròng - NPV (còn gọi là giá trị hiện tại thuần) của một dự án đầu tư là lợi nhuận ròng của dự án trong vòng đời kinh tế của nó được quy về hiện tại. Lợi nhuận ròng, như chúng ta đã biết, là hiệu số giữa thu nhập và chi phí của dự án trong kỳ nào đó. Trong đó, thu nhập là tổng nguồn thu do dự án mang lại, còn chi phí là tổng các chi phí của dự án. Như vậy bây giờ khái niệm "dòng tiền tệ - Cash Flows" dùng để chỉ tất cả các loại thu nhập và chi phí của dự án trong vòng đời hoạt động của nó, hoặc trong khung thời gian tính toán nào đó của dự án.

Giá trị hiện tại ròng của dự án đầu tư có liên quan mật thiết với giá trị thời gian của đồng tiền, nó được xem như một kỹ thuật ghi tiền vốn đã được chiết tính vào ngân quỹ. Tất cả các kỹ thuật như thế, dù bằng cách này hay cách khác cũng đều khấu trừ các dòng tiền của dự án với một tỷ lệ quy định nào đó. Tỷ lệ này thường được gọi là *tỷ lệ chiết khấu, chi phí cơ hội, hoặc là chi phí vốn*.

Với định nghĩa như vậy, giá trị hiện tại ròng của dòng tiền tệ của dự án đầu tư được tính bằng công thức sau:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (11.16)$$

Trong đó:

NPV - giá trị hiện tại ròng;

t - thời điểm tính toán, thường là cuối các năm, $t = 1, 2, \dots, n$;

B_t - tổng thu nhập của dự án trong năm t ;

C_t - tổng chi phí của dự án trong năm t .

Công thức (11.16) là công thức tổng quát, trong đó cần lưu ý một số điểm sau:

+ Các khoản tiền thu nhập hay chi phí được quy ước tính vào cuối các năm.

+ Vốn đầu tư được quy ước bỏ vào đầu các năm hoặc đầu năm thứ nhất (nếu như thời gian xây dựng dự án chỉ trong một năm) và vốn đầu tư cũng được coi là chi phí cho dự án.

(d) Sử dụng NPV trong đánh giá hiệu quả đầu tư

Cần nhắc lại rằng NPV là giá trị ròng quy về hiện tại của dự án đầu tư, ngoài ra cũng lưu ý là mọi chi phí và thu nhập của dự án thuộc dòng tiền tệ đều đã được tính trong NPV. Nếu như vậy thì mọi dự án khi phân tích kinh tế, nếu $NPV > 0$ đều được xem là có hiệu quả. Điều này cũng có nghĩa là khi $NPV = 0$ thì dự án được xem là hòa vốn, khi

$NPV < 0$ thì dự án không hiệu quả và không nên đầu tư dưới góc độ hiệu quả kinh tế. Tổng quát là như vậy nhưng trong thực tế, khi phân tích hiệu quả kinh tế một dự án đầu tư, có khả năng xảy ra một số trường hợp tiêu biểu sau:

+ Trường hợp các dự án độc lập tức là các dự án không thay thế cho nhau được. Trong trường hợp này nếu lượng vốn đầu tư không bị chặn, thì tất cả các dự án có $NPV > 0$ đều được xem là nên đầu tư.

+ Trường hợp các dự án loại trừ lẫn nhau, tức là nếu đầu tư cho dự án này thì không cần đầu tư cho dự án kia và ngược lại, thì dự án nào có NPV lớn nhất, được coi là dự án có hiệu quả kinh tế cao nhất và nên đầu tư nhất.

+ Trường hợp có nhiều dự án độc lập và đều có chỉ tiêu $NPV > 0$, trong khi vốn đầu tư có hạn, thì cần chọn các dự án với tổng số vốn nằm trong giới hạn của nguồn vốn, đồng thời NPV phải lớn nhất. Và trong trường hợp này nên sử dụng thêm một số chỉ tiêu kinh tế khác để so chọn.

Giá trị hiện tại ròng NPV là một chỉ tiêu có những ưu điểm đặc biệt. Việc sử dụng chỉ tiêu này rất đơn giản. Nó phản ánh một cách đầy đủ các khía cạnh của chi phí và kết quả. Hiệu quả của dự án được biểu hiện bằng một đại lượng tuyệt đối cho ta một hình dung rõ nét và cụ thể về lợi ích mà dự án mang lại. Tuy nhiên, độ tin cậy của chỉ tiêu này phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn tỷ lệ chiết khấu.

2. Hệ số hoàn vốn nội tại (IRR)

(a) Hệ số hoàn vốn nội tại

Hệ số hoàn vốn nội tại (The internal rate of return - IRR) còn gọi là "Tỷ lệ sinh lãi nội tại" của một dự án được định nghĩa là *Tỷ suất chiết khấu* (discount rate) khi mà giá trị hiện tại của luồng tiền vào, ra bằng không. Nói một cách khác, IRR là *Tỷ lệ chiết khấu* mà tại đó $NPV = 0$. Nghĩa là:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (11.17)$$

Lúc này $r = IRR$. Như vậy có thể viết lại công thức (11.17) như sau:

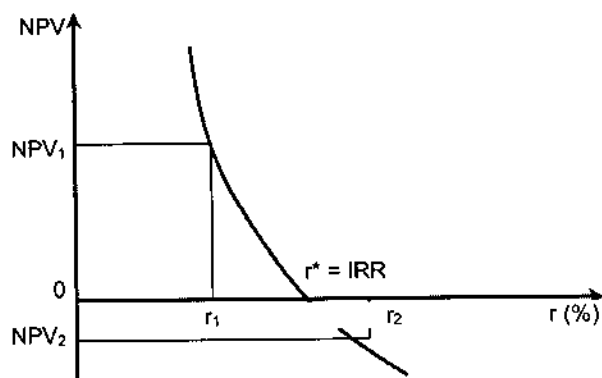
$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (11.18)$$

Muốn tính giá trị IRR, chúng ta sử dụng công thức (11.18) và tính thử dần để đạt được $NPV = 0$ hoặc xấp xỉ bằng không.

Chỉ tiêu IRR phản ánh lãi suất tối đa mà dự án có thể chấp nhận trả cho vốn vay, bởi vì nếu vay với lãi suất bằng IRR thì dự án sẽ vừa hoà vốn. Do đó, có tài liệu gọi chỉ tiêu này là "Suất thu lợi nội tại" nằm trong nhóm chỉ tiêu có tên "*Suất thu lợi*". Suất thu lợi (Rate of return - RR), hiểu nôm na, là tỷ số tiền lời thu được trong một thời đoạn so với vốn đầu tư ở đầu thời đoạn.

Tuy nhiên, một dự án thường kéo dài qua nhiều thời đoạn (nhiều năm). Trong từng thời đoạn, người ta nhận được một khoản thu ròng qua các hoạt động kinh tế của dự án và tiền "trích ra" để khấu hao cho đầu tư ban đầu. Tùy thuộc vào phương thức sử dụng số tiền có được đó mà người ta có các loại chỉ số *Suất thu lợi* khác nhau.

Để tính IRR, người ta sử dụng phương pháp thử dần. Quá trình thử dần như sau: chọn một tỷ lệ lãi suất nào đó làm tỷ suất chiết khấu (r) để tính NPV. Nếu giá trị NPV tính được là dương thì ta nâng tỷ suất chiết khấu lên cho đến khi NPV đạt giá trị âm. Sau đó lại điều chỉnh giá trị r để đạt được $NPV = 0$. Khi $NPV = 0$ thì giá trị của tỷ lệ chiết khấu r chính là IRR. Quá trình này có thể được thực hiện nhanh hơn bằng đồ thị. Vẽ đồ thị với trục tung là giá trị NPV còn trục hoành là giá trị tỷ lệ chiết khấu giả thiết. Với mỗi giá trị r giả thiết, sử dụng công thức (11.18) sẽ tính được giá trị NPV tương ứng. Sau đó nối các điểm đã có bằng đường cong trơn, đường cong này sẽ cắt trục hoành tại vị trí có $NPV = 0$ và $r^* = IRR$ (xem hình 11.2).



Hình 11.2: Một quan hệ giữa NPV và r

Thí dụ 11.1: Hãy tính hệ số hoàn vốn nội IRR của một dự án thủy lợi với dòng tiền tệ được cho trong bảng 11.1.

Bảng 11.1: Dòng tiền tệ của dự án thủy lợi trong thí dụ 11.1

Năm thứ	Đầu tư (triệu đồng)	Chi phí hàng năm (triệu đồng)	Thu nhập hàng năm (triệu đồng)	Thu nhập thuần (triệu đồng)
1	1510	0	0	-1510
2	920	0	0	-920
3	520	0	0	-520
4	0	1170	1860	690
5	0	1170	1860	690
6	0	1170	1860	690
7	0	1170	1860	690
8	0	1170	1860	690
9	0	1170	1860	690
10	0	1170	1860	690
11	0	1170	1860	690

Giải: Đây là trường hợp dòng tiền hỗn hợp trong tương lai, phương pháp tính toán giá trị quy về hiện tại của dòng tiền này là sử dụng công thức (11.18). Quá trình và kết quả tính toán trong bảng 11.2. Nếu tiếp tục giả thiết sẽ có giá trị $r^* = IRR = 11,897\%$ để $NPV = 0$. Hoặc vẽ lên đồ thị như trong hình 11.2 cũng được kết quả như vậy.

Bảng 11.2: Quá trình và kết quả tính toán NPV và IRR trong thí dụ 11.1

Năm thứ	Thu nhập thuần (triệu đồng)	$r_1=6\%$	$r_2=8\%$	$r_3=10\%$	$r_4=12\%$	$r_5=15\%$
1	-1510	-1424,53	-1398,15	-1372,73	-1348,21	-1313,04
2	-920	-818,80	-788,75	-760,33	-733,42	-695,65
3	-520	-436,60	-412,79	-390,68	-370,13	-341,91
4	690	546,54	507,17	471,28	438,51	394,51
5	690	515,61	469,60	428,44	391,52	343,05
6	690	486,42	434,82	389,49	349,58	298,31
7	690	458,89	402,61	354,08	312,12	259,40
8	690	432,91	372,79	321,89	278,68	225,56
9	690	408,41	345,17	292,63	248,82	196,14
10	690	385,29	319,60	266,02	222,16	170,56
11	690	363,48	295,93	241,84	198,36	148,31
Tổng	NPV	917,64	548,00	241,92	-12,01	-314,77

Ngày nay, với sự trợ giúp của máy tính điện tử, chẳng hạn như phần mềm EXCEL của hãng Microsoft đã ngầm định sẵn các hàm để tính các chỉ tiêu kinh tế trong đó có NPV và IRR. Sử dụng hàm NPV trong EXCEL cũng thu được kết quả $IRR = 11,897\%$.

(b) Sử dụng IRR trong đánh giá hiệu quả đầu tư

Hiện nay IRR là chỉ tiêu được sử dụng rộng rãi nhất. Vì việc tính toán IRR chỉ cần dựa vào một tỷ lệ chiết khấu tính sẵn (định mức chọn trước - gọi là "Suất thu lợi tối thiểu chấp nhận được" - đó là tỷ suất dùng làm hệ số chiết tính để tính toán các giá trị tương đương cũng như để làm "ngưỡng" trong việc chấp nhận hay bác bỏ một phương án đầu tư). Về bản chất IRR rất giống với tỷ suất lợi nhuận vốn đầu tư, vì vậy nó cũng rất dễ hiểu đối với mọi người.

Tuy nhiên, IRR cũng có một số hạn chế. Chẳng hạn IRR không thể sử dụng để lựa chọn giữa các dự án độc lập khi vốn đầu tư có giới hạn. Để tính được IRR, trong dòng tiền nhất thiết phải có ít nhất một thời đoạn trong đó thu nhập ròng mang dấu âm (tổng chi phí lớn hơn tổng thu nhập) bởi vì trong trường hợp ngược lại thì NPV luôn lớn hơn không với mọi r (phương trình 11.17 sẽ vô nghiệm).

Cần lưu ý một số trường hợp khi sử dụng chỉ tiêu IRR khi đánh giá hiệu quả kinh tế dự án và lựa chọn phương án đầu tư:

+ Trường hợp các dự án độc lập và vốn đầu tư không bị giới hạn thì tất cả các dự án có IRR lớn hơn hoặc bằng tỷ suất chiết khấu quy định, thì dự án được xem là có hiệu quả kinh tế.

+ Đối với các dự án loại trừ nhau thì sử dụng chỉ tiêu IRR sẽ không hoàn toàn chính xác, lúc này nên sử dụng chỉ tiêu NPV sẽ đơn giản hơn.

+ Trường hợp có nhiều dự án độc lập với IRR lớn hơn tỷ lệ chiết khấu quy định trong khi nguồn vốn đầu tư có hạn thì không thể sử dụng chỉ tiêu IRR để lựa chọn mà phải dùng các chỉ tiêu khác.

3. Tỷ số lợi ích - chi phí (B/C)

(a) Khái niệm về tỷ số lợi ích - chi phí

Tỷ số lợi ích - chi phí (Benefit-Costs Ratio) còn có tên là "Hệ số kết quả chi phí" ký hiệu B/C (hoặc BCR) là tỷ lệ giữa tổng giá trị quy về hiện tại của dòng thu với tổng giá trị quy về hiện tại của dòng chi phí (gồm cả chi phí về vốn đầu tư và chi phí vận hành).

Từ định nghĩa, chúng ta có công thức tính B/C như sau:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (11.19)$$

Trong đó: B/C - tỷ số lợi ích - chi phí;

t - thời điểm tính toán, thường là cuối các năm, $t = 1, 2, \dots, n$;

B_t - tổng thu nhập của dự án trong năm t;

C_t - tổng chi phí của dự án trong năm t.

Một dự án được coi là có hiệu quả kinh tế, thì tỷ số B/C phải lớn hơn 1. Điều này cũng có nghĩa là tổng giá trị quy về hiện tại của thu nhập (tử số) lớn hơn tổng giá trị quy về hiện tại của chi phí (mẫu số). Như vậy, điều kiện này cũng chính là đảm bảo $NPV > 0$ và $IRR > r^*$. Cũng giống như IRR, chỉ tiêu B/C không nên sử dụng trực tiếp để lựa chọn giữa các dự án loại trừ nhau hoặc lựa chọn giữa các dự án độc lập khi vốn đầu tư có hạn.

(b) Tính toán tỷ số lợi ích - chi phí

Việc tính toán tỷ số B/C không có gì khó khăn, có thể tính trực tiếp theo công thức (11.19), cũng có thể sử dụng các phần mềm đã có như EXCEL để tính giá trị quy về hiện tại của dòng tiền thu và dòng tiền chi, sau đó tính B/C. Dưới đây là một thí dụ về tính toán tỷ số B/C trực tiếp từ công thức (11.19).

Thí dụ 11.2: Hãy tính tỷ số B/C của dự án thủy lợi như trong thí dụ 11.1 với dòng tiền tệ được cho trong bảng 11.1 và tỷ lệ chiết khấu $r = 10\%$. Từ số liệu của bảng 11.1 có thể tính ra dòng tiền chi và dòng tiền thu của dự án như trong bảng 11.3.

+ Trường hợp các dự án độc lập và vốn đầu tư không bị giới hạn thì tất cả các dự án có IRR lớn hơn hoặc bằng tỷ suất chiết khấu quy định, thì dự án được xem là có hiệu quả kinh tế.

+ Đối với các dự án loại trừ nhau thì sử dụng chỉ tiêu IRR sẽ không hoàn toàn chính xác, lúc này nên sử dụng chỉ tiêu NPV sẽ đơn giản hơn.

+ Trường hợp có nhiều dự án độc lập với IRR lớn hơn tỷ lệ chiết khấu quy định trong khi nguồn vốn đầu tư có hạn thì không thể sử dụng chỉ tiêu IRR để lựa chọn mà phải dùng các chỉ tiêu khác.

3. Tỷ số lợi ích - chi phí (B/C)

(a) Khái niệm về tỷ số lợi ích - chi phí

Tỷ số lợi ích - chi phí (Benefit-Costs Ratio) còn có tên là "Hệ số kết quả chi phí" ký hiệu B/C (hoặc BCR) là tỷ lệ giữa tổng giá trị quy về hiện tại của dòng thu với tổng giá trị quy về hiện tại của dòng chi phí (gồm cả chi phí về vốn đầu tư và chi phí vận hành).

Từ định nghĩa, chúng ta có công thức tính B/C như sau:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (11.19)$$

Trong đó: B/C - tỷ số lợi ích - chi phí;

t - thời điểm tính toán, thường là cuối các năm, $t = 1, 2, \dots, n$;

B_t - tổng thu nhập của dự án trong năm t;

C_t - tổng chi phí của dự án trong năm t.

Một dự án được coi là có hiệu quả kinh tế, thì tỷ số B/C phải lớn hơn 1. Điều này cũng có nghĩa là tổng giá trị quy về hiện tại của thu nhập (tử số) lớn hơn tổng giá trị quy về hiện tại của chi phí (mẫu số). Như vậy, điều kiện này cũng chính là đảm bảo $NPV > 0$ và $IRR > r^*$. Cũng giống như IRR, chỉ tiêu B/C không nên sử dụng trực tiếp để lựa chọn giữa các dự án loại trừ nhau hoặc lựa chọn giữa các dự án độc lập khi vốn đầu tư có hạn.

(b) Tính toán tỷ số lợi ích - chi phí

Việc tính toán tỷ số B/C không có gì khó khăn, có thể tính trực tiếp theo công thức (11.19), cũng có thể sử dụng các phần mềm đã có như EXCEL để tính giá trị quy về hiện tại của dòng tiền thu và dòng tiền chi, sau đó tính B/C. Dưới đây là một thí dụ về tính toán tỷ số B/C trực tiếp từ công thức (11.19).

Thí dụ 11.2: Hãy tính tỷ số B/C của dự án thủy lợi như trong thí dụ 11.1 với dòng tiền tệ được cho trong bảng 11.1 và tỷ lệ chiết khấu $r = 10\%$. Từ số liệu của bảng 11.1 có thể tính ra dòng tiền chi và dòng tiền thu của dự án như trong bảng 11.3.

Bảng 11.3: Dòng tiền chi và thu của dự án thủy lợi trong thí dụ 11.2

Năm thứ	Dòng tiền chi (triệu đồng)	Dòng tiền thu (triệu đồng)
1	1510	0
2	920	0
3	520	0
4	1170	1860
5	1170	1860
6	1170	1860
7	1170	1860
8	1170	1860
9	1170	1860
10	1170	1860
11	1170	1860

Giải: Kết quả tính toán theo công thức (11.19) với tỷ lệ chiết khấu $r = 10\%$ mỗi năm, được ghi trong bảng 11.4 dưới đây.

Bảng 11.4: Kết quả tính B/C của dự án thủy lợi trong thí dụ 11.2

Năm thứ	Dòng tiền chi (triệu đồng)	Giá trị hiện tại của dòng chi	Dòng tiền thu (triệu đồng)	Giá trị hiện tại của dòng thu
1	1510	1372,73	0	0,00
2	920	760,33	0	0,00
3	520	390,68	0	0,00
4	1170	799,13	1860	1270,41
5	1170	726,48	1860	1154,91
6	1170	660,43	1860	1049,92
7	1170	600,39	1860	954,47
8	1170	545,81	1860	867,70
9	1170	496,19	1860	788,82
10	1170	451,09	1860	717,11
11	1170	410,08	1860	651,92
Cộng		7.213,34		7.455,26
Giá trị B/C		$7.455,26/7.213,34 = 1,03$		

4. Mối quan hệ giữa NPV, IRR và B/C

(a) Mối quan hệ về toán học

Ba chỉ tiêu trên có quan hệ khăng khít với nhau về mặt toán học như trong bảng 11.5 dưới đây:

Bảng 11.5: Mối quan hệ toán học giữa NPV, IRR và B/C

NPV	IRR	B/C
Nếu $NPV > 0$	thì $IRR > r$	và $B/C > 1$
Nếu $NPV < 0$	thì $IRR < r$	và $B/C < 1$
Nếu $NPV = 0$	thì $IRR = r$	và $B/C = 1$

(b) Mối quan hệ trong phân tích so chọn phương án

Nói chung nếu NPV, IRR và B/C càng lớn thì dự án đầu tư càng hấp dẫn. Tuy nhiên khi so sánh lựa chọn phương án rất cần lưu ý những điểm sau:

- Cần làm rõ điều kiện so sánh giữa các dự án trước khi phân tích so chọn phương án. Thông thường người ta chia dự án thành ba loại:

- + Các dự án độc lập, không bị giới hạn về chi phí (vốn).
- + Các dự án độc lập, bị giới hạn về chi phí (vốn).
- + Các dự án loại trừ lẫn nhau.

- Đối với mỗi loại dự án trên đây, cần kết hợp các chỉ tiêu kinh tế để đánh giá và lưu ý những nhận xét trong bảng 11.6.

Bảng 11.6: Lưu ý khi so sánh các chỉ tiêu kinh tế - tài chính

Quy tắc chọn	NPV	IRR	B/C
Các dự án độc lập, chi phí không hạn định	Chọn mọi dự án với $NPV > 0$, không cần xếp hạng	Chọn mọi dự án với $IRR > r$	Chọn mọi dự án có $B/C > 1$, không cần xếp hạng
Các dự án độc lập, chi phí hạn định	Không thích hợp cho xếp hạng dự án	Xếp hạng dự án có thể dẫn đến quyết định không đúng	Xếp hạng dự án theo B/C luôn cho kết quả đúng
Các dự án loại trừ, chi phí không hạn định	Chọn lựa phương án với NPV lớn nhất	Chọn phương án có IRR lớn có thể không đúng	Chọn phương án có B/C lớn nhất có thể không đúng
Tỷ lệ chiết khấu (r)	Phải sử dụng hệ số chiết khấu thích hợp	Không cần hệ số chiết khấu chính xác	Phải sử dụng hệ số chiết khấu thích hợp

(3) Người lập dự án và phân tích đánh giá dự án cần đảm bảo tính khách quan trong quá trình tính toán. Vì quá trình tính toán diễn ra phức tạp với sự tham gia của nhiều yếu tố, cho nên rất dễ đưa thêm ý chủ quan vào. Để đảm bảo được điều này, trước khi tính toán cho các phương án cần phải lập nên một hệ thống các giả thiết cũng như mặt bằng và khung thời gian tính toán áp dụng chung cho tất cả các phương án tham gia so chọn.

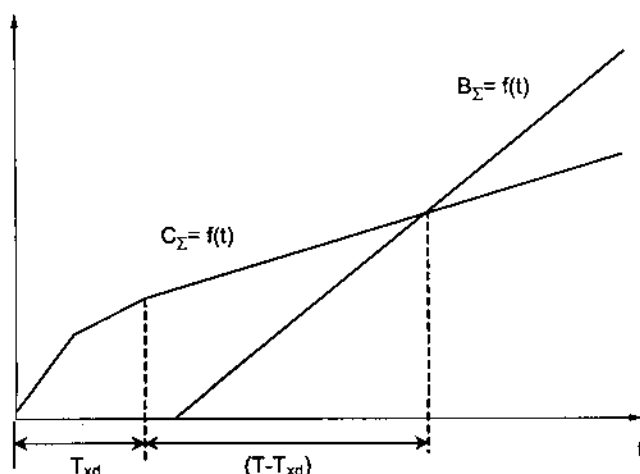
5. Thời gian hoàn vốn T_{hv}

Thời gian hoàn vốn (Payback period) của một dự án đầu tư là độ dài thời gian (tính bằng năm) để thu hồi đủ số vốn đầu tư ban đầu.

Thời gian hoàn vốn của một dự án đầu tư nói chung và của dự án thủy lợi nói riêng là một chỉ tiêu quan trọng nói lên hiệu quả đầu tư. Nếu coi tổng chi phí lũy tiến theo thời gian của dự án là đường $C_{\Sigma} = f(t)$ và đường tổng thu nhập lũy tiến theo thời gian là đường $B_{\Sigma} = f(t)$ như trên hình 11.3, tại giao điểm của hai đường này sẽ cho ta khoảng thời gian cần thiết (T_{hv}) để tổng thu nhập đúng bằng với tổng chi phí. Thời gian T_{hv} được gọi là thời gian hoàn vốn. Nói chung thời gian hoàn vốn của công trình thủy lợi được tính chẵn năm hoặc chẵn nửa năm và tính cả thời gian thi công xây dựng. Trong trường hợp không tính thời gian thi công xây dựng thì phải có những ghi chú cần thiết.

Dưới đây chúng ta sẽ nghiên cứu thêm một số khía cạnh liên quan đến thời gian hoàn vốn của một dự án đầu tư nói chung.

Nói chung, nếu rút ngắn được thời gian hoàn vốn sẽ tốt hơn đối với dự án đầu tư. Nếu thời gian thu hồi vốn đầu tư của dự án nhỏ hơn hoặc bằng thời gian thu hồi vốn đầu tư nhỏ nhất (hoặc định trước) thì dự án có thể được coi là có hiệu quả. Chỉ tiêu thời gian hoàn vốn được áp dụng chung cho mọi dự án đầu tư sản xuất kinh doanh. Xuất phát từ mục đích nghiên cứu, chỉ tiêu thời gian thu hồi vốn đầu tư được xem xét từ hai góc độ: thời gian thu hồi vốn đầu tư từ lợi nhuận thuần và thời gian thu hồi vốn đầu tư từ lợi nhuận thuần cộng khấu hao.



Hình 11.3: Thời gian hoàn vốn (T_{hv}) của dự án

(a) Thời gian thu hồi vốn đầu tư từ lợi nhuận thuần

Thời gian thu hồi vốn đầu tư từ lợi nhuận thuần (ký hiệu là T_i) là số năm cần hoạt động để tổng số lợi nhuận thuần thu được (hàng năm hoặc bình quân năm) đủ để hoàn trả toàn bộ số vốn đầu tư ban đầu. Tùy theo cách tính toán lợi nhuận thuần hàng năm, tùy theo tiến trình trả nợ mà có một số cách tính T_i như sau:

(b) Thời gian thu hồi vốn đầu tư theo tình hình hoạt động từng năm

Trường hợp này được áp dụng ở bước phân tích sơ bộ, thường trong quá trình nghiên cứu tiền khả thi, T_i được tính theo công thức:

$$T_i = \frac{I_0}{W} \quad (11.20)$$

Trong đó: I_0 - tổng số vốn đầu tư ban đầu cho dự án;

T_i - thời gian thu hồi vốn giản đơn chưa xét đến giá trị thời gian của tiền;

W - lợi nhuận của một năm nào đó lấy ở mức độ bình quân.

Trong giai đoạn nghiên cứu khả thi, T_i được tính có xét đến giá trị thời gian của tiền:

$$T_i = \frac{I_0}{W_{PV}} \quad (11.21)$$

Trong đó: I_0 - tổng số vốn đầu tư ban đầu cho dự án;

T_i - thời gian thu hồi vốn đã xét đến giá trị thời gian của tiền;

W_{PV} - lợi nhuận quy về hiện tại của một năm nào đó lấy ở mức độ bình quân.

Chỉ tiêu T_i này được dùng để so sánh hiệu quả sử dụng vốn đầu tư giữa các dự án hoặc giữa các năm của đời dự án.

(c) Thời gian thu hồi vốn đầu tư theo tình hình hoạt động bình quân cả đời dự án

$$T_i = \frac{I_0}{W_{PV}} \quad (11.22)$$

Trong đó: I_0 - tổng số vốn đầu tư ban đầu cho dự án;

T_i - thời gian thu hồi vốn đã xét đến giá trị thời gian của tiền;

W_{PV} - lợi nhuận năm bình quân quy về hiện tại trong cả đời dự án.

Chỉ tiêu này dùng để so sánh hiệu quả sử dụng vốn đầu tư giữa các dự án và chỉ tính trong nghiên cứu khả thi.

(d) Thời gian thu hồi vốn đầu tư theo tổng lợi nhuận thuần cộng dồn

Theo cách này, người ta tính lũy tích lợi nhuận cộng dồn của dự án theo các năm hoạt động, khi nào giá trị lũy tích bằng tổng đầu tư ban đầu thì lúc đó dự án được hoàn trả vốn. Có thể biểu diễn cách tính này như sau:

$$\text{khi:} \quad \sum_{t=0}^T W_{tPV} = I_0 \quad (11.23)$$

Thì ta sẽ có được $T_i = T$

Với T là năm tổng lợi nhuận cộng dồn từ năm bắt đầu sản xuất kinh doanh đến năm mà tổng này bằng vốn đầu tư tính ở mặt bằng thời gian của năm bắt đầu sản xuất kinh doanh.

(e) Thời gian thu hồi vốn đầu tư theo cách trừ dần lợi nhuận thu được hàng năm

Thực chất đây là cách tính khác của công thức (11.23) mà thôi:

$$\text{khi:} \quad I_0 - \sum_{t=0}^T W_{tPV} = 0 \quad (11.24)$$

Thì ta sẽ có được $T_i = T$.

Với T là năm mà nợ vốn đầu tư còn lại trừ lợi nhuận thu được tại năm T bằng không.

6. Một số chỉ tiêu kinh tế khác

(a) Suất đầu tư cho 1ha tưới (tiêu): Được tính bằng tỷ số giữa tổng đầu tư (K) chia cho diện tích tưới hoặc tiêu. Đơn vị thường là: triệu đồng/ha.

(b) Chi phí hàng năm cho 1 đơn vị sản phẩm: Được tính bằng tỷ số giữa tổng chi phí trong 1 năm chia cho đơn vị sản lượng (thí dụ 1 tấn lương thực). Chi phí này sẽ quyết định giá thành của sản phẩm và giá bán sản phẩm trên thị trường.

Dưới đây là một thí dụ tính toán các chỉ tiêu kinh tế của một dự án thủy lợi phục vụ tưới trong nông nghiệp.

Thí dụ 11.3: Hai phương án của một dự án đầu tư thủy lợi có số liệu như sau:

Phương án / Chỉ tiêu	Phương án 1 (đ)	Phương án 2 (đ)
Đầu tư: + Đầu tư công trình (K_{xd})	15.000.000.000	15.000.000.000
+ Đầu tư thiết bị (K_{tb})	5.000.000.000	3.500.000.000
Chi phí hàng năm:		
+ Chi lương công nhân (C_l)	30.000.000	24.000.000
+ Chi điện nước (C_d)	90.000.000	70.000.000
+ Duy tu bảo dưỡng công trình (C_{b-xd})	150.000.000	150.000.000
+ Duy tu bảo dưỡng thiết bị (C_{b-tb})	25.000.000	17.500.000
+ Nguyên nhiên liệu (C_g)	0	1.050.000.000
+ Chi phí khác	29.500.000	65.575.000
Thu nhập hàng năm:	7.500.000.000	7.000.000.000

Biết thời gian tính khấu hao như sau:

+ Thời gian tính khấu hao cho phần công trình là 25 năm.

+ Thời gian tính khấu hao cho phần thiết bị là 20 năm.

+ Khấu hao theo quy luật tuyến tính giảm dần.

Hãy tính các chỉ tiêu kinh tế của Phương án 1 nếu biết:

+ Mật bằng tính toán là năm thứ nhất của dự án.

+ Thời gian tính toán là 20 năm không kể thời gian thi công.

+ Tỷ lệ chiết khấu lấy là $r = 10\%$ năm.

+ Bỏ qua chi phí bảo hiểm và trả lãi vay vì coi nguồn vốn là ngân sách cấp.

+ Thời gian thi công xây dựng công trình là 2 năm, đầu tư phân bổ đều trong 2 năm đó.

+ Diện tích tưới là 500 ha

Giải: Từ số liệu đã cho, ta dễ dàng tính được chi phí cố định năm thứ nhất là: 10.000.000.000 đ

Chi phí cố định năm thứ 2 là: 10.000.000.000 đ

Chi phí hàng năm từ năm thứ 3 trở đi là: 1.174.500.000 (kể cả khấu hao công trình và thiết bị)

- Tính chỉ tiêu tương đối:

+ Suất đầu tư cho 1ha tưới: $K_F = 20.000.000.000 : 1000 = 40.000.000$ đ/ha

- Tính các chỉ tiêu kinh tế (NPV, IRR, B/C, T): Như trong bảng dưới đây

(Đơn vị tính: 1.000 đồng)

Năm thứ	Chi phí (C)	Thu nhập (DT)	B = C - DT	C quy về hiện tại	DT quy về hiện tại	B quy về hiện tại	B quy về hiện tại cộng dồn
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	10.000.000	0	-10.000.000	9.090.909	0	-9.090.909	-9.090.909
2	10.000.000	0	-10.000.000	8.264.463	0	-8.264.463	-17.355.372
3	1.174.500	7.500.000	6.325.500	882.419	5.634.861	4.752.442	-12.602.930
4	1.174.500	7.500.000	6.325.500	802.199	5.122.601	4.320.402	-8.282.529
5	1.174.500	7.500.000	6.325.500	729.272	4.656.910	3.927.638	-4.354.891
6	1.174.500	7.500.000	6.325.500	662.975	4.233.554	3.570.580	-784.311
7	1.174.500	7.500.000	6.325.500	602.704	3.848.686	3.245.982	2.461.671
8	1.174.500	7.500.000	6.325.500	547.913	3.498.805	2.950.892	5.412.563
9	1.174.500	7.500.000	6.325.500	498.103	3.180.732	2.682.629	8.095.193
10	1.174.500	7.500.000	6.325.500	452.821	2.891.575	2.438.754	10.533.947
11	1.174.500	7.500.000	6.325.500	411.655	2.628.704	2.217.049	12.750.996
12	1.174.500	7.500.000	6.325.500	374.232	2.389.731	2.015.499	14.766.495
13	1.174.500	7.500.000	6.325.500	340.211	2.172.483	1.832.272	16.598.767
14	1.174.500	7.500.000	6.325.500	309.283	1.974.984	1.665.702	18.264.469
15	1.174.500	7.500.000	6.325.500	281.166	1.795.440	1.514.274	19.778.744
16	1.174.500	7.500.000	6.325.500	255.605	1.632.219	1.376.613	21.155.357
17	1.174.500	7.500.000	6.325.500	232.369	1.483.835	1.251.466	22.406.823
18	1.174.500	7.500.000	6.325.500	211.244	1.348.941	1.137.697	23.544.520
19	1.174.500	7.500.000	6.325.500	192.040	1.226.310	1.034.270	24.578.790
20	1.174.500	7.500.000	6.325.500	174.582	1.114.827	940.245	25.519.035
21	1.174.500	7.500.000	6.325.500	158.711	1.013.479	854.768	26.373.803
22	1.174.500	7.500.000	6.325.500	144.283	921.345	777.062	27.150.866
Tổng	43.490.000	150.000.000	106.510.000	25.619.158	52.770.023	27.150.866	
NPV = 27.150.866	IRR = 27,58%		B/C = 2,06		T = 7 năm		

Trong đó:

cột (1): là thứ tự năm tính toán, năm thứ nhất là năm lấy làm mặt bằng tính toán

cột (2): là chi phí hàng năm, hai năm đầu là đầu tư xây dựng

cột (3): là thu nhập thô hàng năm, 2 năm thi công không có thu nhập

cột (4): là thu nhập (DT) trừ đi chi phí (C) của năm

cột (5): là chi phí mỗi năm quy về hiện tại năm thứ nhất

cột (6): là thu nhập mỗi năm quy về hiện tại năm thứ nhất

cột (7): là thu nhập trừ chi phí quy về hiện tại năm thứ nhất

cột (8): là cộng dồn của cột (7) mà kết quả cuối cùng chính là NPV

NPV = 27,150866 tỷ đồng

IRR = 27,58% là kết quả sau khi tính thử dần

B/C = 52.770.023 : 25.619.158 = 2,06

T = 7 năm là ứng với năm thứ 7 của cột (8) bắt đầu cho lợi nhuận dương

11.4.2. Phân tích hiệu quả kinh tế dự án tưới tiêu

Theo phương pháp phân tích chi phí-lợi ích, quá trình đánh giá hiệu quả kinh tế dự án nói chung và dự án tưới tiêu nói riêng cần qua các bước sau:

Bước 1: Tính toán chi phí của dự án (bao gồm cả đầu tư)

Bước 2: Phân bổ vốn đầu tư cho thời gian thi công

Bước 3: Tính toán thu nhập của dự án

Bước 4: Lựa chọn khung thời gian tính toán và hệ số chiết khấu

Bước 5: Tính toán các chỉ tiêu kinh tế cần thiết (NPV, IRR, B/C, T_{hv} ...)

Bước 6: Phân tích và đánh giá độ nhạy và kết luận về hiệu quả đầu tư của dự án

Để làm rõ các bước trên, chúng ta hãy nghiên cứu thí dụ 11.4 dưới đây.

Thí dụ 11.4: Phân tích hiệu quả kinh tế dự án tưới tiêu NL ở tỉnh HB với các thông số sau:

1. Nhiệm vụ của dự án

Dự án thủy lợi phục vụ nông nghiệp NL thuộc tỉnh HB có các nhiệm vụ chủ yếu là:

- Xử lý chống thấm mất nước lòng hồ và ven hồ cho hai hồ chứa;
- Đảm bảo cấp nước tưới cho 550 ha lúa nước 2 vụ ăn chắc;
- Tiêu bao lái lũ cho 3 xã với 600 ha diện tích đất ở và đất gieo trồng;
- Nuôi thả cá, cấp nước sinh hoạt, tạo cảnh quan du lịch và bảo vệ môi trường sinh thái.

2. Thành phần công trình

Dự án NL bao gồm những thành phần công trình chính như sau:

1. Tuyến kè đá xây chống mất nước ngang: 2.600 m;
2. Xử lý hang động karst cục bộ trong lòng hồ;
3. Đập: xây dựng 2 đập đất;
4. Tràn xả lũ: 2 tràn xả lũ;
5. Cống lấy nước: 4 cống Φ 400 + nhà van + cầu công tác (mỗi hồ 2 cống);
6. Đê bao lái lũ: tuyến dài 5.000m;
7. Cống tiêu nước qua đê bao lái lũ: 3 cống;
8. Hệ thống kênh chính cấp nước tưới và công trình trên kênh: 8km;
9. Kênh cấp 2 dài 8 km;
10. Nhà quản lý

3. Tổng mức đầu tư xây dựng dự án

Tổng vốn đầu tư xây dựng = 24.018.249.236,0 đồng

Trong đó phân bổ như sau:

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Chi phí xây lắp | = 18.904.611.222,0 đồng |
| 2. Chi phí thiết bị | = 210.000.000,0 đồng |
| 3. Chi phí XDCh khác | = 3.103.198.850,0 đồng |
| 4. Dự phòng phí | = 1.800.439.164,0 đồng |

4. Phân bổ đầu tư cho các năm xây dựng

Thời gian thi công toàn bộ 10 hạng mục công trình của dự án được kéo dài trong 2 năm với mức phân bổ vốn như sau:

- | | |
|--------------|-------------------------|
| Năm thứ nhất | = 10.000.000.000,0 đồng |
| Năm thứ hai | = 14.018.249.000,0 đồng |

5. Tính chi phí hàng năm của dự án

Chi phí hàng năm của dự án được tính toán như sau.

1. Chi phí duy tu bảo dưỡng hàng năm (C_1) lấy bằng 0,2% của tổng đầu tư K (cho cả thiết bị và công trình).

2. Chi phí lương công nhân & quản lý (C_2):

- Số công nhân quản lý hồ, đập và cống: 2 người;
- Cán bộ kỹ thuật quản lý hệ thống tưới và tiêu: 2 người;
- Mức lương tháng bình quân của mỗi cán bộ công nhân là: 400000^d;

- Tổng quỹ lương và bảo hiểm xã hội một năm cho quản lý vận hành đập và hệ thống tưới của dự án là (trong đó 25% cho bảo hiểm xã hội, y tế):

$$C_2 = 1,25 \times (400000^d \times 4 \times 12 \text{ tháng}) = 24 \text{ triệu đồng/năm}$$

3. Chi phí phân, thuốc trừ sâu và lao động nông nghiệp tạm lấy bằng 15% của thu nhập từ nông sản (C_3).

4. Các chi phí khác (C_4): Các chi phí khác trong năm được ước tính bằng 15% của tổng:

$$15\%(C_1 + C_2 + C_3)$$

5. Tổng chi phí hàng năm của dự án được thống kê trong bảng 11.7.

Bảng 11.7: Chi phí hàng năm của dự án NL

Khoản mục	Chi phí (đồng)
1. Duy tu bảo dưỡng C_1	48.037.000,00
2. Lương công nhân C_2	24.000.000,00
3. Thuốc trừ sâu, giống... C_3	1.151.100.000,00
4. Chi phí khác C_4	183.470.000,00
5. Khấu hao tài sản cố định (25 năm)	960.730.000,00
Tổng chi phí hàng năm	2.367.337.000,00

6. Tính toán thu nhập hàng năm của dự án

- Thu nhập của dự án được tính chủ yếu từ thu nhập của cây lúa, ngô, dưa và nông sản khác đối với nhiệm vụ tưới. Và tiền giảm thiểu thiệt hại của lũ úng đối với nhiệm vụ tiêu.

- Thu nhập hàng năm của dự án trong thời kỳ ổn định được ước tính cho các mức độ cấp nước được thể hiện ở hai bảng dưới đây. Chỉ tính phần diện tích được tưới tăng thêm sau khi có dự án là 550 ha lúa vụ chiêm và chênh lệch năng suất của vụ màu.

Bảng 11.8: Tính thu nhập hàng năm của dự án

T.T	Cây trồng Vật nuôi	Tính thu nhập hàng năm			
		Diện tích cả năm (ha)	Năng suất (tạ/ha)	Sản lượng quy thóc (tấn)	Thành tiền (đồng)
1	Cây lúa vụ chiêm	550	50	2750	4.950.000.000
2	Ngô	300	18	540	972.000.000
3	Rau đậu khác	200	17	340	612.000.000
4	Nuôi thả cá	(8.000đ/kg)	-	80 tấn/năm	640.000.000
5	Giảm lũ úng	600	-	-	500.000.000
	Tổng cộng	550			7.674.000.000

7. Chọn khung thời gian tính toán và hệ số chiết khấu

Đối với dự án tưới tiêu NL, khung thời gian tính toán được chọn là 25 năm không kể 2 năm thi công xây dựng công trình. Hệ số chiết khấu được chọn $r = 10\%$.

8. Phân tích hiệu quả kinh tế cho phương án gốc

Kết quả phân tích hiệu quả của phương án gốc được tổng hợp dưới đây. Phân tích chi tiết cho trong bảng 11.10.

1. Tổng đầu tư:	24.018.249.236,0 đồng
2. Đầu tư cho nhiệm vụ tưới:	18.951.550.000,0 đồng
3. Đầu tư cho nhiệm vụ tiêu lái lũ:	5.066.699.236,0 đồng
4. Tổng diện tích lúa, màu được tưới:	550 ha
5. Tổng diện được tiêu:	600 ha
6. Suất đầu tư tưới cho 1 ha:	34.457.000,0 đồng
7. Suất đầu tư tiêu cho 1 ha:	8.444.500,0 đồng
8. Giá trị quy về hiện tại (NPV):	19.165.739.000,0 đồng
9. Hệ số chiết khấu:	10 %
10. Suất thu hồi nội tại (IRR):	20,24 %
11. Tỷ số thu nhập-chi phí (B/C):	1,50
12. Thời gian hoàn vốn:	5 năm

9. Đánh giá độ nhạy

Đánh giá độ nhạy được tính cho 3 trường hợp có thể rủi ro so với phương án gốc, đó là:

- Trường hợp 1: Vốn tăng 10% so với phương án gốc.
- Trường hợp 2: Thu nhập hàng năm giảm 10% so với phương án gốc
- Trường hợp 3: Vốn tăng 10% và thu nhập giảm 10% so với phương án gốc.

Các chỉ tiêu kinh tế của 3 trường hợp trên so với phương án gốc được thống kê trong bảng 11.9.

Bảng 11.9: Tổng hợp kết quả phân tích độ nhạy của dự án NL

Chỉ tiêu kinh tế	Các trường hợp phân tích độ nhạy			
	Phương án gốc	Trường hợp 1	Trường hợp 2	Trường hợp 3
Tổng đầu tư (10^6 đồng)	24.018,249	26.420,074	24.018,249	26.420,074
Thu nhập năm (10^6 đồng)	7.674,000	7.674,000	6.906,600	6.906,600
NPV (10^6 đồng)	19.165,739	17.098,115	13.408,945	11.341,321
IRR (%)	20,24	18,43	17,35	15,74
B/C	1,50	1,42	1,35	1,28
T_{bv} năm không kể thời gian thi công	5	5	6	6

Bảng 11.11, 11.12 và 11.13 là tính toán chi tiết cho 3 trường hợp phân tích độ nhạy ở trên.

Bảng 11.10: Phân tích kinh tế phương án gốc

(Đơn vị tính: 1000 đồng)

T.T	Năm thứ	Tổng chi phí			Tổng thu nhập	Phân tích kinh tế	
		Đầu tư	Chi phí năm	Tổng chi phí		Lợi ròng	Luỹ tiến
1	1	9.600.000	0	9.600.000	0	-9.600.000	-9.600.000
2	2	14.418.249	0	14.418.249	0	-14.418.249	-24.018.249
3	3		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-18.711.586
4	4		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-13.404.923
5	5		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-8.098.260
6	6		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-2.791.597
7	7		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	2.515.066
8	8		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	7.821.729
9	9		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	13.128.392
10	10		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	18.435.056
11	11		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	23.741.719
12	12		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	29.048.382
13	13		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	34.355.045
14	14		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	39.661.708
15	15		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	44.968.371
16	16		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	50.275.034
17	17		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	55.581.697
18	18		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	60.888.360
19	19		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	66.195.023
20	20		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	71.501.686
21	21		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	76.808.349
22	22		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	82.115.012
23	23		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	87.421.675
24	24		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	92.728.338
25	25		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	98.035.002
26	26		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	103.341.665
27	27		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	108.648.328
Chi phí quy về hiện tại = 38.402.199 Thu nhập quy về hiện tại = 57.567.938 NPV = 19.165.739 IRR = 20,24% B/C = 1,50 Thv = 5 năm (Không kể thời gian thi công)							

Bảng 11.11: Phân tích kinh tế phương án vốn tăng 10%
(Trường hợp 1)

(Đơn vị tính: 1000 đồng)

T.T	Năm thứ	Tổng chi phí			Tổng thu nhập	Phân tích kinh tế	
		Đầu tư	Chi phí năm	Tổng chi phí		Lợi ròng	Lũy tiến
1	1	10.600.000	0	10.600.000	0	-10.600.000	-10.600.000
2	2	15.820.074	0	15.820.074	0	-15.820.074	-26.420.074
3	3		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-21.113.411
4	4		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-15.806.748
5	5		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-10.500.085
6	6		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	-5.193.422
7	7		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	113.241
8	8		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	5.419.905
9	9		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	10.726.568
10	10		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	16.033.231
11	11		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	21.339.894
12	12		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	26.646.557
13	13		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	31.953.220
14	14		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	37.259.883
15	15		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	42.566.546
16	16		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	47.873.209
17	17		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	53.179.872
18	18		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	58.486.535
19	19		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	63.793.198
20	20		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	69.099.861
21	21		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	74.406.524
22	22		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	79.713.187
23	23		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	85.019.851
24	24		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	90.326.514
25	25		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	95.633.177
26	26		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	100.939.840
27	27		2.367.337	2.367.337	7.674.000	5.306.663	106.246.503
		Chi phí quy về hiện tại = 40.469.823					
		Thu nhập quy về hiện tại = 57.567.938					
		NPV = 17.098.115					
		IRR = 18,43%					
		B/C = 1,42					
		Thv = 5 năm (Không kể thời gian thi công)					

Bảng 11.12: Phân tích kinh tế phương án thu nhập giảm 10%
(Trường hợp 2)

(Đơn vị tính: 1000 đồng)

T.T	Năm thứ	Tổng chi phí			Tổng thu nhập	Phân tích kinh tế	
		Đầu tư	Chi phí năm	Tổng chi phí		Lợi ròng	Lũy tiến
1	1	9.600.000	0	9.600.000	0	-9.600.000	-9.600.000
2	2	14.418.249	0	14.418.249	0	-14.418.249	-24.018.249
3	3		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-19.478.986
4	4		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-14.939.723
5	5		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-10.400.460
6	6		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-5.861.197
7	7		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-1.321.934
8	8		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	3.217.329
9	9		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	7.756.592
10	10		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	12.295.856
11	11		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	16.835.119
12	12		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	21.374.382
13	13		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	25.913.645
14	14		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	30.452.908
15	15		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	34.992.171
16	16		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	39.531.434
17	17		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	44.070.697
18	18		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	48.609.960
19	19		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	53.149.223
20	20		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	57.688.486
21	21		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	62.227.749
22	22		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	66.767.012
23	23		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	71.306.275
24	24		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	75.845.538
25	25		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	80.384.802
26	26		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	84.924.065
27	27		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	89.463.328
Chi phí quy về hiện tại =				38.402.199			
Thu nhập quy về hiện tại =				51.811.144			
NPV =				13.408.945			
IRR =				17,35%			
B/C =				1,35			
Thv =				6 năm	(Không kể thời gian thi công)		

**Bảng 11.13: Phân tích kinh tế phương án vốn tăng 10% và thu nhập giảm 10%
(Trường hợp 3)**

(Đơn vị tính: 1000 đồng)

T.T	Năm thứ	Tổng chi phí			Tổng thu nhập	Phân tích kinh tế	
		Đầu tư	Chi phí năm	Tổng chi phí		Lợi ròng	Lũy tiến
1	1	10.600.000	0	10.600.000	0	-10.600.000	-10.600.000
2	2	15.820.074	0	15.820.074	0	-15.820.074	-26.420.074
3	3		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-21.880.811
4	4		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-17.341.548
5	5		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-12.802.285
6	6		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-8.263.022
7	7		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	-3.723.759
8	8		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	815.505
9	9		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	5.354.768
10	10		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	9.894.031
11	11		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	14.433.294
12	12		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	18.972.557
13	13		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	23.511.820
14	14		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	28.051.083
15	15		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	32.590.346
16	16		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	37.129.609
17	17		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	41.668.872
18	18		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	46.208.135
19	19		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	50.747.398
20	20		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	55.286.661
21	21		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	59.825.924
22	22		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	64.365.187
23	23		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	68.904.451
24	24		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	73.443.714
25	25		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	77.982.977
26	26		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	82.522.240
27	27		2.367.337	2.367.337	6.906.600	4.539.263	87.061.503
		Chi phí quy về hiện tại =		40.469.823			
		Thu nhập quy về hiện tại =		51.811.144			
		NPV =		11.341.321			
		IRR =		15,74%			
		B/C =		1,28			
		Thv =		6 năm		(Không kể thời gian thi công)	

10. Kết luận về hiệu quả đầu tư của dự án NL

Qua phân tích kinh tế cho phương án gốc và 3 trường hợp phân tích độ nhạy, kết quả cho thấy dự án tưới tiêu NL có hiệu quả cao ngay cả khi mức độ rủi ro cao với 10% vốn tăng và 10% thu nhập giảm.

11.5. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU TRONG ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ DỰ ÁN TÚI-TIÊU

Toán tối ưu được ứng dụng rất rộng rãi trong các ngành kinh tế quốc dân và trong lĩnh vực thủy lợi. Đặc biệt là quy hoạch tuyến tính, quy hoạch động và quy hoạch phi tuyến được sử dụng rộng rãi nhất. Do khuôn khổ của cuốn sách, dưới đây chỉ xin nêu một ứng dụng của bài toán quy hoạch tuyến tính.

11.5.1. Mô hình bài toán quy hoạch tuyến tính

Lý thuyết quy hoạch tuyến tính được ứng dụng rất rộng rãi và rất sớm trong kỹ thuật, kinh tế và kỹ thuật thủy lợi nói riêng. Mô hình tổng quát của bài toán QHTT dạng chính tắc được thể hiện như sau:

$$\text{Max (Min)} x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (11.25)$$

Thoả mãn các ràng buộc:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (11.26)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (11.27)$$

Trong đó: c_j - các hệ số của hàm mục tiêu;

a_{ij} - các hệ số của các ràng buộc;

b_i - các số hạng bên vế phải của ràng buộc.

Dưới dạng đại số, bài toán QHTT trên đây được biểu diễn như sau:

$$\text{Max (Min)} x_0 = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (11.28)$$

Thoả mãn các ràng buộc:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0 \quad (11.30)$$

Dưới dạng ma trận, bài toán QHTT trên đây được biểu diễn như sau:

$$\text{Max (Min)} x_0 = C^T X \quad (11.31)$$

Thỏa mãn các ràng buộc:

$$AX = b \quad (11.32)$$

$$X \geq 0 \quad (11.33)$$

Trong đó: C - véc tơ n phần tử hệ số hàm mục tiêu

X - véc tơ n phần tử biến chính

A - ma trận m x n phần tử hệ số của ràng buộc

b - véc tơ m phần tử số hạng vế phải của ràng buộc

Dưới dạng chuẩn, mô hình bài toán QHTT khác với dạng chính tắc là các dấu bằng ở điều kiện ràng buộc được thay bằng dấu $\leq$ và trở thành:

$$\text{Max (Min)} x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (11.34)$$

Thoả mãn các ràng buộc:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (11.35)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (11.36)$$

Khi thiết lập các bài toán thực tế, điều kiện ràng buộc có thể mang dấu bằng (=), dấu nhỏ hơn ($\leq$) hay dấu lớn hơn ($\geq$). Dù bài toán QHTT xuất phát như thế nào thì chúng ta cũng có thể dễ dàng đưa chúng về dạng chuẩn hoặc dạng chính tắc bằng một số phép biến đổi đơn giản. Khi vế trái của ràng buộc lớn hơn vế phải, chúng ta sẽ đưa về dấu nhỏ bằng cách nhân cả hai vế với (-1). Sau đó, muốn chuyển dấu nhỏ hơn thành dấu bằng, chúng ta sẽ thêm vào vế trái một số dương có giá trị lớn, lúc đó, số dương thêm vào sẽ trở thành biến phụ của bài toán QHTT.

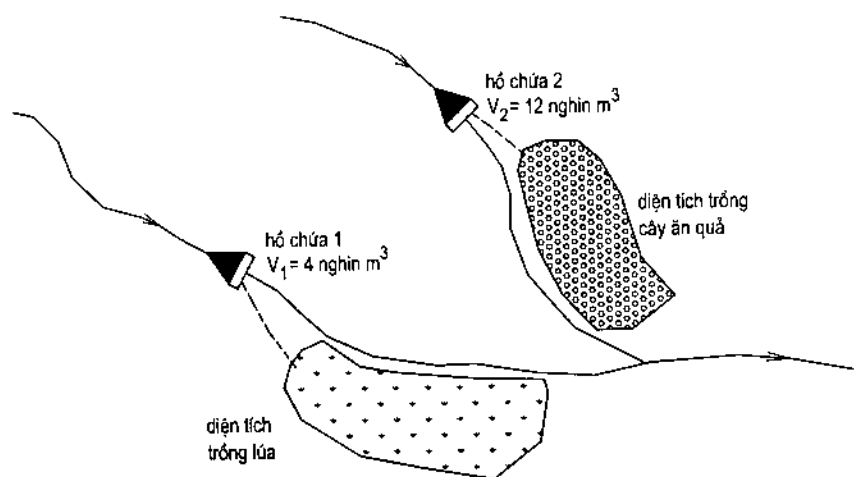
11.5.2. Thiết lập mô hình bài toán QHTT qua thí dụ minh họa

Để làm quen với bài toán QHTT và cách xây dựng mô hình của bài toán, trước tiên chúng ta nghiên cứu một thí dụ mang tính chất tiêu biểu trong lĩnh vực thủy lợi và nông nghiệp dưới đây.

Thí dụ 11.5: Tại lưu vực của con sông có 2 hồ chứa nước phục vụ tưới cho nông nghiệp. Mỗi hồ chứa phục vụ một khu đất trồng trọt của một xóm dân cư. Mỗi năm, hồ 1 có dung tích hữu ích đủ phục vụ 4 ha lúa nước. Hồ 2 có dung tích hữu ích đủ phục vụ tưới cho 12 ha cây ăn quả. Để có năng suất và sản lượng tốt, hàng năm, mỗi ha trồng lúa cần 1 nghìn m³ nước tưới và 3 trăm công lao động, còn mỗi ha cây ăn quả cần 2 nghìn m³ nước tưới và 2 trăm công lao động, trong khi số lao động tối đa của xóm là 18 trăm công. Nếu thu hoạch tốt, mỗi ha lúa có giá trị 3 10⁷ đồng, mỗi ha cây ăn quả có giá trị

5.10^7 đồng (xem minh họa ở hình 11.4). Dưới góc độ kinh tế, hội nông dân của xóm cần tính toán xem nên trồng bao nhiêu diện tích lúa, bao nhiêu diện tích cây ăn quả để có được thu nhập cao nhất trong năm.

Để đơn giản và tránh phức tạp bởi chuyển đổi đơn vị, vấn đề của xóm trên được phát biểu lại ngắn gọn lại như sau: Mỗi năm, hồ 1 có dung tích hữu ích đủ phục vụ 4 đơn vị diện tích cây lương thực. Hồ 2 có dung tích hữu ích đủ phục vụ tưới cho 12 đơn vị diện tích cây trồng khác. Hàng năm, mỗi đơn vị diện tích trồng cây lương thực cần 1 đơn vị nước tưới và 3 đơn vị công lao động, còn mỗi đơn vị diện tích cây trồng khác cần 2 đơn vị nước tưới và 2 đơn vị công lao động, trong khi khả năng tối đa của xóm là 18 đơn vị công lao động mỗi năm. Mỗi đơn vị diện tích cây lương thực cho 3 đơn vị tiền tệ, mỗi đơn vị diện tích cây trồng khác cho 5 đơn vị tiền tệ.



Hình 11.4: Thí dụ minh họa 11.5

Các điều kiện về tự nhiên, đất đai, trồng trọt, ... của xóm trên được tổng hợp trong bảng 11.14 dưới đây.

Bảng 11.14: Điều kiện của bài toán QHTT trong thí dụ 11.5

	Với diện tích cây lương thực	Với diện tích cây trồng khác	Khả năng và tính chất của nguồn lực	Tên của nguồn lực
Nhu cầu tưới cây lương thực	1	0	4	Hồ chứa 1
Nhu cầu tưới cây trồng khác	0	2	12	Hồ chứa 2
Nhu cầu về lao động	3	2	18	Lao động
Hiệu quả về kinh tế	3	5	-	Thu nhập

Như vậy, nguyện vọng của hội nông dân xóm dưới góc độ hiệu quả kinh tế (tổng thu nhập từ nông nghiệp trong năm) được thể diện dưới dạng toán học là:

$$X_0 = Z = 3X_1 + 5X_2 \quad (11.37)$$

Trong đó: X_1 - diện tích trồng cây lương thực

X_2 - diện tích trồng cây khác

Đương nhiên, mục tiêu và nguyện vọng của hội nông dân là tối đa tổng thu nhập này, tức là tối đa hàm Z , cũng từ đó hàm Z được gọi là hàm mục tiêu của bài toán và tiêu chuẩn tối ưu của hàm là Maximum, chúng ta có:

$$\text{Max } Z = 3X_1 + 5X_2 \quad (11.38)$$

Với giả thiết là diện tích trồng trọt phải được cung cấp đủ nước tưới, đủ công lao động để cho sản lượng cao, trong khi khả năng về nguồn nước, khả năng lao động là có hạn, chúng ta cần tiếp tục giúp đỡ hội nông dân của xóm, xây dựng các điều kiện của hàm mục tiêu trên.

Về mặt khả năng của nguồn lực, hàm mục tiêu cần thoả mãn hai giới hạn. Giới hạn về khả năng cấp nước tưới của hồ 1 và hồ 2.

Đối với hồ 1: Do hồ 1 chỉ tưới cho diện tích trồng cây lương thực, với nhu cầu nước cho cây là 1 đơn vị thể tích nước tưới cho mỗi đơn vị diện tích, trong khi khả năng cấp nước của hồ là 4 đơn vị thể tích tưới mỗi năm. Chúng ta có:

$$X_1 \leq 4 \quad (11.39)$$

Đối với hồ 2: Hồ 2 chỉ tưới cho diện tích trồng cây khác, với nhu cầu nước cho cây là 2 đơn vị thể tích nước tưới cho mỗi đơn vị diện tích, trong khi khả năng cấp nước của hồ là 12 đơn vị thể tích tưới mỗi năm. Chúng ta có:

$$2X_2 \leq 12 \quad (11.40)$$

Hay:

$$X_2 \leq 6 \quad (11.41)$$

Về mặt lao động: khả năng cung cấp lao động của xóm là 18 đơn vị công lao động trong mỗi năm, trong khi nhu cầu cần 3 đơn vị công lao động cho mỗi đơn vị diện tích trồng cây lương thực và 2 đơn vị công lao động cho mỗi đơn vị diện tích trồng cây khác. Về toán học, điều kiện giới hạn về lao động được viết như sau:

$$3X_1 + 2X_2 \leq 18 \quad (11.42)$$

Các bất phương trình (11.39), (11.41) và (11.42) được gọi là các điều kiện ràng buộc về khả năng của nguồn lực (Functional Constraints). Khi cần biến đổi dấu bất đẳng thức hoặc chuyển thành đẳng thức, người ta chỉ tác động vào loại điều kiện ràng buộc này.

Còn một loại điều kiện ràng buộc nữa là ràng buộc về tính chất vật lý của biến (Physical Constraints), trong thí dụ này có hai biến là diện tích đất trồng cây lương thực

(X_1) và diện tích đất trồng cây khác (X_2). Về nguyên tắc, diện tích gieo trồng là hữu hạn nhưng giá trị có thể là rất lớn. Còn về mặt tính chất vật lý, rõ ràng diện tích gieo trồng không thể là số âm được (-). Do đó, chúng ta có:

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0 \quad (11.43)$$

Bây giờ bài toán mà hội nông dân xóm đặt ra đã được thiết lập xong, bài toán này chính là một bài toán QHTT, mô hình cụ thể như sau:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & Z = 3X_1 + 5X_2 \\ \text{Thỏa mãn} \quad & \\ X_1 \leq & 4 \\ X_2 \leq & 12 \\ 3X_1 + 2X_2 \leq & 18 \\ X_1, X_2 \geq & 0 \end{aligned} \quad (11.44)$$

Mô hình (11.44) là mô hình một bài toán QHTT dạng chuẩn, chúng ta có thể đưa thêm các biến phụ vào các điều kiện ràng buộc về khả năng để chuyển thành dấu bằng và đưa mô hình về dạng bài toán QHTT dạng chính tắc. Khi đó (11.44) trở thành:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & Z = 3X_1 + 5X_2 \\ \text{Thỏa mãn} \quad & \\ X_1 + X_3 = & 4 \\ X_2 + X_4 = & 12 \\ 3X_1 + 2X_2 + X_5 = & 18 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq & 0 \end{aligned} \quad (11.45)$$

11.5.3. Giải bài toán QHTT

1. Giải bằng phương pháp hình học

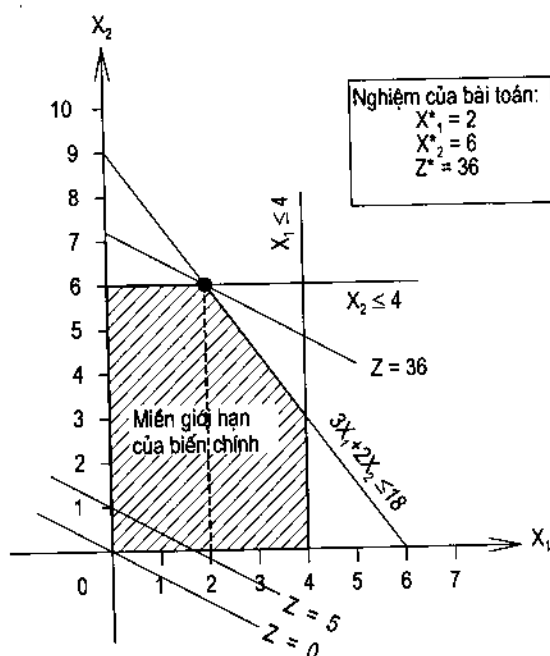
Để giải bài toán QHTT bằng phương pháp hình học, chúng ta sử dụng mô hình bài toán đã thiết lập cho thí dụ 11.4. Xét mô hình bài toán QHTT dạng chuẩn (11.44), ta thấy tồn tại 2 biến chính là X_1 và X_2 , với chỉ 2 biến, chúng ta có thể dễ dàng nghiên cứu lời giải bằng phương pháp hình học trên không gian 2 chiều (mặt phẳng), để từ đó có thể rút ra những tính chất tổng quát cho bài toán nhiều biến.

Trước tiên cần xác định miền biến thiên của biến chính. Do có ràng buộc không âm đối với biến chính, chúng ta chỉ cần xét trên 1/4 mặt phẳng mà ($X_1, X_2 \geq 0$) trong hình 11.5. Sau đó tới điều kiện ràng buộc (11.39), ràng buộc này chính là phần mặt phẳng nằm bên trái đường thẳng $X_1 = 4$. Tương tự, đối với ràng buộc (11.41) là phần mặt phẳng bên dưới đường $X_2 = 6$. Ràng buộc về sức lao động (11.42) là phần bên trái của đường $3X_1 + 2X_2 = 18$, đường này đi qua các điểm có tọa độ ($X_1 = 0, X_2 = 9$) và ($X_1 = 6, X_2 = 0$).

Đối với hàm mục tiêu (11.38), vì hàm mục tiêu Z có giá trị xác định đối với X_1 và X_2 trong phạm vi ràng buộc của chúng, cho nên có thể viết lại như sau:

$$X_2 = \frac{Z}{5} + \frac{3}{5}X_1 \quad (11.46)$$

Phương trình (11.46) là một họ các đường thẳng có hệ số góc bằng $(3/5)$, còn tùy thuộc vào giá trị của Z mà đường thẳng này cắt trục X_2 ở đâu. Thí dụ khi $Z = 0$, thì đường thẳng đi qua điểm gốc tọa độ ($X_1=0, X_2=0$), nếu $Z = 5$, đường thẳng sẽ đi qua điểm ($X_1=0, X_2=1$). Lưu ý rằng, khi Z càng lớn thì đường thẳng sẽ càng đi lên phía trên của trục X_2 .



Hình 11.5: Phương pháp hình học giải thí dụ 7.4

Bây giờ bằng phương pháp tịnh tiến, chúng ta dịch chuyển đường (11.46) dần lên phía trên của trục X_2 , sao cho không vượt ra ngoài miền giới hạn của hai biến X_1 và X_2 . Cuối cùng chúng ta tìm được đường cho giá trị cao nhất $Z = 36$ đi qua điểm ($X_1=2, X_2=6$). Đó chính là lời giải của bài toán, tức là $Z^* = 36$, còn $X_1^* = 2$ và $X_2^* = 6$.

2. Một số nhận xét quan trọng từ phương pháp hình học

Sau khi giải bằng phương pháp hình học với miền giới hạn của biến quyết định cũng như sự thay đổi của hàm mục tiêu, chúng ta có thể rút ra một số nhận xét quan trọng đã được chứng minh trong toán học cho mọi trường hợp của bài toán QHTT.

- Nếu bài toán QHTT có phương án tối ưu, thì có ít nhất một đỉnh của miền nghiệm cho giá trị tối ưu của hàm mục tiêu. Sở dĩ nói ít nhất có một đỉnh bởi có thể đường mức

của hàm mục tiêu Z trong trường hợp nào đó sẽ trùng với một cạnh của miền nghiệm, khi đó tất cả các điểm trên cạnh này là phương án nghiệm tối ưu và cho cùng một giá trị tối ưu của hàm mục tiêu.

- Nếu miền giới hạn của nghiệm giới nội (biên khép kín) và không rỗng thì chắc chắn tồn tại phương án tối ưu.

- Nếu miền giới hạn của nghiệm không giới nội nhưng hàm mục tiêu bị chặn trên ở miền giới hạn của biến thì bài toán cũng chắc chắn tồn tại phương án tối ưu.

3. Giải bài toán bằng phương pháp đơn hình (Simplex Method)

Cơ sở của phương pháp đơn hình được Dantzig công bố năm 1947. Có tên gọi như vậy là vì những bài toán đầu tiên được giải bằng phương pháp của Dantzig có các ràng buộc dạng:

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1, x_j \geq 0, j = 1, \dots, n \quad (11.47)$$

mà tập các điểm $x \in R^n$ thỏa mãn các ràng buộc trên là một đơn hình trong không gian n chiều. Sau đó thuật toán đơn hình được cải biên có tên gọi phương pháp đơn hình cải biên. Từ phương pháp đơn hình và đơn hình cải biên, các nhà toán học đã dần dần hoàn thiện các vấn đề toán học xung quanh phương pháp này. Chẳng hạn như phương pháp số lớn M hay phương pháp hai pha khi tìm phương án nghiệm cực biên, bài toán đối ngẫu. Gần đây, đã xuất hiện phương pháp tìm nghiệm tất với thuật toán khác với thuật toán của phương pháp đơn hình. Các phần tiếp theo, chúng ta sẽ lần lượt đề cập đến những phương pháp quan trọng nhất và có ý nghĩa thực tế nhất trong các phương pháp nêu trên.

Đường lối chung của phương pháp đơn hình dựa trên hai nhận xét sau:

- Nếu bài toán QHTT có phương án tối ưu thì có ít nhất một đỉnh của miền giới hạn nghiệm là phương án tối ưu.

- Đa diện lồi của miền giới hạn nghiệm chắc chắn có số đỉnh hữu hạn. Như vậy phải tồn tại thuật toán giải hữu hạn.

Như vậy, về nguyên tắc, thuật toán giải bài toán QHTT gồm hai giai đoạn:

Giai đoạn 1: Tìm một phương án cực biên (tại một đỉnh của miền giới hạn nghiệm).

Giai đoạn 2: Kiểm tra điều kiện tối ưu đối với phương án tìm được ở giai đoạn 1. Nếu điều kiện tối ưu được thỏa mãn thì phương án đó là tối ưu. Nếu không, ta chuyển sang phương án cực biên mới có giá trị hàm mục tiêu tốt hơn. Tiếp theo lại kiểm tra điều kiện tối ưu đối với phương án mới cho tới khi giá trị của hàm mục tiêu không thể tốt hơn nữa.

Người ta thực hiện một dãy các thủ tục như vậy cho đến khi nhận được phương án tối ưu của bài toán, hoặc đến tình huống bài toán không có phương án tối ưu.

Bước 1: Kiểm tra hàng 0 (là hàng chứa biến Z), nếu tất cả các hệ số đều không âm thì dừng tính toán và chúng ta đã có nghiệm tối ưu, nếu không thì chuyển sang bước 2. Trong bảng đơn hình xuất phát trên, tồn tại hai hệ số mang dấu âm (-) là (-3) và (-5), cho nên phải chuyển sang bước tiếp theo.

Bước 2: Tìm "cột quay" và "biến thay thế". Cột quay là cột chứa hệ số âm lớn nhất của biến trong hàng 0. Biến thay thế là biến ứng với hệ số âm lớn nhất đó. Trong bảng đơn hình xuất phát ở trên, hệ số âm lớn nhất của hàng 0 là (-5) và cột chứa nó là cột quay, còn biến thay thế là X_2 (xem bảng đơn hình xuất phát).

Bước 3: Kiểm tra điều kiện về phương án biên. Nếu tất cả các hệ số thuộc cột quay là không dương, điều này chứng tỏ phương án nghiệm ban đầu không nằm trên biên. Dừng tính toán và tìm phương án nghiệm xuất phát khác (quay lại bước 0). Nếu có ít nhất một hệ số là dương, chuyển sang bước 4.

Bước 4: Tìm "hàng quay" và "biến bị thay thế". Muốn vậy cần phải tính toán và tìm tỉ số hệ số nhỏ nhất $\theta_{\min}$.

$$\theta_i = \frac{b_i}{a_{ik}} \quad \text{đối với tất cả } a_{ik} > 0 \quad (11.49)$$

Trong đó a_{ik} là hệ số thứ i của biến thuộc cột quay, b_i là giá trị thứ i ở vế phải. sau đó so sánh và chọn được $\theta_{\min} = \min(\theta_i)$. Lưu ý không tính với hàng 0 (hàng chứa biến Z).

Trong bảng đơn hình xuất phát, ứng cột quay, đối với hàng 1 có $\theta_1 = \frac{4}{0} = \infty$, đối với hàng 2 có $\theta_2 = \frac{12}{2} = 6$, đối với hàng 3 có $\theta_3 = \frac{18}{2} = 9$. Ta tìm được $\theta_{\min} = \min(\theta_i) = \theta_2 = 6$.

Như vậy hàng quay là hàng 2 và biến bị thay thế ứng với hàng 2 là biến X_4 .

Bước 5: Lập bảng đơn hình tiếp theo và quay lại bước 1. Bảng đơn hình tiếp theo có những đặc điểm cơ bản sau:

+ Biến bị thay thế ở cột "Tên biến" sẽ bị đưa ra khỏi bảng và biến thay thế sẽ được đưa vào tại vị trí vừa bỏ trống.

+ Hàng có biến mới sẽ thay thế hàng quay cũ với những hệ số (kể cả vế phải) mới được tính theo công thức sau.

Hệ số hàng có biến mới = (Hệ số hàng quay cũ) / (Hệ số tại cột quay)

Trong bảng đơn hình xuất phát, hệ số của hàng quay tại cột quay là (2), cho nên các hệ số mới của hàng quay mới sẽ là:

$$\left\{ \begin{array}{ccccc|c} 0 & 2 & 0 & 1 & 0 & 12 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 6 \end{array} \right\} \quad (11.50)$$

+ Các hàng mới còn lại (kể cả hàng 0 chứa Z) sẽ thay thế các hàng cũ với những hệ số mới được tính theo công thức sau:

Hệ số hàng mới = (Hệ số hàng cũ) - (Hệ số tại cột quay) $\times$ (Hệ số hàng có biến mới tương ứng)

Xét hàng 0 ở bảng đơn hình xuất phát: hệ số tại cột quay là (-5), hệ số hàng có biến mới đã tính ở trên (11.50), cho nên các hệ số mới của hàng 0 sẽ là:

$$\left\{ \begin{array}{cccccc} -3 - (-5) \times 0 & -5 - (-5) \times 1 & 0 - (-5) \times 0 & 0 - (-5) \times \frac{1}{2} & 0 - (-5) \times 0 & 0 - (-5) \times 6 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{cccccc} -3 & 0 & 0 & \frac{5}{2} & 0 & 30 \end{array} \right\}$$

Xét hàng 1 ở bảng đơn hình xuất phát: vì hệ số tại cột quay là (0), cho nên các hệ số mới của hàng này sẽ không thay đổi.

Tương tự, xét hàng 3 ở bảng đơn hình xuất phát: hệ số tại cột quay là (2), hệ số hàng có biến mới đã tính ở trên (11.50), cho nên các hệ số mới của hàng 3 sẽ là:

$$\left\{ \begin{array}{cccccc} 3 - (2) \times 0 & 2 - (2) \times 1 & 0 - (2) \times 0 & 0 - (2) \times \frac{1}{2} & 1 - (2) \times 0 & 18 - (2) \times 6 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{cccccc} 3 & 0 & 0 & -1 & 1 & 6 \end{array} \right\}$$

Và chúng ta có được bảng đơn hình tiếp theo dưới đây.

Bảng đơn hình tiếp theo

Tên hàng	Tên biến	Phương trình số	Các hệ số của biến						Giá trị về phải
			Z	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	
Hàng 0	Z	0	1	-3	-5	0	0	0	0
Hàng 1	X ₃	1	0	1	0	1	0	0	4
Hàng 2	X ₄	2	0	0	2	0	1	0	12
Hàng 3	X ₅	3	0	3	2	0	0	1	18

Hàng 0	Z	0	1	-3	0	0	5/2	0	30
Hàng 1	X ₃	1	0	1	0	1	0	0	4
Hàng 2	X ₂	2	0	0	1	0	1/2	0	6
Hàng 3	X ₅	3	0	3	0	0	-1	1	6

Sau khi có bảng đơn hình kế tiếp, quay lại bước 1 và chưa tìm được nghiệm tối ưu, chúng ta cần tiếp tục các bước kế tiếp và thu được kết quả của bảng đơn hình cuối cùng như sau.

Bảng đơn hình cuối

Tên hàng	Tên biến	Phương trình số	Các hệ số của biến						Giá trị về phải
			Z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	
Hàng 0	Z	0	1	-3	-5	0	0	0	0
Hàng 1	X_3	1	0	1	0	1	0	0	4
Hàng 2	X_4	2	0	0	2	0	1	0	12
Hàng 3	X_5	3	0	3	2	0	0	1	18

Hàng 0	Z	0	1	-3	0	0	5/2	0	30
Hàng 1	X_3	1	0	1	0	1	0	0	4
Hàng 2	X_2	2	0	0	1	0	1/2	0	6
Hàng 3	X_5	3	0	3	0	0	-1	1	6

Hàng 0	Z	0	1	0	0	0	3/2	1	36
Hàng 1	X_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	2
Hàng 2	X_2	2	0	0	1	0	1/2	0	6
Hàng 3	X_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	2

Với bảng đơn hình này, khi kiểm tra điều kiện tối ưu (bước 1), thấy thỏa mãn. Và chúng ta đã thu được nghiệm tối ưu trùng với kết quả của phương pháp hình học.

$Z^* = 36$, còn $X_1^* = 2$ và $X_2^* = 6$.

11.6. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 11

- Mục đích của phân tích và đánh giá hiệu quả kinh tế hay hiệu quả dự án tuổi tiêu trong nông nghiệp là gì?
- Đối với dự án tuổi tiêu, có những phương pháp phân tích hiệu quả kinh tế nào? Phương pháp nào được sử dụng rộng rãi nhất ở nước ta?
- Nội dung cơ bản của phương pháp phân tích chi phí-lợi ích là gì? Thế nào là phân tích kinh tế? Thế nào là phân tích tài chính? Với cùng một dự án, chỉ tiêu khi phân tích tài chính thường lớn hơn hay nhỏ hơn chỉ tiêu khi phân tích kinh tế?
- Có thể sử dụng phương pháp tối ưu để lựa chọn quy mô của dự án tuổi tiêu hay không? Tại sao trong thực tế thủy lợi, phương pháp tiếp cận này lại ít được áp dụng hơn phương pháp CP-LI?
- Hàm mục tiêu là gì? Thế nào là điều kiện ràng buộc của bài toán tối ưu? Hãy viết mô hình bài toán tối ưu tổng quát?

6. Phân tích và đánh giá độ nhạy là gì? Tại sao cần phải đánh giá độ nhạy trong quá trình phân tích hiệu quả đầu tư?
7. Mục tiêu và mục đích của dự án thủy lợi có gì khác nhau? Lấy thí dụ minh họa? Thế nào là tối ưu đa mục tiêu? Trong bài toán tối ưu đa mục tiêu, các mục tiêu có đồng biến (đồng thuận) với nhau không?
8. Hãy cho biết các loại chi phí của dự án tưới? Đầu tư xây dựng có phải là chi phí của dự án không? Cách tính toán các chi phí đó?
9. Thu nhập của dự án tưới bao gồm các khoản nào? Cách tính thu nhập của dự án tưới?
10. Chi phí của dự án tiêu có khoản nào giống và khác đối với dự án tưới?
11. Hãy nêu cách tính thu nhập của dự án tiêu chống lũ?
12. Thủy lợi phí là gì? Vai trò của Chính phủ trong việc hoạch định thủy lợi phí? Hãy nêu các hướng cải tiến trong việc quyết định thủy lợi phí ở các nước đang phát triển và ở nước ta?
13. Tại sao khi tính các chỉ tiêu kinh tế lại phải xét đến yếu tố thời gian và hệ số chiết khấu?
14. Nêu công thức tính PV và NPV? Cho thí dụ minh họa?
15. Nêu công thức tính IRR? Cho thí dụ minh họa?
16. Nêu công thức tính B/C? Cho thí dụ minh họa?
17. Mặc dù có mối quan hệ chặt chẽ về mặt toán học, nhưng tại sao người ta vẫn thường tính cả 3 chỉ tiêu NPV, IRR và B/C?
18. Thời gian hoàn vốn là gì? Nêu các cách tính T_{hv} ?
19. Mô hình bài toán quy hoạch tuyến tính có đặc điểm gì? Khả năng ứng dụng của QHTT vào giải quyết các vấn đề trong thủy lợi phục vụ nông nghiệp?
20. Đọc, tìm hiểu và làm lại thí dụ 11.3.
21. Đọc, tìm hiểu và làm lại thí dụ 11.4.
22. Đọc, tìm hiểu và làm lại thí dụ 11.5.

Phụ lục a
BẢNG ĐƠN VỊ HỆ MÉT (SI UNIT)

Tên gọi	Ký hiệu	Đơn vị đo	Tên đơn vị đo
Gia tốc quay	-	rad/s ²	Radian/giây ²
Gia tốc góc	-	m/s ²	mét/giây ²
Góc	rad	-	Radian
Diện tích	-	m ²	Mét vuông
Điện dung	F	C/V	Farad
Điện tích	C	A . s	Cu lông
Nồng độ phân tử gam	-	mol/m ³	Phân tử gam/mét khối
Nồng độ khối lượng	-	mg/L	Miligam/lít
Độ dẫn điện	S	A/V	Siemen
Khối lượng riêng	-	kg/m ³	Kilôgam/mét khối
Mật độ dòng điện	-	V/m	Vôn/mét
Thông lượng điện	C	A . m	Cu lông
Mật độ thông lượng điện	-	C/m ²	Cu lông/mét vuông
Điện áp	V	-	Vôn
Điện trở	Ω	V/A	Ohm
Năng lượng	J	N . m	Jun
Lực	N	kg . m/s ²	Niu tơn
Tần số	Hz	vòng/s	Vòng/giây (hertz)
Trở kháng	Ω	V/A	Ohm
Điện cảm	H	Wb/A	Henry
Mật độ từ	-	A/m	Am pe/mét
Thông lượng từ	Wb	V . s	Weber
Mật độ thông lượng từ	T	Wb/m ²	Tesla
Mô men lực	-	N . m	Niu tơn - mét
Công suất tác dụng	W	J/s	Watt
Công suất biểu kiến	-	V . A	Vôn - Am pe
Áp suất	Pa	N/m ²	Pascal
Điện trở suất	-	Ω . m	Ohm - mét
Ứng suất	-	N/m ²	Niu tơn/mét vuông
Vận tốc góc	-	rad/s	Radian/giây
Vận tốc dài	-	m/s	Mét/giây
Độ nhớt động lực	-	Pa . s	Pascal - giây
Độ nhớt động học	-	m ² /s	Mét vuông/giây
Điện thế	V	W/A	Vôn
Thể tích	-	m ³	Mét khối
Công	J	N . m	Jun

Phụ lục b

HỆ SỐ CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ TỪ HỆ ANH SANG HỆ MÉT

Đơn vị hệ Anh nhân với		Hệ số	Được đơn vị hệ Mét	
Tên đơn vị	Ký hiệu		Tên đơn vị	Ký hiệu
Gia tốc dài	ft/s ²	3,0480 10 ⁻¹	Mét/giây bình phương	m/s ²
Góc	độ (°)	1,7450 10 ⁻²	Radian	rad
<i>Diện tích</i>				
Acre	acre	4,0470 10 ⁻¹	Hec ta	ha
Foot vuông	ft ²	9,2903 10 ⁻²	Mét vuông	m ²
Inch vuông	in. ²	6,4516 10 ⁻⁴	Mét vuông	m ²
<i>Năng lượng</i>				
British thermal unit	Btu	1,0551	Kilô Jun	kJ
Foot - pound lực	ft . lb	1,3558	Jun	J
Mã lực - giờ	hp . h	2,6845	Mega Jun	MJ
Kilowatt - giờ	kW . h	3,6000 10 ⁺³	Kilô Jun	kJ
<i>Lực</i>				
Pound lực	lb	4,4482	Newton	N
<i>Dòng chảy</i>				
Feet khối trên giây	ft ³ /s	2,8317 10 ⁻²	Mét khối trên giây	m ³ /s
Galông trên phút	gal/min	6,3090 10 ⁻⁵	Mét khối trên giây	m ³ /s
Galông trên phút	gal/min	2,2712 10 ⁻¹	Mét khối trên giờ	m ³ /giờ
Mili galông trên ngày	Mgal/d	4,3813 10 ⁺¹	Lít trên giây	L/s
Mili galông trên ngày	Mgal/d	3,7854	Mili lít/ngày	ML/ngày
<i>Chiều dài</i>				
Foot	ft	3,0480 10 ⁻¹	Mét	m
Inch	in.	2,5400 10 ⁺¹	Millimét	mm
Mile	mi	1,6093	Kilômét	km
<i>Ánh sáng</i>				
Foot - candle	ft . cd	1,0760 10 ⁺¹	Lux	lx
<i>Khối lượng</i>				
Pound	lb _m	4,5359 10 ⁻¹	Kilôgram	kg
Slug	slug	1,4594 10 ⁺¹	Kilôgram	kg
<i>Mô men</i>				
Pound - inch	lb . in.	1,1298 10 ⁻¹	Newton-mét	N . m
<i>Công suất</i>				
Mã lực	hp	7,4570 10 ⁻¹	Kilôwatt	kW
<i>Áp suất</i>				
Atmosphere	atm	1,0133 10 ⁺²	Kilôpascal (kN/m ²)	kPa
Pound/inch vuông	lb/in. ²	6,8948	Kilôpascal (kN/m ²)	kPa

Phụ lục b (tiếp theo)

HỆ SỐ CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ TỪ HỆ ANH SANG HỆ MÉT

Đơn vị hệ Anh nhân với		Hệ số	Được đơn vị hệ Mét	
Tên đơn vị	Ký hiệu		Tên đơn vị	Ký hiệu
<i>Nhiệt lượng riêng</i>				
Nhiệt đo bằng Btu	Btu/(lb _m .°R)	4,1880	Jun trên gram-độ K	J/(g.K)
Nhiệt đo bằng Slug	ft.lb/(slug.°R)	1,6720 10 ⁻¹	Newton-mét/kg độ K	N.m/(kg.K)
<i>Nhiệt độ</i>				
Độ Fahrenheit	°F	0,5556(°F-32)	Độ celsius	°C
Độ Fahrenheit	°F	0,5556(°F+459,67)	Độ kelvin	°K
Độ Rankine	°R	0,5556(°R)	Độ kelvin	°K
<i>Vận tốc</i>				
Feet trên giây	ft/s	3,0480 10 ⁻¹	Mét/giây	m/s
Mile trên giờ	mi/h	1,6093	Kilômét/giờ	km/giờ
<i>Thể tích</i>				
Foot khối	ft ³	2,8317 10 ⁻¹	Lít	L
Foot khối	ft ³	2,8317 10 ⁻²	Mét khối	m ³
Gallon	gal	3,7854 10 ⁻³	Mét khối	m ³
Gallon	gal	3,7854	Lít	L
<i>Khối lượng riêng</i>				
Pound trên foot khối	lb/ft ³	1,5708 10 ⁻¹	Kilônewton/ mét khối	kN/m ³

Phụ lục c

ÁP SUẤT KHÔNG KHÍ THEO ĐỘ CAO

Cao độ so với mực nước biển (m)	Áp suất không khí			Khối lượng riêng của không khí ở 20°C (kN/m ³)
	kPa	Cột nước (m)	Cột thủy ngân (mm)	
0	101,3	10,33	760	1,18 10 ⁻²
500	95,6	9,74	717	1,11 10 ⁻²
1000	90,1	9,19	676	1,05 10 ⁻²
1500	84,8	8,64	636	9,87 10 ⁻³
2000	79,8	8,13	598	9,29 10 ⁻³
2500	73,3	7,47	550	8,53 10 ⁻³
3000	70,3	7,17	527	8,19 10 ⁻³
3500	66,1	6,74	496	7,70 10 ⁻³

Phụ lục d

TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA NƯỚC

Nhiệt độ (°C)	Khối lượng riêng γ (kN/m ³)	Trọng lượng riêng ρ (kg/m ³)	Mô đun đàn hồi K (kPa)	Độ nhớt động lực μ (Pa.s)	Độ nhớt động học ν (m ² /s)	Áp suất hơi p_v (kPa)	Áp suất hơi m cột nước (m)
0	9,805	999,8	$1,98 \cdot 10^6$	$1,78 \cdot 10^{-3}$	$1,79 \cdot 10^{-6}$	0,61	0,06
5	9,807	1000	$2,05 \cdot 10^6$	$1,52 \cdot 10^{-3}$	$1,52 \cdot 10^{-6}$	0,87	0,09
10	9,804	999,7	$2,10 \cdot 10^6$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$1,31 \cdot 10^{-6}$	1,23	0,13
15	9,798	999,1	$2,15 \cdot 10^6$	$1,14 \cdot 10^{-3}$	$1,14 \cdot 10^{-6}$	1,70	0,17
20	9,789	998,2	$2,17 \cdot 10^6$	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	2,34	0,24
25	9,777	997,0	$2,22 \cdot 10^6$	$8,90 \cdot 10^{-4}$	$8,93 \cdot 10^{-7}$	3,17	0,32
30	9,764	995,7	$2,25 \cdot 10^6$	$7,98 \cdot 10^{-4}$	$8,00 \cdot 10^{-7}$	4,24	0,43
40	9,730	992,2	$2,28 \cdot 10^6$	$6,53 \cdot 10^{-4}$	$6,58 \cdot 10^{-7}$	7,38	0,76
50	9,689	988,0	$2,29 \cdot 10^6$	$5,47 \cdot 10^{-4}$	$5,53 \cdot 10^{-7}$	12,33	1,27
60	9,642	983,2	$2,28 \cdot 10^6$	$4,66 \cdot 10^{-4}$	$4,74 \cdot 10^{-7}$	19,92	2,07
70	9,589	977,8	$2,25 \cdot 10^6$	$4,04 \cdot 10^{-4}$	$4,13 \cdot 10^{-7}$	31,19	3,25
80	9,530	971,8	$2,20 \cdot 10^6$	$3,54 \cdot 10^{-4}$	$3,64 \cdot 10^{-7}$	47,34	4,97
90	9,466	965,3	$2,14 \cdot 10^6$	$3,15 \cdot 10^{-4}$	$3,26 \cdot 10^{-7}$	70,10	7,41
100	9,399	958,4	$2,07 \cdot 10^6$	$2,82 \cdot 10^{-4}$	$2,94 \cdot 10^{-7}$	101,33	10,78

Phụ lục e

TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA VẬT LIỆU LÀM ỐNG

Loại vật liệu	Hệ số nở hông μ	Mô đun đàn hồi (E)		
		Hệ mét (N/m ²)	Hệ Anh (lb/in. ²)	Hệ Anh (lb/ft ²)
Nhôm	0,33	7,30 10^{10}	1,05 10^7	1,51 10^9
Ximăng amiăng	0,30	2,30 10^{10}	3,40 10^6	4,90 10^8
Hợp kim đồng	0,34	1,03 10^{11}	1,50 10^7	2,16 10^9
Đồng	0,30	1,10 10^{11}	1,60 10^7	2,30 10^9
Gang dẻo	0,28	1,66 10^{11}	2,40 10^7	3,46 10^9
Gang	0,28	1,03 10^{11}	1,50 10^7	2,16 10^9
PVC	0,45	2,70 10^9	4,00 10^5	5,76 10^7
Thép	0,30	2,07 10^{11}	3,00 10^7	4,32 10^9

Phụ lục g

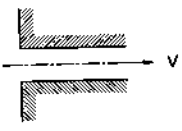
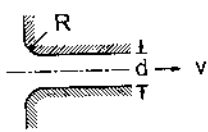
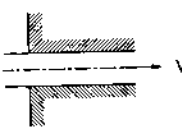
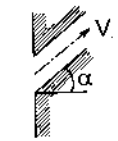
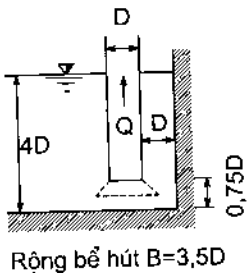
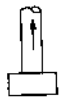
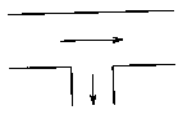
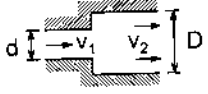
NHÁM ĐỐI VỚI VẬT LIỆU LÀM ỐNG

(Tính đối với ống có đường kính 300 mm, vận tốc 1,1 ÷ 1,2 m/s, nhiệt độ 20°C)

Loại vật liệu	Hệ số C (Hazen-William)	Hệ số n (Maning)
<i>Ống hoặc lớp lót mới</i>		
Kính hoặc chất dẻo nhẵn	150	0,009
Vữa xi măng li tâm	145	0,009
Vữa xi măng trát	140	0,009
Thép thương mại	140	0,009
Thép mạ	135	0,010
Gang không tráng lót	130	0,010
Xi măng amiăng có lót	145	0,009
Xi măng amiăng không lót	140	0,009
Ống bê tông li tâm ứng suất trước	135	0,010
<i>Ống hoặc lớp lót cũ (sau 10 năm)</i>		
Lớp lót xi măng hoặc chất dẻo	120	0,110
Gang hoặc thép không tráng lót	100	0,110
<i>Ống hoặc lớp lót cũ (sau 20 năm)</i>		
Kính hoặc chất dẻo nhẵn	135	0,010
Vữa xi măng li tâm	130	0,010
Vữa xi măng trát	125	0,010
Xi măng amiăng có lót	130	0,010
Xi măng amiăng không lót	125	0,010
Ống gang hoặc thép không tráng lót	100	0,013
Ống bê tông li tâm ứng suất trước	130	0,010
Ống gỗ	110	0,012
Ống thép tán ri-vê	80	0,016
Ống bê tông đúc sẵn	80	0,016
Ống đất sét thường	100	0,013
Ống thép rèn	100	0,013
Ống thép hợp kim	90	0,014

Phụ lục h
HỆ SỐ TỔN THẤT CỤC BỘ

(Hệ số tổn thất cục bộ k gần đúng trong công thức $h_c = k \frac{v^2}{2g}$ trừ khi có chỉ dẫn)

1		Hướng vào vuông góc, cửa vào sắc cạnh $k = 0,50$
2		Hướng vào vuông góc, cửa vào lượn tròn $\begin{array}{c ccccc} R/d = & 0,05 & 0,10 & 0,20 & 0,30 & 0,40 \\ \hline k = & 0,25 & 0,17 & 0,08 & 0,05 & 0,04 \end{array}$
3		Hướng vào vuông góc, cửa vào sắc cạnh, nhô đầu $k = 0,80$
4		Hướng vào xiên góc, cửa vào sắc cạnh $k = 0,505 + 0,303 \sin \alpha + 0,226 \sin^2 \alpha$
5	 Rộng bể hút B=3,5D	Ống hút có miệng loe chóp cụt $h_c = D + (5,6Q)/(2g)^{0,5} / D^{1,5} - v^2/2g$
6		Ống hút không có miệng loe $h_c = 0,53D + (4Q)/(2g)^{0,5} / D^{1,5} - v^2/2g$
7		Ống hút có đoạn nổi đầu Với van 1 chiều: $k = 10$ Không có van 1 chiều: $k = 5,5$
8		Chỗ kênh rẽ nhánh chữ T $k = 1,80$
9		Tại chỗ đột mở $h_c = (1 - v_2/v_1)^2 (v_1^2)/2g$ hoặc: $h_c = (v_1/v_2 - 1)^2 (v_2^2)/2g$

Phụ lục h (tiếp theo)
HỆ SỐ TỔN THẤT CỤC BỘ

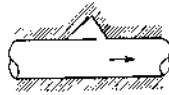
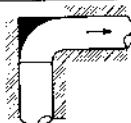
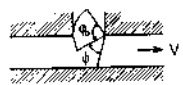
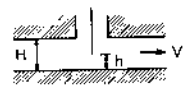
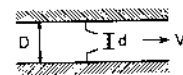
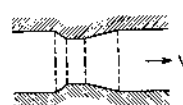
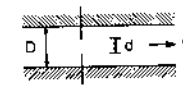
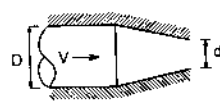
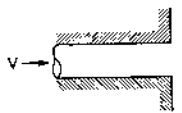
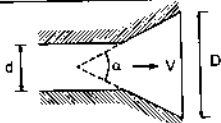
(Hệ số tổn thất cục bộ k gần đúng trong công thức $h_c = k \frac{v^2}{2g}$ trừ khi có chỉ dẫn)

10		Tại chỗ đột thu <table><tr><td>$(d/D)^2 =$</td><td>0,01</td><td>0,10</td><td>0,20</td><td>0,40</td><td>0,60</td><td>0,80</td></tr><tr><td>$k =$</td><td>0,50</td><td>0,50</td><td>0,42</td><td>0,33</td><td>0,25</td><td>0,15</td></tr></table> (Sử dụng V_2 để tính h_c)	$(d/D)^2 =$	0,01	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80	$k =$	0,50	0,50	0,42	0,33	0,25	0,15																
$(d/D)^2 =$	0,01	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80																										
$k =$	0,50	0,50	0,42	0,33	0,25	0,15																										
11		Tại chỗ mở rộng dần với góc mở α: $h_c = k(V_1^2 - V_2^2)/2g$ <table><tr><td>$\alpha^\circ =$</td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td></tr><tr><td>$k =$</td><td>0,20</td><td>0,28</td><td>0,32</td><td>0,35</td></tr></table>	$\alpha^\circ =$	20	40	60	80	$k =$	0,20	0,28	0,32	0,35																				
$\alpha^\circ =$	20	40	60	80																												
$k =$	0,20	0,28	0,32	0,35																												
12		Tại chỗ thu hẹp dần với góc thu α: $h_c = k(V_2^2 - V_1^2)/2g$ <table><tr><td>$\alpha^\circ =$</td><td>6</td><td>10</td><td>20</td><td>40</td><td>60</td><td>80</td><td>100</td><td>120</td><td>140</td></tr><tr><td>Khi $D=3d$, $k =$</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>0,39</td><td>0,80</td><td>1,00</td><td>1,06</td><td>1,04</td><td>1,04</td><td>1,04</td></tr><tr><td>Khi $D=1,5d$, $k =$</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>0,39</td><td>0,96</td><td>1,22</td><td>1,16</td><td>1,10</td><td>1,06</td><td>1,04</td></tr></table>	$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140	Khi $D=3d$, $k =$	0,12	0,16	0,39	0,80	1,00	1,06	1,04	1,04	1,04	Khi $D=1,5d$, $k =$	0,12	0,16	0,39	0,96	1,22	1,16	1,10	1,06	1,04
$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140																							
Khi $D=3d$, $k =$	0,12	0,16	0,39	0,80	1,00	1,06	1,04	1,04	1,04																							
Khi $D=1,5d$, $k =$	0,12	0,16	0,39	0,96	1,22	1,16	1,10	1,06	1,04																							
13		Tại chỗ đột ngột đổi hướng dòng chảy $k = 67,6 \cdot 10^{-6} (\alpha^\circ)^{2,17}$																														
14		Tại chỗ đổi hướng dòng chảy theo cung tròn $k = [(0,13 + 1,85(r/R)^{3,5})] (\alpha^\circ / 180^\circ)^{0,5}$																														
15		Tại ống đổi hướng chảy ngược lại $k = 2,2$																														
16		Tại van phẳng <table><tr><td>$e/D =$</td><td>0</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td>1/2</td><td>5/8</td><td>3/4</td><td>7/8</td></tr><tr><td>$k =$</td><td>0,15</td><td>0,26</td><td>0,81</td><td>2,06</td><td>5,52</td><td>17,0</td><td>97,8</td></tr></table>	$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	$k =$	0,15	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8														
$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8																									
$k =$	0,15	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8																									
17		Tại van cầu khi mở hoàn toàn $k = 10$																														
18		Tại van quay <table><tr><td>$\alpha^\circ =$</td><td>5</td><td>10</td><td>20</td><td>30</td><td>40</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td></tr><tr><td>$k =$</td><td>0,05</td><td>0,29</td><td>1,56</td><td>5,47</td><td>17,3</td><td>52,6</td><td>206</td><td>485</td></tr></table>	$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	$k =$	0,05	0,29	1,56	5,47	17,3	52,6	206	485												
$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70																								
$k =$	0,05	0,29	1,56	5,47	17,3	52,6	206	485																								

Phụ lục h (tiếp theo)

HỆ SỐ TỔN THẤT CỤC BỘ

(Hệ số tổn thất cục bộ k gần đúng trong công thức $h_c = k \frac{v^2}{2g}$ trừ khi có chỉ dẫn)

19		Tại van xả lưu lượng: Với loại cánh sập: $k = 2,5$ khi mở hoàn toàn Với loại quả bóng: $k = 70$ Với loại nâng hạ: $k = 12$												
20		Tại van góc: $k = 5,0$ khi mở hoàn toàn												
21		Tại van cung ở cổng chữ nhật: $k = 0,8 + 1,3[(1/n) - n]^2$ trong đó: $n = (\phi/\phi_0)$												
22		Tại van phẳng ở cổng chữ nhật: $k = 0,3 + 1,9[(1/n) - n]^2$ trong đó: $n = (h/H)$												
23		Tại đầu đo lưu lượng: Khi $d = 0,8 D$: $h_c = 0,3 \Delta p$ Khi $d = 0,2 D$: $h_c = 0,95 \Delta p$ trong đó: Δp là độ giảm áp suất trước và sau												
24		Tại ống đo Venturi: $h_c = (0,1 \text{ đến } 0,2) \Delta p$ trong đó: Δp là độ giảm áp suất trước và sau												
25		Tại máng đo tiết diện vuông: $h_c = \Delta p [1 - (d/D)^2]$ trong đó: Δp là độ giảm áp suất trước và sau												
26		Tại cửa ra tự do: <table><tr><td>(d/D)</td><td>=</td><td>0,50</td><td>0,60</td><td>0,80</td><td>0,90</td></tr><tr><td>k</td><td>=</td><td>5,50</td><td>4,00</td><td>2,55</td><td>1,11</td></tr></table>	(d/D)	=	0,50	0,60	0,80	0,90	k	=	5,50	4,00	2,55	1,11
(d/D)	=	0,50	0,60	0,80	0,90									
k	=	5,50	4,00	2,55	1,11									
27		Tại miệng ra của ống chảy vào bể chứa: $k = 1,0$												
28		Tại cửa ra có $D/d > 2$: <table><tr><td>α°</td><td>=</td><td>8</td><td>15</td><td>30</td><td>45</td></tr><tr><td>k</td><td>=</td><td>0,05</td><td>0,18</td><td>0,50</td><td>0,60</td></tr></table>	α°	=	8	15	30	45	k	=	0,05	0,18	0,50	0,60
α°	=	8	15	30	45									
k	=	0,05	0,18	0,50	0,60									

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam, TCXDVN 285: 2002. *Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế*. Hà Nội, 2002.
2. Tiêu chuẩn thiết kế, 14 TCN 61-92. *Hệ số tưới cho ruộng lúa*. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội, 1992.
3. TCVN 4118-85. *Tiêu chuẩn thiết kế Hệ thống kênh tưới*. Hà Nội, 1985.
4. *Quy trình tưới tiêu nước cho lúa và một số cây trồng cạn*, QT-NN, TL - 9 -78. Hà Nội, 1978.
5. Bộ môn thủy nông. *Giáo trình thủy nông*. Tủ sách Đại học Thủy lợi. Nhà xuất bản Nông thôn. Hà Nội, 1970.
6. Nguyễn Văn Bày. *Máy bơm và trạm bơm trong nông nghiệp*. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội, 2000.
7. Nguyễn Thượng Bằng, Ngô Tuấn Kiệt, Phan Tuấn Anh, *Kinh tế thủy lợi*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2003.
8. Nguyễn Thượng Bằng, Hoàng Đình Dũng, Vũ Hữu Hải. *Thủy năng và Điều tiết dòng chảy*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2000.
9. Lê Thị Dung. *Máy bơm và trạm bơm*. Trường Đại học xây dựng, 1985.
10. Hoàng Đình Dũng, Hoàng Văn Tấn, Vũ Hữu Hải, Nguyễn Thượng Bằng. *Máy thủy lực- Tước bin nước và Máy bơm*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2001.
11. Hoàng Đình Dũng, Phạm Hồng Nhật, Vũ Hữu Hải, Nguyễn Thượng Bằng. *Trạm thủy điện - Các công trình trên tuyến năng lượng*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội, 1991.
12. P.G. Kiêlep, A.D. Ansun, N.V. Danhinsenkô, A.A. Kaxpaxôn, G.I. Kripsenkô, N.N. Paskôp, X.M. Xlixki. *Sổ tay tính toán thủy lực*. Tài liệu tiếng Nga do Lưu Công Đào, Nguyễn Tài dịch sang tiếng Việt. Nhà xuất bản nông nghiệp. Hà Nội, 1984.
13. Trịnh Trọng Hàn. *Thủy nông và Trạm bơm*. Đại học xây dựng. Hà Nội, 1995.
14. Trịnh Trọng Hàn. *Máy bơm và Trạm bơm*. Tủ sách Đại học xây dựng. Hà Nội, 1975.
15. Bùi Hiếu, Lương Văn Hào. *Kỹ thuật tưới cho một số cây lương thực và hoa màu*. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội, 2000.

16. Ngô Thị Thanh Vân. *Kinh tế sử dụng tổng hợp nguồn nước*. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội, 2005.
17. Food and Agriculture Organization of the United Nation. *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. Rome 1977, 2000.
18. Number 3, Government of India, Ministry of Water Resources, Water Management Division. *The Water Management Manual*. New Delhi, 11/1985.
19. *Pump Caprari Catalogs*. Đặc tích kỹ thuật và catalog máy bơm của hãng bơm Caprari.
20. Japan Association of Agricultural Engineering Enterprises. *Pumping Station Engineering Handbook*. Tokyo 1991.
21. Jan Van Schilfgaarde. *Drainage for Agriculture*. American Society of Agronomy, Inc, Publisher, Madison, Wisconsin USA, 1974.
22. Lambert K. Smedema, David W. Rycroft. *Land Drainage*. Cornell University Press, Ithaca, New York, 1983.
23. Larry G. James. *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore 1988.
24. Ray K. Linsley Joseph B. Franzini, David L. Freyberg, Geogre Tchobanoglous. *Water-Resources Engineering*. McGraw-Hill International Edition, Fourth Edition (1992).
25. Robert L. Sanks, George Tchobanoglous, Bayard E. Bosserman, Donald Newton, Garr M. Jones. *Pumping Station Design*. Xuất bản lần thứ hai, Butterworth Publishers. United States, 1989.
26. Warren Viessman, Jr. John W. Knapp, Gary L. Lewis, Terence E. Harbaugh. *Introduction to Hydrology*. Second Edition, Thomas Y. Crowell Happer & Row, Publishers. New York ,1977.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Chương 1. Những khái niệm cơ bản về môn học	
1.1. Vai trò của đất - nước và con người trong việc cải tạo thiên nhiên	5
1.1.1. Nội dung cơ bản của môn học	5
1.1.2. Vai trò của đất - nước đối với cuộc sống cây trồng	5
1.1.3. Vòng tuần hoàn nước trong tự nhiên	7
1.1.4. Vai trò của con người trong cải tạo thiên nhiên	8
1.1.5. Đối tượng và cấu thành của môn học	9
1.2. Lược sử phát triển thủy nông và hệ thống tưới tiêu	10
1.2.1. Trên thế giới	10
1.2.2. Ở Việt Nam	12
1.3. Một vài đặc điểm tự nhiên ở nước ta	14
1.4. Câu hỏi và bài tập chương 1	15
Chương 2. Cân bằng nước tưới	
2.1. Quá trình phát triển và nhu cầu nước của cây trồng	16
2.1.1. Mối quan hệ giữa Đất - Nước - Không khí và Cây trồng	16
2.1.2. Quá trình sinh trưởng phát triển của cây trồng	21
2.2. Cân bằng nước và nhu cầu nước của cây trồng	23
2.2.1. Cân bằng nước	23
2.2.2. Nhu cầu nước của cây trồng	26
2.3. Xác định lượng bốc thoát hơi thực vật (ET)	28
2.3.1. Các phương pháp xác định lượng bốc hơi thực vật tiềm năng (ET_0)	29
2.3.2. Xác định hệ số bốc hơi của cây trồng K_c	49
2.4. Chế độ tưới	52
2.4.1. Khái niệm	52
2.4.2. Tổng lượng nước cần tưới	52
2.4.3. Mức tưới mỗi đợt	56
2.4.4. Thời gian cần tưới	57
2.5. Chất lượng nước tưới và vấn đề nhiễm mặn của đất	61
2.5.1. Chất lượng nước tưới	61
2.5.2. Vấn đề nhiễm mặn và khả năng chịu mặn cho phép của cây trồng	62
2.5.3. Cải thiện và khống chế đất nhiễm mặn	63
2.6. Câu hỏi ôn tập chương 2	64

Chương 3. Thiết kế hệ thống tưới

3.1. Khái niệm về hệ thống tưới	67
3.1.1. Nhiệm vụ của hệ tưới	69
3.1.2. Phân loại hệ thống tưới	69
3.1.3. Nguồn nước tưới	72
3.1.4. Lưu lượng, cột nước tưới thiết kế và các yếu tố ảnh hưởng	73
3.1.5. Nguyên tắc thiết kế mặt bằng hệ thống tưới	75
3.2. Kỹ thuật tưới	77
3.2.1. Kỹ thuật tưới mặt	77
3.2.2. Kỹ thuật tưới phun mưa	90
3.2.3. Kỹ thuật tưới nhỏ giọt	94
3.2.4. Kỹ thuật tưới ngầm	96
3.2.5. Lựa chọn kỹ thuật tưới	97
3.3. Kênh và mạng lưới dẫn nước tưới	97
3.3.1. Nguyên tắc thiết kế và bố trí kênh	98
3.3.2. Thiết kế kênh tưới	98
3.3.3. Công trình và thiết bị trên kênh tưới	108
3.3.4. Vấn đề kinh tế và quản lý hệ thống kênh tưới	118
3.4. Mạng lưới dẫn nước tưới bằng đường ống có áp	122
3.4.1. Các loại ống thường dùng trong cấp nước tưới	122
3.4.2. Tính toán thủy lực mạng ống	124
3.4.3. Công trình và thiết bị dọc tuyến ống	125
3.5. Thí dụ về xác định chế độ tưới theo tổng lượng tưới	126
3.6. Thí dụ về hiệu suất hệ thống tưới	130
3.7. Câu hỏi và bài tập chương 3	132

Chương 4. Vấn đề tiêu và cân bằng nước tiêu

4.1. Khái niệm, yêu cầu và nhiệm vụ tiêu	134
4.1.1. Những vấn đề đặt ra đối với bài toán tiêu	134
4.1.2. Định nghĩa về úng ngập và nguyên nhân gây úng	135
4.1.3. Yêu cầu và nhiệm vụ của tiêu úng	136
4.1.4. Bài toán tiêu và phương trình cân bằng nước	137
4.2. Tiêu chuẩn về tiêu	139
4.2.1. Tiêu chuẩn về tần suất tiêu và cấp công trình	139
4.2.2. Khả năng chịu úng của lúa và một số cây trồng cạn	140
4.3. Một số kiến thức về nước trong đất cần lưu ý khi nghiên cứu bài toán tiêu	141
4.3.1. Kết cấu đất - nước - không khí	141
4.3.2. Áp suất của nước trong đất	143

4.3.3. Quan hệ giữa độ ẩm và áp suất	145
4.3.4. Năng lượng tiềm tàng của nước trong đất	146
4.3.5. Chuyển động của nước trong đất - Định luật Darcy	148
4.3.6. Hệ số thấm của đất	149
4.3.7. Chuyển động của nước trong trạng thái chưa bão hòa	150
4.3.8. Phân bố độ ẩm trong đất và các hằng số ẩm	151
4.3.9. Dòng chảy ngầm	154
4.4. Câu hỏi và bài tập chương 4	155
Chương 5. Thiết kế hệ thống tiêu	
5.1. Khái niệm về hệ thống tiêu nước	157
5.1.1. Nhiệm vụ của hệ thống tiêu nước	158
5.1.2. Phân loại hệ thống tiêu	158
5.1.3. Nguyên tắc bố trí hệ thống tiêu	159
5.2. Tính toán lưu lượng tiêu thiết kế	160
5.2.1. Các yếu tố ảnh hưởng tới lưu lượng tiêu thiết kế	160
5.2.2. Các phương pháp tính toán lưu lượng tiêu thiết kế	163
5.3. Thiết kế hệ thống tiêu nước mặt	181
5.3.1. Phân loại hệ thống tiêu nước mặt	181
5.3.2. Rãnh thu nước hai phía của luống	181
5.3.3. Hào nông thu nước mặt	182
5.3.4. Kênh chính thu nước tiêu	183
5.3.5. Thiết kế kênh tiêu nói chung	184
5.4. Thiết kế hệ thống ống tiêu nước ngầm	187
5.4.1. Ống tiêu nước ngầm và cấu tạo	187
5.4.2. Các công trình trên hệ thống ống tiêu nước	188
5.4.3. Trạng thái chảy và vấn đề tính toán khoảng cách giữa hai ống tiêu	190
5.4.4. Công thức Hooghoudts	195
5.4.5. Công thức Glover-Dumm	199
5.4.5. Công thức De Zeeuw và Hellinga	204
5.4.6. Những lưu ý khi thiết kế hệ thống tiêu bằng ống ngầm	206
5.4.7. Kiểm tra và quản lý hệ thống tiêu bằng ống ngầm	210
5.5. Thiết kế hệ thống tiêu bao lá lũ	211
5.5.1. Khái niệm về hệ thống tiêu bao lá lũ	211
5.5.2. Tính toán lưu lượng tiêu lá lũ	212
5.5.3. Thiết kế hệ thống tiêu bao lá lũ	213
5.6. Câu hỏi và bài tập chương 5	216

Chương 6. Trạm bơm trong hệ thống tưới tiêu	221
6.1. Trạm bơm trong hệ thống tưới - tiêu	221
6.1.1. Trạm bơm trong hệ thống tưới	227
6.1.2. Trạm bơm trong hệ thống tiêu	228
6.2. Thành phần công trình của một đầu mối bơm	228
6.2.1. Một số khái niệm	229
6.2.2. Thành phần liên quan đến cơ - thủy lực	231
6.2.3. Thành phần liên quan đến quản lý vận hành	232
6.3. Một số sơ đồ đầu mối bơm phục vụ tưới tiêu	232
6.3.1. Phân loại sơ đồ bố trí đầu mối bơm	233
6.3.2. Một số sơ đồ nhà máy bơm phục vụ tưới	234
6.3.3. Một số sơ đồ nhà máy bơm phục vụ tiêu	246
6.4. Câu hỏi và bài tập chương 6	
Chương 7. Máy bơm phục vụ tưới tiêu	247
7.1. Một số loại bơm thường sử dụng trong tưới tiêu	247
7.1.1. Bơm ly tâm	255
7.1.2. Bơm hướng trục	258
7.1.3. Hiện tượng khí thực và chiều sâu hút của bơm ly tâm	264
7.2. Đặc tính thủy lực mạng lưới dẫn nước	264
7.2.1. Mạng lưới dẫn nước	264
7.2.2. Thủy lực mạng lưới dẫn nước - Phương trình cơ bản	266
7.2.3. Tổn thất thủy lực trên mạng lưới dẫn nước	271
7.3. Điểm làm việc và điều chỉnh điểm làm việc của máy bơm	271
7.3.1. Khái niệm về điểm làm việc của bơm	272
7.3.2. Điều chỉnh điểm làm việc của bơm	276
7.4. Một số sơ đồ ghép nối bơm	276
7.4.1. Máy bơm làm việc song song khi có đoạn ống đẩy riêng như nhau	277
7.4.2. Máy bơm làm việc song song khi có đoạn ống đẩy riêng khác nhau	278
7.4.3. Máy bơm làm việc nối tiếp trên đường ống	279
7.4.4. Máy bơm làm việc cùng thấp cấp nước	281
7.4.5. Máy bơm cấp nước cho nhiều bể xả	282
7.4.6. Máy bơm trong hệ thống phức tạp	283
7.5. Chọn máy bơm	283
7.5.1. Vấn đề lựa chọn máy bơm	284
7.5.2. Những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến lựa chọn máy bơm	284
7.5.3. Tóm tắt các bước trong quá trình chọn máy bơm	290
7.5.4. Phạm vi sử dụng và biểu đồ phân bố một số loại bơm	

7.6. Một số lưu ý trong sử dụng bơm tưới tiêu	298
7.6.1. Lắp đặt bơm	298
7.6.2. Khởi động bơm	301
7.7. Câu hỏi và bài tập chương 7	303

Chương 8. Nhà máy bơm tưới tiêu và công trình nối tiếp	306
8.1. Phân loại nhà máy bơm	308
8.2. Cấu tạo nhà máy bơm kiểu trọng lực	308
8.2.1. Đặc điểm kết cấu nhà máy bơm trọng lực	308
8.2.2. Một số sơ đồ, mặt cắt của nhà máy bơm kiểu trọng lực	312
8.3. Cấu tạo nhà máy bơm kiểu buồng	312
8.3.1. Đặc điểm kết cấu nhà máy bơm kiểu buồng	312
8.3.2. Một số sơ đồ, mặt cắt của nhà máy bơm kiểu buồng	317
8.4. Cấu tạo nhà máy bơm kiểu đường dẫn	317
8.4.1. Đặc điểm kết cấu nhà máy bơm kiểu đường dẫn	317
8.4.2. Sơ đồ, mặt cắt nhà máy bơm kiểu đường dẫn	318
8.5. Nhà máy bơm kiểu di động	321
8.6. Nguyên tắc xác định kích thước nhà máy bơm	321
8.6.1. Chiều rộng nhà máy (B)	322
8.6.2. Chiều cao của nhà máy	323
8.6.3. Chiều dài của nhà máy	326
8.7. Công trình nối tiếp với nhà máy bơm	326
8.7.1. Thành phần công trình nối tiếp	327
8.7.2. Công trình lấy nước	330
8.7.3. Công trình dẫn nước	331
8.7.4. Bể hút, buồng hút	338
8.7.5. Bể xả (bể phân phối)	342
8.8. Câu hỏi và bài tập chương 8	

Chương 9. Thiết bị trong nhà máy bơm phục vụ tưới tiêu	344
9.1. Thiết bị năng lượng	344
9.1.1. Động cơ điện	349
9.1.2. Máy diesel (hay động cơ diesel)	351
9.1.3. Tuốc bin hơi	351
9.1.4. Thiết bị truyền động	353
9.2. Thiết bị điện	353
9.2.1. Thành phần thiết bị điện trong nhà máy bơm	354
9.2.2. Yêu cầu và quá trình thiết kế thiết bị điện trong nhà máy bơm	

9.2.3. Phụ tải và điện áp cấp cho nhà máy bơm	355
9.2.4. Máy biến áp chính	356
9.2.5. Sơ đồ điện trong NMB	358
9.3. Van phục vụ máy bơm	360
9.3.1. Các loại van thường gặp	360
9.3.2. Đặc tính xâm thực và hệ số lưu lượng của van	365
9.4. Đường ống và thiết bị nối ống	368
9.4.1. Các loại ống trong trạm bơm tưới tiêu	368
9.4.2. Chọn lựa kích cỡ đường ống, ống hút, ống đẩy	369
9.4.3. Ghép nối ống	374
9.5. Thiết bị phụ trong nhà máy bơm	375
9.5.1. Hệ thống môi nước máy bơm	375
9.5.2. Hệ thống nước kỹ thuật	376
9.5.3. Hệ thống dầu áp lực	378
9.5.4. Hệ thống dầu bôi trơn	378
9.5.5. Hệ thống nhiên liệu và hơi khởi động cho máy diesel	379
9.5.6. Hệ thống thiết bị thu nước thấm	379
9.5.7. Hệ thống thiết bị thông gió giảm nhiệt	379
9.5.8. Hệ thống thiết bị chiếu sáng	381
9.5.9. Hệ thống thiết bị thao tác và điều khiển	383
9.5.10. Cửa van, lưới chắn rác và thiết bị vớt rác	384
9.5.11. Thiết bị nâng	386
9.6. Vấn đề nước và dọc đường ống	387
9.6.1. Hiện tượng nước và dọc đường ống	387
9.6.2. Phương trình cơ bản nước va	388
9.6.3. Các biện pháp giảm áp lực nước va	392
9.7. Vấn đề rung động và tiếng ồn trong NMB	393
9.8. Câu hỏi và bài tập chương 9	393
Chương 10. Quản lý và khai thác hệ thống tưới tiêu	
10.1. Đặt vấn đề	395
10.2. Mục đích và nhiệm vụ của công tác quản lý khai thác	396
10.2.1. Mục đích của công tác quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu	396
10.2.2. Nhiệm vụ của công tác quản lý khai thác hệ thống tưới tiêu	396
10.3. Các vấn đề quản lý khai thác hệ thống tưới	397
10.3.1. Giai đoạn 3 năm đầu tiên	398
10.3.2. Giai đoạn sau	402
10.4. Các vấn đề quản lý khai thác hệ thống tưới	404

10.5. Vận hành và xử lý một số sự cố ở trạm bơm	406
10.6. Câu hỏi và bài tập chương 10	412
Chương 11. Đánh giá hiệu quả kinh tế dự án tưới tiêu	
11.1. Mục đích đánh giá hiệu quả kinh tế dự án tưới tiêu	413
11.2. Phương pháp tiếp cận trong đánh giá hiệu quả kinh tế	414
11.2.1. Phương pháp phân tích chi phí-lợi ích	414
11.2.2. Phương pháp phân tích tối ưu	415
11.2.3. Phân tích độ nhạy	419
11.2.4. Vài nét về tối ưu đa mục tiêu trong thủy lợi - thủy điện	419
11.3. Tính toán chi phí và thu nhập của dự án tưới - tiêu	421
11.3.1. Chi phí và thu nhập của dự án tưới	421
11.3.2. Chi phí và thu nhập của dự án tiêu	424
11.3.3. Một số vấn đề xung quanh giá nước	427
11.4. Phương pháp phân tích chi phí-thu nhập đánh giá hiệu quả kinh tế dự án tưới - tiêu	431
11.4.1. Các chỉ tiêu kinh tế thường được sử dụng trong phân tích và cách xác định	431
11.4.2. Phân tích hiệu quả kinh tế dự án tưới tiêu	443
11.5. Ứng dụng phương pháp tối ưu trong đánh giá hiệu quả kinh tế dự án tưới - tiêu	451
11.5.1. Mô hình bài toán quy hoạch tuyến tính	451
11.5.2. Thiết lập mô hình bài toán QHTT qua thí dụ minh họa	452
11.5.3. Giải bài toán QHTT	455
11.6. Câu hỏi và bài tập chương 11	461
Phụ lục a. Bảng đơn vị hệ mét (SI unit)	463
Phụ lục b. Hệ số chuyển đổi đơn vị từ hệ Anh sang hệ Mét	464
Phụ lục c. Áp suất không khí theo độ cao	466
Phụ lục d. Tính chất vật lý của nước	467
Phụ lục e. Tính chất vật lý của vật liệu làm ống	468
Phụ lục g. Nhám đối với vật liệu làm ống (Tính đối với ống có đường kính 300 mm, vận tốc 1,1 ÷ 1,2 m/s, nhiệt độ 20°C)	469
Phụ lục h. Hệ số tổn thất cục bộ (Hệ số tổn thất cục bộ k gần đúng trong công thức $h_c = k \frac{v^2}{2g}$ trừ khi có chỉ dẫn)	470
Tài liệu tham khảo	473

THIẾT KẾ HỆ THỐNG TUỔI TIÊU

Chịu trách nhiệm xuất bản :

BÙI HỮU HẠNH

<i>Biên tập :</i>	TRỊNH KIM NGÂN
<i>Chế bản :</i>	LÊ THỊ HƯƠNG
<i>Sửa bản in :</i>	LƯƠNG XUÂN MẠNH
	CAO BẠCH LAN
<i>Bìa :</i>	VŨ BÌNH MINH

In 600 cuốn khổ 19 × 27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 89-2006/CXB/09-07/XB, ngày 24/01/2006. In xong nộp lưu chiểu tháng 6-2006.

631-631.6 89 - 2006
XD- 2006

Giá : 85.000^d