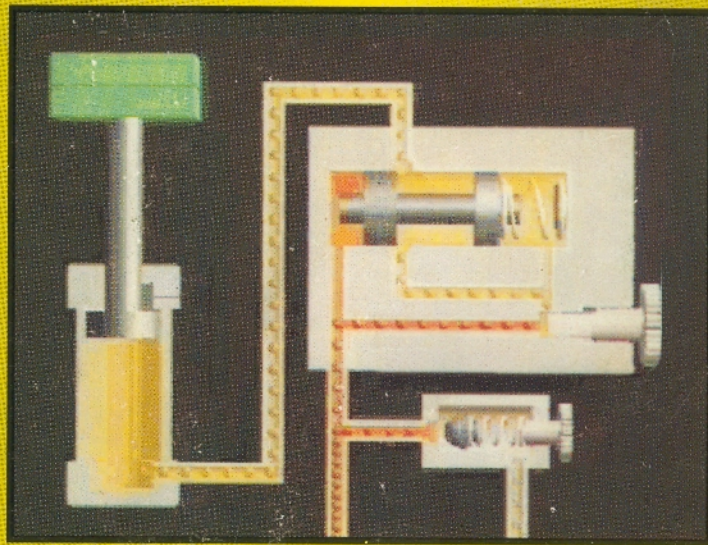


NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG
HUỖNH NGUYỄN HOÀNG

HỆ THỔNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG THỦY LỰC

(LÝ THUYẾT VÀ CÁC ỨNG DỤNG THỰC TẾ)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

NGUYỄN NGỌC PHƯƠNG
HUỠNH NGUYỄN HOÀNG

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG THỦY LỰC

(LÝ THUYẾT VÀ CÁC ỨNG DỤNG THỰC TẾ)

(Tái bản lần thứ hai)

ALOIS MAILLY
NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

LỜI GIỚI THIỆU

Cuốn sách này là một tác phẩm chuẩn, cần được đưa vào thư viện sách chuyên môn của mỗi giáo viên dạy nghề, kỹ thuật viên và kỹ sư. Cuốn sách **Hệ thống điều khiển bằng thủy lực** là phần bổ sung tiếp theo cho cuốn **Hệ thống điều khiển bằng khí nén** đã được xuất bản.

Cả hai cuốn sách là một phần kết quả của nhiều năm dài hợp tác khoa học kỹ thuật giữa GTZ (Tổ chức hợp tác khoa học kỹ thuật – CHLB Đức) và Việt Nam.

Chúng tôi tỏ lòng biết ơn những kiến thức chuyên môn và sự tận tâm làm việc của đồng nghiệp chúng tôi, Tiến sĩ Nguyễn Ngọc Phương và Thạc sĩ Huỳnh Nguyễn Hoàng. Qua đây chúng tôi chân thành cảm ơn Ban Giám hiệu Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, thành phố Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện tốt để hoàn thành cuốn sách, mở ra triển vọng cho sự hợp tác tốt đẹp với GTZ trong thời gian tới.

Kỹ thuật lưu chất là một trong những kỹ thuật then chốt trên con đường tiến đến công nghiệp hóa ở Việt Nam. Điều khiển bằng lưu chất - thủy lực cũng như khí nén có thể thấy trong các máy móc và quy trình sản xuất tự động để tăng năng suất và giảm nhẹ sức lao động của con người. Nó được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực sản xuất nông nghiệp, ngành chế biến thực phẩm, ngành chế biến gỗ, cơ khí, xây dựng, kỹ thuật điện...

Đó là ý nghĩa chính của bộ sách này.

TP. Hồ Chí Minh, ngày 07.08.2000

Cố vấn dự án GTZ



ALOIS MAILLY

LỜI NÓI ĐẦU

7ự động hóa quá trình sản xuất và tự động hóa quá trình công nghệ là yêu cầu bức thiết của quá trình chuyển tiếp từ cách mạng khoa học - kỹ thuật sang cách mạng khoa học - công nghệ từ nửa cuối thế kỷ 20 và tự động hóa công nghệ cao của thế kỷ 21.

Để thực hiện công nghiệp hóa và hiện đại hóa nền kinh tế Việt Nam trong tương lai tới thì trình độ công nghệ của sản xuất phải được đánh giá bằng chỉ tiêu công nghệ tiên tiến và tự động hóa. Chỉ tiêu công nghệ tiên tiến và tự động hóa được thể hiện qua trang thiết bị, máy móc, công cụ và kỹ thuật điều khiển nó để tự động hóa quá trình sản xuất.

Với mức độ tự động của thiết bị, chất lượng chế tạo cao, mà cụ thể là độ chính xác cao, độ tin cậy lớn... thì các máy và cụm kết cấu được dùng là truyền động cơ khí - thủy lực - khí nén - điện. Các thông tin truyền dưới dạng các năng lượng đó phải là tín hiệu tương tự, nhị phân và tín hiệu số, được xử lý với vận tốc nhanh.

Những trang thiết bị trình độ cao này, đã được chuyển giao công nghệ vào Việt Nam một phần và trong tương lai sẽ còn tiếp tục phát triển. Vấn đề được khai thác tối ưu, thích nghi, hoàn thiện và mở rộng, để đảm bảo quá trình sản xuất ổn định có hiệu quả kinh tế, có sức cạnh tranh thị trường, thì đòi hỏi phải có kiến thức mới về tự động hóa.

Truyền động thủy lực làm việc với công suất cao và tải trọng lớn, yêu cầu không gian lắp ráp nhỏ, dễ dàng điều chỉnh nhanh chóng và chính xác. Xilanh thủy lực có kết cấu đơn giản và hiệu quả kinh tế hơn so với các truyền động cơ khí khác. Sự kết hợp của những ưu điểm này mở ra một phạm vi ứng dụng rộng rãi cho thủy lực trong ngành cơ khí chế tạo máy, cơ khí động lực và ngành hàng không.

Cuốn sách *Hệ thống điều khiển bằng thủy lực* được soạn thảo cho các đối tượng sinh viên của các trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Kỹ thuật, các trường Cao đẳng Kỹ thuật, các kỹ sư và giáo viên dạy nghề.

Cuốn sách gồm có 10 chương và phần phụ lục. Trong giảng dạy để có hệ thống, có thể chia cuốn sách thành 2 phần (2 modul):

- **Phần 1** : **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG THỦY LỰC** (chương 1÷ chương 4);
- **Phần 2** : **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG ĐIỆN-THỦY LỰC** (chương 5 ÷ chương 10).

Phần thí nghiệm xác định đặc tính các phần tử thủy lực và các ví dụ ứng dụng được thực hiện tại Phòng thí nghiệm điều khiển thủy lực, Trung tâm Việt - Đức, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, TP. Hồ Chí Minh.

Cuốn sách trình bày một cách có hệ thống kiến thức về lĩnh vực thủy lực, điện - thủy lực, từ các khái niệm cơ bản đến các phương pháp thiết kế điều khiển bằng thủy lực mới nhất hiện đang ứng dụng tại CHLB Đức.

Để cuốn sách "Hệ thống điều khiển bằng thủy lực" được hoàn thành, các tác giả xin chân thành cảm ơn Hãng FESTO, đặc biệt là ông Tiến sĩ Nader Imani, Trưởng phòng Dự án quốc tế - khu vực châu Á đã cung cấp tài liệu trong quá trình viết.

Các tác giả cảm ơn chuyên gia Alois Mailly, cố vấn cho Tổ chức hợp tác khoa học và kỹ thuật (GTZ), CHLB Đức tại Việt Nam đã định hướng và cung cấp thông tin kỹ thuật về hệ thống điều khiển bằng thủy lực để thực hiện viết cuốn sách này.

Các tác giả cảm ơn Kỹ sư Hồ Vinh An, trưởng Bộ môn Cơ khí, Trung tâm Việt - Đức, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, TP. Hồ Chí Minh cộng tác trong quá trình thực hiện các bài thí nghiệm về "Van thủy lực tuyến tính".

Các tác giả đã làm việc với một tinh thần khẩn trương và trách nhiệm, song quá trình biên soạn không tránh khỏi thiếu sót, mong nhận được ý kiến phản hồi từ bạn đọc để hoàn chỉnh cuốn sách này trong lần xuất bản tiếp theo.

Thư góp ý xin gửi về Khoa Cơ khí Chế tạo máy, ĐT: 8 960986 hoặc Trung tâm Việt - Đức, ĐT: 8 964575, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, TP. Hồ Chí Minh và Chi nhánh Nhà xuất bản Giáo dục, 231 Nguyễn Văn Cừ, Q.5, TP. Hồ Chí Minh.

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 07 năm 2000

CÁC TÁC GIẢ

CHƯƠNG 1

CƠ SỞ LÝ THUYẾT

I. NHỮNG ƯU ĐIỂM VÀ NHƯỢC ĐIỂM CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG THỦY LỰC

1. Ưu điểm

- Truyền được công suất cao và lực lớn nhờ các cơ cấu tương đối đơn giản, hoạt động với độ tin cậy cao nhưng đòi hỏi ít về chăm sóc, bảo dưỡng.
- Điều chỉnh được vận tốc làm việc tinh và không cấp, dễ thực hiện tự động hóa theo điều kiện làm việc hay theo chương trình cho sẵn.
- Kết cấu gọn nhẹ, vị trí của các phần tử dẫn và bị dẫn không lệ thuộc với nhau, các bộ phận nối thường là những đường ống dễ đổi chỗ.
- Có khả năng giảm khối lượng và kích thước nhờ chọn áp suất thủy lực cao.
- Nhờ quán tính nhỏ của bơm và động cơ thủy lực, nhờ tính chịu nén của dầu nên có thể sử dụng ở vận tốc cao mà không sợ bị va đập mạnh như trong trường hợp cơ khí hay điện.
- Dễ biến đổi chuyển động quay của động cơ thành chuyển động tịnh tiến của cơ cấu chấp hành.
- Dễ đề phòng quá tải nhờ van an toàn.
- Dễ theo dõi và quan sát bằng áp kế, kể cả các hệ phức tạp, nhiều mạch.
- Tự động hóa đơn giản, kể cả các thiết bị phức tạp, bằng cách dùng các phần tử tiêu chuẩn hóa.

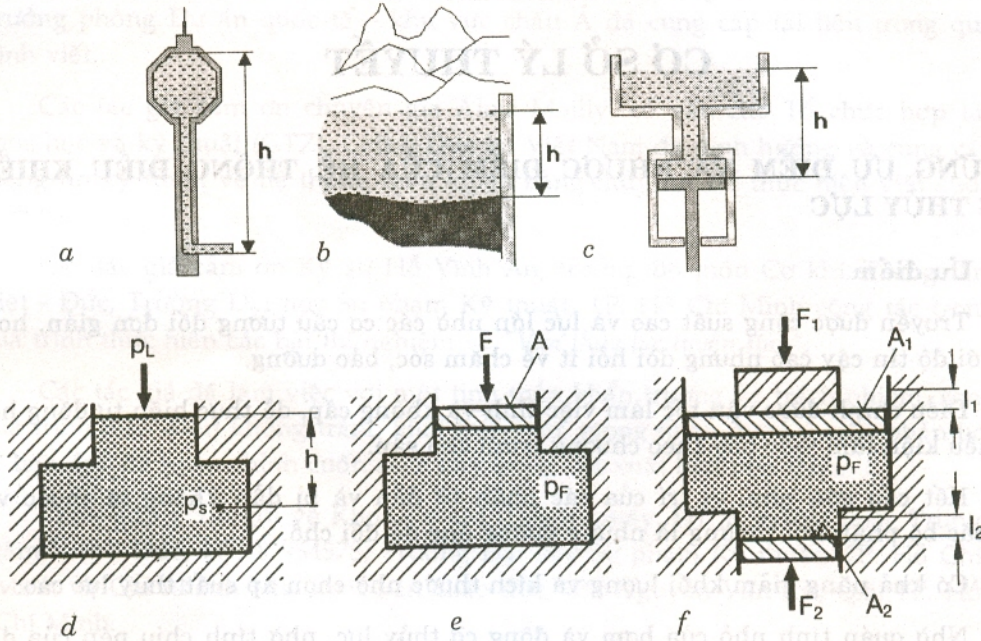
2. Nhược điểm

- Mất mát trong đường ống dẫn và rò rỉ bên trong các phần tử, làm giảm hiệu suất và hạn chế phạm vi sử dụng.
- Khó giữ được vận tốc không đổi khi phụ tải thay đổi do tính nén được của chất lỏng và tính đàn hồi của đường ống dẫn.
- Khi mới khởi động, nhiệt độ của hệ thống chưa ổn định, vận tốc làm việc thay đổi do độ nhớt của chất lỏng thay đổi.

II. ĐỊNH LUẬT CỦA CHẤT LỎNG

1. Áp suất thủy tĩnh

Trong các chất lỏng, áp suất (áp suất do trọng lượng và áp suất do ngoại lực) tác động lên mỗi phần tử chất lỏng không phụ thuộc vào hình dạng thùng chứa, xem hình 1-1 và hình 1-2.



Hình 1-1 Áp suất thủy tĩnh

Tại hình 1-1 d, ta có: $p_s = h \cdot g \cdot \rho + p_L$

Tại hình 1-1 e, ta có: $p_F = \frac{F}{A}$

Tại hình 1-1 f, ta có: $\frac{F_1}{A_1} = p_F = \frac{F_2}{A_2}$ và $\frac{l_2}{l_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{F_1}{F_2}$

Trong đó: ρ - khối lượng riêng của chất lỏng;

h - chiều cao của cột nước;

g - gia tốc trọng trường;

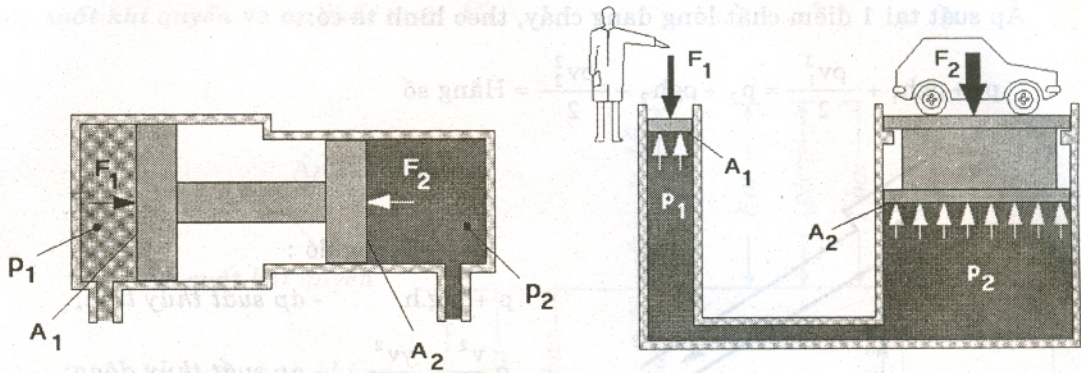
p_s - áp suất do lực trọng trường;

p_L - áp suất khí quyển;

p_F - áp suất của tải trọng ngoài;

A - diện tích bề mặt tiếp xúc;

F - tải trọng ngoài.



Hình 1-2 Khuếch đại áp suất

2. Phương trình dòng chảy liên tục (hình 1-3)

Lưu lượng chảy trong đường ống từ vị trí 1 đến vị trí 2 là không đổi. Lưu lượng Q của chất lỏng qua mặt cắt S của ống bằng nhau trong toàn ống (điều kiện liên tục). Ta có phương trình dòng chảy như sau:

$$Q = S \cdot v = \text{Hằng số}$$

với v là vận tốc chảy trung bình qua mặt cắt S .

Trong đó:

Q - lưu lượng dòng chảy tại vị trí 1

và vị trí 2 $[m^3/s]$

v_1 - vận tốc dòng chảy tại vị trí 1 $[m/s]$

v_2 - vận tốc dòng chảy tại vị trí 2 $[m/s]$

A_1 - tiết diện dòng chảy tại vị trí 1 $[m^2]$

A_2 - tiết diện dòng chảy tại vị trí 2 $[m^2]$

Nếu tiết diện chảy là hình tròn,

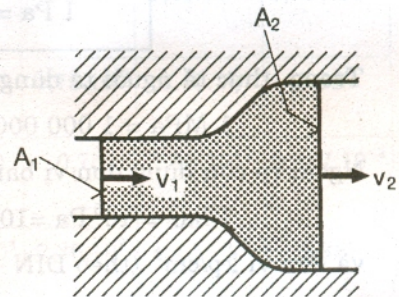
ta viết được như sau:

$$v_1 \cdot \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = v_2 \cdot \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4}$$

Vận tốc dòng chảy tại vị trí 2:

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} = v_1 \cdot \sqrt{\frac{d_1}{d_2}}$$

Trong đó : d_1, d_2 là đường kính ống tại vị trí 1 và vị trí 2.

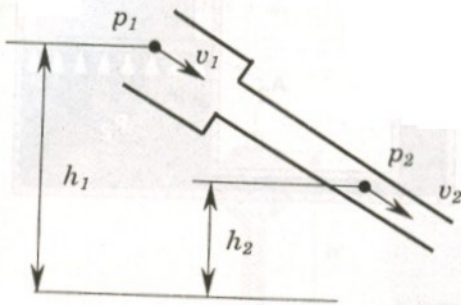


Hình 1-3 Dòng chảy liên tục

3. Phương trình Bernulli (hình 1-4)

Áp suất tại 1 điểm chất lỏng đang chảy, theo hình ta có:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} = \text{Hằng số}$$



Hình 1-4 Phương trình Bernulli

Trong đó :

$$p + \rho.g.h \quad - \text{áp suất thủy tĩnh};$$

$$\rho \frac{v^2}{2} = \frac{\gamma v^2}{2g} \quad - \text{áp suất thủy động};$$

$$\gamma = \rho.g \quad - \text{trọng lượng riêng}.$$

III. ĐƠN VỊ ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN

1. Áp suất

Đơn vị cơ bản của áp suất theo Hệ đo lường SI là Pascal (Pa).

1 Pascal (Pa) là áp suất phân bố đều lên bề mặt có diện tích $1m^2$ với lực tác động vuông góc lên bề mặt đó là 1 Newton (N).

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg m/s}^2/\text{m}^2 = 1 \text{ kg/ms}^2$$

Trong thực tế người ta dùng đơn vị bội số của Pascal là Megapascal (MPa).

$$1 \text{ MPa} = 1\,000\,000 \text{ Pa}$$

Ngoài ra còn dùng đơn vị bar :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100\,000 \text{ Pa}$$

và đơn vị kp/cm^2 (theo DIN - tiêu chuẩn Cộng hòa Liên bang Đức)

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 0,980665 \text{ bar} = 0,981 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 1,01972 \text{ kp/cm}^2 \\ = 1,02 \text{ kp/cm}^2$$

Đơn vị kG/cm^2 tương đương kp/cm^2 .

Người ta thường lấy gần đúng $1 \text{ bar} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ at}$

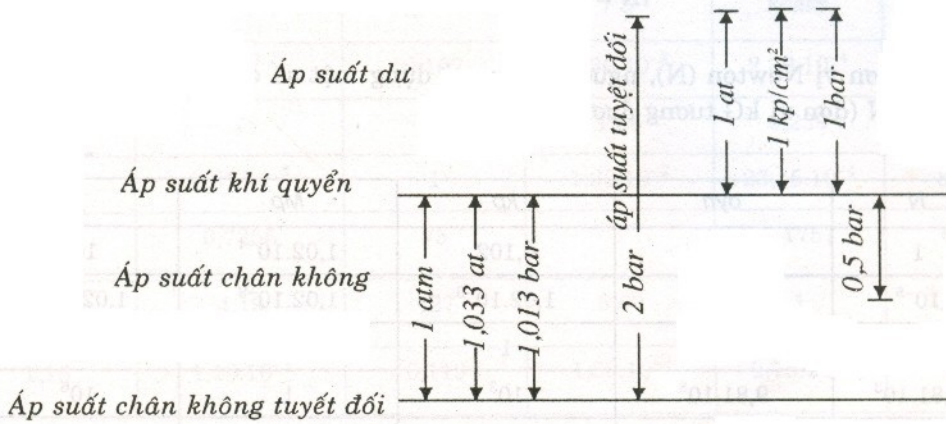
Ngoài ra một số nước (Anh, Mỹ) còn sử dụng đơn vị đo áp suất :

$$\text{Pound (0,4536 kg) per square inch (6,4521 cm}^2)$$

$$\text{Ký hiệu lbf/in}^2 \text{ (psi)}$$

$$1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi} \quad 1 \text{ psi} = 0,06895 \text{ bar}$$

Theo hình 1-5 áp suất ghi trên tất cả các áp kế là **hiệu áp suất** của **áp suất tuyệt đối** và **áp suất khí quyển**. Áp suất ghi trên tất cả các chân không kế là **hiệu áp suất** của **áp suất khí quyển** và **áp suất tuyệt đối**.



Hình 1-5 Phân biệt các loại áp suất

Bảng 1.1 biểu thị mối tương quan của các đơn vị đo áp suất khác nhau.

• BẢNG 1.1

Áp suất	Pa	bar	mbar	at kp/cm ²	mmWS kp/m ²	Torr mm Hg	psi	atm
1Pa 1 N/m ²	1	1,000.10 ⁻⁵	1,000.10 ⁻²	1,02.10 ⁻⁵	0,102	7,50.10 ⁻³	1,45.10 ⁻⁴	0,987.10 ⁻⁵
1 bar	1,000.10 ⁵	1	1,000.10 ³	1,02	1,02.10 ⁴	0,75.10 ³	1,45.10	0,987
1 mbar	1,000.10 ²	1,000.10 ⁻³	1	1,02.10 ⁻³	1,02.10	0,75	1,45.10 ⁻²	0,987.10 ⁻³
1 at 1kp/cm ²	0,981.10 ⁵	0,981	9,81.10 ²	1	1,000.10 ⁴	7,36.10 ²	1,42.10 ⁻²	0,987
1mmWS 1 kp/m ²	9,81	0,981.10 ⁻⁴	9,81.10 ⁻²	1,000.10 ⁻⁴	1	7,36.10 ⁻²	1,42.10 ⁻³	9,68.10 ⁻⁵
1mmHg 1 Torr	1,33.10 ²	1,33.10 ⁻³	1,33	1,36.10 ⁻³	1,36.10	1	1,934.10 ⁻²	1,32.10 ⁻³
1 psi	6,895.10 ³	6,895.10 ⁻²	6,895.10	7,033.10 ⁻²	7,033.10 ²	5,171.10	1	6,805.10 ⁻²
1 atm	1,013.10 ⁵	1,013	1,013.10 ³	1,033	1,033.10 ⁴	7,6.10 ²	1,469.10 ⁻²	1

2. Lực

Đơn vị của lực là Newton (N). 1 Newton (N) là lực tác động lên đối trọng có khối lượng 1 kg với gia tốc 1 m/s^2 .

$$1\text{N} = 1 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2}$$

Ngoài đơn vị Newton (N), người ta còn sử dụng một số đơn vị khác về lực (bảng 1.2) theo DIN (đơn vị kG tương đương với kp).

BẢNG 1.2

<i>N</i>	<i>dyn</i>	<i>kp</i>	<i>Mp</i>	<i>p</i>
1	10^5	0,102	$1,02 \cdot 10^{-4}$	102
10^{-5}	1	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$1,02 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$
9,81	$9,81 \cdot 10^5$	1	10^{-3}	10^3
$9,81 \cdot 10^3$	$9,81 \cdot 10^8$	10^3	1	10^6
$9,81 \cdot 10^{-3}$	981	10^{-3}	10^{-6}	1

3. Công

Đơn vị của công là Joule (J). 1 Joule (J) là công sinh ra dưới tác động của lực 1 N để vật dịch chuyển quãng đường 1m.

$$1\text{J} = 1\text{Nm}$$

$$1\text{J} = 1 \frac{\text{m}^2\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Bảng 1.3 biểu thị mối liên hệ giữa các đơn vị đo về công (đơn vị kGm tương đương với kpm).

BẢNG 1.3

<i>J</i>	<i>erg</i>	<i>kpm</i>	<i>kWh</i>	<i>kcal</i>	<i>eV</i>
1	10^7	0,102	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$	$6,24 \cdot 10^{18}$
10^{-7}	1	$1,02 \cdot 10^{-8}$	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$2,39 \cdot 10^{-11}$	$6,24 \cdot 10^{11}$
9,81	$9,81 \cdot 10^7$	1	$2,72 \cdot 10^{-6}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$	$6,12 \cdot 10^{19}$
$3,60 \cdot 10^6$	$3,60 \cdot 10^{13}$	$3,67 \cdot 10^5$	1	860	$2,25 \cdot 10^{25}$
4187	$4,19 \cdot 10^{10}$	427	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1	$2,61 \cdot 10^{22}$
$1,6 \cdot 10^{-19}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$1,63 \cdot 10^{-20}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$3,83 \cdot 10^{-23}$	1

4. Công suất

Đơn vị của công suất là Watt (W). 1 Watt (W) là công suất trong thời gian 1 s, sinh ra năng lượng 1 J.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Nm/s}$$

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{m}^2\text{kg}}{\text{s}^3}$$

Bảng 1.4 biểu thị theo DIN mối liên hệ giữa các đơn vị đo về công suất (đơn vị kGm/s tương đương kpm/s; đơn vị mã lực CV tương đương với PS).

BẢNG 1.4

W	kW	kpm/s	PS	kcal/s	kcal/h
1	10^{-3}	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$	0,86
10^3	1	102	1,36	0,239	860
9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	$1,33 \cdot 10^{-2}$	$23,45 \cdot 10^{-4}$	8,43
735,5	0,7355	75	1	0,1757	622
4187	4,19	427	5,69	1	3600
1,16	$1,16 \cdot 10^{-3}$	0,119	$1,58 \cdot 10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	1

IV. SO SÁNH CÁC LOẠI TRUYỀN ĐỘNG

Trong bảng 1-5 trình bày các dạng năng lượng và so sánh chúng trong truyền động.

BẢNG 1.5

Tiêu chuẩn	Thủy lực	Khí nén	Điện tử	Cơ học
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Mang năng lượng	Dầu	Khí nén	Electron	Trục; bánh răng; xích
Truyền năng lượng	Ống dẫn, đầu nối	Ống dẫn, đầu nối	Dây điện	Trục, bánh răng
Tạo ra năng lượng hoặc chuyển đổi thành dạng năng lượng khác	Bơm, xilanh truyền lực, động cơ thủy lực	Máy nén khí, xilanh truyền lực, động cơ khí nén.	Máy phát điện, động cơ điện, pin, ắc quy	Trục, bánh răng, đai truyền, xích truyền.
Các đại lượng cơ bản	Áp suất p (400bar), lưu lượng q (m^3/h)	Áp suất p (khoảng 6 bar), lưu lượng q (m^3/h)	Hiệu điện thế u, cường độ dòng điện I	Lực, mômen xoắn, vận tốc, số vòng quay.
Công suất	Rất tốt, áp suất đến khoảng 400 bar, kết cấu gọn nhỏ, giá cả phù hợp.	Tốt bị giới hạn bởi áp suất làm việc khoảng 6 bar.	Tốt, trọng lượng động cơ điện có cùng công suất lớn hơn 10 lần so với động cơ thủy lực. Sự đóng mở của các tiếp điểm thuận lợi hơn so với van đảo chiều.	Tốt, bởi vì không có chuyển đổi năng lượng. Bị giới hạn trong lĩnh vực điều khiển và điều chỉnh.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Độ chính xác của vị trí (hành trình)	Rất tốt, bởi vì dầu không có độ đàn hồi.	Ít tốt hơn bởi vì khí nén có độ đàn hồi.	Tốt, độ trễ nhỏ.	Rất tốt, khả năng ăn khớp truyền động.
Hiệu suất	Vừa phải, tổn thất thể tích, ma sát ở truyền động, chuyển đổi năng lượng, tổn thất áp suất van	Tính chất khí nén có ảnh hưởng trong quá trình truyền tải	Vừa phải.	Tổn thất lớn.
Khả năng điều khiển và điều chỉnh	Rất tốt với các loại van và bơm điều chỉnh được lưu lượng. Cơ cấu servo. Kết hợp tốt với điện - điện tử.	Điều khiển linh hoạt. Khó điều chỉnh do ảnh hưởng bởi độ đàn hồi của khí nén	Công suất tiêu thụ thấp, rất tốt.	Ít linh hoạt, khó điều chỉnh.
Khả năng tạo ra chuyển động thẳng	Đơn giản bởi xilanh truyền lực.	Đơn giản.	Thông qua động cơ.	Đơn giản thông qua trục.
Khả năng ứng dụng	Chuyển động thẳng ở các máy sản xuất.	Lắp ráp. Dây chuyền tự động.	Truyền động quay. Tịnh tiến.	Truyền động khoảng cách ngắn.

V. PHẠM VI ỨNG DỤNG

Hệ thống điều khiển bằng thủy lực được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp. Một số lĩnh vực sau minh họa cho ứng dụng, xem hình 1-6.

VI. TỔN THẤT TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BẰNG THỦY LỰC.

Trong hệ thống thủy lực có các loại tổn thất sau:

1. Tổn thất thể tích

Tổn thất thể tích là do dầu thủy lực chảy qua các khe hở trong các phần tử của hệ thống. Áp suất càng lớn, vận tốc càng nhỏ và độ nhớt càng nhỏ thì tổn thất thể tích càng lớn. Tổn thất thể tích đáng kể nhất là ở các cơ cấu biến đổi năng lượng.

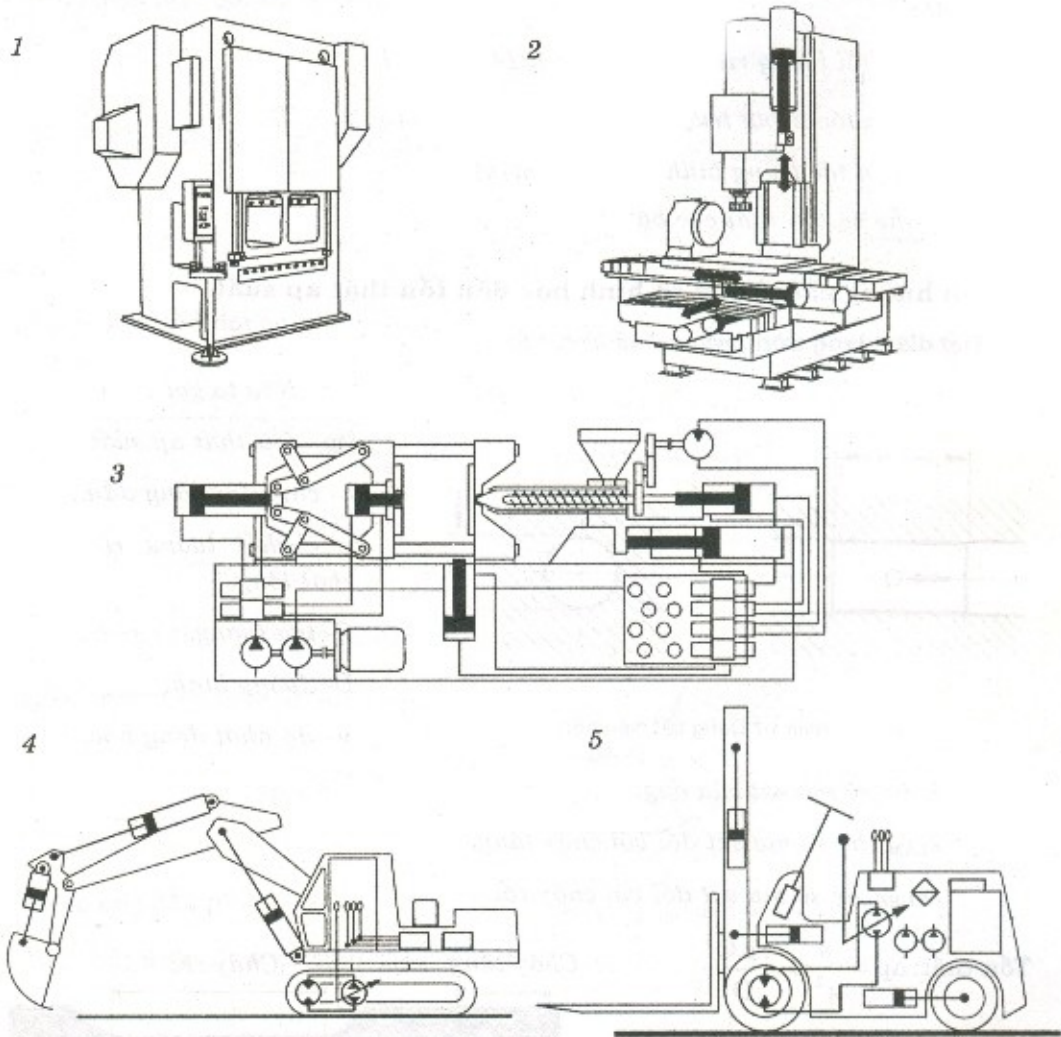
2. Tổn thất cơ khí

Tổn thất cơ khí là do ma sát giữa các chi tiết có chuyển động tương đối với nhau.

3. Tổn thất áp suất

Tổn thất áp suất là sự giảm áp suất do lực cản trên đường chuyển động của dầu từ bơm đến cơ cấu chấp hành. Tổn thất đó phụ thuộc vào những yếu tố khác nhau:

- Chiều dài ống dẫn
- Độ nhẵn thành ống



Hình 1-6 Phạm vi ứng dụng của truyền động thủy lực
 1. Máy dập; 2. Máy phay; 3. Máy ép nhựa;
 4. Máy xúc; 5. Máy nâng chuyển

- Độ lớn tiết diện ống dẫn
- Tốc độ dòng chảy
- Sự thay đổi tiết diện
- Trọng lượng riêng, độ nhớt.

Nếu áp suất vào hệ thống là p_0 và p_1 là áp suất ra, thì tổn thất áp suất được biểu thị bằng:

$$\Delta p = p_0 - p_1 = 10 \cdot \zeta \cdot \frac{\rho}{2g} v^2 \frac{1}{d} \text{ (N/m}^2\text{)} = 10^{-4} \cdot \zeta \cdot \frac{\rho}{2g} v^2 \frac{1}{d} \text{ (bar)}$$

Trong đó:

ρ - khối lượng riêng của dầu [914 kg/m³]

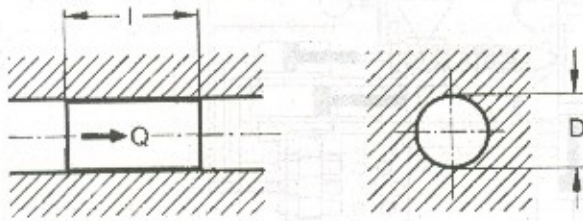
g - gia tốc trọng trường [9,81 m/s²]

v - vận tốc trung bình của dầu [m/s]

ζ - hệ số tổn thất cục bộ

4. Ảnh hưởng các thông số hình học đến tổn thất áp suất

a) Tiết diện dạng tròn (hình 1-7 và hình 1-8)



Hình 1-7 Dạng tiết diện tròn

λ - hệ số ma sát của ống.

λ_{LAM} - hệ số ma sát đối với chảy tầng.

λ_{TURB} - hệ số ma sát đối với chảy rối.

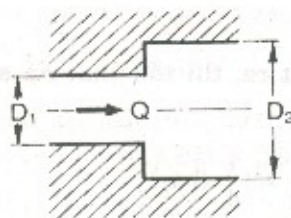
$$\text{Tổn thất: } \Delta p = \frac{8}{\pi^2} \cdot \lambda \cdot \frac{l \cdot \rho \cdot Q^2}{D^5}$$

$$\lambda = \lambda_{LAM} = \frac{256}{\pi} \cdot \frac{D \cdot v}{Q}$$

$$\lambda = \lambda_{TURB} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot v}}}$$

Số Reynold:

$$\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot v} > 3000$$



Hình 1.9 Tiết diện thay đổi lớn đột ngột

Nếu ta gọi :

Δp - tổn thất áp suất.

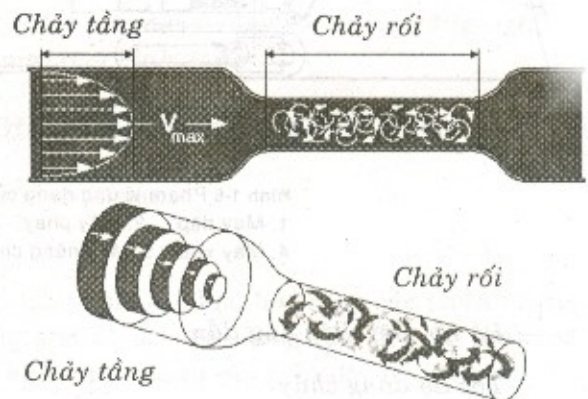
l - chiều dài ống dẫn.

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng.

Q - lưu lượng.

D - đường kính.

v - độ nhớt động học.



Hình 1-8 Chảy tầng và chảy rối trong ống dẫn

b) Tiết diện thay đổi lớn đột ngột (hình 1-9)

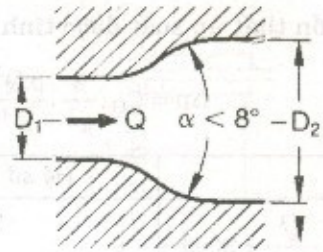
$$\Delta p = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2 \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D_1^4}$$

D_1 - đường kính ống dẫn vào.

D_2 - đường kính ống dẫn ra.

c) Tiết diện thay đổi lớn từ từ (hình 1-10)

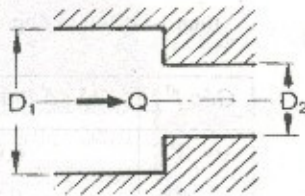
$$\Delta p = [0,12 \div 0,20] \left[1 - \frac{D_1^4}{D_2^4} \right] \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D_1^4}$$



Hình 1-10 Tiết diện thay đổi lớn từ từ

$$\Delta p = 0,5 \left[1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right] \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D_1^4}$$

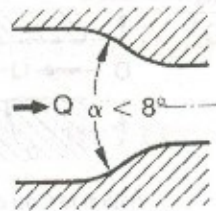
d) Tiết diện nhỏ đột ngột (hình 1-11)



Hình 1-11 Tiết diện nhỏ đột ngột

e) Tiết diện nhỏ từ từ (hình 1-12)

$$\Delta p \approx 0$$



Hình 1-12 Tiết diện nhỏ từ từ

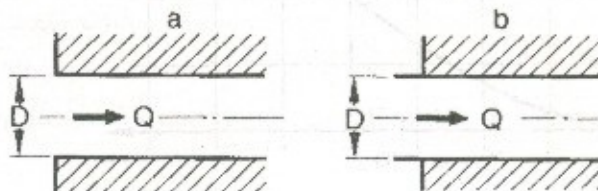
f) Vào ống dẫn (hình 1-13)

Tổn thất áp suất được tính theo công thức sau:

$$\Delta p = \zeta_E \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D^4}$$

Trong đó hệ số thất thoát ζ_E được chia thành 2 trường hợp a và b, xem bảng sau:

	Cạnh	Hệ số thất thoát ζ_E
a	Sắc	0,5
	Gãy khúc	0,25
	Tròn	0,06
b	Có trước	< 3



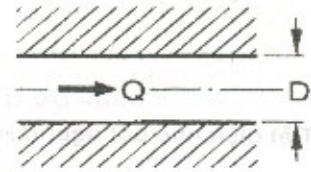
Hình 1-13 Đầu vào ống dẫn

g) Ra ống dẫn (hình 1-14)

Tổn thất áp suất được tính theo công thức sau:

$$\Delta p = \zeta_U \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D^4}$$

	Hệ số thất thoát ζ_U
$\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot v} < 3000$	2
$\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{D \cdot v} > 3000$	1

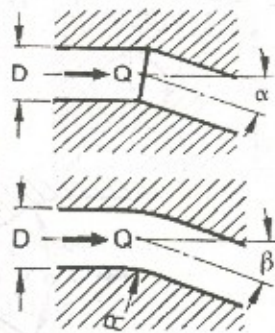


Hình 1-14 Dầu ra ống dẫn

h) Ống dẫn gãy khúc (hình 1-15)

$$\frac{R}{D} \approx 4$$

$$\Delta p = \zeta_U \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{D^4}$$

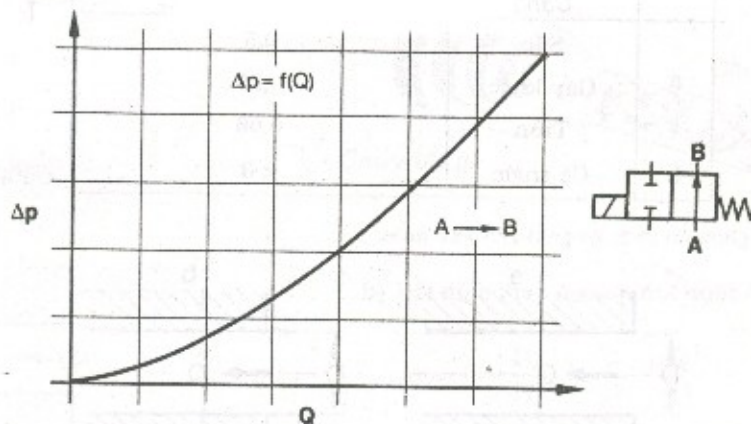


Hình 1-15 Ống dẫn gãy khúc

Góc [°]	Hệ số thất thoát ζ_U
$\alpha = 20$	0,06
40	0,2
60	0,47
$\beta = 20$	0,04
40	0,07
60	0,1
80	0,11
90	0,11

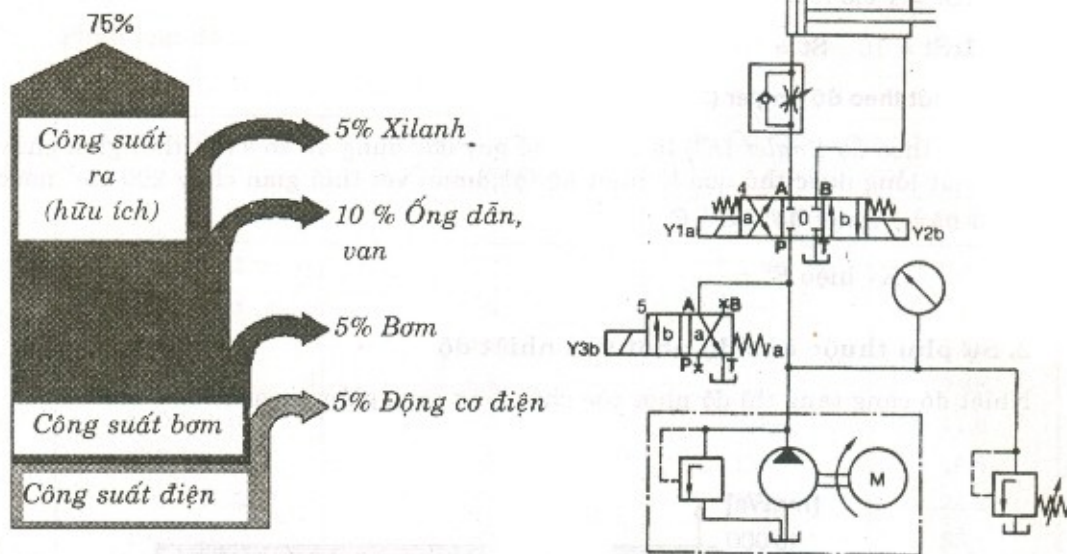
i) Tổn thất áp suất ở van (hình 1-16)

Đối với từng loại van cụ thể, do từng hãng sản xuất, thì sẽ có đường đặc tính tổn thất áp suất cho từng loại van. Tổn thất áp suất ở van theo đồ thị ở hình 1-16.



Hình 1-16 Đồ thị tổn thất áp suất ở van

k) Tổn thất trong hệ thống thủy lực (hình 1-17)



Hình 1-17 Tổn thất trong hệ thống thủy lực

VII. ĐỘ NHỚT VÀ YÊU CẦU ĐỐI VỚI DẦU THỦY LỰC

1. Độ nhớt

Độ nhớt là một trong những tính chất quan trọng nhất của chất lỏng. Độ nhớt xác định ma sát trong bản thân chất lỏng và thể hiện khả năng chống biến dạng trượt hoặc biến dạng cắt của chất lỏng. Có 2 loại độ nhớt :

a) Độ nhớt động lực

Độ nhớt động lực η là lực ma sát tính bằng 1 N tác động trên một đơn vị diện tích bề mặt 1 m^2 của 2 lớp phẳng song song với dòng chảy của chất lỏng, cách nhau 1 m và có vận tốc 1 m/s.

Độ nhớt động lực η được tính bằng [Pa.s]. Ngoài ra, người ta còn dùng đơn vị poazơ (Poiseuille), viết tắt là P.

$$1\text{P} = 0,1 \text{ N.s/m}^2 = 0,010193 \text{ kG.s/m}^2$$

$$1\text{P} = 100 \text{ cP (centipoiseilles)}$$

Trong tính toán kỹ thuật thường dùng số quy tròn:

$$1\text{P} = 0,0102 \text{ kG.s/m}^2$$

b) Độ nhớt động

Độ nhớt động là tỷ số giữa hệ số nhớt động lực η với khối lượng riêng ρ của chất lỏng.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Đơn vị độ nhớt động là $[m^2/s]$. Ngoài ra, người ta còn dùng đơn vị stoc (Stoke), viết tắt là St hoặc centistokes, viết tắt là cSt

$$1St = 1 \text{ cm}^2/s = 10^{-4} \text{ m}^2/s$$

$$1cSt = 10^{-2} St = 1 \text{ mm}^2/s$$

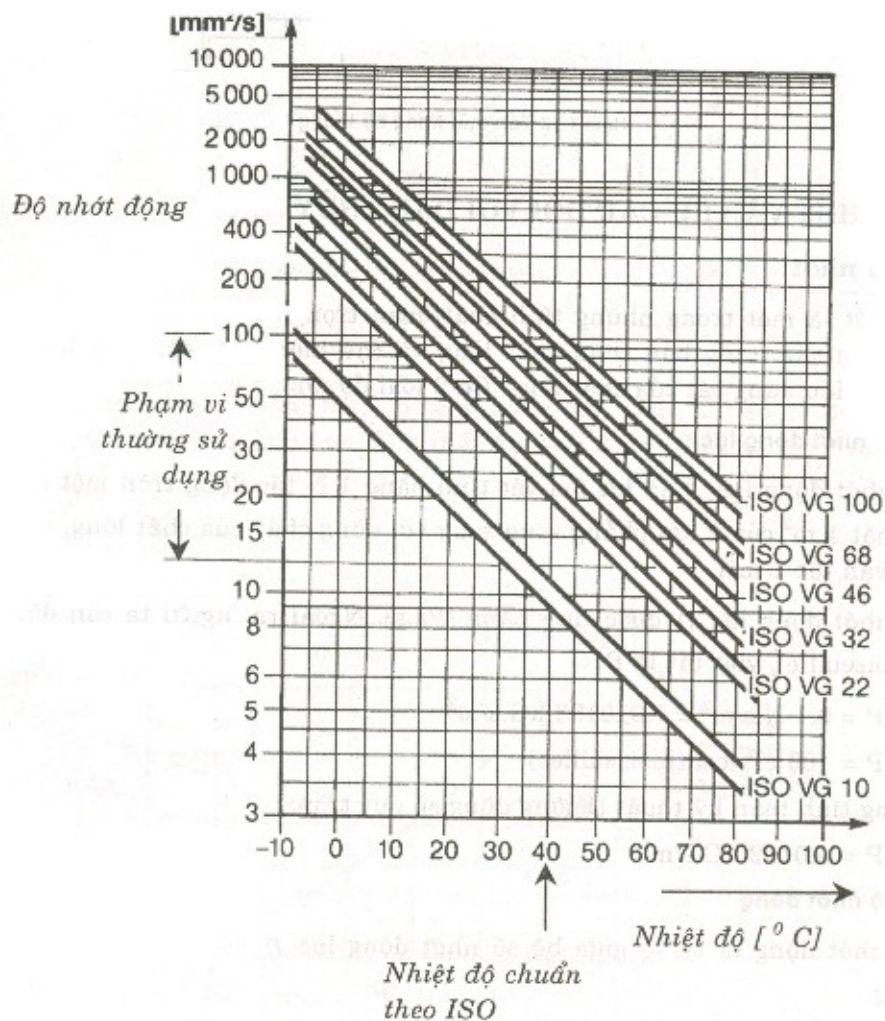
c) Độ nhớt theo độ Engler (E^o)

Độ nhớt theo độ Engler (E^o) là một tỷ số quy ước dùng để so sánh thời gian chảy 200 cm^3 chất lỏng được thử qua lỗ nhớt kế ($\phi 2,8 \text{ mm}$) với thời gian chảy 200 cm^3 nước cất qua lỗ này ở nhiệt độ $+ 20^o \text{ C}$.

$$\text{Ký hiệu } E^o = \frac{t}{t_n}$$

2. Sự phụ thuộc của độ nhớt vào nhiệt độ

Nhiệt độ càng tăng thì độ nhớt của chất lỏng càng giảm, xem hình 1-18.



Hình 1-18 Quan hệ giữa độ nhớt động và nhiệt độ các loại dầu thường dùng

3. Phân loại độ nhớt theo tiêu chuẩn ISO

Tổ chức tiêu chuẩn hóa Quốc tế (ISO) đã đưa ra một cách phân loại mới về vật liệu bôi trơn.

Phân loại độ nhớt theo ISO được trình bày ở *bảng 1.6*.

BẢNG 1.6

Ký hiệu theo ISO	Độ nhớt động trung bình ở 40° C [mm ² /s]	Độ nhớt động giới hạn ở 40° C [mm ² /s]	
		Thấp nhất	Cao nhất
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

So sánh độ nhớt động theo tiêu chuẩn ISO VG và SAE được trình bày ở *bảng 1-7*

BẢNG 1-7

ISO VG	SAE
100	30
68	20, 20 W
46	
32	
	10 W
22	5 W