

درس طراحی سیستم های هیدرولیک و نئوماتیک

جلسه هفتم

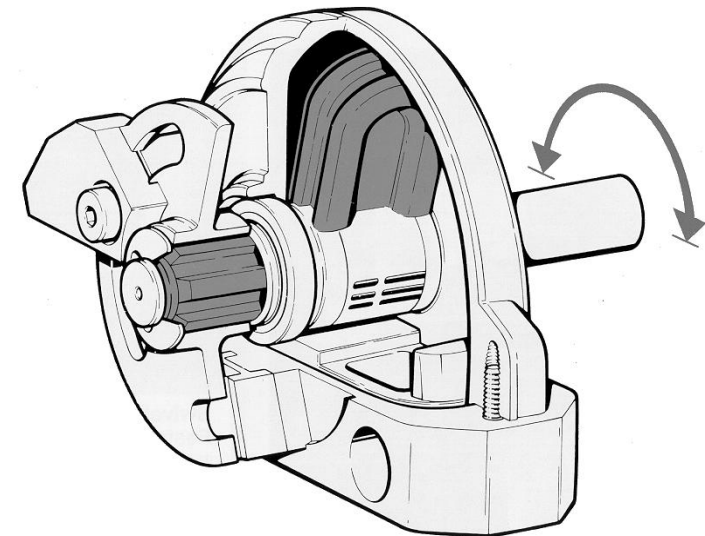
عملگرهای هیدرولیکی:

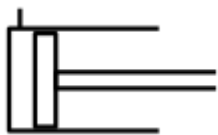
عملگر برای تبدیل توان هیدرولیک به توان مکانیکی استفاده می شود.



به طور کلی سه نوع عملگر وجود دارد

- عملگر هیدرولیکی خطی: این عملگر سیلندر یا جک هیدرولیکی نامیده می شود.
- موتورهای هیدرولیکی دورانی (با چرخش مداوم)
- عملگرهای نیمه دورانی (با زاویه چرخش محدود)



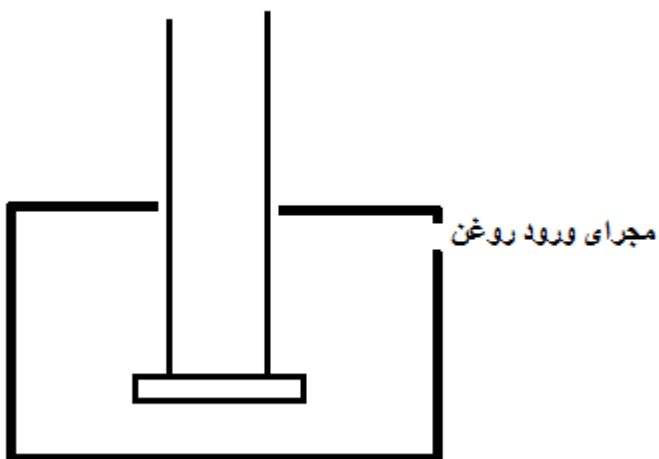


انواع سیلندرهای هیدرولیک خطی

انواع سیلندرهای هیدرولیک خطی عبارتند از:

- سیلندر جابجایی
- سیلندرهای تلسکوپی
- سیلندر یک جهته
- سیلندر دوجته
- سیلندر دو بازویی

سیلندرهای جابجایی: شامل یک میله پیستون است که توسط ارسال سیال به داخل لوله جابجا می شود. با توجه به اینکه حجم جابجایی میله پیستون برابر حجم سیال ارسالی به داخل سیلندر است، سیلندر جابجایی نامیده می شود. حداکثر نیرو در سیلندر جابجایی معادل فشار هیدرولیک ضربدر سطح مقطع میله می باشد. و سرعت میله برابر است با دبی سیال ورودی تقسیم بر سطح مقطعه میله.

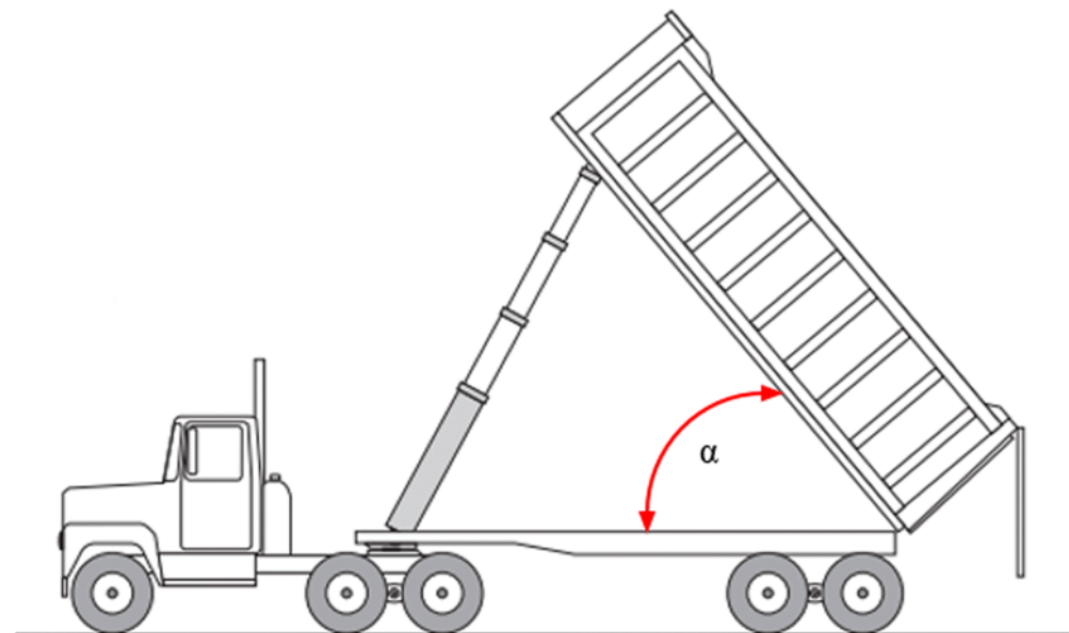


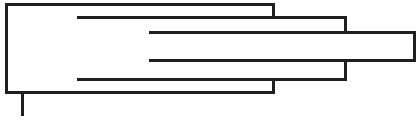
$$F = P \times A = P \times \frac{\pi \cdot (d)^2}{4}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

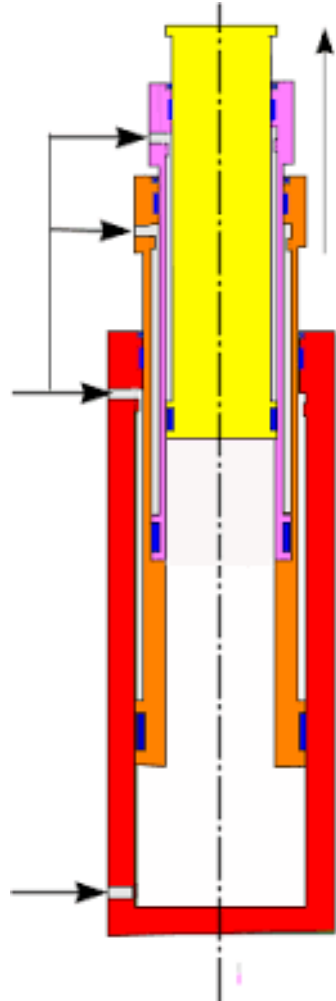
سیلندرهای تلسکوپی

از سیلندر تلسکوپی زمانی استفاده می شود که کورس بلند مورد نیاز باشد و فضاهای موجود کم باشد.
نمونه ای از آنها در کامیون های کمپرسی استفاده می شود.





مثال ۱:



از یک جک تلسکوپی سه مرحله ای جهت تخلیه بار در کامیون کمپرسی استفاده می شود. زمانی که کامیون پر باشد بار ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سر جک اعمال می شود. قطرهای خارجی میله های زرد، نارنجی و قرمز به ترتیب ۸۰ و ۱۰۰ میلی متر است.

اگر دبی خروجی پمپ ۱۰ لیتر بر دقیقه باشد، مطلوب است سرعت کورس رفت و فشار مورد نیاز برای مرحله اول از مراحل بالا رفتن سیلندر حین بالا بردن بار.

حل مثال ۱:

الف) مرحله اول با توجه به نیاز به کمترین فشار برای قطر ۱۰۰ میلی متر اتفاق خواهد افتاد و برای این مرحله داریم:

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{10 \times 10^{-3}}{(\pi/4) \times (0.1)^2} \left(\frac{m^3}{\min \times m^2} \right) = 1.27 (m/min)$$

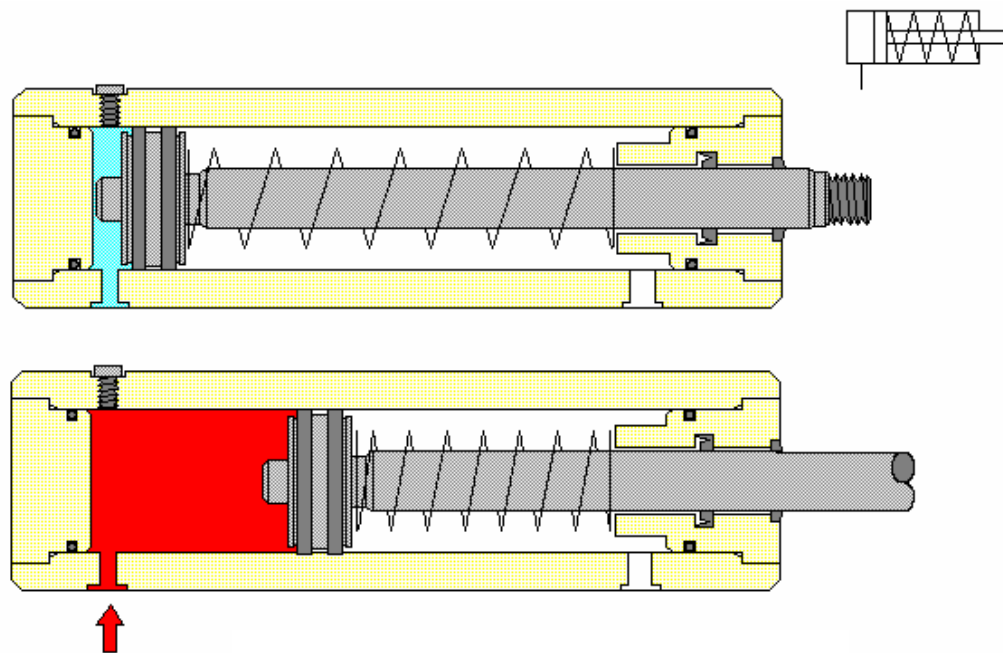
$$P_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{4000 \times 9.81}{(\pi/4) \times (0.1)^2} \left(\frac{N}{m^2} \right) = 50 \times 10^5 pa = 50 bar$$

تمرین ۱:

در مثال ۱، مطلوب است:
سرعت کورس رفت و فشار مورد نیاز برای مرحله دوم و سوم از مراحل بالا رفتن سیلندر حین بالا بردن بار.

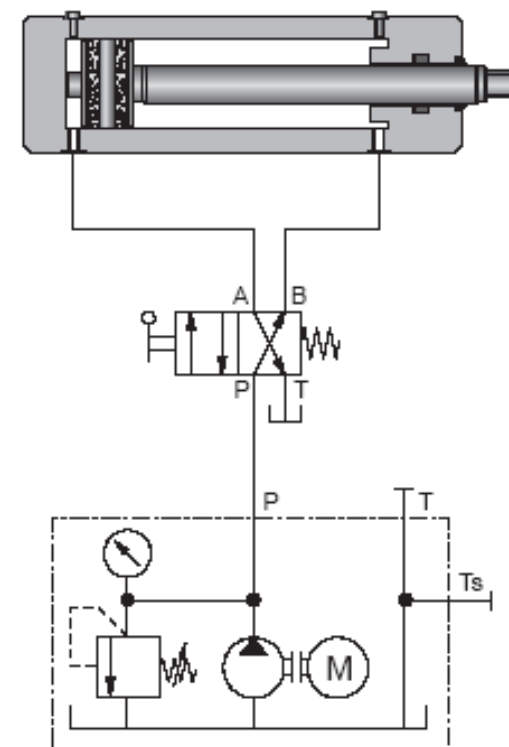
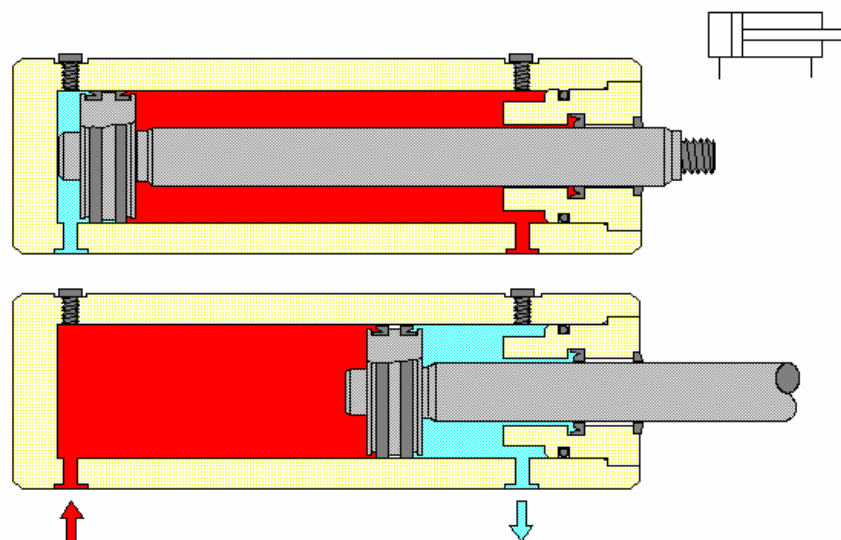
سیلندره‌ای یک جهته

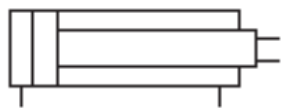
این سیلندرها فقط می‌توانند در یک جهت (کورس رفت یا برگشت) نیرو اعمال کنند. برای برگشت پیستون، از یک فنر که در داخل سیلندر جاسازی شده استفاده می‌شود. در سیستم‌های هیدرولیک، این سیلندرها معمولاً در جایی استفاده می‌شوند که در مسیر برگشت، نیروی وزن عامل کمک کننده برای بسته شدن این سیلندر می‌باشد.



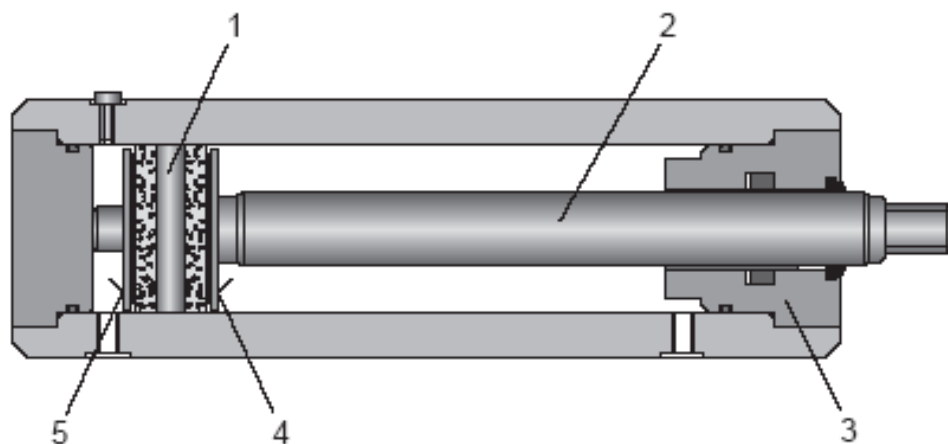
سیلندره‌ای دو جهته

این سیلندرها قادر به اعمال قدرت در هر دو مسیر رفت و برگشت می باشند. ولی به علت تفاوت سطوح مقطع اعمالی برای سیال هیدرولیک، در دو مسیر رفت و برگشت نیروی اعمالی و همچنین سرعت حرکت سیلندر متفاوت می باشد.



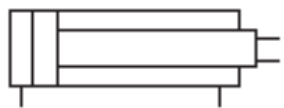


محاسبات نیرو و سرعت در سیلندره‌ای دو جهته



- 1 Piston
- 2 Piston rod
- 3 Piston rod bearing
- 4 Annular piston surface
- 5 Piston surface

قطر داخلی سیلندر	D
قطر میله پیستون	d
سطح مقطع تمام قطر	$A_1 = \frac{\pi D^2}{4}$
سطح مقطع حلقوی طرف میله پیستون	$A_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$
سطح مقطع میله پیستون	$A_3 = \frac{\pi d^2}{4}$



محاسبات نیرو و سرعت در سیلندره‌ای دو جهته

$$V_E = \frac{Q_E}{A_1} = \frac{q_E}{A_2}$$

$$F_E = P_1 \cdot A_1 - P_2 \cdot A_2$$

$$V_R = \frac{Q_R}{A_2} = \frac{q_R}{A_1}$$

$$F_R = P_2 \cdot A_2 - P_1 \cdot A_1$$

دبی ورودی به طرف تمام قطر سیلندر در کورس رفت	Q_E
دبی خروجی از طرف میله پیستون در کورس رفت	q_E
دبی ورودی به طرف میله پیستون در کورس برگشت	Q_R
دبی ورودی از طرف تمام قطر سیلندر در کورس برگشت	q_R
سرعت رفت سیلندر	V_E
سرعت برگشت سیلندر	V_R
فشار طرف تمام قطر	P_1
فشار طرف میله پیستون	P_2

نکته: برای محاسبه نیروی دینامیکی (جهت غلبه بر اینرسی و اصطکاک ها و...) نیروی تئوری استاتیکی محاسبه شده را با ضریب ۰.۹ اعمال می نماییم.

تمرین ۲:

یک سیلندر هیدرولیکی داری قطر داخلی ۲۰۰ میلی متر و قطر میله پیستون ۱۴۰ میلی متر و سرعت ۵ متر بر دقیقه در کورس رفت می باشد. مطلوب است تعیین:

الف) دبی های ورودی و خروجی در کورس رفت

ب) سرعت برگشت جک اگر دبی روغن پمپ شده در کورس رفت، برای کورس برگشت نیز استفاده شود.

ج) دبی خروجی از طرف تمام قطر سیلندر حین کورس برگشت با سرعت محاسبه شده در قسمت ب.

مدار بازیاب Regenerative

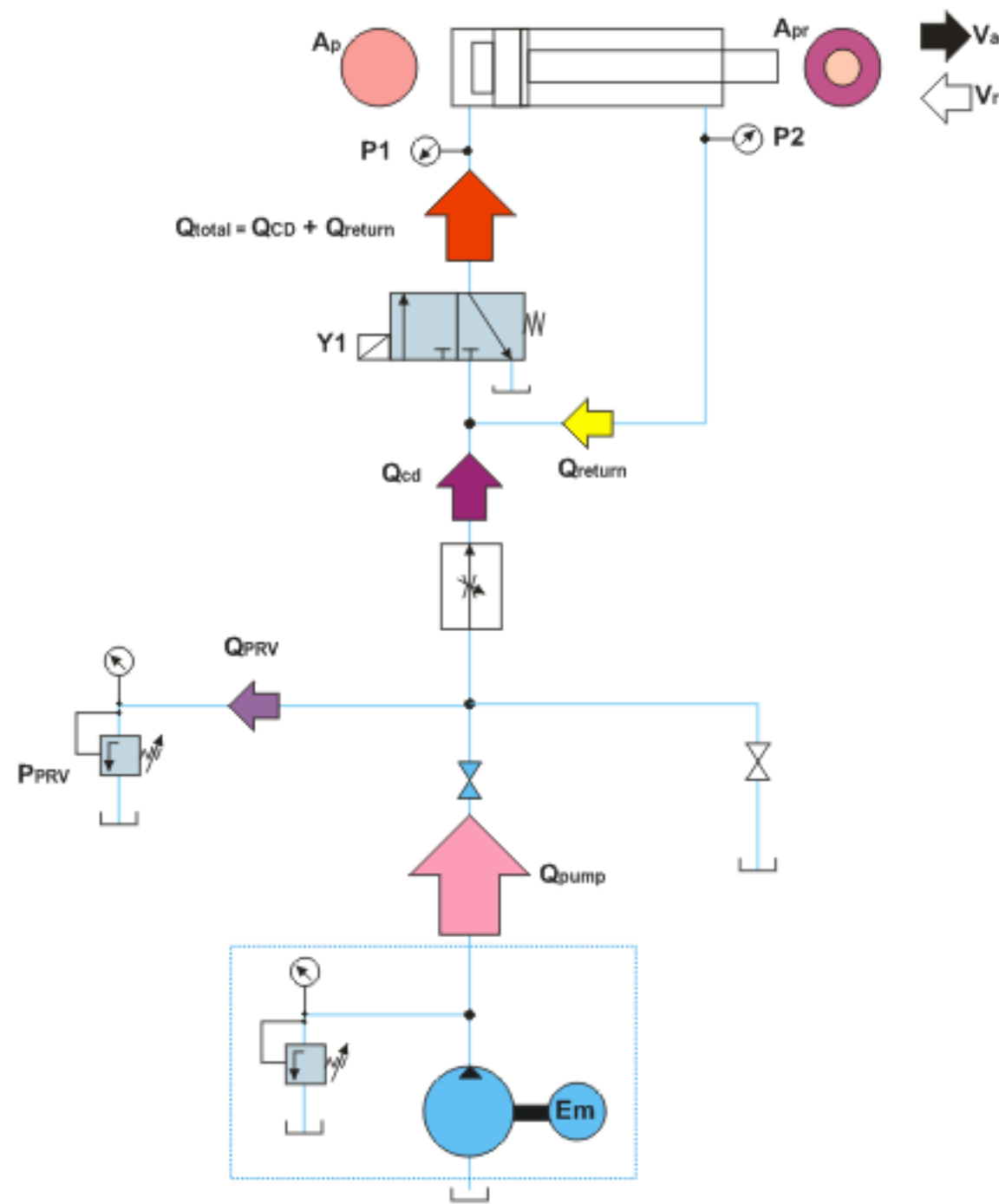
اگر سیلندری مطابق شکل بکار گرفته شود، فشار در دوطرف پیستون برابر می شود و چون سطح مقطع تمام قطر بزرگتر از سطح مقطع طرف میله پیستون است، تفاضل نیروها موجب حرکت رفت پیستون می شود. که این سرعت حرکت به دلیل استفاده از دبی بیشتر (دبی سیال برگشتیبه دبی رفت افزوده می شود). سریعتر از حالت عادی می باشد. هرچند نیروی اعمالی مقداری کاهش می یابد.

$$Q_{Reg} = Q_E + q_E \rightarrow A_1 \cdot V_{EReg} = Q_E + A_2 \cdot V_{EReg}$$

$$\Rightarrow Q_E = (A_1 - A_2) \cdot V_{EReg} = A_3 \cdot V_{EReg}$$

$$V_{EReg} = \frac{Q_E}{A_3}$$

$$F_{ERe} = P \cdot A_1 - P \cdot A_2 = P(A_1 - A_2) = P \cdot A_3$$



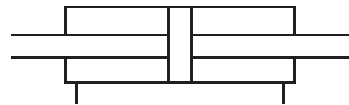
تمرین ۳:

سیلندر یک دستگاه به صورت مدار بازیاب برای ایجاد سرعت کورس نزدیک شدن معادل ۱۰ متر بر دقیقه طی کورس ۱ متر با نیروی تئوری ۲.۵ تن به کار می رود. پس از آنکه مدار به حالت معمولی بر می گردد، سرعت پرسکاری معادل ۰.۲۵ متر بر دقیقه برای کورس ۰.۵ متر و با نیروی تئوری ۱۰ تن فراهم می شود. اگر حداکثر فشار در سیلندر ۲۰۰ بار باشد.

الف) مدار را ترسیم نمایید.

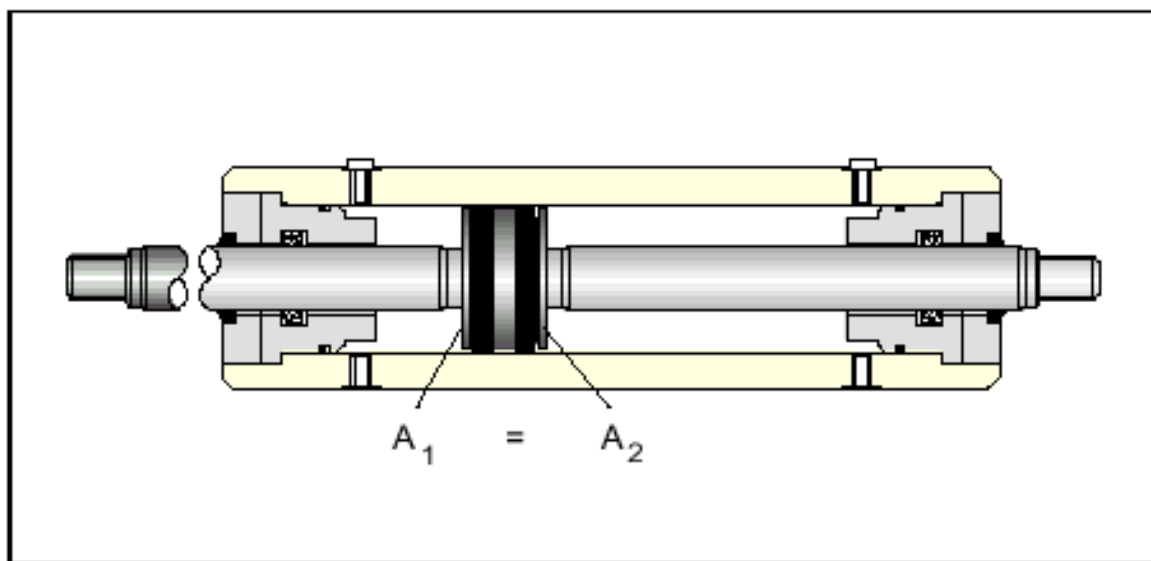
ب) اندازه مناسب سیلندر متریک چقدر است؟

ج) دبی پمپ لازم برای کورس سریع و پرسکاری چقدر است؟



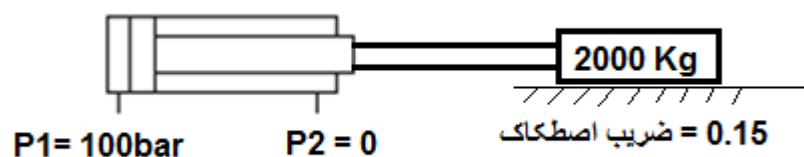
سیلندر دو بازویی

سیلندر دو بازویی دارای سرعت یکسان در کورس رفت و برگشت می باشد.
سیلندر فرمان برای هدایت چرخ های خودرو از کاربردهای رایج این سیلندرها می باشد.
در برخی کاربردها هر دو میله در دو انتها ثابت شده و از حرکت بدنه سیلندر برای جابجایی بار استفاده می شود.



مثال مازاد:

جسمی به جرم ۲۰۰۰ کیلوگرم از حالت سکون پس از طی مسافت ۵۰ میلی متر به سرعت ۱ متر بر ثانیه می رسد.
ضریب اصطکاک بین بار و سطح ۰.۱۵ می باشد.
مطلوب است محاسبه قطر سیلندر برای شتاب دادن به بار در صورتیکه حداکثر فشار مجاز در طرف تمام قطر ۱۰۰ بار باشد.
(اصطکاک آب بندی را معادل ۵ بار افت فشار در نظر بگیرید و پس فشار طرف میله پیستون را صفر فرض کنید.)



حل مثال مزاد:

شتاب بار برابر است با:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot x \rightarrow 1^2 - 0^2 = 2 \cdot a \cdot 0.05 \rightarrow a = 10 \text{ m/s}^2$$

نیروی کل لازم برای شتاب دادن بار (با لحاظ نیروی لازم برای غلبه بر اصطکاک) برابر است با:

$$F = m \cdot a + \mu \cdot m \cdot g = 2000 \times 10 + 0.15 \times 2000 \times 9.81 = 20000 + 2943 = 22943 \text{ N}$$

فشار مفید با احتساب افت ناشی از اب بندی برابر است با:

$$P = 100 - 5 = 95 \text{ bar} = 9.5 \text{ MPa}$$

بنابراین قطر سیلندر مورد نیاز برابر است با:

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow 9.5 \times 10^6 = \frac{22943}{A} \rightarrow A = 2415 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 2415 \text{ mm}^2 \rightarrow D = 55.4 \text{ mm}$$

البته نزدیکترین قطر موجود در بازار ۶۳ میلی متر که برای این طراحی انتخاب می گردد.