

Statika - hydraulický zvedák

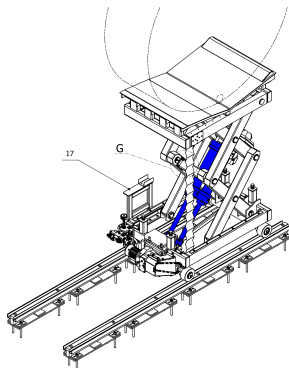
doc. Ing. David Círk, Ph.D.
katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti

david.cirk@tul.cz

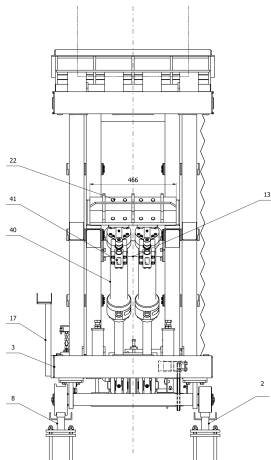


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hydraulický zvedák nese cívku s navinutým kabelem. Kabel se z cívky postupně odvinuje a výšku středu cívky je proto třeba upravovat.



Mechanismus má rovinu symetrie jak z hlediska konstrukce, tak i zatížení. Proto budeme řešit jen jednu jeho polovinu.



evropský
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



TECHNICKÁ
UNIVERZITA
V LIBERCI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

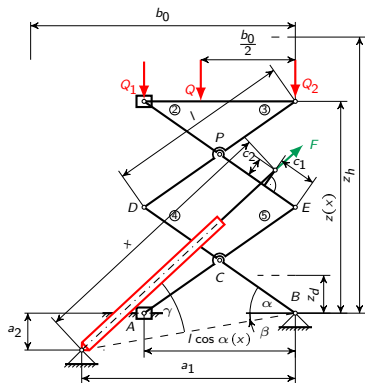
Grüblerova vazební závislost

$$i = 3(n - 1) - 2r - 2p - 2v - o$$

- i ... počet stupňů volnosti
- n ... počet těles soustavy
- r ... počet rotačních vazeb
- p ... počet posuvných vazeb
- v ... počet valivých vazeb
- o ... počet obecných vazeb

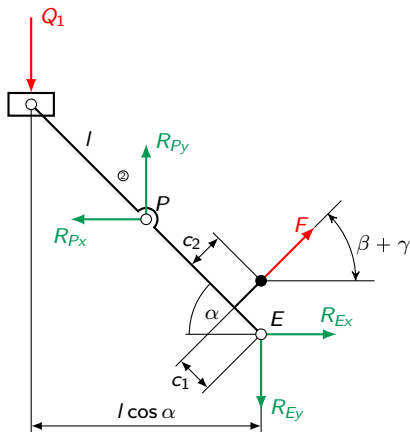
$n = 6$
 $r = 6$
 $p = 0$
 $o = 2$

Soustavy těles s jedním stupněm volnosti se nazývají mechanismy.

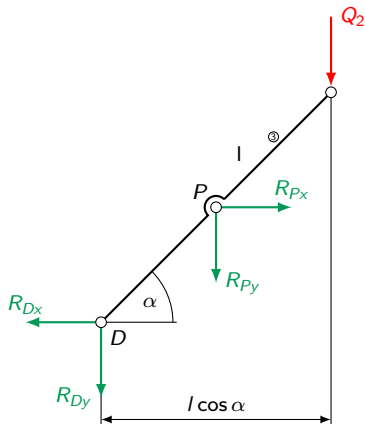


$$i = 3(6 - 1) - 2 \cdot 6 - 2 \cdot 0 - 2 \cdot 0 - 2 = 15 - 12 - 2 = 1$$

- (1) $x : R_{Ex} - R_{Px} + F \cos(\beta + \gamma) = 0$
- (2) $y : -R_{Ey} + F \sin(\beta + \gamma) + R_{Py} - Q_1 = 0$
- (3) $\overset{\curvearrowright}{M}_E : Q_1 l \cos \alpha - R_{Py} \frac{1}{2} l \cos \alpha +$
 $+ R_{Px} \frac{1}{2} l \sin \alpha -$
 $- F \cos(\beta + \gamma) \cdot (c_1 \sin \alpha + c_2 \cos \alpha) +$
 $+ F \sin(\beta + \gamma) \cdot (c_1 \cos \alpha - c_2 \sin \alpha) = 0$



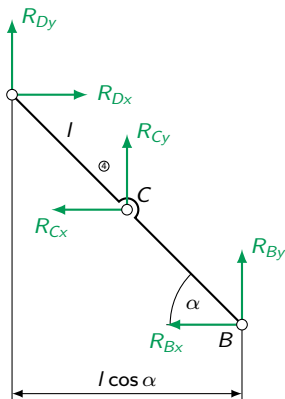
$$\begin{aligned}
 (4) \quad x : & -Q_2 - R_{Py} - R_{Dy} = 0 \\
 (5) \quad y : & -R_{Dx} + R_{Px} = 0 \\
 (6) \quad \overset{\curvearrowleft}{M}_D : & -Q_2 l \cos \alpha - \frac{1}{2} R_{Px} l \sin \alpha \\
 & - \frac{1}{2} R_{Py} l \cos \alpha = 0
 \end{aligned}$$



$$(7) \quad x: R_{Dx} - R_{Cx} - R_{Bx} = 0$$

$$(8) \quad y: R_{Dy} + R_{Cy} + R_{By} = 0$$

$$(9) \quad \overset{\curvearrowleft}{M}_B: R_{Cx} \frac{1}{2} l \sin \alpha - R_{Cy} \frac{1}{2} l \cos \alpha - R_{Dy} l \cos \alpha - R_{Dx} l \sin \alpha = 0$$



$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$$

$$\begin{bmatrix} a_{(1,1)} & a_{(1,2)} & \cdots & a_{(1,12)} \\ a_{(2,1)} & a_{(2,2)} & \cdots & a_{(2,12)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{(12,1)} & \cdots & \cdots & a_{(12,12)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{12} \end{bmatrix}$$

Rovnice přepíšeme do vhodného tvaru:

$$(1) \quad R_{EX} - R_{PX} + F \cos(\beta + \gamma) = 0$$

$$(2) \quad -R_{EY} + R_{PY} + F \sin(\beta + \gamma) = Q_1$$

⋮
atd.

⋮
⋮

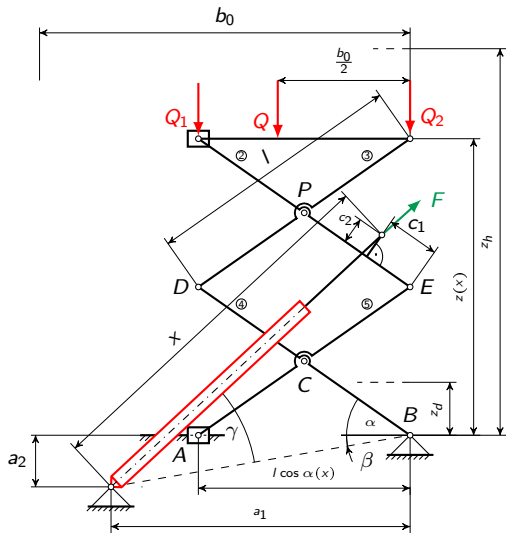
Máme soustavu 12 rovnic pro 12 neznámých.

$R_A, R_{BX}, R_{BY}, R_{CX}, R_{CY}, R_{DX}, R_{DY}, R_{EX}, R_{EY}, R_{PX}, R_{PY}, F$

$$\begin{bmatrix} a_{(1,1)} & a_{(1,2)} & \cdots & a_{(1,12)} \\ a_{(2,1)} & a_{(2,2)} & \cdots & a_{(2,12)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{(12,1)} & \cdots & \cdots & a_{(12,12)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_A \\ R_{BX} \\ R_{BY} \\ R_{CX} \\ R_{CY} \\ R_{DX} \\ R_{DY} \\ R_{EX} \\ R_{EY} \\ R_{PX} \\ R_{PY} \\ F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ Q_1 \\ -Q_1 / \cos \alpha \\ Q_2 \\ 0 \\ Q_2 / \cos \alpha \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

	R_A	R_{BX}	R_{BY}	R_{CX}	R_{CY}	R_{DX}	R_{DY}	R_{EX}	R_{EY}	R_{PX}	R_{PY}	F		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	$\cos(\beta + \gamma)$	R_A	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	$\sin(\beta + \gamma)$	R_{BX}	Q_1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{2} / \sin \alpha$	$-\frac{1}{2} / \cos \alpha$	(*)	R_{BY}	$-Q_1 / \cos \alpha$
4	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	R_{CX}	Q_2
5	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	R_{CY}	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$-\frac{1}{2} / \sin \alpha$	$-\frac{1}{2} / \cos \alpha$	0	R_{DX}	$Q_2 / \cos \alpha$
7	0	-1	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	R_{DY}	0
8	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	R_{EX}	0
9	0	0	0	$\frac{1}{2} / \sin \alpha$	$-\frac{1}{2} / \cos \alpha$	$- / \sin \alpha$	$- / \cos \alpha$	0	0	0	0	0	R_{EY}	0
10	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	R_{PX}	0
11	1	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	0	R_{PY}	0
12	$- / \cos \alpha$	0	0	$\frac{1}{2} / \sin \alpha$	$\frac{1}{2} / \cos \alpha$	0	0	0	0	0	0	0	F	0

$$(*) - \cos(\beta + \gamma) \cdot (c_1 \sin \alpha + c_2 \cos \alpha) + \sin(\beta + \gamma) \cdot (c_1 \cos \alpha - c_2 \sin \alpha)$$



Průběh síly F na úhlu α

