

Statika - hydraulický zvedák

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

david.cirkl@tul.cz



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



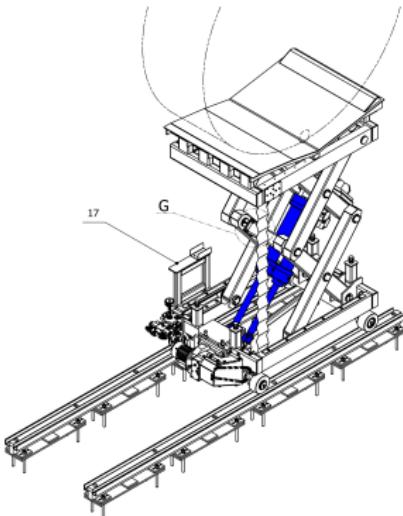
OP Vařitelná
pro konkurenčnost



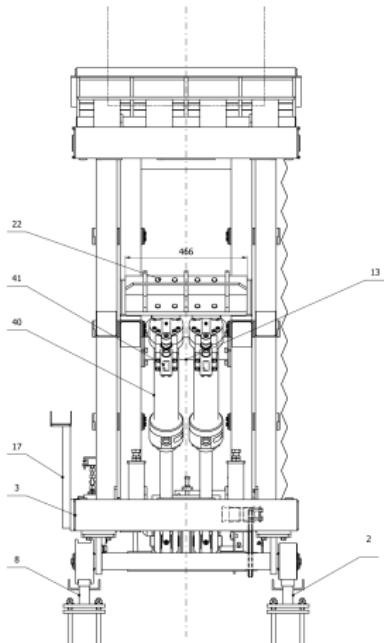
TECHNICKÁ
UNIVERZITA
V LIBERCI
www.tul.cz

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
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



OP VK
pro konkurenčního
vývoje



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI
ZAVODY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ

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



esf
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



GP Vzděláni
pro konkurenčního



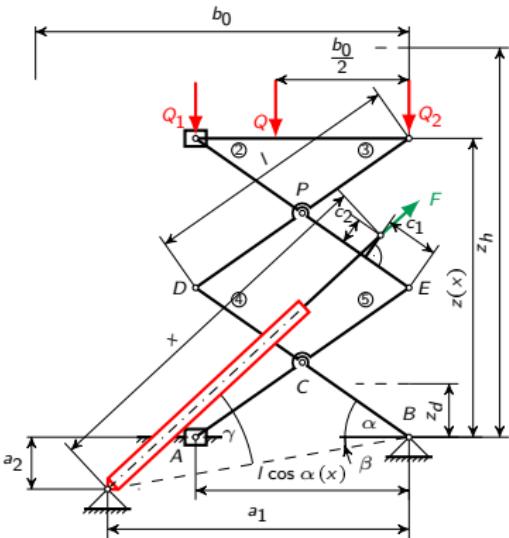
TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI

www.tul.cz

Počet stupňů volnosti soustavy

$$\begin{aligned}n &= 6 \\r &= 6 \\p &= 0 \\o &= 2\end{aligned}$$

Soustavy těles s jedním stupněm volnosti se nazývají mechanismy.



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



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



GP Vzdělávací
pro konkurenčního příjmu



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI
ZAVODOVÁNÍ

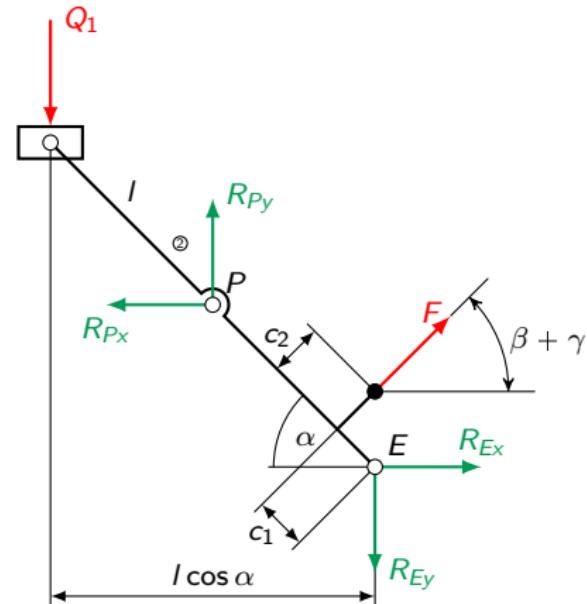
INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ

Těleso 1

$$(1) \quad x : R_{Ex} - R_{Px} + F \cos(\beta + \gamma) = 0$$

$$(2) \quad y : -R_{Ey} + F \sin(\beta + \gamma) + R_{Py} - Q_1 = 0$$

$$(3) \quad \overset{\curvearrowleft}{M_E} : Q_1/l \cos \alpha - R_{Py} \frac{1}{2} l \cos \alpha + \\ + R_{Px} \frac{1}{2} l \sin \alpha - \\ - F \cos(\beta + \gamma) \cdot (c_1 \sin \alpha + c_2 \cos \alpha) + \\ + F \sin(\beta + \gamma) \cdot (c_1 \cos \alpha - c_2 \sin \alpha) = 0$$

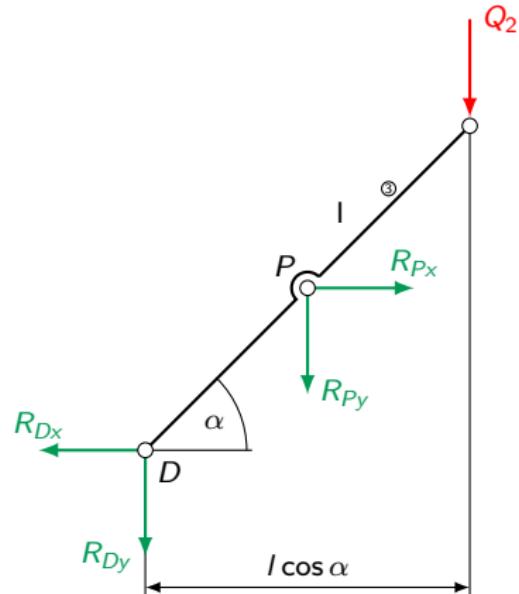


Těleso 2

$$(4) \quad x : -Q_2 - R_{Py} - R_{Dy} = 0$$

$$(5) \quad y : -R_{Dx} + R_{Px} = 0$$

$$(6) \quad \begin{aligned} \text{M}_D : & -Q_2 l \cos \alpha - \frac{1}{2} R_{Px} l \sin \alpha \\ & - \frac{1}{2} R_{Py} l \cos \alpha = 0 \end{aligned}$$



esf
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



GP Vzdělávání
pro konkurenčního



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI



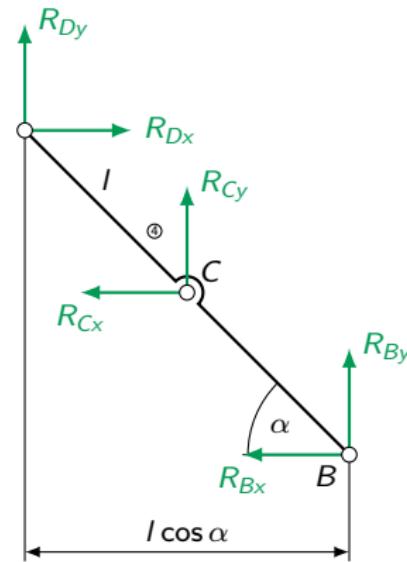
INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ

Těleso 3

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

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

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



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



GP Vzdělávání
pro konkurenčního



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI
UNIVERSITAS LIBERCI

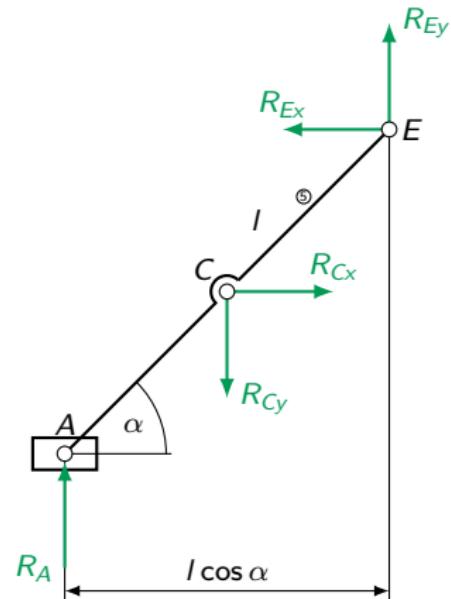
INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ

Těleso 4

$$(10) \quad x : \quad R_{Cx} - R_{Ex} = 0$$

$$(11) \quad y : \quad R_{Ey} - R_{Cy} + R_A = 0$$

$$(12) \quad \begin{aligned} M_E : \quad & -R_A l \cos \alpha + R_{Cy} \frac{1}{2} l \cos \alpha + \\ & + R_{Cx} \frac{1}{2} l \sin \alpha = 0 \end{aligned}$$



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

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



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



GP Vzdělávání
pro konkurenčního přejmutí



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI
ZAVODOVSKÝ ■

INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ

Rovnice přepíšeme do vhodného tvaru:

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

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

$$\begin{matrix} \vdots & \text{atd.} \\ \vdots & \vdots \end{matrix}$$

Máme soustavu 12 rovnic pro 12 nezmámyých.

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

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



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



GP Vzdělávání
pro konkurenčního přejmutí



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI

[WWW.TUL.CZ](http://www.tul.cz)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ

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

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



evropský
sociální
fond v ČR



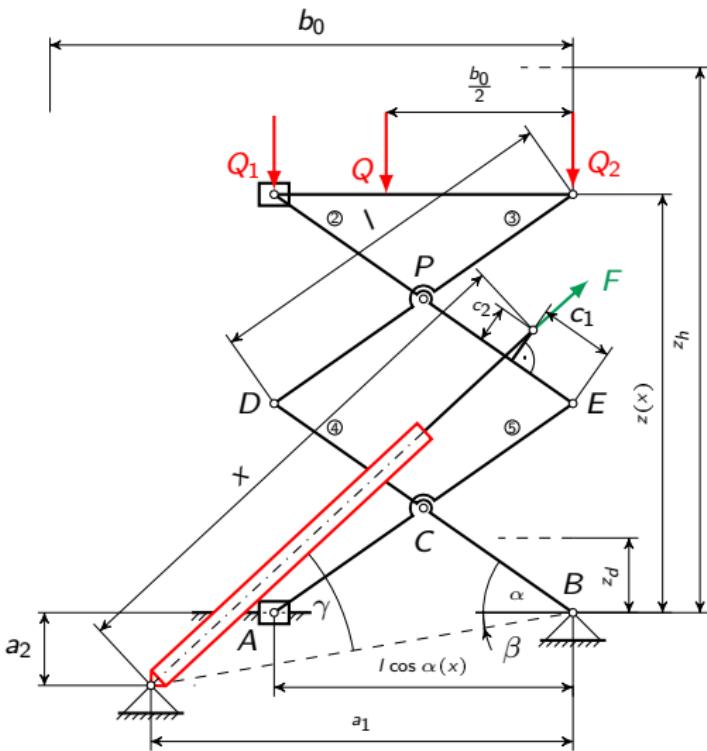
MINISTERSTVO & KOLSTVÍ
VLÁDY ČR
Vzdělávání a tělovýchovy



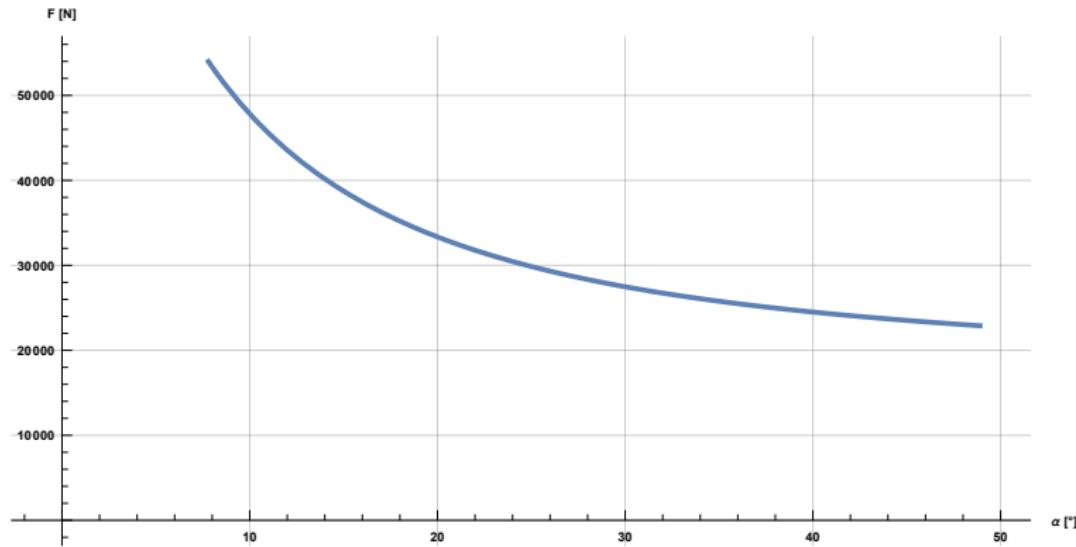
GP Vzdělávání
pro konkurenčního přejít



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI
ZAVODOVSKÝ ■



Průběh síly F na úhlu α



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO Školství,
mládeže a tělovýchovy



GP Vzdělávání
pro konkurenčního



TECHNICKÁ
UNIVERSITA
V LIBERCI
ZAVODY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDELÁVÁNÍ