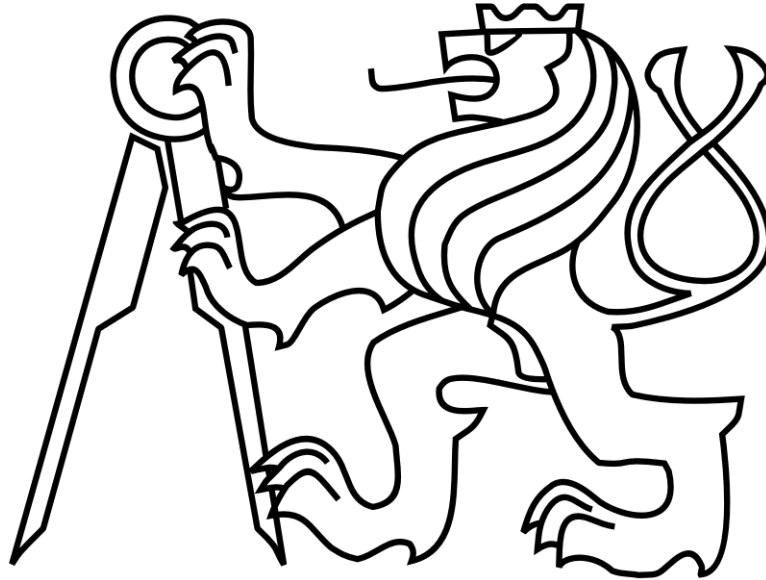


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ**



**NÁVRH MECHANISMU ZATAHOVÁNÍ
PŘÍĐOVÉHO PODVOZKU MALÉHO
SPORTOVNÍHO LETOUNU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Ondřej Paul

Studijní program: Strojírenství

Studijní obor: Konstruování podporované počítačem

Vedoucí práce: Ing. Jaromír Kučera

Praha 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze, dne: 7. 8. 2017

Ondřej Paul

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Jaromíru Kučerovi za vedení práce, odborné rady a vstřícný přístup při vzniku této práce. Děkuji rodině, přátelům a v neposlední řadě svým spolužákům za podporu při i mimo studium.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Návrh kinematiky mechanismu zatahování příďového podvozku.....	2
2.1	Rozměrové zadání a požadavky	2
2.2	Poloha hydraulického pístu	3
2.3	Kinematika.....	4
3	Rozbor zatížení mechanismu.....	7
3.1	Zadané a zjištěné hodnoty	7
3.2	Palec – úhel zkosení.....	9
3.3	Vytažený podvozek – síla pružiny.....	10
3.4	Vytažený podvozek – zatížení 1.....	12
3.5	Vytažený podvozek – zatížení 2.....	13
3.6	Vytažený podvozek – otevírání zámku	14
3.7	Vytažený podvozek – zaklapnutí zámku	15
3.8	Zatažený podvozek.....	17
3.9	Zatažený podvozek – otevírání zámku	17
3.10	Zatažený podvozek – zaklapnutí zámku	18
3.11	Zatažený podvozek – nouzové otevírání zámku	20
3.12	Vytažený podvozek – nouzové zaklapnutí zámku	21
4	Základní konstrukční návrh mechanismu	23
4.1	Koncept	23
4.1.1	Čep.....	23
4.1.2	Vidlicová koncovka pístu	23
4.1.3	Palec	24
4.1.4	Zámek	25
4.1.5	Pružina.....	25
4.1.6	Noha podvozku.....	25
4.1.7	Sestava mechanismu.....	26
4.2	Kontrola	26
4.2.1	Palec	26
4.2.2	Čep.....	29
5	Závěr.....	31
6	Přehled použité literatury.....	32
7	Přílohy	33
	Příloha I: Grafy kinematiky.....	33

Seznam obrázků

Obr. 1 Koncept uspořádání mechanismu	2
Obr. 2 Základní parametry	2
Obr. 3 Poloha čepu pístu na mechanismu	3
Obr. 4 Poloha čepu pístu na draku letounu	3
Obr. 5 Model	4
Obr. 6 První stav	5
Obr. 7 Druhý stav	5
Obr. 8 Třetí stav	6
Obr. 9 Čtvrtý stav	6
Obr. 10 Pátý stav	6
Obr. 11 Šestý stav	6
Obr. 12 Rozměry podvozku	7
Obr. 13 Zatížení na podvozku	8
Obr. 14 Síly na palci od zámku	9
Obr. 15 Pružina - zatížení 1	10
Obr. 16 Pružina - zatížení 2	10
Obr. 17 Pružina - síly na palci	11
Obr. 18 Zatížení 1	12
Obr. 19 Zatížení 2	13
Obr. 20 Otevírání zámku 1	14
Obr. 21 Zaklapnutí zámku - poloha	15
Obr. 22 Zaklapnutí zámku 1	15
Obr. 23 Zaklapnutí zámku 2	16
Obr. 24 Zatažený podvozek	17
Obr. 25 Otevírání zámku 2	17
Obr. 26 Zaklapnutí zámku – poloha	18
Obr. 27 Zaklapnutí zámku 1	19
Obr. 28 Zaklapnutí zámku 2	19
Obr. 29 Otevírání zámku 3	20
Obr. 30 Zaklapnutí zámku - poloha	21
Obr. 31 Zaklapnutí zámku 1	21
Obr. 32 Zaklapnutí zámku 2	22
Obr. 33 Čep	23
Obr. 34 Vidlicová koncovka	24
Obr. 35 Palec	24
Obr. 36 Zámek	25
Obr. 37 Noha podvozku	25
Obr. 38 Sestava mechanismu	26
Obr. 39 Vzpěr	26
Obr. 40 Kombinované namáhání - palec	27
Obr. 41 Otláčení – palec-zámek	28
Obr. 42 Kombinované namáhání - čep	29
Obr. 43 Otláčení - čep	30

Seznam grafů

graf. 1 Vysunutí hydraulického pístu	33
graf. 2 Natočení hydraulického pístu	33
graf. 3 Natočení příďového podvozku	34
graf. 4 Zasunutí palce do nohy podvozku	34
graf. 5 Poloha palce na pohybové křivce	35

Seznam příloh

Příloha I: Grafy kinematiky.....	33
graf. 1 Vysunutí hydraulického pístu.....	33
graf. 2 Natočení hydraulického pístu.....	33
graf. 3 Natočení příďového podvozku.....	34
graf. 4 Zasunutí palce do nohy podvozku.....	34
graf. 5 Poloha palce na pohybové křivce.....	35

Seznam použitých programů

Microsoft Office Word 2007
Microsoft Office Excel 2007
Microsoft Office PowerPoint 2007
Autodesk Inventor Professional 2016
Siemens NX 10

Abstrakt

PAUL, O.: Návrh mechanismu zatahování příďového podvozku malého sportovního letounu: bakalářská práce. Praha: ČVUT – České vysoké učení technické, Fakulta strojní, Ústav letadlové techniky, 2010, 128 s. Vedoucí práce: Kučera, J.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem mechanismu zatahování příďového podvozku malého sportovního letounu. V práci je navržena kinematika mechanismu zatahování příďového podvozku, rozbor zatížení a základní návrh konstrukčního řešení mechanismu.

Klíčová slova

Malý sportovní letoun, příďový podvozek, zatahovatelný podvozek, kinematika, vysouvání, zasouvání

Abstract

PAUL, O.: Design of retractable mechanism of small airplane nose gear: Bachelor Thesis. Prag: CTU – Czech Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Aerospace Engineering, 2010, 128 p. Thesis head: Kučera, J.

This bachelor thesis deals with layouting the mechanism of nose landing gear implemented in a small sport aircraft. The thesis proposes the kinematics of the mechanism for retracting nose gear, load analysis and primary design of mechanism structure.

Key words

small sport aircraft, nose landing gear, retractable gear, kinematics, lowering, retracting

1 Úvod

Norma ČSN 31 0001 Letecké názvosloví definuje pojem Přistávací zařízení jako část letadla umožňující vzlet, přistání, popř. pojíždění. Podvozek je v této normě definován jako základní konstrukční skupina přistávacího zařízení.

Zatahovací podvozek se u letounů používá ke snížení odporu, který se s rostoucí rychlostí zvětšuje kvadraticky. To s sebou přináší nutnost často komplikovaného zatahovacího mechanismu, který musí být dostatečně pevný, spolehlivý, co nejjednodušší a zároveň co nejlehčí. Podvozek činí 4 až 8% celkové váhy letounu. Kromě samotného mechanismu musí mít zatahovací podvozek ústrojí pro nouzové vytahování podvozku, jištění polohy v zataženém a vytaženém stavu a signalizaci těchto dvou poloh. Jsou kladeny i požadavky na dobu zatahování a vytahování podvozku.

Z těchto důvodů a z důvodu zástavbové dispozice bylo v této práci zvoleno řešení vycházející z konceptu vidlicového příďového podvozku L – 39 Albatros, který se zatahuje směrem dopředu. O pohyb a hlavní jištění mechanismu se zde stará jeden hydraulický píst.

2 Návrh kinematiky mechanismu zatahování příďového podvozku

V této kapitole je řešen návrh kinematiky mechanismu podle zadaných parametrů a různých omezení a kritérií, které jsou řešeny v této a další kapitole. Pro simulaci kinematiky je použit program od společnosti Siemens NX 10.

2.1 Rozměrové zadání a požadavky

Podvozek se zatahuje směrem dopředu a ukotvení pístu je před a nad osou otáčení zatahování podvozku. Celý mechanismus a zámky ovládá jeden píst.

Vzdálenost mezi osou otáčení zatahování podvozku O a zámku Z_1 :

$$l_1 = 0,35m$$

Vzdálenost těžiště podvozku T od osy otáčení zatahování podvozku O :

$$l_4 = 0,48m$$

Vzdálenost stykového bodu pneumatiky a osy otáčení zatahování podvozku O :

$$l_2 = 0,842m$$

Úhel otočení mezi zámky vytaženou a zataženou polohou podvozku:

$$\delta = 85^\circ$$

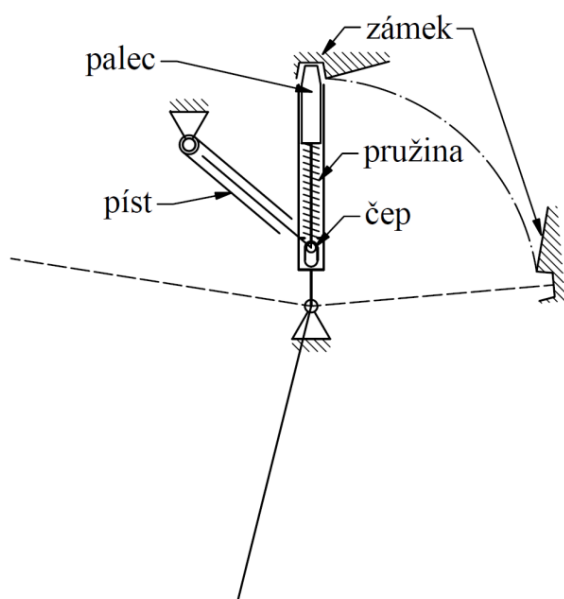
Úhel mezi osou pístu, odpružení kola a osou zámku (palce) mechanismu:

$$\gamma = 14^\circ$$

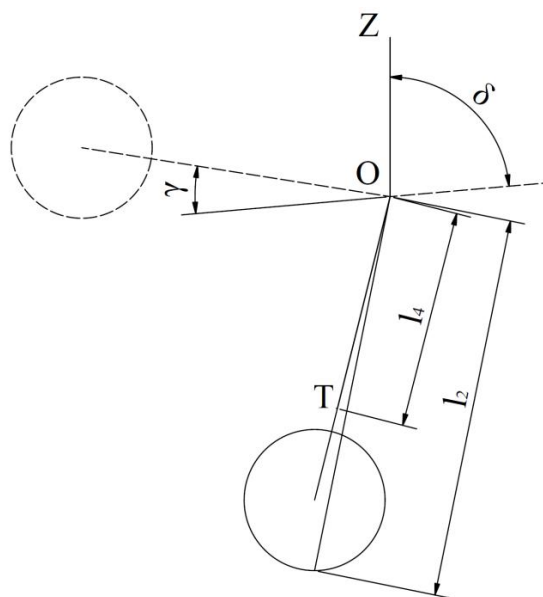
Minimální délka hydraulického pístu $0,25m$ a jeho zdvih $0,13m$:

$$l_{p0} = 0,25m$$

$$l_{pC} = 0,38m$$



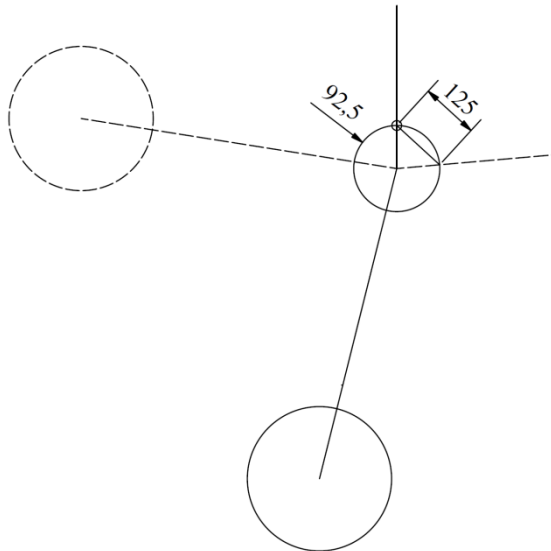
Obr. 1 Koncept uspořádání mechanismu



Obr. 2 Základní parametry

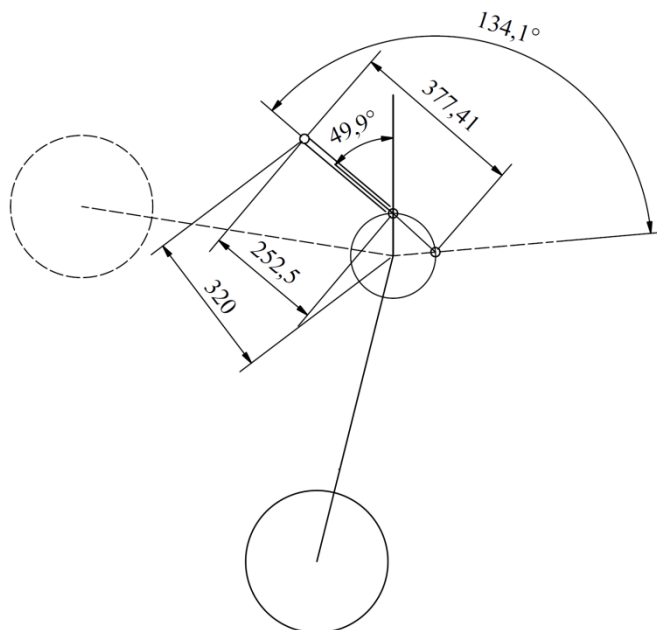
2.2 Poloha hydraulického pístu

Pro stanovení místa upevnění hydraulického pístu na mechanismu platí, že čím dále od středu otáčení zatahování podvozku je čep pístu, tím je větší momentová síla, která je tímto pístem vyvolána. Další rozhodující parametr je zdvih hydraulického pístu, který je nutné nechat s rezervou pro krajní pracovní polohy. Z těchto dvou omezení je získána poloha čepu hydraulického pístu na mechanismu $l_3 = 0,0925m$.



Obr. 3 Poloha čepu pístu na mechanismu

Poloha fixního bodu hydraulického pístu v draku letounu je umístěna tak, aby v zatažené i vytažené poloze mohl působit pod podobným úhlem od osy zámku (palce). Cílem podobných úhlů je získat podobné směry sil od hydraulického pístu vzhledem k šikmým plochám zámku. Vzdálenost mezi osou otáčení zatahování podvozku a čepem hydraulického pístu v draku letounu je $320mm$ a vzdálenost mezi čepem hydraulického pístu je $252,5mm$.



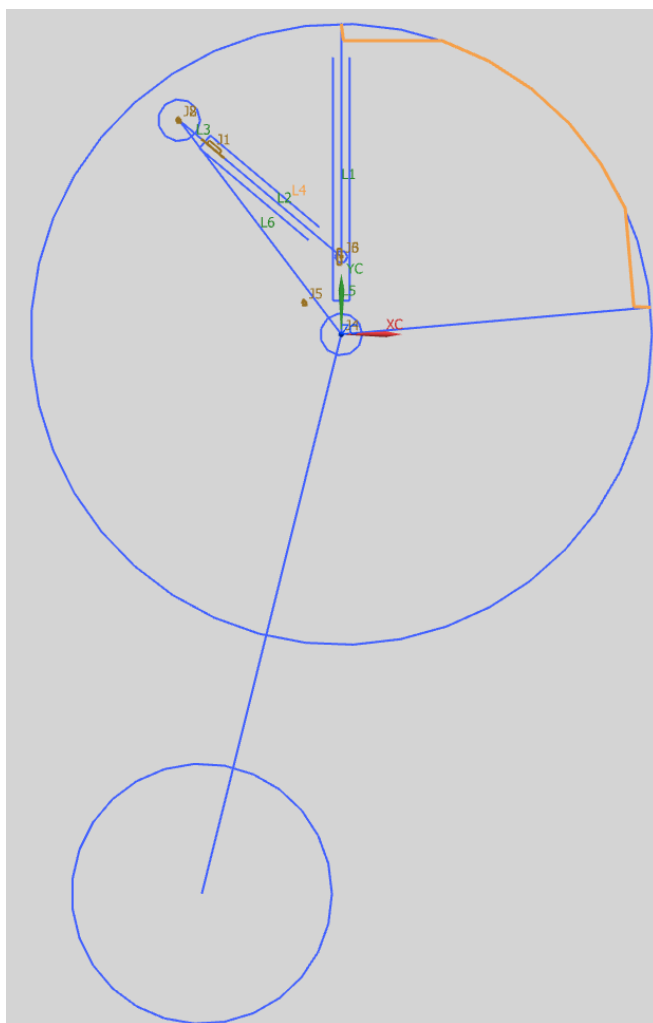
Obr. 4 Poloha čepu pístu na draku letounu

2.3 Kinematika

Kinematický model v programu NX 10 se skládá z úseček a kružnic nahrazujících významné části mechanismu, zámků a podvozku. Výhodou je přehlednost modelu a možnost měnit parametry dle potřeby. V modelu je podvozková noha, palec mechanismu, hydraulický píst a zámky. Pružina nemá v kinematickém modelu žádnou roli, a proto v modelu není její nahrazení vytvořeno. Získaná data jsou v grafech přiložena v příloze I

Pohyb podvozkové nohy je určen pevnou osou otáčení v počátku osového systému. Pohyb palce mechanismu je definován trajektorií krajního bodu úsečky po křivce a kolineární vazbou úsečky s nohou podvozku. Křivka trajektorie je složena ze čtyř úseček a oblouku kružnice, kde dvě úsečky představují nájezd zámku a drážku zámku a oblouk kružnice je dráhou palce v jeho nezatíženém stavu. Hydraulický píst je definován dvěma kolineárními částmi s volným bodem otáčení na konci jedné části, který je fixován na druhém konci palce. Druhá část má na jejím konci fixní bod otáčení určený polohou vůči počátku osového systému. Celý model je řízen vzdáleností dvou částí představujících hydraulický píst. Při popisu otáčení je kladný směr, směrem proti otáčení hodinových ručiček a je popisován vůči počáteční poloze.

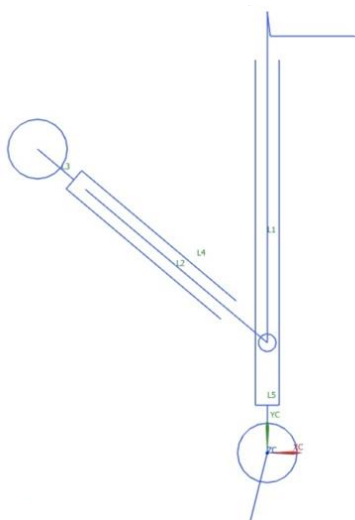
Rychlosti vysouvání hydraulického pístu je nastavena na $10\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$, potom čas mezi krajními polohami 12,50s. Počet řešených kroků je nastaven na 300. V první poloze v čase $t = 0\text{s}$ je vytažený podvozek (Obr. 6) a všechny počáteční hodnoty úhlů pootočení a posunutí jsou rovny nule. Píst je zcela zasunutý, palec je v zámku, úhel pootočení palce a nohy podvozku je 0° , úhel pootočení pístu je 0°



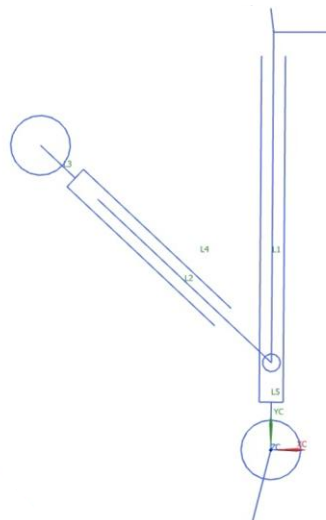
Obr. 5 Model

Při přechodu z prvního stavu do druhého (Obr. 7) se palec vysouvá ze zámku (zasouvá do nohy podvozku), noha podvozku se pomalu otáčí v záporném směru. Píst se vysouvá a natáčí v záporném směru otáčení. Spolu s palcem a hydraulickým pístem se posouvá čep v noze podvozku a pružina je stlačována.

V druhém stavu (Obr. 7) v čase $t = 1,38s$ je hydraulický píst vysunut o $13,8mm$ a je pootočený o úhel $-3,21^\circ$. Noha podvozku se otočila o úhel $-0,47^\circ$. Pružina se stlačila na její pracovní minimum. Palec s čepem se dostal v noze podvozku do nejnižší polohy a byl zatažen o $20,0mm$.



Obr. 6 První stav



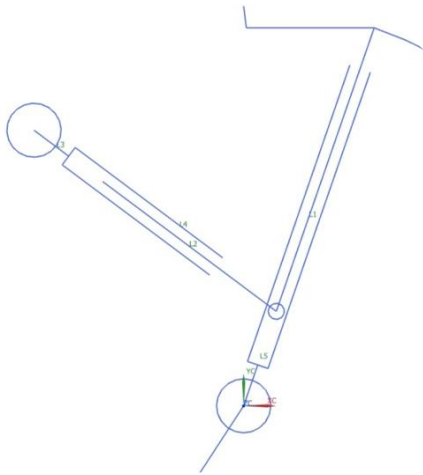
Obr. 7 Druhý stav

Při přechodu z druhého stavu do třetího (Obr. 8) se palec pohybuje po nájedzu zámku a zároveň se vysouvá z nohy podvozku. Podvozková noha se rychle otáčí v záporném směru. Píst se otáčí v kladném směru, pružina se uvolňuje.

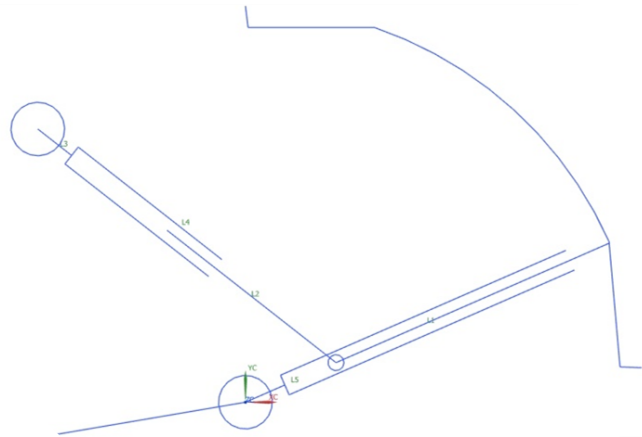
Ve třetím stavu (Obr. 8) je čas $t = 2,67s$ hydraulický píst je vysunutý o $26,7mm$ a je pootočený o úhel $3,19^\circ$. Podvozková noha se otočila o úhel $-18,97^\circ$. Pružina je ve své největší pracovní délce. Palec je plně vysunut z nohy podvozku.

Při přechodu ze třetího stavu do čtvrtého (Obr. 9) se palec vůči noze nehýbá a nemá smykový ani valivý kontakt s okolím. Podvozková noha se otáčí v záporném směru. Píst se otáčí v záporném směru.

Ve čtvrtém stavu (Obr. 9) je čas $t = 10,00s$ hydraulický píst je vysunutý o $100,0mm$ a je pootočený o úhel $2,04^\circ$. Podvozková noha se otočila o úhel $-65,85^\circ$. Pružina je ve své největší pracovní délce. Poloha palce vůči noze podvozku se nezměnila.



Obr. 8 Třetí stav



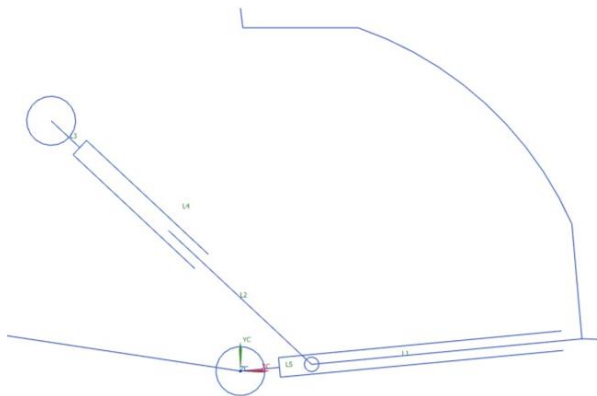
Obr. 9 Čtvrtý stav

Při přechodu ze čtvrtého stavu do pátého (Obr. 10) se palec pohybuje po nájezdu zámku a přitom se zasunuje do podvozkové nohy. Podvozková noha se rychle otáčí v záporném směru, píst se otáčí v záporném směru a pružina se stlačuje.

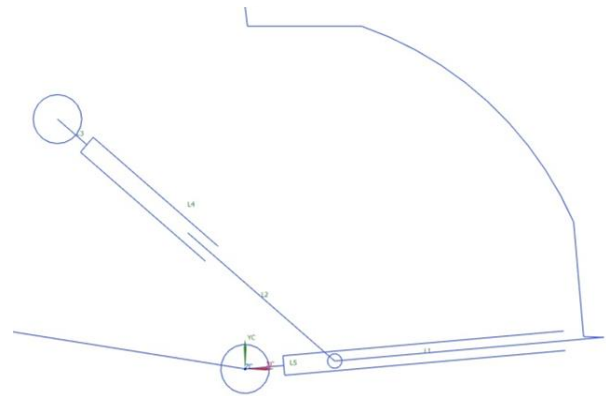
V pátém stavu (Obr. 10) v čase $t = 11,08s$ je hydraulický píst vysunutý o $110,8mm$ a je pootočený o úhel $-2,99^\circ$. Podvozková noha je otočena o úhel $-84,51^\circ$. Pružina je stlačena na její pracovní minimum. Palec s čepem je vsunut do nohy podvozku o $20,0mm$.

Při přechodu z pátého do šestého stavu (Obr. 11) palec se vysouvá z podvozkové nohy a zapadá do drážky zámku. Podvozková noha se pomalu otáčí v záporném směru, píst se otáčí v kladném směru. Pružina se uvolňuje.

V šestém stavu (Obr. 11) je čas $t = 12,50s$ je hydraulický píst vysunutý na $150,0mm$ a pootočený o úhel $-0,78^\circ$. Podvozková noha je otočena o úhel $-85,00^\circ$. Pružina je uvolněna, palec je zcela vysunut z podvozkové nohy a je zasunutý v zámku.



Obr. 10 Pátý stav



Obr. 11 Šestý stav

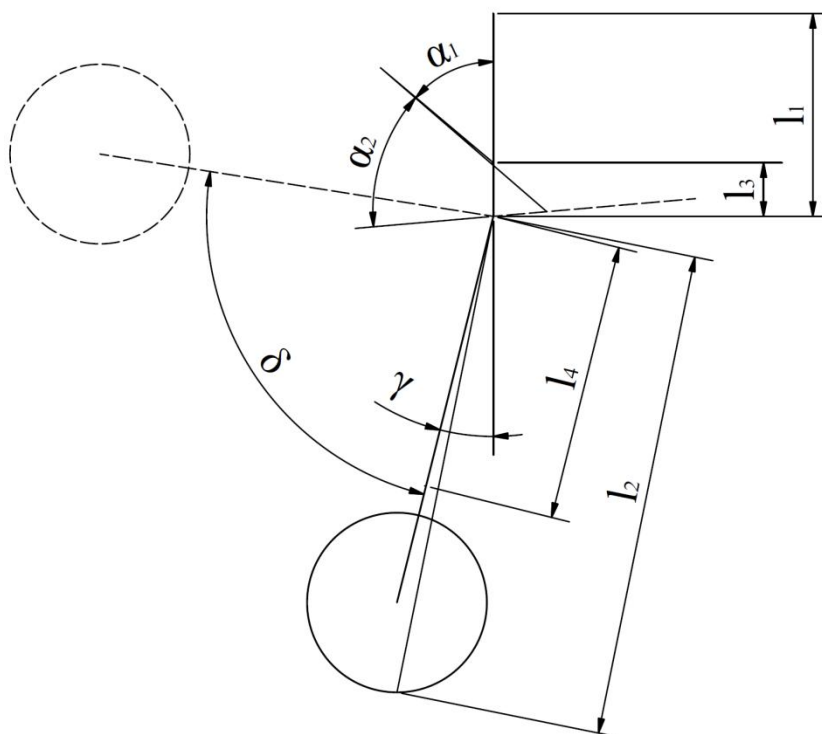
3 Rozbor zatížení mechanismu

V této kapitole je řešeno zatížení působící na mechanismus, a to konkrétně na palec a zámek. Dále je řešena samosvornost zámku, minimální síla vyvozená pružinou pro zajištění zámku při zadaném zatížení a síla potřebná pro nouzové uvolnění zámku. Při řešení nejsou uvažovány odporové síly a třecí síly na čepu a palci vůči noze předního podvozku.

3.1 Zadané a zjištěné hodnoty

Rozměry α_1, α_2, l_3 vycházejí z minulé kapitoly, kde α_1 je úhel mezi nohou předového podvozku a hydraulického pístu při vytaženém podvozku a α_2 je úhel mezi hydraulickým pístem a nohou předového podvozku při zataženém podvozku.

Rozměry:



Obr. 12 Rozměry podvozku

$$l_1 = 0,35m$$

$$l_2 = 0,842m$$

$$l_3 = 0,0925m$$

$$l_4 = 0,48m$$

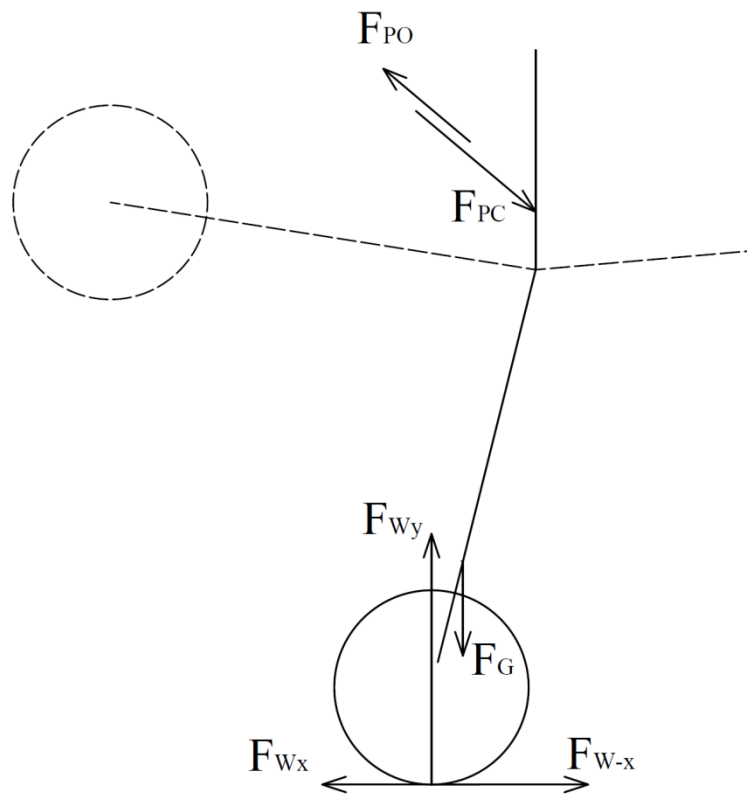
$$\gamma = 14^\circ$$

$$\delta = 85^\circ$$

$$\alpha_1 = 49,9^\circ$$

$$\alpha_2 = 45,1^\circ$$

Zatížení působící na podvozek:



Obr. 13 Zatížení na podvozku

Tíhová síla:

$$F_G = 50N$$

Síly od pístu:

$$p = 12MPa$$

$$d = 15mm$$

$$D = 9mm$$

$$F_{PC} = p \cdot \pi \cdot d^2 = 2120,5N$$

$$F_{PO} = p \cdot \pi \cdot (d^2 - D^2) = 1357N$$

Síly od pozemního zatížení do kola podvozku [1]:

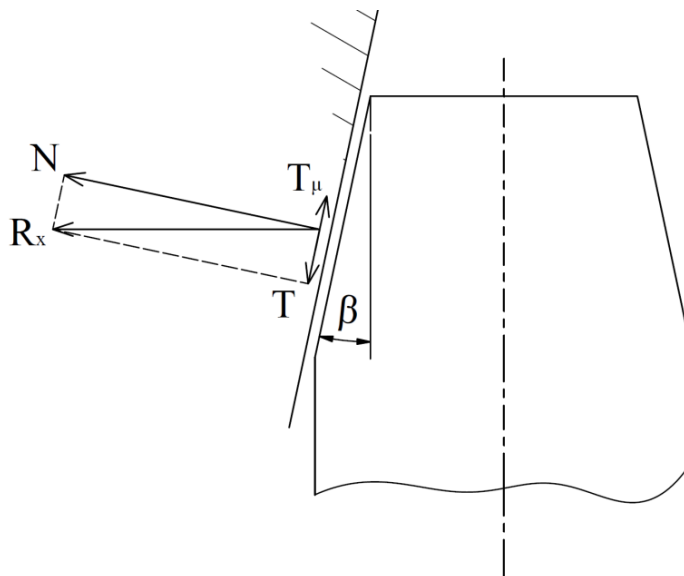
$$F_{Wy} = 2514N$$

$$F_{Wx} = 665N$$

$$F_{W-x} = 1329N$$

3.2 Palec – úhel zkosení

Zkosení palce a zámku musí být takové, aby nedošlo k samosvornosti. Tečná složka T reakční síly R_x tedy musí být větší než třecí síla T_μ mezi palcem a zámkem. Součinitel smykového tření za klidu, mazáno pro ocel-ocel je $\mu = 0,11$.



Obr. 14 Síly na palci od zámku

$$N = R_x \cdot \cos(\beta)$$

$$T = R_x \cdot \sin(\beta)$$

$$T_\mu = N \cdot \mu_0$$

$$T > T_{\mu_0}$$

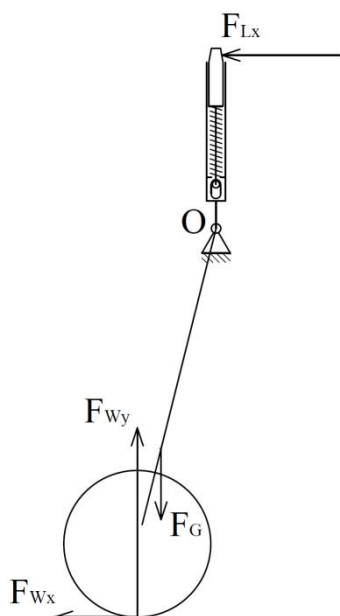
$$R_x \cdot \sin(\beta) > R_x \cdot \cos(\beta) \cdot \mu_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta > \operatorname{tg}^{-1}(\mu_0) = \operatorname{tg}^{-1}(0,11) = 6,3^\circ$$

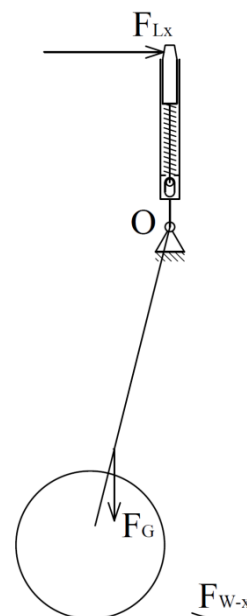
Úhel zkosení byl zvolen $\beta = 7^\circ$. Tím je za normálních podmínek ($\mu = 0,11$) zaručeno, že palec je při síle kolmé na jeho osu ze zámku vytlačován ven.

3.3 Vytažený podvozek – síla pružiny

Pružina v mechanismu slouží jako paralelní způsob zajištění palce v zámku pro případ poruchy hydraulického pístu $F_{PO} = 0N$. Síla od pružiny F_S musí být větší než síla R_{Ly} , která vzniká zatížení zámku silou F_{Lx} . Síla F_{Lx} je reakční silou vyvozenou silami od pozemního zatížení F_{Wx} ; F_{Wy} a F_{W-x} .



Obr. 15 Pružina - zatížení 1



Obr. 16 Pružina - zatížení 2

Zatížení 1:

$$\sum M_O = 0:$$

$$-F_{Wy} \cdot l_2 \cdot \sin(\gamma) - F_{Wx} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) + F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) + F_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{Lx} = \frac{F_{Wy} \cdot l_2 \cdot \sin(\gamma) + F_{Wx} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) - F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma)}{l_1} =$$

$$= \frac{2514 \cdot 0,842 \cdot \sin(14^\circ) + 665 \cdot 0,842 \cdot \cos(14^\circ) - 50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ)}{0,35} = 2949N$$

Zatížení 2:

$$\sum M_O = 0:$$

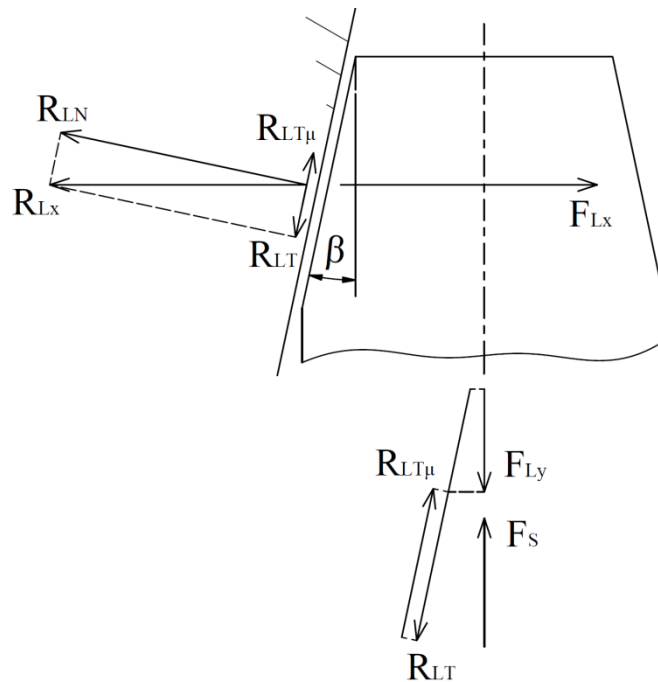
$$F_{W-x} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) + F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) - F_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{Lx} = \frac{F_{W-x} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) + F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma)}{l_1} =$$

$$= \frac{1329 \cdot 0,842 \cdot \cos(14^\circ) + 50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ)}{0,35} = 3169N$$

Síla F_{Lx} je větší v druhém případě od pozemního zatížení F_{W-x} (Obr. 11). Pro výpočet síly pružiny bude použita síla $F_{Lx} = 3169N$.

Síla pružiny:



Obr. 17 Pružina - síly na palci

$$R_{Lx} = F_{Lx}$$

$$R_{LN} = F_{Lx} \cdot \cos(\beta)$$

$$R_{LT} = F_{Lx} \cdot \sin(\beta)$$

$$R_{LT\mu} = R_{LN} \cdot \mu$$

$$R_{Ly} = (R_{LT} - R_{LT\mu}) \cdot \cos(\beta)$$

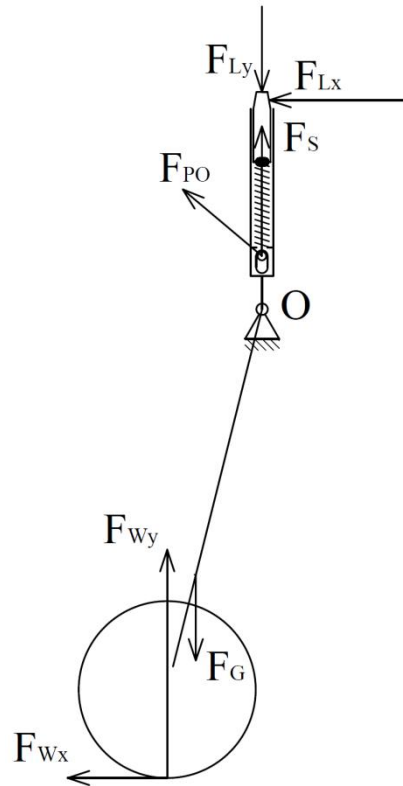
$$F_S > R_{Ly}$$

$$\begin{aligned} F_S &> [F_{Lx} \cdot \sin(\beta) - F_{Lx} \cdot \cos(\beta) \cdot \mu] \cdot \cos(\beta) = \\ &= [3169 \cdot \sin(7^\circ) - 3169 \cdot \cos(7^\circ) \cdot 0,11] \cdot \cos(7^\circ) = 39,5N \end{aligned}$$

Síla pružiny F_S musí být větší než 39,5N, aby v případě nefunkčnosti hydraulického pístu a maximálním zatížení zůstal zámek zajištěný.

3.4 Vytažený podvozek – zatížení 1

Podvozek je ve vytažené poloze a plně zajištěný. Na mechanismus působí pozemní zatížení F_{Wx} a F_{Wy} , tíhová síla F_G , píst F_{PO} , pružina F_S , reakce zámku F_{Lx} a F_{Ly} .



Obr. 18 Zatížení 1

$$\sum M_O = 0:$$

$$-F_{Wy} \cdot l_2 \cdot \sin(\gamma) - F_{Wx} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) + F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) + F_{PO} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1) + F_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{Lx} = \frac{F_{Wy} \cdot l_2 \cdot \sin(\gamma) + F_{Wx} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) - F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) - F_{PO} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1)}{l_1} =$$

$$= \frac{2514 \cdot 0,842 \cdot \sin(14^\circ) + 665 \cdot 0,842 \cdot \cos(14^\circ) - 50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ) - 1357 \cdot 0,0925 \cdot \sin(49,9^\circ)}{0,35} =$$

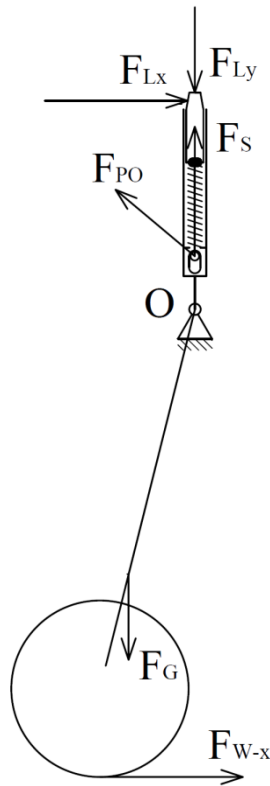
$$= 2724,5N$$

$$F_{Ly}:$$

$$F_{Ly} = F_S + F_{PO} \cdot \cos(\alpha_1) = 50 + 1357 \cdot \cos(49,9^\circ) = 924N$$

3.5 Vytažený podvozek – zatížení 2

Podvozek je ve vytažené poloze a plně zajištěný. Na mechanismus působí pozemní zatížení F_{W-x} , tíhová síla F_G , píst F_{PO} , pružina F_S , reakce zámku F_{Lx} a F_{Ly} .



Obr. 19 Zatížení 2

$$\Sigma M_O = 0:$$

$$F_{W-x} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) + F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) + F_{PO} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1) - F_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{Lx} = \frac{F_{W-x} \cdot l_2 \cdot \cos(\gamma) + F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) + F_{PO} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1)}{l_1} =$$

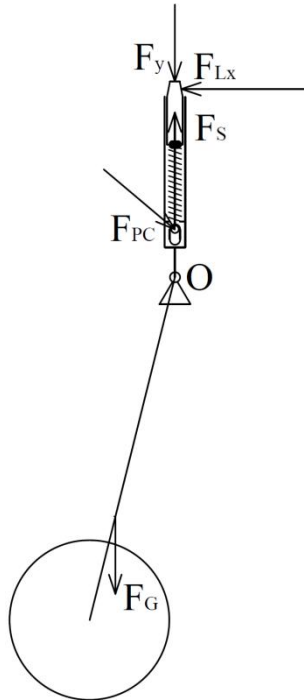
$$= \frac{1329 \cdot 0,842 \cdot \cos(14^\circ) + 50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ) + 1357 \cdot 0,0925 \cdot \sin(49,9^\circ)}{0,35} = 3393N$$

$$F_{Ly}:$$

$$F_{Ly} = F_S + F_{PO} \cdot \cos(\alpha_1) = 50 + 1357 \cdot \cos(49,9^\circ) = 924N$$

3.6 Vytažený podvozek – otevírání zámku

Podvozek je ve vysunuté poloze a pomocí pístu dochází k vytažení palce ze zámku a k následnému zatažení podvozku. Na mechanismus působí píst F_{PC} , pružina F_S , tíhová síla F_G , reakce zámku F_{Lx} . Z důvodu nesamosvornosti zámku není uvažován rozklad sil na zkosené hraně palce, kde výslednice tečné a třecí síly směřuje ven ze zámku a tím pomáhá otevření zámku.



Obr. 20 Otevírání zámku 1

$$\sum M_O = 0:$$

$$\begin{aligned} F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) - F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1) + F_{Lx} \cdot l_1 &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow F_{Lx} &= \frac{-F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma) + F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1)}{l_1} = \\ &= \frac{-50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ) + 2120,5 \cdot 0,0925 \cdot \sin(49,9^\circ)}{0,35} = 412N \end{aligned}$$

$$F_y:$$

$$F_y = F_{S0} - F_{PC} \cdot \cos(\alpha_1) = 80 - 2120,5 \cdot \cos(49,9^\circ) = -1286N$$

Zámek je otevírán hydraulickým pístem s přebytkem síly $F_y = -1286N$.

3.7 Vytažený podvozek – zaklapnutí zámku

Podvozek přechází ze zatažené polohy do vytažené a palec se pohybuje po nakloněné rovině po nájezdu zámku. Na mechanismus působí píst F_{PO} , pružina F_S , tíhová síla F_G , reakce zámku. Úhly δ_1 vycházejí z konkrétního konstrukčního řešení z další kapitoly. Na palci je pro odstranění tření váleček, který se odvaluje po nájezdu zámku. Jsou řešeny dvě polohy a to na začátku a na konci nájezdu zámku.

Začátek nájezdu zámku:

$$\sum M_O = 0:$$

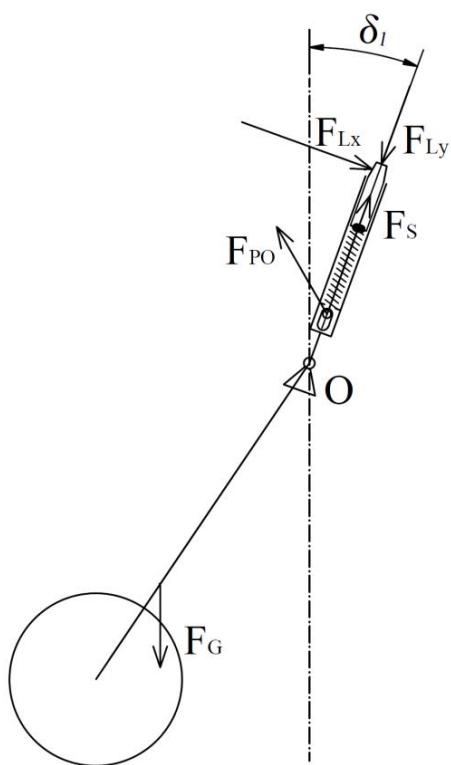
$$F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{11}) + F_{PO} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1 + \delta_{11}) - R_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{Lx} = \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{11}) + F_{PO} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1 + \delta_{11})}{l_1} =$$

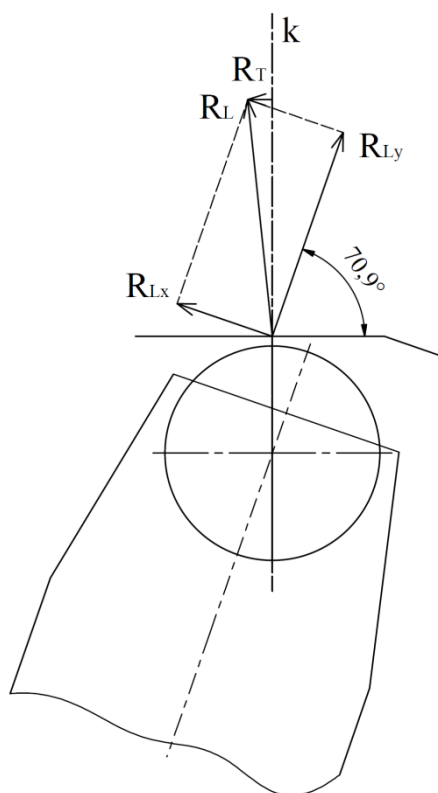
$$= \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 18,9^\circ) + 1357 \cdot 0,0925 \cdot \sin(49,9^\circ + 18,9^\circ)}{0,35} = 371,5N$$

R_{Ly} :

$$R_{Ly} = F_S + F_{PO} \cdot \cos(\alpha_1 + \delta_{11}) = 50 + 1357 \cdot \cos(49,9^\circ + 18,9^\circ) = 541N$$



Obr. 21 Zaklapnutí zámku - poloha



Obr. 22 Zaklapnutí zámku 1

R_T :

$$R_{T1} = R_{Lx} \cdot \cos(\delta_{11}) - R_{Ly} \cdot \sin(\delta_{11}) = 371,5 \cdot \cos(18,9) - 541 \cdot \sin(18,9) = 176,5N$$

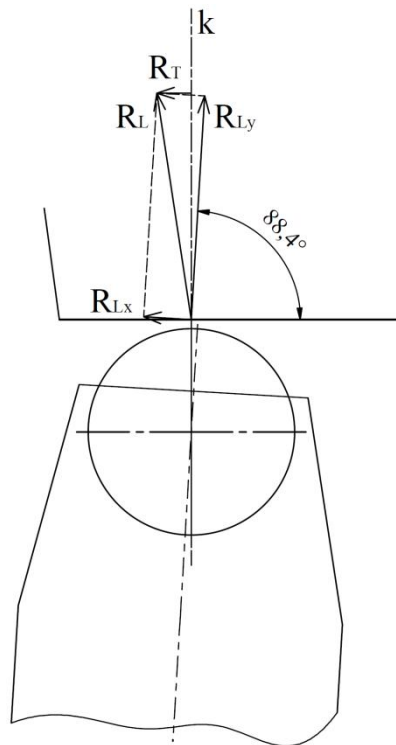
Konec nájezdu zámku:

$$\sum M_O = 0:$$

$$\begin{aligned} F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{12}) + F_{P0} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1 + \delta_{12}) - R_{Lx} \cdot l_1 &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow R_{Lx} &= \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{12}) + F_{P0} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_1 + \delta_{12})}{l_1} = \\ &= \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 1,6^\circ) + 1357 \cdot 0,0925 \cdot \sin(49,9^\circ + 1,6^\circ)}{0,35} = 299N \end{aligned}$$

R_{Ly} :

$$R_{Ly} = F_{S0} + F_{P0} \cdot \cos(\alpha_1 + \delta_{12}) = 80 + 1357 \cdot \cos(49,9^\circ + 1,6^\circ) = 925N$$



Obr. 23 Zaklapnutí zámku 2

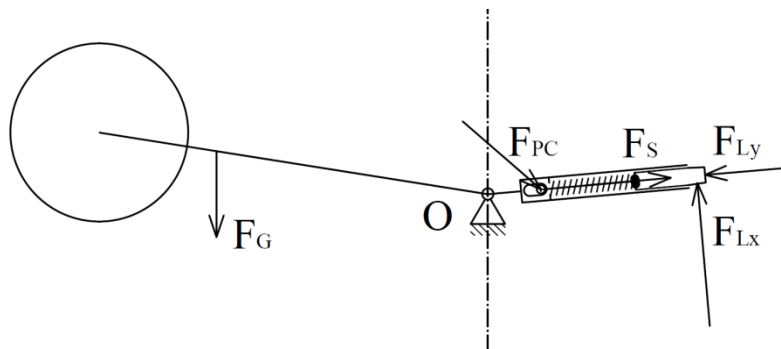
R_T :

$$R_{T2} = R_{Lx} \cdot \cos(\delta_{12}) - R_{Ly} \cdot \sin(\delta_{12}) = 299 \cdot \cos(1,6) - 925 \cdot \sin(1,6) = 273N$$

Na začátku nájezdu zámku je velikost tečné síly na palci $R_{T1} = 145N$ a na konci nájezdu je velikost síly $R_{T2} = 242N$. Touto silou je otáčení podvozku v daném bodě urychlováno. Při výpočtu neuvažují valivý odpor a odpor vzduchu.

3.8 Zatažený podvozek

Podvozek je v zatažené poloze a plně zajištěný. Na mechanismus působí tíhová síla F_G , píst F_{PC} , pružina F_S , reakce zámku F_{Lx} a F_{Ly} . Úhel $\delta = 85^\circ$ je úhel mezi krajními polohami podvozku.



Obr. 24 Zatažený podvozek

$$\Sigma M_O = 0:$$

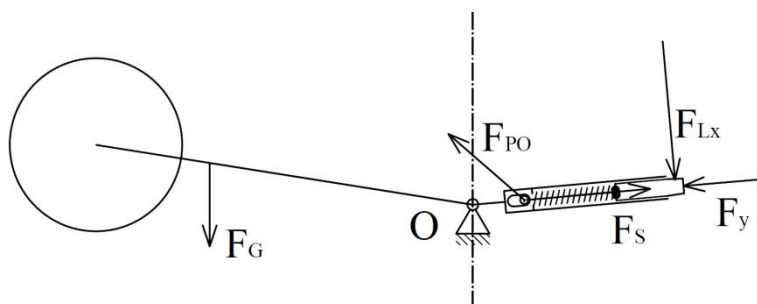
$$\begin{aligned} F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta) - F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2) + F_{Lx} \cdot l_1 &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow F_{Lx} &= \frac{-F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta) + F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2)}{l_1} = \\ &= \frac{-50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 85^\circ) + 2120,5 \cdot 0,0925 \cdot \sin(45,1^\circ)}{0,35} = 329N \end{aligned}$$

$$F_{Ly}:$$

$$F_{Ly} = F_S + F_{PC} \cdot \cos(\alpha_2) = 50 + 2120,5 \cdot \cos(45,1^\circ) = 1547N$$

3.9 Zatažený podvozek – otevírání zámku

Podvozek je v zasunuté poloze a pomocí pístu dochází k vytažení palce ze zámku a k následnému vytažení podvozku. Na mechanismus působí píst F_{PO} , pružina F_S , tíhová síla F_G , reakce zámku F_{Lx} . Z důvodu nesamosvornosti zámku není uvažován rozklad sil na zkosené hraně palce.



Obr. 25 Otevírání zámku 2

$$\Sigma M_O = 0:$$

$$F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta) + F_{P0} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2) - F_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{Lx} = \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta) + F_{P0} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2)}{l_1} =$$

$$= \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 85^\circ) + 1357 \cdot 0,0925 \cdot \sin(45,1^\circ)}{0,35} = 322N$$

$$F_y:$$

$$F_y = F_{S0} - F_{PC} \cdot \cos(\alpha_1) = 80 - 2120,5 \cdot \cos(49,9^\circ) = -878N$$

Zámek je otevírán hydraulickým pístem s přebytkem síly 878N.

3.10 Zatažený podvozek – zaklapnutí zámku

Podvozek přechází z vytažené polohy do zatažené a palec se pohybuje po nakloněné rovině po nájezdu zámku. Na mechanismus působí píst F_{PC} , pružina F_S , tíhová síla F_G , reakce zámku. Úhly δ_2 jsou totožné jako δ_1 . Jsou řešeny dvě polohy, a to na začátku a na konci nájezdu zámku.

Začátek nájezdu zámku:

$$\Sigma M_O = 0:$$

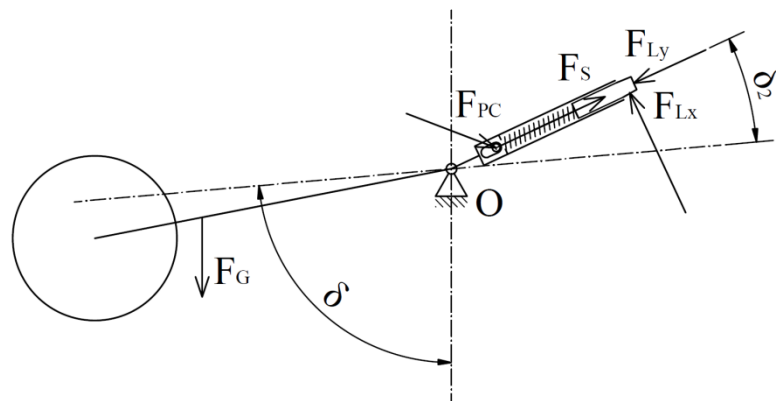
$$F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta - \delta_{21}) + F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2 + \delta_{21}) - R_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{Lx} = \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta - \delta_{21}) + F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2 + \delta_{21})}{l_1} =$$

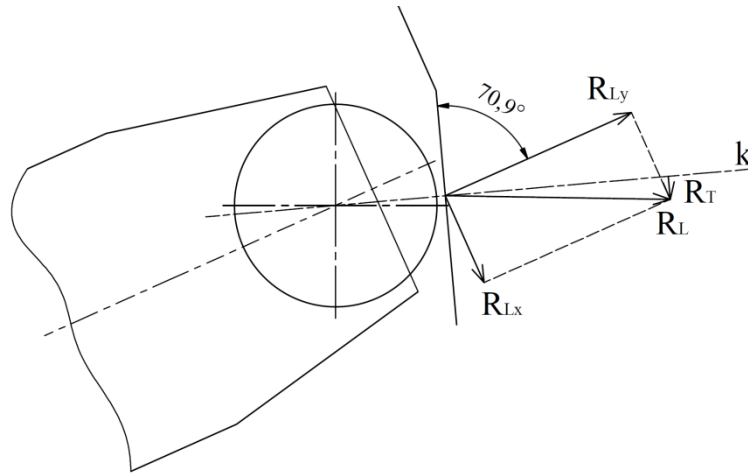
$$= \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 85^\circ - 18,9^\circ) + 2120,5 \cdot 0,0925 \cdot \sin(45,1^\circ + 18,9^\circ)}{0,35} = 571N$$

$$R_{Ly}:$$

$$R_{Ly} = F_S + F_{PC} \cdot \cos(\alpha_2 + \delta_{21}) = 50 + 2120,5 \cdot \cos(45,1^\circ + 18,9^\circ) = 979,5N$$



Obr. 26 Zaklapnutí zámku – poloha



Obr. 27 Zaklapnutí zámku 1

R_T :

$$\begin{aligned}
 R_{T1} &= R_{Lx} \cdot \cos(\delta_{21}) - R_{Ly} \cdot \sin(\delta_{21}) = \\
 &= 571 \cdot \cos(18,9) - 979,5 \cdot \sin(18,9) = 223N
 \end{aligned}$$

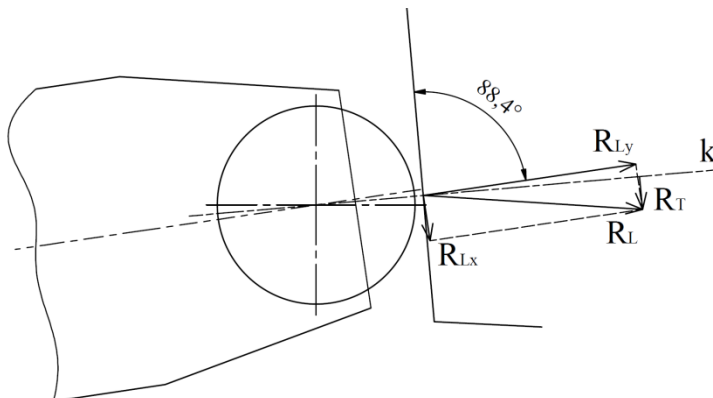
Konec nájezdu zámku:

$\Sigma M_O = 0$:

$$\begin{aligned}
 F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta - \delta_{22}) + F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2 + \delta_{21}) - R_{Lx} \cdot l_1 &= 0 \Rightarrow \\
 \Rightarrow R_{Lx} &= \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta - \delta_{22}) + F_{PC} \cdot l_3 \cdot \sin(\alpha_2 + \delta_{22})}{l_1} = \\
 &= \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 85^\circ - 1,6^\circ) + 2120,5 \cdot 0,0925 \cdot \sin(45,1^\circ + 1,6^\circ)}{0,35} = 476N
 \end{aligned}$$

R_{Ly} :

$$R_{Ly} = F_{S0} + F_{PC} \cdot \cos(\alpha_1 + \delta_{22}) = 80 + 2120,5 \cdot \cos(49,9^\circ + 1,6^\circ) = 1534,5N$$



Obr. 28 Zaklapnutí zámku 2

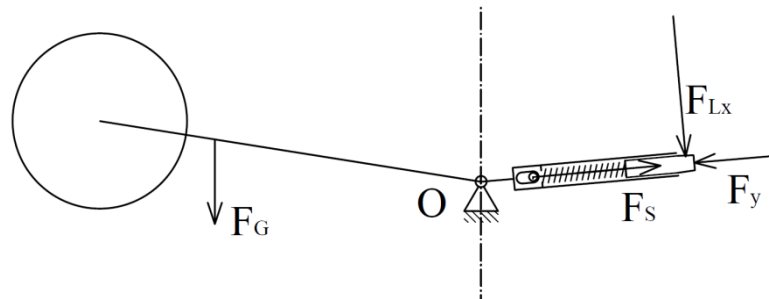
R_T :

$$R_{T2} = R_{Lx} \cdot \cos(\delta_{22}) - R_{Ly} \cdot \sin(\delta_{22}) = 476 \cdot \cos(1,6) - 1534,5 \cdot \sin(1,6) = 433N$$

Na začátku nájezdu zámku je velikost tečné síly na palci $R_{T1} = 223N$ a na konci nájezdu je velikost síly $R_{T2} = 433N$. Touto silou je otáčení podvozku v daném bodě urychlováno. Při výpočtu není uvažován valivý odpor a odpor vzduchu.

3.11 Zatažený podvozek – nouzové otevírání zámku

Podvozek je v zasunuté poloze a pomocí ústrojí pro nouzové vytahování dochází k vytažení palce ze zámku a k následnému vytažení podvozku. Hydraulický píst nepracuje a neklade žádný odpor.



Obr. 29 Otevírání zámku 3

$$\sum M_O = 0:$$

$$F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta) - F_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{Lx} = \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta)}{l_1} = \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 85^\circ)}{0,35} = 67,5N$$

F_y :

$$F_y = F_{S0} = 80N$$

Při zanedbání tření a zkosení palce a zámku musí ústrojí pro nouzové vytahování podvozku překonat sílu stlačené pružiny $F_{S0} = 80N$. Ústrojí pro nouzové vytahování působí silou rovnoběžnou s osou palce.

3.12 Vytažený podvozek – nouzové zaklapnutí zámku

Podvozek přechází ze zatažené polohy do vytažené a palec se pohybuje po nakloněné rovině po nájezdu zámku. Polohy a síly jsou stejné jako v kapitole 3.7, ale na mechanismus nepůsobí síla od hydraulického pístu.

Začátek nájezdu zámku:

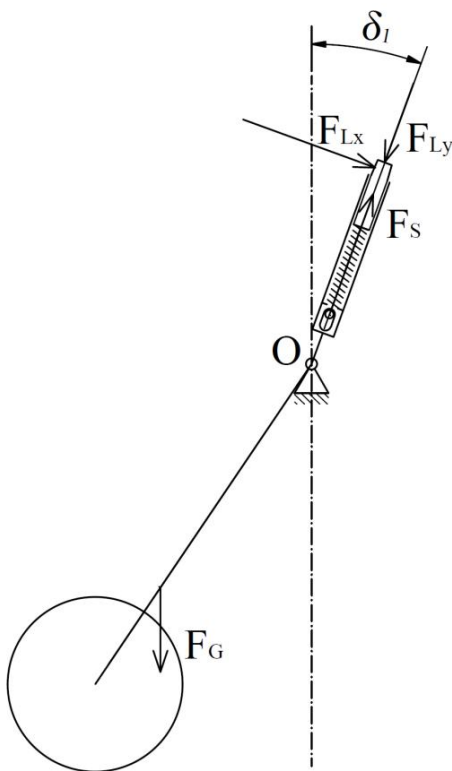
$$\Sigma M_O = 0:$$

$$F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{11}) - R_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

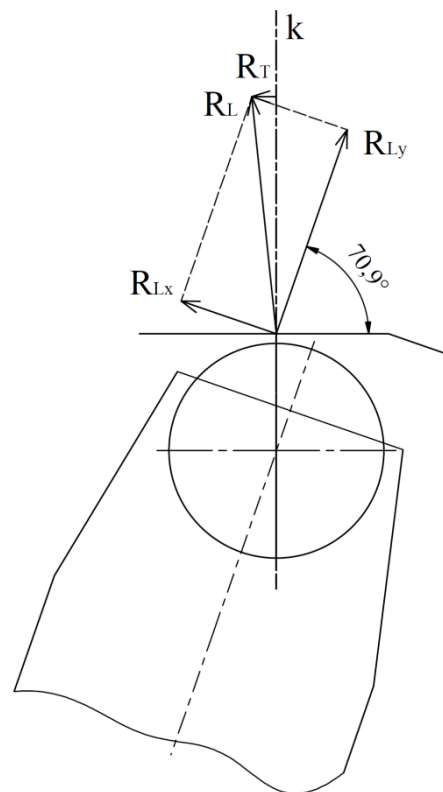
$$\Rightarrow R_{Lx} = \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{11})}{l_1} = \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 18,9^\circ)}{0,35} = 37N$$

$$R_{Ly}:$$

$$R_{Ly} = F_S = 50N$$



Obr. 30 Zaklapnutí zámku - poloha



Obr. 31 Zaklapnutí zámku 1

$$R_T:$$

$$R_{T1} = R_{Lx} \cdot \cos(\delta_{11}) - R_{Ly} \cdot \sin(\delta_{11}) = 37 \cdot \cos(18,9) - 50 \cdot \sin(18,9) = 19N$$

Konec nájezdu zámku:

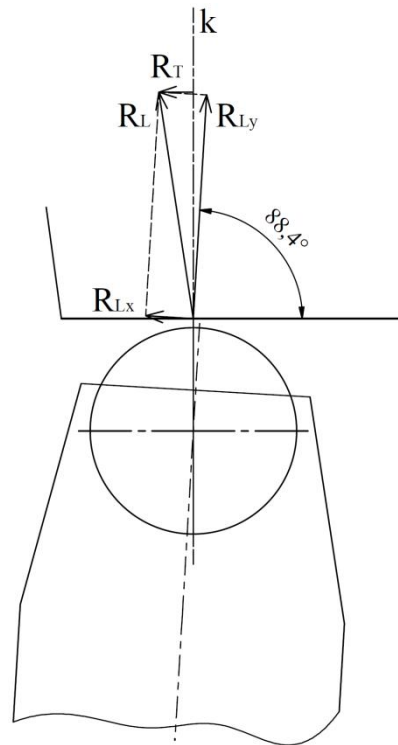
$$\sum M_O = 0:$$

$$F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{12}) - R_{Lx} \cdot l_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{Lx} = \frac{F_G \cdot l_4 \cdot \sin(\gamma + \delta_{12})}{l_1} = \frac{50 \cdot 0,48 \cdot \sin(14^\circ + 1,6^\circ)}{0,35} = 18,5N$$

R_{Ly} :

$$R_{Ly} = F_{S0} = 80N$$



Obr. 32 Zaklapnutí zámku 2

R_T :

$$R_{T2} = R_{Lx} \cdot \cos(\delta_{12}) - R_{Ly} \cdot \sin(\delta_{12}) = 18,5 \cdot \cos(1,6) - 80 \cdot \sin(1,6) = 16N$$

Podvozek po uvolnění zámku v zatažené poloze by se měl vlivem tíhové síly zaklapnout do vytažené polohy. Při letu pohybu pomáhá odpor vzduchu a případně je možné přejít do stoupání a tím získat výhodnější směr tíhové síly.

4 Základní konstrukční návrh mechanismu

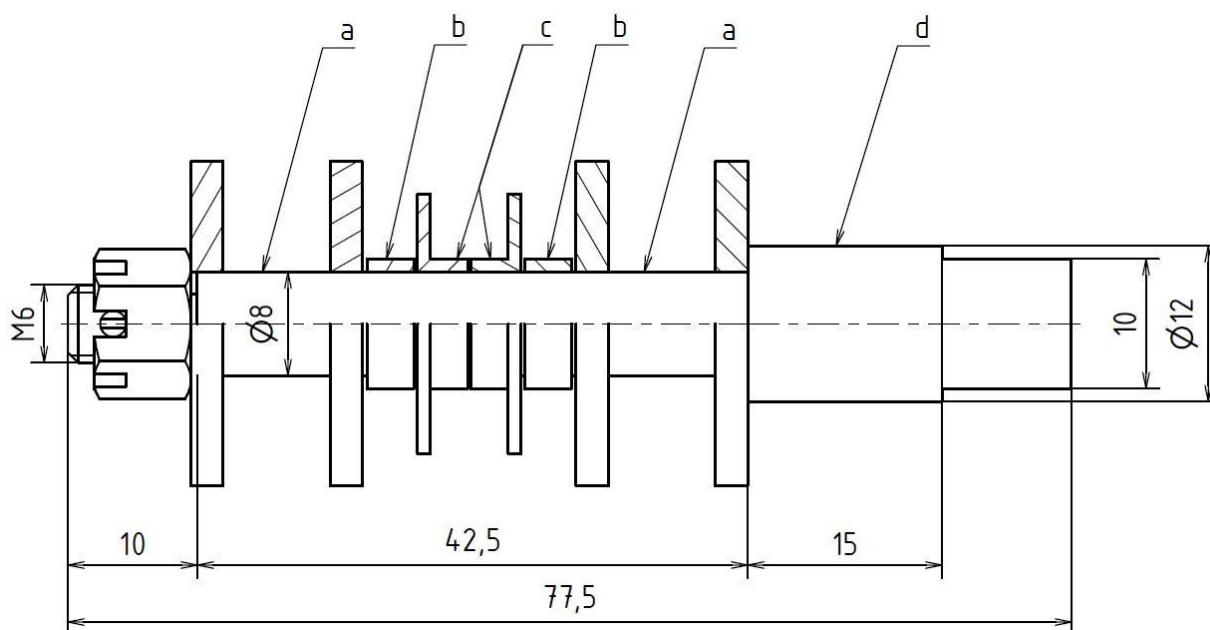
V této kapitole je řešen základní konstrukční návrh mechanismu. Ve výpočtech redukovaného napětí je použita hypotéza maximálního smykového napětí. Minimální součinitel bezpečnosti $k = 1,5$, dle předpisů UL 2.

4.1 Koncept

Řešení vychází z konceptu příďového podvozku L-39 Albatros, kde nad osou zatahování podvozku je uvnitř nohy palec s táhlem a pružinou, a dalším táhlem připojený k hydraulickému pístu. Zvolené řešení je takové, že palec a táhlo jsou jeden díl a táhlo musí projít průměrem pružiny, tím je mechanismus jednodušší, ale omezený na průměr čepu v oku táhla.

4.1.1 Čep

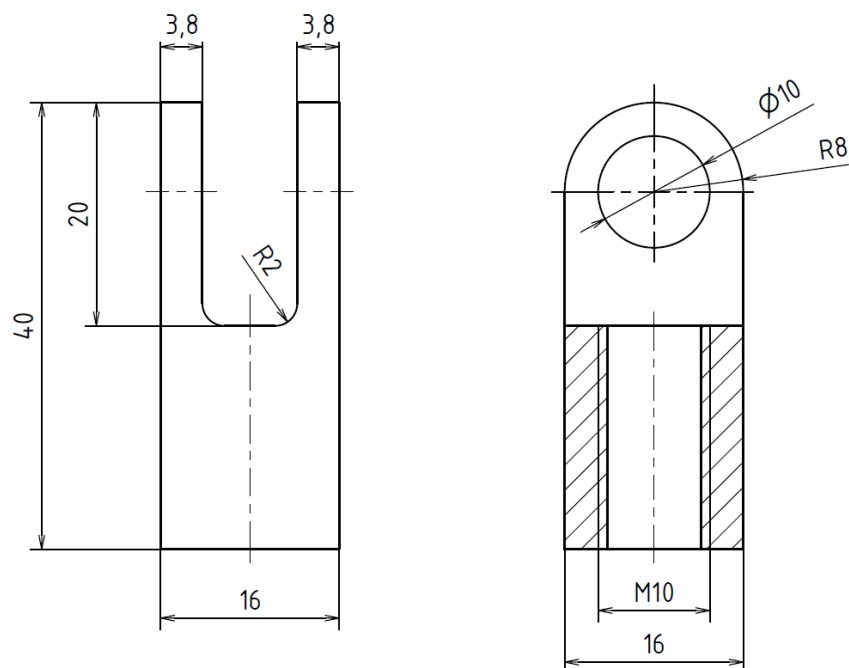
Čep v mechanismu zajišťuje rotační a posuvnou vazbu. Čep je vložený do drážky podvozkové nohy z boku a zajištěný korunovou maticí. Drážka podvozkové nohy je na pozici a (Obr. 33) a axiálně se opírá přes bronzové podložky. Vidlicová koncovka pístu je umístěna na pozici b na bronzových pouzdrech. Táhlo palce je na pozici c ve dvou bronzových pouzdrech s radiálně axiálním stykem. Ústrojí pro nouzové vytahování pracuje přes válcovou plochu na pozici d .



Obr. 33 Čep

4.1.2 Vidlicová koncovka pístu

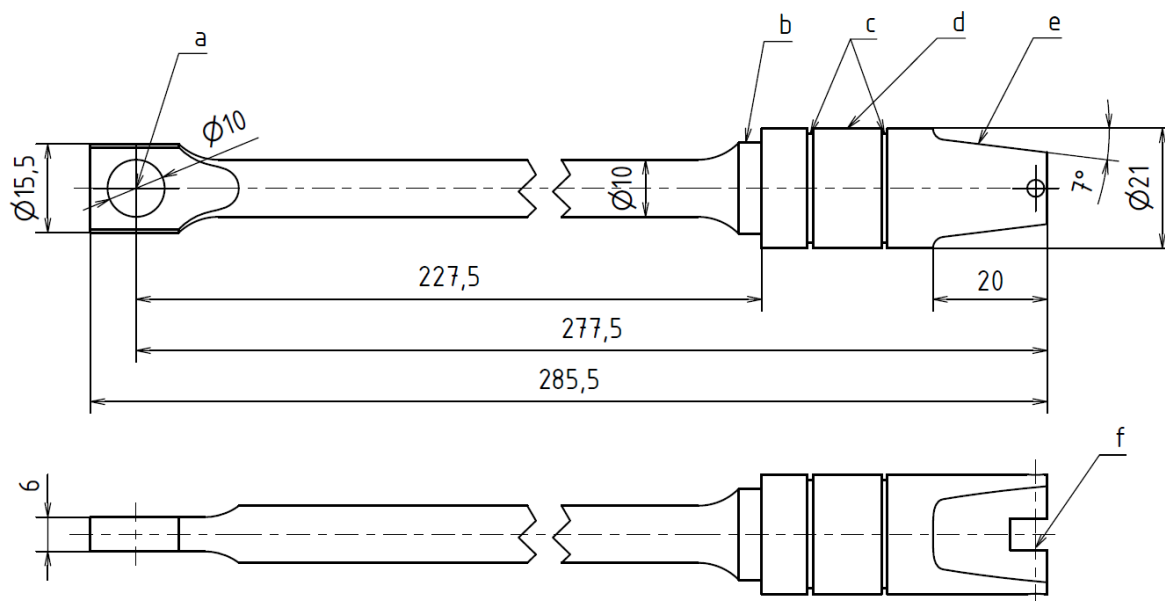
Vidlicová koncovka pístu zajišťuje rotační vazbu mezi hydraulickým pístem a čepem. Přenáší tahové a tlakové síly. (Obr. 34)



Obr. 34 Vidlicová koncovka

4.1.3 Palec

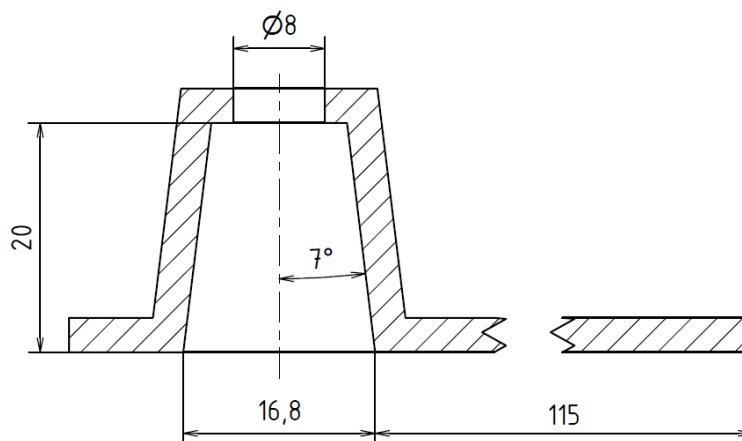
Palec je nejkomplicovanější část mechanismu. V noze podvozku je palec uložen válcovou plochou \underline{d} , koná translační pohyb a je ovládaný čepem v díře \underline{a} (Obr. 35). Pružina zajišťující sekundární jištění je navlečena na válcovou plochu \underline{b} a opírá se o čelo osazení průměru 21mm. Zápichy \underline{c} jsou určeny pro mazivo. Zkosení \underline{e} zapadá do zámku a je určené dle kapitoly 3.2 *Palec – úhel zkosení*. V drážce a díře na pozici \underline{f} je umístěný váleček usnadňující pohyb po nájezdu zámku. Průměr 15,5mm je volen co nejmenší s ohledem na průměr čepu a vnitřní průměr volené pružiny. Průměr 21mm je volen tak, aby byl větší než vnější průměr pružiny.



Obr. 35 Palec

4.1.4 Zámek

Celkový koncept zámku se musí odvíjet od prostorových dispozic a možnosti jeho zabudování do draku letounu. Nájezd zámku je kolmý na osu zámkové drážky a je dlouhý tak, aby byl palec při prvním kontaktu bezpečně na ploše nájezdu zámku. Úhel zkosení je stejný jako na palci. Díra o průměru 8mm je určena pro spínač signalizace zajištěné polohy zámku.



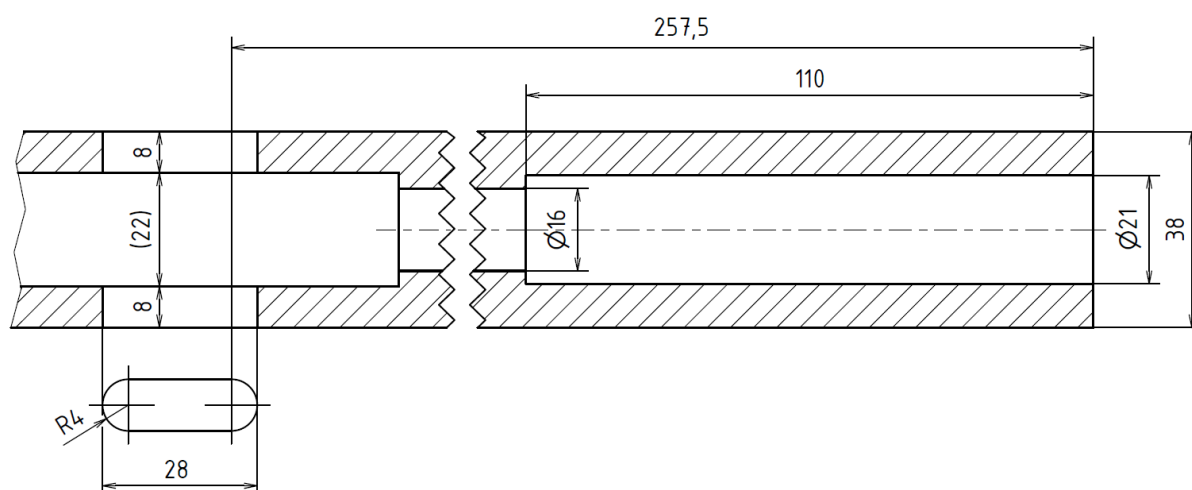
Obr. 36 Zámek

4.1.5 Pružina

Zvolená pružina je vyrobena z drátu o průměru $1,8\text{mm}$ se středním průměrem 18mm délkou v nestlačeném stavu $122,5\text{mm}$ a tuhostí $1,22\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$.

4.1.6 Noha podvozku

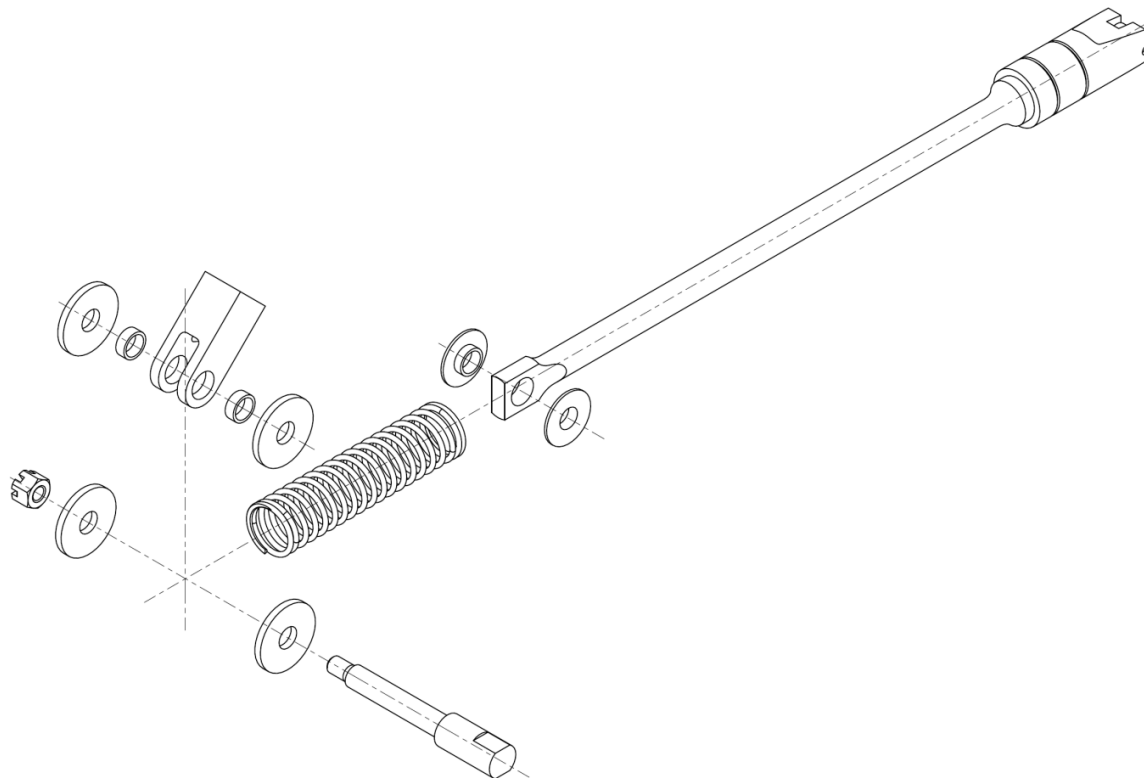
Úplné konstrukční řešení nohy podvozku závisí na řešení celého podvozku. Na obrázku jsou vyznačené základní rozměry, které vycházejí z rozměrů navržených částí mechanismu (Obr. 37). Na čele osazení průměrů 16mm a 21mm je uložena pružina, která je spolu s palcem vedena v díře o průměru 21mm .



Obr. 37 Noha podvozku

4.1.7 Sestava mechanismu

Na palec je navlečena pružina a nasazeny bronzové pouzdra a vsunut do nohy podvozku. Do vidlicové koncovky jsou vloženy pouzdra a spolu s podložkami nasazeny palec v noze podvozku. Nakonec je vložen z boku čep osazený dvěma podložkami a korunovou maticí zajištěnou závlačkou.



Obr. 38 Sestava mechanismu

4.2 Kontrola

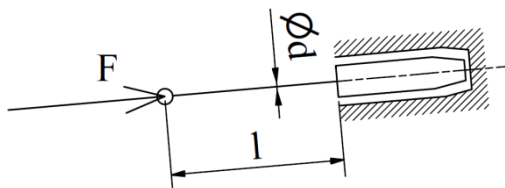
Kontrola je prováděna pro vybrané navržené části.

4.2.1 Palec

Palec mechanismu je zatěžován složkou síly od hydraulického pístu, která je rovnoběžná s osou palce a reakční silou zámku a uložení v noze. Zvolený materiál je 12 050.6 (L-W6H) s mezí pevnosti v tahu $R_m = 640\text{MPa}$, mezí kluzu $R_{p0,2} = 390\text{MPa}$, modulem pružnosti $E = 2,1 \cdot 10^5\text{MPa}$, mezí úměrnosti je zvolen jako $R_u \doteq 0,7 \cdot R_{p0,2} = 270\text{MPa}$.

Vzpěr:

Zatěžující síla je síla od hydraulického pístu v zatažené poloze podvozku. Bezpečnost vzpěru se volí minimálně $k=3$.



Obr. 39 Vzpěr

$$F = F_{pC} \cdot \cos(\alpha_2) = 2120,5 \cdot \cos(45,1^\circ) = 1497N \doteq 1500N$$

$$\varnothing d = 10mm$$

$$l \doteq 225mm$$

$$n = 2$$

$$\lambda = \frac{4 \cdot l}{d} = \frac{4 \cdot 225}{10} = 90$$

$$\lambda_m = \sqrt{\frac{n \cdot \pi^2 \cdot E}{R_u}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{270}} = 123,9$$

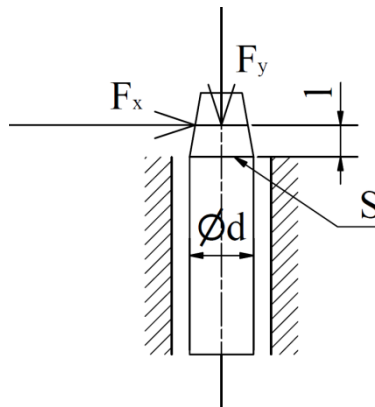
$$\lambda_m > \lambda \Rightarrow Tetmayer$$

$$\sigma_{kr} = R_{p0,2} - \frac{R_{p0,2} - R_u}{\lambda_m} \cdot \lambda = 390 - \frac{390 - 270}{123,9} \cdot 90 = 302,8MPa$$

$$F_{kr} = \sigma_{kr} \cdot A = R_{kr} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 302,8 \cdot \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 23784N$$

$$k = \frac{F_{kr}}{F} = \frac{23784}{1500} = 15,8$$

Kombinované namáhání– stříh, ohyb, tlak:



Obr. 40 Kombinované namáhání - palec

Zatěžující síly jsou ve vytažené poloze z kapitoly 3.5 *Vytažený podvozek – zatížení 2.*

$$F_x = F_{Lx} = 3393N$$

$$F_y = F_{Ly} = 924N$$

$$l = 10mm$$

$$\varnothing d = 21mm$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 21^2}{4} = 346mm^2$$

Střih:

$$\tau = \frac{F_x}{S} = \frac{3393}{346} = 9,8 \text{MPa}$$

Ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F_x \cdot l}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 3393 \cdot 10}{\pi \cdot 21^3} = 37,3 \text{MPa}$$

Tlak:

$$\sigma_t = \frac{F_y}{S} = \frac{924}{346} = 2,7 \text{MPa}$$

Redukované napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_o + \sigma_t)^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{(37,3 + 2,7)^2 + 4 \cdot 9,8^2} = 44,5 \text{MPa}$$

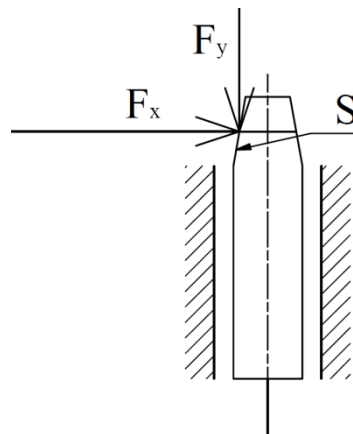
$$k = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{red}} = \frac{390}{44,5} = 8,7$$

Otlačení v zámku:

$$F_x = 3393 \text{N}$$

$$F_y = 924 \text{N}$$

$$S \doteq 240 \text{mm}^2$$



Obr. 41 Otlačení – palec-zámek

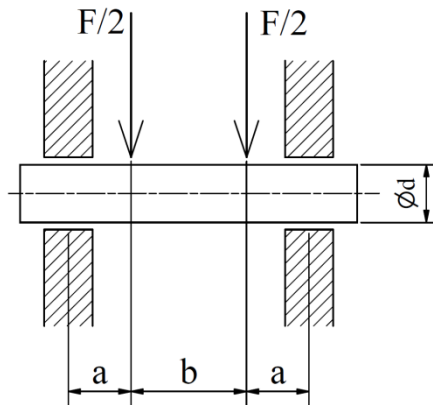
$$p = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{S} = \frac{\sqrt{3393^2 + 924^2}}{240} = 14,7 \text{MPa}$$

$$k = \frac{R_{p0,2}}{p} = \frac{390}{14,7} = 26$$

4.2.2 Čep

Čep je zatěžován prostorově hydraulickým pístem, palcem a reakcí uložení v noze. Pro zjednodušení je uvažováno jen zatížení pístem a reakcemi uložení v noze, a totožná poloha maxima ohybového a smykového napětí. Zvolený materiál je 12 050.6 (L-W6H) s mezí pevnosti v tahu $R_m = 640MPa$, mezí kluzu $R_{p0,2} = 390MPa$.

Kombinované namáhání– stříh, ohyb:



Obr. 42 Kombinované namáhání – čep

$$a = 9\text{mm}$$

$$b = 12\text{mm}$$

$$\varnothing d = 8\text{mm}$$

$$F = 2120,5\text{N}$$

Stříh:

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot 2120,5}{\pi \cdot 8^2} = 21,1\text{MPa}$$

Ohyb:

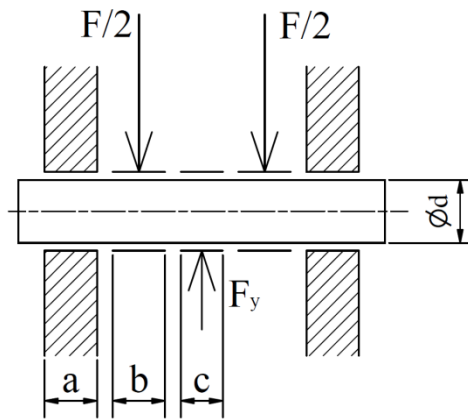
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F \cdot a}{2 \cdot \pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 2120,5 \cdot 9}{2 \cdot \pi \cdot 8^3} = 189,8\text{MPa}$$

Redukované napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{189,8^2 + 4 \cdot 21,1^2} = 194,5\text{MPa}$$

$$k = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{red}} = \frac{390}{194,5} = 2$$

Otlačení:



Obr. 43 Otlačení - čep

$$a = 8\text{mm}$$

$$b = 3,75\text{mm}$$

$$c = 6\text{mm}$$

$$\varnothing d = 8\text{mm}$$

$$F = 2120,5\text{N}$$

$$F_y = 1500\text{N}$$

$$p_1 = \frac{F}{2 \cdot a \cdot d} = \frac{2120,5}{2 \cdot 8 \cdot 8} = 16,6\text{MPa}$$

$$p_2 = \frac{F}{2 \cdot b \cdot d} = \frac{2120,5}{2 \cdot 3,75 \cdot 8} = 35,3\text{MPa}$$

$$p_3 = \frac{F_y}{c \cdot d} = \frac{1500}{6 \cdot 8} = 31,3\text{MPa}$$

$$k = \frac{R_{p0,2}}{p_2} = \frac{390}{35,3} = 11$$

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh mechanismu zatahování předového podvozku malého sportovního letounu. Byl proveden návrh kinematiky mechanismu zatahování předového podvozku, rozbor zatížení mechanismu a základní konstrukční návrh mechanismu.

Pro kinematiku byl použit program NX 10 od společnosti Siemens. Zpočátku byla práce s programem poměrně neintuitivní a často se nedařilo mechanismus rozpohybovat. Po vyzkoušení různých slepých uliček byl nakonec mechanismus rozhýbán a byla získána požadovaná data. Program má v sobě množství užitečných funkcí pro studii kinematiky a je možné v něm použít model na zkoumání dynamického chování soustavy.

Po navržení kinematiky a vytvoření základního konstrukčního návrhu bylo zjištěno, že pro optimalizaci mechanismu by byl vhodný lineární pohon s delším zdvihem. Tím se získá výhodnější poloha čepu blíže k zámku.

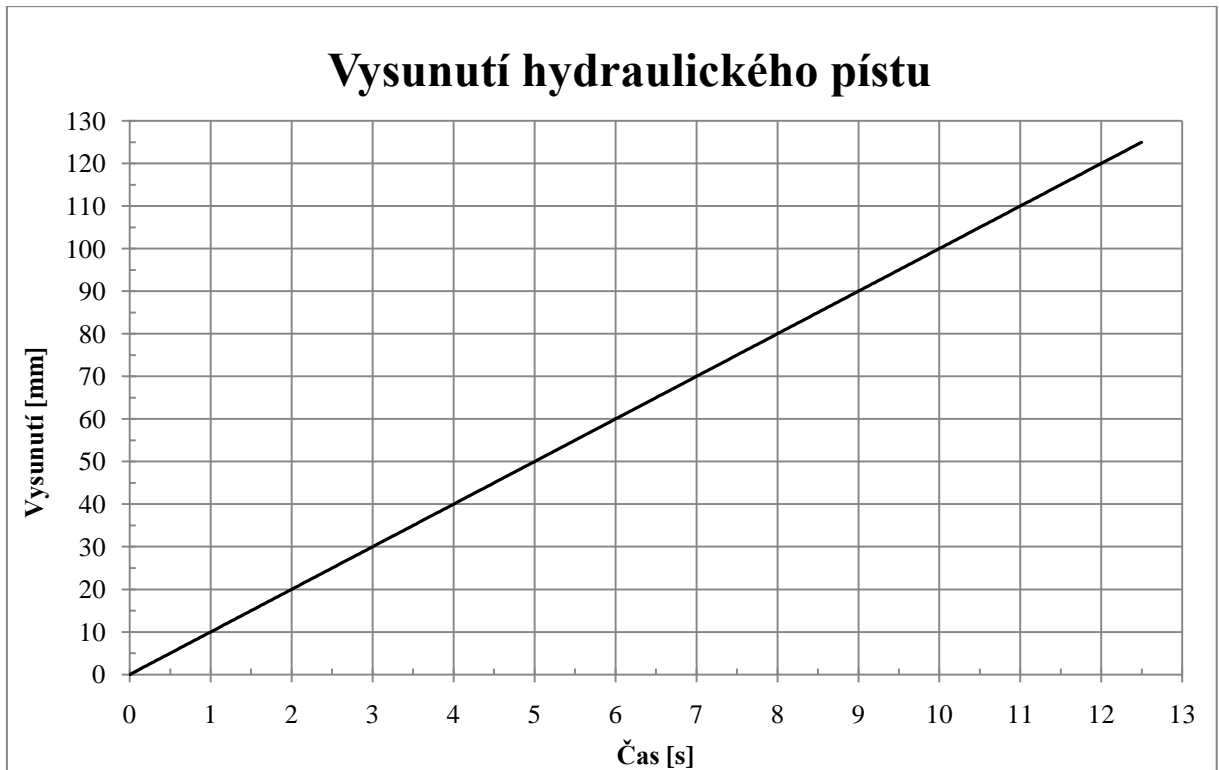
Některé navržené části mechanismu mají značně velkou bezpečnost vycházející z rozměru čepu. Řešením by mohlo být například užití jiných materiálů s menší pevností a menší hustotou, nebo změna konceptu mechanismu, kde by pružina nebyla navlečena na palci.

6 Přehled použité literatury

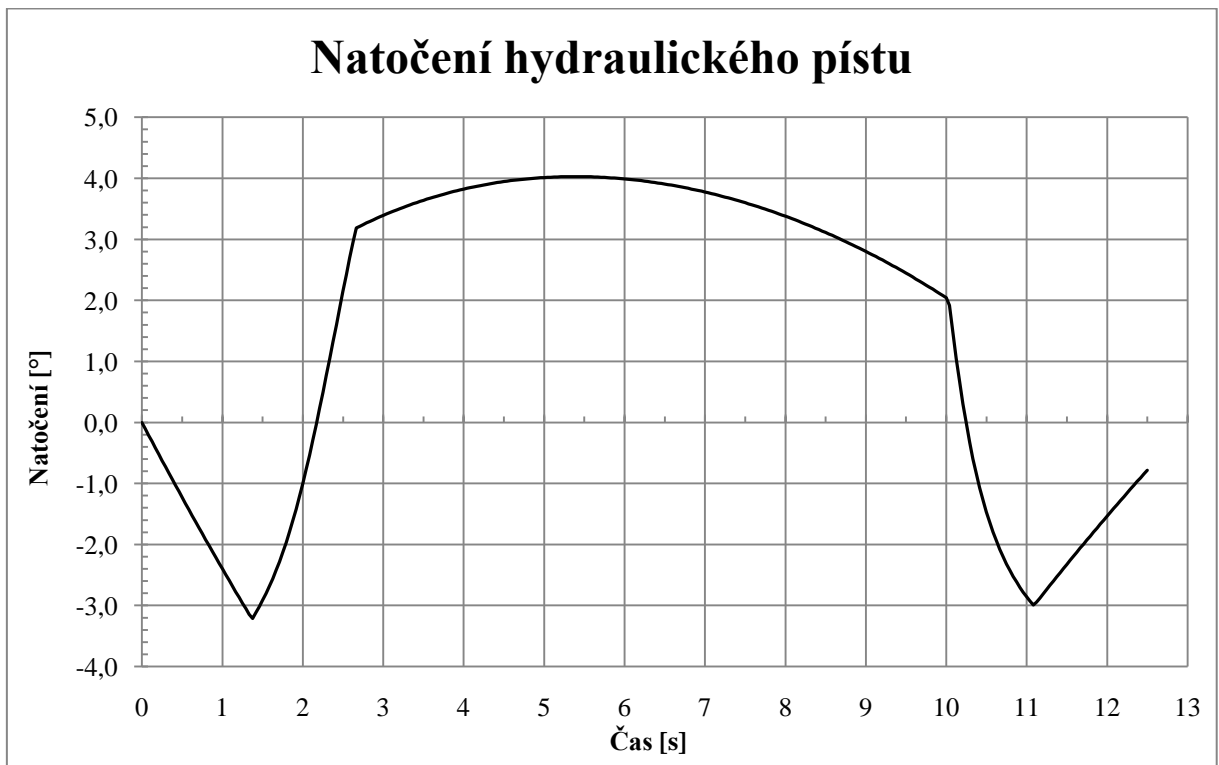
- [1] KUČERA, Jaromír. Soukromý archiv Ing. Jaromíra Kučery.
- [2] HRUŠKA Zbyněk, SVITÁK Pavel. ČSN 31 0001 aneb o leteckém názvosloví. Letectví+kosmonautika. 2007, 83, 1, s. 98
- [3] LETECKÁ AMATÉRSKÁ ASOCIACE ČR. UL2 - I. Část: Požadavky letové způsobilosti SLZ. Ultralehké letouny řízené aerodynamicky. Praha: LAA ČR, 2002.
- [4] ŠULŽENKO, M. N. a KOPECKÝ, Pavel (překl.). Konstrukce letadel. 2. opravené vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1954.
- [5] POSPÍCHAL, Jaroslav. Technické kreslení. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-03214-0.
- [6] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [7] LIŠKA, V. Jak správně psát diplomovou práci, Skripta ČVUT Praha, 2001. 100s. ISBN. 80-01-02368-0.
- [8] Řezníček, Jan. PRUŽNOST A PEVNOST II. [online] Dostupné z: http://pruznost.unas.cz/PP_II_16_17_600.pdf
- [9] POKORNÁ, Alena. LETECKÉ KONSTRUKČNÍ OCELI. [online] Dostupné z: <http://docplayer.cz/7202829-Letecke-konstrukcni-oceli.html>
- [10] Alcomex Spring Works s.r.o. Katalog. [online] Dostupné z: http://obchod.alcomex.cz/tlacne_pruziny.php?kat=Fe&d=1.80&pag=tl&Vyber=Vyber

7 Přílohy

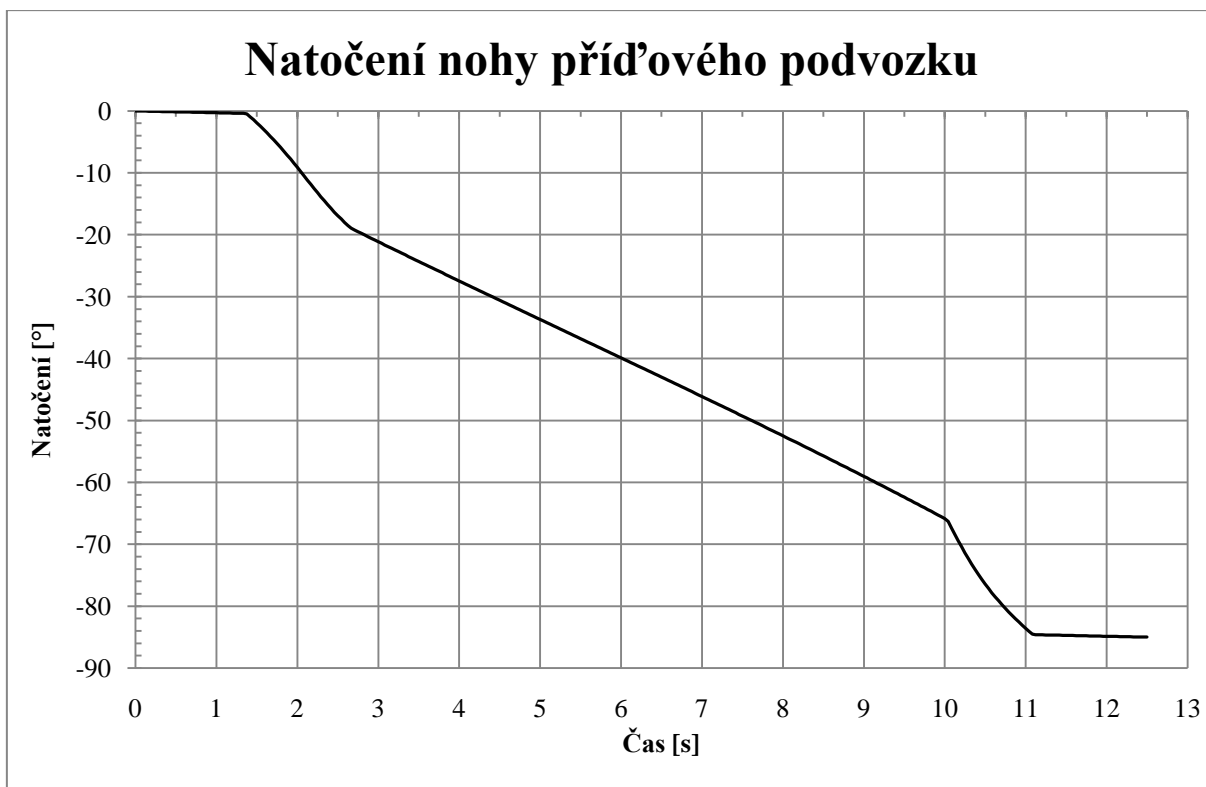
Příloha I: Grafy kinematiky



graf. 1 Vysunutí hydraulického pístu



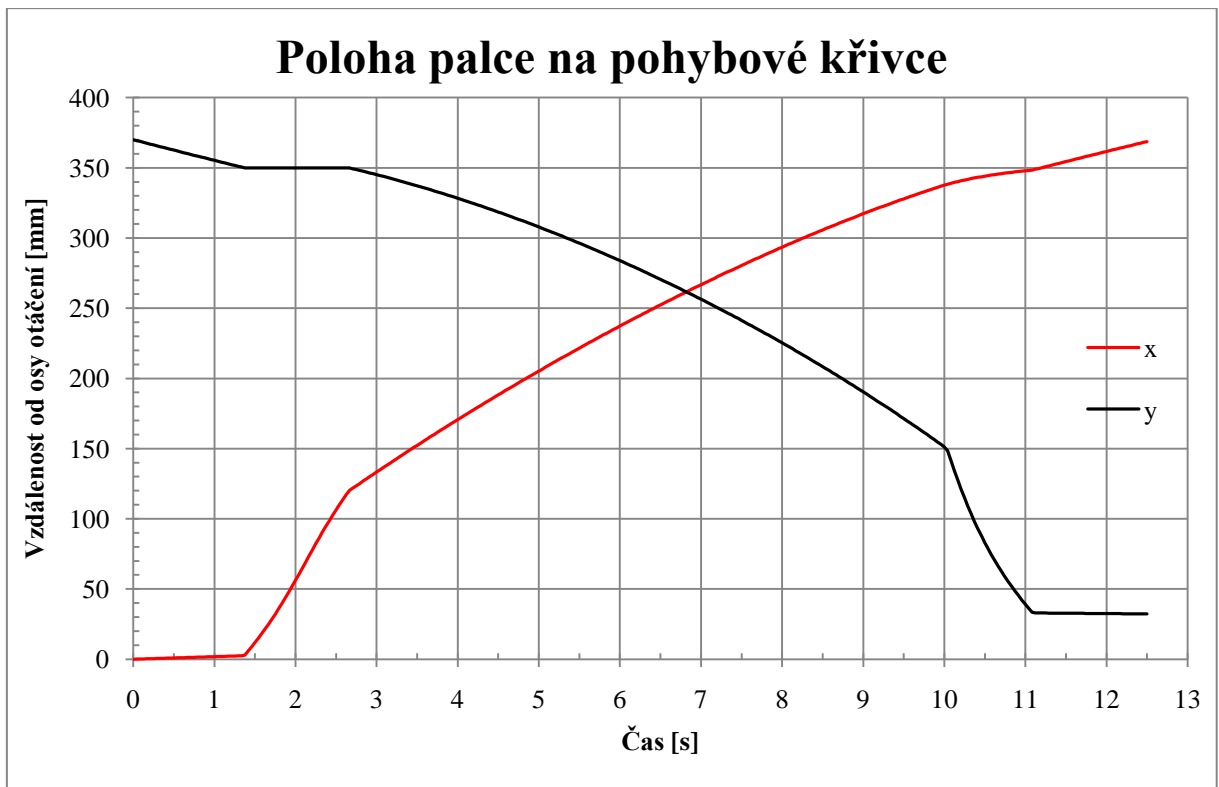
graf. 2 Natočení hydraulického pístu



graf. 3 Natočení před'ového podvozku



graf. 4 Zasunutí palce do nohy podvozku



graf. 5 Poloha palce na pohybové křivce