



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PRŮMYSLOVÁ VJEZDOVÁ VRATA

INDUSTRIAL ENTRANCE GATE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR HROZEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Hrozek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem c.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Průmyslová vjezdová vrata

v anglickém jazyce:

Industrial entrance gate

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnete průmyslová vjezdová vrata jakožto přístupový a vstupní bod v logistickém řetězci zásobování průmyslového závodu.

Technické parametry:

Průjezdná šířka 4000 mm

Maximální výška 1800 mm

Typ vrat posuvná vrata

Cíle bakalářské práce:

Proved'te:

Koncepci konstrukčního řešení, volbu vhodné varianty, návrh a výpočet funkčních rozměrů. Stanovte silové a výkonové poměry v pohonu při užívání v provozu.

Nakreslete:

Celkovou sestavu průmyslových vrat, sestavu svařence vrat, vybrané detailní výkresy dle pokynu vedoucího práce.

Seznam odborné literatury:

KLIMEŠ, P.: Části a mechanismy strojů, Akademické nakladatelství CERM, 2003

ČSN EN 12444: Vrata - Odolnost proti zatížení větrem - Zkoušení a výpočet, Praha, 2001

ČSN EN 12453: Vrata - Bezpečnost při používání motoricky ovládaných vrat –Požadavky, Praha, 2001

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 8.11.2010

L.S.

prof. Ing. Václav Pištek, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato práce navrhuje celkové konstrukční řešení pro průmyslovou vjezdovou bránu a kontrolní výpočty pro zvolený pohon a rám brány. Práce obsahuje výpočet pro návrh pohonu, pevnostní výpočty a celkovou výkresovou dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

brána, pohon, rám, vedení

ABSTRACT

This thesis proposes an overall constructing solution of an industrial entrance gate and controlling calculations for the chosen drive and frame of the gate. The thesis includes a calculation for the proposal of drive, strong calculation and complete drawing documentation.

KEYWORDS

gate, drive, frame, manage



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HROZEK, P. *Průmyslová vjezdová vrata*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 40s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2011

.....

Petr Hrozek



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za cenné rady a také Ing. Josefu Němečkovi za jeho pomoc při vytváření výkresové dokumentace.



OBSAH

Úvod	9
1 Definice vrat dle normativy	10
2 Koncepce řešení.....	12
2.1 Konstrukce rámu	12
2.2 Popis uchycení rámu na hlavním sloupku	13
2.3 Popis uchycení rámu na dojezdovém sloupku	14
3 Pohon.....	16
3.1 Výpočet motoru	16
3.2 Volba pohonu.....	18
4 Funkční výpočet	20
4.1 Výpočet hmotnosti rámu.....	20
4.2 Určení stupně statické určitosti.....	20
4.3 Síla vyvozená hmotností rámu.....	21
4.4 Síla od působení větru.....	21
4.5 Liniové zatížení od síly větru.....	22
4.6 Výpočet silových účinků	22
4.7 Výpočet ohybového momentu	24
4.7.1 Ohybový moment od gravitační síly	24
4.7.2 Ohybový moment od síly větru	26
4.7.3 Výsledný účinek momentu	26
4.8 Výpočet těžiště průřezu	26
4.9 Výpočet celkového kvadratického momentu průřezu.....	28
4.10 Určení průřezového modulu v ohybu.....	30
4.11 Stanovení napětí v průřezu.....	31
5 Elektrické vybavení	32
Závěr.....	33
Použité informační zdroje.....	34
Seznam použitých zkratk a symbolů	36
Seznam obrázků.....	38
Seznam tabulek a grafů.....	39
Seznam příloh	40



ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem průmyslových vjezdových vrat a to potřebným výkonem motoru a výpočtem jednotlivých konstrukčních dílů.

Práce obsahuje velké množství kontrolních výpočtů, zejména na ohybový moment a výkon elektromotoru. Dále obsahuje celkovou sestavu průmyslových vrat, sestavu svařence a detailní výkresy důležitých součástí.



Obrázek 1: Posuvná brána [15]



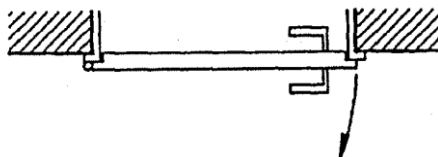
1 DEFINICE VRAT DLE NORMATIVY

Vrata jsou zařízení, určené pro uzavření otvoru, který je určen pro průjezd vozidel a průchod osob. Dělíme je dle [3] na:

1. **Průmyslová:** jsou to vrata, která se používají v průmyslových objektech a na jejich pozemcích.
2. **Komerční:** jedná se o vrata používaná v komerčních objektech a na jejich pozemcích (například místa s komerčními činnostmi), jako jsou obchody, banky, správní úřady, podniky služeb, pojišťovny, nemocnice, pošty.
3. **Garážová:** tyto vrata se používají v budovách a na pozemcích, sloužících k parkování vozidel.

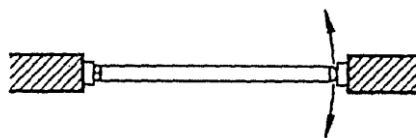
Rozlišujeme tyto typy vrat:

Vrata s otočným křídlem - vrata s křídlem, které je na jedné straně zavěšené na závěsech a otevírá se jedním směrem. V provedení jednokřídlé a dvoukřídlé. Obvykle se s nimi můžeme setkat u vchodových dveří do soukromých objektů.



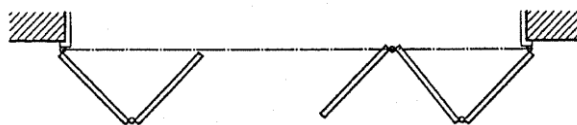
Obrázek 2: Vrata s otočným křídlem [3]

Vrata kývavá - vrata s křídlem na jedné straně zavěšeným v závěsech otevírajícím se v obou směrech. Často se používají v gastronomii.



Obrázek 3: Vrata kývavá [3]

Skládací vrata - vrata se dvěma nebo více křídly spojenými kloubem, která jsou vedena a/nebo podepřena nahoře a/nebo na podlaze. První křídlo je kloubově spojeno s rámem. Křídla vrat mohou být jen na jedné straně nebo na obou stranách zárubně.



Obrázek 4: Skládací vrata [3]

Posuvná skládací vrata - skládací vrata, u kterých je první křídlo kloubově upevněno v pevném bodě a všechna křídla jsou ve vodícím systému volně pohyblivá.



Obrázek 5: Posuvná skládací vrata [3]

Posuvná vrata - křídlo vrat, které je ve svém vedení vodorovně pohyblivé.

Vrata svisle posuvná - vrata s jedním nebo několika svisle vedenými křídly, která je možno vzájemně k sobě přitahovat nebo posouvat jimi vedle sebe nebo teleskopicky uspořádat.

Dělená vrata s křídlem - sestávající z určitého počtu vodorovně navzájem spojených sekcí a otevírající se svisle. Ukládání do otevřené polohy může být následující:

- svisle
- vodorovně
- pod úhlem
- v řadě za sebou nebo ve svislém skládání
- skládané vodorovně

Svinovací vrata – vrata s křídlem z vedených prvků, které se navíjí na hřídel nebo buben

Vyklápěcí vrata – jednokřídle vedené křídlo, které při ovládní provede vyklápěcí pohyb a zůstane vodorovně v horní koncové poloze.



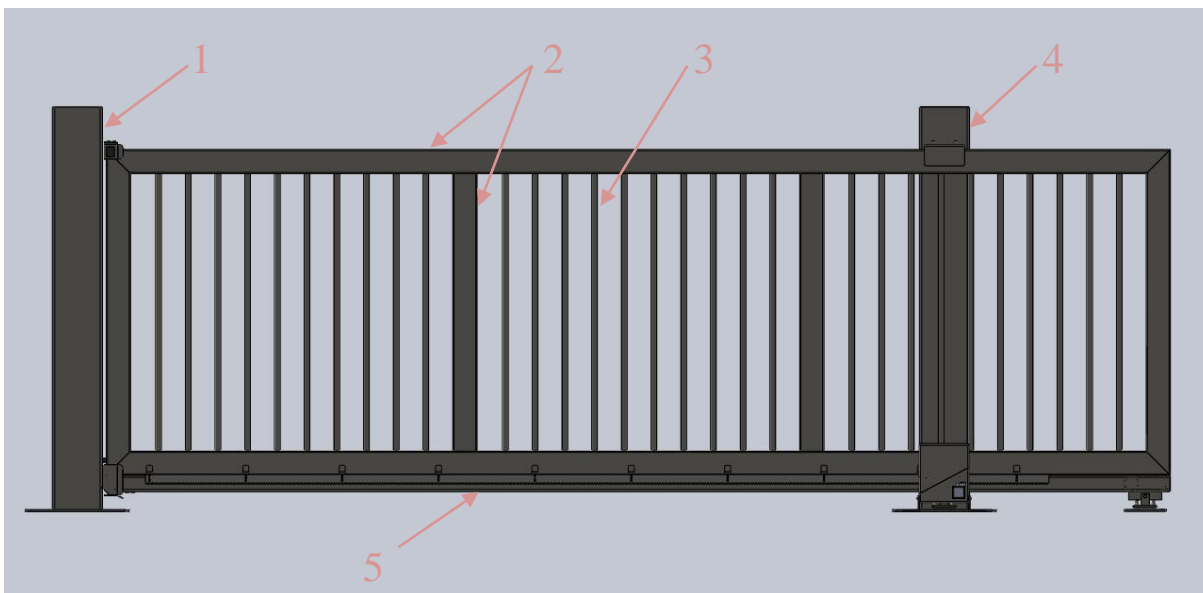
2 KONCEPCE ŘEŠENÍ

Jednokřídlé posuvné brány mají silové poměry v zatěžovaných součástech značně vysoké. Tomuto jevu lze do jisté míry zabránit a to použitím vodícího kolečka na volném konci. Nevýhoda tohoto systému spočívá zejména v nutnosti umístění kolejnice a s tím spojené problémy s úpravou a údržbou podkladové plochy.

Jako vhodná varianta se jeví sestava samonosné jednokřídlé brány, u které není nutnost brát ohled na komunikaci, kterou brána protíná. Její nevýhodou je nutnost použití pevnějších a odolnějších materiálů z důvodu již zmiňovaných silových poměrů.

2.1 KONSTRUKCE RÁMU

Základním typem použitého profilu pro konstrukci rámu je trubka obdelníkového tvaru (120x80x3) dle normy ČSN 10 219-2 [13] obr.6. Materiál profilu je konstrukční ocel se zaručenou svařitelností (11 373). Jako výplň rámu je zde použita trubka bezešvá přesná, rozměru (28x1) podle normy ČSN 42 6711 [14] obr.6. Taktéž z konstrukční oceli se zaručenou svařitelností (11 373). Pro zajištění vedení rámu je ve spodní části přivařen C-profil o rozměrech (80x80x25x5) dle normy ČSN EN 10 162 [7] obr.6. Materiál C-profilu je konstrukční ocel s označením S235JR.



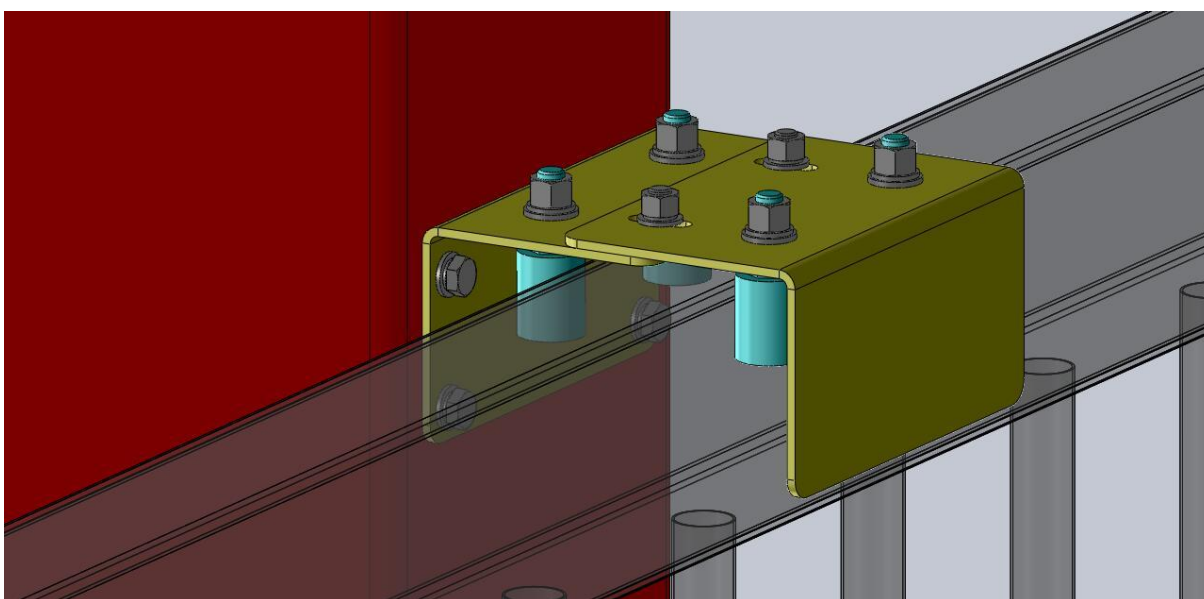
Obrázek 6: Posuvná brána - celkový pohled; 1- dojezdový sloup, 2- rám brány, 3- výplň, 4- hlavní sloup, 5- C-profil



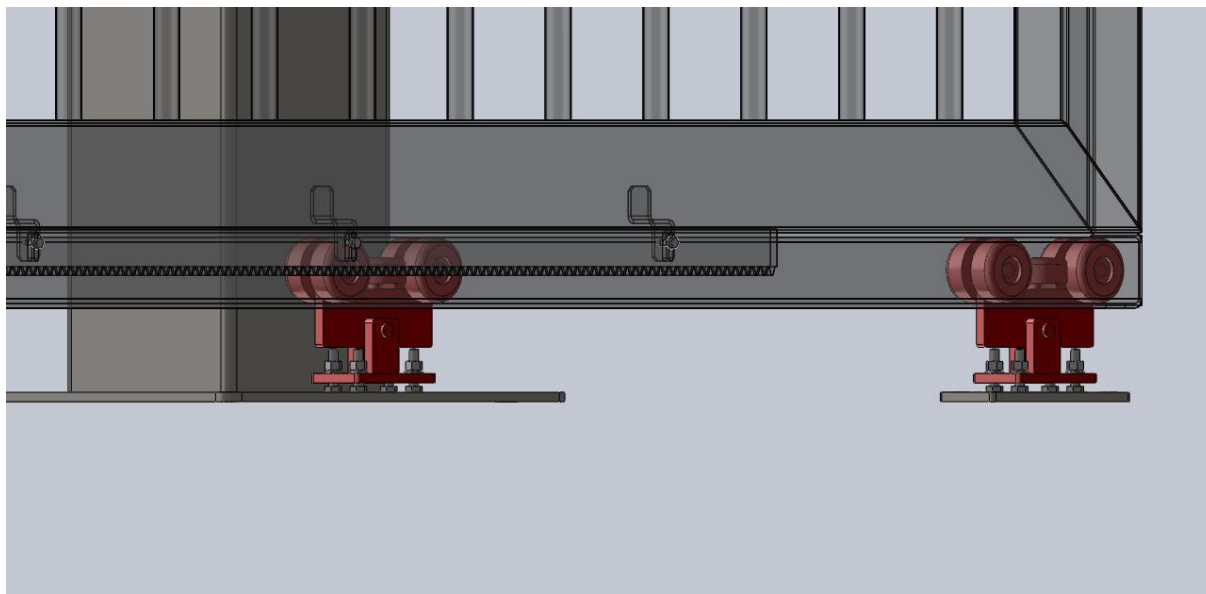
2.2 POPIS UCHYCENÍ RÁMU NA HLAVNÍM SLOUPKU

Hlavní sloup je stejně jako sloup dojezdový vyroben z trubky čtvercového tvaru o rozměrech (250x250x5), je přivařen na plechovou základnu a s podkladem spojen pomocí čtveřice šroubů a chemických kotev obr.6.

Řešení uchycení rámu v horní části je provedeno pomocí konzoly a čtyř kusů vodících válečků obr.7 [11], které mají za úkol zajistit vertikální polohu mechanismu a umožnit mu příčný posuv. Pomocí dvojice šroubů a oválných děr je zajištěno odstranění drobných nepřesností, které mohou vzniknout při výrobě. Tato konzola je přišroubována k hlavnímu sloupku. Ve spodní části je rám uchycen pomocí dvojice kyvných, stavitelných vozíků obr. 8 [6], které se pohybují uvnitř C-profilu a zajišťují vedení rámu při pohybu. Každý vozík je přichycen k podkladové desce čtveřicí šroubů a je výškově a částečně i směrově stavitelný. Čtveřice vodících válečků spolu s kyvnými, stavitelnými vozíky bude nakoupena u dodavatelské firmy.



Obrázek 7: Horní vedení brány

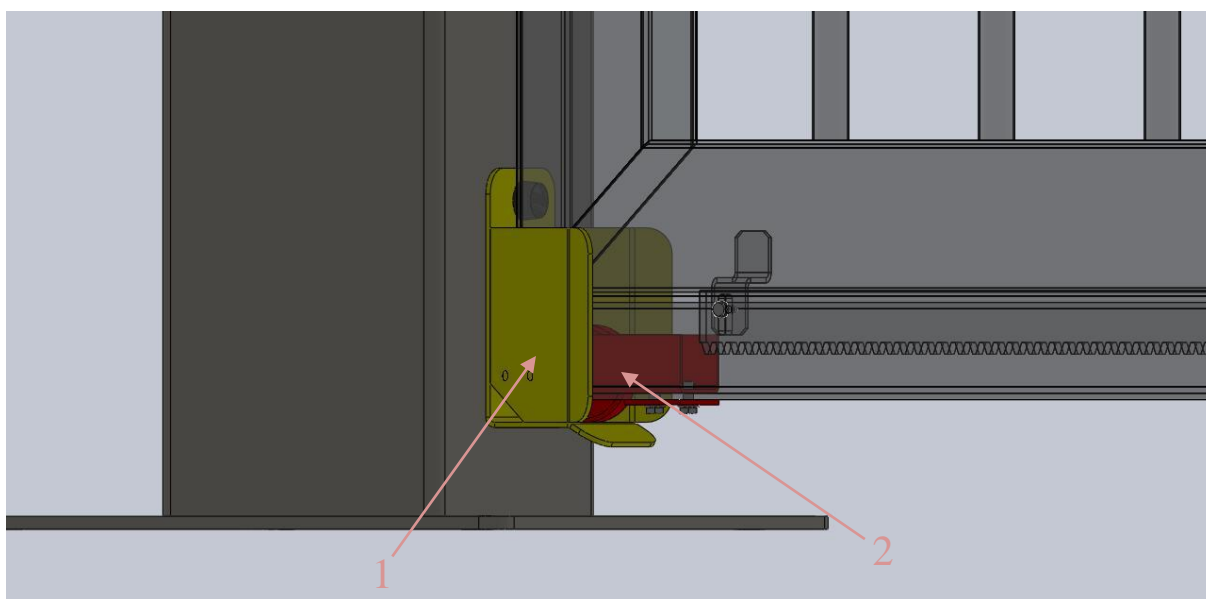


Obrázek 8: Kyvné, stavitelné vozíky

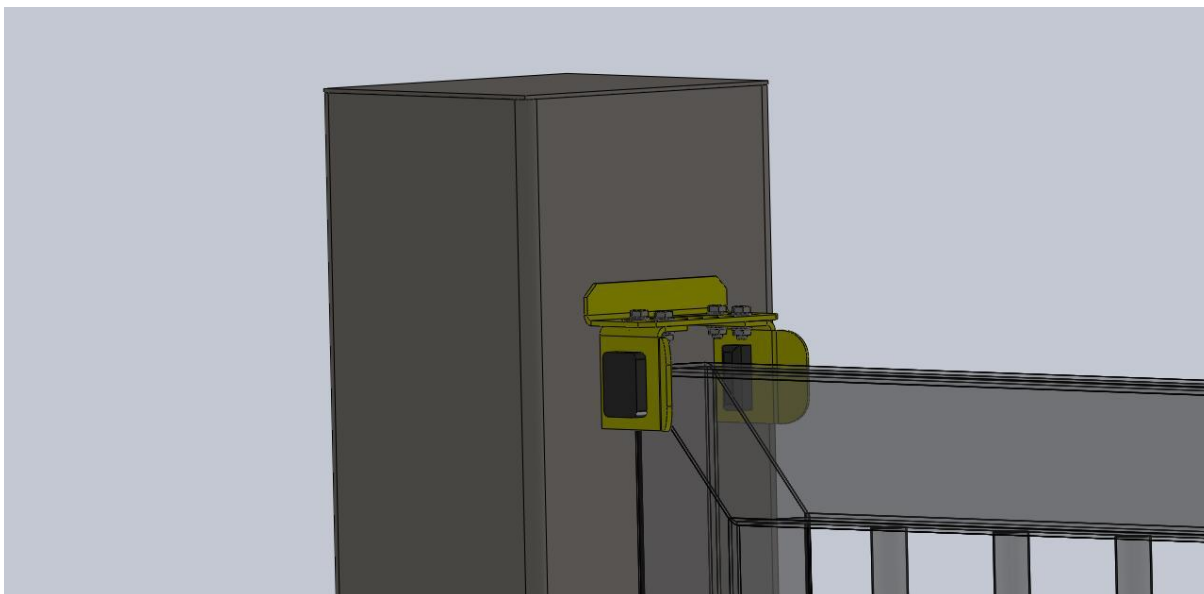
2.3 POPIS UCHYCENÍ RÁMU NA DOJEZDOVÉM SLOUPKU

Způsob uchycení rámu k dojezdovému sloupku je zajištěn v dolní části dojezdovou kapsou odlehčovací obr. 9 [9]. Do této kapsy, při úplném uzavření rámu, zajíždí C-profil, který je opatřen na svém konci dojezdovým kolečkem obr. 9 [10]. Tato kapsa pomáhá odlehčovat rám a zároveň slouží jako doraz. Ve vrchní části je sloupek opatřen horním dorazem obr. 10 [8]. Tento prvek je na bocích vybaven gumovými patkami, které rám při dojezdu sevřou a tím napomáhají k jeho zajištění a udržení ve vertikální poloze.

Dojezdová, odlehčovací kapsa spolu s dojezdovým kolečkem a horním dorazem bude nakoupena.



Obrázek 9: Dojezdová kapsa; 1- dojezdová kapsa, 2- Dojezdové kolečko



Obrázek 10: Horní doraz



3 POHON

3.1 VÝPOČET MOTORU

Síla pro překonání pasivních odporů pojezdových kol

Odpor pojezdových kol závisí na tření valivém, čepovém a tření nákolků dle [1].

$$T = \frac{m \cdot g}{R} \cdot (\zeta + f_{\zeta} \cdot r) \cdot \gamma \quad (1)$$

$$T = \frac{234,23}{3,45} \cdot (0,006 + 0,02 \cdot 0,8) \cdot 2$$

$$T = 67,89 \cdot 0,044$$

$$T = 29,23 \text{ N}$$

Kde:

m – hmotnost [kg]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

R – poloměr kola [cm]

ζ – součinitel valivého tření [cm]

f_{ζ} – součinitel čepového tření pojíždějících kol

r – poloměr čepu pojíždějícího kola [cm]

γ – součinitel přidavných odporů: dle [1] voleno $\gamma=2$

Tlak větru

$$W = \iota \cdot S_V \cdot \kappa \quad (2)$$

$$W = 15 \cdot 0,136 \cdot 1$$

$$W = 2,04 \text{ N}$$

Kde:

ι – jmenovitý tlak větru: dle [1] voleno $\iota = 15 \text{ kg/m}^2$

S_V – průmět celkové plochy ve směru větru [m^2]

κ – součinitel závislý na druhu plochy vystavené větru: dle [1] voleno $\kappa=1$

**Doba rozběhu**

$$t = 2,6 \cdot v \quad (3)$$

$$t = 2,6 \cdot 0,2$$

$$t = 0,52s \approx 1s$$

Kde:

v – rychlost posuvu [m/s]

Síla posouvajících se hmot

$$P_i = \frac{m \cdot v}{60 \cdot g \cdot t} \quad (4)$$

$$P_i = \frac{234,23 \cdot 12}{60 \cdot 9,81}$$

$$P_i = \frac{2810,76}{588,6}$$

$$P_i = 4,77 \text{ N}$$

Kde:

v – rychlost posuvu [m/min]

Výkon elektromotoru

$$P = \frac{(T + W) \cdot v}{102 \cdot 60 \cdot \eta_c} \quad (5)$$

$$P = \frac{(29,23 + 2,04) \cdot 12}{102 \cdot 60 \cdot 0,9}$$

$$P = \frac{375,24}{5508}$$

$$P = 0,0681 \text{ kW}$$

$$P = 68,1 \text{ W}$$

Kde:

η_c – celková účinnost



Výkon motoru při rozjezdu

$$P_{\text{rozj}} = (T + W + P_i) \cdot \frac{v}{102 \cdot 60 \cdot \eta_c} \quad (6)$$

$$P_{\text{rozj}} = 36,04 \cdot \frac{12}{5508}$$

$$P_{\text{rozj}} = 0,0785 \text{ kW}$$

$$P_{\text{rozj}} = 78,5 \text{ W}$$

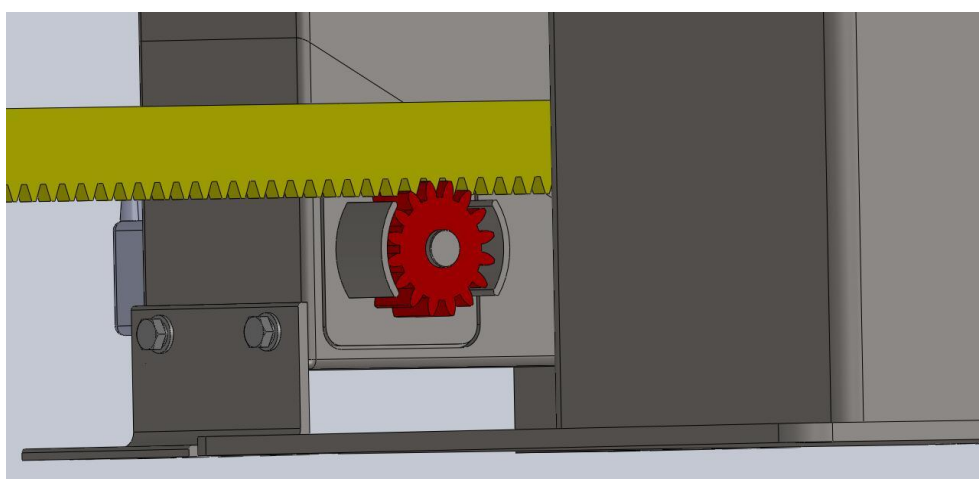
3.2 VOLBA POHONU

Jako pohybový prvek celého ústrojí byl vybrán pohon pro průmyslové posuvné brány od firmy Pohon servis s.r.o. s typovým označením PASS 2500 obr.12 [2].

Tato jednotka je napájena střídavým třífázovým napětím o jmenovité hodnotě 400V s maximálním výkonem 727W a maximálním kroutícím momentem 20Nm. Maximální rychlost posuvu je 0,147 m/s.

Zvolená jednotka má plynulé nastavení síly pro otevření i zavření a je vybavena magnetickými koncovými spínači.

Točivý moment je na rám přenášen pomocí ozubené ocelové lišty tzv. hřebenu obr.11 [12], který je přišroubován ve spodní části rámu po celé jeho činné délce.



Obrázek 11: Převod mezi pohonem a rámem



Obrázek 12: Pohon brány s označením PASS 2500 od firmy Pohon servis [2]



4 FUNKČNÍ VÝPOČET

Výpočet provádíme v místě největšího ohybového momentu. Naším úkolem bude vypočítat napětí, které vzniká vlivem hmotnosti posuvných vrat. Postupovat budeme následujícím způsobem. Nejdříve zjistíme polohu těžiště průřezu. Těžiště je nutné určit k pozdějšímu přepočtu kvadratických osových momentů příčných průřezů k ose x centrálního souřadného systému. Následně vypočítáme hodnotu ohybového modulu W_o . Na závěr provedeme výpočet maximálního napětí σ .

4.1 VÝPOČET HMOTNOSTI RÁMU

• Profil	120 x 80 x 3	8,508 kg / m		
• Trubka	28 x 1	0,666 kg / m		
• Profil C		11 kg / m		
Ocelová lišta hřeben.....		2 kg / m		
Dojezdové kolečko		1,22 kg / ks		
Profil 120 x 80 x 3	délka celkem	16,12 m	· 8,508 kg =	137,14 kg
Trubka 28 x 1	délka celkem	41,4 m	· 0,666 kg =	27,57 kg
Profil C	délka celkem	5,3 m	· 11 kg =	58,3 kg
Ocelová lišta (hřeben)	délka celkem	5 m	· 2 kg =	10 kg
Dojezdové kolečko	kusů celkem	1 ks	· 1,22 kg =	1,22 kg
Celková hmotnost rámu:				234,23 kg

4.2 URČENÍ STUPNĚ STATICKÉ URČITOSTI

Statická rovnováha se určuje na základě silových a momentových rovnic.

$$s = \mu - v = 2 - 2 = 0 \quad (7)$$

Kde:

s – stupeň statické určitosti

μ – počet neznámých parametrů

v – počet rovnic rovnováhy



4.3 SÍLA VYVOZENÁ HMOTNOSTÍ RÁMU

Síla bude nahrazovat hmotnost rámu. Její velikost bude stejná jako velikost gravitační síly.

Gravitační síla

$$F_G = m \cdot g \quad (8)$$

$$F_G = 234,23 \cdot 9,81$$

$$F_G = \mathbf{2297,80 \text{ N}}$$

$$\mathbf{F_G \rightarrow F}$$

kde:

m – hmotnost rámu [kg]

g – gravitační konstanta [m/s^2]

4.4 SÍLA OD PŮSOBENÍ VĚTRU

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot \rho_{vz} \cdot c_x \cdot S_c \cdot v_v^2 \quad (9)$$

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot 1,23 \cdot 1,1 \cdot 9,01 \cdot 33,3^2$$

$$\mathbf{F_x = 6758,9 \text{ N}}$$

Kde:

ρ_{vz} – hustota vzduchu: $\rho_{vz} = 1,23 \text{ kg/m}^3$

c_x – součinitel odporu vzduchu

v_v – rychlost větru: z důvodu maximální dosažitelné rychlosti v našich zeměpisných polohách voleno $120 \text{ km/h} = 33,3 \text{ m/s}$

S_c – plocha působení větru

$$S_c = a \cdot b \quad (10)$$

$$S_c = 5,3 \cdot 1,7$$

$$\mathbf{S_c = 9,01 \text{ m}^2}$$



4.5 LINIOVÉ ZATÍŽENÍ OD SÍLY VĚTRU

$$F = q \cdot l \quad (11)$$

$$q = \frac{F}{l}$$

$$q = 1275,26 \text{ Nm}^{-1}$$

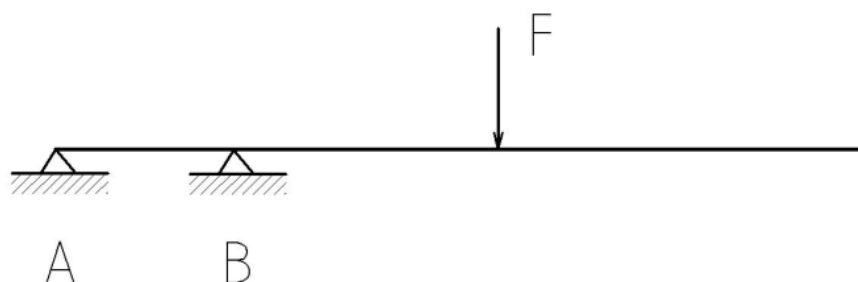
Kde:

q – liniové zatížení

l – délka rámu

4.6 VÝPOČET SILOVÝCH ÚČINKŮ

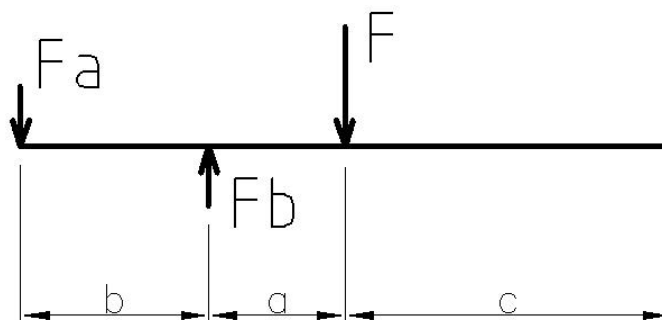
Nejdříve provedeme úplné uvolnění mechanismu. Nahradíme vazby silovým působením. Dále určíme rovnici rovnováhy v jednotlivých osách a rovnováhu momentovou.



Obrázek 13: Silové účinky rámu

Stanovení rovnic statické rovnováhy:

Rovnice jsou odvozeny z obr. 14. Znaménka jsou dána podle souřadného systému.



Obrázek 14: Úplné uvolnění rámu



$$\Sigma F_y = 0: \quad F + F_a - F_b = 0 \quad (12)$$

$$\Sigma M_{iyB} = 0: \quad F \cdot a = F_a \cdot b \quad (13)$$

Reakce ve směru osy y v bodě A:

$$F \cdot (a + b) = F_b \cdot b \quad (14)$$

$$F_b = \frac{F \cdot (a + b)}{b}$$

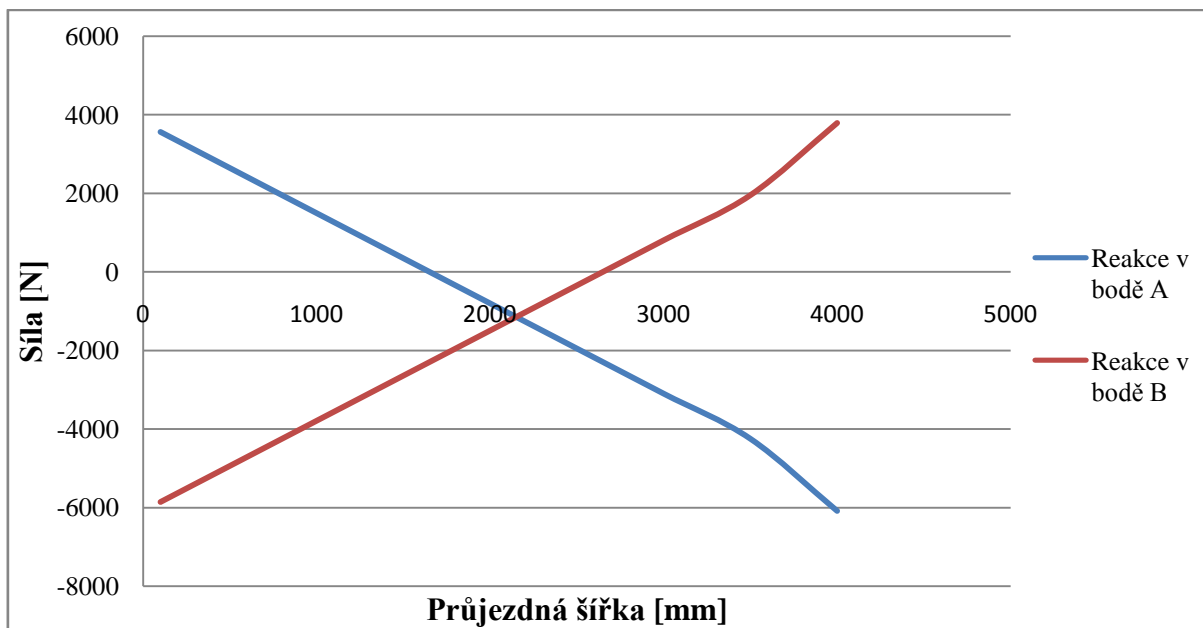
Reakce ve směru osy y v bodě B:

$$F \cdot a = F_a \cdot b \quad (15)$$

$$F_a = \frac{F \cdot a}{b}$$

Tabulka 1: Přehled reakcí ve vazbách A a B při otevírání

Průjezdová šířka[mm]	Reakce v bodě A [N]	Reakce v bodě B [N]
100	3561,59	-5859,39
500	2642,47	-4940,27
1000	1493,57	-3791,37
1500	344,67	-2642,47
2000	-804,23	-1493,57
2150	-1148,9	-1148,9
2500	-1953,13	-344,67
3000	-3102,03	804,23
3500	-4250,93	1953,13
4000	-6089,17	3791,37

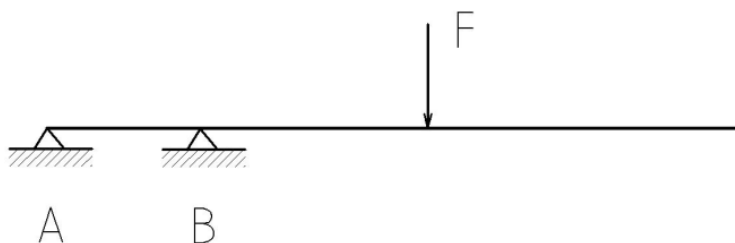


Graf 1: Průběh zatěžující síly v bodech A a B

4.7 VÝPOČET OHYBOVÉHO MOMENTU

4.7.1 OHYBOVÝ MOMENT OD GRAVITAČNÍ SÍLY

Ohybový moment při uložení na dvou podporách



Obrázek 15: Zatížený nosník při dvou podporách

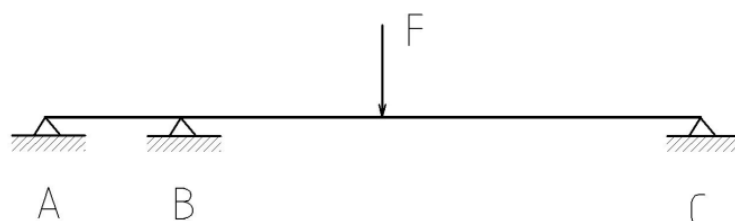
$$M_{OQ1} = \frac{F \cdot a \cdot b}{b} \quad (16)$$

$$M_{OQ1} = \frac{2297,8 \cdot 1,65 \cdot 1}{1}$$

$$M_{OQ1} = 3791,37 \text{ Nm}$$



Ohybový moment při uložení na třech podporách



Obrázek 16: Zatížený nosník při třech podporách

$$\alpha_{ba} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b}{EJ} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{EJ} = \mathbf{0,33} \quad (17)$$

$$\alpha_{bc} = \frac{1}{3} \cdot \frac{a+c}{EJ} = \frac{1}{3} \cdot \frac{4,3}{EJ} = \mathbf{1,43} \quad (18)$$

$$\varphi_{bc} = \frac{F \cdot a \cdot c \cdot (l+c)}{6 \cdot EJ \cdot (a+c)} \quad (19)$$

$$\varphi_{bc} = \frac{2297,8 \cdot 1,65 \cdot 2,65 \cdot (4,3 + 2,65)}{6 \cdot EJ \cdot 4,3}$$

$$\varphi_{bc} = \mathbf{2706,49}$$

$$M_{OQ2} \cdot (\alpha_{ba} + \alpha_{ba}) + \varphi_{bc} = 0 \quad (20)$$

$$M_{OQ2} \cdot (0,33 + 1,43) + 2706,49 = 0$$

$$M_{OQ2} = -\frac{2706,49}{1,76}$$

$$\mathbf{M_{OQ2} = -1537,77 Nm}$$

Kde:

M_{OQ2} - maximální ohybový moment pro tři podpory

α_{ba} - úhel u momentu při deformaci

φ_{bc} - úhel natočení při deformaci

$$\mathbf{M_{OQ1} > M_{OQ2}}$$



4.7.2 OHYBOVÝ MOMENT OD SÍLY VĚTRU

$$M_{OV \max} = q \cdot \frac{l^2}{8} \quad (21)$$

$$M_{OV \max} = 4477,7 \text{ Nm}$$

4.7.3 VÝSLEDNÝ ÚČINEK MOMENTU

$$M_{\text{red}} = \sqrt{M_{OQ \max}^2 + M_{OV \max}^2} \quad (22)$$

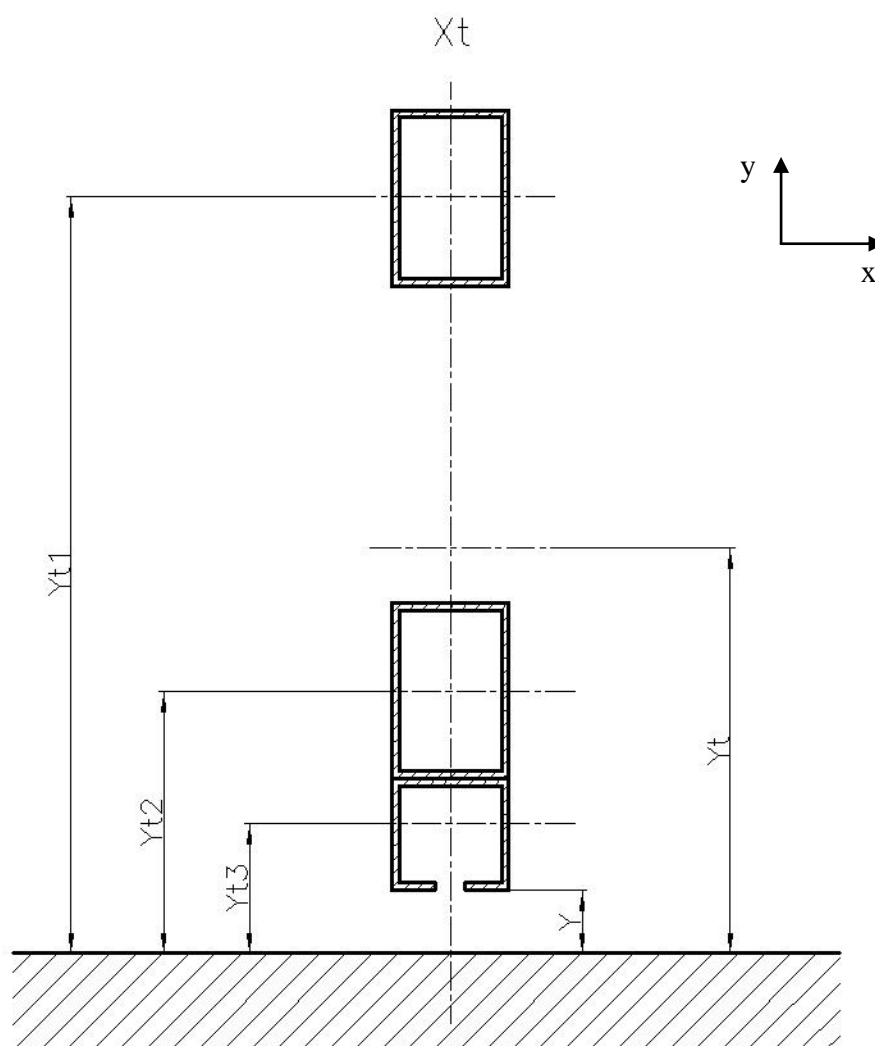
$$M_{\text{red}} = \sqrt{3791,37^2 + 4477,7^2}$$

$$M_{\text{red}} = \sqrt{34424283,77}$$

$$M_{\text{red}} = 5867,22 \text{ Nm}$$

4.8 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ PRŮŘEZU

Pro určení těžiště je nutné vypočítat obsahy jednotlivých profilů, ze kterých se tento průřez skládá. Dále zvolíme souřadný systém, ke kterému budeme polohu těžiště počítat a určíme vzdálenosti od těžiště jednotlivých částí průřezu ke zvolenému globálnímu souřadnému systému (GSS). Z obr.16 vidíme, že průřez je symetrický podle osy y . Zavedeme tedy globální souřadný systém do osy y . To bude mít své opodstatnění při určování vzdálenosti těžiště ve směru osy y . Tím, že je průřez symetrický podle osy y , se nám zjednoduší výpočet odchylky v ose x , která je nulová. Rozměry průřezů jsou dány výkresovou dokumentací a jejich jednotlivé obsahy vypočteme ze známých vztahů pro plochy.



Obrázek 17: Průřez v místě řešení

Obecný vzorec pro výpočet těžiště ploch v rovině (numerická integrační metoda):

$$x_T = \frac{\int_{\Gamma} x \cdot ds}{\int_{\Gamma} ds} \quad (23)$$

Kde:

x_T [mm] - vzdálenost těžiště plošného obrazce od zvoleného globálního systému

ds [mm²] - integrovaná plocha (obsah obrazce)

$$y_1 = 1740 \text{ mm}$$

$$S_1 = 1164 \text{ mm}^2$$



$$y_2 = 240 \text{ mm}$$

$$S_2 = 1164 \text{ mm}^2$$

$$y_3 = 144,01 \text{ mm}$$

$$S_3 = 1355 \text{ mm}^2$$

Kde:

y_1, y_2, y_3 – vzdálenosti těžišť jednotlivých průřezů od povrchu

S_1, S_2, S_3 – obsahy jednotlivých průřezů

Určení odchyłky od GSS ve směru osy x:

$$x_T = 0 \text{ mm}$$

Určení odchyłky od GSS ve směru osy y:

$$S_T \cdot y_T = S_1 \cdot y_1 + S_2 \cdot y_2 + S_3 \cdot y_3 \quad (24)$$

$$y_T = \frac{1164 \cdot 1740 + 1164 \cdot 240 + 1355 \cdot 144,01}{1164 + 1164 + 1355}$$

$$y_T = \mathbf{678,75 \text{ mm}}$$

4.9 VÝPOČET CELKOVÉHO KVADRATICKÉHO MOMENTU PRŮŘEZU

Dále si musíme vypočítat celkový kvadratický moment průřezu, který je potřebný pro určení průřezového modulu v ohybu W_o . Při výpočtu budeme postupovat následně. Vypočítáme kvadratické momenty pro jednotlivé průřezy. Vzdálenosti lokálních těžišť. A nakonec kvadratické momenty přepočítáme pomocí Steinerovy věty k souřadnému systému těžiště celkového průřezu.

Kvadratický moment průřezu č.1 k ose x:

$$J_{x1} = \frac{B \cdot H^3 - b_v \cdot h_v^3}{12} = \frac{120 \cdot 80^3 - 114 \cdot 74^3}{12} = \mathbf{1,270 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} \quad (25)$$



Kvadratický moment průřezu č.2 k ose x:

$$J_{x2} = J_{x1} = 1,270 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad (26)$$

Kvadratický moment průřezu č.3 k ose x:

$$J_{x3} = \frac{H^4 - h_v^4}{12} - \frac{l_m \cdot t_m^3}{12} = \frac{80^4 - 70^4}{12} - \frac{30 \cdot 5^3}{12} = 1,412 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad (27)$$

Kde:

B, H – vnější rozměry profilu

b_v, h_v – vnitřní rozměry profilu

l_m – délka mezery

t_m – tloušťka mezery

Vzdálenost lokálních těžišť od GSS:

$$a_1 = y_1 - y_T = 1740 - 674,64 = 1065,36 \text{ mm} \quad (28)$$

$$a_2 = y_T - y_2 = 674,64 - 240 = 434,64 \text{ mm} \quad (29)$$

$$a_3 = y_T - y_3 = 674,64 - 144,01 = 530,63 \text{ mm} \quad (30)$$

Kvadratické momenty přepočítané k těžišti průřezu

$$J'_{x1} = J_{x1} + a_1^2 \cdot S_1 = 1,270 \cdot 10^6 + 1065,36^2 \cdot 1164 = 1322400606 = 1,322 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad (31)$$

$$J'_{x2} = J_{x2} + a_2^2 \cdot S_2 = 1,270 \cdot 10^6 + 434,64^2 \cdot 1164 = 221163486 = 2,211 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (32)$$

$$J'_{x3} = J_{x3} + a_3^2 \cdot S_3 = 1,412 \cdot 10^6 + 530,63^2 \cdot 1355 = 382936906 = 3,829 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (33)$$



Celkový kvadratický moment průřezu

$$J_{xc} = J_{x1'} + J_{x2'} + J_{x3'} = 1,322 \cdot 10^9 + 2,211 \cdot 10^8 + 3,829 \cdot 10^8 = \mathbf{1,926 \cdot 10^9 \text{ mm}^4} \quad (34)$$

4.10 URČENÍ PRŮŘEZOVÉHO MODULU V OHYBU

Pro výpočet napětí se musí zjistit velikost průřezového modulu v ohybu. Průřezový modul v ohybu je podíl kvadratického momentu příčného průřezu vzhledem k neutrální ose a vzdálenosti nejodlehlejšího bodu obrysové čáry od neutrální osy v tahové, resp. tlakové podoblasti příčného průřezu [4]. Pro určení průřezového modulu je potřebné vypočítat vzdálenosti nejodlehlejších obrysových čar (bodů G a H) od neutrální osy.

Bod G v tahové oblasti

$$h_{\text{ext}} = 1800 - y_T = 1800 - 674,64 = \mathbf{1125,36 \text{ mm}} \quad (35)$$

Bod H v tlakové oblasti

$$h_{\text{exd}} = y_T - 100 = 674,64 - 100 = \mathbf{574,64 \text{ mm}} \quad (36)$$

Průřezový modul v ohybu tahová oblast

$$W_{\text{ot}} = \frac{J_{xc}}{h_{\text{ext}}} = \frac{1,926 \cdot 10^9}{1125,36} = \mathbf{1,711 \cdot 10^6 \text{ mm}^3} \quad (37)$$

tlaková oblast

$$W_{\text{od}} = \frac{J_{xc}}{h_{\text{exd}}} = \frac{1,926 \cdot 10^9}{574,64} = \mathbf{3,351 \cdot 10^6 \text{ mm}^3} \quad (38)$$



4.11 STANOVENÍ NAPĚTÍ V PRŮŘEZU

Napětí určíme podle základních vztahů. Řešíme napětí v tlakové a tahové podoblasti.

Napětí v tahové oblasti

$$\sigma_{\text{ext}} = \frac{M_{\text{red}}}{W_{\text{ot}}} = \frac{5,867 \cdot 10^6}{1,711 \cdot 10^6} = 3,42 \text{ MPa} \quad (39)$$

Napětí v tlakové oblasti

$$\sigma_{\text{exd}} = \frac{M_{\text{red}}}{W_{\text{od}}} = \frac{5,867 \cdot 10^6}{3,351 \cdot 10^6} = 1,75 \text{ MPa} \quad (40)$$

Maximální dovolené napětí

$\sigma_{\text{dov}} = 45 \text{ až } 70 \text{ MPa}$

$$\sigma_{\text{ext}} < \sigma_{\text{dov}}$$

Vyhovuje

$$\sigma_{\text{exd}} < \sigma_{\text{dov}}$$

Vyhovuje



5 ELEKTRICKÉ VYBAVENÍ

Celá sestava musí být ke své správné činnosti vybavena elektrickým příslušenstvím. Tyto prvky dělíme na bezpečnostní a ovládací. Mezi bezpečnostní patří fotobuňky, které slouží jako světelné závory a mají za úkol zabránit přimáčknutí osob nebo automobilů k dojezdovému sloupku. Umisťují se ve výšce do 700mm nad povrch vozovky.

Do kategorie ovládací zařízení řadíme ovládací klávesnice, přístupové karty a dálkové ovladače. Ovládací klávesnice slouží jako digitální spínač, který po zadání správné kombinace znaků uzavře obvod a umožní pohyb brány.

Dálkové ovladače se používají s plovoucím kódem a pracují nejčastěji na frekvenci 868 MHz. Plovoucí kód se při každém stisku tlačítka mění. Řídící jednotka pohonu je nastavena tak, aby nepřijala dvakrát po sobě stejný kód. Tím je zajištěno, že nedojde k otevření naskenováním (načtením) právě vyslaného kódu a jeho opětovným odesláním k přijímači.

U starších typů pohonů bylo zapotřebí použití řídicí jednotky, která je ovšem u novějších motorů integrovaná.



Obrázek 18: Fotobuňka [16]



ZÁVĚR

Podle zadaných vstupních hodnot byla navržena konstrukce posuvné samonosné brány a provedena série kontrolních výpočtů se zaměřením na maximální ohybový moment a největší dovolené napětí. Navržená konstrukce je zhotovena z normalizovaných polotovarů a to z důvodu její jednoduchosti při následné výrobě. Samotný pohon je zvolen s dostatečnou výkonovou rezervou a nevyžaduje téměř žádnou údržbu.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] REMTA, František, a kol. *Jeřáby I*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1956. 620 s.
- [2] *Pohon servis s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. Pohony bran, pohony vrat, závory, kování, panty, brány. Dostupné z WWW: <<http://www.pohonservis.cz/pohony-posuvnych-bran/detail-197/>>.
- [3] ČSN EN 12433-1. *Vrata-Terminologie-Část 1: Typy vrat*. Praha : Český normalizační institut, 2001. 20 s.
- [4] JANÍČEK, Přemysl; ONDRÁČEK, Emanuel; VRBKA, Jan. *Mechanika těles : pružnost a pevnost I*. 3. přepracované vydání. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2004. 287 s. ISBN 80-214-2592-X.
- [5] BURŠA, Jiří; HORNÍKOVÁ, Jana; JANÍČEK, Přemysl. *Pružnost a pevnost* [online]. První. Brno : Akademické nakladatelství CERM, únor 2003 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://beta.fme.vutbr.cz/cpp/>>. ISBN :80-7204-268-8.
- [6] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. VKS5.80 - vozík samonosné brány - kyvný, stavitelný (KSV5). Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/samonosne-brany/do-440-m-prujezdu/-/vks580-vozik-samonosne-brany-kyvny-stavitelny/31444.html>>.
- [7] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. CP80-1-nosný C profil samonosné brány. Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/samonosne-brany/do-440-m-prujezdu/-/cp80-1-nosny-c-profil-samonosne-brany/31438.html>>.
- [8] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. HDS - seřiditelný doraz posuvné brány - horní. Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/samonosne-brany/prislusenstvi-samonosnych-bran/-/hds-seriditelný-doraz-posuvne-brany-horni/31477.html>>.
- [9] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. KA80 - dojezdová kapsa samonosné brány - odlehčovací (K80). Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/samonosne-brany/prislusenstvi-samonosnych-bran/-/ka80-dojezdova-kapsa-samonosne-brany-odlehcovaci-k80/31457.html>>.
- [10] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. KO80.K zakrytované odlehčovací kolečko samonosné posuvné vjezdové brány. Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/samonosne-brany/prislusenstvi-samonosnych-bran/-/ko80k-zakrytovane-odlehcovaci-kolecko-samonosne-posuvne-vjezdove-brany/31455.html>>.
- [11] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. OHRB.10 - ocelová hřebenová lišta (ROA8, HR100.O). Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/pohony-bran-a-vrat/posuvne-brany-pohony/hrebeny-prislusenstvi-posuvnyc/ohrb10-ocelova-hrebenova-lista-hr100o/31486.html>>.
- [12] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. VV - vodící váleček posuvné brány - nylonový (HR41). Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/samonosne->



- brany/prislusenstvi-samonosnych-bran/-/vv-vodici-valecek-posuvne-brany-nylonovy-
/31478.html>.
- [13] *Ferona.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-14]. Profil uzavřený svařovaný černý s
obdélníkovým průřezem, EN 10219, rozměr 120x80x3. Dostupné z WWW:
<<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=24175>>.
- [14] *Ferona.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Trubka bezešvá přesná kruhová, ČSN 42
6711.21, rozměr 28x1,0. Dostupné z WWW:
<<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=26956>>.
- [15] *Elsi.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Katalog pohony vjezdových bran.pdf. Dostupné z
WWW: <http://www.elsi.cz/Katalog_pohony_vjezdovych_bran.pdf>.
- [16] *Europohony.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. MOFO - bezpečnostní fotobuňka.
Dostupné z WWW: <<http://www.europohony.cz/fotobunky/-/-/mofo-bezpecnostni-fotobunka/43.html>>.
- [17] TRNKA, Jiří. *Optimalizace a konstrukce otevíracího mechanismu pece* [online]. Brno,
2007. 74 s. Diplomová práce. VUT Brno. Dostupné z WWW:
<http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=310>.
- [18] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. čtvrté. Úvaly : Pedagogické
nakladatelství - ALBRA, 2008. 915 s. ISBN 978-80-7361-051-7.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

POUŽITÉ ZKRATKY

GSS - Globální souřadný systém

POUŽITÉ SYMBOLY

a	[m]	vzdálenost působíště síly F od bodu B
a_1	[mm]	vzdálenost těžiště č.1 od GSS
a_2	[mm]	vzdálenost těžiště č.2 od GSS
a_3	[mm]	vzdálenost těžiště č.3 od GSS
b	[m]	vzdálenost mezi body A a B
B	[mm]	vnější výška profilu
b_v	[mm]	vnitřní výška profilu
c_x	[-]	součinitel odporu
d_S	[mm ²]	integrovaná plocha
F	[N]	síla nahrazující gravitační sílu
F_a	[N]	reakce v bodě A
F_b	[N]	reakce v bodě B
f_{ξ}	[-]	součinitel čepového tření pojíždějících kol
F_G	[N]	gravitační síla
F_x	[N]	síla větru
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
H	[mm]	vnější šířka profilu
h_{exd}	[mm]	vzdálenost těžiště od krajního místa v tlakové oblasti
h_{ext}	[mm]	vzdálenost těžiště od krajního místa v tahové oblasti
h_v	[mm]	vnitřní šířka profilu
J'_{x1}	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu č.1 přepočítaný k GSS
J'_{x2}	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu č.2 přepočítaný k GSS
J'_{x3}	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu č.3 přepočítaný k GSS
J_{x1}	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu č.1 k ose x
J_{x2}	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu č.2 k ose x
J_{x3}	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu č.3 k ose x
J_{xc}	[mm ⁴]	celkový kvadratický moment
l	[m]	délka rámu
l_m	[mm]	délka mezery
m	[kg]	hmotnost
M_{OQ1}	[Nm]	ohybový moment od gravitační síly při dvou podporách
M_{OQ2}	[Nm]	ohybový moment od gravitační síly při třech podporách
$M_{OV\text{max}}$	[Nm]	maximální ohybový moment od síly větru
M_{red}	[Nm]	redukovaný moment
P	[W]	výkon elektromotoru
P_i	[N]	síla posouvajících se hmot
P_{rozj}	[W]	výkon elektromotoru při rozjezdu



q	[N/m]	liniové zatížení
R	[cm]	poloměr kola
r	[cm]	poloměr čepu pojíždějícího kola
s	[-]	stupeň statické určitosti
S_1	[mm ²]	obsah průřezu 1
S_2	[mm ²]	obsah průřezu 2
S_3	[mm ²]	obsah průřezu 3
S_c	[m ²]	plocha působení větru
S_V	[m ²]	průmět celkové plochy ve směru větru
T	[N]	síla pro překonání pasivních odporů
t	[s]	doba rozběhu
t_m	[mm]	výška mezery
v	[m/s]	rychlost posuvu
ν	[-]	počet rovnic rovnováhy
v_v	[m/s]	rychlost větru
W	[N]	tlak větru
W_{od}	[mm ³]	průřezový modul v ohybu v tlakové oblasti
W_{ot}	[mm ³]	průřezový modul v ohybu v tahové oblasti
x_T	[m]	vzdálenost těžiště od zvoleného souřadného systému ose x
y_1	[mm]	vzdálenost těžiště profilu 1 od povrchu
y_2	[mm]	vzdálenost těžiště profilu 2 od povrchu
y_3	[mm]	vzdálenost těžiště profilu 3 od povrchu
y_T	[mm]	vzdálenost těžiště od zvoleného souřadného systému v ose y
α_{ba}	[°]	úhel u momentu při deformaci
γ	[-]	součinitel přidavných odporů
ζ	[cm]	součinitel valivého tření
η_c	[-]	celková účinnost
κ	[-]	součinitel závislý na druhu plochy vystavené větru
μ	[-]	počet neznámých parametrů
ρ_{vz}	[kg/m ³]	hustota vzduchu
σ_{exd}	[MPa]	napětí v tlakové oblasti
σ_{ext}	[MPa]	napětí v tahové oblasti
σ_{dov}	[MPa]	maximální dovolené napětí
ΣF_y	[N]	součet sil působící v ose y
ΣM_{iyB}	[Nm]	součet momentů působících v bodě B
ι	[kg/m ²]	jmenovitý tlak větru
φ_{bc}	[°]	úhel natočení při deformaci



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Posuvná brána [15]	9
Obrázek 2: Vrata s otočným křídlem [3]	10
Obrázek 3: Vrata kývavá [3]	10
Obrázek 5: Posuvná skládací vrata [3]	11
Obrázek 4: Skládací vrata [3]	11
Obrázek 6: Posuvná brána - celkový pohled; 1- dojezdový sloup, 2- rám brány, 3- výplň,	12
Obrázek 7: Horní vedení brány	13
Obrázek 8: Kyvné, stavitelné vozíky	14
Obrázek 9: Dojezdová kapsa; 1- dojezdová kapsa, 2- Dojezdové kolečko	14
Obrázek 10: Horní doraz	15
Obrázek 11: Převod mezi pohonem a rámem	18
Obrázek 12: Pohon brány s označením PASS 2500 od firmy Pohon servis [2]	19
Obrázek 13: Silové účinky rámu	22
Obrázek 14: Úplné uvolnění rámu	22
Obrázek 15: Zatížený nosník při dvou podporách	24
Obrázek 16: Zatížený nosník při třech podporách	25
Obrázek 17: Průřez v místě řešení	27
Obrázek 18: Fotobuňka [16]	32



SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

TABULKA

Tabulka 1: Přehled reakcí ve vazbách A a B při otevírání23

GRAF

Graf 1: Průběh zatěžující síly v bodech A a B24



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1

Výkres sestavení Samonosná brána č.v. S-000-A1

Příloha č. 2

Výkres svařence Hlavní sloup č.v. S-002-A2

Příloha č. 3

Výkres svařence Pojezdový rám č.v. S-001-A1

Příloha č. 4

Výkres dílu Spodní deska č. v. D-004-A4

Příloha č.5

Výkres dílu Sloup č.v. D-005-A4

Příloha č. 6

Výkres dílu Záslepka č.v. D-006-A4

Dne 8. 5. 2011 výkresovou dokumentaci zpracoval Petr Hrozek.