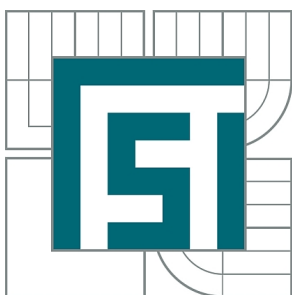


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH MECHANICKÉ ZÁVORY

MECHANICAL BARRIER PROJECT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN MACKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Macka

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

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

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

Návrh mechanické závory

v anglickém jazyce:

Mechanical barrier project

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést rozbor vhodných koncepcí a parametrů mechanických závor pro hlídaná parkoviště automobilů. Vybrat vhodné konstrukční řešení, provést důležité výpočty a konstrukční návrh.

Šířka závory 3000mm

Výška překážky od úrovně vozovky 400mm

Cíle bakalářské práce:

Uvést příklady různých koncepcí řešení podobných závor. Vypracovat technickou zprávu včetně důležitých výpočtů. Nakreslit sestavný výkres mechanické závory a důležité detailní výkresy.

Seznam odborné literatury:

1. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992
2. Gere J.M. and Timoshenko: Mechanics of materials. Chapman and Hall. Third SI Edition, 1989, ISBN 55-503-79.
3. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004
4. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003
5. Julina M., Řeřábek A.: Mechanika statika pro školu a praxi. Scientia s.r.o. Praha 2000. ISBN 80-7183-188-3.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 7.11.2011

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

V první části této bakalářské práce je vypracován rozbor různých koncepcí řešení mechanických závor pro hlídaná parkoviště osobních automobilů. V druhé části je vybráno vhodné konstrukční řešení odpovídající zadání. K tomu jsou provedeny důležité výpočty a z nich vycházející konstrukční návrh splňující parametry zadání. Tento návrh je podložen sestavnými výkresy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mechanická závora, konstrukční řešení, výpočty, sestavné výkresy

ABSTRACT

In the first part of this thesis is developed analysis of mechanical barriers conceptions for guarded parking. In the second part is chosen construction solution which corresponds to specified conditions. There are also done important calculations and mechanical design based on them. This design is supported by assembly drawings.

KEYWORDS

Mechanical barrier, construction solution, calculations, assembly drawings



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Macka, J. *Návrh mechanické závory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 30 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 25. května 2012

.....

Jan Macka



PODĚKOVÁNÍ

Vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi Ph.D. za rady a připomínky při zpracování práce. Děkuji i své rodině za podporu a vytvoření vhodných studijních podmínek.



OBSAH

Úvod	9
1 Přehled typů mechanických závor	10
1.1 Závory s ramenem	10
1.2 Road block	10
1.3 Spike barriers	11
1.4 Výsuvný sloup	12
1.5 Vjezdové brány	12
1.6 Silniční bariéra	13
1.7 Řetězová bariéra	14
2 Vlastní řešení mechanické bariéry	15
2.1 Popis navržené koncepce	15
2.2 Použité konstrukční prvky	16
2.2.1 Převodovka	16
2.2.2 Elektromotor	17
2.2.3 Koncové spínače	17
2.2.4 Tlumič	18
2.2.5 Přírubová ložiska	18
2.2.6 Pojistná pružina	19
2.2.7 Řetězová kola	19
2.2.8 Řetěz	19
2.2.9 Válcované profily	19
2.3 Výpočty	20
2.3.1 Silové poměry	20
2.3.2 Pevnostní výpočty	22
2.3.3 Výpočet času zvednutí závory	24
Závěr	25
Použité informační zdroje	26
Internet	26
Seznam použitých zkratk a symbolů	28
Seznam příloh	30



ÚVOD

V dnešní době jsou mechanické závory využívány k zabránění vjezdu či výjezdu vozidel do hlídaných objektů. Na začátku se tato bakalářská práce bude zabývat různými koncepcemi řešení takových závor. Po jejich popisu a zhodnocení bude zvolen vhodný konstrukční návrh vyhovující zadání, ke kterému budou provedeny potřebné výpočty. Dále k němu bude zhotoven sestavný výkres, včetně důležitých detailních výkresů. Na závěr bude zhotovena i technická zpráva shrnující parametry a vlastnosti zvoleného konstrukčního návrhu, včetně jeho údržby pro zabezpečení dlouhodobé funkce.



1 PŘEHLED TYPŮ MECHANICKÝCH ZÁVOR

Mechanické závory lze v zásadě rozdělit do 2 kategorií podle jejich zádržnosti, a to jsou nezadržné a zádržné (bariéry). Všechny bývají ve většině případů kombinované se semaforem, čtečkami čipů nebo polykači karet. V následujících podkapitolách budou shrnuty výhody (nevýhody) a vlastnosti jednotlivých konstrukčních provedení mechanických závor.

1.1 ZÁVORY S RAMENEM

Jedná se zřejmě o nejpoužívanější a nejjednodušší provedení mechanických závor vůbec. Slouží pro řízení přístupu a automatickou obsluhu parkoviště vozidel. Jejich provedení bývá zpravidla elektrické, při výpadku proudu s nimi lze manipulovat i manuálně. Výhoda použití tohoto typu spočívá v nízké pořizovací ceně a nenáročnosti požadavků pro instalaci. Na druhou stranu nemají žádné zádržné vlastnosti proti neoprávněnému projetí vozidla. Jejich úloha je tedy hlavně optická. Je možno je kombinovat s karetní čtečkou nebo stojanem na parkovací lístky. Pohon bývá realizován zpravidla elektromotorem. Tento druh závor je však obtížně použitelný v zastřešených prostorách s nízkým stropem (např. podzemní parkoviště). To se dá částečně kompenzovat použitím kloubových ramen, která sníží potřebnou výšku nad závorou.



Obr. 1 Závora s ramenem [20]

1.2 ROAD BLOCK

Slouží jako výsuvná stěna proti neoprávněnému vjezdu vozidel. Na rozdíl od předešlého typu má již zádržné vlastnosti (např. road block na obrázku 2 je testován na zadržení 10-ti tunového vozidla v rychlosti 60km/h). Tomu také odpovídá jeho celocelová masivní svařená příhradová konstrukce přizpůsobená pro venkovní i vnitřní prostředí včetně extrémních podmínek. Užívá se tedy u objektů nebo areálů s vyššími požadavky na zabezpečení proti nežádoucímu průjezdu. Vzhledem k jeho nízké siluetě je vhodné jej kombinovat se semaforem a závorami, aby se zabránilo jeho případnému přehlédnutí. Pro montáž vyžadují pevné základy. Jejich hloubka se pohybuje od 0,5m do 1m (v závislosti na rozměrech road blocku). Jejich pohon bývá elektromotorický (rychlost zdvihu 2s-4s), nebo hydraulický (3s-4s). V případě selhání pohonu (např. výpadek elektrického proudu) je možno je spustit (zvednout) ručně pomocí kliky. [6]



Obr. 2 Road Block [6]

1.3 SPIKE BARRIERS

Jsou to výsuvné ocelové hroty pro zabránění průjezdu neoprávněných vozidel. Jsou specifické tím, že nepůsobí destrukci vozidla, ale jen ho znepojízdí proražením pneumatik. Mohou být zabudované v úrovni vozovky nebo nad její úrovní, kdy zároveň slouží jako retardér. Je vhodné je kombinovat s ramenovou závorou a semaforem, aby nedošlo k jejich přehlédnutí. Pohon bývá obdobný jako u road blocků, tj. elektrický, nebo hydraulický. Časy vysunutí jsou také obdobné. Stejně tak vyžadují předem vybudované základy (cca 0,5m), přičemž hydraulické hospodářství může být umístěno až 15m od bariéry. Při výpadku napájení může být bariéra pomocí kliky zasunuta nebo vysunuta. [7]



Obr. 3 Spike barrier[7]



1.4 VÝSUVNÝ SLOUP

Tyto automatické výsuvné sloupy jsou poháněny vysokootáčkovým elektromotorem (hydraulikou). V případě výpadku napájecího napětí je možno sloup zasunout nebo vysunout mechanicky pomocí kliky. Používají se v parkovacích systémech s intenzivním provozem, průjezdech, obchodních centrech a všude tam, kde je nutné zabránit vjezdu neoprávněných vozidel. Jejich nevýhodou je, že nezabrání průjezdu cyklistů a jednostopých vozidel. Pohon může být realizován pomocí elektromotoru, hydraulicky nebo i pneumaticky. Vyžadují též zabudování do země (cca 1m). Z toho vyplývá i jejich výška blížící se až k 1m. Zadržnost je obdobná jako u road blocků. Rychlost zdvihu se pohybuje kolem 200mm/s. [8]



Obr. 4 Výsuvné sloupy [8]

1.5 VJEZDOVÉ BRÁNY

Bývají zpravidla samonosné, tvořené jedním, či dvěma křídly. Pohyb křídla je zajištěn elektromotorem s převodovkou. Ovládání brány zajišťují elektropohony s dálkovým ovládáním. Výkon je na křídlo přenášen pomocí pastorku a ozubeného hřebene. Křídla jsou tvořena svařovanými uzavřenými profily.

Mezi jejich výhody patří, že se nemusí stavebně zasahovat do průjezdu, jednodušší a cenově výhodnější stavební příprava a bezúdržbovost celého systému. Nevýhodou je, že boční prostor pro odsunutí brány musí být cca o jednu třetinu větší, než je šířka samotného průjezdu. [9]

V současné době se nejvíce používají u vjezdů do areálů firem. Vyznačují se také vysokou zadržností. Vzhledem k poměrně dlouhému času potřebnému pro otevření a zavření křídla není vhodné jejich použití na často frekventovaných místech. Jejich užití je také stále častější u vjezdů na soukromý pozemek rodinných domů apod.



Obr. 5 Vjezdová brána [9]

1.6 SILNIČNÍ BARIÉRA

Je určena pro místa a objekty vyžadující vyšší stupeň zabezpečení, kdy fyzicky brání průjezdu neoprávněných vozidel. Montáž se provádí do připraveného otvoru tak, že v uzavřeném stavu je krycí plech bariéry v rovině s vozovkou nebo přímo na povrch s pomoci nájezdových ramp. Vlastní konstrukce bariéry je provedena z válcovaných profilů. Součástí skříně je semafor červená/zelená pro jednosměrný provoz. [10]



Obr. 6 Silniční bariéra [10]



1.7 ŘETĚZOVÁ BARIÉRA

Jedná se o koncepci, kdy je mezi dvěma patníky natažen řetěz, který se navinutím na buben v patníku zdvihne a napne přibližně ve výšce 0,5m. Stejným způsobem probíhá i povelení řetězu, kdy se řetěz schová v drážce v prahu spojujícím patníky, aby nedocházelo k jeho poškození přejezdem vozidel. Pohon je realizován elektromechanicky. Tohle řešení je vhodné např. pro parkoviště, nebo nákupní centra. [11]



Obr. 7 Řetězová závora [11]



2 VLASTNÍ ŘEŠENÍ MECHANICKÉ BARIÉRY

Koncepce *závory s ramenem* je na hlídaných parkovištích velice častým řešením, nevyhovuje však požadavkům zadání (400mm nad zemí). Proto je nevhodná.

Road block již zadání vyhovuje, jeho nevýhoda je však v potřebě pevných základů a velkých nákladech na materiál. Jeho použití je vhodnější pro hlídané objekty, pro parkoviště je to zbytečně nákladné řešení.

Varianta *Spike barriers* zadání také odpovídá, ale stejně jako *road block* je určena spíše pro zabezpečené objekty. Navíc jeho účelem je znepojízdnění vozidla, což také není pro parkoviště vhodné (následné čekání na odtah, blokování výjezdu parkoviště).

Použití *výsuvných sloupů* je pro hlídané parkoviště zcela nevhodné proto, že nezabrání průjezdu jednostopých vozidel. Bývají používány spíše pro příležitostně zprůjezdnění oblastí, než pro intenzivní provoz na parkovišti.

Vjezdové brány se používají u hlídaných areálů, kde se nepředpokládá častý průjezd vozidel. Navíc vzhledem k jejich principu funkce (odsouvání na stranu) jsou prostorově náročné a dlouhá doba otevření a zavření je také zcela nevhodná.

Řetězová bariéra slouží k oddělení prostoru, ne jako zábrana pro pravidelný průjezd. Je navíc snadno přehlédnutelná z vyšších vozidel. Také není vhodná k intenzivnímu provozu.

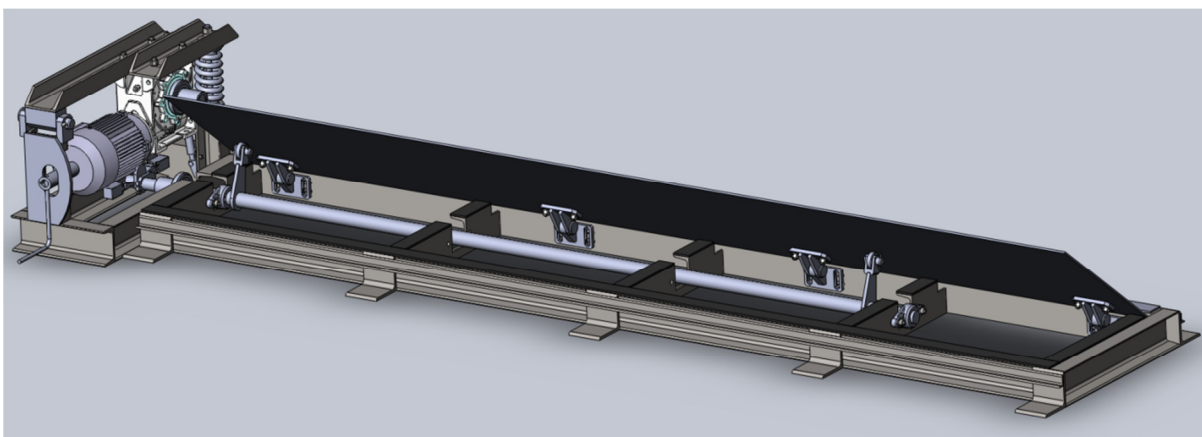
Jako nejvhodnější se jeví použití koncepce *silniční bariéry*. Je to řešení nepříliš náročné na množství použitého materiálu. Velikou výhodou je možnost jejího použití bez předpřipravených základů v kombinaci s nájezdovými rampami. Navíc se dá snadno přizpůsobit parametrům zadání.

Porovnáním uvedených řešení a vzhledem k zadání jsem se rozhodl pro koncepci s minimálními nároky na pozemní práce a přiměřenou zádržnou účinností, vzhledem k tomu, že se jedná o zařízení určené k obsluze parkoviště osobních vozidel. Na základě zadání byly srovnány jednotlivé známé koncepce a vybrána varianta silniční bariéry s výklopným víkem bez pevných základů.

2.1 POPIS NAVRŽENÉ KONCEPCE

Zádržné zařízení se skládá z pevného plochého rámu bez požadavků na náročné stavební úpravy. Rám je opatřen dvěma nájezdovými hranami a výklopným křídlem. Pro pohon křídla je užit přírubový elektromotor se šnekovou převodovkou. Na hřídeli převodovky je řetězové kolo přenášející výkon na pákový mechanismus ovládající výklopné křídlo. Vymezení koncových poloh je docíleno pomocí koncových spínačů na rámu bariéry a vaček na hřídeli s rameny. Použitím řetězového převodu v kombinaci s odpruženým nosným ramenem pohonu je zajištěn mechanismus proti přetížení. V případě přetížení je pohon vypnut bezpečnostním koncovým spínačem.

Všechny pohyblivé části zábrany jsou vzájemně propojeny uzemňovacími pletenými lany zeměnými na navařených uzemňovacích šroubech.



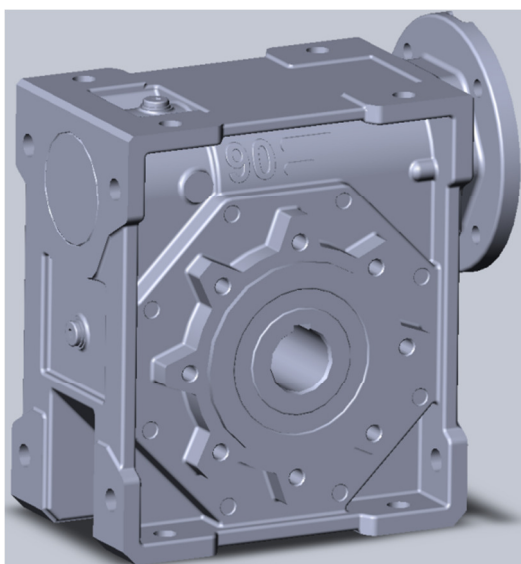
Obr. 8 Návrh závory

2.2 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY

Zde bude věnována pozornost jednotlivým prvkům použitým při návrhu závory. Hlavní snahou bylo použít co nejvíce normalizovaných částí a již hotových dílů pro snížení náročnosti a nákladů na výrobu.

2.2.1 PŘEVODOVKA

V návrhu je použita jednostupňová šneková převodovka, která je převzata z nabídky společnosti TOS Znojmo. Jedná se o verzi s přípravou pro přírubový elektromotor, pracující s převodovým poměrem $i=80$ (na obr.5 bez výstupního hřídele). Výstupní hřídel a ložiska jsou dimenzovány na radiální zatížení až 7800N. Skříň je vyrobena ze slitin hliníku, díky čemuž se vyznačuje nízkou hmotností a vysokou tuhostí. Údržba se řídí doporučeními výrobce (tyto údaje jsou obsaženy v návodu k použití dodávaným společně s výrobkem). [12]

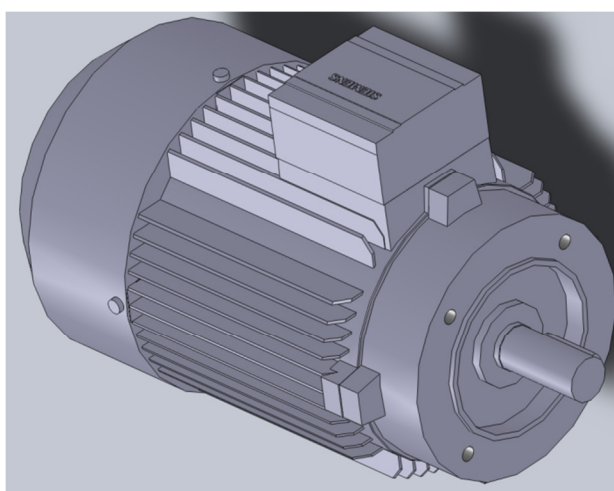


Obr. 9 Jednostupňová šneková převodovka [12]



2.2.2 ELEKTROMOTOR

Pro pohon šnekové převodovky byl vybrán šestipólový třífázový elektromotor s kotvou nakrátko značky Siemens s výkonem 0,75kW. Tyto motory se vyznačují vysokou účinností a vysokým rozběhovým momentem. Motor je v přírubovém provedení, opatřený dvěma výstupními hřídeli (jeden pro převodovku, druhý pro kliku, která se nasune v případě výpadku napájení, aby bylo možno zábranu spustit). Motor je vybaven krytím IP54.



Obr. 10 Trojfázový elektromotor s kotvou nakrátko [13]

2.2.3 KONCOVÉ SPÍNAČE

Jako koncové spínače pro vymezení krajních poloh křídla závory byly vybrány spínače společnosti ABB s označením P50, osazené ramenem s kladkou AP7 a krytím IP54. Budou ovládány vačkami upevněnými na hřídeli ovládající chod výklopného křídla zábrany. Nastavením vaček a koncových spínačů je možno vymežit správný rozsah chodu závory. Třetí koncový spínač bude umístěn tak, aby při havarijním stavu (např. vozidlo zůstane stát na zavřené závoře), kdy se rameno s pohonem přitahuje za řetěz proti předepjaté pružině, inicioval jeho sepnutí, a tím odpojení elektromotoru. Zabrání se tak přetížení a případnému poškození zařízení.

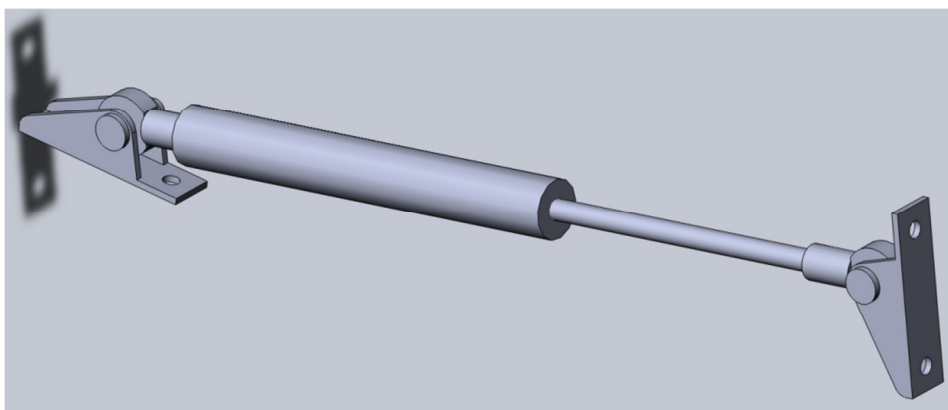


Obr 11 Koncový spínač s ramenem s kladkou [14]



2.2.4 TLUMIČ

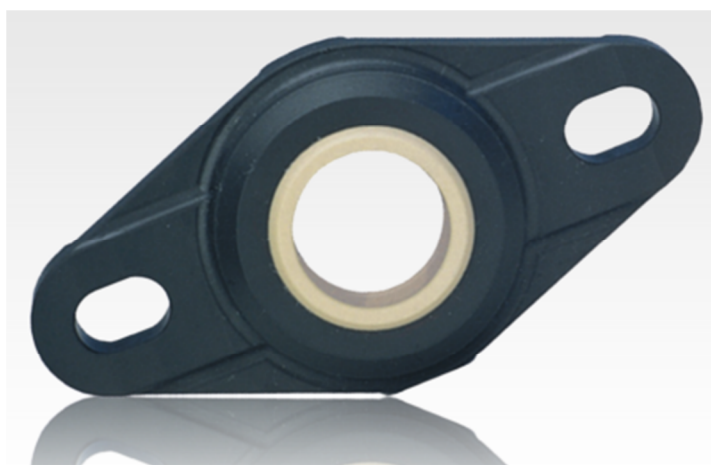
V případě havarijního stavu se rameno, na kterém je umístěna převodovka s motorem, přitáhne proti předepjaté pružině. Po odstranění překážky ze závory by došlo k uvolnění a rychlému návratu pružiny do původního předepjatého stavu. To by způsobilo velké rázy celého pohonného mechanismu. Proto je vhodné umístit vedle pružiny tlumič, který tento návrat do výchozího stavu utlumí a zabrání tak rázům. Jako nejvhodnější byl vybrán tlumič firmy BIBUS. K tlumičům a plynovým pružinám je nabízena široká škála koncovek pro montáž, takže bylo možno zvolit optimální uchycení tlumiče do mechanismu. Vybrán byl z katalogu tlumič s označením A0L0-4D10-150 323 001 400N. Jedná se o tlumič se středním tlumením. Na válci i pístní tyči jsou našroubována výkyvná oka C4A7 s konzolovou koncovkou 900 BA6 B0. [15]



Obr. 12 Plynový tlumič

2.2.5 PŘÍRUBOVÁ LOŽISKA

Jako nejsnadnější řešení pohyblivého uložení ovládacího hřídele na rámu byla vybrána přírubová ložiska firmy Hennlich. Další variantou byly ložiskové domečky, u těch by však bylo zbytečně komplikované řešení uchycení k rámu závory. Třetí variantou byla možnost výroby vlastních pouzder pro uchycení k rámu, to by ale zbytečně zkomplikovalo (a prodražilo) výrobu.



Obr. 13 Přírubové ložisko [16]



Vybraná ložiska (typ EFOM) se snadno instalují, jsou odolná proti korozi, mají nízkou hmotnost (v případě projektu ne až tak podstatné). Dále jsou samomazná, což snižuje nároky na budoucí údržbu. Velkou výhodou je také jejich schopnost kompenzace osových chyb (velmi výhodné z hlediska možného průhybu hřídele v provozu). [16]

2.2.6 POJISTNÁ PRUŽINA

V mechanismu slouží k jistění pohonu, aby nedošlo k jeho přetížení a případnému poškození. Jako nejjednodušší varianta se ukázala koupě již vyrobené pružiny s vyhovujícími parametry a přizpůsobení konstrukce jejím rozměrům. Vlastní návrh a výroba pružiny se jevily jako zbytečná komplikace výroby a zvyšování nákladů. Pro omezení množství dodavatelů byla vhodná pružina vybrána opět z katalogu firmy Hennlich. Vyhovuje do konstrukce jak rozměrově, tak i charakteristikou. Výrobce u vybrané pružiny uvádí, že má broušený koncový závit a bezpečnost proti vybočení (výhodné v tom, že nebude nutné komplikovaně řešit její vedení).[17]

2.2.7 ŘETĚZOVÁ KOLA

Vzhledem ke specifickým rozměrům a omezenému manévrovacímu prostoru pro jejich přizpůsobení, je třeba vytvořit vlastní návrh vhodného řetězového kola. Protože převodový poměr od šnekové převodovky je vyhovující, není ho třeba dále zvyšovat řetězovými koly. Proto mohou být použita dvě shodná kola, což zjednoduší výrobu a sníží náklady.

2.2.8 ŘETĚZ

Pro přenos krouticího momentu z výstupní hřídele převodovky na ovládací hřídel byl vybrán válečkový řetěz řady Endurance dodávaný společností TYMA. Jeho volba spočívá v tom, že pro provoz nepotřebuje mazání (pouzdra ze spékaného kovu napuštěná mazivem) a z důvodu dlouhé životnosti. Rozměrově je shodný s ostatními řetězy, stejně tak i co se maximálního zatížení týče. Tento způsob přenosu výkonu je v souladu s koncepcí ochrany pohonu pružným zavěšením. Umožňuje zmenšit osovou vzdálenost hnacího a hnaného hřídele. Toho je využito při přetížení mechanismu a jeho vypnutí koncovým spínačem. [18]

2.2.9 VÁLCOVANÉ PROFILY

U celého rámu závory byly použity z větší části standardní válcované profily typu U. Je vyroben z materiálu 11373 se zaručenou svařitelností a pevností v tahu.



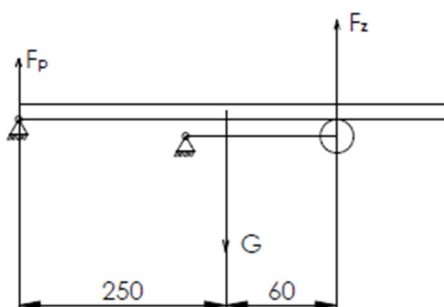
2.3 VÝPOČTY

V následujících podkapitolách bude nejprve věnována pozornost silovým poměrům v celém mechanismu, z kterých budou následně vycházet pevnostní výpočty namáhaných součástí.

2.3.1 SILOVÉ POMĚRY

Jako první je třeba určit sílu F_z potřebnou k zvednutí křídla závory.

Ze soustavy sil působících na víko dostaneme soustavu dvou rovnic o dvou neznámých:



Obr. 14 Silové poměry na víku závory

$$G = F_p + F_z \quad (1)$$

$$F_z \cdot 60 = F_p \cdot 250 \quad (2)$$

G – tíhová síla víka, F_p , F_z - reakce

Z toho je třeba určit F_z :

$$F_z = \frac{250G}{310}$$

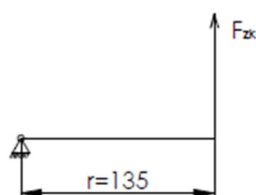
$$F_z = \frac{250 \cdot 1000N}{310} = 806N$$

Bude zvolen koeficient bezpečnosti zvednutí $k_b=3$, takže uvažovaná zvedací síla bude:

$$F_{zk} = k_b \cdot F_z \quad (3)$$

$$F_{zk} = 3 \cdot 806N = 2814N$$

Tato síla zároveň působí na zvedacím rameni, z čehož určíme potřebný krouticí moment ovládací hřídele:



Obr. 15 Silové poměry na zvedacím rameni



$$M_h = F_{zk} \cdot r \quad (4)$$

$$M_h = 2814N \cdot 0,135m = 326Nm$$

r – délka zvedacího ramene

Krouticí moment na výstupní hřídeli převodovky:

$$M_k = \frac{P \cdot \eta \cdot i}{2\pi n_1} \quad (5)$$

$$M_k = \frac{0,75kW \cdot 0,57 \cdot 80}{2\pi \cdot 11,5s^{-1}} = 473Nm$$

P – výkon elektromotoru, η – účinnost převodovky, i – převodový poměr, n_1 – otáčky elektromotoru

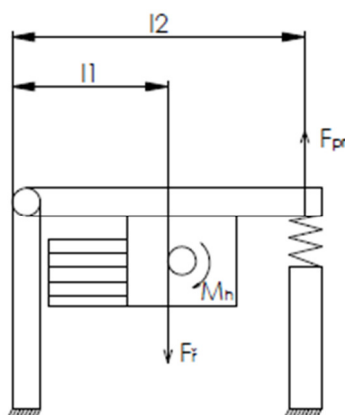
Při porovnání M_h a M_k je zjištěno, že i s předdimenzováním zvedací síly má převodovka dostatečnou výkonovou rezervu pro přitažení proti předepjaté pružině.

Z momentu M_h dále určíme maximální sílu v řetězu $F_{\check{r}}$, což je zároveň maximální radiální síla působící na výstupní hřídel převodovky.

$$F_{\check{r}} = \frac{2M_h}{D_k}$$

$$F_{\check{r}} = \frac{2 \cdot 326Nm}{0,09m} = 7254N$$

Pomocí maximální síly v řetězu $F_{\check{r}}$ způsobené maximálním zatížením plošiny se dopočte síla předepnutí pružiny. Při havarijním stavu, kdy se zvýší dovolená zvedací síla, dojde k přitažení proti pružině a vypnutí zařízení koncovým spínačem. Rovnice pro výpočet síly předpětí pružiny F_{pr} vychází z rovnováhy na páce:



Obr. 16 Silové poměry na rameni s pohonem



$$F_{pr} \cdot l_1 = F_{\ddot{r}} \cdot l_2 \quad (6)$$

$$F_{pr} = \frac{F_{\ddot{r}} \cdot l_2}{l_1}$$

$$F_{pr} = \frac{7254N \cdot 167mm}{653mm} = 1855N$$

l_1, l_2 – ramena sil na páce

Na základě těchto parametrů je vybrána pružina firmy Hennlich s označením 85/13/6 s konstantou pružiny $k=51,6N/mm$. Dráhu y , o jakou je potřeba pružinu stlačit pro dosažení potřebné předepínací síly spočteme ze vztahu:

$$y = \frac{F_{pr}}{k} \quad (7)$$

$$y = \frac{1855N}{51,6N/mm} = 36mm$$

2.3.2 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY

Nyní, když byly stanoveny síly působící v mechanismu, je možno na jejich základě provést pevnostní kontroly namáhaných součástí.

Výstupní hřídel převodovky není třeba kontrolovat, protože žádná ze složek zatížení nepřekračuje údaje uvedené výrobcem.

KONTROLA OVLÁDACÍHO HŘÍDELE NA KOMBINOVANÉ NAPĚTÍ V OHYBU A KRUTU PODLE PODMÍNKY HMMH

$$\tau_k = \frac{M_h}{W_k} = \frac{16M_h}{\pi \cdot d_p^3} \quad (8)$$

$$\tau_k = \frac{16 \cdot 326Nm}{\pi \cdot 30mm^3} = 61,5MPa$$

τ_k – napětí v krutu, W_k – průřezový modul v krutu, d_p – průměr ovládacího hřídele pod perem

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F_{\ddot{r}} \cdot r_1}{\pi \cdot d_1^3} \quad (9)$$

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot 7254N \cdot 125mm}{\pi \cdot 30mm^3} = 361MPa$$

σ_o – napětí v ohybu, M_o – ohybový moment, W_o – průřezový modul v ohybu, r_1 – rameno ohybového momentu, d_1 – průměr pod perem

Nyní lze určit redukované napětí σ_{RED}

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_k^2} \quad (10)$$



$$\sigma_{RED} = \sqrt{61,5MPa^2 + 3 \cdot 361MPa^2} = 628MPa$$

Hřídel tedy vyhovuje, protože zvolený materiál 11523 má mez kluzu 520MPa.

STANOVENÍ MINIMÁLNÍ DÉLKY PERA ŘETĚZOVÉHO KOLA

Výpočet tlaku na pero:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\frac{2M_h}{d}}{(l-b)t_1} \quad (11)$$

P – max. dovolený tlak, F – obvodová síla působící na pero, S – otláčovaná plocha pera, l – délka pera, b – šířka pera, t_1 – výška pera, d – průměr hřídele

Z toho vyplývá minimální délka pera:

$$l = \frac{2M_h}{pdt_1} + b$$

$$l = \frac{2 \cdot 326Nm}{600MPa \cdot 35mm \cdot 3,3mm} + 10mm = 30mm$$

Pro zvýšení bezpečnosti byla použita pera větší délky.

VÝPOČET NAPĚTÍ VE SVARECH

Pro svarovou soustavu mezi zvedacím ramenem a rozvidlením platí vztah:

$$\tau_1 = \frac{F_z}{2S_{sv}} = \frac{F_z}{2 \cdot 0,7 \cdot t_s \cdot l} \quad [6] \text{ str.685} \quad (12)$$

$$\tau_1 = \frac{2418N}{2 \cdot 0,7 \cdot 5mm \cdot 30mm} = 11,52MPa$$

S_{sv} – průřez svaru, t_s – velikost svaru, l – délka svaru

Pro kruhový svar mezi ovládací hřídelí a ramenem:

$$\tau_2 = \frac{M_h}{W_{ksv}} = \frac{M_h}{\frac{\pi \cdot [(D-2a)^4 - D^4]}{16(D+2a)} \cdot 4} = 2,88MPa \quad [6] \text{ str.685} \quad (13)$$

$$\tau_2 = \frac{326Nm}{\frac{\pi \cdot [(40mm + 2 \cdot 5mm)^4 - 40mm^4]}{16(40mm + 2 \cdot 5mm)} \cdot 4} = 5,6MPa$$

W_{ksv} – kvadratický moment svarové skupiny, D – průměr ovládacího hřídele, a – velikost svaru

Po porovnání s maximálním napětím v kluzu materiálu (520MPa) je zřejmé, že svary vydrží s vysokou bezpečností.



2.3.3 VÝPOČET ČASU ZVEDNUTÍ ZÁVORY

$$n_1 = 690 \text{min}^{-1} = 11,5 \text{s}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} \tag{14}$$

$$n_2 = \frac{11,5 \text{s}^{-1}}{80} = 0,144 \text{s}^{-1}$$

n_2 – výstupní otáčky převodovky

Potřebný úhel natočení ovládacího hřídele je $103^\circ = 0,28 \text{ot}$, takže teoretický čas otevření závory t bude:

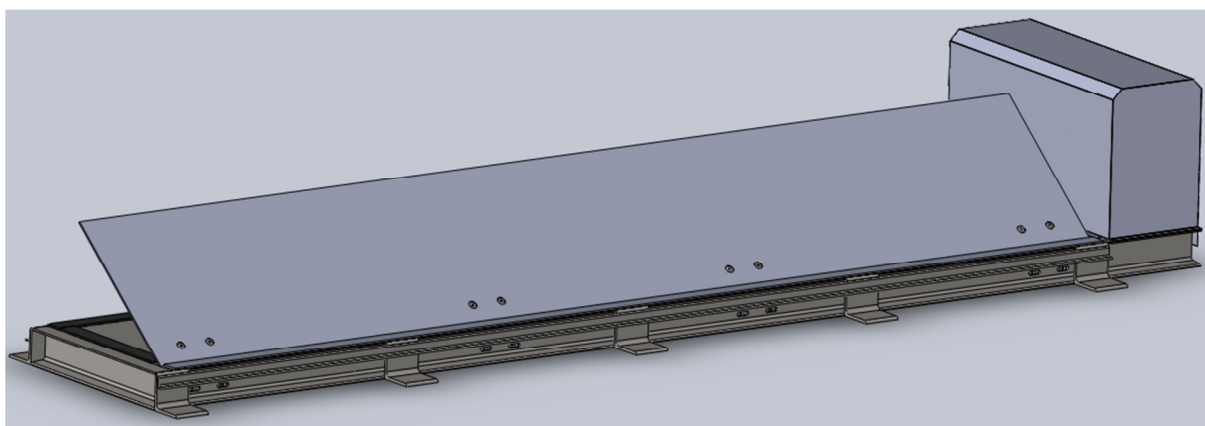
$$t = \frac{0,28}{n_2} = 2 \text{s} \tag{15}$$

Jedná se však o teoretický čas, skutečný čas otevření bude delší, protože je třeba vzít v úvahu rozběh elektromotoru. Výsledný čas otevření závory bude tedy přibližně 2-4s. Pohybuje se tím pádem ve stejných mezích, jako u běžně používaných typů závor uvedených na začátku práce.



ZÁVĚR

V první části práce byla věnována pozornost různým používaným koncepcím, které nabízejí různé prodejce. Byly uvedeny jejich výhody, nevýhody a možnosti použití. Z těchto poznatků následně vycházela konstrukce vlastní závory na základě zadání. K té byly provedeny důležité výpočty sil působících v mechanismu a na jejich základě početně provedena pevnostní kontrola. V navrhovaném řešení byla snaha o co největší snížení nákladů nákupem již hotových, sériově vyráběných dílů. Tyto součásti byly následně popsány a uvedeny důvody pro jejich výběr. Vzhledem k tomu, že v zadání nebyla specifikována zádržnost, závora není dimenzována pro extrémní podmínky, jako jiné typy bariér uvedené na začátku práce. Nájezdová strana závory bude ta, na které je ukotveno výklopné křídlo. To bude nalakováno výstražnými barvami, aby nedošlo k jeho přehlédnutí při vyklopení. Zvolená konstrukce bude fungovat jako pozemní (bez zapuštění do země) a bude opatřena nájezdovými rampami. Při zavřeném stavu bude zároveň sloužit jako retardér pro snížení rychlosti před vjezdem na hlídaná parkoviště.



Obr. 17 Výsledná podoba závory s krytem pohonu



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992
- [2] Gere J. M. and Timoshenko: Mechanics of materials. Chapman and Hall. Third SI Edition, 1989, ISBN 55-503-79
- [3] Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha 2004
- [4] Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003
- [5] Julina M., Řeřábek A.: Mechanika statika pro školu a praxi. Scientia s.r.o. Praha 2000. ISBN 80-7183-188-3.
- [6] Leinveber J., Lávra P.: Strojnické tabulky. Albra. Úvaly 2003. ISBN 80-86490-74-2.

INTERNET

- [7] *Aproks: Turnikety a závory* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.aproks.cz/pdf/ILRoad-Block.pdf>>
- [8] *Aproks: Turnikety a závory* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.aproks.cz/pdf/ILSpike-Barriers.pdf>>
- [9] *Aproks: Turnikety a závory* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.aproks.cz/pdf/IL-sloup.pdf>>
- [10] *Glob-trade td: Automatická vratové, parkovací a bezpečnostní systémy* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.globetrade.cz/cz/produkty/vjezdove-brany-nabidka.asp>>
- [11] *AUTOGARD: Entrance and parking technology* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.autogard.cz/a11-silnicni-bariera-arb300>>
- [12] *AB ENTRY: Vjezdy a vstupy* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.abentry.cz/katalog/detail/retezove-bariery-CHAIN/chain-a/>>
- [13] *TOS ZNOJMO: Šnekové převodovky* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <http://www.tos-znojmo.cz/produkce/mrt/cz/index_mkt.htm>
- [14] *Siemens: Elektromotory* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/industry/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx>



- [15] *ABB: Koncové spínače* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/91b82ddc9219adf1c1256ed00438e57/\\$file/p50_p70_cz.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/91b82ddc9219adf1c1256ed00438e57/$file/p50_p70_cz.pdf)>
- [16] *BIBUS: Plynové pružiny a tlumiče* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <http://www.bibus.cz/fileadmin/editors/countries/bisro/Produkty/Bansbach/BANSBACH_katalog_CZ.pdf>
- [17] *Hennlich: Přírubová ložiska* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.hennlich.cz/produkty/loziska-a-linearni-vedeni-kloubova-loziska-prirubova-loziska-669/efom.html>>
- [18] *Hennlich: Tlačné pružiny* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <http://www.hennlich.cz/uploads/cz_Tla%C4%8Dn%C3%A9_pru%C5%BEiny_-_tabulky_deltatone_01.pdf>
- [19] *Tyma: Řetězy, převody* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.tyma.cz/files/retezy/Prospekt-ENDURANCE.pdf>>
- [20] *Aproks: Turnikety a závory* [online]. 2012 [cit. 2012-20-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.aproks.cz/pdf/IL-Zavora-ELKA.pdf>>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[m]	velikost svaru na hřídeli
b	[m]	šířka pera
d	[m]	průměr hřídele u pera
D	[m]	průměr hřídele v místě svaru
d ₁	[m]	průměr pod perem
D _k	[m]	průměr ozubeného kola
d _p	[m]	průměr pod perem
F	[N]	obvodová síla na pero
F _p	[N]	reakce v pantech
F _{pr}	[N]	síla předpětí pružiny
F _ř	[N]	síla v řetězu
F _z	[N]	reakce na rameni
F _{zk}	[N]	maximální zvedací síla
G	[N]	tíhová síla
i	[-]	převodový poměr převodovky
k	[N/m]	konstanta pružiny
k _b	[-]	koeficient bezpečnosti
l	[m]	délka pera
l ₁	[m]	rameno síly F _ř
l ₂	[m]	rameno síly F _{pr}
M _h	[Nm]	kroučící moment ovládacího hřídele
M _k	[Nm]	maximální kroučící moment převodovky
M _o	[Nm]	ohybový moment
n ₁	[s ⁻¹]	otáčky elektromotoru



n_2	$[s^{-1}]$	výstupní otáčky převodovky
P	[W]	výkon elektromotoru
p	$[P^a]$	tlak na pero
r	[m]	délka ovládacího ramene
r_1	[m]	rameno ohybového momentu
S	$[m^2]$	plocha pera
S_{sv}	$[m^2]$	průřez svaru
t	[s]	čas zvednutí závory
t_1	[m]	výška pera
W_k	$[m^3]$	průřezový modul ovládacího hřídele pro krut
W_{ksv}	$[m^3]$	kvadratický moment svaru
W_o	$[m^3]$	průřezový modul ovládacího hřídele pro ohyb
y	[m]	dráha stlačení pružiny
η	[-]	účinnost převodovky
σ_o	[Pa]	ohybové napětí u řetězového kola
σ_{RED}	[Pa]	redukované napětí
τ_1	[Pa]	smykové napětí ve svaru rozvidlení
τ_2	[Pa]	smykové napětí ve svaru hřídele
τ_k	[Pa]	smykové napětí v krutu



SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

MECHANICKÁ ZÁVORA

RÁM

SESTAVA HŘÍDELE

ŘETĚZOVÉ KOLO

2-3P24-01

2-3P24-01/01

3-3P24-01/02

4-3P24-01/03