



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NÁVRH MECHANICKÉ ZÁVORY

MECHANICAL BARRIER PROJECT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Kubeš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2016

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Kubeš

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:

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. Shigley J.E., Mischke Ch.R., Budynas R.G.: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
 2. Gere J.M. and Timoshenko: Mechanics of materials. Chapman and Hall. Third SI Edition, 1989, ISBN 55-503-79.
 3. Jancík L.: Části a mechanismy strojů, CVUT Praha, 2004
 4. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003
 5. Julina M., Rerábek A.: Mechanika statika pro školu a praxi. Scientia s.r.o. Praha 2000. ISBN 80-7183-188-3.
1. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/2016.

V Brně dne 12. 11. 2016

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

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



ABSTRAKT

První část bakalářské práce zpracovává analýzu nejpoužívanějších koncepcí zábran pro omezení průjezdu vozidel. Takových, které zajišťují bezpečnost hlídaných parkovišť osobních automobilů. Na základě této analýzy je zhotoven konstrukční návrh silniční bariéry. K tomuto návrhu je přiložen sestavný výkres.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mechanická závora, silniční bariéra, konstrukční řešení, bezpečnostní výpočty.

ABSTRACT

The first part of the thesis analysis is about the most common concepts of barriers which restrict the passage of vehicles. These provide security for parking cars. On the basis of this analysis is made design of road barrier. This proposal is accompanied by the plan.

KEYWORDS

Mechanical barrier, road barrier, structural design, safety calculations.



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUBEŠ, O. *Návrh mechanické závory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 36 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24. května 2013

.....

Ondřej Kubeš



PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi Ph.D. za poskytnuté materiály a věcné podněty pro vypracování této práce. Obzvláště pak musím poděkovat své rodině a přátelům za podporu a poskytnutí vhodných podmínek pro sepsání bakalářské práce.



OBSAH

Úvod	9
1 Rozdělení mechanických zábran	10
1.1 Závora	10
1.2 Brána	11
1.3 Silniční bariéra	12
1.4 Výsuvné sloupy	13
1.5 Výsuvné hroty	13
1.6 Přenosné zábrany	14
2 Zhodnocení jednotlivých konceptů	14
3 Řešení mechanické bariéry	16
3.1 Navržená koncepce bariéry	16
3.2 Použité konstrukční prvky	17
3.2.1 Elektromotor	17
3.2.2 Převodovka	17
3.2.3 Omezovač krouticího momentu	17
3.2.4 Řetězové kolo	18
3.2.5 Řetěz	18
3.2.6 Uzavřený ocelový profil	19
3.2.7 Koncové spínače	19
3.2.8 Pouzdro masivní bronz SKF PBM	20
3.2.9 Bezúdržbová ložisková jednotka SKF	20
3.3 Výpočty	22
3.3.1 Síly namáhající mechanismus	22
3.3.2 Otáčky na hřídeli, převodový poměr řetězového převodu	24
3.3.3 Doba uzavření bariéry	24
3.3.4 Pevnostní výpočty hřídele	25
3.3.5 Kontrola pera na smyk	26
3.3.6 Kontrola na otláčení	26
3.3.7 Kontrola svárového spoje hřídele s klikou	27
3.3.8 Řetězový převod	28
Závěr	30
Seznam použitých zkratk a symbolů	33
Seznam příloh	36



ÚVOD

Regulace a omezení dopravy je dnes nezbytnou součástí provozu komunikací a ploch souvisejících s automobilovou dopravou, jako jsou například parkoviště. Tuto funkci zprostředkovávají zařízení pro regulaci dopravy, která jsou nezbytná pro zpřehlednění provozu, zvýšení bezpečnosti a zabezpečení majetku. Zařízení pro regulaci dopravy zahrnují mechanické zábrany. Tato zařízení uzavírají přístup, omezují průjezd některých typů vozidel, kontrolují kapacitu parkovišť. Důležitá je také jejich funkce při ochraně před zcizením, poškozením majetku nebo v případě teroristické hrozby. Práce se zaměří na tento druh zařízení. Následně budou tyto mechanické zábrany rozděleny dle funkce, druhu pohybu či zádržné schopnosti. Po porovnání základních druhů mechanických zábran bude vybrán typ, který svými parametry nejvíce odpovídá zadání. Na základě zvoleného typu bude vypracováno koncepční řešení včetně nezbytných výpočtů silových působení a pevností vybraných dílů. Budou popsány veškeré hlavní součásti použité ze sériové výroby a jejich volba bude zdůvodněna. Práce bude obsahovat sestavný výkres a detailní výkresy zvolených součástí. V této práci budou posuzovány možnosti daného zařízení pro další komplexnější rozbor konceptu.



1 ROZDĚLENÍ MECHANICKÝCH ZÁBRAN

Mechanické zábrany se dají rozdělit podle několika kritérií. Podle typu pohonu můžeme hovořit o zábraně poháněné manuálně, nebo za pomoci motoru. Nejčastěji používané motory jsou elektromechanické nebo elektrohydraulické. Vyskytují se i zábrany poháněné pneumatically, v praxi však na ně téměř nenarazíme. U všech typů motorem poháněných zábran existuje alternativa ručního pohonu pro případ havarijního stavu či výpadku elektrické energie. Dále se mohou tato zařízení dělit podle míry schopnosti zadržet vozidlo. Zařízení s nulovou fyzickou schopností zadržet vozidlo má funkci čistě psychologickou. Na dalším stupni jsou zařízení s nízkou fyzickou schopností zadržet vozidlo, která zastaví většinu osobních automobilů. Na nejvyšším stupni jsou zařízení schopná fyzicky zastavit nákladní automobil či jinou těžkou techniku. Tyto kategorie se liší v závislosti na parametrech daného výrobce. V neposlední řadě se dají rozdělit podle konstrukce na brány, závory s ramenem, silniční bariéry, výsuvné sloupy, výsuvné hroty a další atypické zábrany.

1.1 ZÁVORA

Mezi nejčastější mechanické zábrany na komunikacích patří závory. Závory jsou používány na parkovištích nebo na celních branách pro automatickou obsluhu řidičů, na železničních přejezdech pro omezení vjezdu na kolejovou trať. Dále se používají při vjezdech do areálu pro kontrolu pohybu vozidel. Závory jsou kombinovány s čipovými systémy pro identifikaci vozidla, popřípadě řidiče. Většina zařízení tohoto typu plní pouze funkci omezovací, případně výstražnou a nemá sloužit k fyzickému zadržení vozidla. Zařízení nejsou konstruována tak, aby zamezila průjezdu vozidla silou. Pravděpodobně největším nejznámějším zástupcem tohoto zařízení jsou závory na železničních přejezdech, které jsou konstruovány tak, aby se zlomily a umožnily průjezd vozidla zablokovaného na železničním přejezdu. Tuto schopnost má i velká část ostatních závor, a to z důvodu menšího poškození vozidla v případě neúmyslného najezení do ramene závory.

Existuje i několik typů závor, které mají skutečnou zádržnou schopnost. Jsou testovány například na zamezení průjezdu nákladního automobilu do patnácti tun. Dlouhé rameno, které je základním rysem závory, musí být velice masivní, aby zastavilo vozidlo, to zvyšuje nároky na pohon a celou konstrukci. Z tohoto důvodu se v praxi vyskytuje málo zařízení tohoto typu.

Závory se dají dělit podle způsobu pohonu na elektromechanické, hydraulické a manuální. V dnešní době se nejčastěji používají závory elektromechanické, jejichž pohon je realizován elektromotorem. Každá závora má pro případ výpadku či poruchy pohonu možnost manuálního ovládní. Přístup k manuálnímu ovládní většiny běžně používaných závor bývá zabezpečen zámkem proti zneužití. U závory s hydraulickým pohonem je pohyb zajišťován pomocí pístu.

Důležitým prvkem je i délka ramene závory. Rozměry závor jsou přizpůsobeny šířce komunikace. Na trhu je možné pořídit nejrůznější délky ramen, nejčastěji jde o délky 3 a 5 m metrů. Některá ramena mohou být dlouhá až 9 m. Délka závory může být komplikací například v podlažních parkovištích, a to vzhledem k výšce stropu nebo kontrolní brány. Tento problém je kompenzován kloubovým ramenem.

Závory jsou často kombinovány s dalšími typy zádržných zařízení, jako jsou silniční bariéry a výsuvné hroty. Součástí zařízení závory bývají čidla pohybu, například aby se automatická závora nespustila na projíždějící vozidlo. Dále se k závorám připojují různé druhy výstražných zařízení, jako jsou semaforey či majáky.[9][12]



Obr. 1 Elektromechanická závora

1.2 BRÁNA

Jedná se o nejčastější zabezpečení vjezdů na soukromé pozemky a větší areály. Nehodí se pro velkou frekvenci provozu. V případě, že je nutné zajistit větší frekvenci průjezdu v denních hodinách a zároveň zvýšenou bezpečnost v nočních hodinách, jsou brány kombinovány se závorou. Jedná se o velice dobrou alternativu zabezpečení objektu. Brány zabezpečují objekt jak proti vjezdu všech typu vozidel, tak i proti neoprávněnému vstupu osob a zvířat.

Vyrábí se několik typů vjezdových bran. Všechny tyto typy se dají ovládat manuálně nebo pohonem motoru. Jedním z nejčastějších typů jsou otočné brány. Skládají se z jednoho nebo dvou křídel, která se otáčejí na pantech zasazených do zdi či nosného sloupku. Při volbě otočné brány musí být přihlédnuto k tomu, zda se křídla otevírají před, nebo za oplocení. Dalším typem jsou výsuvné pojezdové brány, které se zasouvají podél ohrazení. Pohyb je veden kolečkem či kolečky po kolejnici. Tento typ je náročnější na údržbu, jelikož je kolejnice náchylná na zanášení nečistot. Na podobném principu fungují i samonosné brány, které se zasouvají podél ohrazení. Vedení je realizováno v C profilu, který je součástí pojezdového křídla. Kolečka, která vedou křídlo brány, jsou zakotvena do základu komunikace. Konstrukce lépe odolává vnějším vlivům (štěrka, sníh), jelikož vedení není závislé na stavu kolejnice. Tyto brány však musí být vyváženy protizávažím, aby pojezdová kolečka nemusela vyrovnávat velký moment vzniklý hmotností a délkou křídla před kolečky. Oba typy bran potřebují dostatečný prostor za sloupkem pro vysunutí křídla. Tento prostor může být redukován při použití teleskopických křídel, která ve stavu otevření průjezdu zabírají například jen jednu třetinu své délky.

Všechny brány jsou zajištěny proti výpadku proudu tak, že se dají odpojit od pohonu a ovládat manuálně. Brány, u kterých je pohon realizován některým druhem motoru, jsou často doplněny světelným majákem. Toto opatření zlepšuje bezpečnost brány, nedochází tak k vjezdu vozidla do právě zavírající se brány. Kompletní systémy motorem ovládaných vrat obsahují i čidla pro zjištění průchodnosti uzavírané oblasti z důvodu zamezení poškození či poranění od pohybující se brány.[11][12]



Obr. 2 Brána s bočním posuvem na kolejnici.

1.3 SILNIČNÍ BARIÉRA

Jedná se o zařízení, které se vysunuje z vozovky, a proto jsou zpravidla doplněny majákem, závorou či semaforem. Neumožňují průjezd dvoustopých ani jednostopých vozidel. Používají se v mnoha variantách a velikostech. Některé typy silničních bariér jsou tak odolné, že neztrácejí svou funkci ani po střetu s vozidlem. Díky své robustní konstrukci a velké zadržovací schopnosti bývají často zařazeny do kategorie protiteroristické obrany. Největší typy jsou schopné zadržet plně naložený nákladní automobil, nebo dokonce některé druhy těžké vojenské techniky.

Nejdůležitějším kritériem u silničních bariér je jejich zádržná schopnost, která je částečně ovlivněna velikostí daného zařízení. Menší bariéry, zhruba do padesáti centimetrů výšky, jsou určeny pro běžnější použití, jako je uzavření pěších zón či parkovacích míst. Větší zařízení s větší zádržnou schopností se používají například u vjezdů do vládních budov, elektráren, průmyslových, vojenských a dalších objektů. Tato zařízení bývají certifikována podle PSSA (Perimeter Security Suppliers Association), standardů Spojeného království Velké Británie a Severního Irsku. Tyto standardy jsou testovány vozidly o hmotnosti 6810 kg. Testy jsou prováděny v několika rychlostech, 48km/h, 65km/h a 80 km/h. U těchto bezpečnostních bariér je také požadavek na dobu otevírání pro rychlé zabezpečení objektu. Časy uzavření průjezdu u těchto bariér se pohybují v rozmezí 2 až 5 sekund. Silniční bariéry jsou poháněny elektromotorem nebo hydraulicky. Pro případ defektu i výpadku proudu je zajištěna možnost uzavření nebo otevření manuálně pomocí kliky. [10] [12]



Obr. 3 Silniční bariéra[9]

1.4 VÝSUVNÉ SLOUPY

Stejně jako silniční bariéra se toto zařízení zasouvá na úroveň vozovky. Vzhledem ke konstrukci nemá toto zařízení vhodnou zádržnou schopnost pro jednostopá vozidla. Jedním z důležitých parametrů je to, že zařízení neomezuje průchod chodců danou oblastí, je proto často využíváno na pěších zónách, v historických centrech a náměstích, kde je žádoucí omezený pohyb vozidel s určitými výjimkami (např. zásobování, vozidla záchranných a bezpečnostních složek). Vzhledem k místům využití jsou často tyto sloupky řešeny i po estetické stránce. Některé druhy se využívají obdobně jako silniční bariéry a také splňují jejich požadavky na zabezpečení průjezdu. Pohon je realizován převážně hydraulicky. Výsuvné sloupky musí být zajištěny proti výpadku proudu, proto se dají zasunout nebo vysunout vždy i manuálně. Klika je zapojena k mechanismu přes otvor ve vrchní části sloupku. Jedná se o zařízení, která jsou jen výjimečně označována světelnou signalizací.[12]



Obr. 4 výsuvný sloup regulaci dopravy [12]

1.5 VÝSUVNÉ HROTY

Výsuvné hroty mají za úkol při pokusu o přejetí této bariéry dostat vozidlo do nepojízdného stavu. Podle délky výsuvných hrotů jde o poškození pneumatik, nebo dokonce celé přední nápravy. Jedná se o podobný systém jako u silničních bariér a výsuvných sloupů. Když je vozovka průjezdná, jsou hroty zasunuty v úrovni vozovky. Pohon je realizován



elektromotorem nebo hydraulicky. S tímto zařízením se můžeme setkat nejčastěji na státních hranicích. Některé druhy patří k zařízením na ochranu majetku a životů před teroristickými útoky.[13]



Obr. 5 Vysuvné hroty[15]

1.6 PŘENOSNÉ ZÁBRANY

Přenosné zábrany se dají rozdělit podle druhu upevnění na zábrany připevněné nějakým druhem rozebratelného spoje (např. šrouby) a na zábrany neupevněné, u kterých je jejich zádržná schopnost určena jejich hmotností. Jsou vyráběny z oceli, železobetonu i plastu. Nejčastěji se setkáváme se zábranami plotovými s ocelovou konstrukcí a železobetonovými zábranami.

2 ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KONCEPTŮ

Všechna řešení by se dala při jisté míře modifikace použít a upravit pro naše parametry. Přesto by většina těchto modifikací narušila některé parametry charakteristické pro dané zařízení. Ze zadání vyplývá, že hlavním účelem vybraného zařízení má být schopnost zadržet vozidlo na parkovacím místě. Jedná se o ochranu majetku, v tomto případě automobilu či motocyklu. Hlavní důraz je tedy kladen na zadržení vozidla, a topři zajištění co možná nejmenšího poškození tohoto vozidla v případě pokusu o nedovolenou manipulaci s ním. Dále musí svou schopností zajistit zadržení většiny druhů motorových vozidel včetně jednostopých motocyklů.

Závora nevyhovuje dvěma požadavkům, a to že nesplňuje výšku 400 mm nad zemí v uzavřené poloze a nemá potřebnou zádržnou schopnost. Závory s ramenem jsou vždy konstruovány tak, aby byly pohodlně, jasně a bezpečně vidět z pozice řidiče vozidla. Závory nejsou ve své podstatě určeny k zadržení vozidla silou, nýbrž jsou pouze výstražným nebo omezujícím prvkem dopravy.

Brány mají většinu parametrů vyhovujících zadání. Vyhovují v šířce uzavření a mají schopnost zadržet i jednostopá vozidla. Ovšem tradiční koncepce brány nevyhovuje zadání ve výšce uzavření. Brány jsou nejčastěji koncipované tak, aby zamezily vstupu i osobám. Proto jejich výška přesahuje zadané parametry. Jedná se o zařízení, která po modifikaci vyhovují zadání ve všech ohledech. Vzhledem k šířce uzavíraného prostoru by ovšem výsuvná brána byla náročnější na prostor. A dále by její uzavření, respektive otevření bylo časově náročnější než například vysunutí mechanické bariéry. Tyto parametry ale nejsou součástí zadání.



Výsuvné bodce nevyhovují zadání. Základní funkcí tohoto zařízení je poškození vozidla tak, aby nebylo schopné pohybu. Po najetí na tuto bariéru může dojít k uzavření a blokování průjezdu. Lépe se hodí k ochraně objektu či zamezení průjezdu. Zadání je koncipováno pro ochranu samotného vozidla, a to je v tomto případě v rozporu se základním principem daného zařízení.

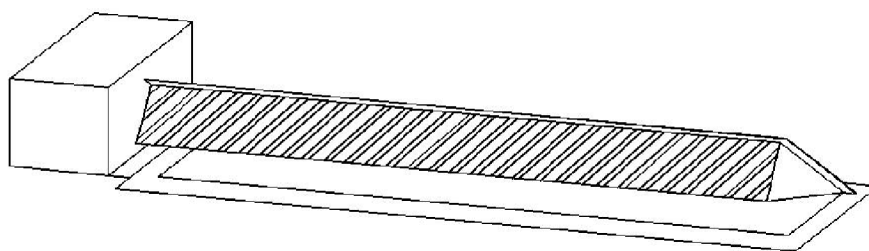
Výsuvné sloupy jsou další zvažovanou alternativou splňující parametry velikosti zábrany a četnosti jejich používání. Předmětem zadání je vytvoření zábrany pro hlídané parkoviště osobních vozidel. Z povahy hlídaného parkoviště vyplývá, že zde mohou být umístěna i jednostopá vozidla. Vzhledem k absenci zádržné schopnosti jednostopých vozidel je tato koncepce nevhodná.

Přenosné zábrany nejsou pevně uchyceny k vozovce, a proto jsou pro dlouhodobé užívání nevhodné. K manipulaci s přenosnými zábranami je nutná obsluha zaškoleného pracovníka, která je při větším provozu parkoviště časově náročná a nepraktická.

Silniční bariéra je pro zadání nejvhodnější. Druh zadržení zaručuje co možná nejmenší poškození vozidla a tím újmy na majetku. Způsob uzavření, respektive otevření bariéry je vhodný pro zadanou výšku.



3 ŘEŠENÍ MECHANICKÉ BARIÉRY



Obr. 6 Koncept mechanické zábrany

3.1 NAVRŽENÁ KONCEPCE BARIÉRY

Základní funkcí tohoto zařízení je vyklopení křídla z nulové polohy v úrovni vozovky do polohy uzavřeno. V poloze uzavřeno výklopné křídlo svírá s vozovkou úhel 50° . V této poloze bariéra uzavírá průjezd. Pro tento druh bariéry jsou nutné stavební úpravy podkladu, včetně přípravy betonového základu pro základnu rámu. Pod úrovní vozovky je uložena část mechanismu v plechové skříni. Tato skříň se skládá z rámu, který je tvořen U profily zakrytovanými plechem. V rámu jsou umístěny panty pro výklopné křídlo. V pantech jsou zasazena luzná bronzová pouzdra. Tyto panty jsou v rámu zajištěny závitovou tyčí a šestihrannou maticí s plochou kruhovou podložkou. Obdobným způsobem jsou v rámu zajištěna i stojanová ložiska. Ve stojanových ložiscích je umístěn hnací hřídel. K tomuto hnacímu hřídeli jsou přivařena dvě první výklopná ramena. Na tato první ramena jsou připojena druhá ramena. Na opačném konci těchto druhých výklopných ramen jsou čepy, které připojují celou soustavu výklopných ramen k výklopnému křídlu. Celý tento pákový mechanismus převádí pohyb otáčení hřídele na vysunutí výklopného křídla bariéry. Na hnací hřídel je připojena vačka, která pomocí koncových spínačů vymezuje natočení hnacího hřídele a vyklopení křídla bariéry. Krouticí moment je na hřídel přenášen přes ozubené kolo a řetěz z momentové spojky. Momentová spojka zajišťuje ochranu motoru před přetížením v případě zablokování výklopného křídla. Momentová spojka je připojena ke šnekové převodovce. Šneková převodovka zajišťuje zvětšení krouticího momentu přicházejícího z motoru. Krouticí moment je dostatečný pro pohyb ramen na hřídeli a otáčky jsou dostatečně malé. Svou samosvorností zajišťuje šneková převodovka křídlo ve vyklopené poloze. Pro tuto mechanickou bariéru je zvolena šneková převodovka s druhým vstupním hřídelem, který bude sloužit pro připojení kliky na nouzovou manipulaci s bariérou v případě odpojení elektrické energie. Tato klika je odnímatelně připojena šestihranem na vstupní hřídel šnekové převodovky. Tento šestihran je umístěn pod krytem motoru a je chráněn uzamykatelnou krytkou proti zneužití. Na jednostupňovou převodovku je připojen třífázový elektromotor jako primární zdroj krouticího momentu. Motor je k převodovce připojen velkou přírubou. Převodovka je zajištěna na základním rámu závitovou tyčí a šestihrannou maticí s plochou kruhovou podložkou. Tento rám je svařen z materiálu o průřezu U. Na rám je přivařen plechový kryt s výklopným víkem. Rám je k podkladu připevněn závitovou tyčí a šestihrannou maticí s plochou kruhovou podložkou a chemickou kotvou.



3.2 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY

3.2.1 ELEKTROMOTOR

Jako pohon byl zvolen třífázový elektromotor MS 100 LA8 přírubový s osmi póly. Tento motor má výkon 0.75 kW, otáčky 680 min^{-1} . Byl zvolen motor v přírubovém provedení pro snadnou montáž k převodové skříni. Jedná se o velkou přírubu B5 kompatibilní s použitým typem převodovky.[4]



Obr. 7 Třífázové elektromotory bez příruby, s malou přírubou B14 a velkou přírubou B5[4]

3.2.2 PŘEVODOVKA

Pro tento koncept byla zvolena převodovka MR75 - NMRV075. Jedná se o jednostupňovou šnekovou převodovku. Tato šneková převodovka má převodový poměr $i=80$. Její konstrukce je s velkou přírubou B5, pro snadné spojení s elektromotorem. Materiál této převodovky je hliník, takže bude mít lehkou konstrukci. Je zvolen typ převodovky s druhým vstupním hřídelem, který bude využit pro umístění kliky v případě výpadku proudu či poruše motoru pro manuální ovládání křídla mechanické bariéry.[5]



Obr. 8 Šneková převodovka [4]

3.2.3 OMEZOVAČ KROUTICÍHO MOMENTU

Jedná se o kompaktní zařízení kontrolující přenášený krouticí moment. V případě, že by se na uzavřené zábraně nacházel cizí předmět nebo by zábrana byla jinak zablokovaná, například



z důvodu poruchy, tento konstrukční prvek by přerušil přenos krouticího momentu z motoru. Zařízení je namontováno přímo na výstupní hřídel převodovky tak, aby bylo schopné zamezit poškození, které by bylo způsobené přetížením ve zbytku mechanismu. Tato zařízení mají nastavitelný krouticí moment, který přenášejí. Jde o variantu kuličkového omezovače s řetězovým kolem. Síla je přenášena pomocí kuliček a upraveného řetězového kola. K prokluzu omezovače dochází při překročení přednastaveného krouticího momentu. Pro mechanickou zábranu byl zvolen typ EDF 3.115 od firmy ComInTec, který má rozsah 50 až 580Nm s řetězovým kolem typu 1"Z17. [16]



Obr. 9 Omezovač krouticího momentu [16]

3.2.4 ŘETĚZOVÉ KOLO

Je vybráno řetězové kolo 1"x17,02 16B-1 od firmy CHIARAVALLI CZ. s. r. o., které je určeno k okamžité montáži s dírou $\varnothing 50$ mm a otvory M12 pro stavěcí šrouby. Pro zvýšení životnosti a lepší funkce řetězového obvodu je ozubené kolo opatřeno indukčně tvrzenými zuby na HRC 45÷53.[21]



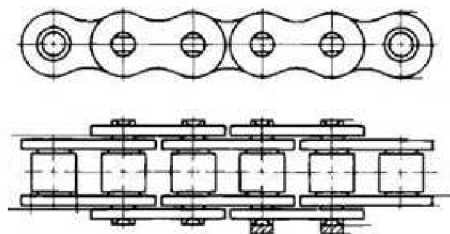
Obr. 10 Řetězové kolo [21]

3.2.5 ŘETĚZ

Válečkový řetěz Biathlon byl zvolen k přenosu krouticího momentu mezi hřídelem vystupujícím z převodovky a hřídelem zajišťujícím otevření, respektive uzavření křídla zábrany. Jedná se o válečkový řetěz jednořadý označený 16 B-2 BI, 1"Z17 od společnosti WIPPERMANN. U řetězu je garantována síla potřebná k přetržení 140 kN. Řetěz je zvláště



odolný při stavu bez dostatečného mazání díky svému speciálnímu povlaku. Pro tyto řetězy je možné používat standardní řetězová kola.[8]



Obr. 11 Jednořadý řetěz [8]

Rozteč řetězu	25,4 [mm]
Vnitřní šířka řetězu	17,02 [mm]
Šířka vnitřního článku	25,40 [mm]
Průměr čepu řetězu	8,28 [mm]
Průměr válečku řetězu	15,88 [mm]
Výška desky	21,00 [mm]
Síla při přetržení	140,0 [kN]
Hmotnost jednoho metru délky	5,3 [kg/m]

Tab. 1 Parametry řetězu [8]

3.2.6 UZAVŘENÝ OCELOVÝ PROFIL

Tyto uzavřené ocelové profily byly použity pro celý rám výklopného křídla zábrany. Jedná se o profily s obdélníkovým průřezem (50x30x3) mm vyrobené z materiálu 11375 se zaručenou svařitelností a pevností v tahu.[7]

3.2.7 KONCOVÉ SPÍNAČE



Při otevírání, respektive uzavírání výklopného křídla budou užity koncové spínače pro vymezení koncových poloh výklopného křídla. Jedná se o spínače Ersce E100-00-EM, které mají rameno s kladkou. Polohu natočení hřídele bude zprostředkovávat vačka umístěná na tomto hřídeli.[17]



Obr. 12 Koncový spínač [17]

3.2.8 POUZDRO MASIVNÍ BRONZ SKF PBM

Jedná se o kluzné pouzdro vyrobené z masivního cínového bronzu, které bude tvořit kluzné plochy v pantech výklopného ramena a zároveň bude sloužit k uložení hřídele v držácích. Je vhodné pro náročná uložení a nepříznivé provozní podmínky při teplotě od -40 do +150 °C. Pouzdro odolává nečistotám, při nízkých otáčkách rázovému zatížení a vibracím, umožňuje použití hřídele s hrubě opracovaným povrchem, nepodléhá korozi. Pouzdro je vhodné především pro kývavé pohyby, nehodí se pro rotační pohyb při středních a vysokých otáčkách. Parametry výklopného křídla vyhovují navrženým pracovním podmínkám pro tento prvek, především pouze kyvný pohyb při vyklápění zábrany a nepříznivé provozní podmínky očekávané v konstrukci, která bude ležet pod hladinou vozovky. Odolnost proti rázům je vítaná ve fázi, kdy vozidlo projíždí přes zaklopenou bariéru. [14]

3.2.9 BEZÚDRŽBOVÁ LOŽISKOVÁ JEDNOTKA SKF

Stojanová ložiska FSE 513-611 od firmy SKF byla zvolena pro jednoduchou montáž k rámu zábrany. Jsou připravená k okamžité montáži. Již z výroby mají správnou vůli, jsou naplněna plastickým mazivem a utěsněna. Jsou chráněna proti znečištění při provozu i při montáži. Je možné je montovat na běžné hřídele. Běžně jsou používána pro aplikace v pásových dopravnících, zemědělské a lesní stroje, lehká kolejová vozidla, jednotky průmyslové vzduchotechniky a další. Pouzdro ložiska je z šedé litiny. Hřídel v tomto ložisku je upevněn pomocí fixačních šroubů na vnitřním prstenci. Tato ložiska jsou schopná vyrovnat chyby v sousostí na hřídeli. Jejich statická nosnost je v 11 000 N, což je pro účely tohoto zařízení postačující.[19][20][21]



Obr. 13 Stožanové ložisko[20]

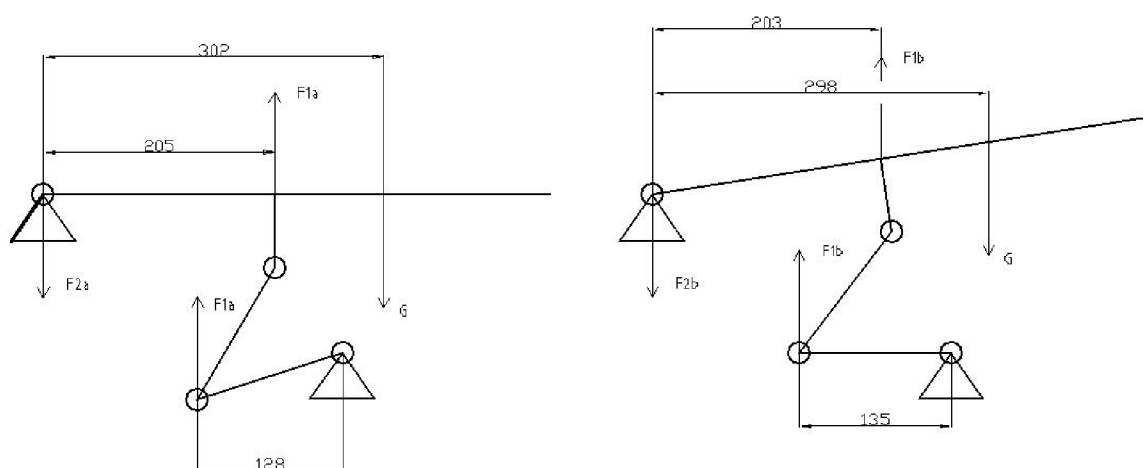


3.3 VÝPOČTY

Pevnostní a bezpečnostní výpočty budou vycházet ze silového rozložení na výklopné křídlo. Nejprve budou zhotoveny silové poměry a následně bude soustava posouzena na bezpečnost v nejdůležitějších parametrech pro zvolené typy materiálů.

3.3.1 SÍLY NAMÁHAJÍCÍ MECHANISMUS

Nejprve je získána síla potřebná k zvednutí křídla. Z této síly vychází krouticí moment, který zatěžuje hřídel a dále určuje parametry převodovky. Z rozložení jednotlivých profilů bylo stanoveno těžiště celého křídla zábrany. Do tohoto bodu byla pro zjednodušení umístěna síla představující hmotnost zábrany.



Obr. 14 Silové poměry na křídlo bariéry v poloze a, b

m_k – hmotnost křídla bariéry, G – tíhová síla křídla, F_1 , F_2 – reakce, F_{1a} – reakce v poloze a, F_{2b} – reakce v poloze b

$$m_k \cong 134 \text{ kg}$$

$$G = m_k \cdot g \tag{1}$$

$$G = 134 \cdot 9.81 = 1315 \text{ N}$$

$$G = F_1 + F_2 \tag{2}$$

$$F_{1a} = \frac{302 \cdot G}{205} = \frac{302 \cdot 1315 \text{ N}}{205} = 1937 \text{ N}$$

$$F_{1b} = \frac{298 \cdot G}{203} = \frac{298 \cdot 1315 \text{ N}}{203} = 1930 \text{ N}$$



Dále je pro výpočet silových poměrů používán $F_1 = F_{1A} = 1937N$.

Reakce této síly působí také na rameno pákového mechanismu zábrany a dále určuje krouticí moment na pohonný hřídel. Velikost ramene síly se v průběhu otevírání respektive zavírání zábrany mění, proto je zvolena maximální hodnota velikosti ramene.

$$M_h = F_1 \cdot r_p \quad (3)$$

$$M_h = 1937 \cdot 0,135 = 261Nm$$

r_p – rameno, které může tvořit krouticí moment, M_h – moment vyvolaný na hřídeli od pákového mechanismu

Rameno momentu na hřídeli se při otevírání mění, proto byla vybrána poloha s největším možným ramenem, a tudíž momentem.

Z maximálního krouticího momentu od křídla zábrany M_h je získána maximální síla působící na řetěz F_r .

$$F_r = \frac{2M_h}{D_z} \quad (4)$$

$$F_r = \frac{2 \cdot 261Nm}{0,20266m} = 2576N$$

D_z – průměr řetězového kola, F_r – maximální síla působící na řetěz

Krouticí moment získaný na výstupním hřídeli převodovky:

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

$$M_k = \frac{2,2kW \cdot 0,52 \cdot 80}{2\pi \cdot 15,66s^{-1}} = 929Nm$$

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

Krouticí moment získaný na výstupu z převodovky je dostatečný a pokryje moment potřebný pro natočení hřídele zprostředkujícího otevření, respektive uzavření křídla zábrany.

KROUTICÍ MOMENT NASTAVENÝ NA MOMENTOVÉ SPOJCE

Dále je zjištěn krouticí moment nastavený na momentové spojce, při kterém spojka prokluzuje. Moment vyvolaný na hřídeli od pákového mechanismu je navýšen o 5 %.

$$M_s = M_k \cdot 1,05 \quad (6)$$

$$M_s = 261N \cdot 1,05 = 274,1Nm$$

M_s – minimální hranice krouticí moment pro rozpojení momentové spojky

**3.3.2 OTÁČKY NA HŘÍDELI, PŘEVODOVÝ POMĚR ŘETĚZOVÉHO PŘEVODU**

Řetězové kolo na hřídeli má jinou velikost a počet zubů než omezovač krouticího momentu na výstupu z převodovky. Proto je nutné zjistit převodový poměr tohoto řetězového převodu a výsledné otáčky na hřídeli.

$$i_{\check{r}} = \frac{z_2}{z_1} \quad (7)$$

$$i_{\check{r}} = \frac{25}{17} = 1,47$$

$i_{\check{r}}$ – převodový poměr řetězového převodu, z_2 – počet zubů řetězového kola, z_1 – počet zubů na omezovači krouticího momentu

$$n_m = 940 \text{ min}^{-1} = 15,66 \text{ s}^{-1}$$

$$n_p = \frac{n_m}{i} \quad (8)$$

$$n_p = \frac{15,66 \text{ s}^{-1}}{80} = 0,196 \text{ s}^{-1}$$

$$n_v = \frac{n_p}{i_{\check{r}}} \quad (9)$$

$$n_p = \frac{0,196 \text{ s}^{-1}}{1,47} = 0,133 \text{ s}^{-1}$$

n_p – otáčky na výstupu z převodovky, n_v – otáčky na výstupu z řetězového převodu

3.3.3 DOBA UZAVŘENÍ BARIÉRY

Čas potřebný pro samotné uzavření křídla mechanické bariéry. V tomto výpočtu není zahrnut rozběh motoru. Z tohoto důvodu bude celkový čas zhruba o dvě sekundy delší. Předpokládané natočení hřídele k uzavření zábrany je 90° , tj. $0,25 \text{ ot}$.

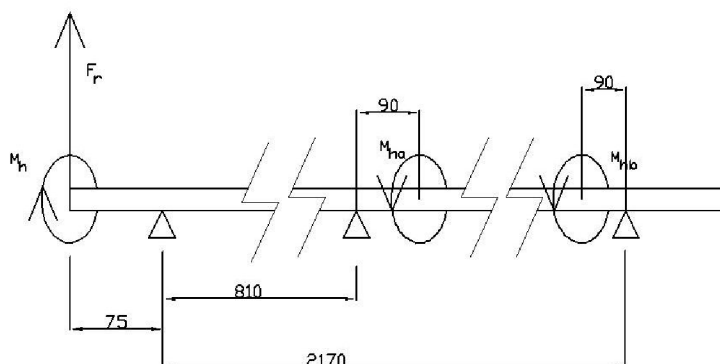
$$t = \frac{0,25}{n_p} \quad (10)$$

$$t = \frac{0,25}{0,133 \text{ s}^{-1}} = 1,9 \text{ s}$$

t – čas otevření závory



3.3.4 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY HŘÍDELE



Obr. 15 Silové poměry na hřídel

Pakliže máme zjištěny silové účinky působící na namáhané díly, je nutné provést kontrolu pevnosti daných součástí.

Kontrola výstupního hřídele převodovky není provedena, jelikož zatížení spadá do tabulkových hodnot výrobce.

Kontrola pevnostního výpočtu hřídele je provedena pro místo s drážkou pro pero. Jedná se o nejvíce oslabené místo.

$$\alpha_K = 4$$

$$\tau_k = \frac{M_h}{W_k} = \frac{16 \cdot M_h}{\pi \cdot d_h^3} \quad (11)$$

$$\tau_k = \frac{16 \cdot 261 \text{ Nm}}{\pi \cdot 50 \text{ mm}^3} = 11 \text{ MPa}$$

τ_k – napětí v krutu,

$$\tau_{kmax} = \alpha_K \cdot \tau_k \quad (12)$$

$$\tau_{kmax} = 4 \cdot 11 \text{ MPa} = 44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F_r \cdot l_1}{\pi \cdot d_h^3} \quad (13)$$

$$\sigma_o = \frac{32 \cdot 2576 \text{ N} \cdot 75 \text{ mm}}{\pi \cdot 50 \text{ mm}^3} = 16 \text{ MPa}$$

l_1 – rameno momentu, d_h – průměr pod perem, σ_o – napětí v ohybu, M_o – ohybový moment, W_o – průřezový moment v ohybu, α_K – tvarový součinitel



$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_0^2 + 3 \cdot \tau_k^2} \quad (14)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{16^2 + 3 \cdot 44^2} = 78 \text{MPa}$$

σ_{red} – redukované napětí

Hřídel vyrobený z materiálu 11700 má mez kluzu je 355MPa. Proto vyhovuje s vysokou bezpečností.

3.3.5 KONTROLA PERA NA SMYK

$$F_p = \frac{2M_h}{d} \quad (15)$$

$$F_p = \frac{2 \cdot 261 \text{Nm}}{50 \text{mm}} = 10440 \text{N}$$

F_p – síla působící na pero na povrchu hřídele, d – průměr hřídele

Pera jsou vyráběna z oceli 11 600 s mezí kluzu $R_e = 340 \text{MPa}$, dle teorie měrné energie napjatosti změny tvaru je mez kluzu:

$$R_s = 0,577 R_e \quad (16)$$

$$R_s = 0,577 \cdot 340 \text{MPa} = 196 \text{MPa}$$

Předpokladem pro kontrolu statické pevnosti je rovnoměrné rozložení smykového napětí po jeho průřezu. [1] str. 1080

$$\frac{R_s}{k_p} = \frac{F_p}{b l_p} \quad (17)$$

$$l_{p1} = \frac{F_p \cdot k_p}{R_s \cdot b} = \frac{10440 \text{N} \cdot 3}{196 \text{MPa} \cdot 16 \text{mm}} = 10 \text{mm}$$

l_{p1} – minimální délka pera v případě smyku, R_s – mez kluzu ve smyku, b – šířka pera, k_p – návrhový součinitel

3.3.6 KONTROLA NA OTLAČENÍ

Kontrola na tlak mezi bokem drážky hřídele a perem.

$$p_D = 0,6 p_0 = 0,6 \cdot 150 \text{MPa} = 90 \text{MPa} \quad [1] \text{ str. 1081}$$

$$p_h = \frac{F_p}{S_h} = \frac{F_p}{(l_{p2} - b) t_h} \leq p_D \quad (18)$$

$$l_{p2} = \frac{F_p}{p_D t_h} + b$$

$$l_{p2} = \frac{10440 \text{N}}{90 \text{MPa} \cdot 6,2 \text{mm}} + 10 \text{mm} = 29 \text{mm}$$



p_D – dovolený tlak na bocích drážek, p_h – tlak na bok drážky v hřídeli, S_h – boční ploch drážky v hřídeli, l_{p2} – minimální délka pera v případě otláčení v hřídeli, t_h – hloubka drážky v hřídeli

Kontrola mezi bokem drážky v náboji a perem. [1] str. 1081

$$p_n = \frac{F_p}{S_n} = \frac{F_p}{t_n \cdot (l_{p3} - b)} \leq p_D \quad (19)$$

$$l_{p3} = \frac{F_p}{p_D t_n} + b$$

$$l_{p3} = \frac{10440N}{90MPa \cdot 3,8mm} + 10mm = 41mm$$

p_n – tlak na bok drážky v náboji, S_n – boční ploch drážky v náboji, l_{p3} – minimální délka pera v případě otláčení v náboji, t_n – hloubka drážky v náboji

Je zvoleno pero délky $l_p = 45mm$, jedná se o nejbližší větší rozměr vyráběných per.

3.3.7 KONTROLA SVÁROVÉHO SPOJE HŘÍDELE S KLIKOU

[1] str. 530

$$S_s = 1,414\pi z r_h \quad [1] \text{ str. 516} \quad (20)$$

$$S_s = 1,414\pi \cdot 6mm \cdot \frac{50mm}{2}$$

S_s – účinný průřez koutového sváru, r_h – poloměr hřídele, z – šířka koutového sváru

$$J_{zu} = \pi r_h^3 \quad [1] \text{ str. 516} \quad (21)$$

$$J_z = 0,707z J_{zu} \quad (22)$$

J_{zu} – jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu, J_z – celkový kvadratický moment účinného průřezu

$$\tau_1 = \frac{F r_n}{\frac{k_r}{S_s}} \quad (23)$$

$$\tau_1 = \frac{\frac{1937N}{2}}{1,414\pi \cdot 5mm \cdot \frac{50mm}{2}} = 1,74MPa$$

τ_1 – smykové napětí od posouvající síly, k_r – počet ramen na hřídeli

$$\tau_2 = \frac{\frac{F r_n r_p}{k_r}}{\frac{J_z}{r_h}} \quad (24)$$



$$\tau_2 = \frac{1937N \cdot 135mm \cdot \frac{1}{2}}{\frac{0,707 \cdot 5mm \cdot \pi \cdot \frac{50}{2}mm}{25}} = 11,77MPa$$

τ_2 – smykové napětí od ohybového momentu

$$\tau_c = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} \quad (25)$$

$$\tau_c = \sqrt{1,74^2 + 11,77^2} = 11,90MPa$$

τ_c – výsledné smykové napětí ve svaru

$$k_{ks} = \frac{R_s}{\tau_c} = \frac{196MPa}{11,90MPa} = 16,5$$

k_{ks} – koeficient bezpečnosti sváru hřídele s ramenem

Svar pracuje s vysokou bezpečností.

3.3.8 ŘETĚZOVÝ PŘEVOD

OBVODOVÁ RYCHLOST ŘETĚZOVÝCH KOL

$$v_{\dot{\gamma}} = \pi \cdot D_z \cdot n_p \quad (26)$$

$$v_{\dot{\gamma}} = \pi \cdot 0,20266m \cdot 0,196s^{-1} = 0,04m \cdot s^{-1}$$

$v_{\dot{\gamma}}$ – obvodová rychlost řetězového kola

Řetězové kolo se pohybuje rychlostí menší než $3 m \cdot s^{-1}$ proto jeho mazání bude zajištěno pouze manuálně olejem.

KONTROLA ŘETĚZU DYNAMICKÁ

$$Y=2 \quad [24] \text{ str. 13}$$

$$K_{\dot{\gamma}} = \frac{F_{p\dot{\gamma}}}{F_r \cdot Y} \geq 5 \quad (27)$$

$$K_{\dot{\gamma}} = \frac{140kN}{2576N \cdot 2} = 27$$

$K_{\dot{\gamma}}$ – dynamická bezpečnost řetězu, Y – činitel rázu

Řetěz pracuje s vysokou bezpečností.

POČET ČLÁNKŮ ŘETĚZU

$$x = 2 \cdot \frac{a}{r_r} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_1 - z_2}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{r_r}{a} \quad [24] \text{ str. 10} \quad (28)$$



$$x = 2 \cdot \frac{270\text{mm}}{25,4\text{mm}} + \frac{17+25}{2} + \left(\frac{17-25}{2 \cdot \pi}\right)^2 \cdot \frac{25,4\text{mm}}{270\text{mm}} = 42,41$$

a – navrhovaná osová vzdálenost, r_r – rozteč řetězu, x – počet článků řetězu

Počet článků řetězu se zaokrouhlí na sudé číslo.

$$x_r = 44$$

$$a_r = \frac{r_r}{8} \cdot \left[2 \cdot x_r - z_1 - z_2 + \sqrt{(2 \cdot x_r - z_1 - z_2)^2 \cdot Z(z_2 - z_1)^2} \right] \quad [24] \text{ str. 11} \quad (29)$$

$$Z = 0,8112 \quad [24] \text{ str. 11}$$

$$a_r = \frac{25,4}{8} \cdot \left[2 \cdot 44 - 17 - 25 + \sqrt{(2 \cdot 44 - 17 - 25)^2 \cdot 0,8112 \cdot (25 - 17)^2} \right] = 274\text{mm}$$

a_r – zvolená osová vzdálenost, Z – koeficient vzdálenosti os řetězových kol, x_r – zvolený počet článků řetězu



ZÁVĚR

Na základě zadání byla v první části provedena analýza jednotlivých druhů mechanických zábran. Tato zařízení byla posouzena na základě zadaných parametrů, tj. výška 400 mm, šířka 3000 mm a umístění na hlídaném parkovišti osobních automobilů. Velká část těchto zařízení by v upravené podobě vyhovovala zadání. Tyto úpravy by ovšem vedly ke změně základních parametrů a funkcí těchto typů zařízení. Parametry rozměrů by bez nežádoucích modifikací splňovaly dva druhy zábran, a to silniční bariéra a výsuvné hroty. Na základě zadání pro typ umístění tohoto zařízení na hlídané parkoviště byla zvolena varianta silniční bariéry. Dále byl proveden rozbor silového působení na vybrané součásti silniční bariéry. Na základě tohoto rozboru byla zhotovena pevnostní kontrola vybraných částí. Pro snadnou montáž, levnou výrobu, jednoduchou výměnu a opravu byly z velké části použity sériově vyráběné součásti. U těchto součástí byly popsány jejich funkce a důvod volby daného typu dílu. Pro tuto silniční bariéru nebyla určena její maximální zádržná schopnost, jelikož ze zadání nevyplývá žádná konkrétní hodnota.

Celá bariéra bude natřená a výklopné křídlo bude opatřeno bezpečnostními zvýrazňujícími pruhy. Toto křídlo bude celé zapuštěno do země a ukotveno do betonového základu. V případě spuštění křídla bariéry nebude bariéra tvořit žádnou překážku na vozovce. Celou konstrukci by bylo vhodné vybavit některým typem signálního zařízení, jako je například semafor nebo maják, a to pro zvýšení bezpečnosti a zamezení najetí na překážku v době pohybu výklopného křídla. Námětem pro další práci na tomto konceptu by byla kontrola zádržné funkce této bariéry na základě hybnosti automobilu a době působení na silniční bariéru. Na základě těchto výpočtů by byly zvoleny některé součásti tak, aby tato silniční bariéra zvýšila svou odolnost. Další zhodnocení by mělo porovnat výrobní cenu takto zkonstruované zábrany s dalšími druhy veřejně dostupných a funkčně podobných bariér.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SHIGLEY, J., MISCHEKE, Ch., BUDYNAS, R. *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTIUM, 2010. 1159 s. ISBN 978-80-2142629-0
- [2] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ F. *Výběr z norem pro konstrukční cvičení*. Brno: CERM 2007. 223 s. ISBN 978-80-7204-534-1
- [3] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F., DVOŘÁČEK, J. *Základy konstruování*. Brno: CERM 2008. 234 s. ISBN 978-80-7204-584-6

Internet

- [4] Elektromotory-převodovky s.r.o.: *převodovky-elektromotory* [online]. 2013 [cit. 2013-20-02]. Dostupné z <<http://www.prevedovky-elektromotory.cz/700-ot-min-1/elektromotor-ms-100-la8.html>>
- [5] Elektromotory-převodovky s.r.o.: *převodovky-elektromotory* [online]. 2013 [cit. 2013-20-02]. Dostupné z <<http://www.prevedovky-elektromotory.cz/mr/snekova-prevedovka-mr75-nmr075.html>>
- [6] REM-technik: *Pohyb, pohony, převody* [online]. 2013 [cit. 2013-22-04]. Dostupné z <<http://http://www.rem-technik.cz/pohyb-pohony-prevody>>
- [7] Kondor: *Prodej a dělení hutních materiálů* [online]. 2013 [cit. 2013-22-04]. Dostupné z <<http://www.kondor.cz/jekly-uzavrene-obdelnikove/c-1539-p-2/>>
- [8] ŘETĚZY OLOMOUC: *Bezúdržbové válečkové řetězy Wieppermann* [online]. 2016 [cit. 2013-22-04]. Dostupné z <<http://www.retezyolomouc.cz/retezy-vamberk/bezudrzbove-valeckove-retezy-wieppermann/biathlon.html>>
- [9] AUTOGARD: *Entrace and parking technology* [online]. 2013 [cit. 2013-22-04]. Dostupné z <<http://www.autogard.cz/a2-automaticka-zavora-ag500>>
- [10] AUTOGARD: *Entrace and parking technology* [online]. 2013 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z <<http://www.autogard.cz/a11-silnicni-bariera-arb300>>
- [11] AUTOGARD: *Entrace and parking technology* [online]. 2013 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z <<http://www.autogard.cz/a15-pohony-pro-posuvne-bran>>
- [12] GUNEBE: *Zabezpečení vstupů a okolí* [online]. 2013 [cit. 2013-03-03] Dostupné z <<http://www.gunnebo.com/cz/products/perimeterprotection/Pages/default.aspx>>
- [13] GUNEBE: *Zabezpečení vstupů a okolí* [online]. 2013 [cit. 2013-03-03] Dostupné z <<http://www.gunnebo.com/cz/products/perimeterprotection/highsecurity/Pages/ElkostATyreKiller.aspx>>
- [14] PRO PRŮMYSL: *Pro průmysl* [online]. 2016 [cit. 2016-24-04] Dostupné z <<http://http://proprumysl.cz/pouzdro-kluzne-pbm-405060-m1g1-skf/>>



- [15] Trustlink: *Elkosta* [online]. 2014 [cit. 2014-24-04] Dostupné z <http://www.trustlinkmm.com/outdoor_perimeter_security.html>
- [16] Habekon: *Habekon* [online]. 2014 [cit. 2014-24-04] Dostupné z <http://www.haberkorn.cz/data/files/file/pohonne-systemy/ke-stazeni/11_Omezovace-kroticiho-momentu_web.pdf>
- [17] EMAT: *Elektroinstalační materiály* [online]. 2014 [cit. 2014-24-04] Dostupné z <<http://www.emat.cz/spinace/koncove-spinace/ersce-e100-00-em-koncovy-spinac>>
- [18] VUT: *Návrh mechanické závory* [online]. 2014 [cit. 2014-24-04] Dostupné z <https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=54104 >
- [19] SKF: *Ložiska těsnění mazací systémy* [online]. 2016 [cit. 2016-24-04] Dostupné z <<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-housings/split-plummer-block-housings-snl-2-3-5-6-series/snl-se-series-adapter-sleeve-with-standard-seals/index.html?designation=FSE%20513-611%20%2B%2021311%20K%20%2B%20H%20311&unit=metricUnit>>
- [20] SKF: *Ložiska těsnění mazací systémy* [online]. 2016 [cit. 2016-24-04] Dostupné z <<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/roller-bearing-units/roller-bearing-units-general/index.html> >
- [21] ŘETĚZY OLOMOUC: *Řetězová kola s indukčně tvrzeným ozubením* [online]. 2016 [cit. 2016-24-04] Dostupné z <<http://www.retezyolomouc.cz/retezova-kola/s-nabojem-disky-napinaci/retezova-kola-s-indukcne-tvrzenym-ozubenim-s-otvorem-drazkou-sroubem.html>>
- [22] T+T: *Technika a trh* [online]. 2016 [cit. 2016-20-04] Dostupné z <<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/roller-bearing-units/roller-bearing-units-general/index.html> >
- [23] SŠPU Opava: *Řetězové převody* [online]. 2016 [cit. 2016-24-04] Dostupné z <http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablon/SPS_III/VY_32_INOVACE_C-08-03.pdf>
- [24] zboží arkov: *Řetězové převody* [online]. 2016 [cit. 2016-24-04] Dostupné z <http://zbozi.arkov.cz/dl/323/Volba_valeckoveho_retezu_a_priklad_vypoctu.pdf.html>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$a_{\bar{r}}$	[mm]	zvolená osová vzdálenost
$x_{\bar{r}}$	[-]	zvolený počet článků řetězu
τ_1	[MPa]	smykové napětí od posouvající síly
τ_2	[MPa]	smykové napětí od ohybového momentu
τ_c	[MPa]	výsledné smykové napětí ve svaru
τ_k	[MPa]	napětí v krutu
τ_{kmax}	[MPa]	maximální napětí v ohybu
a	[mm]	navrhovaná osová vzdálenost
b	[mm]	šířka pera
d	[mm]	průměr hřídele
d_h	[mm]	průměr pod perem
F_1	[N]	1. reakce od křídla zábrany
F_{1a}	[N]	1. reakce od křídla zábrany v poloze a
F_{1b}	[N]	1. reakce od křídla zábrany v poloze b
F_2	[N]	2. reakce od křídla zábrany
F_p	[N]	síla působící na pero na povrchu hřídele
F_r	[N]	maximální síla působící na řetěz
G	[N]	tíhová síla křídla
i	[-]	převodový poměr šnekové převodovky
$i_{\bar{r}}$	[-]	převodový poměr řetězového převodu
J_z	[mm ²]	celkový kvadratický moment účinného průřezu
J_{zu}	[mm ²]	jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
k_{ks}	[-]	koeficient bezpečnosti sváru hřídele s ramenem
k_p	[-]	návrhový součinitel
k_r	[-]	počet ramen na hřídeli
$K_{\bar{r}}$	[-]	dynamická bezpečnost řetězu
l_1	[mm]	rameno momentu působící na hřídel pod perem
l_p	[mm]	zvolená délka pera



l_{p1}	[mm]	minimální délka pera v případě smyku
l_{p2}	[mm]	minimální délka pera v případě otlacení v hřídeli
l_{p3}	[mm]	minimální délka pera v případě otlacení v náboji
M_h	[Nm]	moment vyvolaný na hřídeli od pákového mechanismu
m_k	[kg]	hmotnost křídla bariéry
M_o	[Nm]	ohybový moment
M_s	[Nm]	krouticí moment pro rozpojení momentové spojky
n_m	[s ⁻¹]	otáčky motoru
n_p	[s ⁻¹]	otáčky na výstupu z převodovky
n_v	[s ⁻¹]	otáčky na výstupu z řetězového převodu
P	[kW]	výkon elektromotoru
p_D	[MPa]	dovolený tlak na bocích drážek
p_h	[MPa]	tlak na bok drážky v hřídeli
p_n	[MPa]	tlak na bok drážky v náboji
r_h	[mm]	poloměr hřídele
r_p	[mm]	rameno krouticího momentu od křídla zábrany
r_r	[mm]	rozteč řetězu
R_s	[MPa]	mez kluzu ve smyku
S_h	[mm ²]	boční plocha drážky v hřídeli
S_n	[mm ²]	boční plocha drážky v náboji
S_s	[mm ²]	účinný průřez koutového sváru
t	[s]	čas otevření závory
t_h	[mm]	hloubka drážky v hřídeli
t_n	[mm]	hloubka drážky v náboji
$v_{\dot{r}}$	[m.s ⁻¹]	obvodová rychlost řetězového kola
W_o	[m ³]	průřezový moment v ohybu
x	[-]	počet článků řetězu
Y	[-]	činitel rázu
z	[mm]	šířka koutového sváru



Z	[-]	koeficient vzdálenosti os řetězových kol
z_1	[-]	počet zubů na omezovači krouticího momentu
z_2	[-]	počet zubu řetězového kola
α_k	[N]	tvarový součinitel
η	[-]	účinnost převodovky
σ_o	[MPa]	napětí v ohybu
σ_{red}	[MPa]	redukované napětí



SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace

MECHANICKÁ ZÁBRANA	2-3P21-01
VÝKLOPNÉ KŘÍDLO	2-3P21-01/01
PANT	4-3P21-02/04
HŘÍDEL PÁKOVÉHO MECHANYSMU	3-3P21-06