



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

ZAŘÍZENÍ PRO CENTROVÁNÍ PNEUMATIK NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ PRO ODBĚR ROBOTEM

CENTERING DEVICE FOR TRUCK TIRE FOR ROBOT HANDLING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL MLEJNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student (ka): Bc. Pavel Mlejnek

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Automobilní a dopravní inženýrství (2301T038)**

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 diplomové práce:

Zařízení pro centrování pneumatik nákladních automobilů pro odběr robotem

v anglickém jazyce:

Centering device for truck tire for robot handling

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh, konstrukční řešení, riziková a FMEA analýza na horizontálním zařízení pro centrování pneumatik. Centrovací zařízení doplňte o upínací hlavu pro zachycení pneumatiky po vycentrování, nesenou speciálním případně standartním robotem.

Rozměry pneumatik:

Průměr: min. 650 mm, max. 1300 mm

Šířka: min. 170 mm, max. 500 mm

Hmotnost pneumatik: max. 140 kg

Počet odebraných pneumatik: 600 ks/hod

Cíle diplomové práce:

Technická zpráva obsahující:

- rešerši problému,
- zdůvodněnou koncepci navrženého řešení,
- návrh dvou variant – s přístupem obsluhy k zařízení a bez přístupu obsluhy,
- funkční výpočet zařízení, návrh jednotlivých komponent,
- riziková analýza a podrobná FMEA analýza,
- pevnostní výpočet a další výpočty dle vedoucího DP

Výkresová dokumentace obsahující:

- celková sestava zařízení
- pod sestavy a výrobní výkresy dle pokynu vedoucího DP
- návrh a výkresy zpracujte ve 3D

Seznam odborné literatury:

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

JURÁŠEK, O.: Nosné konstrukce stavebních strojů, skripta VUT v Brně, 1986

MARTIN H.; RÖMISCH P.; WEIDLICH A.: Materialflusstechnik, ed. Vieweg, 2004, p. 308, ISBN: 3-528-74061-2

HLAVENKA, B.: Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem, vyd. 4., Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 164 s., ISBN: 978-80-214-3607-7

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 31. 10. 2012

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.

Ředitel ústavu

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

Děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato diplomové práce se zabývá návrhem a konstrukční řešení zařízení pro centrování nákladních pneumatik. Další částí této práce je i návrh upínací hlavy pro zachycení pneumatik průmyslovým robotem a následným umístěním na paletu. Konstrukční řešení bude vypracováno s přístupem a bez přístupu obsluhy. Všechny konstrukční varianty budou zkontrolovány pomocí rizikové analýzy a analýzy možného výskytu a vlivu vad.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kladičkový dopravník, upínací hlava, všesměrová kladička, riziková analýza, analýza možného výskytu a vlivu vad, pevnostní výpočet.

ABSTRACT

This thesis deals with the design and solving construction of devices for centering cargo tires. Another part of this work is a concept of the clamping head for fixation of tires by industrial robot and its following placement on a palette. Construction solution will be drawn up with access and without access of human operator. All structural variations will be reviewed by risk analysis and analysis of possible incidence and influence of defects.

KEYWORDS

Roller conveyor, clamping head, omni wheel, risk analysis, failure mode and effects analysis, strength calculation.



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MLEJNEK, P. *Zařízení pro centrování pneumatik nákladních automobilů pro odběr robotem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 68 s. 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 24. května 2013

.....
Pavel Mlejnek



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D., Ing. Tomáši Winklerovi a Ing. Petru Korečkovi ze společnosti TMT spol. s r. o. Chrudim za odbornou pomoc a věcné rady. Dále bych chtěl poděkovat svému nejbližšímu okolí za podporu ve studiu.



OBSAH

Úvod	10
1 Konstrukční varianty řešení	11
1.1 konstrukční řešení vystředění pneumatiky	11
1.1.1 Varianta vystředění s protiběžnými válci	11
1.1.2 Varianta vystředění se shrnovačem	12
1.1.3 Varianta vystředění se třemi čelistmi	13
1.2 Konstrukční řešení upínací hlavy	14
1.2.1 Upínací hlava se třemi rameny	14
1.2.2 Upínací hlava s lineárním pneuválcem	15
1.2.3 Upínací hlava s kyvným pohonem	15
1.3 Konstrukční řešení s přístupem a bez přístupu obsluhy	16
1.3.1 Bez přístupu obsluhy	16
1.3.2 S přístupem obsluhy	16
2 Volba komponent	18
2.1 Kladičkový dopravní a centrovací zařízení	18
2.2 Upínací hlava	24
3 Kontrolní výpočet	26
3.1 Časové schéma centrování a odběru pneumatik	26
3.2 Odvození vzorce pro polohy shrnovače	29
3.3 Určení tuhosti pneumatiky	30
3.4 Určení součinitele tření mezi pneumatikou a kladičkami	31
3.5 Kladičkový dopravník	32
3.5.1 Výpočet pohonu dopravníku	32
3.5.2 Kontrolní výpočet rychlosti dopravníku	38
3.5.3 Výpočet řemenu Poly Chain Carbon 8MGTC	39
3.5.4 Výpočet hřídele	41
3.5.5 Výpočet životnosti ložisek	42
3.6 Lineární vedení shrnovače	43
3.6.1 Výpočet síly při nárazu pneumatiky	43
3.6.2 Výpočet zatížení lineárního vedení	44
4 Riziková analýza	47
5 Analýza možného výskytu a vlivu vad (FMEA)	53
6 Pevnostní analýza pomocí MKP (metody konečných prvků)	57
Závěr	61
Seznam použitých zkratk a symbolů	64



Seznam příloh.....	68
--------------------	----

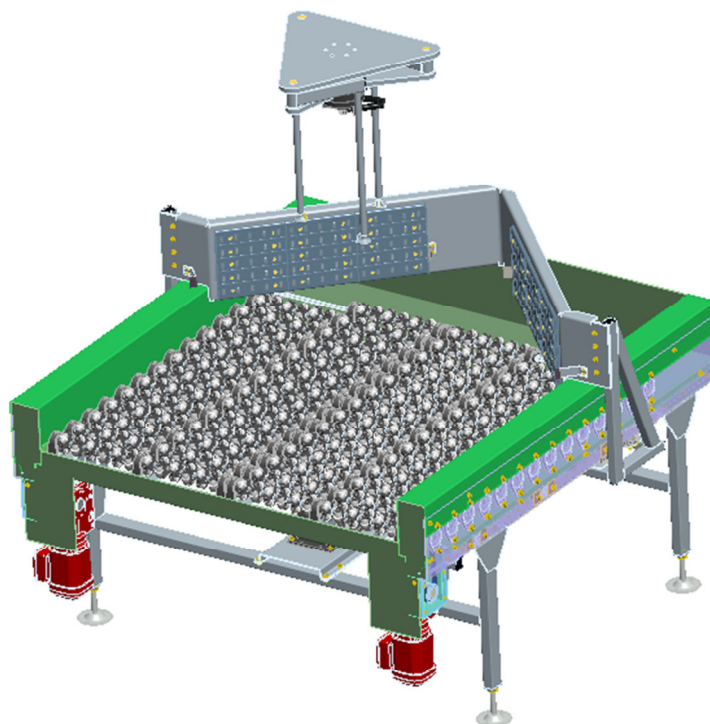


ÚVOD

V současné době je automobilový průmysl jedno z nejvíce prosperujících a rozvíjejících se odvětví. Je předpoklad, že tento trend bude i nadále pokračovat. Díky tomu bude potřeba automobilových komponentů stoupat. Jednou z důležitých částí automobilu jsou i pneumatiky. Odhadovaná celosvětová spotřeba pneumatik pro rok 2015 je 3,3 miliardy kusů [11].

V této diplomové práci se budu věnovat části výrobního procesu pneumatik až po jejich uskladnění. V současné době je nutné, aby tento proces byl plně automatizovaný. Při výrobě pneumatik a samotném uskladňování je nutné použít centrovací zařízení pro vystředění pneumatik a následné odebrání upínací hlavou, která pneumatiku umístí na odkládací paletu. Zařízení pro odebrání pneumatik bude umístěno na konci trati.

Tato práce se nejprve zabývá jednotlivými konstrukčními řešeními způsobu dopravy a vycentrování pneumatik s možností odebrání pneumatik. Protože není určeno, zda bude v blízkosti zařízení pracovat obsluha, jsou vypracovány dvě varianty řešení – s přístupem a bez přístupu obsluhy. Následně je provedena volba komponentů zařízení, na kterou navazují kontrolní výpočty. V úvodu výpočtů je nejprve proveden výpočet potřebného výkonu motoru kladičkového dopravníku a následná volba pohonu, následuje kontrola dovoleného zatížení lineárního vedení a pohonu shrnovače a upínací hlavy. Je provedena riziková analýza a analýza možného výskytu a vlivu vad. V závěru diplomové práce se nachází pevnostní analýza rámu kladičkového dopravníku.



Obr. 1 Centrovací zařízení s upínací hlavou



1 KONSTRUKČNÍ VARIANTY ŘEŠENÍ

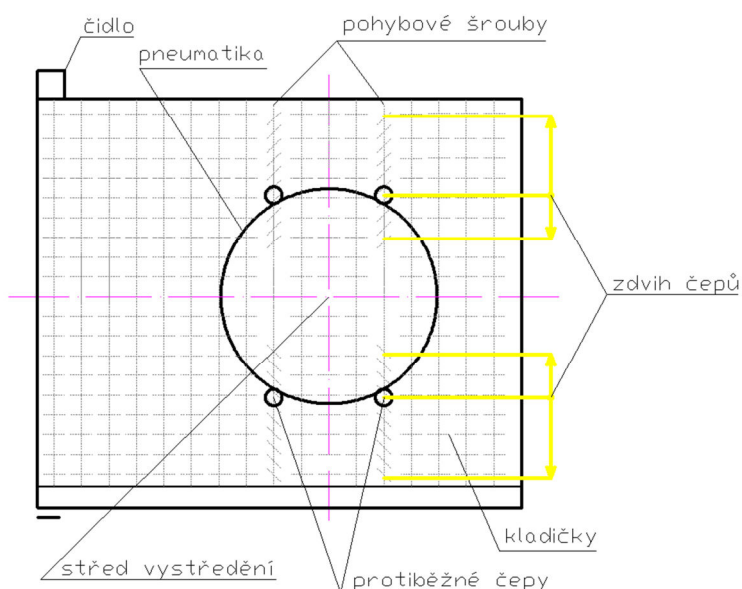
Cílem konstrukčního řešení je návrh a volba nejlepší možné varianty, která bude následně zpracována. Důraz je kladen na funkčnost zařízení a spolehlivost po danou životnost zařízení.

1.1 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VYSTŘEDĚNÍ PNEUMATIKY

Kladičkový dopravník, na kterém bude k vystředění pneumatiky docházet, bude umístěn na konci pásového dopravníku. Vystředění pneumatiky musí probíhat pomocí vnějšího průměru pneumatiky. V této kapitole budou naznačena různá konstrukční řešení s jejich výhodami a nevýhodami.

1.1.1 VARIANTA VYSTŘEDĚNÍ S PROTIBĚŽNÝMI VÁLCI

Tato varianta řešení je poměrně konstrukčně složitá. Princip je takový, že by se pneumatika pohybovala po kladičkovém dopravníku. Při pohybu pneumatiky kolem čidla je přerušen optický signál a po projetí pneumatiky byl signál opět obnoven. Z doby přerušení signálu a z rychlosti dopravníku je vypočítána doba běhu pohonu k přibližnému bodu vystředění. Poté je rozepnuta spojka, která je spojena s pohonem dopravníku a s kladičkovou hřídelí. Nyní je umožněn pohyb pneumatiky při centrování i ve směru dopravy. Příčný pohyb pneumatiky na směr dopravy je umožněn pomocí všesměrových kladiček. K přesnému vystředění došlo pomocí čtyř protiběžných čepů. Tento pohyb je zajištěn pomocí pohybových šroubů s pravým a levým závitem. Velkou výhodou toho řešení je, že nepotřebuje identifikační zařízení, které by načítlo čárový kód pneumatiky a přesně určilo průměr pneumatiky. Tato varianta není závislá na určení přesného průměru pneumatiky. Další nevýhodou je složitější montáž chodu protiběžných čepů. Nevýhodou je také to, že by mohlo docházet k nadměrnému tření mezi pneumatikou a kladičkami při centrování.

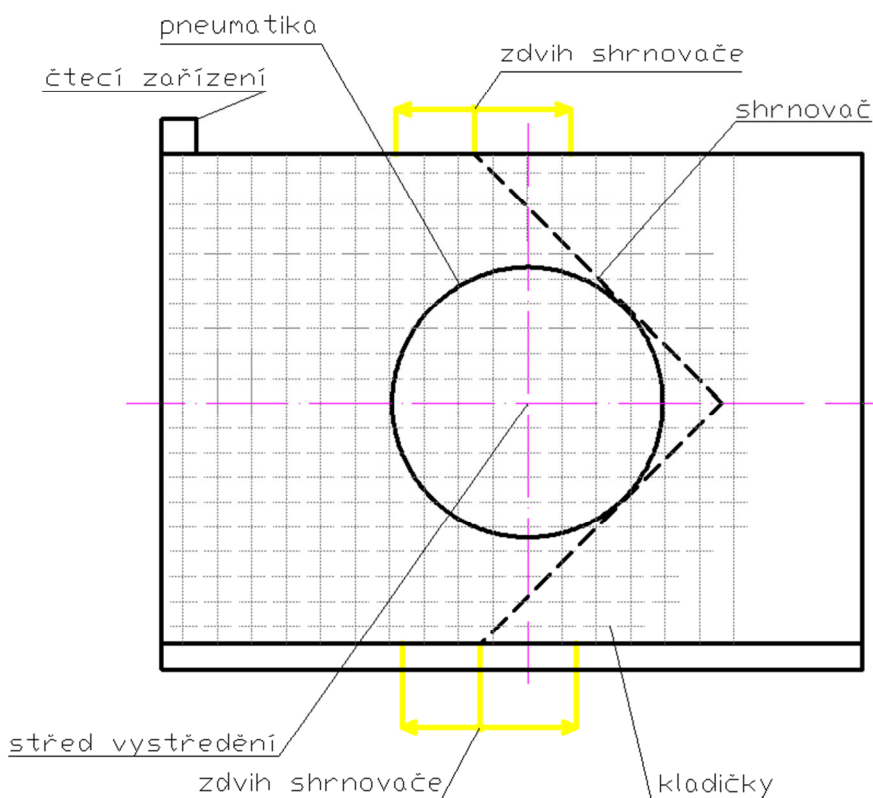


Obr. 2 Varianta vystředění s protiběžnými písty



1.1.2 VARIANTA VYSTŘEDĚNÍ SE SHRNOVAČEM

Tato varianta je konstrukčně jednodušší. Princip je takový, že by se pneumatika pohybovala po kladičkovém dopravníku. Na začátku dopravníku je umístěno identifikační zařízení, které načte čárový kód pneumatiky a určí se přesný vnější průměr pneumatiky. Podle daného průměru pneumatiky a odvozeného vzorce (viz kapitola 3.2) je nastavena poloha shrnovače do vystředěné polohy. Na shrnovač je připevněn příčný modulární pás, z důvodu zamezení otěru pneumatiky při nárazu do shrnovače. Při kontaktu pneumatiky po první straně je přerušena první signál optického snímače. Pomocí všesměrových kladiček se bude pneumatika pohybovat po straně shrnovače až do středové (rovnovážné) polohy. Při dotyku pneumatiky s druhou stranou je přerušena i druhý signál snímače a pohon bude vypnut a dopravník bude zastaven. Poté shrnovač zajede do výchozí polohy a proběhne odebrání pneumatiky. Po daném časovém intervalu se motor pohonu opět zapne a dopravník je připraven na vycentrování další pneumatiky. Nevýhodou této varianty je, že musí obsahovat identifikační zařízení a databázi pneumatik s jejich průměry. Tato varianta je konstrukčně i funkčně jednodušší, a proto bude jednodušší riziková a FMEA analýza. Tato varianta je zvolena jako nejlepší a bude pokračováno v jejím řešení.

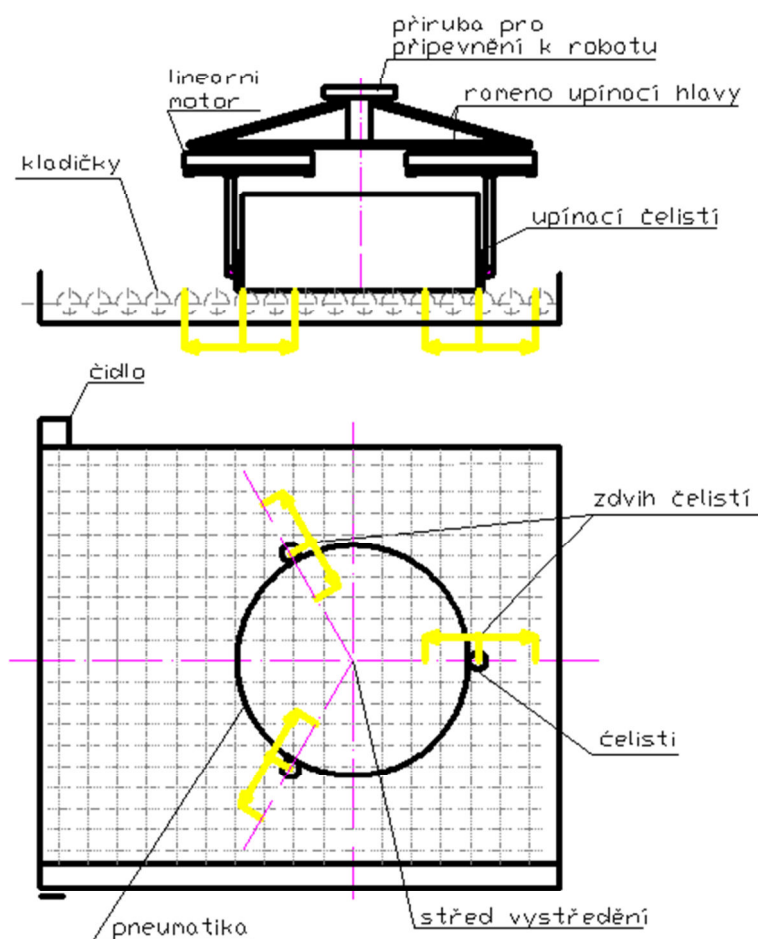


Obr. 3 Varianta vystředění se shrnovačem



1.1.3 VARIANTA VYSTŘEDĚNÍ SE TŘEMI ČELISTMI

Princip dopravy pneumatiky této varianty je podobný jako u první varianty. Pneumatika by se pohybovala po kladičkovém dopravníku. Při pohybu pneumatiky kolem čidla je přerušen optický signál a po projetí pneumatiky byl signál opět obnoven. Z doby přerušení signálu a z rychlosti dopravníku je vypočítána doba běhu pohonu k přibližnému bodu vystředění. Poté je rozepnuta spojka, která je spojena s pohonem dopravníku a s kladičkovou hřídelí. Nyní je umožněn pohyb pneumatiky při centrování i ve směru dopravy. Příčný pohyb pneumatiky na směr dopravy je umožněn pomocí všesměrových kladiček. Přesné vystředění je provedeno pomocí vystředovací hlavy. Její poloha je nastavena nad přesný bod vystředění a nad danou pneumatiku a pomocí tří čelistí je pneumatika stisknuta a vycentrována. Výhodou toho řešení je, že nepotřebuje identifikační zařízení, které by načítlo čárový kód pneumatiky a přesně určilo průměr pneumatiky. Tato varianta není závislá na určení přesného průměru pneumatiky. Nevýhoda je, že by mohlo docházet ke tření mezi pneumatikou a kladičkami při centrování. Další nevýhodou je použití centrovací hlavy. Protože by centrování probíhalo shora, centrovací hlavy by překážela při odebírání pneumatiky robotem.



Obr. 4 Varianta vystředění se třemi čelistmi

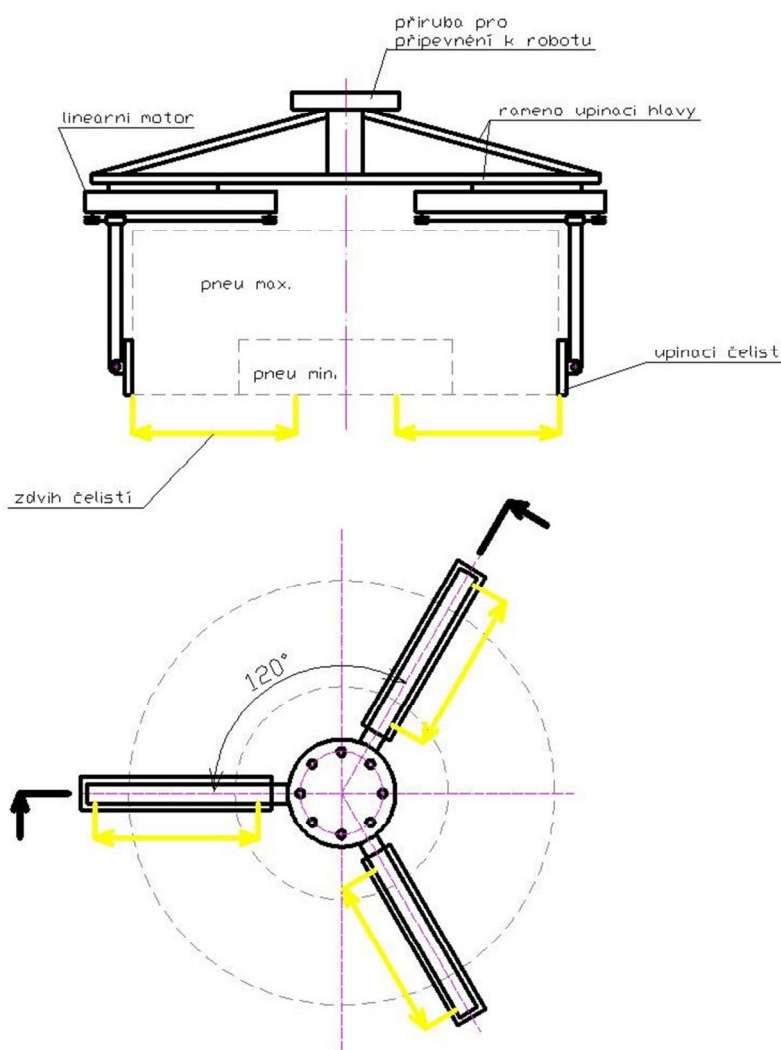


1.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ UPÍNACÍ HLAVY

Upínací hlava bude nesena průmyslovým robotem. Pokud by byla pneumatika uchopena za vnitřní obvod, minimální průměr pneumatiky je 300mm a maximální průměr je 650mm. Jakmile bude pneumatika vycentrována, sjede upínací hlava dolů a provede se uchopení pneumatiky a přemístění na přistavenou paletu. V této kapitole budou naznačena různá konstrukční řešení s jejich výhodami a nevýhodami.

1.2.1 UPÍNACÍ HLAVA SE TŘEMI RAMENY

Jakmile je pneumatika vycentrována, najede nad ní centrovací hlava. Upínací čelisti jsou nastaveny na maximální hodnotu. Pro pohon čelistí je použit pneumatický lineární pohon - bezpístnicový válec s magnetickým přenosem síly. Čelisti jsou uzavírány, dokud nedojde k uchopení pneumatiky. Upínací síla záleží na nastaveném tlaku v systému. Výhodou tohoto řešení je tuhá konstrukce. Nevýhodou je použití tří pneumatických pohonů, které nezajišťují rovnoměrné uzavírání polohování čelistí. Při přemístění bude pneumatika držena pouze třecí silou. Třecí síla je závislá na síle, vyvolané od čelistí, a součiniteli tření. V případě, že budou čelisti působit velkou silou, může docházet k deformaci pneumatik.

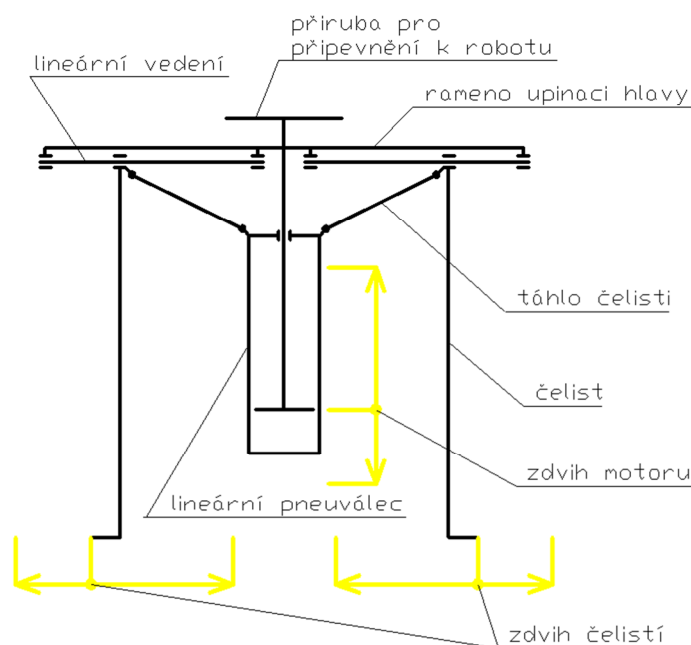


Obr. 5 Upínací hlava se třemi rameny



1.2.2 UPÍNACÍ HLAVA S LINEÁRNÍM PNEUVÁLCEM

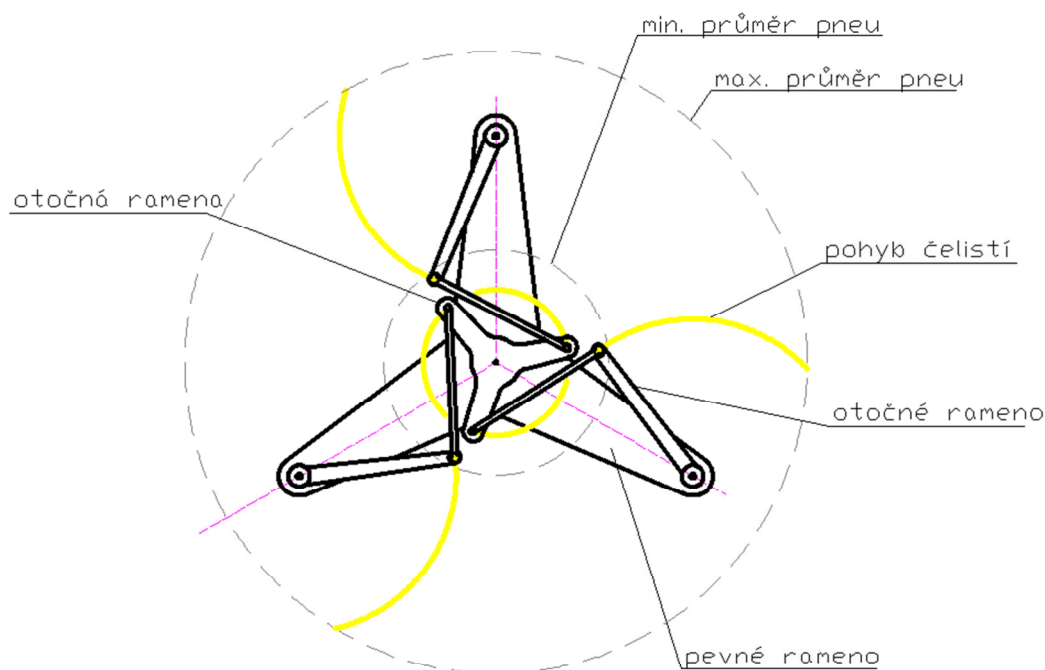
Jakmile je pneumatika vycentrována, najede nad ní centrovací hlava. Pro pohon čelistí je použit pneumatický lineární pohon. Upínací čelisti jsou ve výchozí poloze nastaveny na minimální hodnotu, tedy pneuválec je ve vysunutě poloze. Jakmile je pneuválec zasouván, čelisti jsou rozevírány. Tyto čelisti jsou rozevírány, dokud nedojde k uchopení pneumatiky. Velikost upínací síla je závislá na přiváděném tlaku vzduchu v systému. Konstrukce hlavy může mít jako předešlá varianty tři ramena nebo čtyři ramena. Výhodou je tuhá konstrukce. Další výhodou je použití jednoho pohonu. To bude zaručovat rovnoměrné otevírání a zavírání čelistí. Protože zařízení bude pracovat v prašném prostředí, těsnění pneuválce by nemělo požadovanou životnost.



Obr. 6 Upínací hlava s lineárním pneuválcem

1.2.3 UPÍNACÍ HLAVA S KYVNÝM POHONEM

Jakmile je pneumatika vycentrována, sjede upínací hlava do pneumatiky. Po přivedení tlakového vzduchu do kyvného pneuválce se otočná ramena začnou pootáčet. Tím bude docházet k postupnému rozevírání čelistí. Velikost rozvírací síly čelistí je závislá na tlaku vzduchu v systému. Zajištění pneumatiky proti sesunutí je zajištěn pomocí svěrných pouzder, která jsou na čelisti přišroubována. Výhoda tohoto řešení je, že rozevírání čelistí je stejnoměrné. Použití kyvného pneuválce zaručí požadovanou životnost těsnění. Tato varianta je zvolena jako nejlepší a bude pokračováno v jejím řešení.



Obr. 7 Upínací hlava s kyvným pohonem

1.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ S PŘÍSTUPEM A BEZ PŘÍSTUPU OBSLUHY

Navržené zařízení bude pracovat ve třisměnném provozu po dobu šesti let. Veškerá činnost musí být plně automatizovaná, a zároveň je nutné dodržování pravidelných servisních prohlídek. Proto je nutné zabývat se dvěma variantami – s přístupem a bez přístupem obsluhy.

1.3.1 BEZ PŘÍSTUPU OBSLUHY

V případě řešení bez přístupem obsluhy se u zařízení nebude pohybovat žádná obsluha. Celé zařízení je chráněno plotem, aby nebylo možné vstoupit do pracovního prostoru zařízení. Tento plot bude řešen v rámci celého zařízení. Dopravník je poháněn, dokud pneumatika nebude nevycentrována. Po vycentrování je pneumatika uchopena upínací hlavou a přemístěna na dané místo.

1.3.2 S PŘÍSTUPEM OBSLUHY

V případě řešení s přístupem obsluhy se v blízkosti zařízení bude pohybovat obsluha. Musí se dbát zejména na bezpečnost této obsluhy, proto je důležité krytování všech pohyblivých částí zařízení. Pokud obsluha vstoupí do ohraničeného prostoru plotem a jsou přerušeny optické signály, je pracovní činnost zařízení zastavena. Pozastavení celého zařízení je způsobeno pohybem upínací hlavy. Při tomto pohybu je možný kontakt obsluhy s upínací hlavou a mohlo by dojít ke zranění obsluhy, což je nežádoucí. Jakmile obsluha opustí ohraničený



prostor, celé zařízení se uvede do provozu. Je zapnut pohon dopravníku, pneumatika je vycentrována, následně upnuta a přemístěna na dané místo.

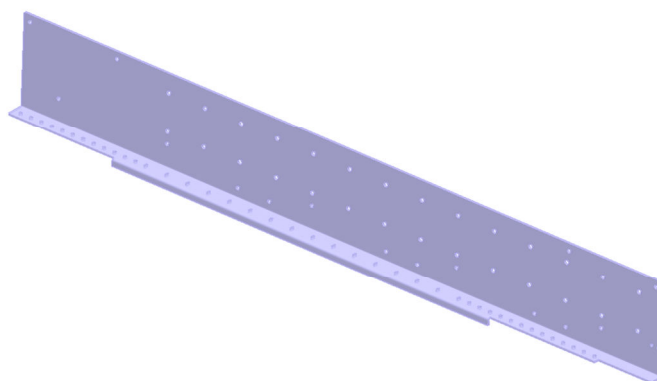


2 VOLBA KOMPONENT

2.1 KLADIČKOVÝ DOPRAVNÍK A CENTROVACÍ ZAŘÍZENÍ

RÁM DOPRAVNÍKU

Rám dopravníku je tvořen z plechu oceli 1.0038 (11 375), který má tloušťku stěny 5 mm. Tento plech je ohraňený do tvaru Z. Jsou v něm díry, které umožní uchycení ložiskových přírub nebo dodatečné zakrytování.



Obr. 8 Rám dopravníku

VŠESMĚROVÉ KLADIČKY

Z principu funkce vyplývá, že poháněné elementy musí umožňovat i příčný pohyb. Z tohoto důvodu jsou voleny všesměrové kladičky OMNIWHEEL 2581 od firmy Interroll. Konstrukce je taková, že na rámu jsou umístěny tři soudečkové válečky, které umožňují příčný pohyb. Kladička má vnější průměr 80 mm a má vnitřní šestihran o rozměru 11 mm, který zajišťuje, že tyto kladičky mohou být poháněny. Maximální dovolené zatížení kladičky je 250 N.

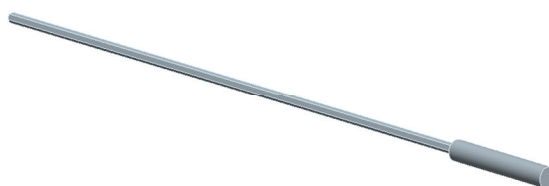


Obr. 9 Kladička Omniwheel 2581



KLADIČKOVÁ HŘÍDEL

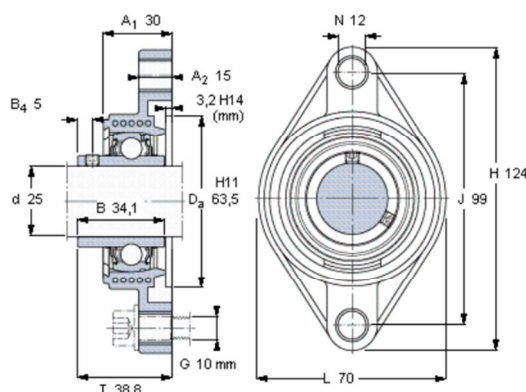
Kladičková hřídel je z oceli 1.057 (11 523) o rozměru 11 mm. O celkové délce 859 mm. Maximální dovolené napětí hřídele je 355 MPa, při použití součinitele bezpečnosti $k = 2$, je tedy dovolené napětí hřídele 177 MPa. Hřídel se skládá ze dvou částí. Z šestihranné a kruhové tyče. Spojení těchto částí bude provedeno svarovým spojem o výšce svaru $a = 5$ mm. Pro přesnější svaření je na hřídeli provedeno osazení. Po svaření obou dílů bude kruhová trubka obrobena, aby byla zaručena souosost s šestihrannou tyčí. Na kruhové tyči budou uloženy obě řemenice, protože zde bude působit největší kroučící a ohybový moment.



Obr. 10 Kladičková hřídel

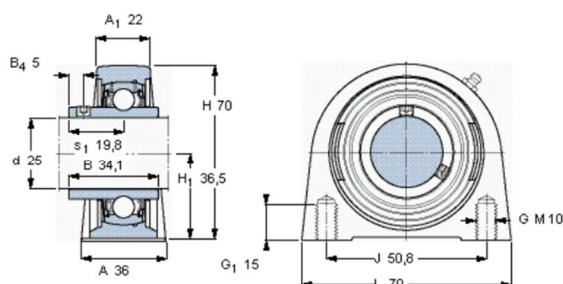
LOŽISKOVÉ DOMEČKY

Kladičkový hřídel je uložen v rámu v ložiskových domečkách od firmy SKF FYTBK 25 TF.



Obr. 11 Ložiskový domeček SKF FYTBK 25 TF [21]

Aby nedocházelo k velkému průhybu kladičkového hřídele, je voleno uložení na čtyřech místech. Hřídel je podepřený pomocí třech ložiskových domečků od firmy SKF SYF 25 TF.



Obr. 12 Ložiskový domeček SKF SYF 25 TF [25]

ŘEMENICE

Řemenice je volena od firmy Haberkorn Ulmer, dle použitého typu řemenu, ozubené řemenice PolyChain GT 8M. Řemenice 8M- 25S- 12, která bude uložena na hřídeli převodovky pomocí upínacího pouzdra Taper Lock 1108 a řemenice 8M- 34S- 12, která bude uložena na kladičkové hřídeli pomocí upínacího pouzdra Taper Lock 1610 [5].



Obr. 13 Řemenice PolyChain GT 8M

ŘEMENY

Ozubený řemen je volen typu Poly Chain GT Carbon 8MGTC šířky 12 mm a rozteče 8 mm pro spojení pohonu a kladičkové hřídele. Řemen Mini Poly Chain GT Carbon 8MPCC šířky 11,2 mm a rozteče 8 mm pro spojení kladičkových hřídelí. Poly Chain GT Carbon 8MGTC je polyuretanový synchronizační řemen s karbonovým tažným kordem, vhodný pro velké výkony. Označení 8MPCC-480 a 8MGTC-720 [6].



Obr. 14 Poly Chain GT Carbon [16]

NAPÍNÁNÍ ŘEMENŮ

Přenášený výkon dopravníku nebude vždy konstantní, proto je nutné, aby byl řemen dopínán. Použití napínáku prodlužuje životnost řemene, zlepšuje přenos krouticího momentu a eliminuje kmitání řemene. Volím napínák řemenů od firmy Haberkorn Ulmer TERE 2 [9].

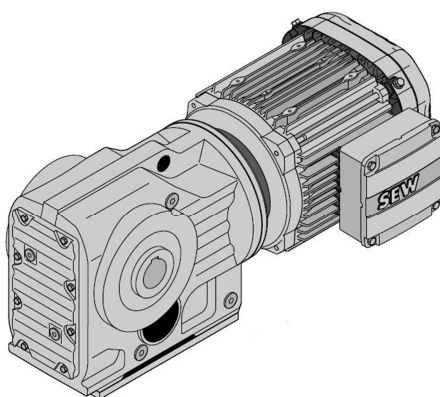


Obr. 15 Napínák řemenů TERE [9]

POHONY DOPRAVNÍKU

Jako pohony dopravníku budou použity dva kuželočelní převodové motory KA 37 DRS 71M4 dle [15]. Způsob pohonů válečků bude CIK-CAK.

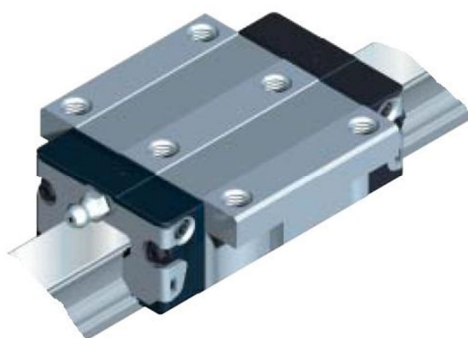
Výkon motoru	$P = 0,55 \text{ kW}$
Výstupní otáčky převodovky	$n_a = 173 \text{ min}^{-1}$
Výstupní krouticí moment převodovky	$M_k = 30 \text{ N}\cdot\text{m}$
Výstupní otáčky motoru	$n_m = 1380 \text{ min}^{-1}$



Obr. 16 Pohon dopravníku KA 37 DRS 71M4 [13]

LINEÁRNÍ VEDENÍ SHRNOVAČE

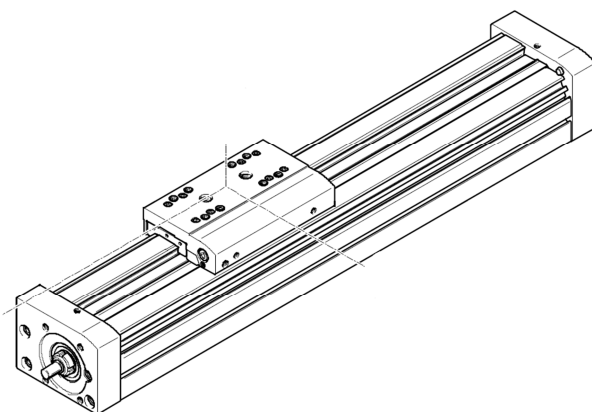
Pro vedení shrnovač je použit jezdec a lineární vedení od firmy Bosch Rexroth. To zaručí, že lineární pohon bude namáhaný pouze axiální silou a ostatní zatížení přenechá lineárnímu vedení. Je volen jezdec FNS R 1651 823 20. Třída přesnosti H. Maximální rychlost pohybu je 5 m/s a maximální zrychlení je $0,5 \text{ m/s}^2$. Označení kolejničky lineárního vedení R2045 803 956 [17].



Obr. 17 Runner Block FNS R 1651 823 20 [17]

POHON SHRNOVAČE

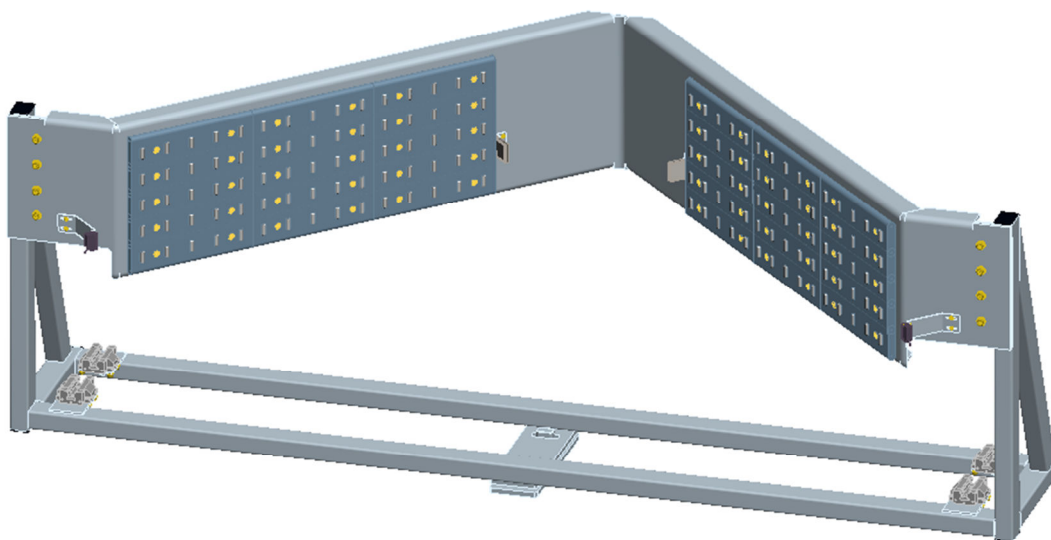
Pohon shrnovače se skládá ze dvou částí. První je lineární pohon EGC-BS-KF 185 [18]. Musí překonat sílu od nárazu pneumatiky i splňovat přesnost polohování, která je $\pm 0,02 \text{ mm}$. Maximální dovolené axiální zatížení je 3000 N, síla při nárazu je 1294,9 N, to zaručí, že garantovaná životnost kuličkového šroubu bude dostatečná. Pohon je realizován pomocí servomotoru EMMS-AS-100 [19].



Obr. 18 Lineární pohon EGC- BS- KF [18]

SHRNOVAČ

Rám shrnovače je svařenec z bezešvé čtvercové trubky TR 4HR 50x35x3. Tvarový plech shrnovače je připevněn pomocí 8 šroubů M8 a je vyztužen lemy na obou stranách. Aby nedocházelo při nárazu pneumatiky do shrnovače ke tření, je připevněn na plechu modulární pás z Intaloxu série 400. Další součástí shrnovače je laserový senzor E3Z- LR61 2M a odrazka E39-R9 od firmy Omron [22].



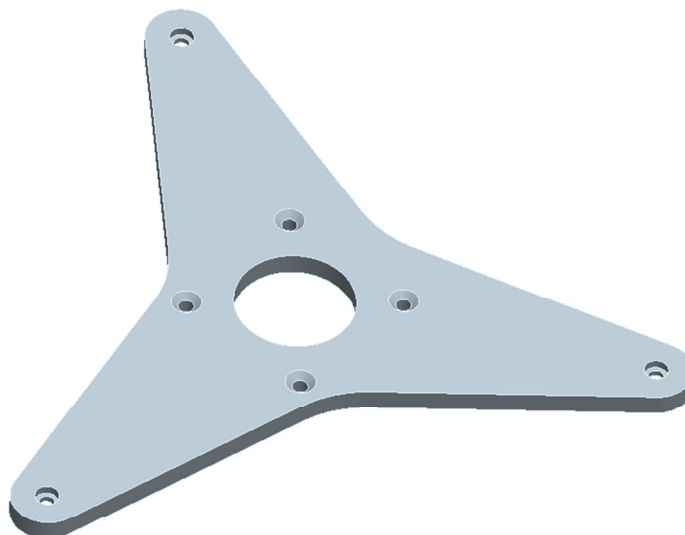
Obr. 19 Shrnovač



2.2 UPÍNACÍ HLAVA

DESKA TŘÍRAMENNÁ

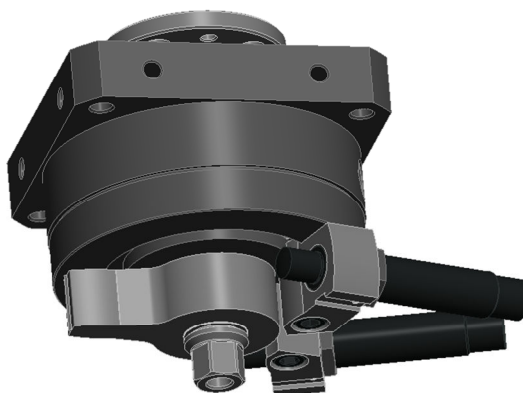
Tříramenná deska je tvarově náročnější, proto je obrobena jako výpalek. Deska je široká 20mm. Na ramenech desky jsou umístěny díry, které umožní upevnění otočných ramen. Uprostřed desky je otvor pro pneumotor.



Obr. 20 Deska tříramenná

KYVNÝ POHON S PŘÍRUBOU

Kyvný pohon je volen od firmy Festo DSM-63-270-P-FW-A-B. Úhel kyvu je 270°. Doraz je zajištěn pružnými dorazy [20].

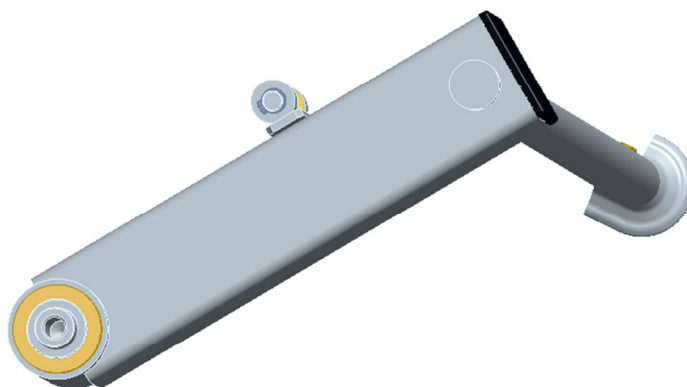


Obr. 21 Kyvný pohon DSM



KYVNÉ RAMENO

Kyvňé rameno je provedeno jako svařenec a je uloženo na kluzném ložisku. Pro uchycení pneumatiky je na konci tyče upevněn tvarový držák, který zajistí zachycení pneumatiky.



Obr. 22 Kyvné rameno

OTOČNÁ DESKA TŘÍRAMENNÁ

Otočná deska je připevněna na kyvný pneumotor pomocí 4 šroubů M8. Pomocí rotačního pohybu a následnému kyvnému pohybu ojnice dojde k rozevírání čelistí a upnutí pneumatiky.



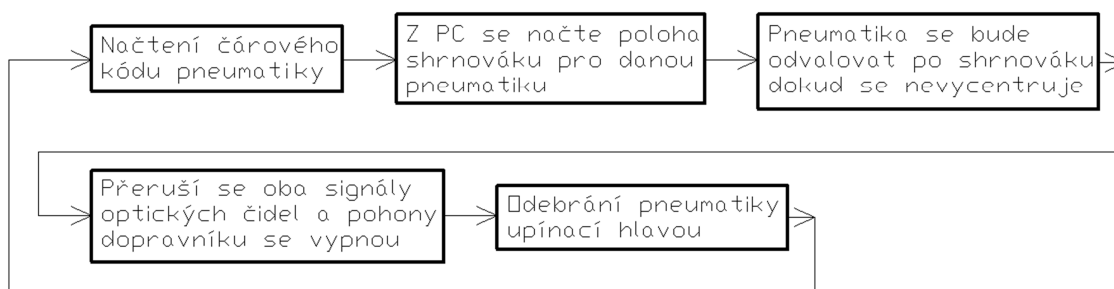
Obr. 23 Otočná deska tříramenná



3 KONTROLNÍ VÝPOČET

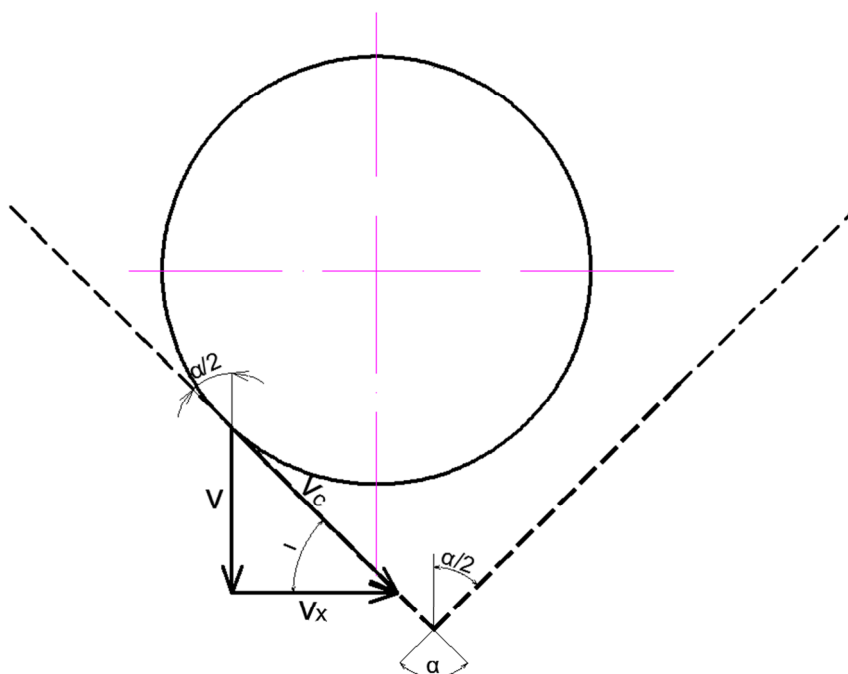
3.1 ČASOVÉ SCHÉMA CENTROVÁNÍ A ODBĚRU PNEUMATIK

Aby zařízení plnilo správně svojí funkci, musí být počet odebraných pneumatik 600 kusů za hodinu. Z tohoto vyplývá, že doba jednoho cyklu vycentrování a odebrání pneumatiky je 6 sekund. Pro určení časového schéma je použita pneumatika o průměru 650 mm.



Obr. 24 Schéma principu

URČENÍ RYCHLOSTI ODVALOVÁNÍ PNEUMATIKY PO SHRNOVAČI



Obr. 25 Rychlostní schéma odvalování pneumatiky po shrnovači



Vstupní parametry: $v = 0,53 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\iota = 45^\circ$$

Výpočet příčné rychlosti pneumatiky při kontaktu se shrnovačem

$$\tan(\iota) = \frac{v}{v_x} \rightarrow v_x = \frac{v}{\tan(\iota)} \quad (3.1)$$

$$v_x = \frac{0,53}{\tan(45^\circ)}$$

$$v_x = 0,53 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

ι ... úhel mezi v_x a v_c [$^\circ$]

v ... dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

v_x ... příčná rychlost pneumatiky při kontaktu se shrnovačem [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Celková rychlost pneumatiky po shrnovači

$$v_c = \sqrt{v^2 + v_x^2} \quad (3.2)$$

$$v_c = \sqrt{0,53^2 + 0,53^2}$$

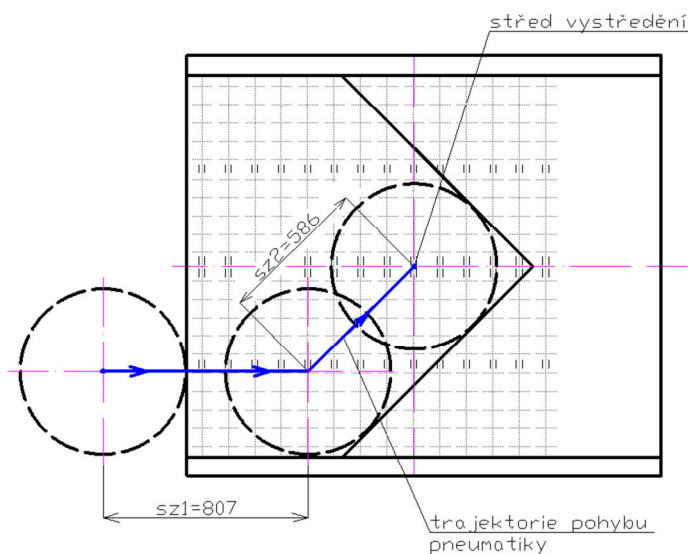
$$v_c = 0,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

v_c ... celková rychlost pneumatiky po shrnovači [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

VÝPOČET ČASU VYCENTROVÁNÍ PNEUMATIKY

Daná pneumatika musí urazit trajektorii uvedenou v obr. 26. Daná vzdálenost se skládá ze dvou úseků. V prvním úseku se pohybuje pneumatika dopravní rychlost v . Po kontaktu se shrnovačem v druhém úseku se pohybuje jiným směrem a dopravní rychlostí v_c . Celkový čas vycentrování bude součtem dílčích časů.



Obr. 26 Dráha pneumatiky při vycentrování

$$t_c = \frac{s_{z1}}{v} + \frac{s_{z2}}{v_c} \quad (3.3)$$

$$t_c = \frac{0,807}{0,53} + \frac{0,582}{0,75}$$

$$t_c = 2,3 \text{ s}$$

kde:

t_c ... celkový čas centrování pneumatiky [s]

s_{z1} ... vzdálenost prvního úseku [m]

s_{z2} ... vzdálenost druhého úseku [m]

Celkový čas vycentrování t_c je tedy 2,3 sekundy.

URČENÍ ČASU ODEBRÁNÍ PNEUMATIKY UPÍNACÍ HLAVOU

Tento časový úsek se skládá ze tří dílčích časů a závisí především na pracovní rychlosti robota a na rychlosti otáčení pohonu upínací hlavy. První čas je najetí upínací hlavy do pneumatiky. Druhý čas je čas otevírání čelistí hlavy. Třetí čas je přemístění upnuté pneumatiky z dopravníku nad střed vystředění. Čas odebrání pneumatiky upínací hlavou bude určen pouze přibližně, protože není specifikovaný typ robota ani jeho pracovní rychlost. Průměrná pracovní rychlost robota bude přibližně 1000 mm/s.

- čas: Výchozí pozice upínací hlavy bude 600 mm nad středem vystředění. Jakmile bude pneumatika vystředěná, upínací hlava sjede dolů 10 mm nad střed vystředění. Tento čas je závislý na pracovní rychlosti robota, $t_{s1} = 0,6 \text{ s}$.
- čas: Upínací hlava bude ve správné pozici a začnou se rozevírat čelisti. Čas otevírání čelistí je dle [20]. Tento čas je $t_{s2} = 1 \text{ s}$.



3. čas: Po uchopení pneumatiky vyjede upínací hlava nad střed vystředění o 1000 mm. Tento čas je závislý na pracovní rychlosti robota, $t_{s3} = 1$ s.

V tomto okamžiku je čas centrování a odebrání pneumatiky nastaven. Robot následně umístí pneumatiku na připravenou paletu. Tento čas by neměl být delší než 2 sekundy.

CELKOVÝ ČAS CENTROVÁNÍ PNEUMATIKY A ODEBRÁNÍ UPÍNACÍ HLAVOU

$$t_C = t_c + t_{s1} + t_{s2} + t_{s3} \quad (3.4)$$

$$t_C = 2,3 + 0,6 + 1 + 1$$

$$t_C = 4,9 \text{ s}$$

kde:

t_C ... celkový čas centrování pneumatiky a odebrání upínací hlavou [s]

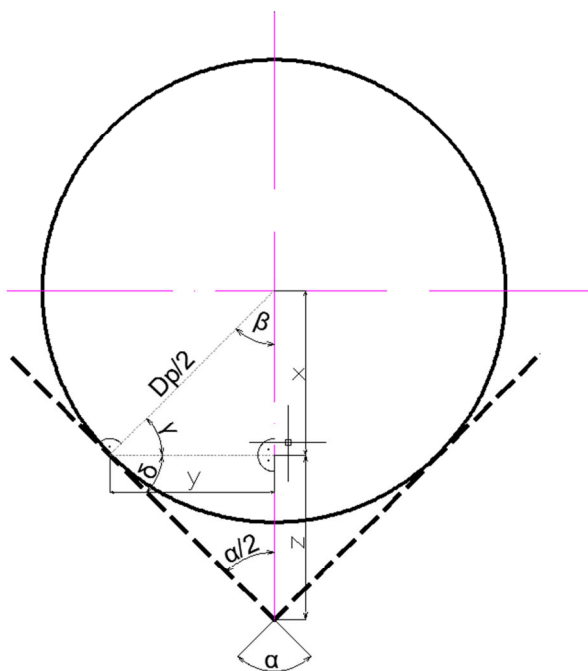
$t_{s1,3}$... čas přemístění upínací hlavy [s]

t_{s2} ... čas otevírání čelistí upínací hlavy [s]

Celkový čas centrování je po zaokrouhlení 5 sekund, tedy celkový čas centrování vyhovuje.

3.2 ODVOZENÍ VZORCE PRO POLOHY SHRNOVAČE

Pro správné vycentrování pneumatiky je nutné znát průměr pneumatiky a polohu shrnovače. Na začátku dopravníku je umístěno identifikační zařízení, které načte čárový kód a určí se přesný průměr pneumatiky. Správná poloha pro vycentrování shrnovače se určí dle následujícího schématu.



Obr. 27 Schéma pro určení polohy shrnovače



Vstupní parametry: D_p
 $\alpha = 90^\circ$

Závislé parametry: β, γ, δ

Dle schématu: $\beta = 45^\circ$
 $\gamma = 45^\circ$
 $\delta = 45^\circ$

$$\sin(\gamma) = \frac{2 \cdot x}{D_p} \rightarrow x = \frac{D_p \cdot \sin(\gamma)}{2} \quad (3.5)$$

$$\cos(\gamma) = \frac{2 \cdot y}{D_p} \rightarrow y = \frac{D_p \cdot \cos(\gamma)}{2}$$

$$\operatorname{tg}(\delta) = \frac{z}{y} = \frac{2 \cdot z}{D_p \cdot \cos(\gamma)} \rightarrow z = \frac{D_p \cdot \cos(\gamma) \cdot \operatorname{tg}(\delta)}{2}$$

$$s_{xz} = x + z = \frac{D_p \cdot \sin(\gamma)}{2} + \frac{D_p \cdot \cos(\gamma) \cdot \operatorname{tg}(\delta)}{2}$$

$$s_{xz} = \frac{D_p}{2} \cdot (\sin(\gamma) + \cos(\gamma) \cdot \operatorname{tg}(\delta))$$

$$s_{xz} = \frac{D_p}{2} \cdot (\sin(45) + \cos(45) \cdot \operatorname{tg}(45))$$

$$s_{xz} = \frac{D_p}{\sqrt{2}}$$

kde:

D_p ... vnější průměr dané pneumatiky [m]

α ... úhel otevření shrnovače [°]

β, γ, δ ... úhel pro určení polohy shrnovače [°]

x, y ... vzdálenost pro určení polohy shrnovače [m]

s_{xz} ... vzdálenost pro určení polohy shrnovače od bodu vystředění [m]

3.3 URČENÍ TUHOSTI PNEUMATIKY

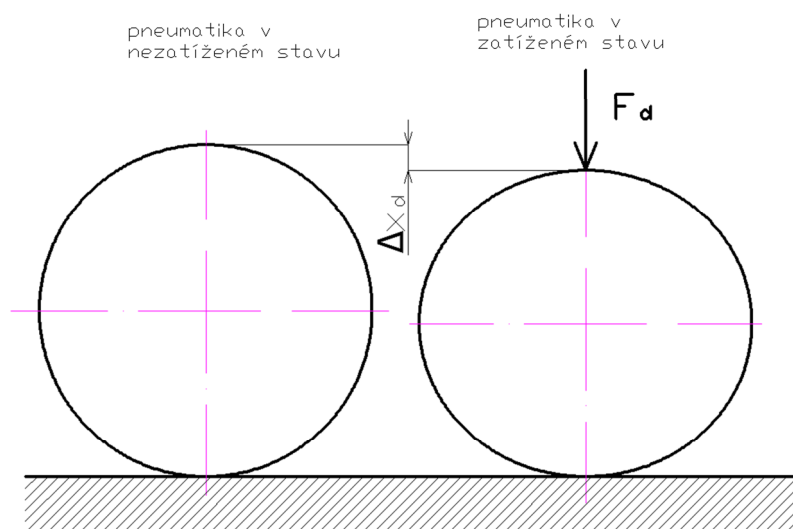
V dostupné literatuře [26] jsou všechny vlastnosti pneumatiky zkoumány pouze ve stavu, kdy je pneumatika naplněná vzduchem o určitém tlaku a je v ní umístěn disk. Tento stav je pro tuto práci nevyhovující. Proto byl proveden experiment, který určuje tuhost prázdné pneumatiky.

Určení tuhosti pneumatiky umožní určit sílu nárazu pneumatiky do shrnovače. Pomocí této síly bude následovně navrženo lineární vedení a polohování shrnovače.

Pro experiment byla zvolena pneumatiku Barum BD 22 12 R 22,5 152/148 M+S [14]. Experiment probíhal tak, že byl změřen vnější průměr pneumatiky. Pneumatika byla zatížena



danou silou a byla odměřena deformace pneumatiky. Podle známé hmotnosti a deformace pneumatiky lze určit hledanou tuhost pneumatiky. Při výpočtu budu předpokládat lineární deformaci. Hodnota tuhosti v uváděné literatuře je $400 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$, takže výsledek by měl být menší než tato hodnota.



Obr. 28 Deformace pneumatiky při zatížení

$$F_d = m_d \cdot g = k \cdot \Delta x_d \rightarrow k = \frac{m_d \cdot g}{\Delta x_d} \quad (3.6)$$

$$k = \frac{16 \cdot 9,81}{0,004}$$

$$k = 39,2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

kde:

k ... tuhost pneumatiky [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$]

m_d ... hmotnost závaží [kg]

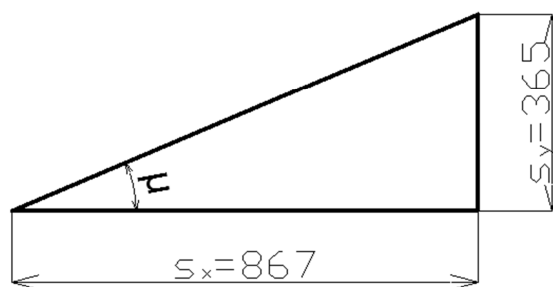
Δx_d ... deformace pneumatiky při zatížení [m]

F_d ... síla vyvolaná od hmotnosti závaží [N]

3.4 URČENÍ SOUČiniteLE TŘENÍ MEZI PNEUMATIKOU A KLADIČKAMI

Pro výpočet výkonu pohonu je potřeba zjistit součinitel tření mezi pneumatikou a polyamidem. Tato hodnota ale v dostupné literatuře není. Proto musela být tato hodnota experimentálně určena.

Experiment probíhal tak, že jsem položil pneumatiku na polyamidovou desku. Desku jsem začal s pneumatikou zvedat, dokud se pneumatika nezačala posouvat dolů. V této chvíli je mezi polyamidovou deskou a zemí úhel φ . Pro potřebný výpočet jsem odměřil vodorovnou a horizontální vzdálenost desky.



Obr. 29 Schéma měření součinitele tření

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{s_y}{s_x} = \mu \\ \mu &= \frac{0,365}{0,867} \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$\mu = 0,42$$

kde:

μ ... součinitel tření mezi pneumatikou a polyamidem [-]

$s_{x,y}$... vzdálenosti pro určení součinitele tření [m]

3.5 KLADIČKOVÝ DOPRAVNÍK

Kladičkový dopravník bude mít poháněné obě strany pomocí dvou asynchronních motorů od firmy SEW- EURODRIVE.

3.5.1 VÝPOČET POHONU DOPRAVNÍKU

Výpočet pohonu dopravníku je proveden dle [10]. Budu předpokládat, že pneumatika se bude pohybovat u bočnice, tedy kdy bude pohon nejvíce namáhán.

PARAMETRY PRO VÝPOČET KLADIČKOVÉHO DOPRAVNÍKU PRVNÍHO ÚSEKU:

Požadovaný dopravní výkon	$N = 600 \text{ ks} \cdot \text{hod}^{-1}$
Dopravní rychlost	$v = 0,53 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Hmotnost jednoho předmětu	$m_{p1} = 77,8 \text{ kg}$
Průměr kladičky	$D = 0,08 \text{ m}$
Hmotnost kladičkové hřídele a kladiček	$m_v = 2,15 \text{ kg}$
Průměr čepu v ložiskách	$d = 0,01 \text{ m}$
Rozteč válečků	$t = 0,096 \text{ m}$
Součinitel smykového tření	$f = 0,02$
Součinitel valivého tření	$e = 0,0006 \text{ m}$
Účinnost řemenových převodů	$\eta_1 = 0,74$
Počet kladičkových hřídelí	$k_1 = 15$
Součinitel smykového tření mezi předmětem a kladičkou	$\mu = 0,42$
Sklon trati	$\varepsilon = 0^\circ$



POČET PŘEDMĚTŮ NA TRATI

Z principu funkce vyplývá, že na trati musí být pouze jeden předmět.

$$n = 1 \quad (3.8)$$

ODPORY PŮSOBÍCÍ NA KLADIČKOVÉ HŘÍDELE

Složka vlastní tíhy předmětu

$$W_1 = m_{p1} \cdot g \cdot \sin(\varepsilon) \quad (3.9)$$

$$W_1 = 7,8 \cdot 9,81 \cdot \sin 0$$

$$W_1 = 0N$$

kde:

W_1 ... složka vlastní tíhy předmětu [N]

m_{p1} ... hmotnost jednoho dopravovaného předmětu [kg]

m_v ... hmotnost kladičkového hřídele a kladiček [kg]

g ... tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

ε ... sklon trati [$^\circ$]

Odpor vlivem valivého a čepového tření

$$W_2 = m_{p1} \cdot g \cdot \cos(\varepsilon) \cdot \frac{e + f \cdot r}{R} + k_1 \cdot m_v \cdot g \cdot \frac{f \cdot r}{R} \quad (3.10)$$

$$W_2 = 77,8 \cdot 9,81 \cdot \cos 0^\circ \cdot \frac{0,0006 + 0,02 \cdot 0,005}{0,04} + 15 \cdot 2,15 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,005}{0,04}$$

$$W_2 = 14,1 N$$

kde:

W_2 ... odpor vlivem valivého a čepového tření [N]

e ... součinitel valivého tření [-]

f ... součinitel čepového tření [-]

r ... poloměr čepu v ložiskách [m]

R ... poloměr kladičky [m]

k_1 ... počet kladičkových hřídelí [-]

m_v ... hmotnost kladičkového hřídele a kladiček [kg]

Odpor vlivem výrobních nepřesností a nepravidelností stykové plochy předmětu

Tento odpor se nedá přesně určit, proto se uvádí jako půl procenta normálového zatížení hřídele.



$$W_3 = 0,005 \cdot m_{p1} \cdot g \cdot \cos(\varepsilon) \quad (3.11)$$

$$W_3 = 0,005 \cdot 77,8 \cdot 9,81 \cdot \cos 0$$

$$W_{3u1} = 3,8 \text{ N}$$

kde:

W_3 ... odpor vlivem výrobních nepřesností a nepravidelností stykové plochy předmětu [N]

Statický odpor poháněných, otáčejících se hřídelí nezatižených dopravovaným předmětem.

$$W_4 = k_{p1} \cdot m_v \cdot g \cdot \frac{f \cdot r}{R} \quad (3.12)$$

$$W_4 = 2 \cdot 2,15 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,005}{0,04}$$

$$W_4 = 0,1 \text{ N}$$

kde:

W_4 ... odpor poháněných, otáčejících se hřídelí nezatižených dopravovaným předmětem [N]

k_{p1} ... počet kladičkových hřídelí na kterých předmět nespočívá [-]

CELKOVÝ ODPOR

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \quad (3.13)$$

$$W = 0 + 14,1 + 3,8 + 0,1$$

$$W_{u1} = 18 \text{ N}$$

kde:

W ... celkový odpor [N]

POTŘEBNÝ VÝKON PRO PŘEKONÁNÍ ODPORŮ

$$P_1 = W \cdot \frac{v}{\eta_1} \quad (3.14)$$

$$P_1 = 18 \cdot \frac{0,53}{0,74}$$

$$P_1 = 13 \text{ W}$$

kde:

P_1 ... potřebný výkon pro překonání odporů [W]

VÝPOČET DODATEČNÉHO VÝKONU PŘI NÁRAZU DO SHRNOVAČE

Při kontaktu pneumatiky se shrnovačem se pneumatika začne odvalovat. V případě, že pneumatika narazí do středu shrnovače, bude muset pohon překonat i dodatečný odpor P_{2u1} .



Síla vyvozená na shrnovač

$$W_5 = m_{p1} \cdot g \cdot \mu \quad (3.15)$$

$$W_5 = 77,8 \cdot 9,81 \cdot 0,42$$

$$W_5 = 320,6 \text{ N}$$

kde:

W_5 ... síla vyvozená na shrnovač od pohonu [N]

Potřebný dodatečný výkon

$$P_2 = W_5 \cdot \frac{v}{\eta_1} \quad (3.16)$$

$$P_2 = 320,6 \cdot \frac{0,53}{0,74}$$

$$P_2 = 230 \text{ W}$$

kde:

P_2 ... potřebný dodatečný výkon [W]

CELKOVÝ POTŘEBNÝ VÝKON MOTORU

$$P_c = P_1 + P_2 \quad (3.17)$$

$$P_c = 13 + 230$$

$$P_c = 243 \text{ W}$$

kde:

P_c ... celkový potřebný výkon motoru [W]

KONTROLA ROZBĚHU MOTORU

Kontrolu rozběhu motoru bude provedena, když dojde k selhání snímačů – tedy když pneumatika narazí do shrnovače a pohon bude stále spuštěný. Pneumatika bude vystředěná, tedy hmotnost zátěže pohonu bude polovina hmotnosti pneumatiky, tzn. $m_{p2} = 70 \text{ kg}$.

Celkový převod

$$i_c = \frac{n_m}{n_v} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_m}{60 \cdot v} \quad (3.18)$$

$$i_c = \frac{\pi \cdot 0,08 \cdot 1380}{60 \cdot 0,53}$$

$$i_c = 10,9$$

kde:

i_c ... celkový převod [-]

n_m ... otáčky motoru [min^{-1}]

n_v ... otáčky kladiček [min^{-1}]



Doba rozběhu motoru

$$t_s = \frac{v}{g \cdot \left[\cos(\beta) \cdot \left(\mu - \frac{2 \cdot e}{D} \right) \right]} \quad (3.19)$$

$$t_s = \frac{0,53}{9,81 \cdot \left[\cos(0) \cdot \left(0,42 - \frac{2 \cdot 0,0006}{0,08} \right) \right]}$$

$$t_s = 0,13 \text{ s}$$

kde:

t_s ... doba rozběhu motoru [s]

Výpočet třecího momentu

$$M_t = m_{p2} \cdot g \cdot \mu \cdot \frac{D}{2 \cdot i_c \cdot \mu_2} \quad (3.20)$$

$$M_t = 77,8 \cdot 9,81 \cdot 0,42 \cdot \frac{0,08}{2 \cdot 10,9 \cdot 0,74}$$

$$M_t = 1,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:

M_t ... třecí moment [N·m]

m_{p2} ... hmotnost pneumatiky zatěžující jednu stranu dopravníku [kg]

Výpočet momentu zrychlujících sil přímočaře pohybujících se hmot

$$M_{zp} = m_{p2} \cdot \frac{D \cdot v}{2 \cdot i_c \cdot \mu_2 \cdot t_s} \quad (3.21)$$

$$M_{zp} = 77,8 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,53}{2 \cdot 10,9 \cdot 0,44 \cdot 0,13}$$

$$M_{zp} = 1,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:

M_{zp} ... moment zrychlujících sil přímočaře pohybujících se hmot [N·m]

Setrvačný moment jednoho kladičkového hřídele a kladiček byl zjištěn pomocí programu ProEngineer .

$$J = 0,0052 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Úhlové zrychlení kladiček

$$\varepsilon_k = \frac{2 \cdot v}{t_s \cdot D} \quad (3.22)$$

$$\varepsilon_k = \frac{2 \cdot 0,53}{0,13 \cdot 0,08}$$

$$\varepsilon_k = 99,3 \text{ s}^{-2}$$



kde:

ε_k ... úhlové zrychlení kladičkového hřídele [s^{-2}]

Výpočet momentu zrychlujících rotujících hmot

$$M_{zv} = k_1 \cdot J \cdot \varepsilon_k \cdot \frac{1}{i_c \cdot \eta_1} \quad (3.23)$$

$$M_{zv} = 15 \cdot 0,0052 \cdot 99,3 \cdot \frac{1}{10,9 \cdot 0,72}$$

$$M_{zv} = 0,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:

M_{zv} ... moment zrychlujících rotujících hmot [$N \cdot m$]

Výpočet momentu od stálých odporů

$$M_o = \frac{P_c}{\omega_m} = \frac{60 \cdot P_c}{2 \cdot \pi \cdot n_m} \quad (3.24)$$

$$M_o = \frac{60 \cdot 224,7}{2 \cdot \pi \cdot 1380}$$

$$M_o = 1,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:

M_o ... moment od stálých odporů [$N \cdot m$]

Výpočet momentu na hřídeli motoru při rozběhu

$$M_m = \frac{M_z}{M_n} \cdot \frac{P_m}{\omega_m} \quad (3.25)$$

$$M_m = 1,9 \cdot \frac{550 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 1380}$$

$$M_m = 7,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:

M_m ... moment na hřídeli motoru při rozběhu [$N \cdot m$]

Výpočet rozběhového redukovaného momentu na hřídeli motoru

$$M_{roz} = M_t + M_{zp} + M_{zv} + M_o \quad (3.26)$$

$$M_{roz} = 1,5 + 1,5 + 0,9 + 1,7$$

$$M_{roz} = 5,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:

M_{roz} ... rozběhový redukovaný moment na hřídeli motoru [$N \cdot m$]



Kontrola motoru

$$M_m > M_{roz} \quad (3.27)$$

$$7,2 N \cdot m > 5,8 N \cdot m$$

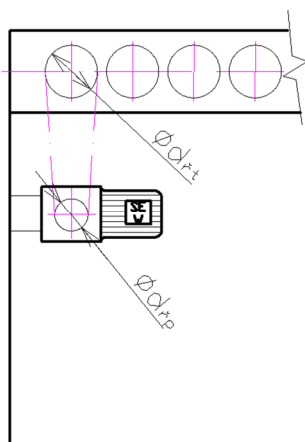
Kontrola motoru na rozběh vyhovuje.

3.5.2 KONTROLNÍ VÝPOČET RYCHLOSTI DOPRAVNÍKU

Výstupní otáčky převodovky $n_a = 173 \text{ min}^{-1}$

Roztečný průměr řemenice u pohonu $d_{řp} = 63,66 \text{ mm}$ [5]

Roztečný průměr řemenice na trati $d_{řt} = 86,58 \text{ mm}$ [5]



Obr. 30 Schéma řemenic

VÝPOČET PŘEVODOVÉHO POMĚRU

$$i_c = \frac{d_{řt}}{d_{řp}} \quad (3.28)$$

$$i_c = \frac{0,08658}{0,06366}$$

$$i_c = 1,36$$

kde:

i_c ... celkový převodový poměr [-]

$d_{řt}$... roztečný průměr řemenice na trati [m]

$d_{řp}$... roztečný průměr řemenice u pohonu [m]



OTÁČKY KLADIČKOVÉHO HŘÍDELE

$$i_c = \frac{n_a}{n_{kh}} \rightarrow n_{kh} = \frac{n_a}{i_c} \quad (3.29)$$

$$n_{kh} = \frac{173}{1,36}$$

$$n_{kh} = 127,2 \text{ min}^{-1}$$

kde:

n_{kh} ... otáčky kladičkového hřídele [min^{-1}]

DOPRAVNÍ RYCHLOST

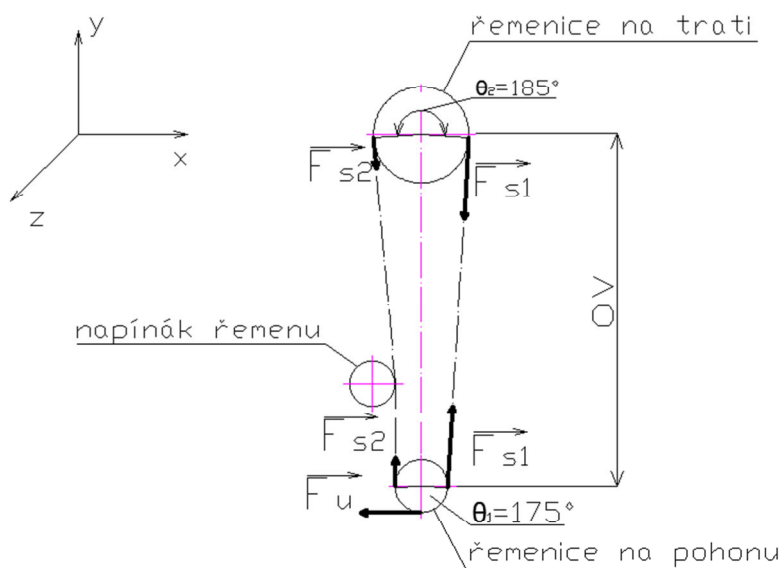
$$v = \pi \cdot D \cdot \frac{n_{kh}}{60} \quad (3.30)$$

$$v = \pi \cdot 0,08 \cdot \frac{127,2}{60}$$

$$v = 0,53 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3.5.3 VÝPOČET ŘEMENU POLY CHAIN CARBON 8MGTC

Aby kladičkový dopravník fungoval spolehlivě, je nutná i kontrola zatížení řemenu. Kontrola je provedena vůči maximálnímu dovolenému zatížení, uvedeným od výrobce.



Obr. 31 Schéma napínání řemenu



Výpočet obvodové síly na řemenici pohonu

$$F_u = \frac{2 \cdot M_k}{d_{\dot{r}p}} = F_{s1} - F_{s2} \quad (3.31)$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 30}{0,06366}$$

$$F_u = 941,9 \text{ N}$$

kde:

F_u ... obvodová síla na řemenici pohonu [N]

F_{s1} ... síla v napnuté větvi smyčky [N]

F_{s2} ... síla v ochablé větvi smyčky [N]

$$F_{s1} = F_u \cdot \frac{e^{\theta_1 \cdot \mu_{\dot{r}}} - 1}{e^{\theta_1 \cdot \mu_{\dot{r}}} - 1} \quad (3.32)$$

$$F_{s1} = 941,9 \cdot \frac{e^{3,05 \cdot 1}}{e^{3,05 \cdot 1} - 1}$$

$$F_{s1} = 988,5 \text{ N}$$

kde:

θ_1 ... úhel opásání hnací řemenice [rad]

$\mu_{\dot{r}}$... součinitel tření mezi řemenem a řemenicí – z důvodu tvarového styku = 1 [-]

$$F_{s2} = F_u \cdot \frac{1}{e^{\theta_1 \cdot \mu_{\dot{r}}} - 1} \quad (3.33)$$

$$F_{s2} = 941,9 \cdot \frac{1}{e^{3,23 \cdot 1} - 1}$$

$$F_{s2} = 46,6 \text{ N}$$

Ze schématu obr. 31 je zřejmé, že největší síla, kterou řemen přenáší je síla v napnuté větvi smyčky $F_{s1} = 988,5 \text{ N}$. Největší dovolené zatížení řemenu je $F_{\dot{r}} = 1290 \text{ N}$. Bezpečnost řemenu je pak tedy:

$$k_{\dot{r}} = \frac{F_{\dot{r}}}{F_{s1}} \quad (3.34)$$

$$k_{\dot{r}} = \frac{1290}{988,5}$$

$$k_{\dot{r}} = 1,3$$

kde:

$k_{\dot{r}}$... bezpečnost řemenu [-]

$F_{\dot{r}}$... největší dovolené zatížení řemenu [N]

V příloze práce je uveden kontrolní výpočet řemenu pomocí programu Desing Flex Pro od firmy Gates.



3.5.4 VÝPOČET HŘÍDELE

Výpočet reakce od řemenice na kladičkovou hřídel

$$F_r = \sqrt{F_{s1}^2 + F_{s2}^2 - 2 \cdot F_{s1} \cdot F_{s2} \cdot \cos(\theta_2)} \quad (3.35)$$

$$F_r = \sqrt{988,5^2 + 46,6^2 - 2 \cdot 988,5 \cdot 46,6 \cdot \cos(175)}$$

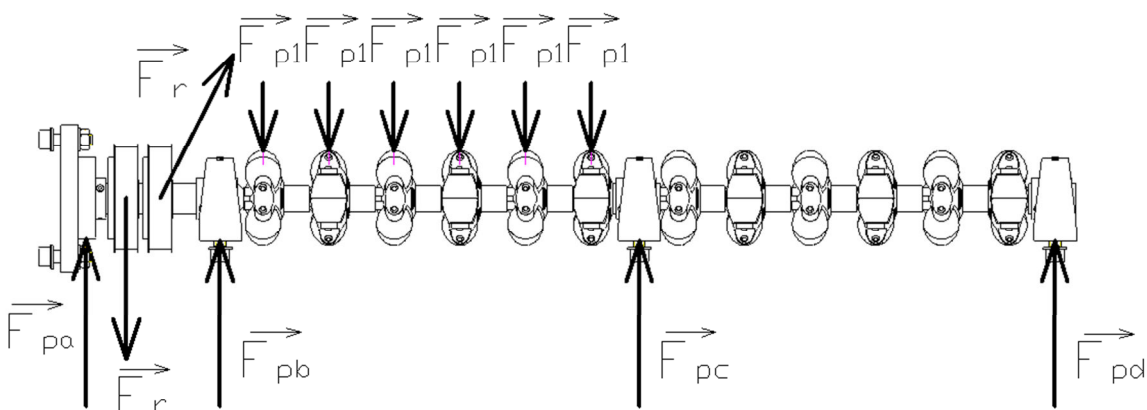
$$F_r = 1034,9 \text{ N}$$

kde:

F_r ... reakce od řemenice na kladičkovou hřídel [N]

Výpočet zatížení na kladičkovou hřídel je proveden v programu Nexis 32. Grafické výsledky zatížení s numerickými hodnotami jsou uvedeny v příloze.

Na obrázku se znázorněno ekvivalentní zatížení kladičkové hřídele. Síly F_p jsou síly působící na ložiskové domečky, síla F_r je reakce od řemenice na kladičkovou hřídel a síla F_{p1} je ekvivalentní zatížení pneumatiky na jednu kladičku.



Obr. 32 Ekvivalentní zatížení kladičkové hřídele

Největší zatížení hřídele bude mezi řemenicemi. Bude zde působit největší ohybový moment a i největší krouticí moment. Z výsledků programu Nexis 32 působí mezi řemenicemi maximální ohybový moment $\sigma_0 = 21 \text{ MPa}$ a maximální průhyb $0,05 \text{ mm}$. Maximální krouticí moment motoru je $M_k = 30 \text{ Nm}$. Při výpočtu bude zanedbán vliv posouvajících sil, protože jsou zanedbatelné. Výpočet kombinovaného napětí bude proveden pomocí teorie HMM.



$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_k}{W_k}\right)^2} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_k}{\frac{\pi \cdot d_{\check{r}}^3}{16}}\right)^2} \quad (3.36)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(21 \cdot 10^6)^2 + 3 \cdot \left(\frac{30}{\frac{\pi \cdot 0,025^3}{16}}\right)^2}$$

$$\sigma_{red} = 23,2 \text{ MPa}$$

kde:

σ_{red} ... maximální redukované napětí působící na kladičkový hřídel [Pa]

σ_o ... maximální ohybové napětí působící na kladičkový hřídel [Pa]

τ_k ... maximální napětí v krutu působící na kladičkový hřídel [Pa]

M_k ... krouticí moment [Nm]

W_k ... průřezový modul v krutu [m³]

$d_{\check{r}}$... průměr kladičkové hřídele [m]

Maximální redukované napětí hřídele je $\sigma_{red} = 23,2 \text{ MPa}$ a maximální dovolené napětí je $\sigma_D = 177,5 \text{ MPa}$, hřídel tedy vyhovuje.

3.5.5 VÝPOČET ŽIVOTNOSTI LOŽISEK

Kladičkový hřídel je uložen ve dvou typech ložiskových těles. V kontrole bude zkontrolováno ložisko, které je více namáháno – tedy přírubového ložiskového tělesa FYTBK 25 TF. Bude zkontrolováno na požadovanou životnost 6 let, tj. 52 560 hodin. Maximální zatížení ložiskových těles je $F_{pa} = 834,6 \text{ N}$ a je určeno pomocí programu Nexis 32. V příloze jsou uvedeny přesné numerické výsledky.

$$L_{10A} = \left(\frac{C_A}{F_{pa}}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_{kh}} \quad (3.37)$$

$$L_{10A} = \left(\frac{14000}{834,6}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 127,2}$$

$$L_{10A} = 618\,459 \text{ hod}$$

kde:

L_{10A} ... hodinová životnost ložiska v bodě A [hod]

C_A ... základní dynamická životnost ložiska v bodě A [N] [21]

p ... exponent pro ložisko s bodovým stykem = 3 [-]

Požadovaná životnost ložiska je tedy dostatečná.



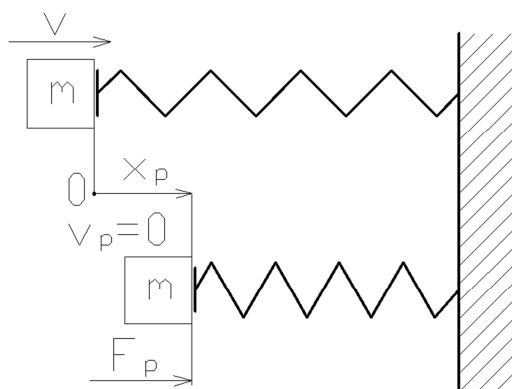
3.6 LINEÁRNÍ VEDENÍ SHRNOVAČE

Pro návrh lineárního vedení shrnovače je nutné určení síly při nárazu pneumatiky do shrnovače.

3.6.1 VÝPOČET SÍLY PŘI NÁRAZU PNEUMATIKY

Pro zjednodušení nahradím pneumatiku schematicky pružinou, její poměrné tlumení $b=0$ $\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$. Tato síla se určí z kinetické energie pneumatiky, která se přemění v deformační energii pneumatiky.

VÝPOČET DEFORMACE PNEUMATIKY



Obr. 33 Deformace pneumatiky

$$E_{kp} = \frac{1}{2} \cdot m_p \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x_p^2 \quad (3.38)$$

$$x_p = \sqrt{\frac{m_p}{k}} \cdot v$$

$$x_p = \sqrt{\frac{140}{39,24 \cdot 10^3}} \cdot 0,53$$

$$x_p = 0.032\text{m}$$

kde:

E_{kp} ... kinetická energie pneumatiky [J]

x_p ... deformace pneumatiky při nárazu [m]

Pneumatika se při nárazu zdeformuje o 32 mm.



VÝPOČET SÍLY PŘI NÁRAZU PNEUMATIKY DO SHRNOVAČE

$$F_n = k \cdot x_p \quad (3.39)$$

$$F_n = 39,24 \cdot 10^3 \cdot 0,032$$

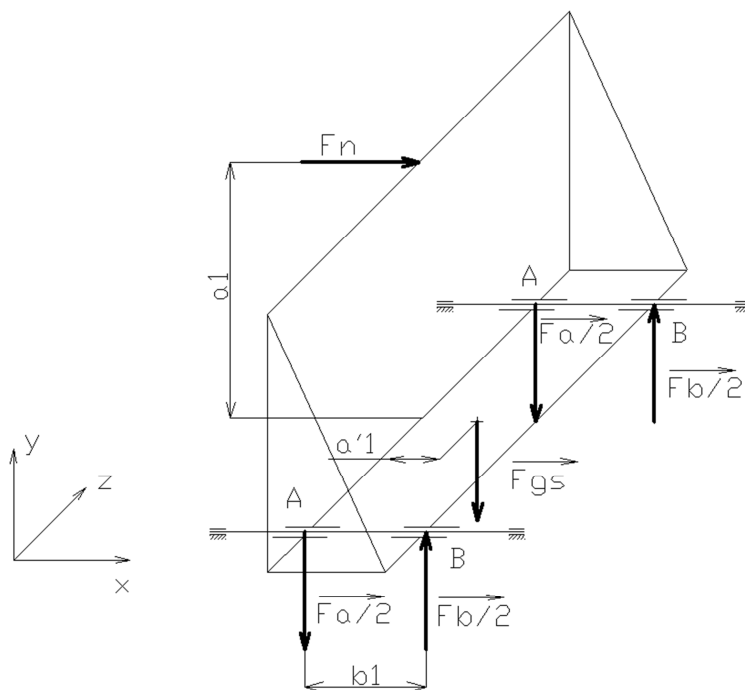
$$F_n = 1294,9 \text{ N}$$

kde:

F_n ... síla při nárazu pneumatiky do shrnovače [N]

3.6.2 VÝPOČET ZATÍŽENÍ LINEÁRNÍHO VEDENÍ

Zatížení lineárního vedení je závislé na konstrukci a rozměrech shrnovače a na velikosti síly při nárazu pneumatiky do shrnovače F_n .



Obr. 34 Zatížení shrnovače při nárazu pneumatiky

DYNAMICKÉ ZATÍŽENÍ

Dynamické zatížení bude působit pouze při nárazu pneumatiky do shrnovače a při odvalování pneumatiky po shrnovači. Protože se shrnovač nebude při maximálním zatížení pohybovat, je provedena kontrola vůči maximálnímu dovolenému zatížení vedení.

Silový moment k ose z v bodě A:

$$\Sigma M_{zA} = 0; F_n \cdot a_1 + F_{gs} \cdot a'_1 - F_b \cdot b_1 = 0 \quad (3.40)$$

$$F_b = \frac{F_n \cdot a_1 + F_{gs} \cdot a'_1}{b_1}$$



$$F_b = \frac{1294,4 \cdot 0,45 + 696,5 \cdot 0,25}{0,146}$$

$$F_b = 5182,2 \text{ N}$$

kde:

M_{zA} ... silový moment k ose z v bodě A [Nm]

a_1, b_1 ... rozměry shrnovače [m]

F_b ... velikost reakce v bodě B [N]

a'_1 ... vzdálenost působení vlastní tíhy shrnovače [m]

F_{gs} ... velikost gravitační síly působící od shrnovače [N]

Silová rovnováha v ose y:

$$\Sigma F_y = 0; -F_a + F_b = 0 \quad (3.41)$$

$$F_b = F_a = 5182,2 \text{ N}$$

kde:

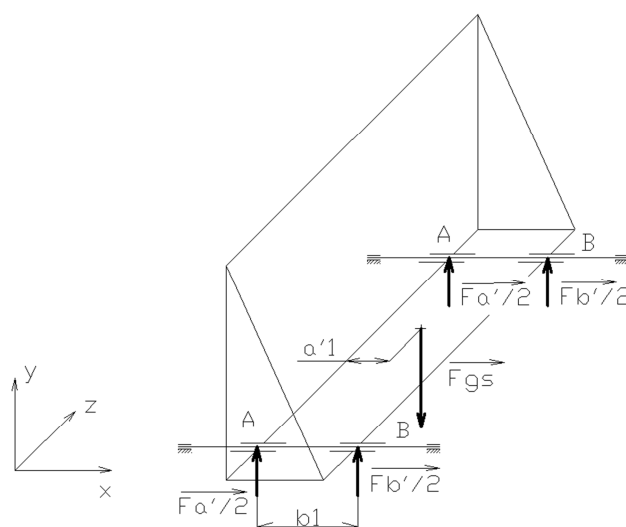
F_y ... síly v ose y [N]

F_a ... velikost reakce v bodě A [N]

Shrnovač je symetricky uložen ve dvou místech, proto je dynamické zatížení v uložení $F_{ved}=2591,1 \text{ N}$. Dovolená dynamická zátěž je 18 800 N, tedy vyhovuje.

STATICKÉ ZATÍŽENÍ

Statické zatížení bude působit pouze při posouvání shrnovače, když bude na vedení působit pouze hmotnost shrnovače.



Obr. 35 Zatížení vedení shrnovače vlastní tíhou



Silový moment k ose z v bodě A:

$$\Sigma M_{zA} = 0; F_{gs} \cdot a'_1 - F'_b \cdot b_1 = 0 \quad (3.42)$$

$$F'_b = \frac{F_{gs} \cdot a'_1}{b_1}$$

$$F'_b = \frac{696,5 \cdot 0,25}{0,146}$$

$$F'_b = 1192,6 \text{ N}$$

kde:

F'_b ... velikost reakce od vlastní tíhy v bodě B [N]

Silová rovnováha v ose y:

$$\Sigma F_y = 0; -F'_a + F'_b = 0 \quad (3.43)$$

$$F'_b = F'_a = 1192,6 \text{ N}$$

kde:

F'_a ... velikost reakce od vlastní tíhy v bodě A [N]

Shrnovač je symetricky uložen ve dvou místech, proto je statické zatížení v uložení $F'_{ved} = 596,3 \text{ N}$. Dovolovaná statická zátěž je 24 400 N, tedy vyhovuje.

VÝPOČET ČASOVÉ ŽIVOTNOSTI LINEÁRNÍHO VEDENÍ

Výpočet je proveden dle [17]:

$$L_h = \frac{\left(\frac{C}{F'_{ved}}\right)^3 \cdot 10^5}{4 \cdot s \cdot n'_v \cdot 60} \quad (3.44)$$

$$L_h = \frac{\left(\frac{18800}{596,3}\right)^3 \cdot 10^5}{4 \cdot 0,462 \cdot 10 \cdot 60}$$

$$L_h = 2,8 \cdot 10^6 \text{ hod}$$

kde:

L_h ... časová životnost lin. vedení [hod.]

C ... dynamická únosnost lin. vedení [N]

F'_{ved} ... reakce od hmotnosti shrnovače na lineární vedení [N]

s ... dráha lin. vedení [m]

n'_v ... počet cyklů za minutu [-]

Požadovaná životnost lineárního vedení je 52 560 hodin. Vypočítaná životnost je $2,8 \cdot 10^6$ hodin, tedy zvolené lineární vedení vyhovuje.



4 RIZIKOVÁ ANALÝZA

Nebezpečí, nebezpečné situace a nebezpečné události jsou určovány dle [24].

1. Mechanická nebezpečí vyvolaná

- strojními částmi nebo obrobky, např.

- a) tvarem,
 - b) vzájemnou polohou,
 - c) hmotností a stabilitou (potencionální energie prvků stroje, které se mohou vlivem zemské přitažlivosti posunovat)
 - d) hmotností a rychlostí (kinetická energie prvků stroje při jejich ovládaném nebo neovládaném pohybu),
 - e) neodpovídající mechanickou pevností
- nahromaděním energie uvnitř strojního zařízení, např.:
- f) u pružných prvků (pružin)
 - g) v kapalinách a plynech pod tlakem
 - h) účinkem vakua

1.1 Nebezpečí stlačení

1.2 Nebezpečí stříku

1.3 Nebezpečí pořezání nebo uříznutí

1.4 Nebezpečí navinutí

1.5 Nebezpečí vtažení nebo zachycení

1.6 Nebezpečí naražení

1.7 Nebezpečí bodnutí nebo propíchnutí

1.8 Nebezpečí tření nebo odření

1.9 Nebezpečí vymrštění částí (strojního zařízení nebo zpracovávaných materiálů/obrobků) nebo nebezpečí výronu vysokotlaké tekutiny

2. Elektrická nebezpečí vyvolaná

2.1 Dotykem osob s živými částmi (přímý dotyk)

2.2 Dotykem osob s částmi, které se staly živými vlivem vadných podmínek (nepřímý dotyk)

2.3 Přiblížení k živým částem pod vysokým napětím

2.4 Elektrostatické jevy

2.5 Tepelným zařízením nebo jinými jevy, jako je odlet roztavených částí a chemické účinky zkratů, přetížení atd.

3. Tepelná nebezpečí vedoucí k

3.1 Popálení, opaření a jiným zraněním při možném kontaktu osob s předměty nebo materiály o velmi vysoké nebo nízké teplotě, plameny nebo výbuchy a také vyzařováním tepelných zdrojů

3.2 Poškození zdraví horkým nebo studeným pracovním prostředím

4. Nebezpečí vytvářená hlukem vedoucí k

4.1 Ztrátě sluchu (hluchota), jiným fyziologickým potížím (např. ztráta rovnováhy, vědomí)

4.2 Rušení přenosu řeči, zvukových signálů, atd.

5. Nebezpečí vytvářená vibracemi



- 5.1 Používáním ručního náradí, vedoucím k různým neurologickým a cévním poškozením
- 5.2 Vibracemi celého těla zvláště v kombinaci s nucenou polohou těla

6. Nebezpečí vytvářena zářením

- 6.1 Nízkofrekvenčním a vysokofrekvenčním zářením, mikrovlnami
- 6.2 Infračerveným, viditelným a ultrafialovým světlem
- 6.3 Paprsky X gama
- 6.4 Alfa, beta paprsky nebo paprsky elektronů nebo iontů, neutrony
- 6.5 Lasery

7. Nebezpečí vytvářena materiály a látkami (a jejich součástmi) zpracovávanými nebo používanými u strojního zařízení

- 7.1 Nebezpečí kontaktu se škodlivými kapalinami, plyny, mlhami, parami a prachy nebo jejich inhalací
- 7.2 Nebezpečí požáru nebo výbuchu
- 7.3 Nebezpečí biologická a mikrobiologická (virová nebo bakteriální)

8. Nebezpečí vytvářena zanedbáváním ergonomických zásad při konstrukci strojního zařízení jako např.

- 8.1 Nevhodná poloha těla nebo nadměrná námaha
- 8.2 Nedostatky s ohledem k anatomii rukou/horních končetin nebo nohou/dolních končetin
- 8.3 Nepoužívání osobních ochranných pomůcek
- 8.4 Nevhodné místní osvětlení
- 8.5 Psychické přetížení nebo nedostatečné vyčerpání, stres
- 8.6 Chybné jednání člověka, chování člověk
- 8.7 Nevhodná konstrukce, umístění nebo označení ručních ovladačů
- 8.8 Nevhodná konstrukce nebo umístění zobrazovacích jednotek

9. Kombinace nebezpečí

10. Neočekávané spuštění, neočekávané přejetí/překročení rychlosti (nebo jakékoliv podobné selhání) vyvolané

- 10.1 Poruchou/selháním řídicího systému
- 10.2 Obnovou dodávky energie po přerušení
- 10.3 Vnějšími vlivy působícími na elektrické zařízení
- 10.4 Ostatními vnějšími vlivy (gravitací, větrem, atd.)
- 10.5 Chybami v softwaru
- 10.6 Chybami obsluhy (způsobené chybným vztahem mezi schopnostmi a vlastnostmi člověka a strojním zařízením, viz. 8.6)

11. Nemožnost zastavení stroje v nejvhodnějších podmínkách

12. Změna otáček nástrojů

13. Porucha dodávky energie

14. Porucha řídicího obvodu

15. Chybná montáž

16. Roztržení během provozu

17. Pád nebo vymrštění předmětů nebo vystříknutí kapalin

18. Ztráta stability/převrácení strojního zařízení19. Uklouznutí, zakopnutí a pád osob (v souvislosti se strojním zařízením)

Další nebezpečí, nebezpečné situace a nebezpečné události vyvolané mobilitou

20. Vztahující se k pojezdové funkci stroje

20.1 Pohyb při spouštění motoru

20.2 Pohyb bez řidiče na pracovním místě

20.3 Pohyb, pokud všechny části nejsou v bezpečné poloze

20.4 Nadměrně rychlá chůze při ovládání strojního zařízení

20.5 Nadměrné výkyvy při pohybu

20.6 Nedostatečná schopnost strojního zařízení ke zpomalení, zastavení a parkování

21. Spojená s pracovní polohou stroje (včetně polohy při řízení)

21.1 Pád osob při přístupu (nebo výstupu/sestupu) na pracovní místo

21.2 Odsávání plynů/nedostatek kyslíku na pracovním místě

21.3 Požár (hořlavost kabiny, chybějící hasící prostředky)

21.4 Mechanická nebezpečí na pracovním místě:

a) dotyk s pojezdovými koly,

b) převrácení,

c) pád předmětů, průnik předmětů,

d) roztržení částí vlivem vysokých rychlostí,

e) dotyk osob s částmi stroje nebo nástroji (u strojů ovládaných pěším řidičem)

21.5 Nedostatečná viditelnost z pracovního místa

21.6 Nevhodné osvětlení

21.7 Nevhodné sedadlo

21.8 Hluk na pracovním místě

21.9 Vibrace na pracovním místě

21.10 Nedostatečné prostředky k úniku/nouzový východ

22. Vyvolaná řídicím systémem

22.1 Nevhodné umístění ručních ovladačů

22.2 Nevhodná konstrukce ručních ovladačů a jejich způsob ovládání

23. Vyvolaná manipulací se strojem (ztráta stability)24. Způsobená zdroji energie a přenosem energie

24.1 Nebezpečí od motorů a baterií

24.2 Nebezpečí od přenosu energie mezi stroji

24.3 Nebezpečí od spojování a vlečení

25. Nebezpečí od/pro třetí osoby

25.1 Neoprávněné spuštění/používání

25.2 Samovolný pohyb části stroje po jejím zastavení

25.3 Chybějící nebo nevhodná vizuální nebo akustická výstražná zařízení

26. Nevhodné instrukce pro řidiče/obsluhu

Další nebezpečí, nebezpečné situace a nebezpečné události při zdvihání



27. Mechanická nebezpečí a nebezpečné události

- 27.1 Vyvolané pády břemena, nehodou, nakloněním stroje způsobené:
 - 27.1.1 Nedostatečnou stabilitou
 - 27.1.2 Nekontrolovaným zatížením – přetížením – překročením klopného momentu
 - 27.1.3 Nekontrolovaným rozsahem pohybů
 - 27.1.4 Neočekávaným/nezamýšleným pohybem břemen
 - 27.1.5 Nevhodnými prvky pro uchopení břemena/příslušenstvím
 - 27.1.6 Kolizí více než jednoho stroje
- 27.2 Vyvolané přístupem osob k nosiči břemena
- 27.3 Vyvolané vykolejením
- 27.4 Vyvolané nedostatečnou mechanickou pevností částí
- 27.5 Vyvolané nevhodnou konstrukcí kladek, bubnů
- 27.6 Vyvolané nevhodnou volbou řetězů, lan, zdvihacích zařízení a příslušenství a jejich nevhodným včleněním do stroje
- 27.7 Vyvolané spouštěním břemena při ovládání třecí brzdy
- 27.8 Vyvolané abnormálními podmínkami při montáži/zkoušení/používání/údržbě
- 27.9 Vyvolané účinky břemena na osoby (náraz břemena nebo protizávaží)

28. Elektrická nebezpečí

- 28.1 Vyvolaná úderem blesku

29. Nebezpečí vytvářená zanedbáním ergonomických zásah

- 29.1 Nedostatečná viditelnost z místa řidiče

Další nebezpečí, nebezpečné situace a nebezpečné události vznikající při práci v podzemí

30. Mechanická nebezpečí a nebezpečné události vznikající

- 30.1 Nedostatečnou stabilitou strojní výztuže stropu
- 30.2 Chybou v ovládání spouštěče nebo brzdy kolejového strojního zařízení
- 30.3 Chybou nebo chybějícím ovladačem „mrtvého muže“ u kolejového stroje

31. Omezený pohyb osob

32. Požár a výbuch

33. Emise prachu, plynů apod.

Další nebezpečí, nebezpečné situace a nebezpečné události vznikající při zdvihání a pohybu osob.

34. Mechanická nebezpečí a nebezpečné události vyvolané

- 34.1 Neodpovídající mechanickou pevností – neodpovídajícími pracovními koeficienty
- 34.2 Chybou ovládání zatížení
- 34.3 Chybou ovladačů u zařízení pro přepravu osob (funkce, priority)
- 34.4 Nadměrnou rychlostí zařízení pro přepravu osob

35. Pádem osoby ze zařízení pro přepravu osob

36. Pád nebo převrácení zařízení pro přepravu osob

37. Chybné jednání člověka, chování člověka



Tab. 1 Tabulka pro odhad rizika [8]

(riziko s bodovou hodnotou 0 je nejnižší, riziko s bodovou hodnotou 10 je nejvyšší)

		Závažnost škody na zdraví	Četnost a doba trvání nebezpečných situací	Možnost vyvarování se nebo omezení škody	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události		
					8	9	10
→	smrt	často	občas	sotva možné	7	8	9
				za určitých podmínek možné	6	7	8
	těžká	často	občas	sotva možné	5	6	7
				za určitých podmínek možné	4	5	6
	lehká	často	občas	sotva možné	3	4	5
				za určitých podmínek možné	2	3	4
				0	1	2	
				0	0	1	
					nepravděpodobný	možný	pravděpodobný

Stupňování pomocných parametrů:

parametr ZP	závažnost možné škody (poškození zdraví)
lehká	poškrábání, odření, pohmoždění, tržné rány a zlomeniny bez trvalých následků
těžká	zlomeniny, amputace, ztráta zraku nebo sluchu s trvalými následky
smrt	smrtelné zranění

parametr VD	četnost a doba trvání nebezpečné situace
-------------	--

Zkratky pro použitá bezpečnostní nebo ochranná opatření:

OPOR	ochrana projektovým omezením rizika
OKTP	ochrana konstrukčně - technickými prostředky
OTPR	ochrana technickými



občas	vzácně, zřídka, málokdy, nepravidelně, krátce	prostředky řízení
často	pravidelně, dlouhodobě, popřípadě trvale	
parametr MV	možnost vyvarování se nebo omezení škody	OOPP osobní ochranné pracovní prostředky
pm	za určitých podmínek je možné se škody (poškození zdraví) vyvarovat nebo omezit její rozsah	
sm	vyvarování se nebo omezení škody (poškození zdraví) jen stěží (sotva) možné	BSNS bezpečnostní sdělení na stroji
parametr PV	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	UVNP upozornění v návodu k použití
n	výskyt je nepravděpodobný	
m	výskyt je možný	
p	výskyt je pravděpodobný	

Riziková analýza centrovacího zařízení a upínací hlavy je vypracována v příloze této práce.



5 ANALÝZA MOŽNÉHO VÝSKYTU A VLIVU VAD (FMEA)

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) byla vyvinuta v šedesátých letech dvacátého století jako nástroj pro systematickou a vysoce organizovanou analýzu způsobů poruch prvků systému a posouzení jejich důsledků na jednotlivé subsystemy i systém jako celek. Metoda FMEA, tedy analýza způsobů a důsledků poruch, je strukturovaná, kvalitativní analýza sloužící k identifikaci způsobů poruch systémů, jejich příčin a důsledků.

V současnosti patří metoda FMEA k nejpoužívanějším metodám prediktivní analýzy spolehlivosti a je využívána v řadě oborů, nejen pro analýzu technických systémů, ale také pro analýzu procesů a softwaru. Metoda FMEA je metoda induktivní, která provádí kvalitativní analýzu bezporuchovosti a bezpečnosti systému od nižší k vyšší úrovni členění systému a zkoumá, jakým způsobem mohou objekty na nižší úrovni selhat a jaký důsledek mohou mít tato selhání pro vyšší úroveň systému.

Informace získané prováděním metody FMEA mohou sloužit jako podklad pro návrh konstrukčních změn systému, formulaci požadavků na provedení zkoušek, nebo identifikaci nebezpečných provozních režimů.

Pro vyhodnocení analýzy FMEA je určována relativní významnost poruchy:

$$RPN = O \cdot S \cdot D$$

kde:

RPN ... relativní významnost poruchy

O ... číslo, které klasifikuje pravděpodobnost výskytu způsobu poruch v předem určeném časovém intervalu

S... číslo, které klasifikuje závažnost, jak silně budou důsledky poruchy ovlivňovat systém

D ... číslo, které klasifikuje detekci, že se porucha zjistí a eliminuje před tím, než bude mít vliv na systém

Tab. 2 Kritéria pro hodnocení výskytu vad [23]

Pravděpodobnost závady	Možné četnosti závad	Známka „O,,
Velmi vysoká: Neustálé závady	≥ 100 na tisíc prvků	10
	50 na tisíc prvků	9
Vysoká: Časté závady	20 na tisíc prvků	8
	10 na tisíc prvků	7
Mírná: Občasné závady	5 na tisíc prvků	6
	2 na tisíc prvků	5
Nízká: Poměrně málo závad	1 na tisíc prvků	4
	0,5 na tisíc prvků	3
Vzácná: Závada je nepravděpodobná	0,1 na tisíc prvků	2
	≤ 0,010 na tisíc prvků	1



Tab. 3 Kritéria pro hodnocení odhalitelnosti vad [23]

Odhaltelnost	Pravděpodobnost odhalení nástroji řízení návrhu	Známka „D,,
Absolutní nejistota	Nástroje řízení návrhu neodhalí a ani nemohou odhalit potenciální příčinu a následný způsob závady, nebo neexistuje řízení návrhu.	10
Velmi nepravděpodobné	Je velmi nepravděpodobné, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následný způsob závady.	9
Nepravděpodobná	Je nepravděpodobné, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následný mechanismus závady.	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Velmi nízká pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následný způsob závady.	7
Nízká pravděpodobnost	Pravděpodobnost, že stávající nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu je nízká.	6
Střední pravděpodobnost	Střední pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu odhalí.	5
Poněkud vyšší pravděpodobnost	Poněkud vyšší pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu odhalí.	4
Vysoká pravděpodobnost	Poněkud vyšší pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu odhalí.	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Poněkud vyšší pravděpodobnost, že nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu a následnou závadu odhalí.	2
Téměř jistota	Nástroje řízení návrhu odhalí potenciální příčinu/ mechanismus a následnou závadu téměř jistě.	1

Tab. 4 Kritéria pro hodnocení výskytu vad [23]

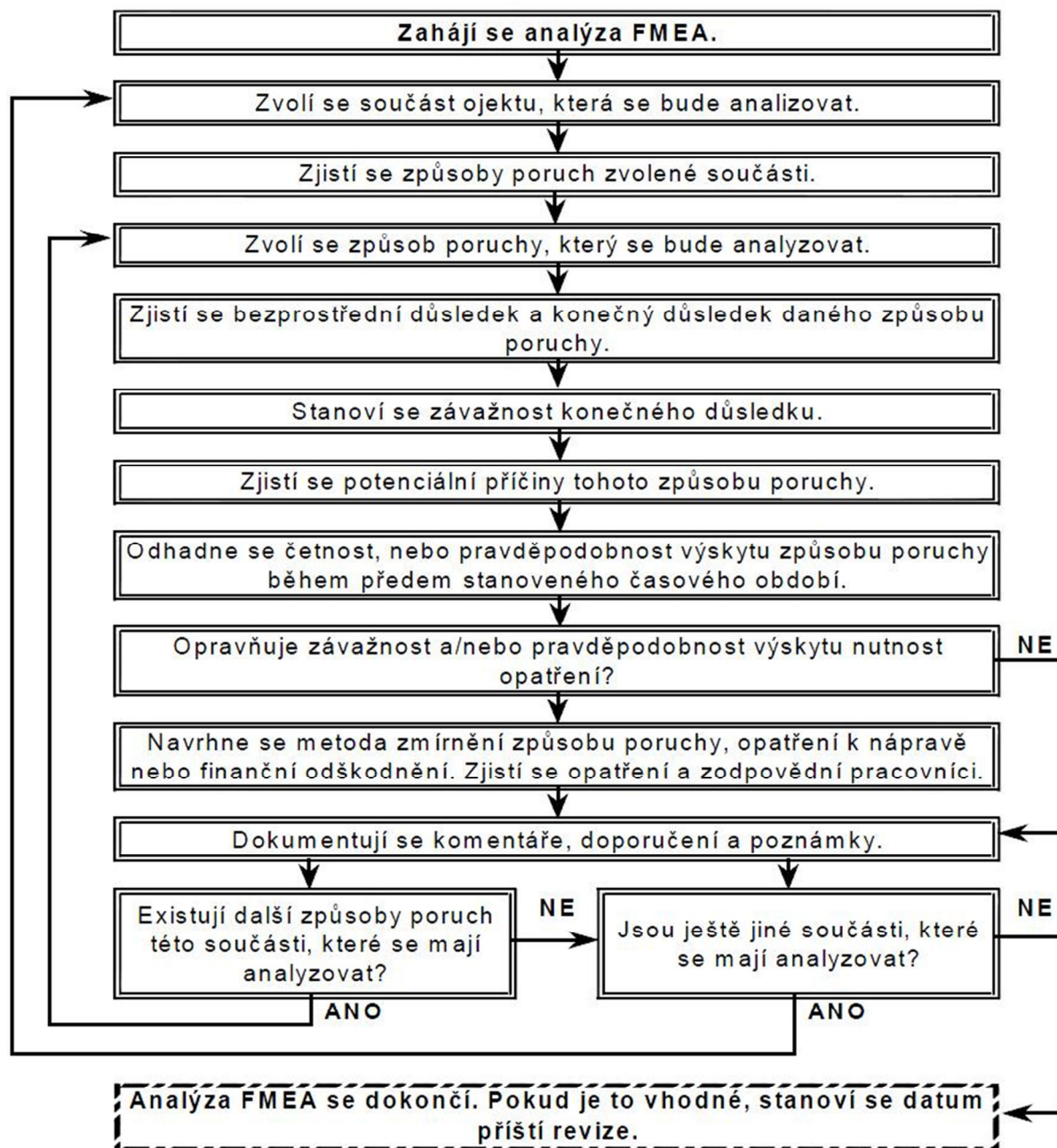
Důsledek	Kritéria závažnosti důsledku	Známka „S,,
Kritický bez výstrahy	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění předpisu bez výstrahy.	10
Kritický s výstrahou	Velmi vysoké hodnocení závažnosti, když možný způsob závady ohrožuje bezpečný provoz zařízení, nebo znamená nesplnění závazného předpisu s výstrahou (výstraha znamená jakýkoli předchozí výstražný signál zvuk, zápach, atd.).	9
Velmi závažný	Prvek je nefunkční (ztráta základní funkce).	8
Závažný	Prvek funguje, ale úroveň výkonu je velmi snižena. Zákazník velmi nespokojen.	7
Závažný	Prvek sice funguje, ale zároveň položky zajišťující komfort nefungují. Zákazník nespokojen.	6



Nízký	Prvek funguje, ale položky zajišťující komfort fungují se sníženým výkonem. Zákazník poněkud nespokojen.	5
Velmi nízký	Úprava prvku, nebo nadměrný hluk. Vady si všimne většina zákazníků (přes 75%).	4
Velmi nízký	Úprava/hlučnost neodpovídá. Vady si všimne 50% zákazníků.	3
Zanedbatelný	Úprava/ hlučnost neodpovídá. Vady si všimnou kritičtí zákazníci (méně než 25%).	2
Žádný	Žádný znatelný důsledek.	1



SCHÉMA POSTUPU ŘEŠENÍ ANALÝZY MOŽNÉHO VÝSKYTU A VAD [8]



Analýza možného výskytu a vad centrovacího zařízení a upínací hlavy je vypracována v příloze této práce.



6 PEVNOSTNÍ ANALÝZA POMOCÍ MKP (METODY KONEČNÝCH PRVKŮ)

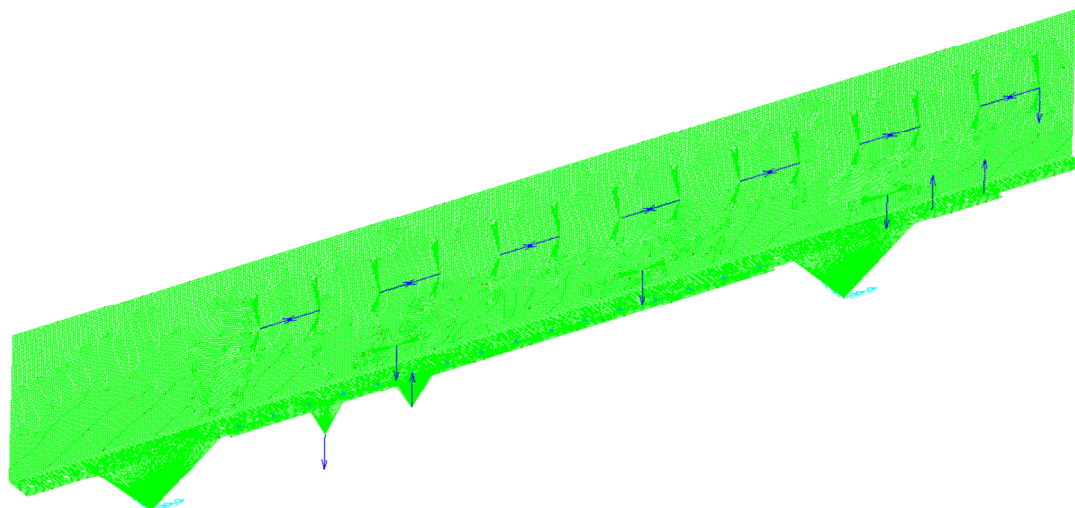
K provedení analýzy rámu dopravníku byl využit program I-DEAS 11 NX. V tomto programu je vytvořena síť modelu, zadání okrajových podmínek a následné vyhodnocení napětí a deformace.

Pro vytvoření modelu rámu dopravníku bylo využito prostředí pro modelování dílů (master modeler), prostředí pro vytvoření sítě (meshing), prostředí pro vytvoření vazeb a zatížení (boundary conditions) a prostředí pro vyhodnocení výsledků (visualizer). Konečnoprvková síť je vytvořena jako tenkostěnná skořepina (shell) s počtem prvků 52 794 a počtem uzlů 52900.

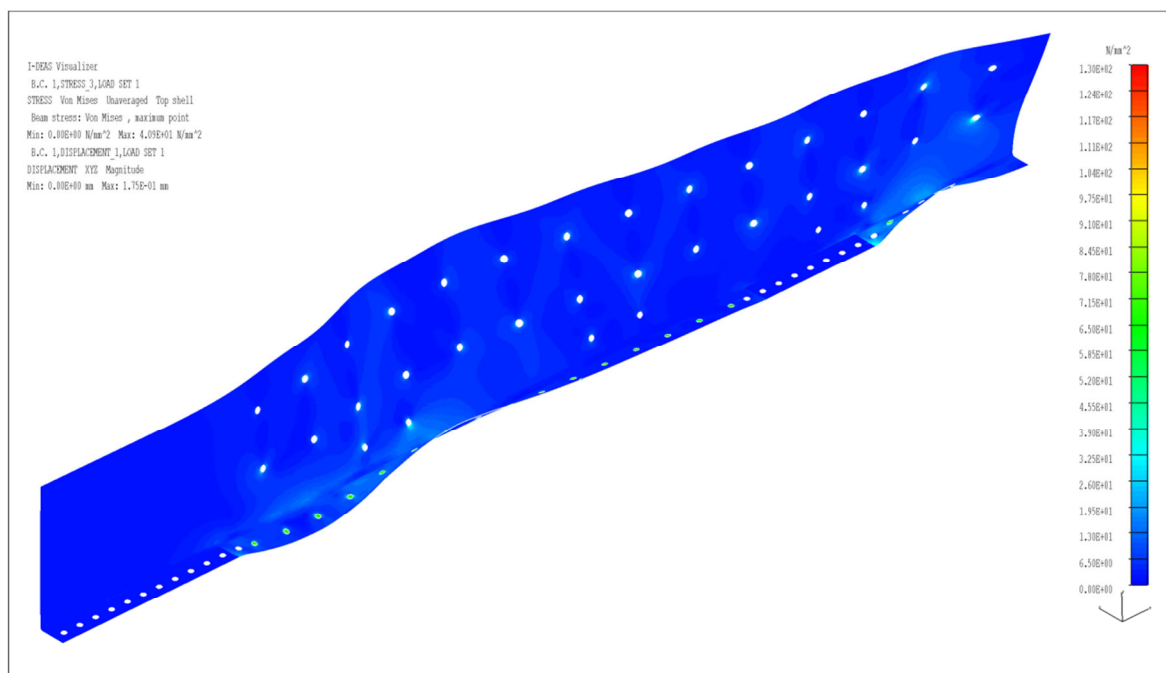
Nejprve byl rám dopravníku tvořen plechem tvaru L, ale protože docházelo k nadměrnému namáhání, byl rám vyztužen přídatným lemem.

Rám je zatěžován dvěma stavy. Zatěžovací stav 1, kdy na rám působí pouze hmotnost shrnovače – je zatěžován silami $F_a'/2$ a $F_b'/2$. Zatěžovací stav 2, kdy na rám působí hmotnost shrnovače i síla vyvolaná od nárazu pneumatiky – je zatěžován silami $F_a/2$ a $F_b/2$.

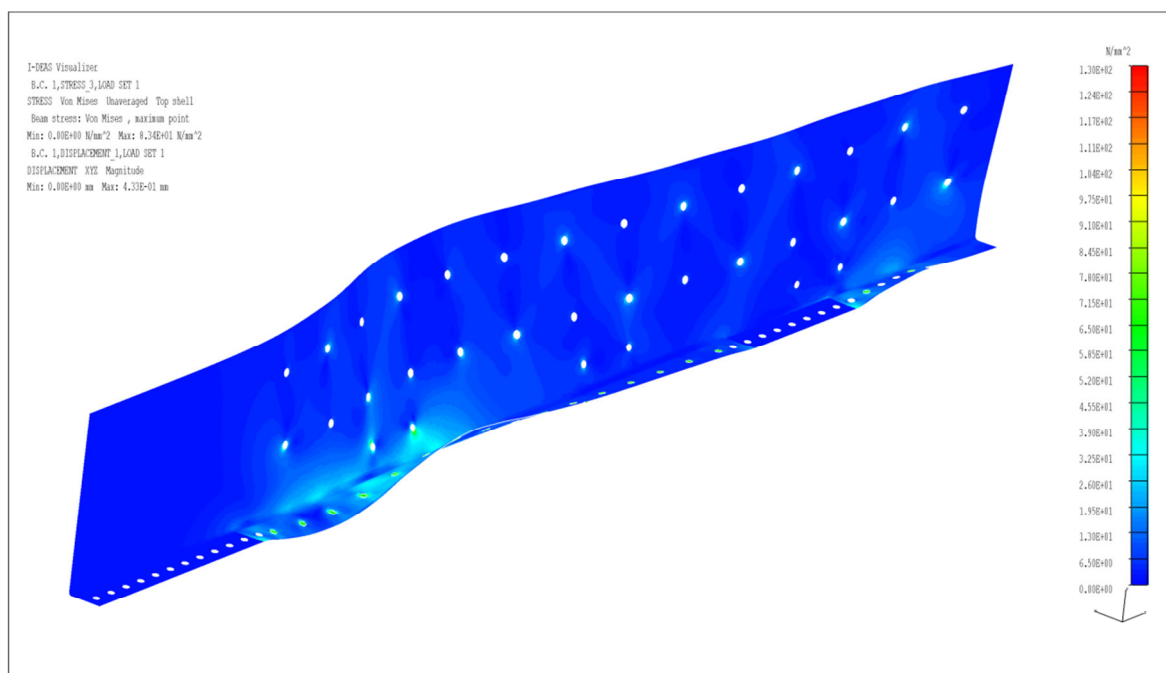
Rám je zatížen reakcemi od přírubových ložiskových domečků, od lineárního vedení a od výztužných rámu. V místech připevnění rámu k nohám byla přiřazena pevná vazba.



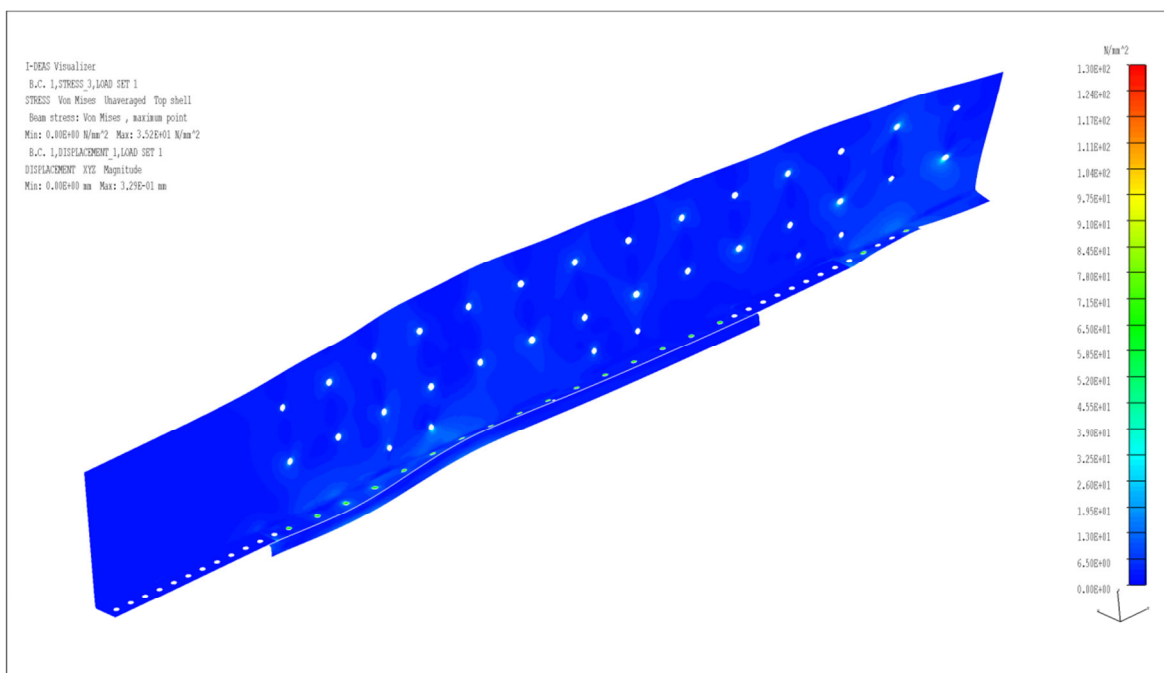
Obr. 36 Konečnoprvková síť zatížená ekvivalentním zatížením



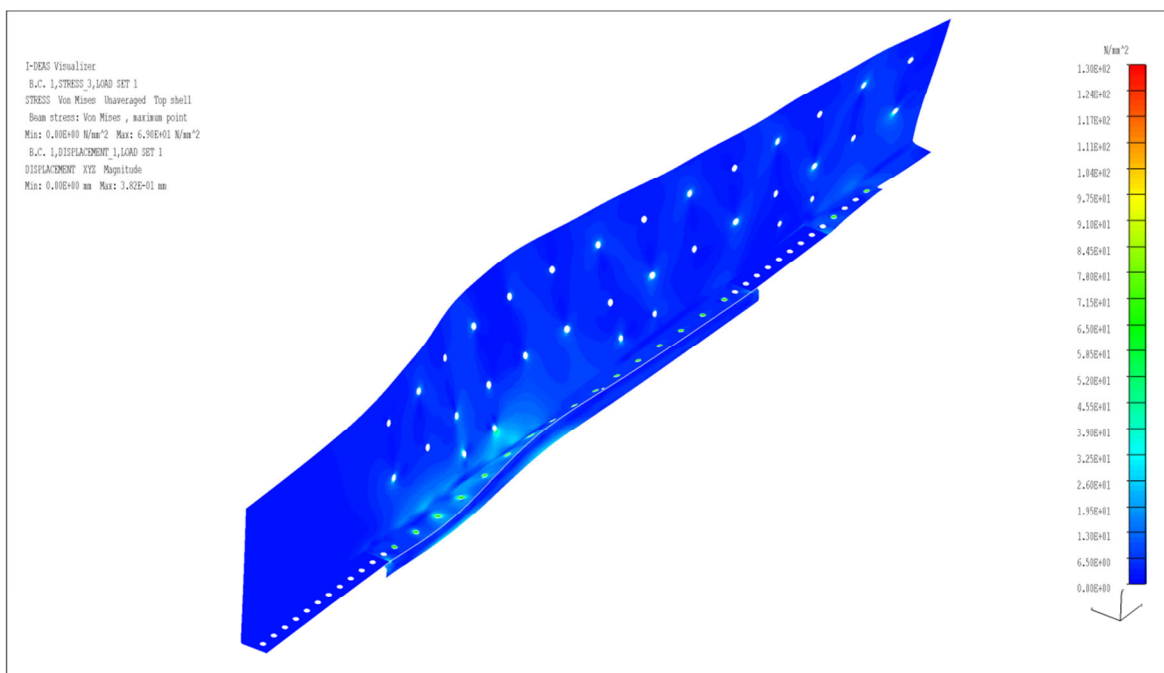
Obr. 37 Plech tvaru L zatížený stavem 1, maximální napětí 41 MPa a maximální průhyb 0,01 mm, měřítko deformace = 5:1



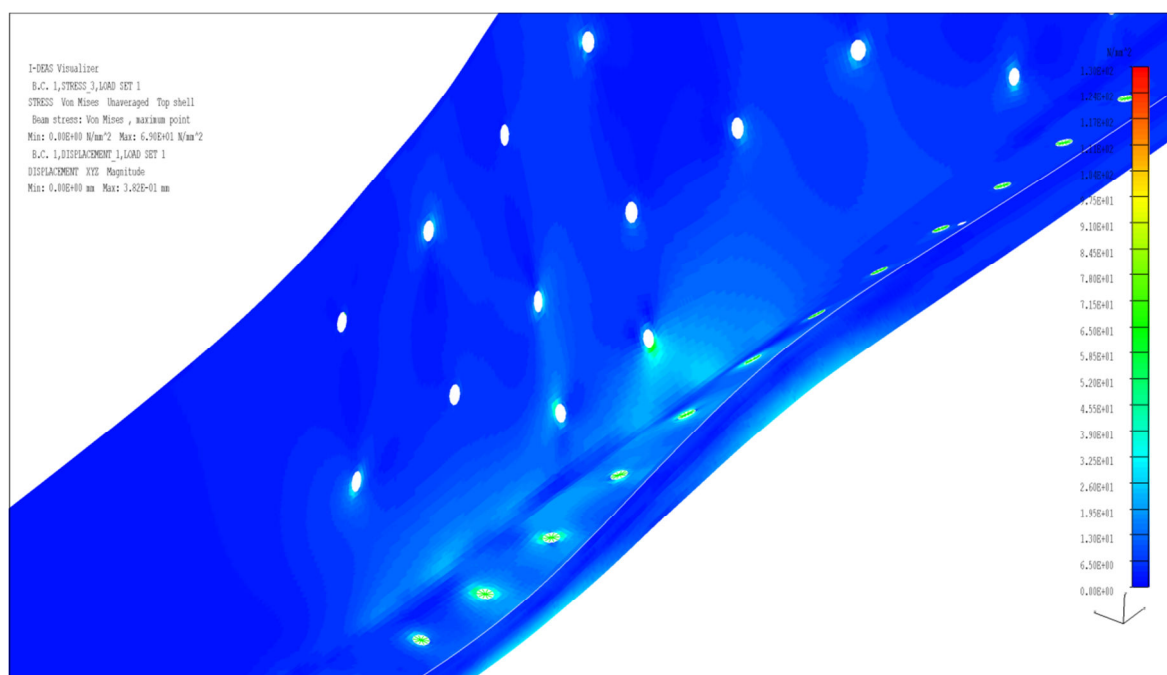
Obr. 38 Plech tvaru L zatížený stavem 2, maximální napětí 83 MPa a maximální průhyb 0,41 mm, měřítko deformace = 5:1



Obr. 39 Plech tvaru L vyztužený lemem, zatížený stavem 1, maximální napětí 35 MPa a maximální průhyb 0,03 mm, měřítko deformace = 5:1



Obr. 40 Plech tvaru L vyztužený lemem, zatížený stavem 2, maximální napětí 69 MPa a maximální průhyb 0,04 mm, měřítko deformace = 5:1



Obr. 41 Detail zatížení plechu tvaru L s vyztuženým lemem, zatížený stavem 2, maximální napětí 69 MPa a maximální průhyb 0,04 mm, měřítko deformace = 5:1



ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce je návrh a konstrukční řešení zařízení pro centrování pneumatik pro odběr robotem a upínací hlavy, která bude nesena robotem.

Tato práce v úvodu řeší rešerši možných způsobů centrování a upínání pneumatik s uvedenými výhodami a nevýhodami. Následně je řešeno zařízení s přístupem a bez přístupu obsluhy. Druhá kapitola práce se zabývá volbou jednotlivých komponent centrovacího zařízení a upínací hlavy. Kontrolní výpočet obsahuje výpočet celkového času vycentrování a odebrání pneumatiky a odvození polohy shrnovače. Dále je experimentálně určena tuhost pneumatiky a součinitel tření mezi pneumatikou a polyamidovou deskou. Výpočet pohonu kladičkového dopravníku je proveden podle doporučené literatury a následně zvolen pohon dopravníku. V další části je proveden kontrolní výpočet řemenu PolyChain, kladičkového hřídele. Výpočet životnosti ložiskových domečků a lineárního vedení shrnovače. V závěru práce je proveden pevnostní výpočet rámu. V příloze práce je vypracována riziková analýza a analýza možného výskytu a vlivu vad, návrhový formulář řemenového převodu, numerické a grafické zatížení kladičkové hřídele vyřešené v programu NEXIS 32 a 3D modely centrovacího zařízení a upínací hlavy.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky. 2. vyd. Úvaly, ALBRA, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [2] Katalog INTEROLL: Dopravníkové válečky [online], [11. 01. 2013], Dostupné z: <http://www.interroll.com/media/editorial_media/interroll_group/downloads/antriebe_foerderrollen/drivers_rollers/conveyor_rollers_catalogue/FR_CS_2011_WEB.pdf>.
- [3] Katalog SKF: Stojaté ložiskové jednotky [online], [11. 01. 2013], Dostupné z: <<http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-plummer-block-units/short-base-cast-housing-grub-screw-locking/index.html?prodid=211501025&nfp=NFP-211501025>>.
- [4] ČSN 41 1523. Ocel 11 523, Praha. Vydavatelství norem, 1995. 3 s.
- [5] Katalog Haberkorn: Ozubené řemenice [online], [11. 01. 2013], Dostupné z: <<http://www.haberkorn.cz/data/files/file/pohonne-systemy/pohony-ozubenymi-remeny/ozubene-remenice/02-ozubene-remenice.pdf>>.
- [6] Katalog Haberkorn: Ozubené řemeny [online], [11. 01. 2013], Dostupné z: <<http://www.haberkorn.cz/files/file/pohonne-systemy/ke-stazeni/G.pdf>>.
- [7] Katalog Intralox: Modulární pásy [online], [11. 01. 2013], Dostupné z: <<http://www.pktechnik.cz/Katalogy/Modularni-pasy-INTRALOX/SERIES-400>>.
- [8] Techniky posuzování rizik. TMT spol. s r. o. Chrudim. 2012.
- [9] Katalog Haberkorn: Napínání řetězů a řemenů [online], [11. 01. 2013], Dostupné z: <<http://www.haberkorn.cz/files/file/pohonne-systemy/napinaky-a-antivibracni-technika/napinaky-a-antivibracni-technika-napinaky.pdf>>.
- [10] MYNÁŘ, Břetislav; POKORNÝ, Přemysl. Dopravní a manipulační zařízení řešené příklady. Brno: VUT Brno, 2004. 21 s.
- [11] Rubberworld. Global Demand For Tires To Reach 3.3 Billion Units In 2015 [online]. [cit. 16.1.2013]. Dostupné z: <http://www.rubberworld.com/RWmarket_report.asp?id=750>.
- [12] Katalog Intralox: Modulární pásy [online], [11. 01. 2013], Dostupné z: <<http://www.pktechnik.cz/Katalogy/Modularni-pasy-INTRALOX/SERIES-400>>.
- [13] Katalog SEW. DR Series AC motors [online], [16.1.2013], Dostupné z: <<http://bever.bg/BG/Documentation/EN/MECHANICS/Motors%20-%20DR%20-%20Catalog%2008%20-%2011691417.pdf>>.
- [14] BarumPneu. Barum BD22 12 R22.5 152/148L [online]. [cit. 19.1.2013]. Dostupné z: <<http://www.barum-pneu.cz/barum-bd22-12-r22,5-152-148l>>.
- [15] Katalog SEW. DRE Gearmotors (IE2) [online], [22.1.2013], Dostupné z: <<http://www.sew-eurodrive.de/dr-motor/englisch/pdfs/16860012.pdf>>.



- [16] Katalog Haberkorn: Pohonné elementy [online], [6. 02. 2013], Dostupné z: <<http://www.haberkorn.cz/dyndoc/download/se-pohony-katalog.pdf>>.
- [17] Katalog BOSCH REXROTH. Linear motion and Assembly technologies [online], [15.2.2013], Dostupné z: <http://www.boschrexroth.com/modules/BRMV2PDFDownload.dll/rdr3102202_2009-06.pdf?db=brmv2&lvid=1143632&mvid=7819&clid=20&sid=ECD1CD4FE55DE96C853642512AA179D5&sch=M>.
- [18] Katalog Festo: Pohony EGC- BS-KF s oběžným kuličkovým vedením [online], [22. 02. 2013], Dostupné z: < http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ENGB/PDF/EN/EGC-BS_EN.PDF >.
- [19] Katalog Festo: Servomotory EMMS- AS [online], [22. 02. 2013], Dostupné z: < https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/EMMS-AS_CZ.PDF>.
- [20] Katalog Festo: Kyvné moduly DSM-B [online], [22. 02. 2013], Dostupné z: < https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DSM-B_CZ.PDF>.
- [21] Katalog SKF: Přírubové ložiskové jednotky [online], [06. 03. 2013], Dostupné z: < <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-tech-housing-oval-flange-grub-screw-locking/index.html?prodid=222101025&nfp=NFP-222101025>>.
- [22] Katalog Omron: Průvodce průmyslovou automatizací [online], [17. 03. 2013], Dostupné z: < http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue_pdf/default.html>.
- [23] IMAI, M.: KAIZEN Metoda jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. Computer Press, 2004, 272 s ISBN 80-251-0461-3.
- [24] ČSN EN ISO 12100. Bezpečnost strojních zařízení - všeobecné zásady pro konstrukci - posouzení rizika a snižování rizika, Praha. Vydavatelství norem, 2011. 106 s.
- [25] Katalog SKF: Ložiskové jednotky [online], [26. 03. 2013], Dostupné z: < <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-plummer-block-units/short-base-cast-housing-grub-screw-locking/index.html?prodid=211501025&nfp=NFP-211501025>>.
- [26] VLK, FRANTIŠEK: Dynamika motorových vozidel, 2. vyd. Brno, František Vlk, 2003, 432 s. ISBN: 80-239-0024-2.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a'_1	[m]	vzdálenost působení vlastní tíhy shrnovače
a_1, b_1	[m]	rozměry shrnovače
BSNS	[-]	bezpečnostní sdělení na stroji
C	[N]	dynamická únosnost lin. vedení
C_A	[N]	základní dynamická životnost ložiska v bodě A
D	[-]	číslo, které klasifikuje detekci, že se porucha zjistí a eliminuje
D	[m]	průměr kladičky
d	[m]	průměr čepu v ložiskách
D_p	[m]	vnější průměr dané pneumatiky
$d_{\bar{r}}$	[m]	průměr kladičkové hřídele
$d_{\bar{r}p}$	[m]	roztečný průměr řemenice u pohonu
$d_{\bar{r}t}$	[m]	roztečný průměr řemenice na trati
e	[m]	součinitel valivého tření
E_{kp}	[J]	kinetická energie pneumatiky
f	[-]	součinitel smykového tření
F'_a	[N]	velikost reakce od vlastní tíhy v bodě A
F'_b	[N]	velikost reakce od vlastní tíhy v bodě B
F'_{ved}	[N]	statické zatížení lineárního vedení shrnovače
F_a	[N]	velikost reakce v bodě A
F_b	[N]	velikost reakce v bodě B
F_d	[N]	síla vyvolaná od hmotnosti závaží
F_{gs}	[N]	velikost gravitační síly působící od shrnovače
F_n	[N]	síla při nárazu pneumatiky do shrnovače
$F_{p\ a,b,c,d}$	[N]	síly působící na ložiskové domečky v daných vazbách
F_{p1}	[N]	ekvivalentní zatížení pneumatiky na jednu kladičku
F_r	[N]	reakce od řemenice na kladičkovou hřídel
$F_{\bar{r}}$	[N]	největší dovolené zatížení řemenu
F_{s1}	[N]	síla v napnuté větvi smyčky
F_{s2}	[N]	síla v ochablé větvi smyčky
F_u	[N]	obvodová síla na řemenici pohonu
F_{ved}	[N]	dynamické zatížení lineárního vedení shrnovače
F_y	[N]	síly v ose y



g	$[m \cdot s^{-2}]$	tíhové gravitační zrychlení
i_c	$[-]$	celkový převodový poměr
J	$[kg \cdot m^2]$	setrvačný moment kladičkového hřídele
k	$[kN \cdot m^{-1}]$	tuhost pneumatiky
k_1	$[-]$	počet kladičkových hřídelí
$k_{\check{r}}$	$[-]$	bezpečnost řemenu
L_{10A}	[hod]	hodinová životnost ložiska v bodě A
L_h	[hod.]	časová životnost lin. vedení
m	$[-]$	výskyt je možný
m_d	[kg]	hmotnost závaží
M_k	$[N \cdot m]$	kroučící moment motoru
M_k	Nm	výstupní kroučící moment převodovky
M_m	$[N \cdot m]$	moment na hřídeli motoru při rozběhu
M_o	$[N \cdot m]$	moment od stálých odporů
m_{p1}	[kg]	hmotnost jednoho předmětu
m_{p2}	[kg]	hmotnost pneumatiky zatěžující jednu stranu dopravníku
M_{roz}	$[N \cdot m]$	rozběhový redukováný moment na hřídeli motoru
M_t	$[N \cdot m]$	třecí moment
m_v	[kg]	hmotnost kladičkové hřídele a kladiček
M_{zA}	$[N \cdot m]$	silový moment k ose z v bodě A
M_{zp}	$[N \cdot m]$	moment zrychlujících sil přímočaře pohybujících se hmot
M_{zv}	$[N \cdot m]$	moment zrychlujících rotujících hmot
n	$[-]$	počet předmětů na trati
n	$[-]$	výskyt je nepravděpodobný
N	$ks \cdot hod^{-1}$	požadovaný dopravní výkon
n'_v	$[-]$	počet cyklů za minutu
n_a	$[min^{-1}]$	výstupní otáčky převodovky
n_a	[ot. /min.]	výstupní otáčky převodovky
n_{kh}	$[min^{-1}]$	otáčky kladičkového hřídele
n_m	$[min^{-1}]$	otáčky motoru
n_m	[ot. /min.]	výstupní otáčky motoru
n_v	$[min^{-1}]$	otáčky kladiček
O	$[-]$	číslo, které klasifikuje pravděpodobnost výskytu



OKTP	[-]	ochrana konstrukčně – technickými prostředky
OOPP	[-]	osobní ochranné pracovní prostředky
OPOR	[-]	ochrana projektovým omezením rizika
OTPR	[-]	ochrana technickými prostředky řízení
p _P	[-]	výskyt je pravděpodobný
P	[W]	celkový potřebný výkon motoru
p	[-]	exponent pro ložisko s bodovým stykem
P ₁	[W]	potřebný výkon pro překonání odporů
P ₂	[W]	potřebný dodatečný výkon
pm	[-]	za určitých podmínek možné
R	[m]	poloměr kladičky
RPN	[-]	relativní významnost poruchy
S	[-]	číslo, které klasifikuje závažnost důsledku poruchy systém
s	[m]	dráha lin. vedení
sm	[-]	sotva možné
s _{x,y}	[m]	vzdálenosti pro určení součinitele tření
s _{xz}	[m]	vzdálenost pro určení polohy shrnovače od bodu vystředění
s _{z1}	[m]	vzdálenost prvního úseku
s _{z2}	[m]	vzdálenost druhého úseku
t	[m]	rozteč válečků
t _c	[s]	celkový čas centrování pneumatiky
t _C	[s]	celkový čas centrování pneumatiky a odebrání upínací hlavou
t _s	[s]	doba rozběhu motoru [s]
t _{s1,2,3}	[s]	jednotlivé časy centrování a upnutí pneumatiky
UVNP	[-]	upozornění v návodu použití
v	[m·s ⁻¹]	dopravní rychlost
v _c	[m·s ⁻¹]	celková rychlost pneumatiky po shrnovači
v _x	[m·s ⁻¹]	příčná rychlost pneumatiky při kontaktu se shrnovačem
W	[N]	celkový odpor
W ₁	[N]	složka vlastní tíhy předmětu
W ₂	[N]	odpor vlivem valivého a čepového tření
W ₃	[N]	odpor vlivem výrobních nepřesností a nepravidelností stykové plochy
W ₄	[N]	odpor poháněných, otáčejících se hřídelí nezátížených



W_5	[N]	síla vyvozená na shrnovač od pohonu
W_k	[m ³]	průřezový modul v krutu
x, y	[m]	vzdálenost pro určení polohy shrnovače
x_p	[m]	deformace pneumatiky při nárazu
α	[°]	úhel otevření shrnovače
β, γ, δ	[°]	úhel pro určení polohy shrnovače
Δx_d	[m]	deformace pneumatiky při zatížení
ε	[°]	sklon trati
ε_k	[s ⁻²]	úhlové zrychlení kladičkového hřídele
μ	[-]	součinitel smykového tření mezi pneumatikou a polyamidem
μ_r	[-]	součinitel tření mezi řemenem a řemenicí
$\eta_{1,2}$	[-]	účinnost řemenových převodů
θ_1	[rad]	úhel opásání hnací řemenice
ι	[°]	úhel mezi v_x a v_c
σ_D	[Pa]	maximální dovolené napětí
σ_O	[Pa]	maximální ohybový moment působící na kladičkovou hřídel
σ_{red}	[Pa]	maximální redukované napětí působící na kladičkový hřídel
τ_k	[Pa]	maximální napětí v krutu působící na kladičkový hřídel



SEZNAM PŘÍLOH

Seznam výkresů:

CENTROVACÍ ZAŘÍZENÍ A UPÍNACÍ HLAVA	3-3000-000000
SEST CENTR ZAŘÍZENÍ	0-1000-000000
UPÍNACÍ HLAVA	3-2000-000000
BOCNICE	3-1000-000001

Příloha 1

Riziková analýza

Předmět posouzení: Centrovací zařízení

URČENÍ MEZNÍCH HODNOT STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

Účel zařízení:

Zařízení pro centrování pneumatik je určeno pro centrování pneumatik.

Mezní hodnoty:

Zařízení je určeno pro průmyslové použití. Zařízení lze používat pouze pro účel, pro který bylo konstruováno, a při dodržení všech bezpečnostních opatření. Pro provoz, údržbu a opravy zařízení jsou předpokládány pouze osoby tělesně a duševně způsobilé, pro tuto činnost pověřené provozovatelem zařízení a řádně zaškolené.

IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ, ODHAD RIZIKA A ZHODNOCENÍ RIZIKA

Pro identifikaci nebezpečí a odhad rizika z hlediska závažnosti, četnosti a trvání rizika byla využita následující norma: *ČSN EN ISO 12100*.

Při identifikaci rizika byly posuzovány stavy, které mohou nastat při běžném provozu zařízení. Dále pak bylo posuzováno riziko, které může vzniknout při údržbě a seřizování. Byly hledány situace, ke kterým může dojít vlivem neopatrnosti obsluhy, přehlédnutí či zanedbání. Současně bylo přihlédnuto k možnosti destrukce strojních prvků. Při posuzování rizik byly využity zkušenosti z provozu podobných dříve vyrobených zařízení.

Po odhadu rizika bylo provedeno jeho zhodnocení za účelem stanovení, zda je požadováno snížení rizika. Za účelem odstranění nebo snížení rizika byla provedena ochranná opatření již ve fázi konstrukce zařízení, změnou konstrukce nebo provozních vlastností stroje, případně zavedením doplňkových ochranných opatření (ochranných krytů nebo jiných ochranných zařízení). Následně byl postup odhadu rizika znovu opakován za účelem zjištění, zda je zařízení po provedených úpravách již bezpečné.

ZBYTKOVÁ RIZIKA:

V případech kde nebylo možno identifikovaná nebezpečí zcela vyloučit, bude o těchto zbytkových rizicích uživatel zařízení upozorněn informací v *Návodu pro obsluhu a údržbu zařízení*. Dále budou na zařízení v místech hrozícího zbytkového rizika umístěny varovné štítky pro upozornění obsluhy zařízení na tato nebezpečí.

ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Posuzované zařízení je při dodržení bezpečnostních ustanovení stanovených v *Návodu pro obsluhu a údržbu* bezpečné.

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.1. Nebezpečí vyvolané hmotností uvolněných dílů poháněného kladičkového dopravníků tvořících dopravní dráhu	
Nebezpečný prostor:	Prostor u kladičkového dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Uvolnění šroubových spojů nebo prasknutí šroubu, prasknutí svaru, přetržení řetězu.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		4
Druh opatření:	OKTP	
Popis opatření:	Dostatečné dimenzování šroubových spojů, svarů a řemenů, použití vhodného spoj. materiálu, svařovacího materiálu a řemenů, správná a důkladná montáž.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na dopravnících.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.6 Nebezpečí naražení	
Nebezpečný prostor:	Prostor u kladičkového dopravníku – centrovací zařízení.	
Popis nebezpečné události:	Možnost kontaktu obsluhy s pohybujícím se rámem shrnovače.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		5
Druh opatření:	OPOR	
Popis opatření:	Celé zařízení bude oploceno.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na oplocení.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.8 Nebezpečí tření nebo odření	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor u dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Poranění o ostré hrany a rohy, vyčnívající části.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OKTP, OOPP	
Popis opatření:	Sražení nebo zaoblení ostrých hran a rohů.	
	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní označení vyčnívajících částí.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.9 Nebezpečí vymrštění části strojního zařízení nebo doprav. materiálu	
Nebezpečný prostor:	Prostor u dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Nebezpečí zasažení vymrštěním některého dílu dopravníku.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:	OKTP, OOPP	
Popis opatření:	Dostatečné naddimenzování všech dílů dopravníku, správně a kvalitně provedená výroba a montáž. Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na dopravníku.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	2. Elektrické nebezpečí 2.1 Dotyk osob s živými částmi (přímý dotyk)	
Nebezpečný prostor:	Elektromotor pohonu	
Popis nebezpečné události:	Dotyk osob s živými částmi-vodivými částmi, které jsou v normálním provozu pod napětím.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	smrt
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		6
Druh opatření:	OKTP, OOPP, BSNS	
Popis opatření:	Ochrana elektricky „živých“ částí izolací, údržba těchto částí při odpojení a zajištěném el. proudu. Použití osobních ochranných pracovních prostředků. Bezpečnostní tabulky na dopravníku.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	smrt
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		5
Druh opatření:	UVNP	
Popis opatření:	Upozornění v návodu k používání.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	smrt
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		5
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná	

NEBEZPEČÍ:	3. Tepelná nebezpečí 3.1 Popálení při možném kontaktu osob s předměty o velmi vysoké teplotě a také vyzářováním tepelných zdrojů	
Nebezpečný prostor:	Pohon dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Popálení o pohon.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	UVNP	
Popis opatření:	Upozornění v návodu k používání.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	3. Tepelná nebezpečí 3.1 Popálení při možném kontaktu osob s materiály o velmi vysoké teplotě	
Nebezpečný prostor:	Převodovka pohonu dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Popálení osob při výměně, kontrole oleje.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	UVNP	
Popis opatření:	Upozornění v návodu k používání.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	7. Nebezpečí vytvářena materiály a látkami (a jejich součástmi) zpracovávanými nebo používanými u strojního zařízení. 7.1 Nebezpečí kontaktu se škodlivými kapalinami, plyny, mlhami, parami a prachy nebo jejich inhalací	
Nebezpečný prostor:	Převodovka a mazací místa dílů (maznice) a okolí.	
Popis nebezpečné události:	Kontakt osoby s olejovou náplní a mazadly (tuky).	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	UVNP	
Popis opatření:	Upozornění v návodu k používání.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	8. Nebezpečí vytvářená zanedbáním ergonomických zásad při konstrukci strojního zařízení 8.4 Nevhodné místní osvětlení	
Nebezpečný prostor:	Prostor u dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Zranění o dopravník v důsledku nevhodného místního osvětlení.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		5
Druh opatření:	OKTP	
Popis opatření:	Dostatečné naddimenzování a správné umístění osvětlení.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:		
Popis opatření:		
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	
	četnost a doba trvání	
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	
bodová hodnota rizika		
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

Poznámka: Místní osvětlení řeší objednatel (stávající osvětlení)

NEBEZPEČÍ:	15. Chybná montáž	
Nebezpečný prostor:	Prostor dopravníku a jeho okolí.	
Popis nebezpečné události:	Zranění v důsledku chybné strojní montáže (uvolněné šroubové spoje, nedostatečné svary...).	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		4
Druh opatření:	OPOR	
Popis opatření:	Důsledná kontrola po ukončení strojní montáže a odstranění případných závad.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	17. Pád nebo vymrštění předmětů nebo vystříknutí kapalin	
Nebezpečný prostor:	Prostor poháněného kladičkového dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Pád pneumatik z poháněného kladičkového dopravníku.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	pp
bodová hodnota rizika		6
Druh opatření:	OKTP	
Popis opatření:	Pádu pneumatiky z kladičkového dopravníku je zamezeno vnějším vedením pneumatiky.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	pp
bodová hodnota rizika		3
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na dopravnících	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	19. Uklouznutí, zakopnutí a pád osob	
Nebezpečný prostor:	Prostor u poháněného kladičkového dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Uklouznutí, zakopnutí a pád osob u poh. klad. dopravníku.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky v hale.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

Příloha 2

Riziková analýza

Předmět posouzení: Upínací hlava

URČENÍ MEZNÍCH HODNOT STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

Účel zařízení:

Upínací hlava je zařízení, určeno pro upnutí pneumatiky a přemístění na dané místo pomocí průmyslového robotu.

Mezní hodnoty:

Zařízení je určeno pro průmyslové použití. Zařízení lze používat pouze pro účel, pro který bylo konstruováno, a při dodržení všech bezpečnostních opatření. Pro provoz, údržbu a opravy zařízení jsou předpokládány pouze osoby tělesně a duševně způsobilé, pro tuto činnost pověřené provozovatelem zařízení a řádně zaškolené.

IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ, ODHAD RIZIKA A ZHODNOCENÍ RIZIKA

Pro identifikaci nebezpečí a odhad rizika z hlediska závažnosti, četnosti a trvání rizika byla využita následující norma: **ČSN EN ISO 12100**.

Při identifikaci rizika byly posuzovány stavy, které mohou nastat při běžném provozu zařízení. Dále pak bylo posuzováno riziko, které může vzniknout při údržbě a seřizování. Byly hledány situace, ke kterým může dojít vlivem neopatrnosti obsluhy, přehlédnutí či zanedbání. Současně bylo přihlédnuto k možnosti destrukce strojních prvků. Při posuzování rizik byly využity zkušenosti z provozu podobných dříve vyrobených zařízení.

Po odhadu rizika bylo provedeno jeho zhodnocení za účelem stanovení, zda je požadováno snížení rizika. Za účelem odstranění nebo snížení rizika byla provedena ochranná opatření již ve fázi konstrukce zařízení, změnou konstrukce nebo provozních vlastností stroje, případně zavedením doplňkových ochranných opatření (ochranných krytů nebo jiných ochranných zařízení). Následně byl postup odhadu rizika znovu opakován za účelem zjištění, zda je zařízení po provedených úpravách již bezpečné.

ZBYTKOVÁ RIZIKA:

V případech kde nebylo možno identifikovaná nebezpečí zcela vyloučit, bude o těchto zbytkových rizicích uživatel zařízení upozorněn informací v **Návodu pro obsluhu a údržbu zařízení**. Dále budou na zařízení v místech hrozícího zbytkového rizika umístěny varovné štítky pro upozornění obsluhy zařízení na tato nebezpečí.

ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Posuzované zařízení je při dodržení bezpečnostních ustanovení stanovených v **Návodu pro obsluhu a údržbu** bezpečné.

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.1 Nebezpečí vyvolané hmotností uvolněných dílů upínací hlavy	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Uvolnění šroubových spojů nebo prasknutí šroubu, prasknutí svaru.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		4
Druh opatření:	OKTP	
Popis opatření:	Dostatečné dimenzování šroubových spojů, svarů, použití vhodného spoj. materiálu, svařovacího materiálu, správná a důkladná montáž.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky umístěné na ohraničeném pracovním prostoru upínací hlavy.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.1 Nebezpečí stlačení	
Nebezpečný prostor:	upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Možnost stlačení končetin obsluhy upínací hlavou či robotem.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		6
Druh opatření:	OPOR	
Popis opatření:	Pracovní prostor zařízení bude oplocen.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na oplocení.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.6 Nebezpečí naražení	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Možnost kontaktu obsluhy s upínací hlavou či robotem.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		6
Druh opatření:	OPOR	
Popis opatření:	Pracovní prostor zařízení bude oplocen.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na oplocení.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.8 Nebezpečí tření nebo odření	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Poranění o ostré hrany a rohy, vyčnívající části.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OKTP, OOPP	
Popis opatření:	Sražení nebo zaoblení ostrých hran a rohů.	
	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní označení vyčnívajících částí.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	Mechanické nebezpečí 1.9 Nebezpečí vymrštění části strojního zařízení nebo doprav. materiálu	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Nebezpečí zasažení vymrštěním některého dílu upínací hlavy.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		2
Druh opatření:	OKTP, OOPP	
Popis opatření:	Dostatečné naddimenzování všech dílů upínací hlavy, správně a kvalitně provedená výroba a montáž. Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky umístěné na ohraničeném pracovním prostoru upínací hlavy.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	10. Neočekávané spuštění, neočekávané přejetí/ překročení rychlosti 10.1 Poruchy/ selhání řídicího systému	
Nebezpečný prostor:	Prostor u dopravníku.	
Popis nebezpečné události:	Možnost kontaktu upínací hlavou s obsluhou zařízení.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		5
Druh opatření:	OKTP	
Popis opatření:		
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		3
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:		
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	15. Chybná montáž	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy a její okolí.	
Popis nebezpečné události:	Zranění v důsledku chybné strojní montáže (uvolněné šroubové spoje, nedostatečné svary...).	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	často
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		4
Druh opatření:	OPOR	
Popis opatření:	Důsledná kontrola po ukončení strojní montáže a odstranění případných závad.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	19. Uklouznutí, zakopnutí a pád osob	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Udeření se o upínací hlavu, popřípadě pneumatiku.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na ohraničeném pracovním prostoru.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	27. Mechanická nebezpečí a nebezpečné události 27.1 Vyvolané pády břemena, nehodou, nakloněním stroje 27.1.5 Nevhodnými prvky při uchopení břemena	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Pád pneumatik z upínací hlavy.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		6
Druh opatření:	OTPR	
Popis opatření:	Pádu pneumatiky z upínací hlavy je řešen vhodnou konstrukcí rozvaděče.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	p
bodová hodnota rizika		3
Druh opatření:	OKTP	
Popis opatření:	Speciální tvarové držáky.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	těžká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	n
bodová hodnota rizika		1
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

NEBEZPEČÍ:	27. Mechanická nebezpečí a nebezpečné události 27.2 Vyvolané přístupem osob k nosiči břemene	
Nebezpečný prostor:	Pracovní prostor upínací hlavy.	
Popis nebezpečné události:	Udeření se o upínací hlavu, popřípadě pneumatiku.	
Počáteční riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	sm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		1
Druh opatření:	OOPP	
Popis opatření:	Použití osobních ochranných pracovních prostředků.	
Riziko po opatření:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
Druh opatření:	BSNS	
Popis opatření:	Bezpečnostní tabulky na ohraničeném pracovním prostoru.	
Zbytkové riziko:	závažnost škody na zdraví	lehká
	četnost a doba trvání	občas
	možnost vyvarování se nebo omezení škody	pm
	pravděpodobnost výskytu nebezpečné události	m
bodová hodnota rizika		0
VALIDACE:	Opatření jsou dostatečná.	

Příloha 3

Analýza možného výskytu a vad

Předmět posouzení: Centrovací zařízení

Ve shodě s ČSN EN 60812:2007		Pracovní list FMEA konstrukční										Strana: 1			
Vyrobeno: Výrobek: Centrovací zařízení Část výrobku: Kladičkový dopravník			Autor: Mlejnek Pavel Oddělení: Datum: 20.4.2013			Počáteční hodnocení rizik				Nápravná opatření		Konečné hodnocení rizik			
Součástka	Funkce	Způsob poruchy	Příčina poruchy	Důsledek poruchy	Způsob zjištění	O	S	D	RPN	Opatření	O	S	D	RPN	
Pohon	Pohon dopravníku	Shoření pohonu	Přetížení motoru	Vyřazení stroje z provozu	Servisní kontrola	3	8	5	120	Ochrana proti nadproudu	3	8	1	24	
		Porucha převodového ústrojí	Nedostatečné mazání a chlazení	Vyřazení stroje z provozu	Servisní kontrola	2	8	5	80	Pravidelná výměna olejové náplně	2	8	2	32	
Ozubený řemen	Pohon kladičkového	Přetížení řemenu	Skrytá vada	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	1	8	8	64	Vizuální kontrola při montáži	1	8	2	16	
		Poškození řemenu	Poškození vedením řemenu	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	1	4	8	32	Pravidelná kontrola řemenů	1	4	3	12	
Všesměrová kladička	Pohyb pneumatiky	Destrukce kladičky	Skrytá vada	Omezená činnost stroje	Vizuální kontrola	2	7	4	56	Pravidelná servisní kontrola	2	7	1	14	

Ve shodě s ČSN EN 60812:2007		Pracovní list FMEA konstrukční										Strana: 2			
Vyrobeno: Výrobek: Centrovací zařízení Část výrobku: Kladičkový dopravník			Autor: Mlejnek Pavel Oddělení: Datum: 20.4.2013			Počáteční hodnocení rizik				Nápravná opatření		Konečné hodnocení rizik			
Součástka	Funkce	Způsob poruchy	Příčina poruchy	Důsledek poruchy	Způsob zjištění	O	S	D	RPN	Opatření	O	S	D	RPN	
Kladičková hřídel	Pohyb pneumatiky	Destrukce hřídele	Skrytá vada	Vyřazení stroje z provozu	Servisní kontrola	2	8	7	112	Pravidelná servisní kontrola	2	8	3	48	
Ložiskový domeček	Otáčení kladičkové hřídele	Destrukce ložiska	Nedostatečná údržba	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	2	8	8	128	Pravidelná kontrola dostatku maziva a hlučnosti ložisek	2	8	2	32	

Ve shodě s ČSN EN 60812:2007		Pracovní list FMEA konstrukční										Strana: 3			
Vyrobeno: Výrobek: Centrovací zařízení Část výrobku: Shrnovač			Autor: Mlejnek Pavel Oddělení: Datum: 20.4.2013			Počáteční hodnocení rizik				Nápravná opatření		Konečné hodnocení rizik			
Součástka	Funkce	Způsob poruchy	Příčina poruchy	Důsledek poruchy	Způsob zjištění	O	S	D	RPN	Opatření	O	S	D	RPN	
Lineární pneuválec	Polohování shrnovače	Destrukce kuličkového šroubu	Přetížení kuličkového šroubu	Vyřazení stroje z provozu	Servisní kontrola	2	9	7	131	Vedení servisních záznamů	2	9	2	36	
Lineární vedení	Vedení shrnovače	Destrukce lineárního vedení	Nedostatečná údržba	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	2	8	8	128	Pravidelná kontrola dostatku maziva	2	8	2	32	
Rám shrnovače	Nesení shrnovače	Prasknutí rámu	Přetížení rámu	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	1	8	7	56	Pravidelná servisní kontrola	1	8	1	8	
Pás Intralox	Odvalování pneumatiky	Poškození pásu	Skrytá vada	Snížení kapacity stroje	Vizuální kontrola	1	5	6	30	Vizuální kontrola při montáži	1	5	3	15	

Příloha 4

Analýza možného výskytu a vad

Předmět posouzení: Upínací hlava

Ve shodě s ČSN EN 60812:2007		Pracovní list FMEA konstrukční								Strana: 1				
Vyrobeno: Výrobek: Upínací hlava Část výrobku: Upínací hlava			Autor: Mlejnek Pavel Oddělení: Datum: 20.4.2013			Počáteční hodnocení rizik				Nápravná opatření	Konečné hodnocení rizik			
Součástka	Funkce	Způsob poruchy	Příčina poruchy	Důsledek poruchy	Způsob zjištění	O	S	D	RPN	Opatření	O	S	D	RPN
Tříramenná deska	Rám upínací hlavy	Destrukce desky	Přetížení desky	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	1	9	7	63	Pravidelná servisní kontrola	1	9	2	18
Ojnice	Přenos síly z tříramenné desky na kyvné rameno	Destrukce ojnice	Přetížení ojnice	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	2	9	7	126	Pravidelná servisní kontrola	1	9	2	18
Kyvné rameno	Uchopení pneumatiky	Destrukce kyvného ramene	Přetížení kyvného ramene	Vyřazení stroje z provozu	Vizuální kontrola	2	9	7	126	Pravidelná servisní kontrola	1	9	2	18
Kluzné ložisko	Otáčení kyvného ramene	Snížení tření	Přetížení ložiska	Zvýšení odporu proti pohybu	Vizuální kontrola	1	4	5	20	Pravidelná servisní kontrola	1	4	2	8

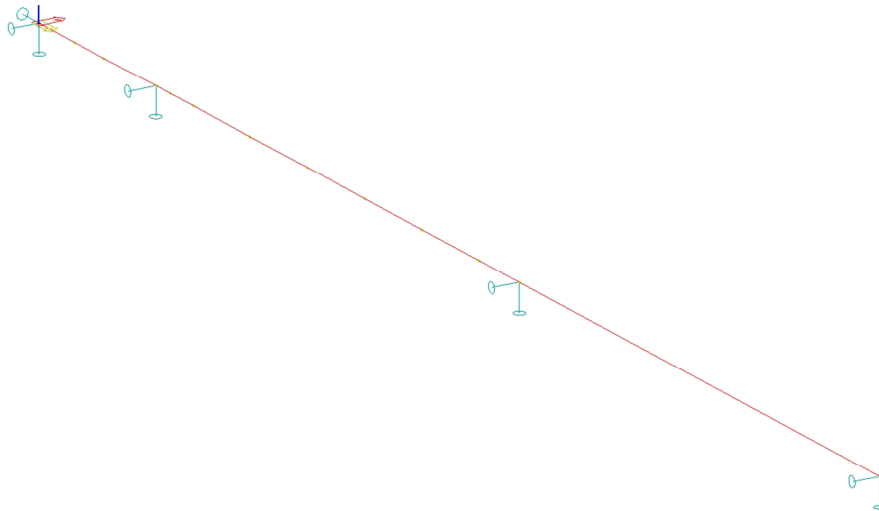


Návrh řemenového převodu - Detaily pohonu

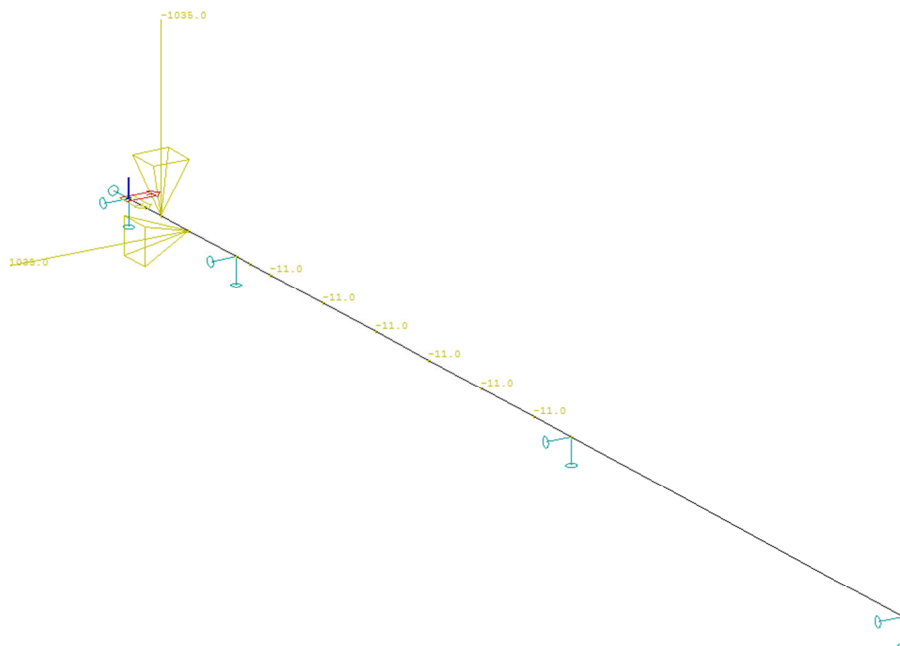
Design Flex® Pro by the Gates Corporation

Navrženo pro:	Zajišťuje: Pavel Mlejnek VUT Brno Technická 2896/2 brno, Jihomoravský kraj 61669 Česká republika 737502245 Telefon			
Applikace: Kladičkový dopravník				
VSTUP	Info. o pohonu	Hnací	Hnaný	
Poměr otáček:	1,36 Do pomala Motor: 1380,0 Převodovka: 8,00 Otáčky za minutu: 172,5		126,8 +/-4%	
Výkon motoru:	0,55 kW, Účinnost: 92,00% Maximální obvodová rychlost: 33 m/s		33 m/s	
Převodovka:	0,48 kW, Účinnost: 88,00% Průměr hřídele: 64 mm		87 mm	
Provozní faktor:	1,6			
Konstr. výkon:	0,77 kW Kontrolovaná pouzdra: Taper-Lock			
Středová vzdálenost:	240 mm +/-90% Kontrolované řemeny: Poly Chain Carbon			
Electric Motor				
ZVOLENÝ POHON	Typ řemene: Poly Chain Carbon - 8M	Řemen	Hnací	Hnaný
Poměr otáček:	1,36 Do pomala	Díl č.: 8MGTC-720-12	8M-25S-12	8M-34S-12
Rychlost hnaná:	126,8	Produkt č.: 9274-00090	7726-21025	7726-21034
Nominální výkon:	1,00 kW	Horní šířka:	22,31 mm	22,31 mm
Na hřídel:	1229 N	Hmotnost:	41 g	720 g
Středová vzdálenost:	241,7 mm	Obv. rychl. m/s:	0,6 m/s	0,6 m/s
Instalační tolerance:	206,7 mm až 242,5 mm	Otáčky za minutu:	47,9	126,8
		Pouzdro položka č.:	1108	1610
		Díra:		
		Roztečný průměr:		
			63,66 mm	86,58 mm
NAPĚTÍ	Nový řemen	Použitý řemen	Pokud plánujete demontáž použitých řemenů, změřte a zaznamenejte napětí před demontáží a napněte řemen na původní napětí.	
Průhyb na drážku/žebro:	3,77 mm	3,77 mm		
Síla v průhybu na drážku/žebro:	46 až 49 N	35 až 39 N		
Sonic - měřič napětí Frekvence řemene: 221 až 230 Hz 188 až 200 Hz Nastavení Sonicu: Hmotnost: 4,7g/m, Šířka: 12mm/#R, Rozpětí: 241mm				
POZNÁMKY	- V návrzích převodu z Design Flex Pro je počítáno pouze s Gates produkty a nejsou použitelné na produkty jiných výrobců. - Výrobky nejsou určeny k použití na strojích, kde selhání výrobku může vést k ublížení na zdraví nebo k smrti. Toto zahrnuje použití na pohonech leteckých vrtulí a rotoru, nebo souvisejících pomocných pohonech.			

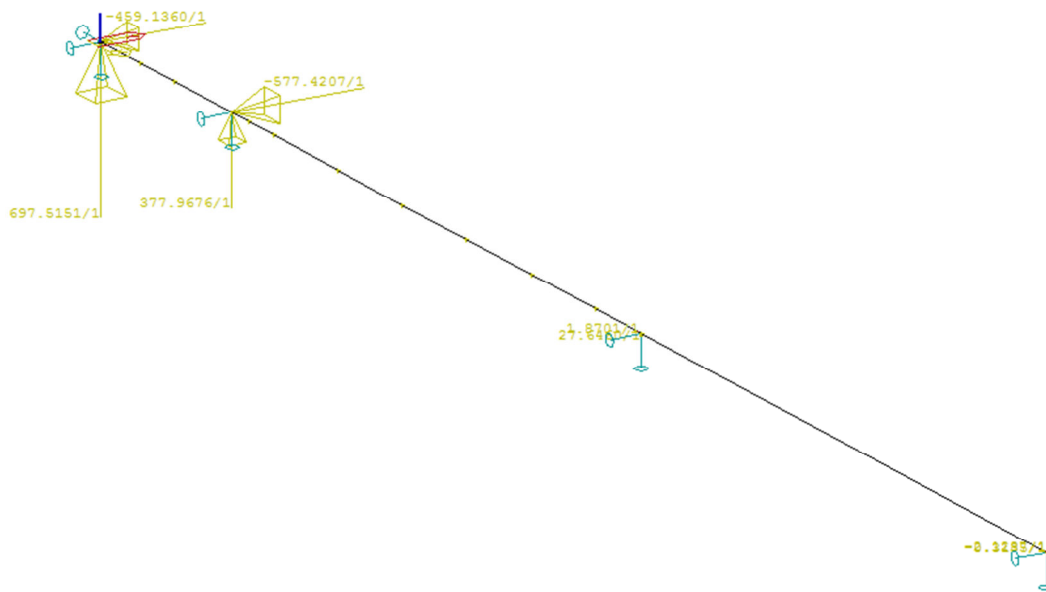
Grafické výsledky zatížení kladičkového hřídele dle programu Nexis 32



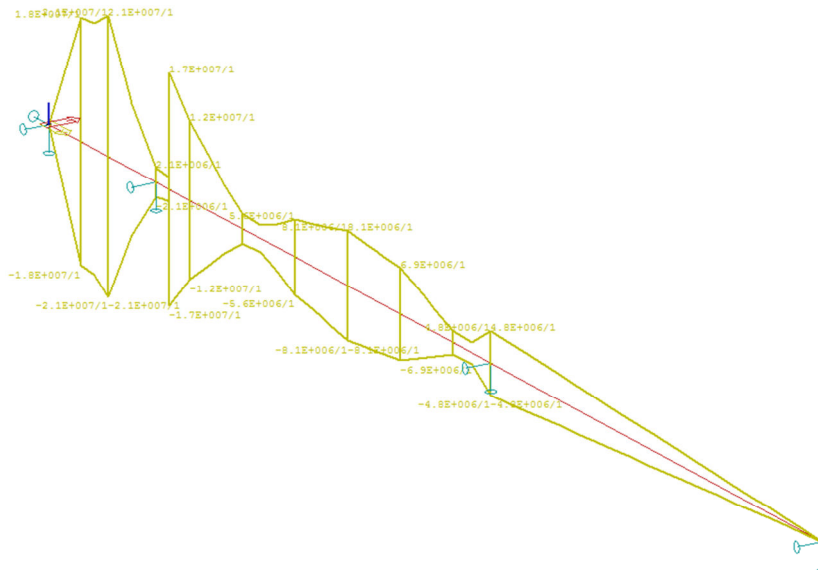
Příloha 1 Schéma uložení kladičkového hřídele



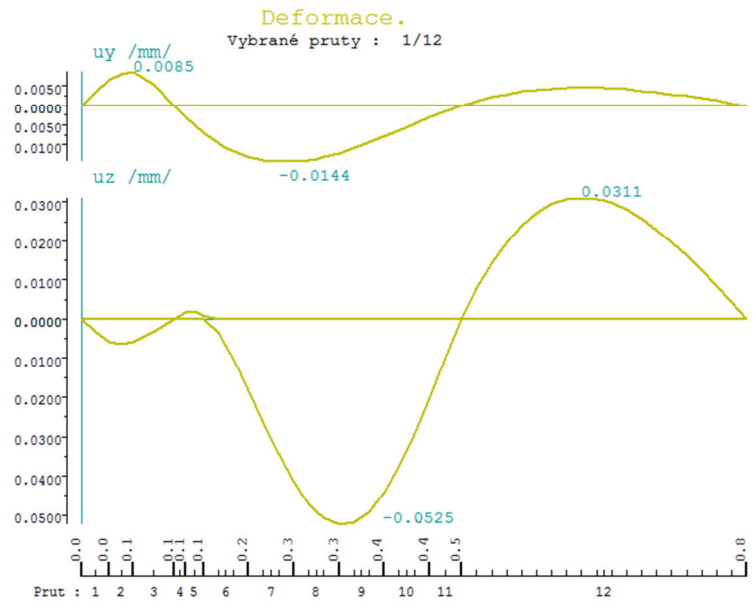
Příloha 2 Schéma ekvivalentní zatížení klad. hřídele



Príloha 3 Reakce působící na hřídel

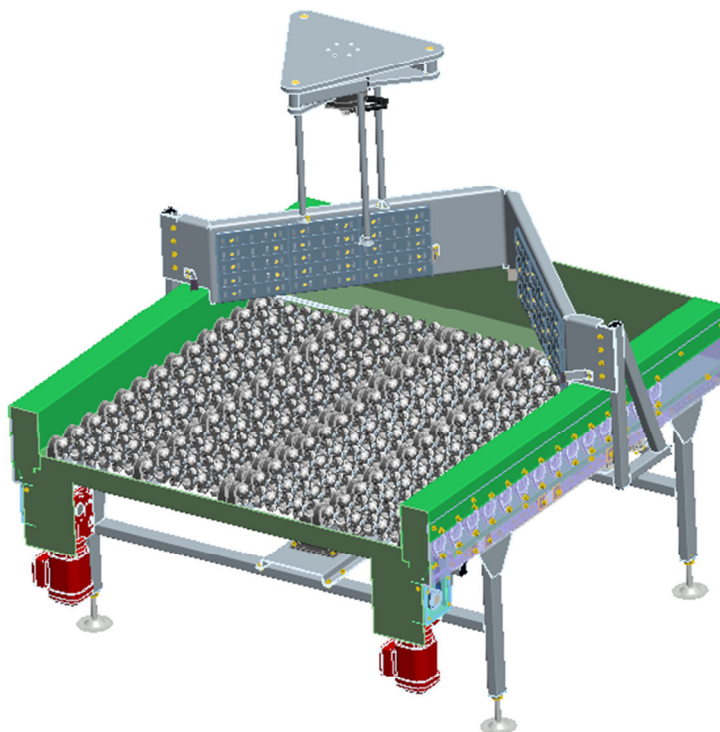


Príloha 4 Normálové napětí působící na hřídel

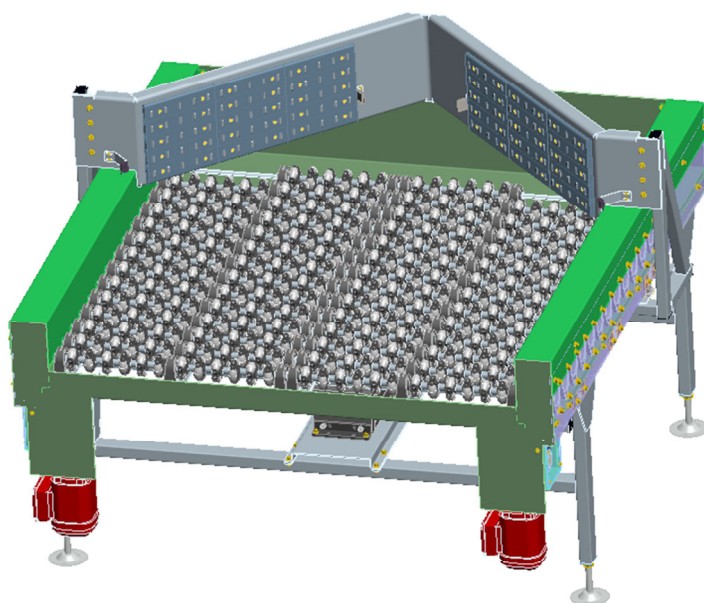


Příloha 5 Deformace kladičkového hřídele

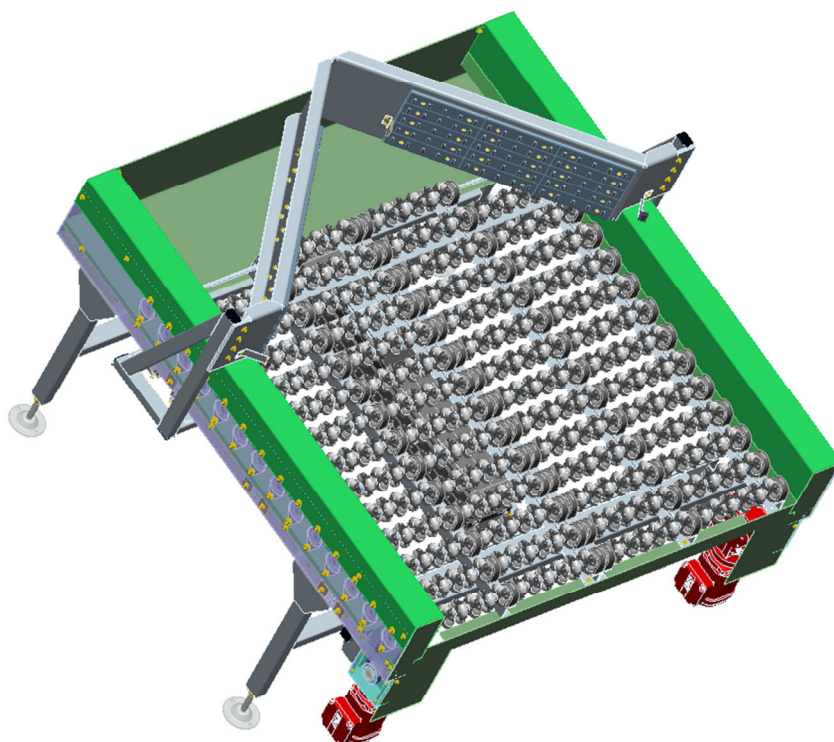
3D modely centrovacího zařízení a upínací hlavy



Příloha 6 Sestava centrovacího zařízení a upínací hlavy



Příloha 7 Centrovací zařízení



Příloha 8 Centrovací zařízení



Příloha 9 Upínací hlava