

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: sklářství a keramiky

Fakulta: strojní

Školní rok: 1973/74

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Jiřího F o p p a

obor 04-1-04 Zaměření na sklářské stroje a zařízení

Protože jste splnil... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Automat na paletizaci lahví.

Pokyny pro vypracování:

Poloautomatický paletizátor snímá výrobky ze speciálního stolu a transportuje je na paletu pomocí zvedacího zařízení, které je obsluhováno ručně.

Navrhněte odnímací mechanismus, který bude schopen plně automaticky přenášet výrobky ze stolu na paletu. Zvažte možnosti ovládání mechanismu hydraulicky, pneumaticky nebo elektricky.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962 a částí MŠK XVII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 a 19. evropského zákona č. 115/53 Š.

S
V 40/1974

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: cca 40 stran textu doložených příslušnými výpočty a výkresovou dokumentací.

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Dovezený poloautomat na paletizaci obalového skla.

Doc. Ing. J. Charvát, CSc: Teorie mechanismů
Prof. Ing. Dr. Šrejtr: Technická mechanika

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. dr. techn. F. Kotšmíd

Konsultanti:

Ing. Dřevěný, Teplice
Ing. Cibulka, VŠST

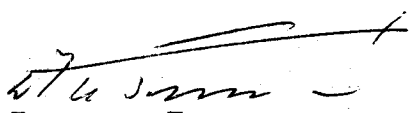
Datum zahájení diplomové práce:

15. 10. 1973

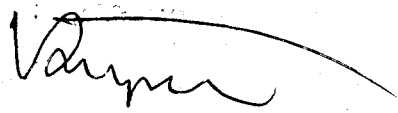
Datum odevzdání diplomové práce:

31. 5. 1974




Prof. Ing. Dr. F. Kotšmíd

Vedoucí katedry


Doc. Ing. O. Krejčíř, CSc

Děkan

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 1

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra sklářství a keramiky

J i ř í F o p p

AUTOMAT NA PALETIZACI LAHVÍ

Diplomová práce

DP 207/74

Vedoucí diplomní práce: Prof. Ing. Dr. techn. F. Kotěšmíd
Konzultant: Ing. Jan Cibulka

V Liberci, 10.5.1974

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KBK .	List 3

Obsah	Strana
Úvod	4
1.0 Odběr lahví z výrobní linky	7
1.1 Současný stav odběru lahví ze stolu	7
1.2 Pracovní prostředí	8
1.3 Racionalizace práce	9
2.0 Paletizace	10
2.1 Tvorba paletové jednotky	10
2.2 Ložení jednotlivých vrstev obalů	10
2.3 Vrstvení a výška paletové jednotky	11
2.4 Postup paletování	13
3.0 Smrštitelné balení	14
3.1 Podstata balení do smrštitelných folií	14
3.2 Fixace a ochrana paletové jednotky	15
4.0 Výpočet automatu na paletizaci lahví	17
4.1 Výpočet pojízdkového ústrojí	17
4.2 Výpočet zdvínacího ústrojí	35
5.0 Funkce a popis zařízení	41
5.1 Zvedací zařízení	41
5.2 Pojížděcí zařízení	41
5.3 Odmívací mechanismus	42
5.4 Seřazovací stůl	43
5.5 Válečková trať	44
6.0 Ekonomické zhodnocení	46
Prohlášení	47
Závěr	48
Seznam příloh	49
Seznam použité literatury	50

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		IKK	List 4

Ú v o d

Hlavním úkolem našeho národního hospodářství je zajistit podstatný růst produktivity práce a snížení nákladů a tím vytvořit předpoklady dalšího budování materiálně-technické základny a růstu životní úrovně našeho pracujícího lidu.

V této souvislosti je proto nutné využít všech rezerv a širokým uplatněním progresivní organizace práce s využíváním nejnovější techniky zajistit splnění uvedených úkolů.

Podle provedených průzkumů v národním hospodářství jsou největší rezervy v oblasti manipulace s materiálem, a proto se také vláda na svém zasedání několikrát těmito otázkami zabývala. V souvislosti se zaváděním nové progresivní techniky, je nutno řešit zejména dosud opomíjenou manipulaci s materiálem. Tato otázka je zvláště důležitá v oblasti týkající se manipulace se sklářskými výrobky, která je v našich poměrech hlavním zdrojem rezerv pro zvyšování produktivity práce. Kromě toho odstraňování namáhavých ručních prací a prací nebezpečných při manipulaci se sklářskými výrobky, podstatně zvyšuje kulturu lidské práce.

Jedním z moderních systémů poskytujících uživatelům výhody při manipulaci s materiálem je paletizace.

Její význam není stále plně doceněn a výhody, které paletizace jako manipulační systém nabízí, zůstávají nevyužity ke škodě celého národního hospodářství.

Paletizace nesporně působí na snižování společenských nákladů a pracnosti při manipulaci s materiálem, a je proto nutné především z těchto hledisek posuzovat její zavádění a cílevědomě přistupovat k její realizaci za spolupráce všech hospodářských resortů.

Zavádění paletizace je současně náročné na finanční a materiálové prostředky, a je proto nezbytně nutné její realizaci zkoumat a uskutečňovat z ekonomických hledisek celého manipulačního a přepravního cyklu, t.j. od výroby přes dopravu až k spotřebiteli.

Úspěšné zavedení paletizace v národním hospodářství není jen otázkou vybavení skladů, mechanizačními prostředky a vhodnými skladovými objekty, ale je to v první řadě otázka dobré organizace práce provádění potřebných příprav a jednání s ostatními partnery o vzájemném propojení tohoto systému, aby bylo v co nejkratší době dosaženo danými finančními a materiálovými prostředky co nejlepších výsledků.

Již při porovnání přepravy sklářského zboží od výrobní linky do palet v ČSSR a v zahraničí lze konstatovat, že v tuzemsku není dosaženo úměrného používání palet v důsledku chybějících paletizačních strojů, na jejichž pořízení v zahraničí nejsou dostatečné finanční zdroje. Toto nás nutí k zamyšlení použít vlastních poloautomatických a automatických paletizátorů jejichž vývojem

sahývat se znamená, další zatížení konstrukčního vývoje ve sklářských závodech. Tuto otázku je nutno podrobně řešit při rozhodování o budoucí výrobě vlastního paletizačního stroje, jeho výkonu, spolehlivosti a náročnosti zvládnutí konstrukce a realizace.

VÝSTUP	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Funkční stroj		KSE	List 7

1.0 Odběr lahví z výrobní linky

1.1 Současný stav odběru lahví ze stolu

Při řešení výrobních linek se setkáváme s vysokou automatizací výroby lahví a ostatních sklářských výrobků. Toto souvisí s dlouhodobým vývojem sklářských strojů, které postupem doby nabýly úroveň současné techniky. V důsledku zaměření na výrobu sklářských strojů se stále opomíjela ta část operací, nesouvisající přímo s výrobou. Tote se týká hlavně odběru lahví ze stolu a balení do krabí nebo palet.

V současné době, pokud nemá závod k dispozici zahraniční poloaumat popřípadě automat na paletizaci lahví, vykonává tuto činnost skupina pracovníků, většinou skupina žen, které ručně překládají hotové lahve do krabí případně do palet. Tyto práce jsou spojeny s fyzickou námahou a monotónností práce. Taktéž úroveň práce při hromadné výrobě lahví, není odpovídající k stupni mechanizace výrobní linky.

Naskytá se otázka, zda-li je výhodnější pro závod pořízení drahých strojů ze zahraničí, nebo nemělo zajišťovat stále počet pracovníků nutných k zabezpečení plynulosti odběru lahví od výrobní linky. K tomuto stavu pracovníků je nutno počítat s tím, že v případě /nemoci, zranění, fluktuace/ není okamžitě reagováno na tuto vzniklou situaci. Tato situace donutila závody k zakoupení poloaautomatických paletizátorů, které v nynější době již plně nepostačují. V ČSSR není výrobce který by seriově vyráběl tato zařízení, a proto závody řeší

VŠETI laboranti	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Paletizační stroj		KSI	List 8

tuto situaci tento firmou. Vysoké pořizovací náklady pelcautomatu či automatu nás donutily uvažovat o konstrukci automatu na paletizaci lahví vlastní výroby.

1.2 Pracovní prostředí

Podle našich zkušeností je obsahem pracovního prostředí na pracovním místě a pracovišti v první řadě řešení organizace pracoviště s hlediska fyziologie práce. Konstruktor by měl v daných možnostech volit optimální vzdálenosti od výrobního zařízení v dosahu rukou, nohou čiidel - např. zrakového orgánu při rozměšování zařízení upravovat výšky pracovních rovin, počítat s fyzickou zátěží pracovníka a zvolení technologie /např. zvedání břemen do určité váhy v dané poloze u žen, mladých mužů/, samostatně raději prsty než ruku nebo celou paži. V oblasti psychologie práce by měli čerpat pracovníci technicky zaměřeni na výrobní proces potřebné poznatky konzultováním svých technických řešení s psychologem práce. Jsou to např. otázky potřeb člověka v seriové a velkoseriové až hromadné výrobě, a víceřadné a jednoradné výrobní linie. V těchto případech je nutná přímá spolupráce psychologa, technologa, organizátora, konstruktéra např. při výpočtu uspořádání pracovišť ve výrobní lince při určení rychlosti dopravníku /velikosti taktu/ při určování práce v seřadě nebo vatoje, při umístění pracovníků u dopravníku. Toto vše se také týká stanovení vedlejších pracovních přestávek, udržování monotonnosti práce a pod. Nelze je tedy jako elementy počítat bez jejich vzájemné

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 9

souvislosti. Jejich výsledný souhrn je více, než jejich pouhý aritmetický součet.

1.3 Racionalizace práce

V rámci komplexní racionalizace výrobního procesu je bezpodmínečně nutné řešit současně s potřebami výroby také potřeby člověka v této výrobě. V praxi to znamená, že musí úzce spolupracovat odborníci technicky zaměřeni na výrobní proces s odborníky zabývajícími se člověkem ve výrobě.

Pro úspěšné provádění komplexní racionalizace práce je tedy rozhodující postoj, pojetí a přístup hlavního řešitele úkolu nebo hlavního inženýra projektu. Z toho důvodu musí být hlavní řešitel úkolu vybaven znalostmi, schopnostmi a potřebnou intuicí pro správné určení šíře a hloubky celého řešení úkolu již v jeho rozborové části, neboť toto rozhodnutí je současně limitem pro volbu jednotlivých odborníků a specialistů v týmu a pro cenu projektčních prací. V praxi provádíme nejčastěji několik variant řešení, z kterých po ekonomickém vyhodnocení vybíráme tu nejefektivnější.

Výsledkem každé komplexní racionalizace výrobního procesu by měla být současně se zvýšením produktivity práce také adekvátně zvyšovaná úroveň celého pracovního prostředí a pracovních podmínek, odpovídající normám a potřebám pracujícího člověka.

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSE	List 10

2.0 Paletizace

2.1. Tvorba paletové jednotky

Tvorbu paletové jednotky při použití prosté palety je možno rozdělit na vlastní tvorbu nákladu palety a doplňující tvorbu jednotky, čímž rozumíme spolu-vytváření svébytné a dobře manipulovatelné jednotky.

Vlastní tvorbou paletové jednotky u obalů s kruhovou základnou je l o ž e n í jednotlivých vrstev obalů na ložnou plochu palety a v r s t v e n í jako opakované ložení jednotlivých vrstev obalů na sebe. Doplňující tvorba paletové jednotky zahrnuje p r o k l á d á n í vrstev proložkami, d o k o n - č e n í a zabezpečení /fixaci/ paletové jednotky. Tyto operace jsou většinou zabezpečování zásilky vůči vlivům vnějšího okruhu přepravy.

2.2 Ložení jednotlivých vrstev obalů

Podobně jako u ostatních druhů obalů je ložení vrstev obalů s kruhovou základnou závislé na maximálních vnějších půdorysných obrysech a na jejich normalizaci v souladu s požadavky paletizace.

Zásadně při určování tvorby paletové jednotky nestanovujeme jen způsob ukládání stávajícího obalu na paletu, druh palety a schema vrstvy, ale určujeme též optimální výšku, váhu, zabezpečení a stehování paletové jednotky spolu s posouzením podmínek manipula-ce, ložných operací a přepravy v dopravních prost-

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 11

ředcích /železničních, silničních event. plavebních/. Podle souhrnu všech těchto podmínek znovu hodnotíme technické parametry obalu, zvláště jeho rozměry a tuhost. Má tedy zásadně technik, určující tvarbu paletové jednotky, mít vliv na volbu obalu a lze jenom doporučit jeho spolupráci s obalovým technikem.

Tvorba paletové jednotky má základní význam i pro všechny následné operace manipulační, skladovací, ložné, resp. dopravní. Neuváženou volbou, například vytvořením labilní paletové jednotky, můžeme nepříznivě ovlivnit nejen skladovací a transportní rizika, ale i celou realizaci výrobku resp. zboží. Tyto negativní vlivy odstraníme použitím doporučených schémat ložení vrstev zboží /lahví/.

2.3 Vrstvení a výška paletové jednotky

V současných podmínkách paletizace obalů /lahví/ lze zastávat zásadu, že bez proložek vrstvíme na paletě jen obaly nebo výrobky k tomu přizpůsobené vrstvicím systémem, který je součástí předmětu nebo racionálně tvaru předmětu využívá. Toto však většinou nelze provést u lahví a proto musíme používat vhodných papírových proložek. V současných podmínkách existují tendence nových fixačních technik, jako je např. používání smrštitelné folie, která umožňuje vyloučit zásah lidské ruky při balení paletové jednotky.

Úkolem proložek je zvýšit tření mezi vrstvami a ve většině případů umožnit výstupkům vmáchnout se do pro-

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 12

ložky a tím zlepšit přenášení sil na dostatečné ploše a zachovat svislou polohu a přirozenou stabilitu.

U vysloveně měkkých proložek přidružovat obaly /lahve/ v původní poloze a udržovat kompaktnost paletové jednotky.

V řadě případů má za úkol vytvořit dostatečně tuhou a rovnou plochu pro ukládání další vrstvy lahví. K zabezpečení lahví proti vypadnutí krajních řad slouží bočnice proložek. Výška paletové jednotky při použití dřevěné palety prosté /800x1200 mm/ není v současné době normou nebo předpisy stanovena. Výškou paletové jednotky rozumíme vždy výšku základu včetně palety /výšku samotné dřevěné palety prosté počítáme běžně 150 mm/.

Maximální výšku vlastního nákladu nazýváme pro jednotnost názvosloví s ostatními druhy palet ložnou výškou.

Při tom pro manipulaci s paletovou jednotkou vycházíme zásadně z výšky paletové jednotky, která je rozhodující při nakládání do prostorů přepravních vozů.

Výšku paletové jednotky spoluurčuje :

- vlastní hmotnost /váha/ nákladu vzhledem k nosnosti palety a manipulačních prostředků
- stabilitu nákladu /kterou zase může kladně kompenzovat správná volba fixace/
- požadavky odběratelů
- konstrukční parametry obalů, vertikální rozměry proložek a fixačních pomůcek vůbec

V řadě případů lze doporučit komplexní posouzení výšky paletové jednotky.

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 13

2.4 Postup paletování

Od výrobní linky postupují vyrobené prázdné obaly /lahve/ na seřazovací stůl, kde se automaticky srovnají do jedné vrstvy. Po srovnání dosedne na lahve příslušná odnímací hlava, která upne za hrdla lahví a přenesse celou vrstvu do příslušné proložky, která leží na dřevěné paletě prosté a ta leží v koncové poloze válečkové trati. Ustavení lahví na paletu u poloautomatického paletizátoru řídí příslušná obsluha ručně. U automatického paletizátoru provádí všechny úkony mimo ložení proložek, sám automat. Hlava se zvedne po odepnutí kleštin a vrátí se do původní polohy nad seřazovací stůl. Toto se opakuje až do žádaného počtu předem stanovených vrstev. Po dokončení celé paletové jednotky je paletová jednotka odsunuta po válečkové trati k zařízení obalovacímu a sřezovacímu. Jedná-li se o obaly z jiného materiálu, po případě jiného tvaru, musí být vždy k vlastnímu paletování přizpůsobena odnímací hlava paletovacího poloautomatu nebo automatu. Zařízení poloautomatu se musí projevit na snížení počtu pracovníků zaměstnaných při rovnání lahví do palet na konci výrobní linky. Zařízení automatu plně nahradí všechny pracovníky a zúží požadavek pracovních sil na minimum tak, že stačí pouze pracovník kontrolující správnost chodu stroje.

VŠST Lbárec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 14

3.0 Smrštitelné balení

3.1 Podstata balení do smrštitelných folií

Metoda balení do smrštitelných folií je pokládána za jednu z nejnákladnějších. Do evropské obalové techniky byla zavedena již začátkem 60. let. Nejdříve se uplatnila při spotřebitelském balení /masa, drůbež, ovoce, chleba a pod./ a při sdružené nabídce skupiny několika kusových výrobků. Folie po smrštění vytvořila dobrou kompaktnost manipulační jednotky. Dále se aplikace rozšířila i na fixaci zboží na paletách.

Relativně snadná technologie strojního balení je částečně odlišná pro přebaly malé, střední a velké, ale společným znakem všech zařízení pro balení určitého výrobku nebo skupiny mají společné základní znaky :

1. vlastní balící zařízení, které přebaluje zboží folií
2. tunel, ve kterém dochází k smršťování folie teplem a k jejímu dokonalému přilnutí k povrchu baleného předmětu.

Zvýšená ochrana proti vlhkosti, prachu a znečištění, průsvitnost přebalu /umožňující dobrou viditelnost a evidovatelnost obsahu/, pěkný vzhled, lepší využívání ložného prostoru, usnadnění manipulace i tím, že se nezvětšuje objem baleného zboží a vlastní váha folie je zanedbatelná - to jsou některé z výhod, pro které se smrštitelnému balení dostalo tak spontánního rozšíření. Tento způsob je v souladu s požadavkem doby tvořit co nejmenší a snadno likvidovatelný odpad a

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 15

s tendencí snižovat hmotnost přepravních obalů v souvislosti se zákazem manipulace s břemeny těžšími než 15 kg pro ženy. Zkušenosti dále ukázaly, že průhledný obal má psychologický účinek při manipulaci. Prokazatelně se s neprůhlednými obaly označenými výstražným POZOR, SKLO! manipuluje bezohledněji než s lahvemi a sklenicemi v průhledném balení. Teto s výhodou využíváme při paletizaci.

3.2 Fixace a ochrana paletové jednotky

Smrštiteľnost folií lze fixovat manipulační jednotku se zbožím baleným do nejrůznějších druhů obalů /lahví/. Paletová jednotka je po smrštění přebalu a v důsledku toho i obvodového a úhlopříčného stažení nákladu většinou dostatečně zabezpečena proti posunutí svých jednotlivých kusů, často i bez použití dalších zajišťovacích prostředků. Je také lépe chráněna před povětrnostními vlivy, což omužňuje skladování na volných prostranstvích. Tento způsob balení také dobře chrání zboží před znečištěním, např. nové láhve při dodávkách ze skláren. Přebal podstatně omezuje zcisování jednotlivých kusů nákladu. Je použitelný i pro fixaci nebaleného zboží na paletě, např. sklářských a keramických výrobků, zejména tvarově nesourodých a neskladných, celých nevelkých strojů a pod. Lze jej doporučit hlavně pro provozovny s dostatečně velkým denním obrátem, kde menší pracnost do určité míry kompenzuje vyšší náklady na obalový materiál a zařízení.

Projektové řešení linky, používající smršťovací folie při paletizaci, vyžaduje řešit otázku naložení palety,

přebalení smršťovací folií, smrštění. Pro každou z jmenovaných operací nutno volit, podle výrobní situace, příslušný stupeň mechanizace t.zn. použít před smršťovacím tunelem poloaautomatický nebo automatický paletizátor, od kterého přijíždí paletová jednotka po válečkové trati k smršťovacímu zařízení.

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSE	List 17

4.0 Výpočet automatu na paletizaci lahví

4.1 Výpočet pojízdrového ústrojí

A./ Výpočet pojízdočích kol

a/ Kontrola měrného tlaku ve styku kola s nosníkem I :

$$Q = k \cdot D \cdot b$$

kde Q ... zatížení v [kp]

$$Q = 400 \text{ kp}$$

D ... průměr pojízdočího kola

$$D = 100 \text{ mm}$$

b ... účinná šířka kolejniče

$$b = 20 \text{ mm}$$

k ... součinitel závislý na materiálu

i ... počet kol

$$i = 4$$

$$k = \frac{Q}{D \cdot b} = \frac{\frac{Q}{i}}{D \cdot b} = \frac{\frac{400}{4}}{10 \cdot 2} = 5$$

k = 5 je menší než přípustné k = 90 pro kola z materiálu 42 2661.0

b/ Kontrola měrného tlaku v čepu kola

$$p = \frac{Q}{l \cdot d \cdot i}$$

kde l ... délka náboje kola

$$l = 40 \text{ mm}$$

d ... průměr čepu

$$d = 28 \text{ mm}$$

$$p = \frac{400}{4 \cdot 4 \cdot 2,8} = 8,8 \text{ kp/cm}^2$$

$$M_k = k \cdot Q \cdot (e + f_c \cdot r)$$

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	BP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 19

kde	Q ... zatížení [kp]	Q = 400 kp
	e ... součinitel valivého tření	e = 0,07 cm
	f _g ... součinitel šepového tření	f _g = 0,08
	r ... poloměr čepu	r = 1,5 cm
	k ... součinitel vyjadřující odpor proti pojíždění vzniklé třením nábojů kol, po případě přičení nepřesnou montáží	k = 1,2

M_k uvažujeme jen pro jedno kolo při plném zatížení, pak

$$M_k = 1,2 \cdot 400 \cdot (0,07 + 0,08 \cdot 1,5) = 91 \text{ kpcm}$$

Síla potřebná k překonání odporů proti pojíždění je-li
poloměr kola R = 5 cm

$$P = \frac{M_k}{R} = \frac{91}{5} = 18,3 \text{ kp}$$

Výkon elektromotoru :

$$N = \frac{P \cdot v}{102} \quad [\text{kW}]$$

kde	P ... síla na obvodě pojížděcího kola	P = 18,3 kp
	v ... pojížděcí rychlost kočky	v = 12 m/min
	η_c ... celková účinnost	

η_1 ...	účinnost prvního převodu ozub.kol	$\eta_1 = 0,96$
η_2 ...	účinnost druhého převodu ozub.kol	$\eta_2 = 0,96$
η_3 ...	účinnost třetího převodu ozub.kol	$\eta_3 = 0,96$

$$\eta_c = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96 = 0,88$$

VŠST Liberec	Automat na paletizační lahvi	DP 207/74	
Fakulta strojní		ESM	List 20

výkon motoru je tedy

$$N = \frac{18,3 \cdot 12}{102 \cdot 60 \cdot 0,88} = 0,04 \text{ [kW]}$$

Volíme trojfázový asynchronní brzdový motor řady 2 APB
s kotvou na krátko /výrobce MEZ Mohelnice/ ČSN 35 0001
typ : 2 APB - 90 S - 8 /osmipólový/ N 300 - tvar přírubový
výkon : 0,55 kW

otáčky : 670 ot/min

statorový proud : 220 V - I 3,4 A
380 V - I 2,0 A
500 V - I 1,5 A

$\cos \varphi = 0,62$; $\eta = 0,62$ % $N_s/N_n = 2$; $I_s/I_n = 3$;
váha : 17 kg

C./ Výpočet převodového poměru

Celkový převod

$$i = \frac{n}{n_k}$$

kde n ... je počet otáček elektromotoru $n = 670 \text{ ot/min}$
 n_k ... je počet otáček pojízďového kola [ot/min]

otáčky pojízďového kola vypočítáme z pojízďové rychlosti

$$v = D \cdot n_k \Rightarrow n_k = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{12}{\pi \cdot 0,1} = 38,2 \text{ ot/min}$$

$$\text{Celkový převod } i = \frac{n}{n_k} = \frac{670}{38,2} = 17,6$$

celkový převod $i = 17,6$ rozdělíme na tři převody i_1, i_2, i_3 ; pak $i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$

jednotlivé převody volíme : $i_1 = 2,38$
 $i_2 = 2,67$
 $i_3 = 2,76$

Počet zubů pastorku volíme : $z_1 = 21$ zubů

Předběžně se může modul vypočítat ze vzorce :

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_k}{i \cdot c \cdot \psi \cdot z_1 \cdot \eta_c}}$$

kde M_k ... krouticí moment převodu kpcm

i ... celkový převod

z_1 ... počet zubů pastorku

c ... je součinitel vyjadřující jakost materiálu pro ocel 12 O10 /zuby jsou cementovány a kaleny
 $c = 2/$

ψ ... poměr šířky kola k modulu v našem případě $\psi = 10$

η_c ... celková účinnost $\eta_c = 0,88$

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 91}{17,6 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 21 \cdot 0,88}} = 0,53$$

Volíme pro všechny jednotlivé převody modul $m = 2$

$$m_1 = m_2 = m_3 = m = 2$$

B./ Výpočet rozměrů ozubenía/ Výpočet průměrů rostečných kružnicPočet zubů pasterku $z_1 = 21$

$$z_1 = 21$$

$$z_2 = i_1 \cdot z_1 = 2,38 \cdot 21 = 50$$

$$z_3 = 21$$

$$z_4 = i_2 \cdot z_3 = 2,67 \cdot 21 = 56$$

$$z_5 = 21$$

$$z_6 = i_3 \cdot z_5 = 2,76 \cdot 21 = 58$$

$$D_1 = m \cdot z_1 = 2 \cdot 21 = 42 \text{ mm}$$

$$D_2 = m \cdot z_2 = 2 \cdot 50 = 100 \text{ mm}$$

$$D_3 = m \cdot z_3 = 2 \cdot 21 = 42 \text{ mm}$$

$$D_4 = m \cdot z_4 = 2 \cdot 56 = 112 \text{ mm}$$

$$D_5 = m \cdot z_5 = 2 \cdot 21 = 42 \text{ mm}$$

$$D_6 = m \cdot z_6 = 2 \cdot 58 = 116 \text{ mm}$$

b/ Výpočet osových vzdáleností jednotlivých převodů :

$$1. \text{ převod } A = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{42 + 100}{2} = 71 \text{ mm}$$

$$2. \text{ převod } B = \frac{D_3 + D_4}{2} = \frac{42 + 112}{2} = 77 \text{ mm}$$

$$3. \text{ převod } C = \frac{D_5 + D_6}{2} = \frac{42 + 116}{2} = 76 \text{ mm}$$

c/ Průměry hlavových kružnic

$$D_{h1} = D_1 + 2 \text{ mm} = 42 + 2 \cdot 2 = 46 \text{ mm}$$

$$D_{h2} = D_2 + 2 \text{ mm} = 100 + 2 \cdot 2 = 104 \text{ mm}$$

$$D_{h3} = D_3 + 2 \text{ mm} = 42 + 2 \cdot 2 = 46 \text{ mm}$$

$$D_{h4} = D_4 + 2 \text{ mm} = 112 + 2 \cdot 2 = 116 \text{ mm}$$

$$D_{h5} = D_5 + 2 \text{ mm} = 42 + 2 \cdot 2 = 46 \text{ mm}$$

$$D_{h6} = D_6 + 2 \text{ mm} = 116 + 2 \cdot 2 = 120 \text{ mm}$$

d/ Průměry patních kružnic

$$D_{p1} = D_1 - 2,4 \text{ mm} = 42 - 2,4 \cdot 2 = 37,2 \text{ mm}$$

$$D_{p2} = D_2 - 2,4 \text{ mm} = 100 - 2,4 \cdot 2 = 95,2 \text{ mm}$$

$$D_{p3} = D_3 - 2,4 \text{ mm} = 42 - 2,4 \cdot 2 = 37,2 \text{ mm}$$

$$D_{p4} = D_4 - 2,4 \text{ mm} = 112 - 2,4 \cdot 2 = 107,2 \text{ mm}$$

$$D_{p5} = D_5 - 2,4 \text{ mm} = 42 - 2,4 \cdot 2 = 37,2 \text{ mm}$$

$$D_{p6} = D_6 - 2,4 \text{ mm} = 116 - 2,4 \cdot 2 = 111,2 \text{ mm}$$

e/ Výpočet rozteče

$$t = \eta \cdot m = 3,1415 \cdot 2 = 6,2830 \text{ mm}$$

Volíme tyto šířky ozubených kol :

1. převod $b = 20 \text{ mm}$

2. převod $b = 24 \text{ mm}$

3. převod $b = 45 \text{ mm}$

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 24

B./ Pevnostní výpočet ozubených kol podle ČSN 01 4686

a/ Kontrola ozubených kol na pevnost

Ozubené kolo je vyrobeno z oceli 12 O10. Pastorek má zuby kalené a cementované. Pro materiál ozubených kol oceli 12 O10 vyhledáme

$$\sigma_{\text{dov, oh}} = 19 \text{ kp/mm}^2$$

U kol pro pojíždění se snižuje pro střídavé zatížení v obou směrech o 30 %, takže

$$\sigma_{\text{dov, oh}} = 19 - 19 \cdot 0,3 = 13,3 \text{ kp/mm}^2$$

Uvažujeme soukolí pro převody pro všeobecné účely s klidným pracovním zatížením, ale s vyskytujícími se rázy, volíme trvanlivost $h = 12.500$ hodin pro pastorek vypočítáme porovnávací hodnotu e_{oh_1} ;

$$\sigma_{\text{dov, oh}_1} = 13,3 \text{ kp/mm}^2$$

" Rychlostní součinitel pro ohyb r_{oh} " odečteme pro otáčky $n = 670 \text{ ot/min}$ a trvanlivost $h = 12.500$ hodin;

$$r_{\text{oh}_1} = 0,32;$$

" Tvarový součinitel pro ohyb y_{oh} " odečteme pro běžné ozubení $\alpha = 20^\circ$, $z_1 = 21$ zubů pastorku a pro převod $i_1 = 2,38$ odečteme

$$y_{\text{oh}_1} = 6,3 ;$$

Porovnávací hodnota :

$$e_{\text{oh}_1} = \frac{\sigma_{\text{dov, oh}_1} \cdot r_{\text{oh}_1}}{y_{\text{oh}_1}} = \frac{13,3 \cdot 0,32}{6,3} = 0,675$$

Také pro ozubené kolo zjistíme porovnávací hodnotu c_{oh_2} ;

$$\sigma_{dev,oh} = 13,3 \text{ kp/mm}^2$$

"Rychlostní součinitel pro ohyb y_{oh_2} " pro počet otáček

$$n_2 = \frac{670}{i_1} = \frac{670}{2,38} = 282 \text{ ot/min}$$

$$\text{Odečteme } r_{oh_2} = 0,38$$

"Tvarový součinitel pro ohyb y_{oh_2} " pro $z_2 = 50$ zubů ozubeného kola a převodový poměr $i_1 = 2,38$

$$\text{Odečteme } y_{oh_2} = 3,8$$

Porovnávací hodnota :

$$c_{oh_2} = \frac{\sigma_{dev,oh_2} \cdot r_{oh_2}}{y_{oh_2}} = \frac{13,3 \cdot 0,38}{3,8} = 1,33$$

Dovolení zatížení soukolí se vypočítá ze vzorce :

$$P_{dov} = \pi \cdot c_{min} \cdot b \cdot n \cdot \mu$$

Za c_{min} dosadíme menší porovnávací hodnotu vypočítanou podle předešlých vztahů; pro náš případ to bude

$$c_{oh_1} = 0,675$$

Do vzorce dosadíme za $b = 20 \text{ mm}$

$$m = 2$$

$$\mu = 1,1 \text{ /součinitel přesnosti ozubení/}$$

dosadíme do vzorce

$$P_{\text{dov}} = 33,14 \cdot 0,675 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 1,1 = 93 \text{ kp}$$

P_{dov} porovnáme s přenášenou silou mezi zuby ozubeného soukolí; tu vypočítáme ze vzorce:

$$P = \frac{M_k}{R} \quad [\text{kp}]$$

kde M_k ... krouticí moment přenášený ozubeným soukolím

R ... poloměr pastorku

Přenášený krouticí moment:

$$M_{k1} = \frac{71.620 \cdot M_k}{n} = \frac{71.620 \cdot 0,75}{670} = 80 \text{ kpcm}$$

$$\text{kde } M_k = 1,36 \cdot M_{kw} = 1,36 \cdot 0,55 = 0,75 [\text{k}]$$

$$\text{pak } P = \frac{M_{k1}}{R} = \frac{80}{2,1} = 38,2 \text{ kp}$$

obvykle se počítá, že přenášená síla $P_1 = 1,2 \cdot P$

$$P_1 = 1,2 \cdot 38,2 = 45,7 \text{ kp}$$

a nyní porovnáme obě síly

$P_{\text{dov}} = 93 \text{ kp} > P_1 = 45,7 \text{ kp}$; takže ozubení navržené vyhovuje, neboť přenášená síla nepřesahuje dovolené zatížení ozubených kol.

b/ Kontrola na otláčení

Vypočítáme porovnávací hodnoty pro otláčení:

Pastorek :

$$c_{ot_1} = \frac{\frac{\sigma_{dev,ot_1}}{U} \cdot r_{ot_1}}{y_{ot_1}}$$

pro ocel 12 010 je $\sigma_{dev,ot_1} = 8 \text{ kp/mm}^2$

Pro modul nástroje $m=2$ vyhledáme hodnotu $U=0,728$ a pak z diagramu "Rychlostní součinitel pro otláčení r_{ot} " pro trvanlivost $h=12\,500$ hodin a pro $n=670$ ot/min;

$$r_{ot_1} = 1,7$$

dále z diagramu "Tvarový součinitel pro otláčení y_{ot} " pro běžné ozubení $\alpha = 20^\circ$, převod $i_1 = 2,38$ a počet zubů pastorku $z_1 = 21$ vyhledáme, že

$$y_{ot_1} = 1,7$$

dosadíme do vzorce

$$c_{ot_1} = \frac{\frac{\sigma_{dev,ot_1} \cdot r_{ot_1}}{U}}{y_{ot_1}} = \frac{\frac{8 \cdot 0,35}{0,728}}{1,7} = 2,26$$

Ozubené kolo ; porovnávací hodnoty pro otláčení vyhledáme týmž způsobem; ozubené kolo není kaleno tím se tedy zvyšuje

$$\sigma_{dev,ot} \approx 30\%$$

$$\sigma_{dev,ot_2} = \sigma_{dev,ot} \cdot 1,3 = 8 \cdot 1,3 = 10,4 \text{ kp/mm}^2$$

$$U = 0,728 ; n_2 = \frac{670}{i_1} = \frac{670}{2,38} = 282 \text{ ot/min}$$

$$r_{ot_2} = 0,45; \quad y_{ot_2} = 0,78;$$

a dosadíme do vzorce

$$c_{ot_2} = \frac{\frac{\sigma_{dov,ot}}{U} \cdot r_{ot_2}}{y_{ot_2}} = \frac{\frac{10,4}{0,728} \cdot 0,45}{0,78} = 8,23$$

Porevňávací hodnotu c_{min} dosadíme do vzorce

$$P_{dov} = \pi \cdot c_{min} \cdot b \cdot n \cdot \mu$$

V našem případě je to hodnota $c_{ot_1} = c_{min} = 2,26$

$$\text{pak } P_{dov} = 3,14 \cdot 2,26 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 1,1 = 312 \text{ kp}$$

Porevnáním s přenášenou silou $P_1 = 48 \text{ kp}$ již dříve vypočítanou, zjistíme, že $P_{dov} = 312 \text{ kp}$ je větší než P_1 a tím zjistíme, že osazení je vyhovující.

Podle stejného způsobu skontrolujeme druhé a třetí soukolí;

2.soukolí - kontrola na pevnost

$$c_{oh_3} = \frac{\sigma_{dov,oh_3} \cdot r_{oh_3}}{y_{oh_3}} = \frac{13,3 \cdot 0,38}{6,25} = 0,8$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_2} = \frac{282}{2,67} = 106 \text{ ot/min} \quad n_2 = n_3;$$

$$n_6 = \frac{n_5}{i_3} = \frac{106}{2,76} = 38,3 \text{ ot/min} \quad n_4 = n_5;$$

$$c_{oh_4} = \frac{\sigma_{dov,oh_4} \cdot r_{oh_4}}{y_{oh_4}} = \frac{13,3 \cdot 0,46}{3,75} = 1,61$$

$$P_{dov} = \tilde{n} \cdot e_{\min} \cdot b \cdot m \cdot \mu = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 1,1 = 133 \text{ kp}$$

$$b = 24 \text{ mm}$$

$$M_{k2} = \frac{71 \, 620 \cdot 0,75}{282} = 191 \text{ kpcn}$$

$$P = \frac{M_{k2}}{R_3} = \frac{191}{211} = 90,5 \text{ kp}$$

$$P_2 = 1,2 P = 1,2 \cdot 90,5 = 109 \text{ kp}$$

$$P_{dov} = 133 \text{ kp} > P_1 = 109 \text{ kp} ; \text{ osazení vyhovuje}$$

Kontrola na otlačení

$$\text{Pastorek : } c_{ot3} = \frac{\frac{\sigma_{dov,ot3} \cdot r_{ot3}}{U}}{y_{ot3}} = \frac{\frac{8 \cdot 0,45}{0,728}}{1,65} = 3$$

$$\text{Kolo : } c_{ot4} = \frac{\frac{\sigma_{dov,ot4} \cdot r_{ot4}}{U}}{y_{ot4}} = \frac{\frac{10,4 \cdot 0,54}{0,728}}{0,7} = 11$$

$$P_{dov} = 3,14 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 1,1 = 500 \text{ kp}$$

Na otlačení je 2. soukolí rovněž vyhovující, protože

$$P_{dov} > P_2$$

3. soukolí - kontrola na pevnost

$$e_{ch5} = \frac{\sigma_{dov, ch5} \cdot r_{ch5}}{y_{ch5}} = \frac{13,3 \cdot 0,46}{6,2} = 0,98$$

$$e_{ch6} = \frac{\sigma_{dov, ch6} \cdot r_{ch6}}{y_{ch6}} = \frac{13,3 \cdot 0,55}{3,7} = 1,97$$

$$P_{dov} = \pi \cdot e_{min} \cdot b \cdot n \cdot \mu = 3,14 \cdot 0,98 \cdot 45 \cdot 2 \cdot 1,1 = 306 \text{ kp}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

$$M_{K3} = \frac{71\,620 \cdot 0,75}{106} = 508 \text{ kpm}$$

$$P = \frac{M_{K3}}{R_3} = \frac{508}{2,1} = 242 \text{ kp}$$

$$P_3 = 1,2 \cdot P = 290 \text{ kp}$$

$$P_{dov} = 306 \text{ kp} > P_3 = 290 \text{ kp} ; \text{osazení vyhovuje}$$

Kontrola na otláčení

$$\text{Pastorek : } e_{ot5} = \frac{\frac{\sigma_{dov, ot5}}{U} \cdot r_{ot5}}{y_{ot5}} = \frac{\frac{8}{0,728} \cdot 0,54}{1,65} = 3,6$$

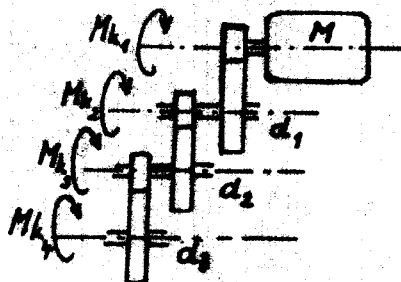
$$\text{Kolo : } e_{ot6} = \frac{\frac{\sigma_{dov, ot6}}{U} \cdot r_{ot6}}{y_{ot6}} = \frac{\frac{10,4}{0,728} \cdot 0,62}{0,7} = 12,7$$

$$P_{\text{dov}} = 3,14 \cdot 3,6 \cdot 45 : 2 \cdot 1,1 = 1\,120 \text{ kp}$$

Třetí soukolí je vyhovující na otláčení, protože

P_{dov} je větší než P_3

c/ Kontrola hřídelů na krut



Materiál hřídelů je ocel 12 010, $\sigma_{K,t} = 2\,800 \text{ kp/cm}^2$

$$\tau_{\text{dov},k} = 0,6 \cdot \sigma_{\text{dov},t}$$

$$\sigma_{\text{dov},t} = \frac{\sigma_{K,t}}{n} \quad \text{/bezpečnost } n = 2/$$

$$\tau_{\text{dov},k} = 0,6 \cdot \frac{2800}{2} = 840 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} ; \quad W_k \text{ pro kruhový průřez } W_k = 0,2 \cdot d^3$$

$$M_{k2} = 191 \text{ kpm} ; \quad d_2 = 24 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = \frac{M_{k2}}{W_{k2}} = \frac{191}{0,2 \cdot 2,4^3} = 69 \text{ kp/cm}^2, \text{ vyhovuje}$$

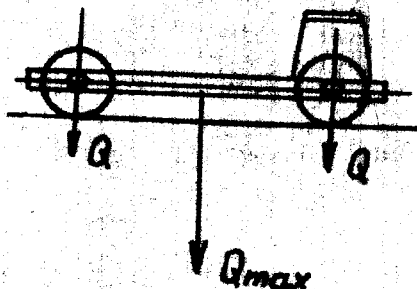
$$M_{k3} = 508 \text{ kpm} ; \quad d_3 = 27 \text{ mm}$$

$$\tau_3 = \frac{M_{x3}}{W_{x3}} = \frac{508}{0,2,2,7^3} = 129 \text{ kp/cm}^2, \text{ vyhovuje}$$

$$M_{x4} = \frac{71\,620 \cdot 0,75}{38,2} = 1\,410 \text{ kpcem}; \quad d_4 = 30 \text{ mm}$$

$$\tau_4 = \frac{1410}{0,2,7^3} = 261 \text{ kp/cm}^2$$

$\tau_4 < \tau_{\text{dov,k}}$ a proto všechny průměry hřídelů vyhovují
danému namáhání

P./ Výpočet ložisek polířkových kola/ Ekvivalentní zatížení valivých ložisek

Q maximální na jedno kolo v nejnepříznivějším případě $Q = 150 \text{ kp}$

Hřídele polířkových kol jsou uloženy v radiálních jednořadových kuličkových ložiskách řady 62

Z tabulek :

Velíme dle konstrukce ložisko 6205

Základní únosnost ložiska : dynamická $C = 1040 \text{ kp}$

statická $C_0 = 710 \text{ kp}$

Kontrola ložisek provedeme podle ČSN 02 4507

Radiální ložiska

$$P = X \cdot V \cdot F_r \quad \text{/axiální síla je rovna nule/}$$

kde $P \dots$ ekvivalentní zatížení ložiska [kp]

$F_r \dots$ radiální zatížení ložiska [kp]

$X, V \dots$ součinitelé druhu ložiska a zatížení

V našem případě rotační součinitel $V = 1$

Radiální součinitel $X = 1$

$$P = X \cdot V \cdot F_r = 1 \cdot 1 \cdot 150 = 150 \text{ kp}$$

b/ Základní trvanlivost valivých ložisek

$$C = P \cdot \sqrt[3]{\frac{L_h \cdot n}{16666}} = 150 \cdot \sqrt[3]{\frac{2000 \cdot 40}{16666}} = 234 \text{ kp}$$

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 34

kde L_h ... sákladní trvanlivost valivých ložisek v provozních hodinách

n ... počet otáček [1/min]

Dynamická únosnost ložiska 6205 $C_{dyn} = 1040 \text{ kN}$ je větší než vypočítaná, takže použitá ložiska vyhovují

c/ Kontrola pera na střih a na otláčení

$M_{K_4} = 1410 \text{ kpm}$

Střih :

$$\tau_s = \frac{F}{S} ; \quad F = \frac{M_K}{R} = \frac{1410}{1,2} = 1170 \text{ kp}$$

$$S = b \cdot l = 8 \cdot 22 = 176 \text{ mm}^2 = 1,76 \text{ cm}^2$$

$$\tau_s = \frac{1170}{1,76} = 660 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{dov,s} = 900 \text{ kp/cm}^2 \quad - \quad \text{vyhovuje}$$

Otláčení :

$$p_{dov} = 1500 \text{ kp/cm}^2$$

$$p = \frac{F}{l \cdot h} = \frac{1170}{22,7} = 7,7 \text{ kp/mm}^2 = 770 \text{ kp/cm}^2$$

$$p < p_{dov} \quad - \quad \text{vyhovuje}$$

4.2 Výpočet zdvihacího zařízení

Potřebné zvolené veličiny :

tíha břemene

$$Q_1 = 50 \text{ kp}$$

zdvih

$$H = 3,2 \text{ m}$$

zdvihací rychlost břemene

$$V_z = 6 \text{ m/min}$$

A./ Výpočet výkonu hnacího motoru

Výkon se určí z rovnice :

$$N = \frac{Q_c \cdot V_z}{102 \cdot 60 \cdot \eta_c} \quad [\text{kW}]$$

$$Q_c = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad [\text{kp}]$$

kde Q_c ... celkové zatížení

Q_1 ... tíha břemene

Q_2 ... tíha ovládací hlavy

Q_3 ... tíha ovládacího mechanismu

η_c ... celková mechanická účinnost

$$\eta_c = \eta_f \cdot \eta_m \cdot \eta_p$$

$$Q_2 = 90 \text{ kp}; \quad Q_3 = 80 \text{ kp};$$

$$Q_c = 50 + 90 + 80 = 220 \text{ kp};$$

kde η_f ... účinnost řetězového převodu

η_m ... účinnost mechanismu ovládacího

η_p ... účinnost převodové skříně motoru

VST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DF 207/74	
Režijní strojí		KSE	List 36

$$\eta_r = 0,9 ; \quad \eta_s = 0,6 ; \quad \eta_p = 0,95 ;$$

$$\eta_c = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 0,95 = 0,52$$

pak

$$N = \frac{220 \cdot 6}{102,60 \cdot 0,52} = 0,42 \text{ [kW]}$$

Volba svíhacího elektromotoru :

Zdvíhací ústrojí umožňuje zdvihání a spuštění břemena /odnímací hlavy s lahvemi/. Abychom zajistili dostatečnou rezervu výkonu, volíme motor o výkonu $N = 0,8 \text{ kW}$. Jelikož musíme břemeno brzdít při rozběhu a hlavně při doběhu motoru, použijeme motor brzdový, který má elektromagnetickou brzdou zabudovanou přímo v motoru.

Volíme motor třífázový asynchronní s elektromagnetickou brzdou typ AFB 322 patkový s převodovkou s dvěma čelními soukolími a s těmito parametry :

Výkon $N = 0,8 \text{ kW}$
otáčky motoru $n = 685 \text{ ot/min}$
převodový poměr převodové skříně $i = 31,5$
brzdový moment :
dynamický $B_d = 5,0 \text{ kpm}$
statický $B_s = 3,5 \text{ kpm}$
váha motoru 86 kp
olejová náplň $1,5 \text{ litra}$

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 37

B./ Výpočet osazení řetězového kola

a/ Předběhový průměr osazeného řetězového kola určíme ze vzorce :

$$D = \frac{v_{sv}}{\pi \cdot n_2} \quad [m]$$

kde v_{sv} ... zdvihací rychlost [m/min]

n_2 ... výstupní otáčky elektromotoru s převodové skříně

$v_{sv} = 6 \text{ m/min}$

Výstupní otáčky elektromotoru s převodové skříně určíme z převodového poměru převodové skříně motoru

$$n_1 = 685 \text{ ot/min}; \quad i = 31,5$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{685}{31,5} = 21,8 \text{ ot/min}$$

$$D = \frac{6}{3,14 \cdot 21,8} = 0,088 \text{ m}, \quad D = 88 \text{ mm}$$

b/ Výpočet rostečné kružnice

D ... průměr rostečné kružnice
 D_1 ... průměr patní kružnice
 D_2 ... průměr hlavové kružnice
 d_1 ... průměr válečku řetězu
 t ... rosteč
 B_1 ... šířka osazení

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	BP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 38

Použijeme jednořadý válečkový řetěz pro který počítáme průměr rostečné kružnice řetězového kola :

$$D = t \cdot x \quad [\text{mm}]$$

hodnotu x vyhledáme z tab. 1 ČSN 01 4811 podle zvoleného počtu zubů řetězového kola ;

volíme počet zubů $z = 11$, tomu odpovídá x = 3,55

dále volíme válečkový řetěz jednořadý /ČSN 02 3311/ o rosteči $t = 25,4$ mm který posléze skontrolujeme na pevnost.

Průměr rostečné kružnice :

$$D = 25,4 \cdot 3,55 = 90 \text{ mm}$$

Průměr patní kružnice :

$$D_f = D - a_1 = 90 - 15,9 = 74,1 \text{ mm}$$

Průměr hlavové kružnice :

$$D_a = D + 0,5a_1 = 90 + 8 = 98 \text{ mm}$$

Šířka ozubení :

$$B_1 = 0,9b_1 = 0,9 \cdot 12,7 = 11,4 \text{ mm}$$

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSM	List 39

G./ Výpočet dovoleného zatížení válečkového řetězu :

a/ Dovolené zatížení řetězu

Skutečné zatížení řetězu $Q_0 = 220 \text{ kp}$

$$P_{dov} = \frac{P_t}{n} \geq P_c$$

kde P_t ... zaručená pevnost řetězu při přetržení [kp]
 n ... bezpečnost řetězu
 P_c ... celková síla působící v napnuté části řetězu [kp]

pro řetěz ČSN 02 3311 o rosteči $t = 25,4 \text{ mm}$
 $P_t = 6500 \text{ kp}$; $n = 11,9$;

$$P_{dov} = \frac{6500}{11,9} = 546 \text{ kp}$$

$P_{dov} = 546 \text{ kp}$ je větší než $P_c = 220 \text{ kp}$ a proto zvolený řetěz vyhovuje.

b/ Měrný tlak v kloubu řetězu

$$p = \frac{P_c}{F} \leq p_{dov} \quad [\text{kp/cm}^2]$$

kde F ... plocha kloubu $[\text{cm}^2]$
 p_{dov} ... dovolený měrný tlak v kloubu $[\text{kp/cm}^2]$

$F = 1,58 \text{ cm}^2$; $p_{dov} = 200 \text{ kp/cm}^2$;

$$p = \frac{220}{1,58} = 127 \text{ kp}$$

$p_{dov} = 200 \text{ kp/cm}^2$ je větší než $p = 127 \text{ kp/cm}^2$ - vyhovuje

D./ Výpočet ozubených kol ovládacího mechanismu

Převod ozubených kol $i = 1 : 1$

Použijeme čelní ozubení, které nebude přenášet velké síly, protože slouží pouze k zajišťování rovnovážnosti ovládací hlavy při pohybech nahoru a dolů.

Volíme modul $m = 4$; průměr rostečné kružnice $D = 100$ mm

Vypočítáme počet zubů ozubeného kola :

$$D = m \cdot z \Rightarrow z = \frac{D}{m} = \frac{100}{4} = 25 \text{ zubů}$$

Průměr hlavové kružnice

$$D_h = D + 2m = 100 + 2 \cdot 4 = 108 \text{ mm}$$

Průměr patní kružnice

$$D_p = D - 2,4m = 100 - 2,4 \cdot 4 = 90,4 \text{ mm}$$

Rosteč :

$$t = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 4 = 12,56 \text{ mm}$$

Výpočet osové vzdálenosti

$$a = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{100 + 100}{2} = 100 \text{ mm}$$

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 41

5.0 Funkce a popis zařízení

Automat na paletizaci lahví je ustaven na konci výrobní linky nad seřazovacím stolem z kterého přenáší hotové lahve na jednotlivé palety a pomocí válečkové trati jsou lahve odváženy k sarážovacímu a balicímu zařízení.

5.1 Zvedací zařízení

K pohonu svedacího zařízení je použito elektromotoru typu APB 322 s převodovkou dvěma čelnými soukolími a elektromagnetickou bradou vestavěnou v motoru. Výkon motoru je 0,8 kW, který plně zajišťuje rovnoměrný svedací pohyb všech břemen /všech druhů a velikostí lahví/ uchopených kleštinami odnímací hlavy. Na hřídeli motoru je řetězové kolo, které spolu s řetězem umožňuje svislý pohyb při odnímání lahví ze seřazovacího stolu. Řetěz je jednořadý válečkový, ve spodní části je upevněn na držáku odnímací hlavy a volný konec řetězu se ukládá do zásobníku řetězu v němž se také máže v olejové lázni.

Elektromotor je patkový a je upevněn na dvou příčných nosnících na pojezdové kočce. Brzdné momenty zajišťují polohu břemena při vypnutí elektromotoru a při rozběhu a doběhu plynulý rozběh a zastavení odnímací hlavy.

5.2 Pojížděcí zařízení

Pojížděcí kočka je vestavěna do konstrukce paletizátoru lahví mezi dva nosníky typu I, z kterého je postaven celý rám automatu na paletizaci lahví. Šířka rámu umožňuje postavit

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	BP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 42

paletizátor nad seřazovací stůl. Rozchod kočky, který je dán vnitřní šířkou rámu dává dostatečnou rezervu stability při bočním kývání břemene. Rám pojízďáckí kočky je vyroben z nosníku typu U, na kterém jsou upevněny oba elektromotory s převodovkou. Kočka má 4 pojízďáckí kola, z čehož 2 jsou poháněna. Pohon pojízďáckího ústrojí tvoří elektromotor s převodovkou. Převodovka je samostatná a elektromotor je přírůbový typu 2APB 90S-8, výkonu 055 kW. Převodovka je upevněna do rámové konstrukce, motor je na ní našroubován. Pohyb kočky v obou směrech umožňuje přenášení lahví ve vodorovné poloze od seřazovacího stolu nad válečkovou trať. Pojezd kočky na nosnících I je cca 1700 mm. Brzdový motor zajišťuje při rozběhu a doběhu plynulý rozběh a zastavení bez rázů.

5.3 Odnímací mechanismus

Odnímací mechanismus je připevněn na rám kočky šrouby M20. Slouží k zajišťování rovnoběžnosti resp. kelmosti odnímací hlavy při dosedání na hrdla lahví které se seřazují do schématu na seřazovacím stole. Odnímací mechanismus je sestaven na pantografickém systému. Na spodní části je připevněn šrouby M20 držák odnímací hlavy, na kterém je přišroubována odnímací hlava. Při konstrukci odnímacího mechanismu je dbáno na to, aby rozměr a dosah odnímacích ramen postačoval požadované výšce paletové jednotky na válečkové trati cca 2000 mm s paletou prostou, která má výšku 150 mm. Odnímací ramena mají výstupy, aby byla zaručena dostatečná tuhost celé soustavy při rozběhu a doběhu popř. bočního kývání břemene. Aby nedocházelo k těmto nežádoucím vlivům, je nutné zabezpečit co nejmenší vůle mezi

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fabrika strojů		KSE	List 43

čepem /distančním pouzdrem/ a pouzdrem ramen odtímacího mechanismu. Toto je zaručeno ložiskovým pouzdrem a jeho dostatečnou přesností a délkou. Vlastní funkci držení rovnoběžnosti resp. kolmosti odtímací hlavy umožňují osazená kola pevně spojená s rameny. Převodový poměr kol je 1:1. Spodní osazená kola jsou pevná již před montáží odtímacího mechanismu. Horní osazená kola se vešně protáčí v těmnu a pomocí montážního otvoru safixujeme vrtáčkou přesnou polohu nastavení kol při nastavování vodorevné polohy odtímacích ramen. Potom desky opět rozšroubujeme a osazená kola svaříme s těmenem v poloze, kterou jsme si vyznačili vrtáčkou, za pomoci kolíku průměru vrtáku. Kolo s těmenem mají společné pouzdra. Na odtímací mechanismus je použito lisovaných šroubů M20, na nichž jsou nasazena broušená distanční pouzdra, vymezující šířku mezi deskami. Vnitřní desky jsou spojeny na pevně /svařeny/ s trubkou, která nám zaručuje dobrou tuhost tohoto rámu. Odtímací mechanismus není zatížen silami, pouze kompenzuje kyvný moment břemene kolem osy, a proto životnost celého zařízení je plně zaručena.

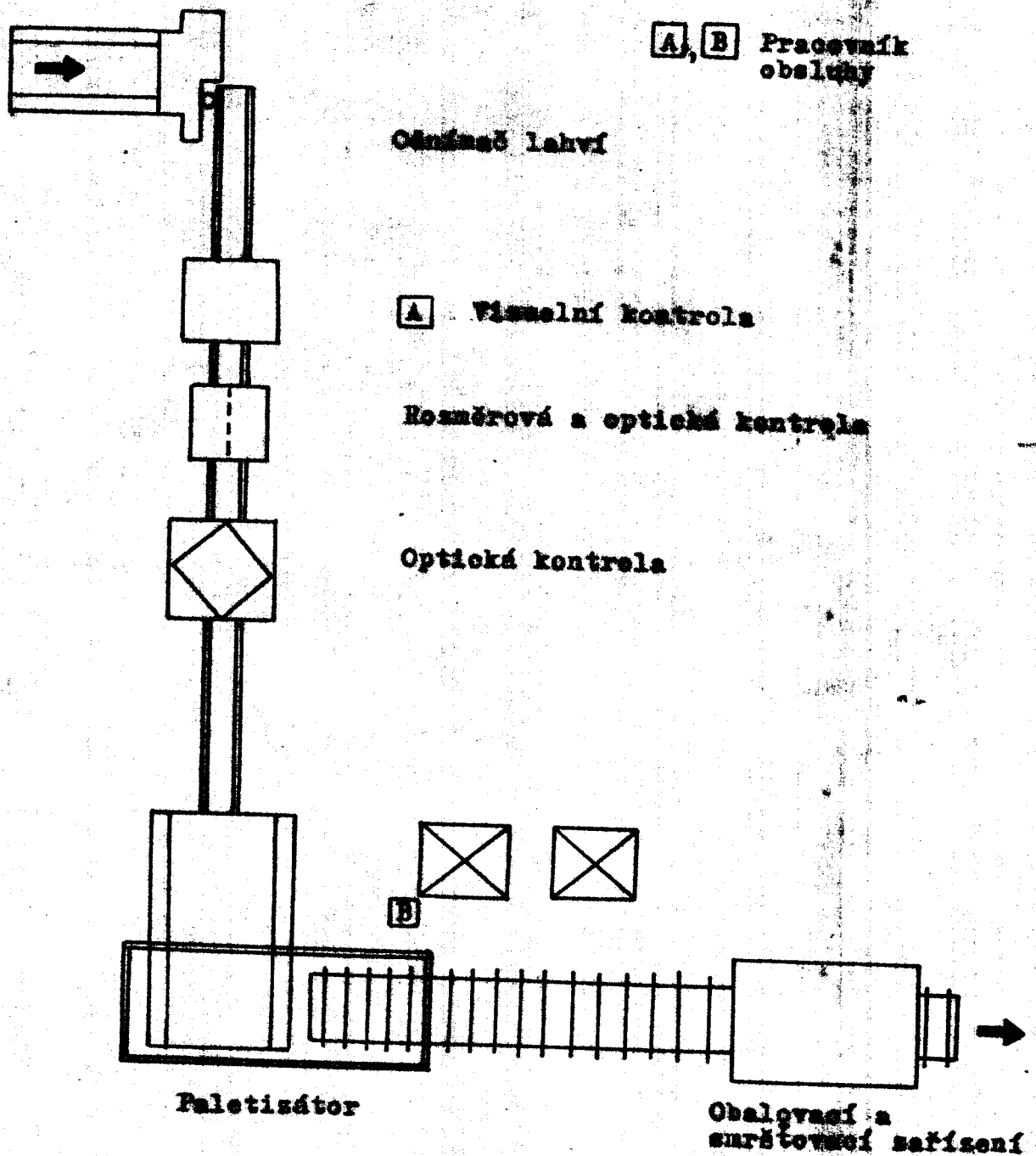
5.4 Seřazovací stůl

Konečný postup vyroběných lahví od výrobní linky je ukončen na seřazovacím stole, kde jsou lahve rozřazovány náběhovou lištou do balíčního schématu, který je nutný pro přesné uchopení hrál lahví kleštinami - lištami - odtímací hlavy. Pás stolu je cca ve výšce 940 mm. Vzdálenost stolu od válečkové trati je dostačující pro průchod obsluhy automatu.

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 44

5.5 Válečková trať

Válečková trať slouží k dopravě paletové jednotky ukončené v automatu na paletizaci lahví k balicímu a smršťovacímu zařízení. Šířka válečkové trati je 1000 mm a je dostatečná pro pojezd celé paletové jednotky. Šířka prosté palety je 800 mm. Výška válečkové trati je 400 mm.

Zařízení automatu na paletizaci lahví ve výrobní lince

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 46

Ekonomické zhodnocení

Zavedením automatu na paletizaci lahví do provozů, získáme úspory pracovních sil, snížíme pracovní náklady potřebné k zakoupení paletizátorů v zahraničí. To jsou nejdůležitější faktory týkající se konstrukce paletizátorů vlastní výroby.

Paletizace je bezesporu podstatně progresivnější soustava manipulace se zbožím než dosavadní způsoby, přesto se však nemůže zavádět samoúčelně. Má-li se paletizace zhodnotit komplexně, a to s ohledem na organizaci práce, lze jedině dospět k maximálním úsporám a zvýšení produktivity práce. Pro správné posouzení hospodárnosti zavedením automatu na paletizaci lahví, je třeba provést nejen technický průzkum, hodnocení a návrh nového systému manipulace s lahvemi, ale i rozbor všech nákladů. Tímto máme na mysli též propočty nákladů na provoz automatu, údržby a jeho životnosti.

Souhrn všech těchto činitelů spolu s modernizací našich závodů nám ukazuje cestu, jakým směrem máme postupovat. Toto nás vedlo k realizaci konstrukce automatu na paletizaci lahví vlastní výroby.

VŠT Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		KSK	List 47

P r o h l á š e n í

Přehlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím literatury, tabulek a norem ČSN uvedených v seznamu použité literatury.

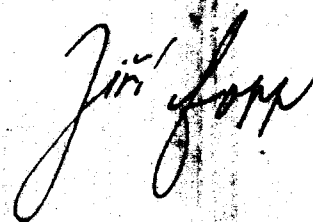
Chci bych poděkovat touto formou vedoucím diplomní práce

Prof. Ing. Dr. techn. P. Ketáňovi

za teoretické a praktické vedení a pomoc při vypracování mé diplomové práce. Též děkuji konsultantovi diplomové práce Ing. J. Cibulkovi za odbornou spolupráci. Zároveň chci poděkovat všem pracovníkům Vysoké školy strojní a textilní v Liberci a pedniku Skle Unie v Teplicích, kteří se podíleli svými znalostmi k zakončení mé diplomové práce.

V Liberci, 10.5.1974

Jiří F o p p



Z á v ě r

Úkolem diplomové práce bylo navrhnout ovládací mechanismus automatu na paletizaci lahví a při tom zvážit možnosti ovládnání tohoto zařízení. Použil jsem elektromechanické ovládnání ramen ovládacího mechanismu, které v tomto případě je nejjednodušší, protože neklade vysoké nároky na přesnost, výrobu a obsluhu. Takéž použití typizovaných elektrických motorů a jejich výkonů jsou v souladu se zatížením a silami působícími při funkci automatu.

Celkové navrhnuté uspořádání je podloženo výpočtem a výkresovou dokumentací.

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	DP 207/74	
Fakulta strojní		ESK	list 49

S e z n a m p ř í l o h

Výkres č. DP 207-74-01 /1/
Automat na paletizaci lahví

Výkres č. DP 207-74-01 /2/
Kusovník

Výkres č. DP 207-74-02 /1/
Odnímací mechanismus

Výkres č. DP 207-74-02 /2/
Kusovník

VŠST Liberec	Automat na paletizaci lahví	18 107/74	
Fakulta strojní		KSE	50

Seznam použitých literatury

P. Draha, L. Kupa a kol.
Transportní zařízení

P. Rosta, L. Kupa
Zařízení I, II, III a1

P. Dvořák
Dopravní zařízení

J. Krutina
Střelba zbraní a průhlednosti a pevnosti

Normy ČSN 01 4005

Strojnické tabulky

