

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor: 23 -21 - 8

Stroje a zařízení pro chemický,  
potravinářský a spotřební průmysl

zaměření

Balící a polygrafické stroje

Katedra části strojů a mechanismů

PALETIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ

KST - 003

Bořek D v o ř á č e k

Vedoucí Diplomové práce:

s.ing. Zdeněk Pustka, CSc. VŠST Liberec

Konzultant: s.ing. Vít ZVÚ Hradec Králové

s.ing. Svoboda ZVÚ Hradec Králové

Oponent: s.ing. Janouš ZVÚ Hradec Králové

Rozsah práce a příloh :

|                 |    |
|-----------------|----|
| Počet stran :   | 25 |
| Počet tabulek : | -- |
| Počet obrázků : | -- |
| Počet příloh :  | 4  |
| Počet výkresů : | 5  |

KSN/SP

12. června 1981

Vysoká škola: **VŠST Liberec**

Katedra: **části strojů a mech.**

Fakulta: **strojní**

Školní rok: **1980/81**

## DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro **Bořek Dvořák**

obor **23-21-8 Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský  
a spotřební průmysl**

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

Název tématu: **Paletovací zařízení pro lahvárenskou linku**

Pokyny pro vypracování:

1. Koncepční řešení paletovacího zařízení a uspořádání linky
2. Orientační časové a výkonové propočty pro soubor zařízení
3. Konstrukční řešení zachycovače přepravků

Při řešení uvažujte: manipulační přepravky jsou vyrobeny z termoplastické hmoty typ euro; palety prosté atypické stavěno pro 3x3 přepravky.

Autorské právo se řídí směrnicemi  
MČK pro státní závěrečné zkoušky č.j. 31  
727/1962 ze dne 14. 1. 1962, 1. 1. 1962  
1962 Věstník Ministerstva školství, č. 24 ze  
dne 31. 3. 1962 § 19 aut. z. č. 115/53 Sb.

V 352/1987 S  
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
PSČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: 1 x A0  
2 x A1  
2 x A3

Rozsah průvodní zprávy: **cca 25 stran**

Seznam odborné literatury:

**podniková a propagační literatura**  
**příslušné normy ČSN**

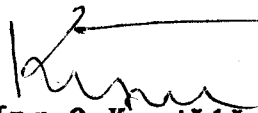
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Pustka, CSc.,**

Konsultanti: **Ing. Vít - ZVU Hradec Král.**

Datum zahájení diplomové práce: **1. 9. 1980**

Datum odevzdání diplomové práce: **12. 6. 1981**



  
**Doc. Ing. O. Krejčíř, CSc.**

Vedoucí katedry

  
**Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc.**

Děkan

PROHLÁŠENÍ :

Místopřísežně prohlašuji, že jsem Diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

*Bour fonačl*

V Liberci dne 12.6. 81

## OBSAH

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Místo úvodu : . . . . .              | 2  |
| Rozbor současného stavu . . . . .    | 3  |
| Koncepční návrh . . . . .            | 8  |
| Vlastní konstrukční řešení . . . . . | 12 |
| - orientační a výkonové řešení       |    |
| - pevnostní výpočty                  |    |
| Závěr . . . . .                      | 23 |
| Seznam příloh . . . . .              | 24 |
| Seznam literatury . . . . .          | 25 |

## MÍSTO ÚVODU

Strojírenství je a vždy bylo základní osou celé ekonomiky socialistického Československa.

XVI. sjezd KSČ ještě prohloubil tyto teze a ve zprávě předsedy vlády soudruha Lubomíra Štrougala bylo několik statí, které upřesňovaly pozici strojírenství, určovaly jeho cíle i požadavky na něj pro léta 1981 - 1985.

Základním článkem rozvoje národního hospodářství zůstává strojírenství a elektrotechnika. Jejich vliv na prosazování vědeckotechnického pokroku a růst exportní výkonnosti musí být v příštím období mnohem výraznější, než tomu bylo v šesté pětiletce. Jejich nejvýznamnějším a nejnáročnějším úkolem bude vývoz, který se má zvýšit o 50 - 55%. Jednou z podmínek růstu vývozu je zajistit, aby výrobky určené k exportu byly konkurenceschopné na náročných zahraničních trzích, to znamená, že tyto výrobky musí být na velmi dobré technické úrovni, s minimální spotřebou materiálu a cenově pro naši ekonomiku rentabilní. Při navrhování těchto výrobků musí být dále přihlíženo i k dalším aspektům lidské činnosti ve společnosti, jako snižování namáhavé fyzické práce, podílu živé práce na výrobku, estetického vzhledu výrobku, provozní spolehlivosti stroje a pod.

## ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

Tato diplomová práce pojednává o zařízení, které se snaží výše uvedeným požadavkům vyhovět. Paletizace je jeden z nejmodernějších a asi nejpropracovanějších systémů v dopravě materiálů, zboží a pod., který se prosadil i v pivovarském průmyslu. Zde se zavádí celoevropský systém "EURO", s normalizovanými lahvemi, přepravkami, paletami atd.

V poslední době prošel pivovarský obor řadou změn, celosvětová tendence podílu lahvového piva na celkové výrobě piva při současném stavu pivovarů neustále vzrůstá. U projektování moderních pivovarů se počítá s expedicí 70 % vyrobeného piva v lahvích. Z těchto důvodů je věnována vybavení lahváren stále větší péče.

Lahvárenská linka je složena ze strojů k čištění, kontrole, plnění a etiketování lahví. Přejít na linky vyšších výkonů, odpovídající potřebnému podílu lahvového piva, se zpočátku řešil úpravou strojního zařízení. Nenarůstaly nároky na zvýšený počet pracovních sil. Problémem se tu stala ruční manipulace s přepravkami a paletami. Celosvětová vlna mechanizace tak zvaných pomocných úseků výroby vyvolala nutnost řešit lahvárenské linky komplexně včetně paletovacích zařízení.

Paletovací zařízení je tedy určeno k sestavování a rozebírání paletových manipulačních jednotek, složených z palety a stohu s vrstvami přepravek. Jejich zavádění do provozů spoří lidskou práci, odstraňuje její namáhavost a monotónost.

Jedním z typů československých paletovacích a současně i depaletovacích zařízení je PAZ 1 200 /DEPAZ 1 200 /.

Paletovací zařízení PAZ 1 200 se skládá ze dvou souborů - souboru zařízení depaletovacího stroje a souboru zařízení paletovacího stroje. Každý soubor může pracovat samostatně nebo společně v blokovém uspořádání. Soubor zařízení paletovacího a depaletovacího stroje má složení :

1. Paletovací stroj PAZ 1200 /Depaletovací stroj DEPAZ 1200/
2. Zásobník palet
3. Válečkové tratě palet a přepravek,  
dopravníky s nosným řetězem
4. Příslušenství souboru stroje -
  - hydraulický systém
  - elektrický řídicí systém
  - výzbroj a doplňková zařízení

Stavebnicová konstrukce válečkových tratí a dopravníků s nosným řetězem umožňuje sestavovat potřebné varianty zařízení pro rekonstrukce lahváren, stavby nových provozů a doplňovat soubory zařízení podle změněných provozních potřeb. Válečkové tratě palet a přepravek jsou sestaveny z modulů a jejich pohon tvoří elektropřevodovky o nízkém instalovaném příkonu. Například u dopravníku palet je jejich činnost řízena tak, že pracují pouze v době bezprostřední potřeby manipulace s paletovou jednotkou, paletou nebo stohem prázdných palet. Proti dopravníkům s trvalým pohonem je zde dosaženo znatelných úspor elektrické energie.

Základní stroje paletovacího zařízení - depalet. stroj a paletovací stroj, jsou složeny ze stojanů, zvedacích zařízení s válečkovou tratí, přesouvačů palet, zachycovacího zařízení a přítlačných mechanismů. Svařovaná konstrukce stojanu je tvořena převážně ohraňnými a válcovanými profily a opatřena stavitelnými opěrkami.

Přítlačovací mechanismus je upevněn na stojanu. Sestává z rámu a v něm umístěných čtyř vrstev odpružených přítlačovacích jednotek s pryžovým obložením. Při pohybu stohu přepravek i jeho vrstev v prostoru zachycovacího zařízení jsou obložení přítlačovacích jednotek zasunuta v otvorech stabilizačních plechů, tvořících vnitřní povrch šachty zachycovacího zařízení-

Zásobník palet je sestaven ze dvou bočnic, ve kterých jsou umístěny mechanismy zachycovačů a příčnicku, na němž je zvedačí zařízení zásobníku. Prázdné palety jsou v zásobnících palet ukládány do stohu palet, nebo ze stohu vydávány, odspodu.

Hydraulické spotřebiče depaletovacího a paletovacího stroje, zásobníku palet a příslušenství jsou u každého souboru zařízení poháněny ústředním hydraulickým agregátem. Hydraulické agregáty jsou vybaveny automatickými jistícími prvky, které sledují provozní teploty oleje, poruchy hydraulických rozvodů a okruhů na strojích. Seřizovací prvky agregátu slouží k nastavení optimálních pracovních rychlostí každého mechanismu, kontrolní prvky ke zjišťování výšky hladiny oleje, úrovně nastavených tlaků v hydraulických obvodech. Doplňování oleje, jeho výměna při plánovaných prohlídkách hydraulického systému, je ulehčeno pomocnou čerpací jednotkou s předfiltrací oleje.

K řízení souborů strojů paletovacího zařízení je použit československý řídicí systém s volně programovatelným automatem.

Programovatelný automat je moderním provedením binárního řídicího systému. Může provádět jednoduché matemat. operace a manipulace s daty, umožňuje provádět časové funkce.

Pro uložení programu se používá paměť na tenkých magnetických vrstvách RAM.

Stroje paletovacího zařízení jsou s ohledem na dlouhodobé provozní nasazení při zvýšené směnnosti a ne vždy dostatečné kvalifikaci obsluhy robustnější konstrukce.

Přepravky s plnými lahvemi jsou přiváděny do souboru zařízení například přes pravoúhlý převaděč, který jednořadý přísun přepravek z lahvářenské linky převádí na tok přepravek ve vrstvách.

Válečková trať přepravek dopravuje vrstvy k paletovacímu stroji. Cyklus práce paletovacího stroje začíná vjezdem vrstvy přepravek na válečkovou trať výtahu stroje. Výtah první vrstvu, která je od ostatních přepravek na válečkové trati přepravek oddělena propadacím úsekem, zvedne do horní polohy mezi nejnižší protilehlé řady přitlačovacích jednotek. Vrstva je vysunutím přitlačovacích jednotek ze stabilizačních plechů uchopena a výtah sjede do výchozí polohy. Při druhé a další vrstvě následuje po přizvednutí výtahu s vrstvou, pod již drženou vrstvu přepravek, rozevření jednotek a zvednutí výtahu s vrstvami do horní polohy. Přitlačovací jednotky zachytí dalšími řadami zvednuté vrstvy přepravek a zachycení celého stohu vrstev přepravek je na výtah dopravena přesouvačem prázdná paleta a přizvednuta pod zachycený stoh. Zachycovací zařízení uvolní jednotky, stoh přepravek je uložen na paletu a výtah sjede do výchozí polohy. Válečková trať výtahu se uvede spolu s následujícím modulem trati palet do chodu a paletová jednotka vyjede z paletovacího stroje postupně až na koncový modul, který slouží k odebírání paletové jednotky vysokozdvížným vozíkem.

Zásobník palet u paletovacího stroje slouží k akumu-

laci palet a jejich vydávání paletovacímu stroji.

Konstrukce zásobníku a jeho funkce je shodná se zásobníkem u depaletovacího stroje.

Souslednost jednotlivých funkcí mechanismů souboru zařízení paletovacího stroje, jejich vzájemnou vazbu a blokování zajišťují bezkontaktní čidla automatického řídicího a ovládacího systému.

## KONCEPČNÍ NÁVRH

Z rozboru současného stavu paletizačního zařízení a rozboru současného světového trendu v tomto oboru vyplynuly úkoly pro další vývoj zařízení.

1. Pro vysoce výkonné paletizační zařízení, konstruované na výkon vyšší než 2 000 přepravek/hod, je nutno používat paletizační vrstvu 3 x 3 přepravky. U současného stroje je zachycování přepravek prováděno silovým způsobem, tzv. systémem bočních přítlaků. Tím však dochází k deformaci přepravek.

Protože v praxi má pivovar určenu oblast zásobování, vytváří se relativně uzavřený cyklus oběhu přepravek. Přepravka obíhá jedním paletovacím i depaletovacím strojem průměrně jednou týdně, deformace se "sčítají" a dochází buď k předčasnému znehodnocení přepravky nebo k poruchám paletovacího cyklu. Úkolem je odstranit zachycování přepravek tlakem a navrhnout řešení bez silového zavěšování přepravek.

2. Zařízení je na výstupu z pivovaru, tj. v částech pivovaru, kde už nejsou kladeny nároky na kvalifikaci obsluhy. Většinou zde není dodržována ani základní údržba strojních zařízení. Z tohoto důvodu je potřebné odstranit nejchoulostivější části paletovacího stroje z hlediska údržby a nahradit je na údržbu nenáročnými. A zejména těmito důvody jsou inspirovány nové směrnice pro výrobce potravinářských strojů a zařízení, kteří mají odstranit hydraulické a pneumatické prvky ze zařízení přicházejícím do styku s potravinami. Nejnáročnější části u současného stroje je hydraulický pohon bočních přítlaků, u kterého

Úkolem v této části je nahradit hydraulický pohon pohonem elektrickým.

V lahvárnách je v oběhu přibližně 8 odlišných konstrukcí přepravek, lišících se tvarově, rozměrově i jakostí umělé hmoty. Ale již od roku 1985 mají postupně všechny lahvárny zavádět jednotný systém přepravek EURO. Zde úkol zní -  
- n a v r h n o u t z a v ě š o v á n í zařízení pro základní t y p přepravek E U R O .

Technical drawing of a pallet layout showing dimensions and labels:

- Přepravka EURO**: Label pointing to the pallet structure.
- Lahve EURO**: Label pointing to the bottle layout.
- Dimensions**:
  - Vertical dimensions: 39, 166,5, 166,5, 39.
  - Horizontal dimensions: 525, 420.
  - Internal horizontal dimension: 17.
- Prostor využitelný pro zaháknutí háčků**: Label pointing to the bottom edge of the pallet.

Toto uspořádání sice nedeformuje přepravku, ale je podstatně náročnější na přesné polohování celé paletované vrstvy. Háčky se při zaklesnutí do přepravky dostávají do prostoru mezi hrdla lahví a poměrně malá nepřesnost by měla za následek rozbití lahví. I když polohování paletovací vrstvy na válečkových dopravnících je s tolerancemi  $\pm 10$  mm, je použito zařízení pro přesné polohování - rovnač - spojené tuhým rámem, přímo se zavěšovacími háčky. Tím se eliminují nepřesnosti vzniklé mezi polohou zachycovací hlavy a válečkovou tratí. Rovnač v případě chyby ustavení přepravek celou paletovanou vrstvu /9 přepravek/ přesune do správné polohy a teprve nyní zaklesnou synchronizované zavěšovací háčky do přepravek.

ad 2. Požadavek odstranění hydraulického i pneumatického pohonu s sebou přinesl řadu komplikací. Při změněném systému zavěšování /viz ad 1./ se změnil charakter pohonu. Pohon zavěšovacího mechanismu je závislý na pohybu háčků a rovnače. Háčky i rovnač se pootočí o  $90^\circ$ , tj.  $1/4$  otáčky a doba na tento pohyb musí být kratší než 0,3 s. Pootočení háčků musí být přesné, aby nedocházelo k deformaci přepravek nebo nedostatečnému zachycení. Původně navrhovaná elektropřevodovka s brzdovým třífázovým motorem po konzultaci s odborníkem z KE nevyhovovala náročnému pracovnímu režimu. Za čas 0,3s se třífázový motor nestačí rozběhnout do prac. otáček a znovu ubrzdít. Požadavky však splňuje nový krokový el. motor Z 42 ZZ 128. Splňuje požadavek neustálé reverzace, přesnost nastavené polohy je  $\pm 0,5^\circ$  a vysoký krouticí moment dovozuje háčkům i rovnači posunout paletovanou vrstvu do přesné polohy. Háčky jsou poháněny samostatným motorem a přenos krouticího momentu je ozubeným hřebenem. Pohon rovnače je shodný,

Parametry krokového motoru Z 42 ZZ 128  
/VÚES Brno - od r. 1980/

|                                 |     |      |
|---------------------------------|-----|------|
| Krok                            | °   | 1,8  |
| $M_{\text{statický maximální}}$ | Nm  | 15   |
| $M_{\text{provozní}}$           | Nm  | 10   |
| $f_{\text{maximální}}$          | k/s | 2500 |
| $f_{\text{start-stop}}$         | k/s | 400  |
| G                               | kg  | 16   |

ad 3. Při konstrukci celé paletovací hlavy se vycházelo z rozměrů přepravky EURO. Řešení uložení háčků a rovnače v textitových pouzdrech i pohon ozubeným hřebem umožňuje u dalších typů jednoduchou změnu příčné osové vzdálenosti mezi háčky i rovnači. Konstrukce však umožňuje změnu podélné vzdálenosti, potřebné k seřízení za provozu, už u základního typu.

## VLASTNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

a/ Paletovací zařízení se skládá ze souboru zařízení paletovacího stroje:

1. Paletovací stroj
2. Zásobník palet
3. Válečková trať palet a přepravek

Koncepční uspořádání linky je na výkrese 1BP-003.

b/ Orientační časové a výkonové propočty pro soubor zařízení

Výkon paletovacího stroje:

$$P = 2 \cdot 100 \text{ přepravek/h} = 0,583 \text{ přepravek/s}$$

Rychlost posuvu dopravníku:

$$v_d = 0,6 \text{ m/s}$$

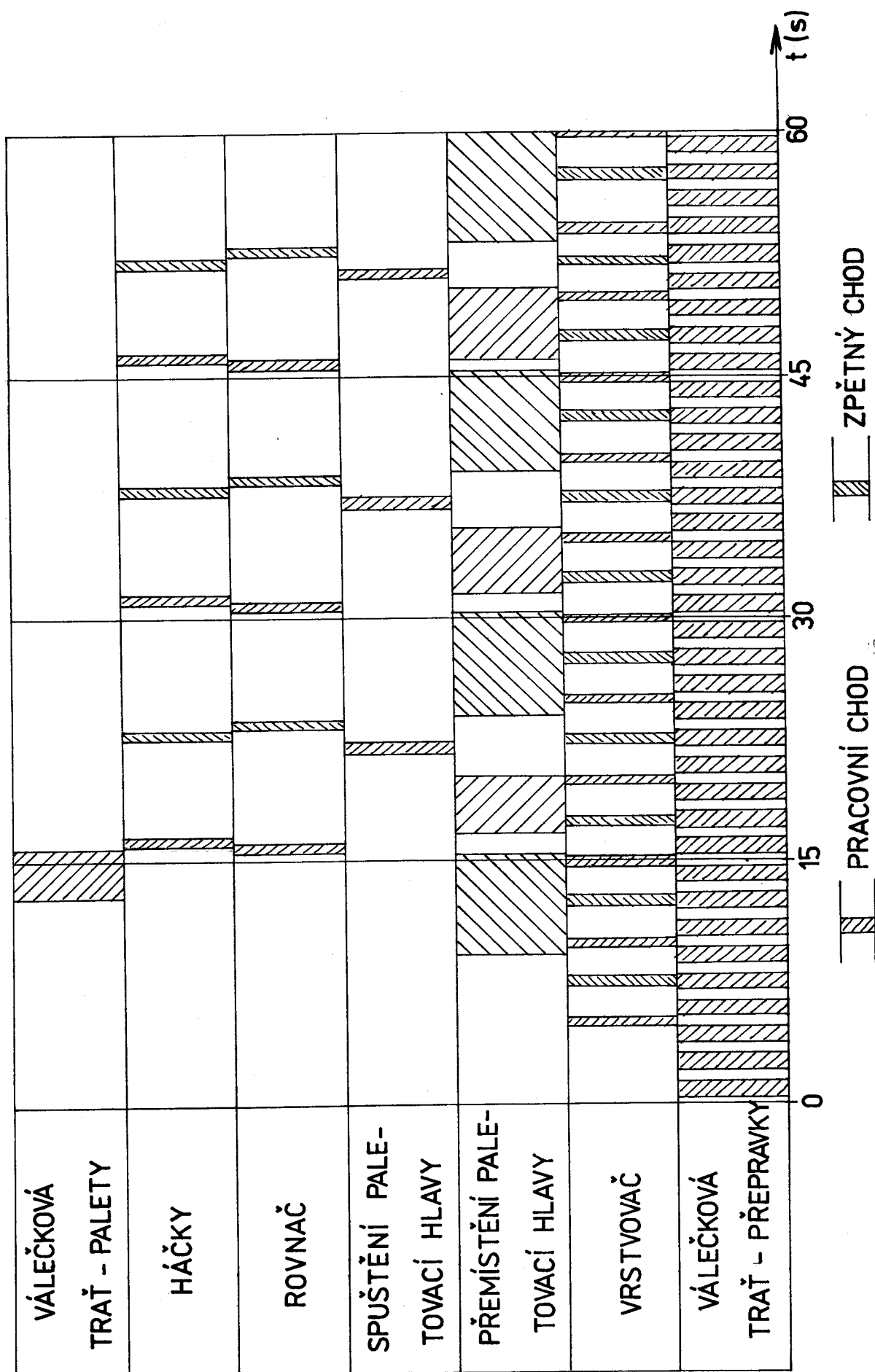
Čas jednoho cyklu:

$$t_{\text{palet. vrstvy}} = \frac{9}{0,583} = 15,43 \approx \underline{15s}$$

Za 15 s se musí provést:

- najetí hlavy nad paletovanou vrstvu přepravek
- vyjetí palety ze zásobníku palet
- srovnání palet. vrstvy rovnačem
- zaháknutí háčků do přepravek
- zdvih palet. vrstvy a přemístění nad paletu
- spuštění přepravek na paletu
- seřazení nové paletované vrstvy na dopravníku
- odemknutí háčků i rovnače a přepravek
- zdvih a přemístění hlavy nad další vrstvu přepravek

ČASOVÝ DIAGRAM



c/ Pevnostní výpočty

Kontrola návrhu pohonu:

Hmotnost plné EURO lahve piva

$$m_1 = 0,86 \text{ kg}$$

Hmotnost přepravky EURO

$$m_2 = 1,55 \text{ kg}$$

Hmotnost plné přepravky EURO

$$m_3 = n_1 \cdot m_1 + m_2$$

$$m_3 = 18,75 \text{ kg}$$

Hmotnost přepravované vrstvy

$$m = n_2 \cdot m_3$$

$$m = 168,75 \text{ kg}$$

Součinitel tření pro materiály  
plastická hmota-kov závisí na  
vlhkosti prostředí, v lahvěrně  
experimentálně zjištěný

$$f = 0,125$$

Normální síla paletované vrstvy

$$N = m \cdot g = 168,75 \cdot 9,807$$

$$N = 1655,4 \text{ N}$$

Třecí síla

$$T = N \cdot f = 1655,4 \cdot 0,125$$

$$T = 206,9 \text{ N}$$

- rovnač :

Krouticí moment motoru

$$Mk_1 = 15 \text{ Nm}$$

Krouticí moment na hřídeli

$$\text{rovnače } Mk_2 = Mk_1 \cdot i \cdot \eta_e = 15 \cdot 2,5 \cdot 0,98^{12}$$

$$Mk_2 = 29,42 \text{ Nm}$$

Síla, působící rovnačem na  
přepravky

$$F = \frac{Mk_2 \cdot \cos 25^\circ}{r} = \frac{29,42 \cdot 0,906}{0,1}$$

$$F = 266,54 \text{ N}$$

Pohon rovnače vyhovuje, F je větší než T, a to  
s bezpečností  $k=1,3$  .

- háčky :

Háčky nemají za úkol přemístění celé paletované vrstvy, ale celý mechanismus je navržen tak, že úkol splňuje. Je principiálně shodný s mechanismem rovnače - výpočet vychází příznivěji /paletizační vrstva se odvaluje po dopravníku/, orientačně platí výpočet rovnače.

- ozubená kola a hřebeny :

Kolo 1

Počet zubů

Modul

Úhel záběru

Šířka zubů

Převodový poměr  $i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{40}{16} = 2,5$

Ø roztečné kružnice  $D_1 = z_1 \cdot m = 16 \cdot 2,5$

Ø hlavové kružnice  $D_{a1} = 40 + 2 \cdot 2,5$

Ø patní kružnice  $D_{f1} = 40 - 2 \cdot 2,5$

Ø základní kružnice  $D_{b1} = 40 \cdot \cos 20^\circ$

$$z_1 = 16$$

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

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

$$i = 2,5$$

$$D_1 = 40 \text{ mm}$$

$$D_{a1} = 45 \text{ mm}$$

$$D_{f1} = 33,75 \text{ mm}$$

$$D_{b1} = 37,59 \text{ mm}$$

Kolo 2

Počet zubů

Modul

Úhel záběru

Šířka zubů

Převodový poměr  $i = 2,5$

Ø roztečné kružnice  $D_2 = z_2 \cdot m = 40 \cdot 2,5$

Ø hlavové kružnice  $D_{a2} = 100 + 2 \cdot 2,5$

Ø patní kružnice  $D_{f2} = 100 - 2 \cdot 2,5$

Ø základní kružnice  $D_{b2} = 100 \cdot \cos 20^\circ$

$$z_2 = 40$$

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$b = 25 \text{ mm}$$

$$i = 2,5$$

$$D_2 = 100 \text{ mm}$$

$$D_{a2} = 105 \text{ mm}$$

$$D_{f2} = 93,75 \text{ mm}$$

$$D_{b2} = 93,97 \text{ mm}$$

## 1. Kontrola ozubení na únosnost v ohybu :

a/ Obvodová rychlost:

$$v = \pi \cdot D_1 \cdot n_1 = \pi \cdot 0,04 \cdot 12,5 \quad | \quad v = 1,57 \text{ m/s}$$

Kvalita kol zvolena 8 /podle standardu RVHP/, hrubovane a hlazené s ubráním jedné třísky.

b/ Jmenovitá obvodová síla:

$$F_t = \frac{Mk_1}{r_1} = \frac{15}{0,02} \quad | \quad F_t = 750 \text{ N}$$

c/ Směrodatná obvodová síla v ohybu:

$$F_{Ft} = \frac{F_t}{b} \cdot K_I \cdot K_v \cdot K_{F\alpha} = \frac{750}{20} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \quad | \quad F_{Ft} = 75 \text{ N/mm}$$

d/ Srovnávací ohybové napětí:

$$\sigma_{F1} = \frac{F_{Ft}}{m} \cdot Y_{F1} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta = \frac{75}{2,5} \cdot 2,5 \cdot 0,5 \cdot 1 \quad | \quad \sigma_{F1} = 37,5 \text{ MPa}$$

e/ Cyklická pevnost paty zubu v ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{FC1} &= 110 \text{ MPa} \\ \sigma_{FD1} &= \sigma_{FC1} \cdot Y_R \cdot Y_S = 110 \cdot 1 \cdot 1 \quad | \quad \sigma_{FD1} = 110 \text{ MPa} \end{aligned}$$

f/ Bezpečnost proti únavovému lomu:

$$k_{F1} = \frac{\sigma_{FD1}}{\sigma_{F1}} = \frac{110}{37,5} \quad | \quad k_{F1} = 2,93$$

Bezpečnost je poměrně vysoká, ale řešení vyhovuje - výpočet nebere zřetel na dvojí záběr současně, i když při záběru je pouze jeden silový tok.

## 2. Kontrola ozubení na dotykovou únosnost:

a/ Směrodatná obvodová síla v dotyku:

$$F_{Ht} = \frac{F_t}{b} \cdot K_I \cdot K_v \cdot K_{H\alpha} = \frac{750}{20} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,6 \quad | \quad F_{Ht} = 60 \text{ N/mm}$$

b/ Srovnávací Hertzův tlak:

$$Z_H = 1,76 \quad Z_M = 272\sqrt{\text{MPa}} \quad Z_E = 0,816$$

$$\begin{aligned} \sigma_H &= \sqrt{\frac{F_{Ht}}{D_1} \frac{i+1}{i} Z_H \cdot Z_M \cdot Z_E} \\ &= \sqrt{\frac{60}{40} \frac{2,5+1}{2,5} \cdot 1,76 \cdot 272 \cdot 0,816} \quad \sigma_H = 566,0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c/ Cyklická pevnost boku zubu v dotyku:

$$\sigma_{HC1} = 1240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HD1} = \sigma_{HC1} \cdot Z_R \cdot K_L =$$

$$= 1240 \cdot 0,95 \cdot 0,86$$

$$\sigma_{HD1} = 1013 \text{ MPa}$$

d/ Bezpečnost proti tvorbě pittingů:

$$k_{H1} = \frac{\sigma_{HD1}}{\sigma_H} = \frac{1013}{566}$$

$$k_{H1} = 1,78$$

Také zde je bezpečnost poměrně vysoká, vzhledem ke konstrukci ozubené kolo vyhovuje.

### Kolo 3

Počet zubů

$$z_3 = 25$$

Modul

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

Úhel záběru

$$\alpha = 20^\circ$$

Šířka zubů

$$b_3 = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Převodový poměr } i = \frac{z_4}{z_3} = \frac{32}{25}$$

$$i = 1,28$$

$$\phi \text{ roztečné kružnice } D_3 = z_3 \cdot m$$

$$D_3 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ hlavové kružnice } D_{a3} = 62,5 + 2 \cdot 2,5$$

$$D_{a3} = 67,5 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ patní kružnice } D_{f3} = 62,5 - 2 \cdot 2,5$$

$$D_{f3} = 56,25 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ základní kružnice } D_{b3} = 62,5 \cdot \cos 20^\circ$$

$$D_{b3} = 58,73 \text{ mm}$$

### Kolo 4

Počet zubů

$$z_4 = 32$$

Modul

$$m = 2,5 \text{ mm}$$

Úhel záběru

$$\alpha = 20^\circ$$

Šířka zubů

$$b_4 = 10 \text{ mm}$$

Převodový poměr

$$i = 1,28$$

$$\phi \text{ roztečné kružnice } D_4 = z_4 \cdot m$$

$$D_4 = 80 \text{ mm}$$

|                     |                                   |                             |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| ø hlavové kružnice  | $D_{a4} = 80 + 2 \cdot 2,5$       | $D_{a4} = 85 \text{ mm}$    |
| ø patní kružnice    | $D_{f4} = 80 - 2,5 \cdot 2,5$     | $D_{f4} = 73,75 \text{ mm}$ |
| ø základní kružnice | $D_{b4} = 80 \cdot \cos 20^\circ$ | $D_{b4} = 75,18 \text{ mm}$ |

### 1. Kontrola ozubení na únosnost v ohybu:

a/ Obvodová rychlost:

$$v = \pi \cdot D_3 \cdot n_3 = \pi \cdot 0,0625 \cdot 12,5 \quad | \quad v = 2,45 \text{ m/s}$$

Kvalita kol zvolena 8, hrubované a hlazené s ubráním jedné třísky.

b/ Jmenovitá obvodová síla:

$$F_t = \frac{M_{k3}}{r_3} = \frac{15}{0,0325}$$

$$F_t = 480 \text{ N}$$

c/ Směrodatná obvodová síla v ohybu:

$$F_{Ft3} = \frac{F_t}{b_3} \cdot K_I \cdot K_V \cdot K_{F\alpha} =$$

$$= \frac{480}{14} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2$$

$$F_{Ft3} = 68,57 \text{ N/mm}$$

$$F_{Ft4} = \frac{F_t}{b_4} \cdot K_I \cdot K_V \cdot K_{F\alpha} =$$

$$= \frac{480}{10} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2$$

$$F_{Ft4} = 96 \text{ N/mm}$$

d/ Srovnávací ohybové napětí:

$$\sigma_{F3} = \frac{F_{Ft3}}{m} \cdot Y_{F1} \cdot Y_E \cdot Y_\beta =$$

$$= \frac{68,57}{2,5} \cdot 2,4 \cdot 0,6 \cdot 1$$

$$\sigma_{F3} = 39,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F4} = \frac{F_{Ft4}}{m} \cdot Y_{F2} \cdot Y_E \cdot Y_\beta =$$

$$= \frac{96}{2,5} \cdot 2,5 \cdot 0,6 \cdot 1$$

$$\sigma_{F4} = 63,36 \text{ MPa}$$

e/ Cyklická pevnost paty zubu v ohybu:

$$\sigma_{FC3} = 110 \text{ MPa} \quad \sigma_{FC4} = 110 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FD3} = \sigma_{FC3} \cdot Y_R \cdot Y_S =$$

$$= 110 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\sigma_{FD3} = 110 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FD4} = 110 \text{ MPa}$$

f/ Bezpečnost proti únavovému lomu:

$$k_{F3} = \frac{FD3}{F3} = \frac{110}{39,49}$$

$$k_{F3} = 2,78$$

$$k_{F4} = \frac{FD4}{F4} = \frac{110}{63,36}$$

$$k_{F4} = 1,736$$

Obě ozubená kola vyhovují s neomezenou časovou životností. U prvního je příliš vysoká bezpečnost, ale z konstrukčních důvodů jsou obě kola použita.

## 2. Kontrola ozubení na dotykovou únosnost:

a/ Směrodatná obvodová síla v dotyku:

$$F_{Ht3} = \frac{F_t}{b_3} \cdot K_I \cdot K_V \cdot K_{H\alpha} =$$

$$= \frac{480}{14} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,6$$

$$F_{Ht3} = 54,86 \text{ N/mm}$$

$$F_{Ht4} = \frac{F_t}{b_4} \cdot K_I \cdot K_V \cdot K_{H\alpha} =$$

$$= \frac{480}{10} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,6$$

$$F_{Ht4} = 76,8 \text{ N/mm}$$

b/ Srovnávací Hertzův tlak:

$$z_H = 1,76 \quad z_M = 272 \text{ MPa} \quad z_\varepsilon = 0,816$$

$$\sigma_{H3} = \sqrt{\frac{F_{Ht3}}{D_3} \cdot \frac{i+1}{i} \cdot z_H \cdot z_M \cdot z_\varepsilon} =$$

$$= \sqrt{\frac{54,86}{62,5} \cdot \frac{1,28+1}{1,28} \cdot 1,76 \cdot 272 \cdot 0,816}$$

$$\sigma_{H3} = 488,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H4} = \sqrt{\frac{F_{Ht4}}{D_4} \cdot \frac{i+1}{i} \cdot z_H \cdot z_M \cdot z_\varepsilon} =$$

$$= \sqrt{\frac{76,8}{80} \cdot \frac{1,28+1}{1,28} \cdot 1,76 \cdot 272 \cdot 0,816}$$

$$\sigma_{H4} = 510,82 \text{ MPa}$$

c/ Cyklická pevnost boku zubu v dotyku:

$$\sigma_{HC3} = 1240 \text{ MPa} \quad \sigma_{HC4} = 1240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HD3} = \sigma_{HC3} \cdot z_R \cdot K_L =$$

$$= 1240 \cdot 0,94 \cdot 0,85$$

$$\sigma_{HD3} = 990,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HD4} = \sigma_{HC4} \cdot Z_R \cdot K_L =$$

$$= 1240 \cdot 0,93 \cdot 0,84$$

$$\sigma_{HD4} = 968,7 \text{ MPa}$$

d/ Bezpečnost proti tvorbě pittingů:

$$k_{H3} = \frac{\sigma_{HD3}}{\sigma_{H3}} = \frac{990,7}{488,5}$$

$$k_{H3} = 2,03$$

$$k_{H4} = \frac{\sigma_{HD4}}{\sigma_{H4}} = \frac{968,7}{510,8}$$

$$k_{H4} = 1,89$$

- Kontrola per :

Dovolené namáhání na otlačení

Mat: 11 600

$$\sigma_D = 120 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = 120 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Minimální délka pera :

$$l = \frac{M_k}{h \cdot 0,25 \cdot \sigma_D \cdot D}$$

$$M_k = 15,07 \text{ Nm}$$

$$l = 0,015 \text{ m}$$

$$h = 0,005 \text{ m}$$

$$D = 0,015$$

$$l_I = 0,0067 \text{ m}$$

a/ Pera krajních háčků:

$$l_I = \frac{15,07}{0,005 \cdot 0,25 \cdot 120 \cdot 10^6 \cdot 0,015}$$

Pero vyhovuje

Pera středních háčků přenáší stejný krouticí moment, jsou na větším  $\phi$  hřídele - vyhovují.

b/ Pera rovnáče:

$$l = 0,010$$

$$M_k = 29,42 \text{ Nm}$$

$$D = 35 \text{ mm}$$

$$h = 0,008$$

$$l = 0,0035 \text{ m}$$

$$l = \frac{29,42}{0,008 \cdot 0,25 \cdot 120 \cdot 10^6 \cdot 0,035}$$

- návrh pojistné pružiny:

Pružina je jistícím článkem mechanismu rovnače. Jsou na ni kladeny tyto požadavky:

1. Pružina musí přenést bez deformace kroutící moment potřebný k srovnání paletované vrstvy.
2. Zkrutná pružina se musí při přetížení pootočit o úhel  $45^\circ$  a zabránit tak zničení motoru.

Při konstrukčním návrhu byl použit program na výpočet zkrutných pružin na počítači EC 1033. Podle tohoto programu, který současně provádí optimalizaci vyšla pružina:

$$D_s = 47\text{mm}, n=6\text{závitů}, d=10\text{mm}$$

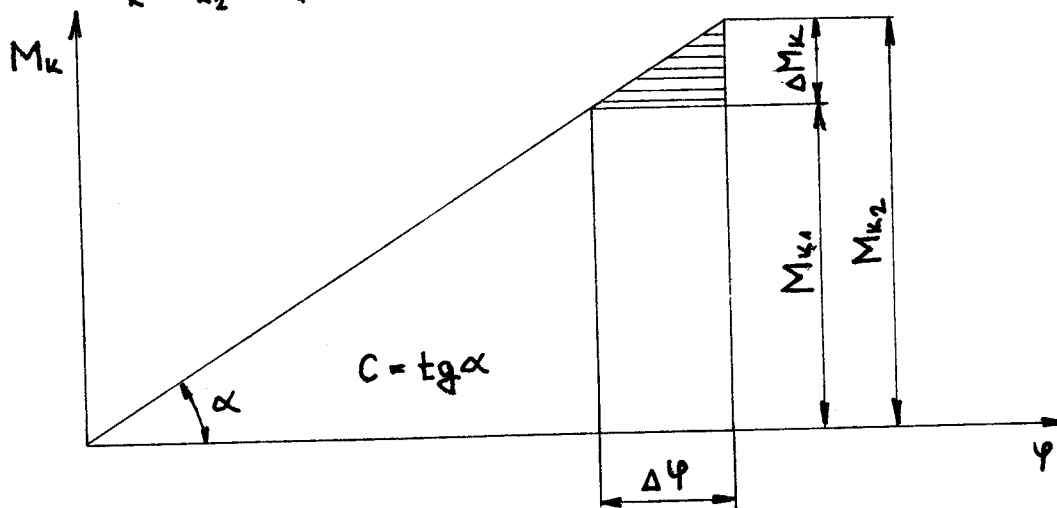
Tyto "optimalizované" rozměry jsem překontroloval:

ZJIŠTĚNÍ KONSTANTY PRUŽINY

$$\Delta\psi = 30^\circ$$

$$\Delta M_k = 6,589\text{Nm}$$

$$\Delta M_k = M_{k_2} - M_{k_1} = (F - T) \frac{r}{\cos 25^\circ}$$



$$\Delta M_k = C \cdot \Delta\psi$$
$$C = \frac{\Delta M_k}{\Delta\psi}$$

$$C = 12,58 \text{ Nm}$$

Výpočet počtu závitů:

$$n = \frac{d^4 \cdot E}{64 \cdot D \cdot M_k} \cdot \varphi = \frac{d^4 \cdot E}{64 \cdot D \cdot C} =$$
$$= \frac{0,007 \cdot 2,1 \cdot 10}{64 \cdot 0,047 \cdot 12,58}$$

$$d = 0,007\text{m}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

$$D = 0,047\text{m}$$

$$n = 13,32 \text{ závitů}$$

Počet závitů zvolíme 14 a rozdělíme je na dvě pružiny na obou koncích rovnače.

## ZÁVĚR

Paletizační zařízení bylo konstruováno s ohledem na maximální splnění funkčních a ekonomických požadavků, ale současně byl brán zřetel na výrobní možnosti n.p. ZVÚ Hradec Králové - zadavatele úkolu. Hlavním výrobním programem tohoto podniku jsou zařízení pro chemickou a potravinářskou výrobu, zejména výroba kotlů, výměníků apod. svařováním a ohýbáním z plechů. /Např. místo U profilů se používá ohýbaného plechu, místo odlitků se používají svařence/

Konstrukce stroje se použitím krokových motorů vymyká běžným řešením paletovacích strojů. Na celém stroji byly použity pouze tuzemské materiály. Celý stroj prakticky nevyžaduje odbornou údržbu, ozubená kola a hřeben díky nízkým obvodovým rychlostem stačí namazat ručně. Ložiska jsou použita typu 62-2RS- kuličky jsou v prostředí uzavřeném těsnícími kroužky - výrobce zaručuje dostatečné mazání po celou dobu životnosti ložiska. Motor použitý v konstrukci se vyrábí od roku 1980 a nebyl ještě katalogizován, hlavní údaje byly vzaty z propagační literatury, ve které chyběly hlavní rozměry. Na žádost o podrobnější údaje výrobce neodpověděl. Rám je nakreslen jako samostatný prvek bez spojení k paletovému stroji. V koncepčním návrhu je však zakreslen jako vozík pohybující se po kolejnicích.

Závěrem bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Diplomové práce ing. Půstkovi, CSc. z VŠST Liberec za velmi cenné rady a připomínky, zejména v oblasti technického kreslení, svým konzultantům ing. Vítovi a ing. Svobodovi z ZVÚ Hradec Králové za rady, připomínky a podkladové materiály z oboru paletovacích zařízení.

## SEZNAM PŘÍLOH

### 1/ Výkresy :

1BP - 003  
0BP - 003 - 00  
1BP - 003 - 01  
3BP - 003 - 02  
4BP - 003 - 03

### 2/ Kusovníky :

0BP - 003 - 00      list: 1,2  
1BP - 003 - 02  
3BP - 003 - 02

## SEZNAM LITERATURY

### 1/ Prospekty na paletovací zařízení firem :

Enzinger - systém LORD

Holstein und Kappert - systém MARKANT,  
typ BG

Kettner - Pressant Super

### 2/ Podklady na starší paletovací zařízení n.p. ZVÚ Hradec Králové

### 3/ Remta, Kupka, Dražan - Jeřáby 1. díl Jeřáby 2. díl