

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Obor 23 - 21 - 8
Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský a spotřební průmysl
Zaměření
Balící a polygrafické stroje

NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO CHLAZENÍ TAVENÝCH KUSOVÝCH SÝRŮ

KST - 131

Vít SMOLA

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Stehlík, CSc, VŠST Liberec
Konzultant: Ing. Ladislav Zikmund, VÚMP Chotyně

Rozsah práce a příloh:

Počet stran 55
Počet příloh
a tabulek 0
Počet obrázků 8
Počet výkresů 4

Datum odevzdání DP: 10. 5. 1988

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VYKONU)

pro **Vita S m o l u**

obor **23-21-8 zaměření Balicí a polygrafické stroje**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Návrh zařízení pro chlazení pečených kusových sýrů**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte zařízení pro chlazení sýrů, určené pro VUMP Chotyně.

Postup:

- 1. Kinematický a dynamický rozbor mechanismu.**
- 2. Konstrukce zařízení.**
- 3. Výpočet pohonu.**
- 4. Zhodnocení.**

V 70/885

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Postavení - chlazení polovina

Rozsah grafických prací: **Sestava a podsestavy hlavních funkčních částí.**

Rozsah průvodní zprávy: **30 stran**

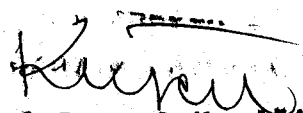
Seznam odborné literatury: **Vysokoškolské učebnice. Firmy literatury.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaroslav Steblik, CSc.**

Datum zadání diplomové práce: **6.10.1987**

Termín odevzdání diplomové práce: **10.5.1988**

L. S.


Prof. Ing. O. Krejčíř, CSc.

Vedoucí katedry


Prof. Ing. V. Prášil, DrSc.

Děkan

V **Liberci** **6.10.** **87**
..... dne 19.....

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

V Liberci, dne 10.5.1988

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Gustaš', written in dark ink.

OBSAH

1.	ÚVOD	11
1.1	Současná situace v tavírnách sýrů	11
1.2	Formulace úkolu	13
1.3	Současný stav techniky v oblasti chlazení drobných kusových produktů	13
2.	VARIANTY ŘEŠENÍ A JEJICH POROVNÁNÍ	14
2.1	Varianta řešení " A "	14
2.2	Varianta řešení " B "	17
2.3	Zhodnocení variant a návrh optimálního řešení .	19
3.	KONSTRUKCE CHLADÍČÍHO ZAŘÍZENÍ	20
3.1	Upřesnění úkolu a podmínek výroby i chlazení tavených sýrů	20
3.1.1	Upřesnění zadaného úkolu	20
3.1.2	Podmínky při výrobě taveného sýra	21
3.1.3	Podmínky při chlazení taveného sýra	22
3.1.4	Shrnutí výchozích parametrů pro konstrukci chladičícího zařízení	23
3.2	Základní princip, skladba a návrh konstrukce chladičícího zařízení	24
3.2.1	Princip navrhovaného zařízení	24
3.2.2	Skladba a návrh konstrukce zařízení	26
3.3	Návrhové výpočty chladičícího zařízení	32
3.3.1	Navrhované rozměry zařízení	32
3.3.2	Výpočet délky a rychlosti dopravníku, kontrola chladičícího objemového výkonu	33
3.3.3	Orientační tepelné výpočty pro návrh chladičící jednotky	35
4.	POHON CHLADÍČÍHO ZAŘÍZENÍ	36
4.1	Návrh pohonu	36
4.2	Kinematický a dynamický rozbor mechanismů . . .	37
4.2.1	Redukční metoda a její aplikace	37

4.2.2	Kinematické a dynamické poměry v řetězovém převodu	43
4.3	Návrhové výpočty jednotlivých celků pohonu . . .	46
4.3.1	Návrh elektromotoru a převodovky	46
4.3.2	Řetězový převod	47
5.	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ	51
5.1	Stručný technický popis navrhovaného zařízení . .	51
5.2	Zhodnocení navrženého řešení, závěr	53
	LITERATURA	55

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

- A_d - tečné zrychlení otáčející se věže
- a_{r12} - osová vzdálenost řetězových kol
- a_v - osová vzdálenost rotujících věží
- B - šířka chladicího zařízení
- b_r - šířka řetězu
- B_r - šířka zubu řetězového kola
- b_1 - šířka vodící dráhy dopravníku
- b_2 - šířka dopravníku
- c - délka článku dopravníku
- c_s - střední měrná tepelná kapacita taveného sýra
- c_{vz} - střední měrná tepelná kapacita vzduchu
- D - průměr věže s opláštěním
- D_{t1} - průměr roztečné kružnice malého řetězového kola
1. stupně řetězového převodu
- D_{t2} - průměr roztečné kružnice velkého řetězového kola
1. stupně řetězového převodu
- D_{t3} - průměr roztečné kružnice malého řetězového kola
2. stupně řetězového převodu
- D_{t4} - průměr roztečné kružnice velkého řetězového kola
2. stupně řetězového převodu
- D_s - roztečný průměr spirálové dráhy dopravníku
- D_v - průměr rotující věže
- d_k - průměr krabičky sýrů - obchodního balení
- E_k - kinetická energie
- F_{pt} - síla při přetržení řetězu
- F_r - celková tažná síla v řetězu
- F_{tc} - celková obvodová síla na kružnici s obvodovou rychlostí v_d

- F_{v1} - síla v hnací větvi řetězového převodu
- F_{v2} - síla v hnané větvi řetězového převodu
- f - součinitel tření
- G - počet článků dopravníku
- g - tíhové zrychlení
- H - výška chladicího zařízení
- h_e - výška výstupního místa výrobní linky
- h_k - výška krabičky sýrů - obchodního balení
- h_s - výška spirálové dráhy dopravníku
- h_v - výška rotující věže
- h_1 - tloušťka dráhy dopravníku
- h_2 - tloušťka článku dopravníku
- I_r - redukovaný moment setrvačnosti
- i_c - celkový převodový poměr
- i_p - převodový poměr elektropřevodovky
- i_{12} - převodový poměr 1. stupně řetězového převodu
- i_{34} - převodový poměr 2. stupně řetězového převodu
- j_c - celkový počet článků dopravníku
- j_{cv} - počet článků dopravníku na jedné věži
- j_{cl} - počet článků chladicí délky dopravníku
- K - součinitel výkonu pro řetězový převod
- K_d - dynamický součinitel bezpečnosti proti přetržení řetězu (musí být $\cong 5$)
- K_s - statický součinitel bezpečnosti proti přetržení řetězu (musí být $\cong 7$)
- K_p - součinitel bezpečnosti pro přenos potřebného výkonu
- K_1 - součinitel výkonu pro součinitel rázu $Y = 1$
v řetězovém převodu
- k_t - rozteč krabiček obchodního balení sýra na dopravníku
- L - délka chladicího zařízení

- L_1 - délka chladicího zařízení bez vstupu a výstupu do-
pravníku
 l - výpočtová délka dopravníku
 l_p - délka přímých úseků dopravníku
 l_{pl} - délka přímých úseků dopravníku nevyužitá pro chlazení
 l_s - skutečná délka dopravníku
 l_l - délka dopravníku využitelná pro chlazení
 M - množství krabiček obchodního balení sýra v zařízení
při zaplněné chladicí délce dopravníku
 M_m - hnací moment elektromotoru
 M_{mz} - záběrový moment elektromotoru
 M_r - redukovaný moment
 M_v - množství krabiček obchodního balení na jedné věži
 m_i - hmotnost členu soustavy
 m_k - hmotnost krabičky obchodního balení sýra
 m_s - hmotnost celkového množství sýra v zaplněném zařízení
 m_{vz} - hmotnost vzduchu v zařízení
 m_1 - hmotnost jednoho kusu sýra typu "kvádrík"
 m_2 - hmotnost jednoho kusu sýra typu "trojúhelník"
 m' - hmotnost jednoho metru řetězu
 m^* - obecná redukovaná hmota soustavy
 N - objem chlazené produkce sýrů
 n_m - otáčky elektromotoru
 n_{krl} - kritická frekvence otáček řetězového převodu
 n_v - otáčky rotující věže s dopravníkem
 n_1 - otáčky hnacího řetězového kola
 n_{23} - otáčky řetězového kola - předlohy
 P - přenášený výkon
 P^P - výkon pracovních sil
 P_d - diagramový výkon pro skutečné provozní podmínky řetězu

P_d'	- korigovaný diagramový výkon
p	- rozteč článků řetězu
P_d	- dovolený tlak v kloubu řetězu
P_o	- výpočtový tlak v kloubu řetězu
Q	- obecná redukováná síla
Q_r	- součinitel vzdálenosti os řetězových kol
Q_t	- teplo, množství tepla
q	- souřadnice polohy soustavy
\vec{r}_i	- průvodič bodu soustavy těles
\vec{r}_j	- průvodič působišťe pracovní síly
S	- plocha kloubu řetězu
s	- stoupání závitu šroubovice spirálové dráhy dopravníku
T	- perioda, s jakou opouštějí ochlazené krabičky chladičí zařízení
t	- teplota chladičího média
t_v	- výsledná teplota vzduchu odváděného ze zařízení
t_1	- teplota sýra na výstupu z výrobní linky
t_2	- teplota sýra na výstupu z chladičího zařízení
V_{vz}	- objem vzduchu v zařízení
v_r	- rychlost řetězu
v_d	- rychlost dopravníku
\vec{v}_i	- rychlost bodů soustavy těles
\vec{v}_j	- rychlost pracovních sil
X	- počet článků řetězu
x_i	- součinitel pro řetězová kola ($x_i = \frac{1}{\sin(180/z_i)}$)
Y	- součinitel rázu v řetězovém převodu
y	- korekční součinitel rázu v řetězovém převodu
Z	- počet závitů dráhy dopravníku na věži
z_1	- počet zubů hnacího kola 1. stupně řetězového převodu
z_2	- počet zubů hnaného kola 1. stupně řetězového převodu

- z_3 - počet zubů hnacího kola 2. stupně řetězového převodu
- z_4 - počet zubů hnaného kola 2. stupně řetězového převodu
- η_r - účinnost řetězového převodu
- η_m - účinnost elektromotoru s elektropřevodovkou
- φ_i - úhel pootočení členů soustavy
- ρ_r - součinitel provedení řetězu
- μ - součinitel mazání řetězu
- τ_c - doba chlazení požadovaného objemu produkce sýrů
- τ_o - doba chlazení obchodního balení taveného sýra
- τ_s - doba trvání jedné pracovní směny v tavně sýrů
- τ_1 - trvání jedné otáčky věže

1. ÚVOD

V současné době se stále více dostávají do popředí zájmu spotřebitelů tavené sýry různého provedení a rozmanitých chutí. Náš mlékárenský průmysl na tento zájem reaguje zvýšenou produkcí tavených sýrů, jak co do celkového množství, tak i množství druhů a jeho obměňování.

Úkolem a záměrem této diplomové práce je navrhnout určité zařízení, které by umožnilo chlazení produkce tavených sýrů. Chladicí zařízení by bylo instalováno ve specializovaných provozech mlékárenského průmyslu - v tavírnách sýrů, jako vhodný mezičlánek mezi výrobní linkou a skladovacím či expedičním prostorem. Předpokládá se, že navrhované zařízení, jeho instalace a provoz, budou minimálně náročné na úpravy provozu a uspořádání výrobních prostorů v tavírně sýrů, co nejméně je naruší. Podmínkou je, že zařízení musí sestávat výhradně z tuzemských celků, součástí a materiálů.

1.1 Současná situace v tavírnách sýrů

Tavírna sýrů je nevelký provoz s několika desítkami zaměstnanců. Pro představu stručně vysvětlím princip výroby dnes tak oblíbených tavených sýrů. Budova tavírny je zpravidla tříposchoďová. V nejvyšším poschodí se výchozí surovina, velké bochníky sýra (dovezené z jiných mlékárenských provozů) rozřezávají na malé kousky. Tyto se smíchávají s přísadami, které posléze charakterizují výsledný produkt (např. tavený sýr se šunkou, kmínem, česnekem, paprikou, zeleninou, žampiony, ...).

Takto vzniklá směs po skluzech putuje o poschodí níž do kotlů, kde se zahřívá na potřebnou teplotu a taví. Roztavená hmota je vytlačována opět o poschodí níže a dávková-

na do zásobníků vlastních výrobních linek, na jejichž konci již vidíme úhledně zabalené a etiketami lákající "kvádríky" či "trojúhelníčky" spotřebitelského balení taveného sýra.

Od tohoto okamžiku mám o celý proces zájem i z hlediska této diplomové práce. Proto se dalším postupem zabývám poněkud podrobněji. Produkce tavených sýrů se zde od koncových výstupních dopravníků u jednotlivých výrobních linek ručně vkládá do krabiček obchodního balení z platické hmoty (v případě sýru " trojúhelník"), nebo z kartonového papíru (v případě sýru " kvádrík"), a to v jedné vrstvě do krabičky. Tavené sýry " kvádrík " o hmotnosti $m_1 = 100$ [g] se vkládají do krabičky po deseti kusech. Tyto krabičky se rovnají na dřevěné lačkové rošty, opět v jedné vrstvě, po patnácti krabičkách na jeden rošt. Rošty se kladou na paletu, cca dvacet roštů na sebe na jednu paletu. Takto na paletách se sýry manipulačními vozíky odvázejí do meziskladu-chladírny, kde jsou chlazeny šest až osm hodin vzduchem. Tavené sýry " trojúhelník " o hmotnosti $m_2 = 36$ [g] se vkládají do krabičky po šesti kusech. Další postup je obdobný jako v případě výše uvedených tavených sýrů typu "kvádrík". A teprve po tomto uvedeném postupu je tavený sýr navážen do skladovacích, resp. expedičních prostorů, kde se balí do jednotek přepravního balení a je připraven k expedici do obchodní sítě.

U právě popsaného současného postupu je zejména nevyhovující značně dlouhá doba, po kterou tavený sýr v meziskladu - chladírně chladne. Trpí tím jeho kvalita, ze sýrů se při tomto způsobu chlazení vylučuje určité množství vodnaté sedliny, což má také jako druhotný, ale ne bezvýznamný vliv na obal sýra. V neposlední řadě je tento způsob náročný

z hlediska manipulace - rovnání na rošty a paletu, odvoz do meziskladu, odvoz z meziskladu do skladovacích či expedičních prostor a až zde balení do přepravních jednotek balení.

Z těchto důvodů a také pro možnost případného zvýšení produkce (což by při současném způsobu chlazení vedlo k neúnosnému rozšiřování meziskladových a skladovacích prostorů) vznikl požadavek na návrh nového způsobu chlazení tavených sýrů, jehož řešením se bude zabývat tato práce.

1. 2 Formulace úkolu

Úkolem, na který by se měla tato diplomová práce zaměřit, je zchlazení taveného sýra ve spotřebitelském (eventuálně obchodním) balení z teploty, kterou má na výstupu z výrobní linky ($t_1 = 72 - 75 [^{\circ}\text{C}]$), na teplotu požadovanou pro expedici ($t_2 = 20 [^{\circ}\text{C}]$). Chlazení by mělo proběhnout za dobu cca 30, maximálně 60 minut, při průchodu jistou dopravníkovou drahou chladícího zařízení.

Chladící zařízení, resp. jeho instalace v tavně sýrů by neměla příliš narušit uspořádání provozu v závodě, zařízení by mělo bezprostředně navazovat na koncové dopravníky výrobních linek a mělo by průběžně chladit produkci vyráběného druhu taveného sýra. Zařízení musí být vyrobeno pouze z tuzemských materiálů, součástek a celků.

1. 3 Současný stav techniky v oblasti chlazení drobných kusových produktů

V našich podmínkách se chlazení řeší většinou stavbou a instalací rozměrných místností - chladíren, kam se chlazené produkty v určitém daném množství zavážejí a po zchlazení opět vyvázejí a teprve potom se provádí přepravní ba-

lení a následuje expedice. Nebo jsou instalovány méně rozměrné chladicí boxy, které ovšem ve většině případů nestačí svou kapacitou - jsou vhodné pro menší dávky produkce.

Světoví výrobci využívají chlazení ihned po výrobě, ještě nezabaleného nebo maximálně v obchodním balení zabaleného produktu. Chladicí zařízení bezprostředně navazuje na výrobní linky a chlazení probíhá za pohybu produktu nejrůznějšími dopravníkovými drahami chladicího zařízení. Zabalení do obchodního, resp. přepravního balení proběhne po zchlazení a ihned potom může následovat expedice. Odpadá zde náročná přeprava a manipulace (skladování, navážení a odvážení do a z chladírny atd.), odpadají i značné ztrátové časy. Chlazení se děje průběžně, chladicí zařízení svým výkonem stačí produkčnímu výkonu výrobní linky, stává se článkem této plynulé pracující linky.

Nejčastěji světoví výrobci chladících zařízení na drobné kusové produkty využívají principu spirálovitého pohybu různých dopravníků uvnitř zařízení (zcela logicky pro zvětšení kapacity a maximálního využití prostoru). Ať už je to u zařízení velkých, umožňujících chlazení např. produkce celého provozu (firma APV Parafreeze, Norfolk, Velká Británie), nebo menších, chladících produkci jednoho stroje (zařízení firmy Gronemeyer, Rohrweg, NSR).

2. VARIANTY ŘEŠENÍ A JEJICH POROVNÁNÍ

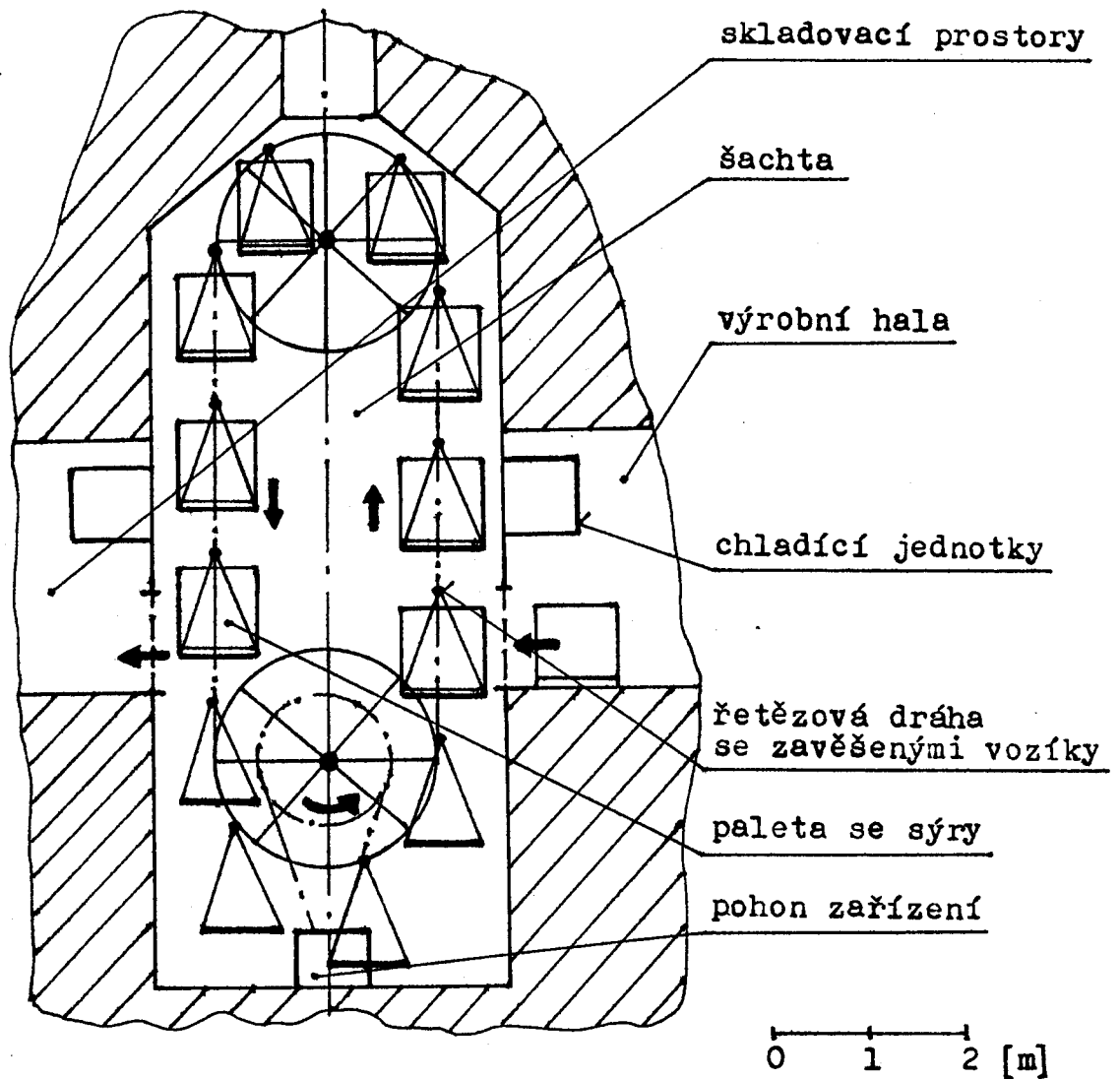
2.1 Varianta řešení " A "

Tuto variantu je možno nazvat vertikální. Princip spočívá ve známém zařízení "páter - noster": Jednotlivé palety se sýry by se ve výrobní hale vkládaly do onoho zařízení - vertikální dráhy, umístěné v šachtě mezi výrobní halou a sklado-

vacími (expedičními)prostory. Během své cesty nahoru a posléze na druhé straně dolů touto drahou by se paleta s krabičkami obchodního balení tavených sýrů za požadovanou dobu cca 60 minut zchladila na požadovanou teplotu 20 [°C]. Po vyjmutí z dráhy by zchlazené sýry mohly být již ve skladovacích prostorech baleny do přepravního balení a připraveny k expedici.

Výkon chladicí jednotky tohoto zařízení a rychlost pohybu dráhy (krok jednotlivých palet se sýry) se musí řídit pevně stanovenou dobou na chlazení (max. 60 minut) a výkonem, který má linka vyrábějící sýry, event. velikostí produkce několika těchto linek, pro které bude dráha navrhována a na něž bude navazovat. Podle počtu jednotlivých výrobních linek, které budou v provozu, by se řídil výkon chladicí jednotky, nebo ještě lépe rychlost kroku dráhy s jednotlivými paletami. Pro dimenzování dráhy, resp. jejího pohonu a nosných elementů je důležitá hmotnost jedné palety se sýry - činí maximálně cca 400 [kg]. Čistá hmotnost celkového množství sýrů, které budou chlazeny (určila by se při konkrétních výpočtech) bude rozhodující pro určení výkonu chladicí jednotky. Pohon tohoto zařízení bude elektromotorem s reduktorem přes řetězový převod, jednotlivé palety se sýry jsou unášeny na vozících, zavěšených v řetězové dráze. Chladicí jednotky ochlazují vzduch uvnitř šachty, vzduch zahřátý teplem sýrů je odváděn komínem ve vrchní části šachty. Princip je zřejmý z obr. 1.

Umístění vstupu a výstupu na šachtě závisí na konkrétním uspořádání v místě provozu. Např. výrobní hala v přízemí, skladovací a expediční prostory v suterénu, dno šachty tamtéž. Nebo výrobní i expediční prostory v přízemí, dno šachty s pohonem je v suterénu.



Obr. 1. Schéma varianty " A "

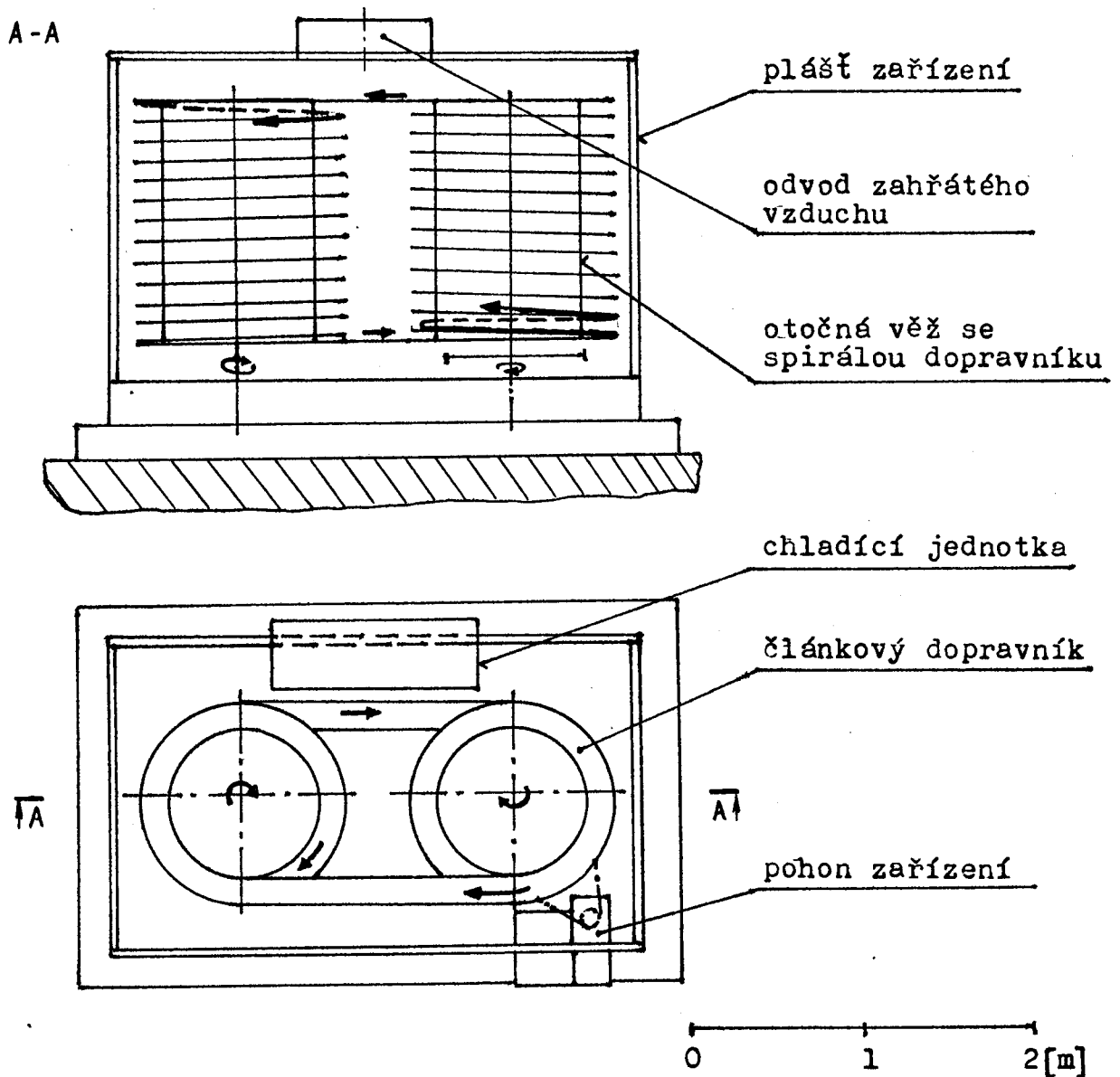
2. 2 Varianta řešení " B "

Tato varianta spočívá na poněkud odlišném principu. Jedná se zde o chlazení krabiček obchodního balení sýra, nebo i jednotlivých kusů spotřebitelského balení. Chlazený produkt by unášel nekonečný článkový dopravník mezi dvěma otáčejícími se válcovými věžemi (bubny). Na jedné věži je dopravník veden po dráze se stoupající šroubovicí, na druhé věži je šroubovice dráhy klesající. Jedna (nebo obě dvě) z věží je poháněna elektromotorem s převodovkou a přes řetězový převod. Chlazení zajišťuje chladicí jednotka s jedním, dvěma nebo až čtyřmi lopatkovými ventilátory, které zajistí potřebnou cirkulaci chladicího média - v tomto případě vzduchu, ochlazovaného chladiči. Celé zařízení je opláštěno pláštěm z izolačního materiálu (např. polystyrenové desky jako výplň mezi tenkými plechovými dílci) na lehké svařované konstrukci z ocelových profilů.

S nasazením tohoto zařízení by bylo možno chladit středně velké produkty na relativně malé ploše (je plně využit prostor). V kontinuální spirále (na dvou věžích) se navíjí a odvíjí článkový dopravník z plastické hmoty. Přivádění a odvádění produktu, který chladíme, by se mohlo dít na všech místech dopravníku. Zařízení se může umístit v těsné návaznosti na výrobní nebo balící stroj, umožňuje vyráběné produkty kontinuálně ochlazovat. Změnou rychlosti pásu dopravníku lze dosáhnout libovolné doby chlazení. Velikost, rozměry tohoto zařízení se budou řídit jeho nasazením. Menší jako posledního článku každé jednotlivé výrobní linky, nebo rozměrově větší zařízení, ke kterému se sbíhají koncové dopravníky několika linek a které je schopno průběžně chladit produkci, na př. 2 - 3 linek provozu, vyrábějících stejný druh

výrobku.

Navrhované zařízení by se zvláště mělo využít pro chlazení tavených sýrů, ovšem jeho použití by mohlo být i širší. Jak pro chlazení jiných produktů (vosků, různých potravinářských výrobků atd ...), tak i např. při výměně chladiče za tepelný zdroj by mohlo fungovat jako zařízení pro sušení či dosušování různých dalších produktů, a to nejen v mlékařenském průmyslu.



Obr. 2. Schéma varianty " B "

2. 3 Zhodnocení variant a návrh optimálního řešení

Varianta " A ": Vertikálním řešením této dráhy je zabráno minimum plošného prostoru. Zařízení by mělo být schopno uchladit celou produkci středně velké tavnírný sýrů. Dobu chlazení a tím i množství chlazené produkce lze regulovat změnou rychlosti pohybu dopravníku - délky kroku zavěšených vozíků s jednotlivými paletami.

Avšak toto řešení počítá s určitým, dá se říci specifickým uspořádáním provozu , např. v tavnírně sýrů. Jeví se jako méně univerzálnější než varianta " B ". Jeho instalace vyžaduje vybudování šachty mezi výrobní halou a skladovacími (expedičními) prostory. V šachtě by byla umístěna vertikální řetězová dráha, chladicí jednotky a pohon.

Chladicí zařízení dle této varianty je svým řešením originální, je zde ovšem jistá náročnost zejména stavebních prací a úprav. Toto zařízení by nebylo univerzální, jeho instalace by závisela na specifické situaci a uspořádání provozu v každém jednotlivém místě, kde by se s jeho využitím počítalo. Také zcela neřeší problém zbytečné manipulace (rovnání na palety).

Varianta " B ": Řešení je značně univerzální. Chladicí zařízení dle této varianty je schopno uchladit požadovanou produkci např. tavených sýrů, díky své varabilitě. Je možno navrhnout zařízení větších či menších rozměrů, dobu chlazení a tím i množství chlazené produkce lze poměrně ve velkém rozsahu měnit změnou rychlosti pohybu dopravníku (rotace věží). Oproti variantě " A " zde nejsou potřebné žádné stavební úpravy, zařízení je daleko menších rozměrů. Odpadá zde také veškerá zbytečná manipulace (rovnání na palety i zavážení do chladírny) i ztrátové časy.

Produkty se chladí průběžně a zchlazené se přímo ukládají do přepravního balení a mohou být připraveny k expedici. Toto chladicí zařízení může být zařazeno přímo na konci výrobní linky jako její závěrečná část. Jeho konstrukce je jednoduchá, provoz a obsluha nenáročná. Díky absenci stavebních úprav při jeho instalaci a vzhledem k tomu, že za provozu je hmotnost chlazeného produktu v plně zaplněném zařízení cca desetkrát menší než u zařízení dle varianty " A " (což má značný vliv na spotřebu energie pro pohon a chladicí jednotku), je chladicí zařízení navrhované podle této varianty i ekonomicky výhodnější.

Návrh optimálního řešení: Z těchto navrhovaných variant jsem s přihlédnutím k jejich výhodám i nevýhodám zvolil pro další postup variantu " B ", na jejímž principu budu v této diplomové práci dále řešit návrh zařízení pro chlazení tavených sýrů.

3. KONSTRUKCE CHLADÍCIHO ZAŘÍZENÍ

3.1 Upřesnění úkolu a podmínek výroby i chlazení tavených sýrů

3.1.1 Upřesnění zadaného úkolu

Po konzultacích ve VÚMP Chotyně došlo k upřesnění úkolu této práce. Zaměřuji se v ní konkrétně na návrh konstrukce chladicího zařízení pro chlazení tavených sýrů typu "trojúhelník". S touto specifikací provádím návrh zařízení, ovšem počítám v dalším s jeho využitím i pro chlazení dalších druhů tavených sýrů - univerzálnost zařízení je potřebná. Toto by ale předpokládalo řešit jakoby souběžně několik zařízení (tolik, pro kolik typů sýrů by bylo určeno) a ve výsledném jediném univerzálním zařízení na základě oněch několika před-

běžných vyřešit v určitém rozsahu možnost změny rychlosti dopravníku v závislosti na kapacitě výrobních linek při výrobě dalších uvažovaných typů sýra a tyto dva parametry sladit s potřebnými časy na zchlazení jednotlivých typů sýra.

Toto řešení by ovšem značně zvětšilo rozsah práce, proto se zde omezují, jak je výše uvedeno, na návrh zařízení pro chlazení tavených sýrů typu "trojúhelník".

3.1.2 Podmínky při výrobě taveného sýra

V souvislosti s předešlým odstavcem zde uvádím důležité parametry a hodnoty týkající se produktu, jehož chlazení musí zabezpečit navrhované chladičí zařízení.

Objektem chlazení se stal tavený sýr typu "trojúhelník". Tento sýr po výstupu z výrobní linky je zabalen ve spotřebitelském balení z tenké hliníkové fólie s papírovou etiketou. Jeho teplota se pohybuje v rozmezí 72 - 75 [°C]. Toto spotřebitelské balení je obsluhou výrobní linky ihned vkládáno po šesti kusech do krabičky obchodního balení z plastické hmoty, kruhovitého tvaru ($\varnothing d_k = 113$ [mm], $h_k = 30$ [mm]), bez víčka. Víčkem se krabička uzavře až po průchodu chladičím zařízením, při balení do přepravního balení k expedici. Požadovaná doba chlazení krabičky obchodního balení je 30-60 minut, sýr by měl být ochlazen na teplotu 20 [°C]. Hmotnost jedné krabičky se sýry je 227 [g].

Důležitým je i výkon výrobní linky, na kterou bude chladičí zařízení navazovat: Jeden balící automat na konci výrobní linky má výkon 60 kusů jednotlivých sýrů za minutu. Z tohoto vyplývá -

- 1) výkon 10 krabiček po 6 sýrech za minutu,
- 2) průměrný výkon jedné linky je cca 4000 krabiček za jed-

nu pracovní směnu.

Předpokládá se, že navrhované chladicí zařízení bude schopno uchládit produkci tří výrobních linek, čili 12000 krabiček se sýry v průběhu jedné směny. Tento předpoklad vychází ze skutečnosti, že v středně velkých tavírnách sýrů, pro které je toto zařízení zejména určeno, jsou pro jeden druh sýra v provozu právě tři linky. Z tohoto stanovují objem chlazené produkce na $N = 12000$ krabiček za směnu = 1500 krabiček za hodinu.

Je tomu tak i v tavírně sýrů Severočeského mlékárenského průmyslu Velký Valtínov, kde by se ve spolupráci sVÚMP Chotyně prototyp chladicího zařízení zkoušel. Při použití tohoto zařízení ve velké tavírně sýrů by se v provozu instalovaly 2 - 3 zařízení, jako koncové články tří paralelních linek.

3.1.3 Podmínky při chlazení taveného sýra

Experimentálním měřením a zkouškami provedenými v tavírně sýrů Severočeského mlékárenského průmyslu ve Velkém Valtínově jsem zjistil:

- 1) teplota sýra po výstupu z výrobní linky odpovídá udávaným hodnotám - $t_1 = 72 - 75 [^{\circ}\text{C}]$,
- 2) minimální doba chlazení na požadovanou teplotu $t_2 = 20 [^{\circ}\text{C}]$, při teplotě chladicího vzduchu $+ 5 [^{\circ}\text{C}]$ je $\tau_0 = 75 - 80$ minut, při teplotě vzduchu $+ 1 [^{\circ}\text{C}]$ je $\tau_0 = 50 - 60$ min.
- 3) při nucené cirkulaci chladicího vzduchu bylo ověřeno, že optimální doba chlazení τ_0 při teplotě chladicího vzduchu blízké $0 [^{\circ}\text{C}]$ (což tuzemské sériově vyráběné chladiče zajišťují) je $\tau_0 = 45$ minut. Cirkulaci chladicího vzduchu zajistím např. lopatkovými ventilátory.