

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ**



**Ústav procesní a zpracovatelské
techniky**

**Linka pro čištění láhví v systému
recyklace UCO**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Nagornykh Maksim

2024

Vedoucí práce: Ing. Jiří Moravec, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Nagornykh** Jméno: **Maksim** Osobní číslo: **501468**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav procesní a zpracovatelské techniky**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Linka pro čištění lahví v systému recyklace UCO

Název bakalářské práce anglicky:

Bottle cleaning line for the UCO recycling system

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte linku pro čištění lahví v rámci technologie zpracování užitého kuchyňského oleje. Návrh by měl zohlednit možnosti příjmu lahví, jejich vyskládání z přepravek, otevření, vylití obsahu a následně čištění a vkládání zpět do přepravek. Tvar lahve i přepravky je pevně daný, stejně jako kapacita linky. Návrh proveďte ve formě PFD schématu linky. Na základě vlastní rešerše se pokuste získat informace o dostupných zařízeních, které by bylo možné pro stavbu linky využít, definujte jejich základní pracovní princip, pracovní kapacitu a rozměrové nároky. Diskutujte použitelnost dostupných zařízení pro linku s ohledem na parametry lahve, obsahu a přepravek. V případě, že nebude pro některou z činností v lince existovat dostupné zařízení, které by umožnilo provádět danou činnost, pokuste se alespoň navrhnout možného výrobce, který by byl schopen vyrobit dané zařízení na zakázku. V rámci návrhu zohledněte i požadavky na látky, které budou pro čištění lahví potřebné. V závěru práce se pokuste na základě dostupných informací nakreslit dispoziční schéma linky.

Seznam doporučené literatury:

Dle vlastní rešerše a doporučení vedoucího práce.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Moravec, Ph.D. ústav procesní a zpracovatelské techniky FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **23.10.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12.01.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2024**

Ing. Jiří Moravec, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Tomáš Jirout, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Anotační list

| | |
|-----------------------|---|
| Jméno autora: | Maksim |
| Příjmení autora: | Nagornykh |
| Název práce česky: | Linka pro čištění láhví v systému recyklace UCO |
| Název práce anglicky: | Bottle cleaning line for the UCO recycling system |
| Rozsah práce: | Počet stran: 89 |
| | Počet obrázků: 33 |
| | Počet tabulek: 4 |
| | Počet příloh: 5 |
| Akademický rok: | 2023/2024 |
| Jazyk práce: | Český |
| Ústav: | Ústav procesní a zpracovatelské techniky FS |
| Studijní program: | Teoretický základ strojního inženýrství |
| Vedoucí práce: | Ing. Jiří Moravec, Ph.D. |

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Praze dne

Maksim Nagornykh

Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jiří Moravcovi, Ph.D. za ochotný přístup, skvělé vedení, věcné připomínky, cenné rady a konzultace. Velké poděkování také patří mé rodině a mým kamarádům za dlouhodobou podporu po celou dobu mého studia a psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem linky pro čištění plastových láhví. Na začátku práce jsou navrženy různé varianty linek pro čištění láhví. Dále jsou popsána jednotlivá zařízení, která by umožnila provádět tento proces. S ohledem na výhody a nevýhody popsaných zařízení je na konci práce proveden návrh dispozičního schématu linky.

Abstract

This bachelor thesis focuses on the design of plastic bottle cleaning line. At the beginning of the thesis various configurations for the bottle cleaning line are designed. Then single devices designed for this purpose are described. The thesis concludes with the line layout that takes into account the advantages and disadvantages of the different devices.

Klíčová slova

Láhev, čištění, užitý kuchyňský olej, čisticí linka

Keywords

Bottle, cleaning, used cooking oil, cleaning line

Obsah

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Úvod..... | 9 |
| 2 | Vstupní parametry zadání | 10 |
| 3 | Návrhy linky pro čištění láhví | 11 |
| 3.1 | Návrh A | 12 |
| 3.2 | Návrh B..... | 13 |
| 3.3 | Návrh C..... | 14 |
| 3.4 | Návrh D..... | 15 |
| 4 | Vstup láhví do linky | 16 |
| 4.1 | Realizace za předpokladu automatického ukládání beden do linky – Návrh A | 16 |
| 4.2 | Použití stavěčky láhví – Návrh C – IC1 | 25 |
| 5 | Otvírač vík láhví – T1 | 32 |
| 5.1 | Popis možných strojů..... | 32 |
| 5.2 | Výpočet podtlaku potřebného pro zvednutí víka | 34 |
| 5.3 | Předpokládaný výrobce stroje..... | 35 |
| 6 | Mycí stroj na láhve – C1..... | 37 |
| 6.1 | Zakládání láhví..... | 38 |
| 6.2 | Předběžné čištění a předehřev láhví..... | 39 |
| 6.3 | Hydroxid sodný | 40 |
| 6.4 | Ultrazvuková lázeň..... | 44 |
| 6.5 | Odstranění etikety z láhví..... | 46 |
| 6.6 | Závěrečné čištění a chlazení láhví..... | 46 |
| 6.7 | Vykládání láhví..... | 47 |
| 6.8 | Výpočet objemů nádrží | 48 |
| 6.9 | Výrobce..... | 51 |
| 7 | Mycí stroje na bedny a víka beden – C2, C3 | 52 |
| 7.1 | Popis procesu | 52 |
| 7.2 | Výpočty objemů nádrží | 53 |
| 7.3 | Výrobce..... | 54 |
| 8 | Mycí stroj na víka láhví – C4 | 54 |
| 8.1 | Popis procesu | 54 |

| | | |
|------|---|----|
| 8.2 | Výpočty objemů nádrží | 56 |
| 8.3 | Výrobce..... | 56 |
| 8.4 | Výpočet nákladů | 57 |
| 9 | Zavírač vík láhví – T2..... | 59 |
| 9.1 | Orientování víka..... | 59 |
| 9.2 | Šroubování víka | 62 |
| 9.3 | Utahování víka | 64 |
| 9.4 | Nasazení a utahování víka na láhve najednou | 65 |
| 9.5 | Výrobce..... | 66 |
| 10 | Výstup láhví z linky | 66 |
| 10.1 | Vkladač láhví – O1 | 67 |
| 10.2 | Zavírač vík beden – O2..... | 69 |
| 10.3 | Vkladač beden – O3 | 70 |
| 11 | Dispoziční schéma linky..... | 73 |
| 11.1 | Použité stroje | 73 |
| 11.2 | Podrobnější popis rozměrů použitých strojů | 73 |
| 12 | Závěr | 78 |
| | Seznam použité literatury | 79 |
| | Seznam obrázků..... | 86 |
| | Seznam tabulek..... | 88 |
| | Přílohy | 89 |

1 Úvod

V současné době roční spotřeba nafty pro výrobu plastu je přibližně 1 575 600 tun [1], z čehož kolem 10 % se používá pro výrobu plastových láhví [2]. Nejrozšířenějším způsobem zmenšení objemů výroby plastových láhví a tím pádem i zmenšení použití nafty je recyklace plastových láhví. Ale daný způsob není úplně dokonalý, efektivita recyklace jedné láhve je relativně malá a její maximální hodnota je pouze 30 % [3]. Alternativní variantou snížení výroby plastových láhví je jejich čištění.

Daná práce je zaměřená na návrh linky pro příjem a následující čištění plastových láhví. Cílem práce je se seznámit se stroji, které by umožnily provádět daný proces a navrhnout linku pro čištění láhví včetně jejich vyskládání z přepravek, otevření, vylití obsahu a zpětného uzavření a vkládání láhví do přepravek.

Návrh linky je proveden v rámci systému sběru užitého kuchyňského oleje UCO (Used Cooking Oil). Daný systém se kromě vylití obsahu láhví a samotného čištění láhví také zabývá sběrem těchto láhví a následujícím zpracováním užitého kuchyňského oleje.

2 Vstupní parametry zadání

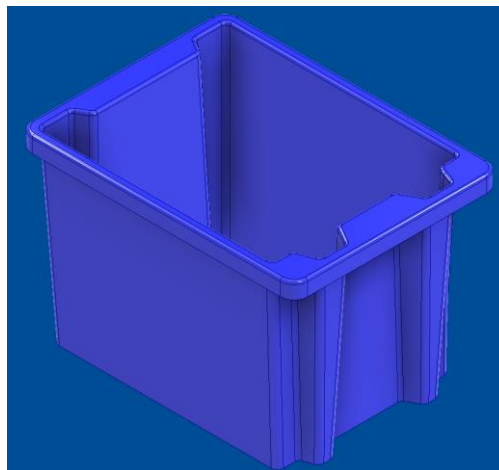
Dle zadání této bakalářské práce tvar a rozměry láhví a vík láhví (viz *Obrázek 1*), přepravních beden (viz *Obrázek 2*) a vík přepravních beden jsou pevně dané a jsou uvedené v *Tabulce 1*. Dále je stanoveno, že v jedné bedně je umístěno 9 láhví.

| | Rozměr [mm] |
|------------|---|
| Láhev | Výška x Délka x Šířka – 240 x 95 x 75 (Objem jedné láhve je 1,2 litrů) |
| Bedna | Výška x Délka x Šířka – 270 x 300 x 400 |
| Víko láhve | Výška x Průměr – 18 x 75 |
| Víko bedny | Výška x Délka x Šířka – 27 x 300 x 400 |

Tabulka 1 - Rozměry použitých láhví, beden a vík



Obrázek 1 - Láhev



Obrázek 2 - Přepravní bedna

Taktéž je pevně daná kapacity linky 2000 láhví za hodinu, což je přibližně 222 beden za hodinu.

3 Návrhy linky pro čištění láhví

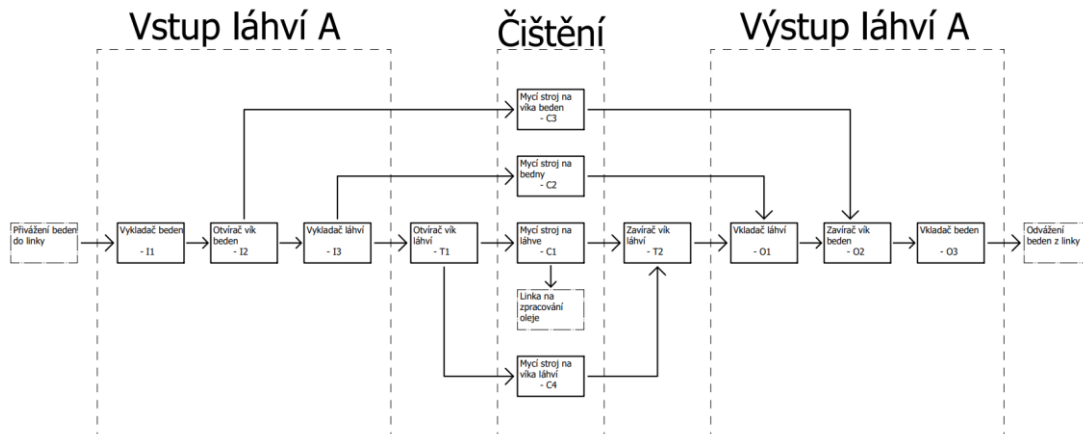
V závislosti na požadavcích a možnostech firmy, která bude stavět a provozovat, existuje několik způsobů, jak by mohla být linka na čištění láhví navržena. Každý způsob se dá rozdělit na 3 základní procesy:

- Prvním procesem je proces vstupu láhví do linky. Daný proces zajišťuje vyjmutí láhví z přepravních beden a jejich následné umístění na dopravní pás ve svislé poloze.
- Druhým procesem je proces čištění. Daný proces zahrnuje čištění samotných láhví, čištění přepravních beden, čištění vík z beden a v závislosti na požadavcích firmy může zahrnovat i čištění vík láhví.
- Třetím procesem je proces výstupu láhví z linky. Cílem daného procesu je vkládání čistých láhví do čistých přepravních beden a následné uspořádání beden do pozice, která by umožnila jejich následující odvoz do skladu.
- Mezikrokem pro procesy vstupu láhví a čištění láhví je odšroubování vík z láhví. Mezikrokem pro procesy čištění láhví a výstupu láhví je šroubování vík na láhve.

Všechny dále uvedené návrhy jsou určeny pro různé kapacity linky a přednostně se liší počtem používaných strojů. Na základě dále uvedených návrhů byly vytvořena PFD schémata, jejímiž součástmi jsou bilanční tabulky. Bilanční tabulky jsou spočítané pro kapacitu 1998 láhví za hodinu.

3.1 Návrh A

Na *Obrázku 3* je zobrazena první možnost návrhu linky pro čištění láhví.



Obrázek 3 - Návrh A

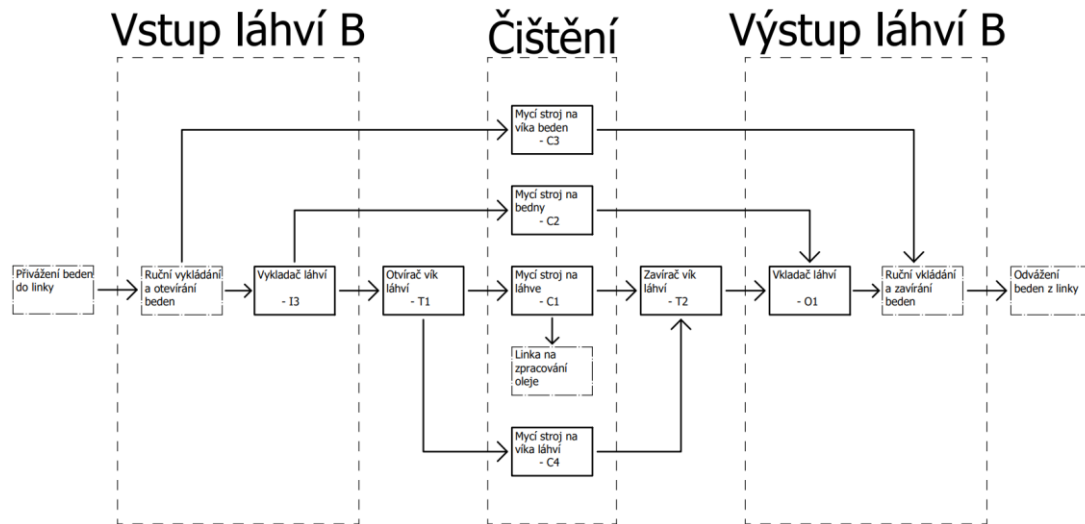
Daný způsob na vstupu linky zajišťuje automatické vykládání přepravních beden z palet, případně ze stohů, na dopravní pás, následné automatické otevírání vík beden a automatické vykládání láhví z beden na dopravní pás. Na výstupu je zajištěno automatické vkládání láhví do beden, zavírání vík beden a přemístění beden z dopravníku na palety, případně do stohů. To znamená, že všechny procesy v daném způsobu čištění láhví jsou automatické a pro danou linku není potřebný žádný pracovník, kromě pracovníků pro obsluhu strojů.

Kapacita dané linky je závislá pouze na kapacitách používaných strojů a může dosahovat až 16000 láhví za hodinu.

Na základě daného návrhu bylo vytvořeno PFD schéma, které je uvedeno na *Výkresu 01*.

3.2 Návrh B

Na *Obrázku 4* je zobrazena druhá možnost realizace linky pro čištění láhví.



Obrázek 4 - Návrh B

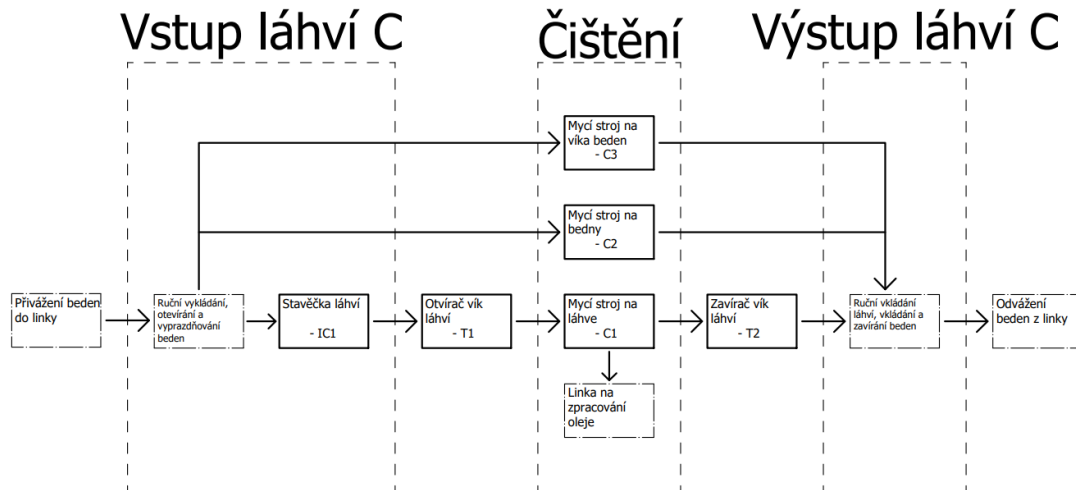
V daném způsobu na vstupu linky je předpokládáno ruční otevírání přepravních beden a následné ruční vykládání beden a vík beden na dopravní pásy. Na výstupu se předpokládá ruční zavírání beden a jejich přemístění z dopravního pásu.

Kapacita daného způsobu je závislá přednostně na rychlosti pracovníků na začátku a na konci procesu a dá se předpokládat, že při vhodném uspořádání linky by jeden člověk mohl stíhat přeskládat minimálně 4 bedny a 4 víka za minutu, což je 240 beden za hodinu nebo 2160 láhví za hodinu (v jedné bedně je umístěno 9 láhví).

Na základě daného návrhu bylo vytvořeno PFD schéma, které je uvedeno na *Výkresu 02*.

3.3 Návrh C

Na *Obrázku 5* je uvedena třetí možnost realizace linky pro čištění láhví.



Obrázek 5 - Návrh C

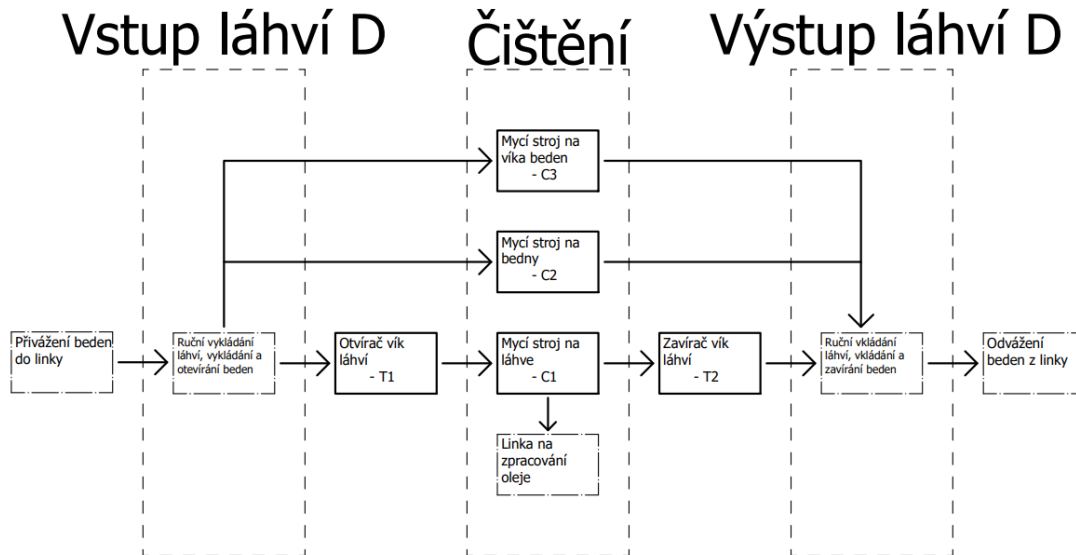
V daném způsobu na vstupu linky se předpokládá ruční vykládání a otevírání přepravních beden, vyprázdnění láhví z beden do násypky stavěčky láhví a následné umístění beden a vík beden na dopravní pásy. Na výstupu se předpokládá ruční vkládání láhví do beden, zavírání beden a jejich přemístění z dopravního pásu. Zároveň se v daném způsobu předpokládá, že víka láhví budou odeslané jiné firmě do recyklace, případně čištění.

Při vhodném uspořádání linky by mohl jeden pracovník na vstupu stihnout přeložit, otevřít a vyprázdnit minimálně 3 bedny za minutu, což je 180 beden za hodinu nebo 1620 láhví za hodinu. Na výstupu by jeden pracovník mohl stihnout naplnit, uzavřít a přemístit z linky přibližně 1,5 bedny za minutu, což je 90 beden za hodinu nebo 810 láhví za hodinu. Kapacitu na výstupu by šlo zvětšit použitím druhého pracovníka a tím pádem ji vyrovnat s kapacitou na vstupu. Celkovou kapacitu linky by šlo zvětšit použitím většího počtu pracovníků.

Na základě daného návrhu bylo vytvořeno PFD schéma, které je uvedeno na *Výkresu 03*.

3.4 Návrh D

Na *Obrázku 6* je zobrazená další možnost realizace linky pro čištění láhví.



Obrázek 6 - Návrh D

V daném způsobu na vstupu se předpokládá ruční otevírání přepravních beden, vykládání láhví a vykládání beden a vík beden na dopravní pásy. Na výstupu se předpokládá ruční vkládání láhví do beden, zavírání beden a jejich přemístění z linky.

Stejně jako u variant B a C, i zde je kapacita závislá zejména na pracovnících na vstupu a na výstupu linky. Dá se předpokládat, že jeden pracovník na vstupu, případně na výstupu, by mohl stíhat kapacitu 1,5 bedny za minutu, což je 90 beden za hodinu nebo 810 láhví za hodinu. Celkovou kapacitu linky by šlo zvětšit použitím většího počtu pracovníků.

Na základě daného návrhu bylo vytvořeno PFD schéma, které je uvedeno na *Výkresu 04*.

V následujících kapitolách jsou postupně probrány a detailněji popsány možnosti konkrétního řešení jednotlivých částí linky.

4 Vstup láhví do linky

Z důvodu automatizace dalších procesů a principů, na kterých fungují zařízení pro čištění láhví by měly láhve vstupovat na dopravní pás ve vertikální poloze, tedy dnem dolů.

Vstup láhví se liší v závislosti na zvoleném návrhu, dále jsou popsány vstupy láhví pro varianty A, B a C. Varianta D předpokládá manuální vyskládání láhví do linky a její popis je zbytečný.

4.1 Realizace za předpokladu automatického ukládání beden do linky – Návrh A

Daný způsob spočívá v tom, že na začátku bude stoh nebo paleta s přepravními bednami umístěná do linky, dalším krokem za použití odstohovače nebo paletizéru, budou bedny po jedné přemístěny na dopravní pás. Potom budou pomocí vakuových přísavek z beden sundána víka a na konci budou láhve pomocí vykladače přeneseny z beden na dopravní pás (ve svislé poloze dnem dolů). Pro Návrh B by byl použit pouze vykladač láhví.

4.1.1 Vykladač beden – I1

4.1.1.1 Odstohovač – I1

4.1.1.1.1 Popis principu práce

Pro použití odstohovače, případně stohovače (viz *Obrázek 7*), podle společnosti Isoma [4] by měly být bedny na začátku umístěny na dopravním pásu v jednom stohu. Takovým uspořádáním by se dalo ušetřit místo na lince. Samotný stroj je umístěn na začátku dopravníku. V závislosti na parametrech použitého odstohovače, může výška jednoho stohu dosahovat až 10 metrů, ale pro případ dané bakalářské práce by mohla být výška stohu z bezpečnostních důvodů omezena například 1,5 metry, což je přibližně 5 beden na sebe.

Princip práce odstohovače je podle společnosti Isoma [4] založen na tom, že pomocí uchycovacího mechanismu odstohovač uchytí předposlední bednu zdola a celý stoh nadzvedne. Jedinou volnou bednou tak zůstane spodní

bedna, která se může po zapnutí dopravníku posunout dále do linky. Po odsunutí spodní bedny je dopravník opět vypnut, stohovač položí stoh beden dolů, dojde k uvolnění uchycovacího mechanismu a jeho přesunutí do počáteční pozice. Celý proces se pak opakuje.



Obrázek 7 - Odstohovač [4]

4.1.1.1.2 Výrobce

Daný stroj se dá koupit u docela velkého počtu výrobců, mezi nimi jsou například firmy Isoma [4], Strand [5] a Lan Handling Technologies [6].

Každá z uvedených firem vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví za hodinu, to je přibližně 222 přepravních beden za hodinu. Podle výrobce Lan Handling Technologies [6], maximální pracovní kapacita stroje může dosahovat až 1800 beden za hodinu.

4.1.1.2 Paletizér

4.1.1.2.1 Popis principu práce

Jiná varianta umístění přepravních beden do linky je stroj, který se nazývá paletizér (viz *Obrázek 8*). Daný stroj umožňuje přeskládat bedny z palety na dopravní pás a naopak. Použití palet by mohlo zvýšit počet beden, které lze přivést ze skladu najednou, což by následně vedlo ke zvětšení kapacity linky.

Princip práce daného stroje podle společnosti Douglas Machine [7] spočívá v tom, že robotické rameno postupně překládá bedny z palety na dopravní pás. Paletizéry se liší ve způsobu, jakým robotické rameno uchopí bednu. Základním principem uchycení jsou vakuové přísavky, které jsou však

nepoužitelné pro navrhovanou linku, protože víko bedny není s bednou pevně spojeno a při jejím uchycení by tedy bylo nadzvednuto pouze víko. Důležité proto je, aby paletizér umožnil uchycení beden z boku, například pomocí kleští.

Obecně tyto stroje fungují tak, že se na začátku stroj nachází mezi paletou s bednami a dopravním pásem. Paleta by se měla nacházet v přesně definované pozici. Dále stroj se přemísťuje k bedně a uchytí jí pomocí přísavky, případně kleští. Pak se stroj posune do polohy nad dopravníkem a vypne přísavky, případně rozemkne kleští, a tím pádem bedna spadne na dopravní pás. Na konci stroj se vrací zpět do své původní polohy. V poloze nad dopravníkem by měla být výška polohy paletizéru větší než je výška bedny, aby kleští pak nebránily pohybu beden. Zároveň bedny z palety by měly být odebírané podle přesně definovaného pořadí, tak například na začátku by měly být odebrané bedny, které se nacházejí bliž k paletizéru [7].



Obrázek 8 - Paletizér [7]

4.1.1.2.2 Výrobce

Firem vyrábějící podobné stroje na trhu je hodně, nejvýznamnější však jsou například firmy Douglas Machine [7], Kuka [8], Lan Handling Technologies [9] a Fanuc [10].

Každá z uvedených firem vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví za hodinu, to je přibližně 222 přepravních beden za hodinu. Podle výrobce Lan Handling Technologies [9], maximální kapacita uvedeného stroje může dosahovat až 1200 beden za hodinu.

4.1.2 Otvírač vík beden – I2

4.1.2.1 Popis principu práce

Po tomu, jak budou jednotlivé přepravní bedny umístěné na lince, dalším krokem by bylo sundávání vík z beden a jejich následné otáčení. Otáčení víka se provádí pro případ prasknutí láhve uvnitř bedny, kde může být vnitřní strana víka znečištěna a bude potřebný proces čištění i pro víko.

Danou operaci se dá provést pomocí dvou robotických ramen a dvou vakuových vzduchových ejektorů, které jsou podle

společnosti Schmalz [11] připojené k ramenům a nasávají okolní vzduch pomocí vakuových přísavek, které jsou z jedné strany připojené k výstupu vakuového ejektoru a z druhé strany chytí víko bedny.

Daný způsob spočívá v tom, že budou obě robotická ramena umístěna do polohy mezi dopravním pásem pro bedny a dopravním pásem pro víka beden. Na začátku se první robotické rameno posune do pozice přesně nad středem víka. V tento okamžik se zapne vakuový ejektor a víko bude přitaženo k vakuovým přísavkám. Dále pro vyjmutí víka z bedny se rameno posune nahoru. Dalším krokem rameno otočí víko o 180° a předá ho druhému ramenu, které je také vybaveno vakuovým ejektorem s přísavkami. Druhé rameno posune otočené víko na druhý dopravní pás. V tento okamžik první robotické rameno se vrací do své počáteční polohy a čeká na další bednu.

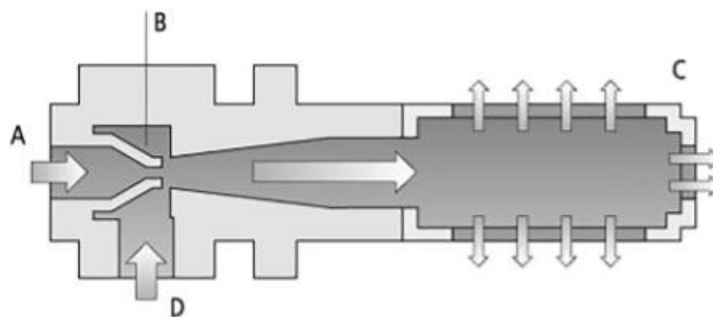
Jednodušším způsobem otáčení víka o 180° je nájezd víka zrychleným pohybem do šroubovice, jejíž profil odpovídá profilu víka. Příklad podobné šroubovice pro přepravky je uveden na *Obrázku 22*. V takovém případě se nepoužívá druhé robotické rameno a celkový proces se skládá z vyjmutí víka z bedny pomocí robotického ramena a jeho následné přeskládání na druhý dopravní pás. Tento dopravní pás by byl vybaven výše uvedenou šroubovicí. Neznámou však je, zdali takový způsob otáčení víka o šroubovici nezpůsobí deformací uzávěrů víka.

4.1.2.2 Vakuový ejektor a vakuová přísavka

Princip fungování vakuových ejektorů je podle společnosti Schmalz [11] založen na Venturiho efektu. Pro daný efekt podle A. Brusovi [12] platí, že v zužující se trubice dochází ke zvýšení rychlosti proudění, které je dané zákonem zachování hmotnosti (rovnice kontinuity) a zároveň ke snížení tlaku dle zákona zachování energie. Pokud spojíme tyto dva jevy, ve výsledku zjistíme, že čím užší je trubice, skrz kterou teče tekutina, tím vyšší je její rychlost.

Na *Obrázku 9* je zobrazen princip práce typického vakuového vzduchového ejektoru, tento princip byl převzat ze společnosti Schmalz [11]. Stlačený vzduch vstupuje do ejektoru A. Zúžením ve Venturiho sondě B dochází k růstu dynamického tlaku a zároveň k poklesu tlaku statického, což způsobuje urychlení vzduchu do nadzvukové rychlosti. Jakmile vzduch projde Venturiho trubicí, vznikne podtlak a okolní vzduch bude přisáván sacím otvorem D. Sací vzduch společně se stlačeným vzduchem vystupují z vakuového ejektoru skrz tlumič C.

Vakuová přísavka bude připojená do sacího otvoru D, kde bude přisáváný okolní vzduch procházející i skrz vakuovou přísavku, což následně zajistí přisávání víka bedny.



Obrázek 9 - Princip práce vakuového ejektoru [11]

4.1.2.3 Vypočet podtlaku potřebného pro zvednutí víka

Jedním z hlavních parametrů při nastavení vakuového ejektoru je výstupní podtlak. Daný podtlak by neměl být ani příliš malým, aby vakuová přísavka zvládla zvednutí víka, a zároveň by neměl být ani příliš velkým, aby byla možnost šetřit energii.

Daný podtlak by se dal spočítat pomocí síly F , potřebné na zvednutí víka, a plochy přísavky S , ve které bude tento podtlak vytvářen (viz *Rovnice (1)*).

Za předpokladu, že víko bude umístěno volně na bedně a nebude nic bránit posuvu víka nahoru, bude na víko působit pouze gravitační síla - mg , kde m je hmotnost víka, g je gravitační konstanta.

Za předpokladu, že zrychlení stroje je 10-krát větší než gravitační konstanta, se dá pro výpočet síly F použít druhý Newtonův zákon. Pro dané účely by byly použité 4 přísavky, které by byly umístěné symetricky ke středu víka. Takovým způsobem by se dalo rozložit sílu F na větší plochu a tím zmenšit deformaci víka. Tímto síla jedné přísavky by se zmenšila čtyřnásobně (viz *Rovnice (2)*).

Jelikož přísavka má kruhový tvar, lze její plochu spočítat pomocí jejího poloměru R (viz *Rovnice (3)*).

Rovnice (4) je výsledná rovnice pro výpočet minimálního podtlaku v jedné přísavce, potřebného na zvednutí víka.

$$p = \frac{F}{S} \quad (1)$$

$$F - 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot mg = 0 \quad (2)$$

$$S = \pi \cdot R^2 \quad (3)$$

$$p = \frac{1}{4} \cdot \frac{10 \cdot mg}{\pi \cdot R^2} \quad (4)$$

Pro výpočet výsledného podtlaku byly použité následující číselné hodnoty:

- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $m = 0,4 \text{ kg}$ – podle výrobce Euro přepravek ArcaBox [13]

- $R = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$ – bylo zvoleno na základě katalogu výrobce Scmalz [14]

Stanovený potřebný podtlak na jedné přísavce je spočítán v *Rovnici (5)*.

$$p = \frac{1}{4} \cdot \frac{10 \cdot 0,4 \cdot 9,81}{\pi \cdot 0,04^2} \approx 1950 \text{ Pa} = 195 \cdot 10^{-4} \text{ bar} \quad (5)$$

Výsledný podtlak pro zvednutí víka na jedné přísavce by měl být minimálně $195 \cdot 10^{-4} \text{ bar}$.

4.1.2.4 Výrobce

Pro sejmutí víka by měly být pořízeny dva, případně jeden průmyslový nebo kolaborativní robot s dosahem minimálně dvojnásobku šířky víka. Podobný robot se dá pořídit například ve firmách Fanuc [15], Universal Robots [16], Kuka [17].

Pro danou úlohu je také nezbytné použití vakuových ejektorů a vakuových přísavek, které se dají pořídit například ve firmách Schmalz [14], Robotiq [18], DreamLandRobots [19]. Všechny uvedené společnosti vyrábějí vakuové přísavky umožňující připojení 1 až 6 savek k hlavici a zároveň umožňující snadné připojení k robotickému ramenu.

Vybavit dopravní pás šroubovicí by pravděpodobně mohly firmy, které se zabývají výrobou dopravníků, například společnosti Haberkon [20], MONK [21] a Ultimation [22].

Nelze s jistotou určit, jestli budou stroje uvedených firem zvládat kapacitu 2000 láhví za hodinu, to je 222 vík/beden za hodinu. Nicméně je pravděpodobné, že by se tyto stroje daly přizpůsobit pro potřeby uvedené kapacity.

4.1.3 Vykladač láhví – I3

4.1.3.1 Popis principu práce

Po sundání vík z přepravních beden je dalším krokem přeskládání láhví z bedny na dopravník. Pro dané účely se používají stroje, které se nazývají vykladače, případně vkladače láhví.

Podle společnosti NATE [23] pro použití daného zařízení je potřebné přesné polohování láhví v bednách. To znamená, že jakýkoliv posun láhve uvnitř bedny může způsobit zastavení stroje.

Princip práce daného stroje (viz *Obrázek 10*) je podle společnosti NATE [23] založen na tom, že na začátku procesu jsou láhve přisáty k vakuovým přísavkám stroje, přičemž podtlak je vytvořen vakuovým ejektorem pomocí stlačeného vzduchu. Dále, pohybem po kružnicové trajektorii, stroj zvedne láhve z bedny a přesune je do polohy nad dopravním pásem. Posledním krokem se stroj vertikálním pohybem posouvá dolů, dokud neumístí láhve na dopravník.



Obrázek 10 - Vykladač láhví [23]

4.1.3.2 Výpočet podtlaku potřebného pro zvednutí jedné plné láhve

Stejně jako pro nastavení zvednutí víka bedny, je pro nastavení vykládání láhví jedním z hlavních parametrů podtlak, potřebný pro zvednutí jedné láhve. Tento podtlak by měl být spočítaný z toho důvodu, že pokud bude podtlak příliš malý, stroj nebude schopný zvednout láhev, pokud bude naopak příliš velký, bude využita zbytečná energie, kterou by šlo ušetřit. Dalším důvodem výpočtu podtlaku je, že dané zařízení je navrženo přednostně pro vykládání prázdných láhví a otázkou zní, zdali se takovým způsobem dají vykládat láhve plné oleje. Mohlo by se stát, že podtlak potřebný pro vykládání jedné láhve by byl větší než tlak atmosférický (1 bar). Kvůli tomu, že se pro dané účely

používá stlačený okolní vzduch, podle PFA-Inc [24] by pak toto zařízení nebylo schopné vytvořit potřebný podtlak a zvednout láhve. Proto by bylo potřebné upravit konstrukci daného zařízení anebo najít jiné řešení, jak by mohly být láhve vykládané z přepravních beden.

Pro výpočet podtlaku potřebného na zvednutí jedné láhve by se dalo využít sílu F , kterou daný podtlak působí na láhev, a plochu přísavky S_p , ve které je daný podtlak vytvářen (viz *Rovnice (6)*).

V daném případě na láhev působí pouze dvě síly, síla F , jejímž cílem je zvednout tuto láhev a gravitační síla mg , kde m je celková hmotnost láhve, včetně oleje uvnitř, a g je gravitační konstanta. Za předpokladu, že zrychlení ramena stroje je 2-krát větší než gravitační konstanta, podle druhému Newtonovému zákonu platí *Rovnice (7)*.

Jak již bylo řečeno, hmotnost m se v dané rovnici skládá z hmotnosti láhve m_l a oleje uvnitř láhve m_o . Hmotnost oleje by se dalo spočítat na základě hustoty oleje ρ_o a jeho objemu V_o (viz *Rovnice (8)*). Velikost objemu oleje by byla použita pro nejhorší případ, kdy by byla vracená láhev plná oleje.

Primárně je vykladač láhví vytvořen tak, že jeho přísavka uchytí láhev za její horní část, v daném případě za víko. To znamená, že tvar jedné přísavky by měl odpovídat tvaru víka a tím pádem poloměr jedné přísavky R_p by se měl rovnat poloměru víka. Daný poloměr je využit pro výpočet obsahu přísavky (viz *Rovnice (9)*).

Rovnice (10) je výsledná rovnice pro výpočet podtlaku potřebného na zvednutí jedné láhve.

$$p = \frac{F}{S} \quad (6)$$

$$F - 2 \cdot mg = 0 \quad (7)$$

$$F = 2 \cdot (m_l + \rho_o \cdot V_o) \cdot g \quad (8)$$

$$S = \pi \cdot R_p^2 \quad (9)$$

$$p = \frac{2 \cdot (m_l + \rho_o \cdot V_o) \cdot g}{\pi \cdot R_p^2} \quad (10)$$

Pro výpočet výsledného podtlaku byly použité následující číselné hodnoty:

- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $m_l = 0,4 \text{ kg}$ – dle zadaných parametrů používaných láhví
- $R_p = 0,035 \text{ m}$ – dle rozměrů používaných láhví
- $V_o = 1,2 \text{ l} = 0,0012 \text{ m}^3$ - dle zadaných parametrů používaných láhví
- $\rho_o = 1000 \text{ kg/m}^3$ – jelikož nejsou přesně známy koncentrace s vodou a hustota oleje, tady se předpokládá nejhorší případ, že hustota oleje se rovná hustotě vody.

Stanovený potřebný podtlak na jedné přísavce je spočítán v *Rovnici (11)*.

$$p = \frac{2 \cdot (0,4 + 1000 \cdot 0,0012) \cdot 9,81}{\pi \cdot 0,035^2} = 8157,05 \text{ Pa} \approx 81,6 \cdot 10^{-3} \text{ bar} \quad (11)$$

Minimální výsledný podtlak pro zvednutí jedné plné láhve je $81,6 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$. Daný podtlak je mnohem menší než atmosférický, to znamená, že dané zařízení by šlo použít i pro vykládání plných láhví.

4.1.3.3 Výrobce

Daný stroj se dá koupit u docela velkého počtu firem, kam spadají NATE [23], Anticoro Babík [25], BeHo [26].

Každá z uvedených společností vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví za hodinu. Podle výrobce NATE [23], maximální kapacita stroje může dosahovat až 27000 láhví za hodinu. Uvedená kapacita platí pro prázdné skleněné láhve, a proto může být vzhledem k odlišné hmotnosti nižší pro láhve plné oleje.

4.2 Použití stavěčky láhví – Návrh C – IC1

Daný způsob vstupu láhví do linky spočívá v tom, že na začátku budou láhve ručně přemístěné (přesypané) z přepravních beden do jednoho kontejneru. Dále pomocí vertikálního podavače budou láhve posunuté do bubnu, na kterém ve vodorovné poloze budou posunuté do dopravníku. Dalším krokem

se láhve otočí do svislé polohy. Všechny výše uvedené činnosti (s výjimkou vysypání láhví z beden) jsou vykonávány v jednom stroji, který se nazývá stavěčka láhví. Jednotlivé části tohoto stroje jsou popsány v dalších podkapitolách.

Uvedený způsob nezajišťuje úplnou automatizaci procesu vykládání láhví na dopravní pás, ale díky manuálnímu vykládání láhví není vyžadováno přesné umístění láhví v bednách. Tento návrh zároveň zabírá mnohem méně místa ve srovnání s variantou A.

4.2.1 Vertikální podavač láhví

Ve většině případů, vertikální podavač láhví je dopravník, rozdělený do několika sekcí (viz *Obrázek 11*). Rozměry takových sekcí jsou navrženy tak, aby bylo možné do nich umístit láhve v jakékoliv poloze. V závislosti na výrobci daného stroje může mít sekce výšku o něco větší než výška láhve a hloubku o něco větší než hloubka, případně průřez, láhve. Většinou je průměr víka láhví menší než průměr, případně šířka, dna, to samé platí i pro láhev použitou v práci. Někteří výrobci, mezi nimiž je společnost Podmores Systems [27], používají tuto vlastnost a vyrábějí podavače, v nichž je výška jedné sekce o málo menší než výška mezi dnem a víkem láhve a jejich hloubka odpovídá vzdálenosti mezi okrajem dna a víka láhve. Takovým způsobem bude díky náklonu podavače láhev opírána víkem o desku sekce, případně se láhev uvnitř sekce nakloní a nepadne. Tímto hloubka jedné sekce se zkrátí více než dvojnásobně, což má za následek úsporu materiálu pro podavač ze strany výrobce.

Do samotného stroje jsou láhve zakládány ručně, to znamená, že pracovník bude muset vyprázdnit bednu s láhvemi do kontejneru. Kontejnery mají dno v podobě čtyřbokého jehlanu, díky čemuž láhve stále spadávají dolů a tam se odebírají podavačem. Při malém počtu láhví v kontejneru se podavač láhví zastaví.



Obrázek 11 - Vertikální podavač láhví [27]

4.2.2 Buben

Z vertikálního dopravníku padají láhve z bezpečné výšky na buben (viz *Obrázek 12*). Po stranách bubnu jsou v určité hloubce umístěné dráhy, které směřují láhve do dopravníku. Šířka těchto drah odpovídá šířce nejmenší hrany láhve. Takovým způsobem je zajištěno, že všechny láhve budou stát na dopravníku na svojí nejužší hraně.

Na konci této dráhy je podle společnosti Acasi [28] umístěno otáčející se kolo s lopatkami. Toto kolo zabraňuje případům, ve kterých láhev spadne na dopravník přímo z bubnu v nesprávné poloze. V takových případech budou láhve hned odražené lopatkami. Toto kolo s lopatkami a samotný buben jsou vyráběné z měkkého materiálu, který je bezpečný pro láhve.

Buben má nakloněný tvar, aby láhve stále padaly na dráhy po stranách a pro tyto účely zároveň někteří výrobci používají i stlačený vzduch, který působí na okrajích bubnu. Daný vzduch je bezpečný pro láhve a urychluje proces padání láhví na dráhy. Většina výrobců zpravidla nevyužívá vzduch kvůli šetření energie.



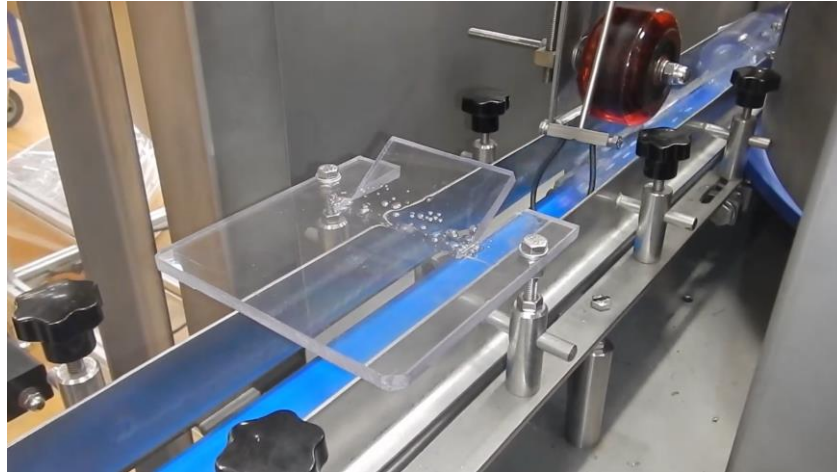
Obrázek 12 - Buben [28]

4.2.3 Dopravníková část

Na vstupu do dopravníku (viz *Obrázek 13*) podle společnosti Albertina Machinery [29] se nacházejí otáčející se válečky, buď to jeden váleček hned nad láhví nebo dva válečky po stranách láhve. Tyto válečky urychlují láhve. Hned za nimi je hák, totiž drát, spletený do kruhového uzlu o průměru, větším než průměr víka, ale menším než šířka větší hrany láhve. V této práci má víko průměr 73 milimetrů, větší hrana má šířku 95 mm. To znamená, že hák by měl být spletený do kruhu o průměru v rozmezí 73 až 95 mm. Takovým způsobem bude zajištěno, že pokud láhev projíždí dopravníkem víkem dopředu, hák uchytí láhev za její větší hranu, zvedne ji a tím láhev otočí na dopravník dnem dopředu. To, že po zvednutí hákem láhev spadne, je zajištěno tím, že předtím láhev byla urychlována pomocí válečků. Pokud láhev bude projíždět na dopravníku dnem dopředu, tak bude hákem ignorovaná, protože průměr háku je menší než šířka dna láhve.

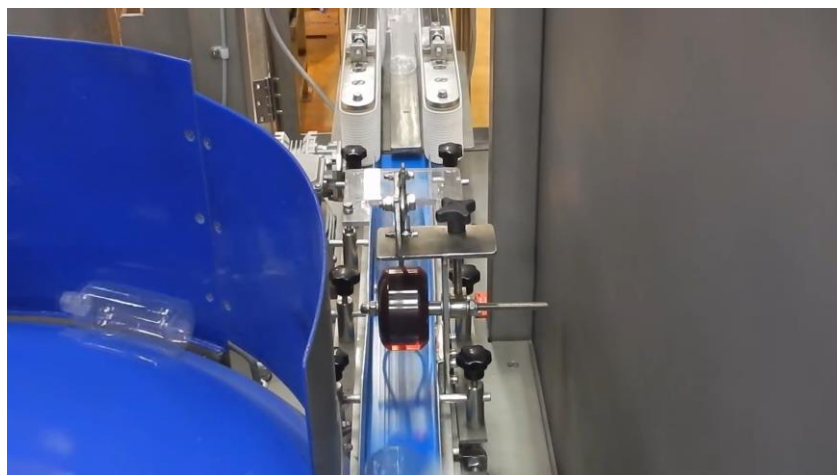
Jelikož v dané práci láhve jsou plné oleje, takové otáčení pomocí háku by mohlo způsobit příliš velký nárůst tlaku uvnitř láhve a její následné deformaci. Proto pro daný případ by šlo nahradit hák optickou kamerou, která by rozpoznávala, zda láhev jede víkem dopředu. Dále by na lince byl umístěn otočný stůl a pokud kamera rozpozná, že láhev jede víkem dopředu, tak bude zastavená na stole a otočená o 180 stupňů. Za následek by to vedlo k zastavení celého vstupního dopravníku, včetně dopravníku na bubnu, což by

značně zmenšilo kapacitu linky, ale zároveň by zmenšilo pravděpodobnost poškození láhve. Daný otočný stůl se dá pořídit například ve společnosti DirectIndustry [30].



Obrázek 13 - Vstup do dopravníkové části [27]

Potom už budou všechny láhve jet na dopravníku dnem dopředu. Dále na dopravníku ve výšce, která se přibližně rovná poloviční výšce dna láhve, bude umístěná deska (viz *Obrázek 14*). Hned po otočení hákem láhev bude urychlená buď pomocí válečků nebo pomocí urychlovacích pásů po stranách láhve. Poté láhev narazí dnem do dané desky a tím je postavena dnem na dopravník. Pomocí urychlovacích pásů po stranách láhve bude stabilizovaná vertikální poloha láhve, aby nespadla na stranu. Vzdálenost mezi pásy je stejná, jako šířka menší hrany láhve.



Obrázek 14 - Deska na otáčení láhvi [27]

4.2.4 Výrobce

Daný způsob je typickým způsobem, jak stavět láhev na dopravník, proto na trhu existuje velké množství výrobců zabývajících výrobou a nastavením zařízení pro různé rozměry láhví. Nejtypičtější z nich jsou Acasi [31], Podmores Systems [27], Albertina Machinery [29], Posimat [32]. U výrobce Posimat [32], maximální kapacita uvedeného stroje může dosahovat až 80000 láhví za hodinu.

Každá z uvedených firem vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví za hodinu.

4.2.5 Jiná varianta stavěčky láhve

Vyjímá výše uvedený způsob, na trhu existuje celá řada netypických způsobů, jak postavit láhev na dopravník ve vertikální poloze. Každý takový způsob je jiný a liší se dle výrobce. Zajímavý způsob umístění láhve na dopravník navrhuje společnost Packfeeder, která je součástí Rotzinger Group [32]. Daný způsob je navržen přednostně pro farmaceutické láhve, ale dle výrobce je možnost využití i pro jiné typy láhví. Kapacita daného stroje není uvedena, nicméně je pravděpodobně, že by bylo možné přizpůsobit tyto stroje pro potřeby kapacity 2000 láhví za hodinu.

4.2.5.1 Vertikální podavač láhve

Stejně, jak již bylo popsáno výše, prvním krokem je podle společnosti Packfeeder [32] podávání láhve pomocí podavače (viz *Obrázek 15*). Na rozdíl od výše uvedeného podavače, daný podavač je rozdělen do několika sekcí, do každé z nich se umístí pouze jedna láhev ve vodorovné poloze. To znamená, že šířka každé sekce je menší než celková výška dvou láhví. Pro pevné umístění láhve uvnitř sekce její hloubka je větší než průřez láhve, případně šířka větší hrany láhve. Aby láhev byla umístěná do sekce pouze ve vodorovné poloze, je výška každé sekce přibližně stejná, jako průřez láhve, případně jako šířka menší hrany láhve.

Princip zakládání láhve do podavače je stejný. Pracovník ručně vyprázdní bednu s láhvemi do kontejneru ve tvaru čtyřbokého jehlanu. Pro zmenšení

rozměru stroje je tady provedeno rozdělení na horní a dolní sekce. Do horní sekce se vkládají láhve a před samotným podavačem, v dolní sekci, se nachází pouze jejich menší část, díky čemuž se dalo zmenšit výšku podavače. V daném případě tato výška je skoro stejná, jako výška kontejneru.



Obrázek 15 - Vertikální podavač láhve [32]

4.2.5.2 Dopravníková část

V dalším kroku jedou láhve uvnitř sekce na dopravníku (viz *Obrázek 16*). Na konci, podle společnosti Packfeeder [32], se dopravník postupně zužuje z obou stran a toto zúžení se skládá ze čtyř stejných schodů, po dvou schodech z každé strany. Výška prvního schodu je navržena tak, aby víko láhve se stále nacházelo níž než vrchol schodu. Ze strany dna takový schod umožňuje posunout láhev co nejbliž víkem k rovnoběžnému schodu. Druhý schod už má takovou výšku, aby víko láhve se dotýkalo vrcholu schodu. V tento okamžik dopravník, na kterém předtím projížděla láhev, skončí a láhev spadne dolů. Jelikož láhev byla předtím posunutá co nejbliž víkem k prvnímu schodu, víko se dotkne druhého schodu a během pádu se láhev otočí do vertikální polohy. Pro stabilizaci polohy láhve na dolním dopravníku jsou umístěné vertikální tyče, jejichž vzdálenost se přibližně rovná průřezu láhve, případně šířce větší hrany láhve. Tím je zajištěno, že láhev nespadne na jinou láhev, bude mít svou pozici na dopravníku a zároveň zajišťuje i stejnou vzdálenost mezi láhvemi na dopravníku.



Obrázek 16 - Dopravníková část [32]

5 Otvírač vík láhví – T1

Dalším krokem na lince by měl být proces odšroubování víka z láhve. Daný krok je potřebný z toho důvodu, že pro plné vyčištění láhve je nutné vylítí oleje z láhve a pak teprve následuje čištění vnitřní strany láhve.

5.1 Popis možných strojů

Ve většině případů se víko skládá ze dvou částí: samotné víko a jeho kroužek. Před prvním otevřením láhve daný kroužek je napevno spojen s víkem a po otevření se toto spojení přeruší. Tímto zákazník, kupující danou láhev, má zajištěno, že nikdo tuto láhev neotevřel.

Daný kroužek má i svou nevýhodu. Jediný způsob, kterým ho lze sundat z láhve, je jeho přeříznutí. Na trhu existuje spousta strojů pro recyklaci plastových láhví, které jsou schopné řezat kroužek, víko a zároveň i etiketu na láhvi. Na výstupu z daného stroje, podle společnosti Retech Machinery [33], je však zdeformovaná láhev bez víka a etikety. Z tohoto důvodu by se daný způsob nehodil pro případ této práce.

Přestože láhev použitá v dané práci nemá žádný kroužek a pro otevření láhve by stačilo pouze odšroubovat víko, taková operace je výjimečná. Na trhu nejsou žádné stroje pro podobné účely. Naopak na trhu je mnoho strojů, které jsou určeny pro našroubování víka na láhev a pravděpodobně by se dalo dané stroje využít a upravit i pro účely odšroubování víka.

Proces šroubování víka na láhev se dá rozdělit převážně do třech kroků: Orientování víka -> Nasazení víka na láhev -> Šroubování víka (podrobněji jsou tyto kroky probrané v *Kapitole 9*). Pro účely daného procesu by mohl být použit poslední krok – Šroubování víka.

Pro šroubování víka se používá stroj, který se, podle společnosti BellaTrx [34], skládá z otáčejícího se vřetena a k němu připevněného nástavce. Vnitřní tvar a průměr daného nástavce odpovídají vnějšímu tvaru a průměru víka láhve. V závislosti na výrobcu, hloubka nástavce může být buď stejná, jako hloubka víka nebo menší. V okamžiku, kdy pod strojem bude umístěná částečně uzavřená láhev, stroj se posune dolů, dokud se jí nedotkne, a pak se začne otáčet, čím úplně uzavře láhev.

Podobný proces by se dalo využít i pro účely odšroubování víka. Kdyby se nástavec otáčel opačným směrem, došlo by k odšroubování víka.

Za předpokladu, že víko láhve bude použité znovu, dále se bude provádět proces jeho čištění. Víko by mělo být otočené po procesu odšroubování a ležet na dopravníku dnem vzhůru pro umožnění provést čištění vnitřní strany víka. Pro tyto účely by se dalo použít robotické rameno vybavené kleštinami. Po odšroubování víka by láhev pokračovala dál na dopravníku a zastavila se v okamžiku, kdy se zastaví další láhev pro odšroubování víka. V tomto okamžiku by kleštiny ramena uchytily víko z láhve, otočily by se o 180° a přesunuly otočené víko na jiný dopravníkový pás.

Kromě výše popsaného typu stroje pro šroubování víka, existují i stroje, které spojují krok *nasazení víka na láhev* a krok *šroubování víka* dohromady. Součástí těchto strojů je podle společnosti Albertina Machinery [35] otáčející se vřeteno s k němu připevněným nástavcem. Vnitřní tvar a rozměry nástavců těchto strojů odpovídají vnějšímu tvaru a rozměrům vnější strany víka. Tyto stroje odebírají víko z dopravníku a pomocí stlačeného vzduchu ho uchytí uvnitř nástavce a pak vertikálním a otáčivým pohybem šroubují víko na láhev. Takovýto stroj by se také dalo použít i pro dané účely.

V okamžiku, kdy se bude pod strojem nacházet uzavřená láhev, tento stroj se posune dolů a otáčivým pohybem odšroubuje víko z láhve. Pak pomocí

stlačeného vzduchu tento stroj uchytí víko do nástavce a posune se nahoru. Dalším krokem je zapnutí dopravního pásu. Předtím než dorazí další láhev, stroj se znovu posune dolů a odchytí víko, čímž dojde k jeho pádu na dopravní pás. Dále by se dopravník rozdělil do dvou částí. Jedna část by byla určená pro víka, druhá pro láhve. Pro rozlišení víka a láhve a otevření cesty ke správné straně bude dopravník vybaven například optickou kamerou nebo dvěma lasery. Jeden z nich by byl umístěn ve výšce stejné jako výška víka a druhý ve výšce v rozmezí od vrcholu víka po vrchol láhve. Dalším způsobem přemístění víka na jiný dopravní pás by mohlo být například vybavení dopravníku šikmým plechem, který by se nacházel vedle odšroubovacího stroje. Po tom, jak bude víko odšroubováno a uchyceno v nástavci, šikmý plech se posune dolů do vodorovné polohy, aby se nacházel přesně pod nástavcem stroje. Dále by stroj odchytil víko, aby spadlo do plechu. Pak se plech posune zpět do šikmé polohy a víko takovým způsobem spadne na jiný dopravní pás.

Po přemístění víka na jiný dopravní pásu za předpokladu jeho dalšího použití, pro jeho převrácení může být použita šroubovice, jejíž profil odpovídá profilu víka a nájezdem do ní víko se zrychleným pohybem otočí o 180° . Příklad podobné šroubovice pro přepravky je zobrazen na *Obrázku 22*.

V případě, že víko nebude použité dále a bude vyhozené, daný dopravní pás by skončil sklonem k zásobníku, případně víko by sklouzlo do zásobníku po šikmém plechu.

5.2 Výpočet podtlaku potřebného pro zvednutí víka

Za předpokladu, že víko bude zvednuté z láhve pomocí stlačeného vzduchu je potřeba provést výpočet podtlaku na výstupu pro zvednutí jednoho víka.

Tento podtlak by šlo spočítat použitím síly F , potřebné na zvednutí jednoho víka a plochy S , ve které tento podtlak vzniká (viz *Rovnice (12)*).

Na víko v daném případě působí pouze dvě síly, síla F , jejímž cílem je zvednout a udržet dané víko, a gravitační síla mg , kde m je hmotnost víka a g je gravitační konstanta.

Za předpokladu, že zrychlení stroje je 10-krát větší než gravitační konstanta, pro sestavení rovnice rovnováhy se dá využít druhý Newtonův zákon (viz *Rovnice (13)*).

Z toho důvodu, že přísavka bude působit pouze na víko se dá předpokládat, že tvar takové přísavky by odpovídal tvaru víka a její poloměr - R_p by byl stejný, jako poloměr víka. To by se dalo použít pro výpočet obsahu přísavky (viz *Rovnice (14)*).

Výsledná rovnice pro výpočet podtlaku je *Rovnice (15)*.

$$p = \frac{F}{S} \quad (12)$$

$$F - 10 \cdot mg = 0 \quad (13)$$

$$S = \pi \cdot R_p^2 \quad (14)$$

$$p = \frac{10 \cdot mg}{\pi \cdot R_p^2} \quad (15)$$

Pro výpočet podtlaku byly použité následující číselné hodnoty:

- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $m = 0,02 \text{ kg}$ – dle zadaných parametrů použitých láhví
- $R_p = 0,035 \text{ m}$ - dle rozměrů použitých láhví

Stanovený potřebný podtlak ne jedné přísavce je spočítán v *Rovnici (16)*.

$$p = \frac{10 \cdot 0,02 \cdot 9,81}{\pi \cdot 0,035^2} = 509,8 \text{ Pa} \approx 510 \cdot 10^{-5} \text{ bar} \quad (16)$$

Výsledný podtlak v přísavce pro zvednutí jednoho víka by měl být minimálně $510 \cdot 10^{-5} \text{ bar}$.

5.3 Předpokládaný výrobce stroje

Jak již bylo zmíněno, na trhu neexistuje stroj pro odšroubování víka a proto budou tady uvedení výrobci strojů pro šroubování víka. Pro tyto výrobce by bylo pravděpodobně snadné upravit konfigurace svých strojů tak, aby se hodily i pro účely odšroubování víček láhví.

Většinu strojů na trhu lze rozdělit na dva druhy. Prvním druhem jsou stroje, které v prvním kroku nasazují víko na láhev a pak ho šroubují. Výrobci těchto strojů jsou například Kinex Cappers [36], BellaTrx [34], ICFillingSystems [37].

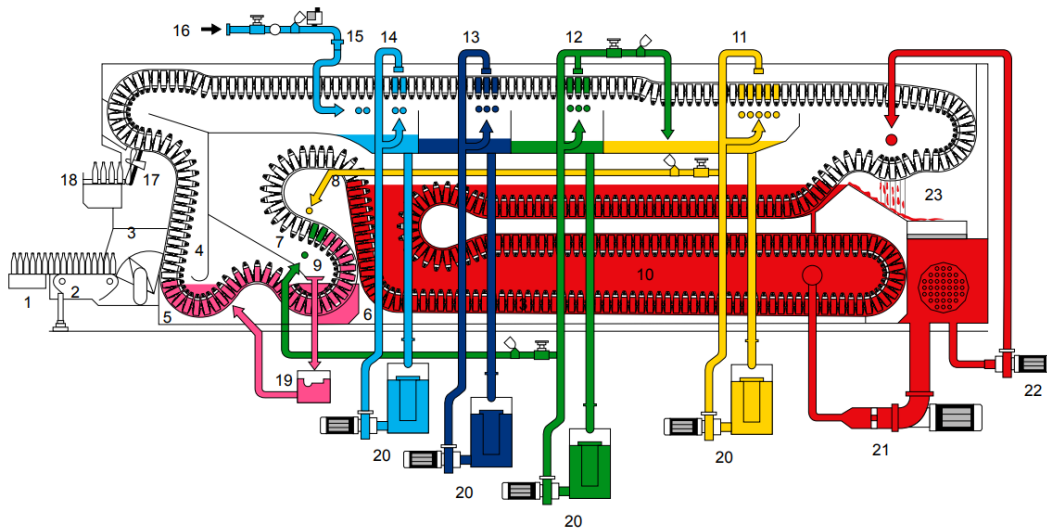
Jiným druhem jsou stroje, které jsou schopné udržovat víko pomocí podtlaku a šroubovat ho na láhve v jednom kroku. Výrobci takových strojů jsou například ClearPack [38], Albertina Machinery [39], Maharshi [40].

Každá z uvedených společností vyrábí stroje pro šroubování víka, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví/vík za hodinu. Podle výrobce ClearPack [40], maximální kapacita těchto strojů může dosahovat až 30000 láhví/vík za hodinu.

Vybavit dopravní pás šroubovicí by pravděpodobně mohly firmy, které se zabývají výrobou dopravníků. Mezi nimi jsou firmy Haberkon [20], MONK [21] a Ultimation [22].

6 Mycí stroj na láhve – C1

Na *Obrázku 17* je zobrazeno schéma typického stroje na mytí láhví. Daný stroj je přednostně určen na mytí skleněných láhví, ale podle výrobce Sidel [41] by ho šlo použít i pro čištění plastových láhví.



Obrázek 17 - Mycí stroj na láhve [41]

Mycí stroje na láhve podle společnosti Sidel [41] se většinou skládají z následujících částí (viz *Obrázek 17*):

1. Dopravník na znečištěné láhve
2. Nashromáždění znečištěných láhví
3. Automatické zakládání láhví do stroje
4. Vyprázdnění láhví
5. První předmáčení vodou
6. Druhé předmáčení vodou
7. První přehřev výstřikem vodou
8. Druhý přehřev oplachem vodou
9. Deska na sběr kapaliny po předmáčení láhví
10. Dlouhodobé namáčení láhví v louhové lázni
11. Výstřik a oplach směsí detergentem s vodou
12. První stupeň chlazení láhví vodou
13. Druhý stupeň chlazení láhví vodou
14. Třetí stupeň chlazení láhví vodou

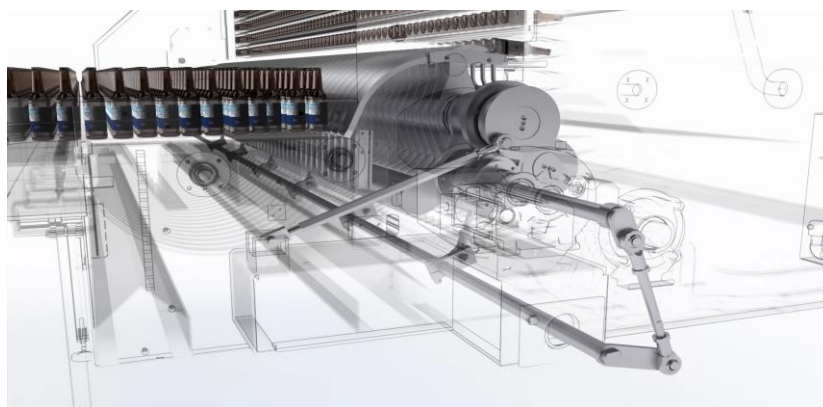
15. Výstřik pitnou vodou
16. Přívod pitné vody
17. Automatické vykládání láhví
18. Dopravník na čisté láhve
19. Filtr na předmáčení
20. Pytlový filtr
21. První čerpadlo na odstranění etiket
22. Druhé čerpadlo na odstranění etiket
23. Filtr na odstraněné etikety

Jednotlivé části zařízení jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

6.1 Zakládání láhví

Po předchozích operacích budou láhve přemístěny ke vstupnímu dopravníku čistícího stroje. Podle společnosti Kronos [42] je daný dopravník rozdělen do několika řádků, z nichž každý má stejnou šířku, jako šířka jedné láhve. Může se ale stát, že láhev spadne na dopravník. Aby taková láhev neprojela dál, dopravník má před koncem ohyb ve tvaru Z.

Dopravník má na konci dráhu ve tvaru čtvrtkružnice, po které jsou pomocí lopatek kola láhve vkládány do plastových košů (viz *Obrázek 18*). Ve většině případů je průměr těchto košů mnohem větší než šířka láhve, díky čemuž je zajištěno kvalitní čištění vnějšího povrchu láhve. Aby láhev nespadla během jejího otáčení dnem vzhůru, průměr na konci košů je naopak menší než šířka láhve, a zároveň větší než průměr víka láhve. Samotné koše jsou podle společnosti Sidel [41] vyráběné z plastu odolného vůči vysokým teplotám (do 85 °C) a dlouhodobému působení hydroxidu sodného.



Obrázek 18 - Vkládání láhví do mycího stroje [42]

6.2 Předběžné čištění a předehřev láhví

Na začátku procesu se předpokládá, že v láhvích může zůstat kapalina v malém množství. Pro tyto účely se láhev otáčí přibližně o 100-120° a kapalina vytéká do trubky s odpadem, která je po ukončení směny čištěná ručně [41]. Daný způsob se nehodí pro případ dané práce, jelikož odevzdané láhve budou v daném případě jistě plné oleje a objem dané trubky by nestačil, aby se do ní vylil veškerý olej. Z tohoto důvodu by měl být daný krok modifikován potrubím, do něhož by se vyléval olej z láhví. Toto potrubí by bylo napojeno na linku na zpracování oleje.

Z obecného pohledu mohou být odevzdané láhve znečištěné prachem, pískem a podobnými nečistotami, které se dají odstranit i bez pomoci lázně s detergentem a proto pro menší znečištění lázně se provádí předběžné čištění láhví.

Dalším krokem po otočení láhve je odstranění tvrdých částic z vnější a vnitřní strany láhve. Tento krok se liší v závislosti na znečištění láhve. V případě uvedeném na *Obrázku 17* se používá dvoustupňové předmáčení vodou. Teplota vody v první lázni je 35 °C, ve druhé 45 °C. Na rozdíl od postřiku, ponoření do lázně zaručuje kvalitnější čištění vnitřního a vnějšího povrchu láhve. Postupné zvýšení teploty z teploty ve výrobní hale, což je přibližně 15-20 °C, přes teplotu 35 °C až do teploty 45 °C způsobí nevýznamnou teplotní deformaci láhve [41]. Někteří výrobci místo popsaných procesů v tomto kroku používají postřik vodou o teplotě 35-45 °C pouze vnitřní strany láhve [43]. Z toho důvodu, že pro účely dané práce by měla být jedna láhev čištěná vícekrát, její deformace kvůli rychlému zvýšení teploty by se mohla projevit a proto pro naše účely by se lépe hodil první způsob předběžného čištění.

Teplota louhové lázně je 80 °C a z tohoto důvodu je potřebný další předehřev láhve. Pro tyto účely se používají dva postřiky o teplotách 65 °C a 70 °C (viz *Obrázek 17*). První postřik je určen pro vnitřní stranu láhve a provádí se pomocí rotačních sprch o teplotě 65 °C. Výhodou rotačních sprch je podle společnosti Sidel [41] to, že jsou schopné dosáhnout na více míst než sprchy pevné, čímž zlepšují kvalitu čištění. Až na samotný předehřev se daný postřik používá i pro čištění láhve od větších nečistot, jako například kus papíru, který se dá odstranit pouze pomocí postřiku. Současně s tímto postřikem se nerotačními trysky provádí i oplach vnější strany láhve pomocí směsi vody a hydroxidu sodného o teplotě 70 °C. Oplach detergentem v daném kroku se

používá pro odstranění silných nečistot, například naftových, a pro účely této práce by stačil pouze oplach vnější strany láhve vodou o teplotě 65 °C.

6.3 Hydroxid sodný

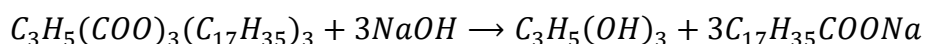
Po předběžnému čištění a předeřevu láhví by bylo dále provedeno jejich ponoření do lázně s hydroxidem sodným.

6.3.1 Obecná informace

Hydroxid sodný ($NaOH$) je podle J. Chmelaře [44] silně zásaditá anorganická sloučenina. Ve svém čistém stavu je to pevná bílá látka ve tvaru malých lístečků nebo granulí. Je silně hygroskopická a je schopná pohlcovat oxid uhličitý ze vzduchu, čímž pak vzniká uhličitán sodný. Z tohoto důvodu by měla být uchovávána v hermeticky uzavřených obalech.

Hydroxid sodný se používá v chemickém průmyslu, například při výrobě mýdel, v textilním průmyslu při výrobě papíru a celulózy, ve vodárenství při úpravách pitné vody. Zajímavým pro účely dané bakalářské práce by byl potravinářský průmysl, ve kterém se hydroxid sodný používá při zpracování olejů a tuků a zároveň i jako desinfekční činidlo pro vymývání strojů [44].

Slunečnicový olej se především skládá z kyseliny linolové ve formě triacylglycerolu. Typickou reakcí hydroxidu sodného $NaOH$ a triacylglycerolu $C_3H_5(COO)_3(C_{17}H_{35})_3$ je zmydelnění, neboli saponifikace [45]:



Během této reakce dochází ke vzniku solí mastných kyselin, neboli mýdla $C_{17}H_{35}COONa$ a glycerolu $C_3H_5(OH)_3$ který se používá jako přísada v hydratačních krémech a mýdlech [45].

6.3.2 Bezpečnostní opatření

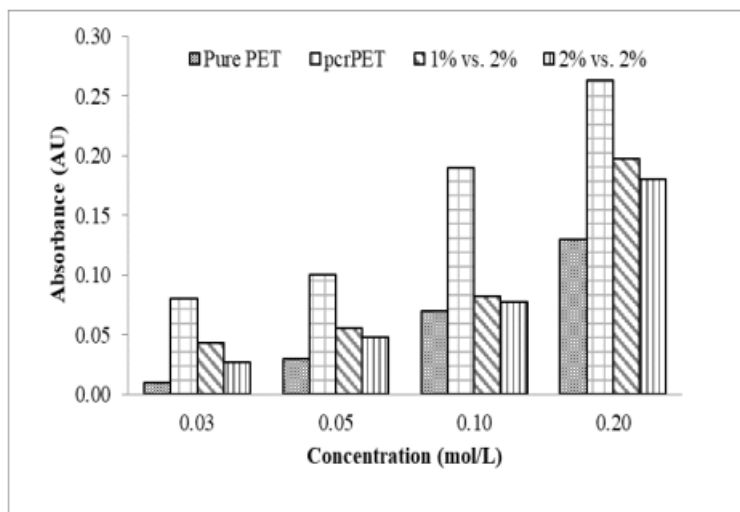
Jak již bylo uvedeno výše, hydroxid sodný je silná zásada a stejně jako každá zásada je schopná rozkládat bílkoviny a může postupně pronikat dovnitř lidských tkání, pokud nebude úplně odstraněná. Tak například podle Japan Soda Industry Association [46] při dopadu do oka může způsobit poškození zraku až slepotu a při dopadu na pokožku může vzniknout dermatitida. Z těchto důvodů každá firma, používající hydroxid sodný

pro jakýkoliv účel, by měla dodržovat bezpečnostní opatření, která jsou regulovaná Evropskou Komisí v rámci programu REACH Regulation (Registration Evaluation Authorisation and Restriction of Chemicals) anebo jiným výkonným orgánem v závislosti na státu, ve kterém se daná firma nachází [47]. Dále jsou vypsány příklady podobných bezpečnostních opatření. Tato bezpečnostní opatření jsou převzata z Japan Soda Industry Association [46].

- Každý dělník pracující s hydroxidem sodným by měl znát základní pravidla chování s ním a umět poskytnout první pomoc postižené osobě.
- Louhová lázeň by měla být izolovaná od všech ostatních částí mycího stroje a přístup k ní by měli mít pouze kvalifikované pracovníci.
- Během reakce velkého množství hydroxidu sodného a vody dochází k silné exotermické reakci, a proto v sekcích mycího stroje, kde dochází k podobným reakcím, by se mělo provádět neustálé měření teploty. V dané práci předpokládáme, že díky použití malé koncentrace hydroxidu sodného během čištění, zvýšení teploty láhve by nemělo být velkým a nemělo by význam na další procesy.

6.3.3 Koncentrace hydroxidu sodného pro čištění plastu

Daná kapitola je primárně zaměřená na popis výsledků kolorimetrického měření [48], jehož cílem bylo zjistit optimální koncentraci hydroxidu sodného na čištění vložek PET (PET – Polyethylentereftalát - je druh plastu, který se používá pro výrobu láhve) (viz *Obrázek 19*).



Obrázek 19 - Výsledky kolorimetrického měření [48]

Na *Obrázku 19* jsou zobrazené výsledky kolorimetrického měření [48]. Kvůli tomu, že ve městě, ve kterém se provádělo dané měření, nebylo možné dostat plast, který by obsahoval 100 % PET, měření se provádělo pro směsi plastů, v nichž až na samotný PET byly obsahované i jiné druhy plastů, jako například polyethylen, polypropylen a podobné. Koncentrace PET v daných směsích (mol/L) se lišila a je uvedena na vodorovné ose – 0.025, 0.05, 0.1, 0.15 a 0.2 mol/L. Pro každou z daných koncentrací byla provedena 4 měření – Pure PET, pcrPET, 1 % vs. 2 %, 2 % vs. 2 % (viz dále) [48].

Na začátku daného měření byla změřená absorbance čistého PET (Pure PET), který se nepoužíval nikde předtím, a absorbance použitého PET (pcrPET). Ve výsledku bylo zjištěno, že kvůli znečištění použitého PET je jeho absorbance mnohem větší než absorbance čistého PET, z čehož plyne, že čím menší je výsledná absorbance PET, tím je PET čistější. Dále bylo provedeno několik ponoření použitého PET do lázně po dobu 30 minut při teplotě 80 °C. Každé ponoření se lišilo koncentrací hydroxidu sodného a detergentu FORYL LFO (dále jen FLO). Po ponoření bylo provedeno sušení PET po dobu 10 minut a při teplotě 130 °C a pak byla změřena výsledná absorbance. Na *Obrázku 19* jsou zobrazené výsledky dvou takových ponoření, během nichž byly použity 1 % hydroxidu sodného oproti 2 % FLO (1 % vs. 2 %) a 2 % hydroxidu sodného oproti 2 % FLO (2 % vs. 2 %) a pro porovnání na *Obrázku 19* jsou také zobrazené výsledné absorbance čistého PET a použitého PET před jeho ponořením. Z daného obrázku je vidět, že nejmenší hodnoty absorbance a tím pádem i nejlepšího výsledku čištění bylo dosaženo za použití 2 % FLO a 2 % hydroxidu sodného [48].

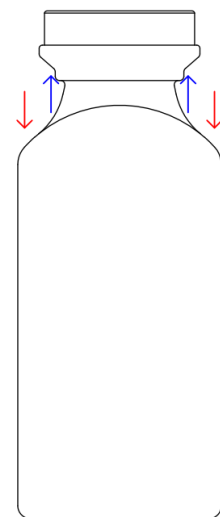
Na *Obrázku 19* nejsou zobrazené výsledky měření absorbance při menších koncentracích, například 1 % hydroxidu sodného oproti 1 % FLO, protože podle měření [48] tak malé koncentrace neměly skoro žádný účinek na PET, a zároveň nejsou zobrazené ani výsledky měření při větších koncentracích, například 3 % oproti 2 %, protože takové velké koncentrace přinesly změnu barvy PET na žlutou.

U popsaného měření byl použit detergent FORYL LFO, který by se dalo pořídit ve firmě Pulcra Chemicals [49], která se zabývá výrobou skupiny detergentů FORYL.

6.3.4 Louhová lázeň

Jak bylo zjištěno z popsaného kolorimetrického měření, pro účely dané práce mohou být použity roztoky 2 % hydroxidu sodného a 2 % FLO při teplotě lázně 80 °C. Jak již bylo zmíněno, pro kolorimetrické měření se provádělo ponoření do lázně po dobu 30 minut. Ponoření na tak dlouhou dobu při plně automatizovaném čištění má za následek buď velké rozměry mycího stroje, a tím pádem i velkou cenu daného stroje, anebo malou kapacitu stroje, a proto podle doporučení výrobce daných strojů Anticoro-Babik [50] se bude ponoření provádět po dobu 7 minut. Pravděpodobně po projednání s výrobcem by mohly být změněné koncentrace čistícího roztoku a teplota lázně.

Jak je vidět z *Obrázku 17* ponoření do lázně se provádí ve třech stupních. Na vstupu do lázně se bude láhev nacházet ve své normální poloze, následně bude láhev otočená o 90° a pak znovu o 90° a už se bude nacházet dnem vzhůru. Poté se láhev otočí o 90° do protistrany a pak zase o 90° a znovu se bude nacházet v normální poloze, tím pádem byla láhev otočená třemi různými stranami. Podobné otočení láhve se podle společnosti Sidel [41] provádí ze dvou důvodů. Prvním důvodem je, že na roztok také působí gravitační síla a proto ve stejné poloze budou některé části láhve omývané lépe a některé hůř. Příklad podobného působení roztoku vlivem gravitační síly je zobrazen na *Obrázku 20*. V něm jsou červenou šipkou označené příklady míst, kde roztok bude působit víc, pokud se láhev nachází v normální poloze. Modrou šipkou jsou označené příklady míst, ve kterých bude roztok působit víc, pokud láhev bude otočená. Druhým důvodem otočení láhve je šetření místa uvnitř stroje. Za stejnou délku a za stejný čas mezi začátkem a koncem lázně projede láhev větší vzdálenost.



Obrázek 20 - Působení roztoku vlivem gravitační síly

6.4 Ultrazvuková lázeň

V našem případě bude třeba při čištění láhve zajistit, že po čištění láhve na ní zůstane etiketa bez porušení. Přestože výrobce láhve zaručuje odolnost dané etikety vůči vysokým teplotám, hydroxid sodný je silná zásada a nelze jistě říct, jestli po louhové lázni nebude etiketa zničená. Z tohoto důvodu by měla být navržena alternativní varianta louhové lázně. Příkladem takové varianty je ultrazvuková lázeň.

6.4.1 Obecná informace

Proces čištění ultrazvukem podle Azara [51] probíhá na rozhraní povrchu čištěného předmětu a kapalného čisticího média. Nečistoty jsou odstraněny z povrchů předmětu pomocí mechanické energie. Zdrojem dané energie je ultrazvukový měnič, který je zpravidla umístěn na dně vany. Cílem daného měniče je transformovat přivedenou vysokofrekvenční energii z generátoru na mechanicko-akustické kmity a vytvořit homogenní ultrazvukové pole. Při průchodu kapalinou, případně médiem, ultrazvuk způsobuje intenzivní kmitání molekul a tím způsobuje vznik míst nízkého a vysokého tlaku. V místech nízkého tlaku dochází k pronikání okolního vzduchu a vzniku bublinek. Vlivem nízkého tlaku a okolního vzduchu bublinky postupně expandují. Po změně polarity ultrazvukovým měničem dochází k jejich rychlému smrštění až zániku. Taková místa jsou označena jako kavitační centra. V okolí takových center dochází k rychlému nárůstu teploty a k tlakovým vlnám o vysoké energii, které narušují vazby mezi povrchem čištěného předmětu a nečistotami. Tento proces se nazývá kavitace.

V současné době podle Huckabaye [52] čištění ultrazvukem se počítá jako ekologičtější čištění, protože společně s ultrazvukem se většinou používají netoxické, nehořlavé detergenty neobsahující fosfát, které jsou bezpečné pro životní prostředí a zároveň i pro lidi.

6.4.2 Porovnání účinku ultrazvukové lázně s účinkem louhové lázně

Daná kapitola je zaměřena na popis výsledků měření, jehož cílem bylo porovnání účinků čištění láhví čisticími prostředky bez použití ultrazvuku a účinků čištění láhví stejnými čisticími prostředky, když by se proces čištění prováděl již v ultrazvukové lázni (viz *Tabulka 2*) [53].

| Extent of cleaning % | SU860 0.5%, 1% NaOH 45° C. | |
|------------------------|-------------------------------|-----|
| | Water only 45° C. | |
| with ultrasonic energy | 95 | 100 |
| no ultrasonic energy | 50 | 50 |

Tabulka 2 - Výsledky porovnání čištění láhve různými čisticími prostředky [53]

V *Tabulce 2* jsou zobrazené výsledky porovnání čištění láhve různými čisticími prostředky. Předtím láhev byla znečištěná tomatovým džusem a mikroorganismem aspergillus, což je plíseň. Dále se provádělo čištění láhve po dobu 2 minut a výsledky byly měřené pomocí mikroskopu. Podle výsledků je vidět, že čištění vodou a ultrazvukem je účinnější než čištění směsí 1 % hydroxidu sodného a 0,5 % detergentu SU860 bez ultrazvuku [53].

Jelikož znečištění kuchyňským olejem je mnohem silnější než tomatovým džusem a plísní, pro čištění pomocí ultrazvuku bude použita delší doba čištění než 2 minuty. Zároveň z toho důvodu, že ultrazvuk jenom zrychluje proces reakce mezi znečištěným povrchem a detergentem, ale neúčastní se čištění povrchu napřímo, se dá předpokládat, že kvalita čištěného povrchu po ultrazvukové lázni bude při použití horšího detergentu na čištění oleje, jako například JAR, horší než po louhové lázni.

6.4.3 Změny v procesu čištění

Jak již bylo uvedeno výše, pro účely této práce čištění ultrazvukem se používá jako nezásaditá alternativa louhové lázně a z tohoto důvodu hlavním čisticím prostředkem ultrazvukové lázně by měl být méně zásaditý detergent. To znamená detergent s menším potenciálem vodíku (dále jen pH). Příkladem takového detergentu je CIF krém na čištění plastů, jehož pH je 11, což ho dělá méně zásaditou látkou než hydroxid sodný (pH hydroxidu sodného je 14) [54]. Dalším příkladem je JAR na čištění nádobí, jehož pH je přibližně 7, což ho dělá detergentem neutrálním [55].

Pokud by po provedení experimentu bylo rozhodnuto, že použití CIF krému nemá žádný škodlivý účinek na etiketu láhve, daný detergent by byl použit pro čištění láhve o doporučené koncentraci 33 % [54]. V opačném případě se použije JAR o doporučené koncentraci 5 % [56].

Jelikož dané prostředky jsou hlavně určeny pro domácnost, jejich doporučená teplota použití je přibližně 25-30 °C. Z tohoto důvodu by byl změněn celý proces čištění. V našem případě by nebyl potřebný přehřev láhve na teplotu lázně a následné chlazení na pokojovou teplotu. Proces čištění by mohl vypadat následovně: Vyprázdnění láhvi -> Výstřik a oplach vodou o teplotě 25 °C -> Dlouhodobé namáčení láhvi v ultrazvukové lázni ve třech stupních o teplotě 25 °C -> Výstřik roztokem detergentu o teplotě 25 °C -> Výstřik a oplach vodou o teplotě 25 °C -> Výstřik pitnou vodou o teplotě 15 °C.

Takový proces čištění by zjednodušil konstrukci mycího stroje, čím by zlevnil výrobu a nákup stroje. Na druhou stranu existuje pravděpodobnost, že takový proces by byl méně kvalitní z hlediska výsledné čistoty láhve.

6.4.4 Výrobce

Z toho důvodu, že výrobci čisticích strojů na láhve nenavrhují alternativní variantu lázně než louhovou, daní výrobci se pravděpodobně nebudou zabývat vybavením lázně ultrazvukovým měničem a jeho dalším nastavením a proto by se daným procesem zabývala jiná firma, například Anmasi [57], Zenith Ultrasonic [58], Cleaning Technologies Group [59].

6.5 Odstranění etikety z láhvi

Podle *Obrázku 17* výrobce daného mycího stroje Sidel [41] předpokládá, že etiketa z láhve by byla částečně odstraněná během ponoření do lázně a proto dalším krokem by bylo její úplné odstranění z láhve. Pro účely této práce bude daný krok zanedbán, protože předpokládáme, že etiketa zůstane po ponoření do lázně neporušená.

6.6 Závěrečné čištění a chlazení láhvi

Po ponoření láhve do louhové lázně výrobci mycích strojů doporučují provádět postřik vnější a vnitřní strany láhve malou koncentrací hydroxidu sodného. Stejně jako předtím jsou podle společnosti Sidel [41] pro výstřik vnitřní části láhve použité rotační sprchy a pro oplach vnější části láhve pevné sprchy. Daný krok by musel zajistit rovnoměrné pokrytí láhve hydroxidem sodným, čímž zajistí vyčištění těch částí láhve, které nebyly dostatečně vyčištěné během ponoření do lázně, například dno láhve. Navíc by se daným krokem zvětšila celková kvalita čištění láhve. Pro daný krok se používá směs

roztoku hydroxidu sodného a vody pro zajištění malé koncentrace detergentu. Dělá se to z několika důvodů. Prvním důvodem je bezpečnost. Na rozdíl od louhové lázně daná sekce není úplně izolovaná od ostatních a páry zásaditého hydroxidu sodného by měly negativní účinek na procesy, ve kterých se používá čistá voda. Stejně tak by to mělo negativní účinek i na zdraví dělníků. Dalším důvodem je to, že většina nečistot z láhve by byla odstraněna během ponoření do lázně a v daném kroku by bylo zbytečné použití vysoké koncentrace detergentu a dokonce by to mohlo přivést i k deformaci nebo změně barvy láhve.

Jelikož teplota louhové lázně je 80 °C a teplota ve výrobě je přibližně 15-20 °C, dalším krokem by bylo postupné chlazení láhve na teplotu ve výrobní hale. Výrobci mycích strojů doporučují provádět daný krok minimálně ve třech stupních. Prvním stupněm podle společnosti Sidel [41] by byl postřik vnitřní a vnější strany láhve o teplotě 65 °C, druhým je postřik o teplotě přibližně 45 °C a závěrečným stupněm by byl postřik o pokojové teplotě 20 °C.

Posledním krokem v procesu čištění láhve je postřik její vnitřní strany pitnou vodou o teplotě 15 °C. Hlavním důvodem daného postřiku je odstranění možných zbytků hydroxidu sodného z láhve, což doporučují provádět studenou vodou [60]. Dalším důvodem je chlazení láhve, aby po ukončení procesu čištění nedošlo ke vzniku kondenzátu kvůli velkému rozdílu teplot mezi povrchem láhve a vnějším prostředím [60].

6.7 Vykládání láhví

Mechanismus, který zajišťuje vykládání láhví ze stroje na dopravní pás, podle společnosti Sidel [41] se většinou skládá ze dvou částí (viz *Obrázek 21*): „rozdělený skluz“ (z angličtiny – divided chute), který vykonává vodorovný pohyb a „vykládací prsty“ (z angličtiny – discharge fingers), které konají svislý pohyb (viz *Obrázek 21*). Při vstupu do vykládací zóny jsou láhve pomocí horní části skluzu udržované skoro ve vertikální poloze. Jakmile skluz odjíždí od láhví, vykládací prsty začínají působit na láhve ze strany dna a tím je zvedají o několik milimetrů. Takovým způsobem se bude otvor pro víko láhve nacházet rovnoběžně s koncovým otvorem plastového koše, do kterého je láhev vložena. Pak se vykládací prsty posouvají dolů a spolu s nimi se posouvají dolů i láhve. Dále se skluz vrací do své původní polohy a jeho dolní část

posune láhve z vykládacích prstů na plastovou desku, která stojí před dopravníkem. Z desky pak budou láhve posunuté na dopravní pás dalšími láhvemi během dalšího cyklu vykládání. Takovým způsobem je zajištěn plynulý a nehluký posun láhví z mycího stroje na dopravní pás. Při procesu čištění výrobci zajišťují, že láhve budou suché, a proto se nebude dále provádět proces jejich sušení.



Obrázek 21 - Vykládání láhví z mycího stroje [42]

6.8 Výpočet objemů nádrží

Objem vody potřebný pro postřik jedné láhve je závislý na jejím tvaru, objemu, stupni znečištění, teplotě vody, způsobu čištění a dalších procesech, které se budou používat při čištění. Z tohoto důvodu nelze přesně spočítat, jaké množství vody bude použité na jednu láhev. Podle výrobců strojů na dezinfekci a čištění pивních láhví ([61], [62], [63]) pro vnitřní část jedné láhve o objemu jeden litr se používá přibližně 300 ml vody. Na základě toho, že objem láhve v dané práci je 1,2 l a znečištění olejem je silnější než znečištění pivem, dá se předpokládat, že pro čištění jedné takové láhve bude použito trojnásobné množství vody, to znamená 900 ml vody na vnitřní nebo vnější stranu jedné láhve.

Z *Obrázku 17* je vidět, že použitá kapalina se přivádí do filtru a pak je zpětně používána. Stejně jak bylo uvedeno dříve, nelze přesně definovat množství kapaliny, které zůstane na láhvi a kolik bude pomocí filtru zpětně využité v procesu čištění. Za předpokladu, že po vylití kapaliny z láhve v ní zůstane maximálně 5 % dané kapaliny

a ještě 2 % kapaliny se ztratí během procesu filtrace, zbylých 93 % budou opětovně použité. Takovým způsobem se dá spočítat denní objem nádrže potřebný k čištění láhví. Z důvodu, že výrobci mycích strojů na láhve neposkytují žádnou informaci ohledně objemů používaných nádrží, daný předpoklad není založen na žádném experimentu nebo výzkumu a reálné číslo se může výrazně lišit od předpokladu.

Na *Obrázku 17* je vidět, že během procesu předmáčení láhve (kroky 5 a 6) výrobce používá pouze jeden filtr pro dvě lázně. To znamená, že pro druhé předmáčení bude voda dodatečně ohřívána přímo v lázni. Navíc to ukazuje, že dané lázně mají společný systém proudění kapaliny a tím pádem mají i společnou nádrž. Pro výpočet objemu dané nádrže $V_{5,6}$ lze předpokládat použití 1,8 l vody na jednu láhev, kapacitu stroje 2000 láhví za hodinu, 8-hodinový denní provoz a celkové ztráty vody 7 % (viz *Rovnice (17)*).

Pro proces předeřevu láhve výstřikem (krok 7) a pro první stupeň chlazení láhve (krok 12) se používá voda o stejné teplotě 65 °C. Z tohoto důvodu je pro tyto procesy použité společné potrubí a společná nádrž. Jak již bylo zmíněno výše, oplach vodou o teplotě 65 °C bude použit i v kroku 8, což znamená, že na rozdíl od *Obrázku 17* v daném kroku bude použité společné potrubí a společná nádrž s kroky 7 a 12. Kromě toho na *Obrázku 17* je vidět, že část této vody vytéká do nádoby při kroku 11. Pro výpočet objemu nádrže pro dané kroky $V_{7,8,11,12}$ lze předpokládat použití 900 ml vody na jednu láhev pro kroky 7 a 8, 900 ml pro krok 11 a 1,8 l pro krok 12, kapacitu stroje 2000 láhví za hodinu, 8-hodinový denní provoz a ztráty vody 7 % (viz *Rovnice (18)*). Zde je vhodné upozornit na nedostatek na *Obrázku 17*. Dle daného schématu po postřiku láhve v krocích 7 a 8 kapalina stéká hned do desky 9 na sběr kapaliny po předmáčení. Za předpokladu, že v kroku 8 bude téct směs vody a detergentu, a navíc teplota vody v daných krocích bude mnohem vyšší než v lázních, mohl by být podobný děj nebezpečným pro láhve. To znamená, že na daném schématu není zobrazené potrubí pro sběr a přenos kapaliny do filtru pro kroky 7 a 8. Jako potvrzení slouží i to, že na schématech jiných strojů stejné firmy Sidel (stroje Oceano a Hydra) [41] je podobné potrubí zobrazeno.

Pro výpočet objemu louhové lázně (krok 10) pro kapacitu 2000 láhví za hodinu s tím, že budou láhve ponořené do lázně na dobu 7 minut, jsme schopní spočítat, kolik láhví se bude nacházet v lázni současně. Navíc předpokládáme, že objem lázně je pětkrát

větší než celkový objem láhví (objem jedné láhve je 1,2 litrů), tak se dá spočítat množství roztoku pro napuštění lázně. Dále uvažuji, že 7 % roztoku z lázně zůstane na láhvích a ve filtru a nebude použité znovu. Za tohoto předpokladu jsme schopní spočítat, kolik roztoku bude doplňováno během 8-hodinové směny. Celkový objem nádrže obsahující roztok pro louhovou lázeň V_{10} je spočítán v *Rovnici (19)*. Na *Obrázku 17* není zobrazen filtr na čištění lázně, protože podle společnosti Sidel [41] je to doplňková možnost a některé firmy, které se zabývají čištěním láhví, nečistí louhovou lázeň během výrobního dne. Pro účely této práce je však vhodné daný filtr použít.

Pro postřik směsí roztoku hydroxidu sodného a vody (krok 11) předpokládáme použití 1,8 l směsi na jednu láhev, z nichž 900 ml bude tvořit roztok a 900 ml voda o teplotě 65 °C, jejíž objem nádrže byl spočítán předtím. Dále pro kapacitu 2000 láhví za hodinu, 8-hodinovou směnu a za předpokladu, že 7 % roztoku zůstane na láhvi a ve filtru, jsme schopní spočítat objem nádrže pro daný roztok V_{11} (viz *Rovnice (20)*).

Objemy nádrže na vodu pro chlazení láhve (kroky 13,14) V_{13} , V_{14} se dají spočítat za předpokladu použití 1,8 l vody na jednu láhev, kapacity stroje 2000 láhví za hodinu, 8-hodinovou směnu a celkové ztráty vody 7 % (viz *Rovnice (21)*).

Za předpokladu použití 900 ml vody na jednu láhev, pro kapacitu 2000 láhví se dá spočítat průtok pitné vody z vodovodu (krok 15) \dot{V}_{15} (viz *Rovnice (22)*).

$$V_{5,6} = 2 \cdot (1,8 \cdot 2000 \cdot 8 \cdot 0,07) = 4032 \text{ l} \approx 4,5 \text{ m}^3 \quad (17)$$

$$\begin{aligned} V_{7,8,11,12} &= ((0,9 \cdot 2000 \cdot 8) + (0,9 \cdot 2000 \cdot 8) + (0,9 \cdot 2000 \cdot 8) + (1,8 \cdot 2000 \cdot 8)) \cdot 0,07 \\ &= 5040 \text{ l} \approx 5,5 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (18)$$

$$V_{10} = 2000 \cdot \frac{7}{60} \cdot 1,2 \cdot 5 + 2000 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 0,07 = 2744 \text{ l} \approx 3 \text{ m}^3 \quad (19)$$

$$V_{11} = 0,9 \cdot 2000 \cdot 8 \cdot 0,07 = 1008 \text{ l} \approx 1,5 \text{ m}^3 \quad (20)$$

$$V_{13} = V_{14} = 1,8 \cdot 2000 \cdot 8 \cdot 0,07 = 2016 \text{ l} \approx 2,5 \text{ m}^3 \quad (21)$$

$$\dot{V}_{15} = 0,9 \cdot 2000 = 1800 \text{ l/h} \approx 1,8 \text{ m}^3/\text{hodinu} \quad (22)$$

Pro použití ultrazvukové lázně předpokládáme použití dvou postřiků vodou o teplotě 25 °C. Jelikož teplota vody je stejná, bude použit společný systém potrubí a společná nádrž. Taktéž očekáváme i postřik roztokem detergentu o teplotě 25 °C. Stejně jako

předtím, předpokládáme použití 1,8 l vody na jednu láhev, kapacitu 2000 láhví za hodinu, 8-hodinovou směnu a ztráty vody 7 %. Výpočet objemu nádrže pro postřiky vodou $V_{U2,5}$ je uveden v *Rovnici (23)*. Výpočet objemu nádrže V_{U4} pro postřik detergentem je uveden v *Rovnici (24)*.

Z důvodu, že ultrazvuková lázeň se nebude lišit od louhové lázně, lze předpokládat, že objem nádrže na ultrazvukovou lázeň V_{U3} je stejný, jako objem nádrže na louhovou lázeň (viz *Rovnice (25)*).

Za předpokladu použití 900 ml vody na jednu láhev, pro kapacitu 2000 láhví za hodinu se dá spočítat průtok pitné vody z vodovodu \dot{V}_{U6} (viz *Rovnice (26)*).

$$V_{U2,5} = 2 \cdot (1,8 \cdot 2000 \cdot 8 \cdot 0,07) = 4032 \text{ litrů} \approx 4,5 \text{ m}^3 \quad (23)$$

$$V_{U4} = 1,8 \cdot 2000 \cdot 8 \cdot 0,07 = 2016 \text{ litrů} \approx 2,5 \text{ m}^3 \quad (24)$$

$$V_{U3} = 2000 \cdot \frac{7}{60} \cdot 1,2 \cdot 5 + 2000 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 0,07 = 2744 \text{ litrů} \approx 3 \text{ m}^3 \quad (25)$$

$$\dot{V}_{U6} = 0,9 \cdot 2000 = 1800 \text{ litrů/hodinu} \approx 1,8 \text{ m}^3/\text{hodinu} \quad (26)$$

6.9 Výrobce

Na trhu není tolik firem, které se zabývají výrobou mycích strojů na láhve. Mezi takové firmy patří BollFilter [64], Anticoro Bábík [50], Kronas [42], Sidel [41], Akomag [43].

Každá z uvedených společností je schopná vyrobit stroje pro kapacitu 2000 láhví za hodinu a forma čištění, která se používá v každém z daných strojů, přibližně odpovídá procesu popsanému výše. Podle výrobce Sidel [43], je tento stroj schopný čistit maximálně 20000 láhví za hodinu.

7 Mycí stroje na bedny a víka beden – C2, C3

Při dopravě přepravních beden existuje pravděpodobnost rozbití láhve a následného vylití oleje do bedny a jeho rozstříkání do víka bedny. Proto je potřebné provádět proces čištění beden a jejich vík, aby se dalo zajistit, že vyčištěné láhve nebudou znovu znečištěné v bedně.

7.1 Popis procesu

Jelikož objem jedné láhve je 1,2 l a objem jedné bedny je 12 l, znečištění bedny olejem po rozbití jedné láhve je malé, znečištění víka bedny v tomto případě by bylo ještě menší. Pravděpodobnost toho, že při dopravě dojde k rozbití láhve, je relativně malá. Z těchto dvou důvodů čištění beden a jejich vík pomocí silných detergentů, jako například hydroxidu sodného, by bylo zbytečné. Proto bude provedené pouze jemné čištění. Pro dané účely by mohl být využit detergent CIF krém na čištění plastů o doporučené koncentraci 33 % a teplotě 25-30 °C [54].

Proces čištění se provádí pomocí myček přepravek. Na začátku procesu podle společnosti NATE [65] jsou bedny obrácené dnem vzhůru. Jedním ze způsobů takového obrácení je nájezd přepravky zrychleným pohybem do šroubovice, jejíž profil odpovídá profilu přepravky (viz *Obrázek 22*). Dále bedny na dopravníku pokračují do mycího tunelu. Daný tunel je vybaven tryskami ze všech stran bedny. Pro účely této práce může být rozdělen do několika nezávislých sekcí. Samotný dopravní pás uvnitř tunelu je pouze po stranách bedny, aby zajistit její vnitřní čištění. Po umytí by mohla být bedna vysušená proudem vzduchu o pokojové teplotě a na konci procesu by byla otáčená do původní polohy. Dané myčky jsou vybavené filtrací mycích roztoků rozdělenou na filtraci hrubých a jemných nečistot.

Stejnou myčku by se dalo použít i na víka přepravek. Jediný rozdíl by se spočíval v tom, že víko by se neotáčelo o 180° během procesu.

Samotný proces jemného čištění přepravek a jejich vík by se mohl skládat z následujících kroků: Oplach vodou o teplotě 25 °C -> Mytí detergentem o teplotě 25 °C -> Oplach vodou o teplotě 25 °C -> Oplach pitnou vodou o teplotě 15 °C -> Sušení proudem vzduchu o pokojové teplotě.



Obrázek 22 - Šroubovice na otáčení beden [65]

7.2 Výpočty objemů nádrží

Přibližná spotřeba kapaliny na mýtí jedné bedny o rozměrech stejných, jako je bedna použitá pro účely této práce, je 7 l [66]. S tím, že jedná bedna umísťuje 9 láhví, pro kapacitu 2000 láhví za hodinu by měla být kapacita daného stroje přibližně 222 beden za hodinu. Za předpokladu, že po procesu mýtí se na bedně zůstane 5 % kapaliny a během filtrace se ztratí ještě 2 %, to znamená, že 7 % kapaliny nebude pak využité v procesu čištění. Na základě toho se dá spočítat objem nádrže potřebný na jednu 8-hodinovou směnu.

Objem nádrže na vodu o teplotě 25 °C je označen jako V_W a je spočítán v *Rovnici (27)*. Objem nádrže na roztok detergentu je označen jako V_D a je spočítán v *Rovnici (28)*. Pitná voda bude přiváděná z vodovodu a proto pro daný krok je spočítán pouze její průtok \dot{V}_{FW} (viz *Rovnice (29)*).

$$V_W = 2 \cdot (7 \cdot 222 \cdot 8 \cdot 0,07) \approx 1745 \text{ litrů} \quad (27)$$

$$V_D = 7 \cdot 222 \cdot 8 \cdot 0,07 \approx 875 \text{ litrů} \quad (28)$$

$$\dot{V}_{FW} = 7 \cdot 222 \approx 1555 \text{ litrů/hodinu} \quad (29)$$

Z hlediska toho, že jedno víko má stejnou plochu, jako bedna, ale má přibližně 10-krát menší výšku, se dá předpokládat, že spotřeba kapaliny na jedno víko se zmenší o 10-krát a bude se rovnat 700 ml. Za předpokladu celkových ztrát kapaliny 7 %, pro kapacitu 222 vík za hodinu a pro 8-hodinovou směnu se dá spočítat objem nádrže na

vodu o teplotě 25 °C V_W (viz Rovnice (30)), objem nádrže na roztok detergentu V_D (viz Rovnice (31)) a průtok pitné vody z vodovodu \dot{V}_{FW} (viz Rovnice (32)).

$$V_W = 2 \cdot (0,7 \cdot 222 \cdot 8 \cdot 0,07) \approx 174,5 \text{ litrů} \quad (30)$$

$$V_D = 0,7 \cdot 222 \cdot 8 \cdot 0,07 \approx 87,5 \text{ litrů} \quad (31)$$

$$\dot{V}_{FW} = 0,7 \cdot 222 \approx 155,5 \text{ litrů/hodinu} \quad (32)$$

Nádrže jsou většinou vestavěné do mycích strojů.

7.3 Výrobce

Na trhu je hodně firem, které se zabývají výrobou myček přepravek. Například NATE [65], MasoProfit [67], ForChem [66], epaProstory [68].

Každá z uvedených společností je schopná vyrobit myčku, která by odpovídala požadované kapacitě 222 přepravek/vík za hodinu. Podle výrobce NATE, maximální kapacita stroje dosahuje až 4000 beden/vík za hodinu.

8 Mycí stroj na víka láhví – C4

8.1 Popis procesu

Souběžně s procesy čištění láhví, beden a vík beden by probíhal i proces čištění vík láhví. Podle výrobce láhve, víko je vyráběno ze stejného materiálu jako je láhev. To znamená, že proces čištění víka by se moc nelišil od procesu čištění láhve. Hlavní významný rozdíl by se spočíval v tom, že většina firem, které se zabývají čištěním láhví, preferuje vyhazovat víka k plastovým odpadům a dále je předávat jiným firmám do recyklace. To znamená, že na trhu neexistuje žádný stroj, který by umožnil provádět s víkem stejné manipulace, které jsou prováděné s láhví. Ale pravděpodobně po domluvě s výrobcem by se dalo vyrobit stroje, které by umožnily provádět stejné kroky čištění, ale jinými způsoby.

Jak již bylo uvedeno výše, proces čištění víka by byl podobný procesu čištění láhve. To znamená, že pro daný proces by byl využit i stejný detergent, teda je roztok 2 % hydroxidu sodného a 2 % FORYL LFO [48]. Protože víko nemá na sebe žádnou etiketu, kvůli předpokládané horší kvalitě čištění, využití ultrazvukové lázně by mělo význam pouze z ekologických důvodů. Pro účely ultrazvukové lázně by se dalo použít

detergent CIF – krém na čištění plastů o doporučené koncentraci 33 % [54] nebo JAR o koncentraci 5 % [56]. Oba ponoření by se prováděly na stejnou dobu, jako ponoření láhve do lázně – na dobu 7 minut [50].

Samotný proces čištění víka za využitím hydroxidu sodného by se mohl skládat z následujících kroků: Oplach vodou o teplotě 45 °C -> Dlouhodobé ponoření do lázně s detergentem o teplotě 80 °C -> Chlazení vodou o teplotě 45 °C -> Oplach pitnou vodou o teplotě 15 °C -> Sušení proudem vzduchu o pokojové teplotě.

Proces čištění víka za využitím ultrazvukové lázně by se mohl skládat z následujících kroků: Dlouhodobé ponoření do lázně s detergentem o teplotě 25 °C -> Oplach pitnou vodou o teplotě 15 °C -> Sušení o pokojové teplotě.

Jelikož víko má menší plochu než láhev, se dá předpokládat, že je méně ovlivněno teplotními deformacemi. Z tohoto důvodu se dá pro předehřev na teplotu lázně použít méně kroků. Navíc kvůli tomu, že tvar víka je mnohem jednodušší než tvar láhve, lze předpokládat, že na vyčištění víka bude stačit méně kvalitní čištění.

Procesy oplachů vodou by se mohly provádět pomocí mycích tunelů, které by byly stejné, jako tunely na čištění přepravek, ale menších rozměrů. Předem otočené dnem vzhůru víko by vjelo do tunelu a pomocí trysek, které jsou rozmístěné ze všech stran tunelu, by se prováděl proces čištění v několika navzájem izolovaných sekcích. Podle možností by byl dopravní pás umístěn pouze po stranách víka, ale kvůli malým rozměrům víka, výroba podobného dopravníku by mohla být příliš těžkou a tím pádem jeho cena by byla příliš vysokou. Toto by se dalo vyřešit otáčením víka, například pomocí nájezdu víka do šroubovice, a jeho zpětným průchodem přes tunel. Otázkou je, jestli kvalitní čištění vrcholu víka není zbytečným krokem. Znečištění vrcholu víka by mohlo nastat například v případě znečištění víka bedny olejem, a stékání oleje na víko láhve. Pravděpodobnost toho, že olej bude stékat přímo na vrchol víka je hodně malá, v jiných případech by bylo kvalitní čištění vrcholu zbytečným.

Proces ponoření do lázně by mohl být realizován dalším způsobem. Na začátku dopravník by byl rozdělen do několika sekcí pomocí svislých desek, mezi kterými by se nacházelo jedno víko. Vzdálenost mezi deskami by odpovídala průměru jednoho víka. Výška desek by byla stejná, jako je výška víka. Dále by byl dopravník ponořen do lázně s detergentem, jejíž výška by byla o málo větší než výška desek a jejíž šířka

by byla skoro stejná, jako je průměr víka. Takovým způsobem by bylo zajištěno, že víko se nebude posouvat uvnitř roztoku a zůstane ve své původní poloze. Na rozdíl od lázně na čištění láhví, daná lázeň by byla jednostupňová. Víko by jelo na dopravníku pouze ve vodorovné poloze. Tento proces však nebyl doposud vyzkoušený, z tohoto důvodu nelze jednoznačně stanovit, jestli by byl ve skutečnosti realizovatelný.

8.2 Výpočty objemů nádrží

Za předpokladu, že na jednu láhev se využívá 1,8 l kapaliny a víko je přibližně o 20krát menší než je láhev, v tomto případě by bylo na jedno víko použito přibližně 100 ml kapaliny. Jak je již uvedeno výše, předpokládáme, že 5 % kapaliny zůstane na víku a nebude využito v procesu filtrace a 2 % kapaliny zůstane ve filtru. Za těchto předpokladů pro 8-hodinovou směnu a kapacitu 2000 vík za hodinu lze spočítat potřebný objem nádrže pro vodu o teplotě 45 °C $V_{45^{\circ}\text{C}}$ (viz *Rovnice (33)*). Zároveň pro kapacitu 2000 vík za hodinu a použití 100 ml kapaliny na jedno víko se dá spočítat průtok pitné vody z vodovodu $\dot{V}_{15^{\circ}\text{C}}$ (viz *Rovnice (34)*).

Pro výpočet nádrže na roztok detergentu pro kapacitu 2000 vík za hodinu, pro dobu ponoření 7 minut, na začátku by se dalo spočítat, kolik vík se bude nacházet v lázni současně. Za předpokladu, že objem lázně je dvakrát větší než celkový objem vík, pro objem jednoho víka přibližně 50 ml se dá spočítat kolik roztoku je potřeba k napuštění lázně. Dále za předpokladu 7 % celkových ztrát se dá spočítat, kolik roztoku do lázně bude doplňováno během 8-hodinové směny. Součet objemů na napuštění lázně a na doplnění roztoku do lázně je celkový objem nádrže pro louhovou V_D a ultrazvukovou V_{UD} lázně (viz *Rovnice (35)*).

$$V_{45^{\circ}\text{C}} = 2 \cdot (0,1 \cdot 2000 \cdot 8 \cdot 0,07) = 112 \text{ litrů} \quad (33)$$

$$\dot{V}_{15^{\circ}\text{C}} = 2000 \cdot 0,1 = 200 \text{ litrů/hodinu} \quad (34)$$

$$V_D = V_{UD} = 2000 \cdot \frac{7}{60} \cdot 0,05 \cdot 2 + 2000 \cdot 0,05 \cdot 8 \cdot 0,07 \approx 80 \text{ litrů} \quad (35)$$

Nádrže jsou většinou vestavené do mycích strojů.

8.3 Výrobce

Jak již bylo uvedeno, na trhu neexistují stroje, které jsou určeny přímo na čištění víka, ale pravděpodobně po domluvě s výrobcem pro dané účely by se dalo použít upravené

mycí stroje na přepravky. Těmito výrobci by mohly být například společnosti NATE [65], MasoProfit [67], ForChem [66], epaProstory [68].

Jelikož dané stroje neexistují, nelze ani určit, jestli by byla dodržována požadovaná kapacita 2000 vík za hodinu. Lze však předpokládat, že by tyto stroje bylo možné přizpůsobit pro potřeby uvedené kapacity.

8.4 Výpočet nákladů

Hlavní otázkou čištění víka je, jestli z ekonomického hlediska je výhodnější kupovat nová víka nebo čistit použitá víka. Z tohoto důvodu je potřebné vypočítat náklady na čištění víka.

8.4.1 Výpočet nákladů na čištění víka

V dané kapitole jsou uvedené pouze výpočty nákladů na způsob čištění hydroxidem sodným, protože pro daný způsob se používá více strojů a jeho náklady by byly vyšší.

Podle výrobce epaProstory cena jedné sekce myčky na přepravky je 628 989 Kč [68], z důvodu menších rozměrů víka by mohla být cena myčky nižší. Pro účely čištění víka v dané práci se používá 5 sekcí, z nichž jedná je určená na dlouhodobé ponoření do lázně. To znamená, že její rozměry budou větší a tím se dá předpokládat i dvakrát větší cenu. Výpočet předpokládané ceny stroje na čištění víka je uveden v *Rovnici (36)*.

$$CenaStroje = 628989 \cdot 4 + 628989 \cdot 2 = 3773934 \text{ Kč} \quad (36)$$

Hydroxid sodný o koncentraci 2 % a hmotnosti 600kg se dá koupit v obchodě OQEMA [69]. Daný obchod však neuvádí cenu produktu a proto se jí dá pouze předpokládat. Podle informace uvedené na webové stránce Made-in-China 25 kilogramů čistého hydroxidu sodného stojí 350\$ (kurz dolaru je přibližně 20 Kč) [70]. Pro účely dané práci je potřebné 80 l hydroxidu sodného o koncentraci 2 %, z důvodu malé koncentrace detergentu lze předpokládat, že 80 litrů roztoku se rovnají 80 kilogramů. Výpočet výsledné denní ceny detergentu je uveden v *Rovnici (37)*.

Podle výrobce Eurobox spotřeba energie jedné sekce mycího stroje je 16 kW/h [71]. Podle informace získané z webové stránky pražské energetiky cena za jednu

kilowatthodinu je 3,95Kč [72]. Takhle by se dalo spočítat náklady na denní spotřebu elektřiny (viz *Rovnice (38)*).

Podle webové stránky KupníSíla cena vody v Praze je 128,18 Kč za jeden kubický metr [73]. Takovým způsobem by byl proveden výpočet nákladů na denní spotřebu vody (viz *Rovnice (39)*).

Celkové denní náklady jsou spočítané v *Rovnici (40)*.

$$\text{NákladyNaHydroxidSodný} = \left(\frac{350}{25} \cdot 80 \cdot 0,02 \right) \cdot 20 \approx 450 \text{ Kč/den} \quad (37)$$

$$\text{NákladyNaElektřinu} = 3,95 \cdot 16 \cdot 5 = 316 \text{ Kč/den} \quad (38)$$

$$\text{NákladyNaVodu} = 128,18 \cdot (112 + 200 \cdot 8) / 10^3 \approx 220 \text{ Kč/den} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \text{CelkovéNáklady} &= \\ &= \text{NákladyNaHydroxidSodný} + \text{NákladyNaElektřinu} + \text{NákladyNaVodu} = \\ &= 450 + 316 + 220 = 986 \text{ Kč/den} \end{aligned} \quad (40)$$

8.4.2 Výpočet nákladů na nákup vík

Podle obchodu Fruugo cena 20 kusů plastových vík o průměru 75 milimetrů, což odpovídá průměru víka použitého v dané práci, je 229 Kč [74]. Pro kapacitu 2000 vík za hodinu a 8-hodinovou směnu v *Rovnici (41)* jsou spočítané denní náklady na víka.

$$\text{NákladyNaVík} = \frac{229}{20} \cdot 2000 \cdot 8 = 183200 \text{ Kč/den} \quad (41)$$

8.4.3 Porovnání

Výsledná cena strojů a potřebných k němu zařízení, bez ohledu na výši nákladů na elektřinu, vodu a obsluhu stroje je 3 773 934 Kč. Výsledné denní náklady na nákup nových vík jsou 183 200 Kč. V *Rovnici (42)* je spočítán čas, za který cena nákladů na nákup vík dosáhne ceny nákladů na stroj.

$$\text{Čas} = \frac{3773934}{183200} \approx 7 \text{ dnů} \quad (42)$$

Z *Rovnice (42)* je zřejmé, že po jednom týdnu výsledné náklady na nákup vík budou větší než náklady na nákup stroje. Navíc z uvedených výše výpočtů je patrné, že denní náklady na nákup vík jsou větší než denní náklady na obsluhu stroje přibližně o

180.000 Kč. Ve výsledku, to znamená, že z ekonomického hlediska a zároveň i z ekologického hlediska čištění víka v dané práci je výhodnější než jejich vyhazování a následný nákup.

9 Zavírač vík láhví – T2

Po čištění, případně nákupu, víka a čištění láhve by následovalo šroubování víka na láhev. Daný proces se provádí ve dvou krocích: Orientování víka -> Šroubování víka. V případě čištění víka by byl zanedbán první krok – Orientování víka, a víka by v daném případě byly po procesu čištění otočené o 180°, například zrychleným nájezdem do šroubovice, jejíž profil by odpovídal profilů vík (viz *Obrázek 22*).

9.1 Orientování víka

Před šroubováním víka na láhev, to by mělo být přemístěno z nádoby na dopravní pás ve správné poloze, tedy dnem dolů. Většinou výrobci používají jeden ze třech způsobů: vertikální dopravníkový orientátor, vibrační buben nebo odstředivý buben.

9.1.1 Vertikální dopravníkový orientátor

Vertikální dopravníkový orientátor (viz *Obrázek 23*) podle společnosti Festa Machine [75] pracuje s polohou těžiště víka. Poloha těžiště víka použitého v této práci, se nachází bliž k vrcholu víka. Proto v případě, že víko stojí na hraně a je v nestabilní poloze, spadne do strany vrcholu. Pod nestabilní polohou pro daný proces je myšlen náklon vertikálního dopravníku, kterým víko projíždí. Při volbě správného úhlu mezi vertikálním dopravníkem a nádobou podavače, špatně orientované víko by spadlo z vertikálního dopravníku do nádoby.

Z boční strany podavače je umístěn dopravník, do něhož pomocí stlačeného vzduchu jsou přemístěny víka. Tento dopravník dále je zakřiven tak, aby se víka otočily do pozice dnem dolů.

Vertikální dopravníkový orientátor je univerzální a pro nastavení vyžaduje jenom jednoduchou úpravu sklonu vertikálního dopravníku. Nevýhodou daného stroje jsou velké rozměry v porovnání s dalšími stroji [75].



Obrázek 23 - Vertikální dopravníkový orientátor [76]

Podle výrobce FestaMachine [75], maximální kapacita vertikálního dopravníkového orientátoru je 60000 vík za hodinu.

9.1.2 Vibrační buben

Vibrační buben je podle společnosti Swoer [77] tvořen z násypky připevněné k vibračnímu pohonu (viz *Obrázek 24*). Na okrajích násypky je umístěná dráha o stejné šířce, jako je hloubka víka, pro zajištění pádu víka otočeného dnem dolů nebo nahoru. Stejně jako předtím, vibrační buben pracuje s polohou těžiště víka. Kvůli neustáleným vibračním špatně orientované víko spadne do násypky.

Dráha bubnu končí zakřivením, aby se dalo otačet víko o 90° do vodorovné polohy dnem dolů.

Vibrační buben je schopen zajistit nejkvalitnější orientování víka v porovnání s ostatními stroji, ale má menší kapacitu (100 vík za minutu oproti 1000 vík za minutu u vertikálního dopravníkového orientátoru) [77]. Pro účely této práce by podobná kapacita stačila.



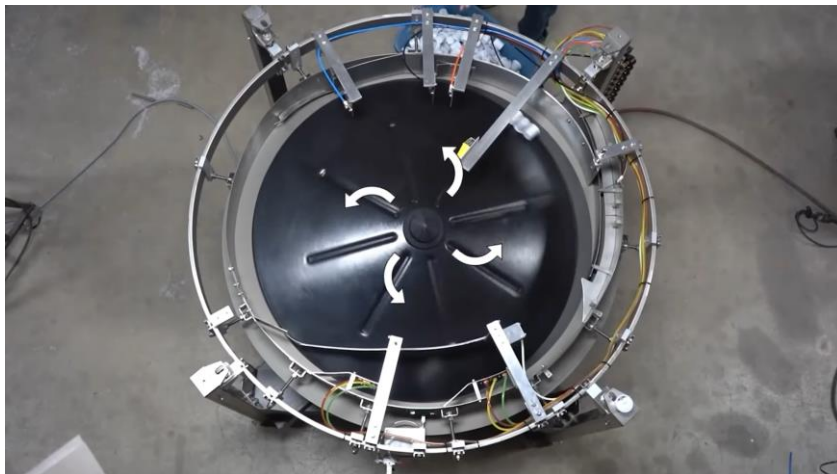
Obrázek 24 - Vibrační buben [78]

Podle výrobce Podmores Systems [78], maximální kapacita vibračního bubnu může dosahovat až 6000 vík za hodinu.

9.1.3 Odstředivý buben

Odstředivý buben je podle společnosti Swoer [77] nakloněná násypka, která se otáčí velkou rychlostí. Při otáčení v dané násypce vzniká odstředivá síla, díky níž víka jsou přitahované k okrajům násypky (viz *Obrázek 25*). Stejně jako ve vibračním bubnu, na okrajích odstředivého bubnu je umístěná dráha, která se otáčí spolu s bubnem a po které se víka postupují nahoru. Správná orientace víka je zaručená přesným nastavením náklonu a rychlostí otáčení bubnu. V případě, že víko je umístěno na dráze dnem dolů, bude působit na dráhu stejnou hmotností, ale menší plochou než v případě umístění víka dnem nahoru. Kvůli tomu bude odpor víka odstředivé síle větší a víko spadne z dráhy bliž ke středu bubnu.

Daný stroj je schopný zajistit stejně velkou kapacitu, jako u vertikálního dopravníkového orientátoru (1000 vík za minutu) a má stejně malé rozměry, jako jsou rozměry vibračního bubnu. Je však hodně složitý pro nastavení a není tak kvalitní na orientování víka [77].



Obrázek 25 - Odstředivý buben [79]

Podle výrobce FeederUniversity [81] maximální kapacita odstředivého bubnu může dosahovat až 60000 vík za hodinu.

9.2 Šroubování víka

Šroubování víka se většinou provádí ve dvou krocích: Nasazení víka na láhev -> Utahování víka, ale existují i stroje, které spojují tyto kroky dohromady.

9.2.1 Nasazení víka na láhev

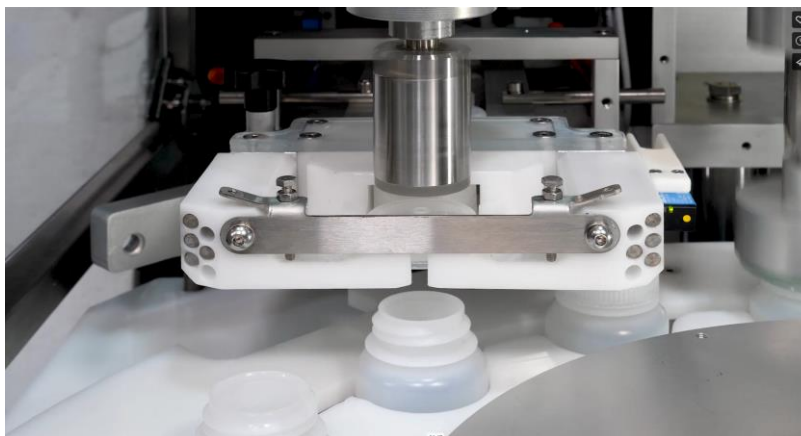
Nasazení víka se dá provádět různými způsoby. V jednom z takových způsobů se používá nakloněný dopravník, ve kterém jsou podle společnosti Podmores Systems [78] umístěné správně orientované víka (viz *Obrázek 26*). Na konci se víko částečně nachází mimo dopravník, ale je udržováno bočními brankami. Výška, na které je víko umístěno je o málo menší výšky láhve a proto v okamžiku, kdy pod víkem projíždí láhev, víko spadne na vrchol láhve. To, že víko spadne přímo na vrchol láhve a pak z něho nepadne na dopravní pás zajišťuje vodorovná deska, pod kterou láhev projíždí hned po nasazení víka.



Obrázek 26 - Nakloněný dopravník pro nasázení víka [78]

Podle výrobce PodmoresSystems [78] maximální kapacita nakloněného dopravníku pro nasázení víka může dosahovat až 12000 vík za hodinu.

Dalším kvalitnějším, ale zpomalenějším způsobem je nasazení víka pomocí vřetena s nástavcem (viz *Obrázek 27*). V daném případě podle společnosti BellaTrx [34] dopravník končí malými plastovými brankami, které jsou umístěné vodorovně a na které se z dopravníku posune víko. Uprostřed daných branek je kruhový otvor o průměru menší než průměr víka. Samotný stroj pro nasazení víka se posouvá vertikálním otáčejícím se pohybem. Nástavce stroje má vnější průměr menší než kruhový otvor branek a jeho střed je umístěn přesně nad středem víka. V okamžiku, kdy se láhev nachází pod víkem, stroj se začíná otáčet a s velkou rychlostí se posouvá dolů. Následně dojde k tomu, že stroj začne působit na víko, branky se otevřou a otáčející se víko bude nasazeno na láhev. Dále stroj vyjede nahoru přes otvor uprostřed branek a bude čekat na další láhev.



Obrázek 27 - Vřeteno s nástavcem pro nasázení víka [34]

Podle výrobce BellaTrx [34] dané vřeteno zvládne nasazovat maximálně 7200 vík za hodinu.

9.3 Utahování víka

Jedním ze způsobů utahování víka je podle společnosti Asset Packaging Machines [80] použití třech nebo čtyřech navzájem se otáčejících kol (viz *Obrázek 28*). Před vstupem láhve do utahovací sekce daná kola jsou umístěná daleko od sebe pro zajištění průjezdu láhve. Jakmile se láhev zastaví v dané sekci, kola se sbližují, pokud nedosáhnou víka a začnou se otáčet. Takovým způsobem se víko uzavře, kola se rozjedou po stranách a láhev pokračuje dál. Nevýhodou daného způsobu je těžké udržování konstantní hodnoty momentu. Důsledkem je riziko, že víko se uzavře nedostatečně nebo naopak příliš pevně. Zároveň z toho důvodu, že daný stroj uzavírá víko ze strany, je velké riziko poškození kroužku pod víkem. Pro účely dané práce by to bylo zanedbatelné, protože použité v dané práci víko nemá žádný kroužek.

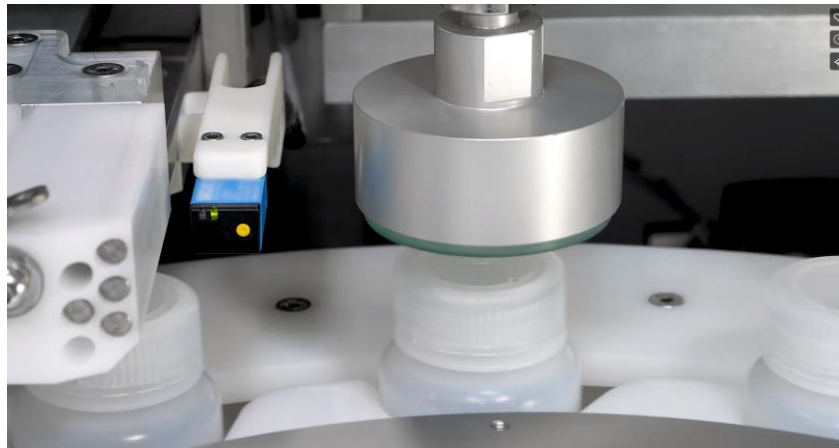


Obrázek 28 - Otáčející se kola pro utahování víka [80]

Podle výrobce Asset Packaging Machines [80] podobná kola jsou schopná utahovat maximálně 3600 vík za hodinu.

Dalším kvalitnějším, rychlejším, ale těžším pro obsluhu způsobem je utahování víka pomocí vřetena s nástavcem (viz *Obrázek 29*). Pro daný způsob podle společnosti BellaTrx [34] se používá stroj, který se posouvá vertikálním otáčejícím se pohybem. Vnitřní tvar a průměr nástavce daného stroje odpovídají vnějšímu tvaru a průměru víka.

V závislosti na výrobci, hloubka nástavce může být buď stejná, jako hloubka víka nebo menší. V okamžiku, kdy částečně uzavřená láhev bude umístěná pod strojem, ten se posune dolů dokud se jí nedotkne, a začne se otáčet, čímž úplně uzavře láhev. Většinou daný stroj se používá spolu se strojem na nasazení víka pomocí vřetena s nástavcem, ale se dá kombinovat různé stroje.



Obrázek 29 - Vřeteno s nástavcem pro utahování víka [34]

Podle výrobce BellaTrx [34] dané vřeteno zvládne utahovat maximálně 7200 vík za hodinu.

9.4 Nasazení a utahování víka na láhve najednou

Zvláštním případem strojů na šroubování víka na láhev jsou stroje, které spojují nasazení a utahování víka do jednoho kroku. Příkladem takového stroje je stroj firmy Albertina Machinery (viz *Obrázek 30*) [39]. Součástí daného stroje je vřeteno s nástavcem. Vnitřní tvar a průměr nástavce daného stroje odpovídají vnějšímu tvaru a průměru víka. Stroj se posouvá podle kružnicové trajektorii pro zvětšení kapacity a pořad se otáčí. Na *Obrázku 30* jsou zvýrazněné dva kroky daného stroje. Prvním číslem je zvýrazněn proces odebírání víka z dopravního pásu. Hned pod víkem projíždí otevřená láhev. Jakmile dopravník na víka skončí, stroj se posune k láhvi a začne šroubovat víko. Tento proces je zvýrazněn číslem 2. Číslem 3 je zvýrazněná uzavřená láhev. Výrobce neukazuje, jakým způsobem je víko udržováno uvnitř nástavce, ale se dá předpokládat, že víko se přitahuje pomocí podtlaku, který je vytvořen pomocí stlačeného vzduchu.

Výpočet podtlaku potřebného na přitahování a udržení víka byl proveden v *Kapitole 5.2.*



Obrázek 30 - Stroj na současně nasazení a utahování víka [35]

Podle výrobce Albertina Machinery maximální kapacita daného stroje může dosahovat až 30000 vík/láhví za hodinu.

9.5 Výrobce

Na trhu existuje hodně výrobců uzavíracích strojů na láhve, které jsou schopné vyrobit stroje pro různé varianty šroubování víka. Příkladem takových firem jsou Albertina Machinery [39], BellaTrx [34] a Kinex Cappers [36].

Každá z uvedených společností vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví/vík za hodinu.

10 Výstup láhví z linky

Na výstupu z linky by láhve měly být umístěné do beden, které by následně měly být uzavřené a umístěné do několika stohů, případně na paletu, pro šetření místa na skladě.

Dále jsou popsány stroje použité pro Návrh A a vkladač láhví použitý jak pro Návrh A, tak pro Návrh B. Návrhy C a D předpokládají ruční provádění procesu výstupu a jejich popis je zbytečný.

10.1 Vkladač láhví – O1

10.1.1 Popis principu stroje

Stejně jako pro vykládání láhví z beden, pro vkládání láhví z dopravníku do beden se používají stroje, které se nazývají vkladače, případně vykladače láhví (viz *Obrázek 31*).

Předtím než stroj začne přemisťovat láhve, by měla být bedna umístěná do jedné linie s láhvemi.

Pro správnou práci, podle společnosti NATE [23], daný stroj potřebuje přesné polohování láhví. To znamená, že dopravník na konci bude rozdělen do několika řádků o stejné šířce, jako je šířka jedné láhve. Počet řádků na dopravníku odpovídá počtu řádků láhví v bednách.

Princip práce daného stroje (viz *Obrázek 31*) je založen na tom, že na začátku procesu budou láhve přisávané pomocí vakuových přísavek stroje, přičemž podtlak je vytvořen ejektorem pomocí stlačeného vzduchu [23]. Dalším krokem, pohybem podle kružnicové trajektorii, stroj zvedne láhve z bedny a přesune jich do polohy nad bednou. Posledním krokem stroj se vertikálním pohybem posouvá dolů dokud láhve nebudou umístěné uvnitř bedny.



Obrázek 31 - Vkladač láhví [23]

10.1.2 Výpočet podtlaku potřebného pro zvednutí jedné prázdné láhve

Daná kapitola je zaměřená na výpočet podtlaku potřebného pro zvednutí jedné prázdné láhve.

Daný podtlak se dá spočítat na základě síly F , kterou bude přísavka působit na láhev a na základě plochy přísavky S , kde je tento podtlak vytvářen (viz *Rovnice (43)*).

Na láhev v daném případě působí pouze dvě síly, síla F , jejímž cílem je tuto láhev zvednout a gravitační síla mg , kde m je hmotnost láhve a g je gravitační konstanta. Za předpokladu, že zrychlení stroje je 2-krát větší než gravitační konstanta, pro výpočet této síly se dá použít druhý Newtonův zákon (viz *Rovnice (44)*).

Za předpokladu, že přísavka působí pouze na víko láhve, měly by její tvar a poloměr R_p odpovídat tvaru a poloměru víka. To se dá využít pro výpočet plochy jedné přísavky (viz *Rovnice (45)*).

Po spojení všech uvedených rovnic dohromady se dá spočítat podtlak potřebný na zvednutí jedné láhve (viz *Rovnice (46)*).

$$p = \frac{F}{S} \quad (43)$$

$$F - 2 \cdot mg = 0 \quad (44)$$

$$S = \pi \cdot R_p^2 \quad (45)$$

$$p = \frac{2 \cdot mg}{\pi \cdot R_p^2} \quad (46)$$

Pro výpočet výsledného podtlaku byly použité další číselné hodnoty:

- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $m = 0,4 \text{ kg}$ – dle zadaných parametrů používaných láhví
- $R_p = 0,035 \text{ m}$ – dle rozměrů používaných láhví

Stanovený potřebný podtlak na jedné přísavce je spočítán v *Rovnici (47)*.

$$p = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 9,81}{\pi \cdot 0,035^2} = 2039,26 \text{ Pa} \approx 20,4 \cdot 10^{-3} \text{ bar} \quad (47)$$

Minimální výsledný podtlak pro zvednutí jedné prázdné láhve je $20,4 \cdot 10^{-3}$ bar.

10.1.3 Výrobce

Daný stroj se dá pořídit u poměrně velkého počtu firem, jako jsou například NATE [23], Anticoro Babík [25], BeHo [26].

Každá z uvedených společností vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví za hodinu. Podle výrobce NATE [23], maximální kapacita stroje může dosahovat až 27000 láhví za hodinu.

10.2 Zavírač vík beden – O2

10.2.1 Popis procesu

Stejně jako v procesu sundávání víka z bedny, podle společnosti Schmalz [11], by se dalo pro uzavření bedny víkem použít dva robotických ramena vybavených vakuovými vzduchovými ejektory s vakuovými přísavkami.

Tento způsob spočívá v tom, že budou obě robotická ramena umístěna do polohy mezi dopravním pásem pro víka beden a dopravním pásem pro bedny. Na začátku se první robotické rameno posune do pozice přesně nad středem víka. V tento okamžik se zapne vakuový ejektor a bude víko přitaženo k vakuovým přísavkám. Dalším krokem rameno otočí víko o 180° a předá ho druhému ramenu, které je také vybaveno vakuovým ejektorem s přísavkami. Druhé rameno vloží otočené víko do bedny a tím jí uzavře. V tuto chvíli se první robotické rameno vrací do své původní polohy a čeká na další víko.

Jednodušším způsobem otáčení víka o 180° je nájezd víka zrychleným pohybem do šroubovice, jejíž profil odpovídá profilu víka. Příklad podobné šroubovice pro přepravky je uveden na *Obrázku 22*. V takovém případě by bylo zbytečné použití druhého robotického ramena a celkový proces by se skládal z přísávání víka k vakuovým přísavkám ramena a jeho následné vložení do bedny. Ale otázka zní, jestli takový způsob otáčení víka o šroubovici nezpůsobí deformací uzávěrů víka.

Výpočet podtlaku potřebného na zvednutí víka byl proveden v Kapitole 4.1.2.3.

10.2.2 Výrobce

Pro danou úlohu je nutný kolaborativní nebo průmyslový robot s dosahem minimálně 2 šířky víka a malou nosností. Na trhu je docela hodně firem, vyrábějících podobné roboty a nejznámější z nich jsou Fanuc [15], Universal Robots [16], Kuka [17].

Nelze jistě stanovit, jestli budou stroje uvedených firem zvládat kapacitu 2000 láhví za hodinu, to je 222 vík/beden za hodinu. Nicméně je pravděpodobné, že by dané stroje bylo možné přizpůsobit pro potřeby uvedené kapacity.

10.3 Vkladač beden – O3

Posledním krokem by bylo uspořádání beden. Uspořádání se dá provést pomocí stohovače do jednoho řádku. Dále by daný řádek byl například automaticky odebrán robotem, který ho odveze do skladu. Další způsob uspořádání bedny na paletu je pomocí paletizéru. Následně by byla daná paleta například odvezená pomocí paletového vozíku do skladu. Případně by mohly být bedny v daném kroku odebrané z linky ručně.

10.3.1 Stohovač

10.3.1.1 Popis principu práce

Stohovač, případně odstohovač, je stroj, který je podle společnosti Isoma [4] umístěn na konci dopravního pásu (viz *Obrázek 32*). Daný stroj se dá rozdělit do dvou sekcí. V první sekci dochází k zastavení bedny, ve druhé probíhá její stohování. Každá ze sekcí má svůj nezávislý dopravník. Prvním krokem bedna vjede do první sekce, pomocí optického čidla bude bedna rozpoznána a dopravník se zastaví. V druhé sekci na vypnutém dopravníku stojí už stohované bedny a pomocí kleští stohovač uchytí dolní bednu ze stran a zvedne ji spolu s ostatními bedny nahoru, čímž dojde k uvolnění dopravníku ve druhé sekci a vjede do ní bedna z první sekce. Daná bedna se zastaví přesně pod zvednutými bednami a stohovač spouští bedny dolů. Pak stroj čeká na další bednu a celý proces se opakuje dokud nebude dosáhnuta předem stanovená výška. V případě dané práce tato výška je z bezpečnostních důvodů stanovena na 1,5 metrů, což je přibližně 5 beden na sebe.



Obrázek 32 - Stohovač [4]

10.3.1.2 Výrobce

Daný stroj se dá pořídit u docela velkého počtu výrobců, například Isoma [4], Strand [5] a Lan Handling Technologies [6].

Každá z uvedených firem vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví za hodinu, to je přibližně 222 beden za hodinu. Podle výrobce Lan Handling Technologies [6] maximální pracovní kapacita stroje může dosahovat až 1800 beden za hodinu.

10.3.2 Paletizér

10.3.2.1 Popis principu práce

Další variantou uspořádání beden je jejich přemístění z dopravníku přímo na paletu pomocí paletizéru (viz *Obrázek 33*). Jak již bylo uvedeno výše, paletizéry jsou většinou vybavené vakuovými přísavky, což se nehodí pro účely této práce. Z tohoto důvodu by byly přísavky nahrazeny mechanickými klešti a uchycení by probíhalo z bočních stran bedny. Proces přemístění beden z dopravníku je podle společnosti Douglas Machine [7] totožný procesu jejich přemístění na dopravník, jen se provádí v opačném pořadí. Na začátku bedna na dopravníku bude uchycená pomocí kleští a pak bude přemístěná na paletu. Ukládání beden na palety se provádí podle předem definovaného pořadí. Například by měly být bedny na začátku přemístěné do strany, která se nachází co nejdál od paletizéru. Do jednoho řádku takové europalety by se dalo umístit 12 beden, 4 bedny na délku a 3 bedny na šířku.

Použití kleští v daném případě je umožněno díky tomu, že používané bedny mají nakloněné boční hrany. V jiném případě, kdyby boční hrany byly rovné a mezi bednami na paletě by nebyla žádná mezera, popsané použití paletizéru by nebylo možným.



Obrázek 33 - Paletizér [7]

10.3.2.2 Výrobce

Firmy vyrábějící podobné stroje jsou například Douglas Machine [7], Kuka [8], Lan Handling Technologies [9] a Fanuc [10].

Každá z uvedených společností vyrábí stroje, které by zvládaly kapacitu 2000 láhví za hodinu, to je přibližně 222 beden za hodinu. Podle výrobce Lan Handling Technologies [9] maximální kapacita uvedeného stroje může dosahovat až 1200 beden za hodinu.

11 Dispoziční schéma linky

11.1 Použité stroje

Vzhledem k uvedeným výhodám a nevýhodám popsaných strojů, do dispozičního schématu linky (viz *Výkres 05*) by bylo vhodné zahrnout následující stroje (viz *Tabulka 3*).

| Číslo stroje na schématu | Název stroje | Rozměr stroje (Délka x Šířka) [mm] |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| I1 | Odstohovač | 3200 x 900 |
| I2 | Robotická ramena na otevření beden | Průměr jednoho ramena: 717 [mm] |
| I3 | Vykladač láhví | 1200 x 2200 |
| T1 | Otvírač vík láhví | 650 x 850 |
| C1 | Mycí stroj na láhve | 8500 x 1600 |
| C2 | Mycí stroj na bedny | 13200 x 950 |
| C3 | Mycí stroj na víka beden | 10000 x 950 |
| C4 | Mycí stroj na víka láhví | 5000 x 1900 |
| T2 | Zavírač vík láhví | 1300 x 850 |
| O1 | Vkladač láhví | 1200 x 2200 |
| O2 | Robotická ramena na zavření beden | Průměr jednoho ramena: 717 [mm] |
| O3 | Stohovač | 3200 x 900 |

Tabulka 3 - Použité stroje

11.2 Podrobnější popis rozměrů použitých strojů

Rozměry láhví, beden a vík, které byly použité pro účely této práce jsou uvedené v *Tabulce 4*.

| | Rozměr [mm] |
|------------|---------------------------|
| Láhev | Délka x Šířka – 95 x 75 |
| Bedna | Délka x Šířka – 300 x 400 |
| Víko láhve | Průměr – 75 |
| Víko bedny | Délka x Šířka – 300 x 400 |

Tabulka 4 - Rozměry použitých láhví, beden a vík

11.2.1 Odstohovač/Stohovač

Podle výrobce Isoma [4] rozměr jednoho odstohovače, případně stohovače, odpovídá přibližně délkám 8 beden a šířkám 3 beden. Výsledný rozměr je přibližně 3200 x 900 mm.

11.2.2 Robotická ramena na otevření/zavření beden

Pro účely otevírání, případně zavírání víka, jsou potřebné dva roboty s dosahem minimálně dvě šířky víka, což je 600 milimetrů. Takové roboty lze pořídit ve společnosti Fanuc [15]. Dosah a tím i výsledný rozměr jednoho robotu je 717 milimetrů.

11.2.3 Vykladač/Vkladač láhví

Podle firmy BeHo [26] jeden vykladač, případně vkladač láhví, je přibližně 4-krát delší a 1,5-krát širší než jedna bedna. Pro práci daného stroje je použité zařízení o délce 1600 milimetrů, které by se dalo umístit pod dopravník. Výsledný rozměr stroje je přibližně 1200 x 2200 mm.

11.2.4 Otvírač/Zavírač vík láhví

Podle výrobce Kinex Cappers [36] rozměr sekce na utahování víka je 650 x 850 [mm]. Dá se předpokládat, že sekce na nasazení víka na láhev má stejný rozměr. Výsledný rozměr stroje na otvírání víka je 1300 x 850 [mm].

Za předpokladu, že stroj na zavírání víka má stejný rozměr jako rozměr sekce na utahování víka, výsledný rozměr tohoto stroje je 650 x 850 mm.

11.2.5 Mycí stroj na láhve

Výrobci neposkytují žádnou informaci o rozměrech strojů na mytí láhví. Tento rozměr se dá odhadnout.

Za předpokladu, že jedná láhev o délce 95 milimetrů se bude nacházet v lázni po dobu 7 minut, pro kapacitu 2000 láhví za hodinu a předpokládanou mezeru mezi láhvemi 50 milimetrů lze spočítat celkovou délku jednostupňové lázně. Kvůli tomu, že v popsaném mycím stroji se používá třístupňová lázeň, celková délka lázně se zkrátí přibližně o polovinu. Celkovou délku stroje se dá spočítat za předpokladu, že její hodnota je dvakrát větší než délka lázně. Pro zmenšení délky stroje by se dalo použít rozdělení láhví do čtyř řádků (viz *Rovnice (48)*).

$$Délka = \left(\frac{2000 \cdot \frac{7}{60}}{2} \cdot (95 + 50) \cdot 2 \right) / 4 \approx 8500 \text{ mm} \quad (48)$$

Šířka stroje se skládá ze dvou částí: část, do které budou umístěné láhve a část, kam budou umístěné nádrže. Zároveň by měla být do stroje umístěna zařízení, která budou provádět manipulaci s láhvemi, jenže jejich rozměry nelze odhadnout. Pro šířku láhve 75 milimetrů, předpokládanou mezeru mezi láhvemi 20 milimetrů a použití 4 řádků se dá spočítat první část šířky stroje (viz *Rovnice (49)*).

$$Šířka1 = (75 + 20) \cdot 4 = 380 \text{ mm} \quad (49)$$

Za předpokladu, že celkový objem používaných kapalin je 19,5 m³ (viz *Kapitola 6.8*), délka stroje je přibližně 8500 milimetrů a zvolená výška, do které budou umístěné nádrže je 2000 milimetrů, dá se spočítat šířku stroje potřebnou pro nádrže (viz *Rovnice (50)*).

$$Šířka2 = \frac{19,5 \cdot 10^9}{8500 \cdot 2000} \approx 1147 \text{ mm} \quad (50)$$

V *Rovnici (51)* je proveden výpočet celkové šířky stroje.

$$Šířka = Šířka1 + Šířka2 = 380 + 1147 = 1527 \text{ mm} \approx 1600 \text{ mm} \quad (51)$$

Výsledný rozměr mycího stroje na láhvi je 8500 x 1600 mm.

11.2.6 Mycí stroj na bedny/víka beden

Pro čištění beden, případně vík beden, je použito 5 mycích tunelů. Podle výrobce MasoProfit [67] jeden takový tunel má délku 2000 milimetrů a šířku 950 milimetrů. Vzhledem k tomu, že dané tunely jsou nezávislé, dalo by se je uspořádat souběžně vedle sebe. Před a po procesu čištění by měly být bedny otočené o 180° pomocí šroubovice. Podle výrobce NATE [65] délka jedné šroubovice odpovídá přibližně 4 délkám bedny, což je 1600 milimetrů. Její šířka je stejná, jako šířka bedny, což je 300 milimetrů. Výsledný rozměr mycího stroje na bedny je přibližně 13200 x 950 mm (viz *Rovnice (52)*). Výsledný rozměr mycího stroje na víka beden je 10000 x 950 mm (viz *Rovnice (53)*).

$$Délka = 2000 \cdot 5 + 4 \cdot 400 \cdot 2 = 13200 \text{ mm} \quad (52)$$

$$Délka = 2000 \cdot 5 = 10000 \text{ mm} \quad (53)$$

11.2.7 Mycí stroj na víka láhví

Vypočet rozměrů mycího stroje na víka láhví by se dal rozdělit do 3 částí: výpočet rozměrů šroubovice, výpočet rozměrů lázně a výpočet rozměrů ostatních sekcí mycího stroje.

V daném případě je použito otočení víka o 180° pomocí šroubovice a dá se předpokládat, že rozměr jedné šroubovice pro víka odpovídá přibližně 4 délkám víka, což je 300 milimetrů. Šířka jedné šroubovice odpovídá šířce víka, což je 75 milimetrů.

Za předpokladu, že jedno víko se bude nacházet v lázni po dobu 7 minut, pro kapacitu 2000 vík za hodinu a pro mezeru mezi víky 20 milimetrů, se dá spočítat délku lázně. Tuto délku by se dalo zkrátit rozdělením vík do 8 řádků (viz *Rovnice (54)*). Šířka lázně odpovídá šířce ostatních sekcí mycího stroje (viz *Rovnice (55)*).

$$DélkaLázně = \frac{2000 \cdot \frac{7}{60} \cdot (75 + 20)}{8} \approx 2770 \text{ mm} \quad (54)$$

Za předpokladu, že pro víka jsou používány podobné mycí tunely, jako pro bedny, dá se předpokládat, že pokud jedno víko je 4-krát užší a 5-krát kratší než jedna bedna, bude jeden mycí tunel na víka 4-krát užší a 5-krát kratší než mycí tunel na bedny. Vzhledem k tomu, že pro čištění vík je použito 8 řádků, šířka jednoho tunelu se zvětší přibližně 8-krát (viz *Rovnice (55)*, *(56)*).

$$Šířka = \frac{950}{4} \cdot 8 = 1900 \text{ mm} \quad (55)$$

$$DélkaTunelu = \frac{2000}{5} = 400 \text{ mm} \quad (56)$$

Za předpokladu použití šroubovic před a po procesu čištění, 4 mycích tunelů a jedné lázně se dá spočítat předpokládanou celkovou délku mycího stroje na víka láhví (viz *Rovnice (57)*).

$$\begin{aligned} Délka &= 2 \cdot DélkaŠroubovice + 4 \cdot DélkaTunelu + DélkaLázně = \\ &= 2 \cdot 300 + 4 \cdot 400 + 2770 \approx 5000 \text{ mm} \end{aligned} \quad (57)$$

Výsledné rozměry mycího stroje na víka láhví jsou 5000 x 1900 mm.

Přestože v daném procesu jsou použité mycí tunely, kvůli ohřívání víka na vysokou teplotu by se nedalo dané tunely uspořádat souběžně.

12 Závěr

V této práci byly navrženy linky pro čištění plastových láhví a zohledněné možnosti vyskládání láhví z přepravek, jejich otevření, vylití obsahu a zpětné uzavření a vkládání do přepravek. Během popisování dostupných zařízení se vyskytl problém, že na trhu neexistuje stroj, který by umožnil provádět otevření láhví. Každopádně byl navržen způsob, kterým by se dalo tuto činnost provést a odhadnout možného výrobce daného stroje.

V první části této práce jsou zohledněné návrhy linky pro čištění plastových láhví. Každý návrh se liší počtem používaných strojů a celkovou pracovní kapacitou linky. Na základě daných návrhů byla nakreslena PFD schémata linek. Další části této práce se věnují popisům možných strojů, které by se dalo využít pro jednotlivé procesy v lince. Na základě získaných informací v poslední části práce byl proveden návrh nejvhodnějšího zařízení pro každý z procesů linky, včetně odhadovaných rozměrů a nákresu dispozičního schématu linky.

Seznam použité literatury

- [1] 1bagatime, „Plastic Bags and Petroleum,“ [Online]. K dispozici: <https://1bagatime.com/learn/plastic-bags-petroleum/>. [cit. 27 12 2023].
- [2] FoodPrint, „The Water Footprint of Your Plastic Bottle,“ [Online]. K dispozici: <https://foodprint.org/blog/plastic-water-bottle/>. [Cit. 27 12 2023].
- [3] npr.org, „Recycling plastic is practically impossible — and the problem is getting worse,“ [Online]. K dispozici: <https://www.npr.org/2022/10/24/1131131088/recycling-plastic-is-practically-impossible-and-the-problem-is-getting-worse>. [Cit. 27 12 2023].
- [4] Isoma, „Crate Stacker,“ Isoma, [Online]. K dispozici: <https://www.isoma.co.uk/crate-stacker>. [Cit. 30 10 2023].
- [5] Strand, „Stohovač přepravek,“ Strand, [Online]. K dispozici: <https://strand.cz/produkty/stohovac-prepravek/>. [Cit. 30 10 2023].
- [6] Lan Handling Technologies, „Crate (de-)stacker,“ LanHandlingTechnologies, [Online]. K dispozici: <https://lanhandling.com/solutions/destacker/>. [Cit. 30 10 2023].
- [7] DouglasMachine, „What is a Palletizer?,“ DouglasMachine, [Online]. K dispozici: <https://www.douglas-machine.com/what-is-a-palletizer/>. [Cit. 06 12 2023].
- [8] Kuka, „Packaging and palletizing robots,“ Kuka, [Online]. K dispozici: <https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/industrial-robots/palletizing-robots>. [Cit. 05 11 2023].
- [9] LanHandlingTechnologies, „Palletizing,“ Lan Handling Technologies, [Online]. K dispozici: <https://lanhandling.com/solutions/palletising/>. [Cit. 05 11 2023].
- [10] Fanuc, „Paletizace,“ Fanuc, [Online]. K dispozici: https://www.fanuc.eu/cz/cs/aplikace/paletizace?gclid=Cj0KCQjw-pyqBhDmARIsAKd9XIMsYFctw_mhnkdJTUO3-yncEel1xq91fFaXm5cTOLy56yxaX4LowZEaAtAPEALw_wcB. [Cit. 05 11 2023].
- [11] Schmalz, „Operating principles of vacuum generation,“ Schmalz, [Online]. K dispozici: <https://www.schmalz.com/cs-cz/vacuum-knowledge/basic-knowledge/operating-principles-of-vacuum-generation/>. [Cit. 01 11 2023].
- [12] M. D. Š. N. A. Brus, „Bernulliho rovnice a její aplikace,“ [Online]. K dispozici: <http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2008-2009/Zima08/proc/bernuli.pdf>. [Cit. 01 11 2023].

- [13] ArcaBox, „Víko pro Euro přepravky,“ ArcaBox, [Online]. K dispozici: <https://www.arcabox.eu/produkty/vika-k-euro-prepravkam/viko-pro-euro-prepravky/>. [Cit. 09 12 2023].
- [14] Schmalz, „Lightweight gripping systems SLG,“ Schmalz, [Online]. K dispozici: <https://slg.schmalz.com/#/configurator>. [Cit. 01 11 2023].
- [15] Fanuc, „Roboty,“ Fanuc, [Online]. K dispozici: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%c3%a1nka-filtru-robot%c5%af/%c5%99ada-m-10>. [Cit. 03 11 2023].
- [16] UniversalRobots, „Collaborative Robot,“ Universal Robots, [Online]. K dispozici: <https://www.universal-robots.com/>. [Cit. 3 11 2023].
- [17] Kuka, „KR Cybertech nano,“ Kuka, [Online]. K dispozici: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%c5%beby/robotick%c3%a9-syst%c3%a9my/pr%c5%afmyslov%c3%a9-roboty/kr-cybertech-nano>. [Cit. 03 11 2023].
- [18] Robotiq, „Vacuum grippers,“ Robotiq, [Online]. K dispozici: <https://robotiq.com/products/vacuum-grippers>. [Cit. 01 11 2023].
- [19] DreamLandRobots, „Podtlakový gripper,“ DreamLandRobots, [Online]. K dispozici: https://www.dreamland-robots.cz/produkty/vakuovy-uchopovac-vgc10/?_gl=1*ieh3lc*_ga*MTYwMDU4ODQ2OC4xNjk4ODc1Mjk0*_ga_MJWJO05QGx*MTY5ODg3NTI5NC4xLjEuMTY5ODg3NTc1OC4wLjAuMA..*_gcl_aw*R0NMLjE2OTg4NzU3NTguQ2p3S0NBanc3b2VxQmhCd0Vpd0FMeUhmTTFOd1lWU1pHY09QYTVUXzB. [Cit. 01 11 2023].
- [20] Haberkon, „Dopravníky a dopravníkové systémy,“ Haberkon, [Online]. K dispozici: https://www.haberkon.cz/dopravniky/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAmsurBhBvEiwA6e-WPDXJsmuDZGgerawkNq62v4XMJBAotn78COBosFk9Kh-Q1rJ2K3xQ0hoCNt0QAvD_BwE. [Cit. 08 12 2023].
- [21] MONK, „Conveyor Belt Types,“ MONK, [Online]. K dispozici: https://monk-conveyors.com/conveyors/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAmsurBhBvEiwA6e-WPGvAMUBHW_SxPh0JDqesBzteGuP9kE7vOPi8Xjmj3lgC0XPx4ateGRoClpAQAvD_BwE. [Cit. 08 12 2023].
- [22] Ultimation, „Belt Conveyors,“ Ultimation, [Online]. K dispozici: <https://www.ultimationinc.com/part-category/buy-belt-conveyors/>. [Cit. 08 12 2023].
- [23] NATE, „Napak - loaders and unloaders,“ NATE, [Online]. K dispozici: https://www.nate.cz/soubory/files/EN/ke_stazeni/loader%20and%20unloaders%20napak.pdf. [Cit. 05 11 2023].

- [24] PFA-Inc, „What is an Air Gripper?“, [Online]. K dispozici: <https://www.pfa-inc.com/what-is-an-air-gripper/>. [Cit. 29 12 2023].
- [25] A. Babík, „Bottle loader, bottle unloader“, Anticoro Babík, [Online]. K dispozici: <https://anticoro-babik.com/bottle-loader-bottle-unloader/>. [Cit. 05 11 2023].
- [26] BeHo, „Loaders and unloaders of bottles“, BeHo, [Online]. K dispozici: <https://www.beho.cz/loaders-and-unloaders-of-bottles>. [Cit. 05 11 2023].
- [27] Podmores, „Podmores Bottle Unscrambler“, PodmoresSystems, [Online]. K dispozici: <https://www.podmores-systems.com/products/sorting/bottle-unscramblers/?playlist=4a6ea534&video=c8bf7de>. [Cit. 06 11 2023].
- [28] Acasi, „Automatic Bottle Unscrambler Machines“, Acasi, [Online]. K dispozici: <https://acasi.com/collections/bottle-unscrambler>. [Cit. 06 11 2023].
- [29] AlbertinaMachinery, „Stavěčky lahví a orientátory víček“, Albertina Machinery, [Online]. K dispozici: <https://www.albertina-machinery.com/stavecky-lahvi-a-orientatory-vicek/>. [Cit. 06 11 2023].
- [30] DirectIndustry, „Manual turntable“, DirectIndustry, [Online]. K dispozici: <https://www.directindustry.com/prod/soco-system/product-15426-728525.html>. [Cit. 06 11 2023].
- [31] Acasi, „Automatic Bottle Unscrambler Machines“, Acasi, [Online]. K dispozici: <https://acasi.com/collections/bottle-unscrambler/products/bottle-unscrambler-model-trusort-48>. [Cit. 06 11 2023].
- [32] PackFeeder, „Bottle unscrambler - PREMIUM 150“, Packfeeder, [Online]. K dispozici: <https://www.rotzingergroup.com/product/more-industries/industrial-packaging/container-unscrambling/in-line-system>. [Cit. 06 11 2023].
- [33] RetechMachinery, „PET Bottle Washing Recycling Machine“, RetechMachinery, [Online]. K dispozici: <https://www.retechmachine.com/product/pet-bottle-washing-recycling-machine.html>. [Cit. 29 12 2023].
- [34] BellaTrx, „Secure Star Capper“, BellaTrx, [Online]. K dispozici: <https://bellatrx.com/products/secure-star-capper/>. [Cit. 10 11 2023].
- [35] AlbertinaMachinery, „Automatic Capping Machine - Capline 4 ROT For SCREW-ON CAPS“, Albertina Machinery, [Online]. K dispozici: <https://www.youtube.com/watch?v=a6TY0dSrYXE>. [Cit. 06 12 2023].
- [36] K. Cappers, „Automatic Capping Machine“, [Online]. K dispozici: <https://www.kinexcappers.com/automatic-capping-machine/>. [Cit. 10 11 2023].

- [37] ICFillingSystems, „Capping Machines and Twist-off Cappers,“ ICFillingSystems, [Online]. K dispozici: <https://www.icfillingsystems.com/capping-machines/>. [Cit. 10 11 2023].
- [38] ClearPack, „Capping Machine,“ ClearPack, [Online]. K dispozici: <https://www.clearpack.com/primary-packaging/standalone-capper>. [Cit. 10 11 2023].
- [39] AlbertinaMachinery, „Automatic rotary capping machines,“ Albertina Machinery, [Online]. K dispozici: <https://www.albertina-machinery.com/automatic-rotary-capping-machines/>. [Cit. 10 11 2023].
- [40] Maharshi, „Rotary Screw Capping Machine,“ Maharshi, [Online]. K dispozici: <https://maharshi.com/rotary-screw-capping-machine/>. [Cit. 10 11 2023].
- [41] Sidel, „Aqua,“ Sidel, [Online]. K dispozici: <https://www.sidel.com/en/container-treatment-cleaning/bottle-washers/low-medium-speed-bottle-washers-pd-351>. [Cit. 10 11 2023].
- [42] Krones, „Krones LavaClassic D and Lavatec D,“ Krones, [Online]. K dispozici: <https://www.krones.com/en/products/machines/lavaclassic-and-lavatec-d-double-end-washers.php>. [Cit. 20 11 2023].
- [43] Akomag, „BOTTLE WASHING MACHINES BY AKOMAG,“ Akomag, [Online]. K dispozici: <https://akomag.com/en/products/bottle-washer/>. [Cit. 03 12 2023].
- [44] J. Chmelař, „Hydroxid sodný,“ vmd-drogerie, [Online]. K dispozici: <https://www.vmd-drogerie.cz/hydroxid-sodny/>. [Cit. 23 11 2023].
- [45] Mínojci.cz, „Saponifikace,“ Mínojci.cz, [Online]. K dispozici: <https://www.minojci.cz/saponifikace>. [Cit. 23 11 2023].
- [46] JapanSodaIndustryAssociation, „Safe Handling of Caustic Soda,“ 20 11 2006. [Online]. K dispozici: https://www.jsia.gr.jp/data/handling_01e.pdf. [Cit. 25 11 2023].
- [47] E. Commission, „REACH Regulation,“ [Online]. K dispozici: https://environment.ec.europa.eu/topics/chemicals/reach-regulation_en. [Cit. 23 11 2023].
- [48] M. S. H. a. M. A. Rahman, „Post-consumer PET Bottle Recycling: Chemical Dose Optimization,“ 12 09 2020. [Online]. K dispozici: <https://pdfs.semanticscholar.org/9815/b4a0e29d916a8170514488c56c15240faf0e.pdf>. [Cit. 26 11 2023].
- [49] PulcraChemicals, „Pulcra Chemicals,“ Pulcra Chemicals, [Online]. K dispozici: <https://www.pulcra-chemicals.com/>. [Cit. 27 11 2023].

- [50] AnticoroBabik, „Myčka lahví ABA,“ Anticoro-Babik, [Online]. K dispozici: <https://anticoro-babik.com/cs/mycka-lahvi-aba/>. [Cit. 27 11 2023].
- [51] L. Azar, „Cavitation in ultrasonic cleaning and cell disruption,“ 10 9 2012. [Online]. K dispozici: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiqgKLe2eSCAxW5gP0HHWkWD4kQFnoECBMQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.absotecthailand.com%2Fdocs%2FCavitation.pdf&usg=AOvVaw3FYw7nZG6akmCB98eHAUDB&opi=89978449>. [Cit. 27 11 2023].
- [52] D. Huckabay, „Ultrasonic Cleaning – Better for the Environment,“ 05 09 2016. [Online]. K dispozici: <https://www.sonicsonline.com/blogs/ultrasonic-cleaners-and-how-to-use-them/ultrasonic-cleaning-better-for-the-environment>. [Cit. 27 11 2023].
- [53] D. J. C. Norman Jason Pritchard, „Method for washing plastic returnable beverage bottles with alkaline solution and ultrasonic energy,“ 12 01 1999. [Online]. K dispozici: <https://patentimages.storage.googleapis.com/6a/c8/96/1138db9f28bfd3/US5858105.pdf>. [Cit. 27 11 2023].
- [54] Diversey, „Cif Professional Degreaser Concentrate,“ Diversey, [Online]. K dispozici: <https://sds.diversey.com/DirectDocumentDownloader/Document?prd=MS1001912%7E%7EPDF%7E%7EMTR%7E%7EGB02%7E%7EBE%7E%7EEMA>. [Cit. 27 11 2023].
- [55] MarbleRenovation, „What Are PH Levels in cleaning products?,“ [Online]. K dispozici: <https://www.marblerenovation.com/what-are-ph-levels-in-cleaning-products-and-why-should-you-care/>. [Cit. 27 11 2023].
- [56] SystemHygiene, „Original Fairy Liquid Case,“ Fairy, [Online]. K dispozici: <https://www.systemhygiene.co.uk/fairy-liquid-washing-up-liquid-original-900ml-case-of-8.html>. [Cit. 27 11 2023].
- [57] Anmasi, „Ultrasonic cleaner,“ Anmasi, [Online]. K dispozici: https://anmasi.com/prts/ultrasonic-cleaner/?gclid=CjwKCAiAmZGrBhAnEiwAo9qHiTAijD-iqfgH6zOhzib4m_JuMlkaXClnn5DwXbPKOLNAVfswXyWhBRoChMMQAvD_BwE. [Cit. 27 11 2023].
- [58] ZenithUltrasonic, „Conveyor Ultrasonic Cleaner,“ Zenith Ultrasonic, [Online]. K dispozici: <https://zenith-ultrasonics.com/orbit-conveyor-ultrasonic/>. [Cit. 27 11 2023].

- [59] C. T. Group, „Ultrasonic LeanVeyor Conveyor Washer,“ Cleaning Technologies Group, [Online]. K dispozici: <https://www.ctgclean.com/parts-washers/leanveyor-ultrasonic-systems>. [Cit. 27 11 2023].
- [60] Ecoslon, „Каустическая сода - применение для чистки канализации,“ [Online]. K dispozici: <https://eco-slon.ru/articles/kausticheskaya-soda-primenenie-dlya-chistki-kanalizacii>. [Cit. 29 11 2023].
- [61] DirectIndustry, „Bottle rinsing machine,“ DirectIndustry, [Online]. K dispozici: <https://www.directindustry.com/prod/ic-filling-systems-ltd/product-161786-1666101.html>. [Cit. 23 11 2023].
- [62] E. Group, „Автоматическая машина для мойки стеклотары DXP95/6,“ Eurasia Group, [Online]. K dispozici: <https://eurasia-group.ru/catalog/oborudovanie/oborudovanie-dlya-pererabotki-otkhodov/stanok-dlya-moyki-steklotary/avtomaticheskaya-mashina-dlya-moyki-steklotary-dxp95-6/>. [Cit. 23 11 2023].
- [63] BeerMachines, „Устройство для мойки и ополаскивания бутылок, модель SPIN,“ BeerMachines, [Online]. K dispozici: <https://www.beermachines.ru/catalog/equipment/cleaning/bottle-rinser-spin/?ysclid=lpb7sggh2j5790401896>. [Cit. 23 11 2023].
- [64] BollFilter, „Bottle washing machines: Filtration of caustic solution,“ BollFilter, [Online]. K dispozici: <https://www.bollfilter.com/applications/care-of-machining-cleaning-systems/bottle-washing-machines>. [Cit. 03 12 2023].
- [65] NATE, „Myčky přepravek MP,“ NATE, [Online]. K dispozici: <https://www.nate.cz/131-mycky-prepravek.html>. [Cit. 03 12 2023].
- [66] ForChem, „Myčka přepravek ForChem MP 150,“ ForChem, [Online]. K dispozici: <https://www.prowashers.cz/produkt.php?id=23&lang=sk>. [Cit. 03 12 2023].
- [67] MasoProfit, „Gastro myčky,“ MasoProfit, [Online]. K dispozici: <https://masoprofit.cz/e-shop/myci-technika-a-chemie/mycky/mycka-bonner-b-4062#s-popis>. [Cit. 03 12 2023].
- [68] epaProstory, „Kontinuální myčka přepravek,“ epaProstory, [Online]. K dispozici: <https://www.epaprostory.cz/Kontinualni-mycka-prepravek-d1907.htm>. [Cit. 29 12 2023].
- [69] OQEMA, „Hydroxid sodný 2%,“ OQEMA, [Online]. K dispozici: <https://oqema.cz/cz/katalog/Hydroxid-sodny-2-310303803900/>. [Cit. 04 12 2023].
- [70] Made-in-China, „Caustic Soda Flake in 25kg Bag,“ Made-in-China, [Online]. K dispozici: <https://tianyuanweihong.en.made-in->

- china.com/product/ySTEsUNvEpYK/China-Caustic-Soda-Flake-in-25kg-Bag.html. [Cit. 04 12 2023].
- [71] Eurobox, „Continuous washing machines,“ Eurobox, [Online]. K dispozici: <https://eurobox-technologies.com/washing-machines/>. [Cit. 06 12 2023].
- [72] PRE, „Pražská energetika,“ PRE, [Online]. K dispozici: <https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/prazska-energetika-od-zari-zlevni-cenu-za-dodavku-elektřiny-pro-domacnosti-o-20-a-plynu-o-30/>. [Cit. 06 12 2023].
- [73] KupníSíla, „Cena vody 2023,“ KupníSíla, [Online]. K dispozici: <https://www.kupnisila.cz/cena-vody-vodne-stocne/>. [Cit. 06 12 2023].
- [74] Fruugo, „20pcs Plastic Storage Caps Lids Ribbed For 70mm,“ Fruugo, [Online]. K dispozici: https://www.fruugo.cz/20pcs-plastic-storage-caps-lids-ribbed-for-70mm86mm-standard-regular-mouth-mason-jar-bottle/p-220196287-469457918?language=en&ac=KelkooCSS&asc=pmax&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAjrArBhAWEiwA2qWdCLdfNhRPMedR-CoOCHomYiKbz8oEPsByy_7Y_Fl8mf. [Cit. 04 12 2023].
- [75] FestaMachine, „What is Cap Elevator and Cap sorter,“ FestaMachine, [Online]. K dispozici: <https://www.festamachine.com/what-is-cap-elevator-and-cap-sorter-how-to-choose-it/>. [Cit. 05 12 2023].
- [76] MEFEMakina, „Bottle Cap Sorting Elevator,“ MEFEMakina, [Online]. K dispozici: <https://www.changeparts.parts/bottle-cap-sorting-elevator-bottle-cap-sorter-bottle-cap-sorting-elevators-bottle-cap-sorters/>. [Cit. 05 12 2023].
- [77] Swoer, „What Is The Difference Between Centrifugal Bowl Feeders and Vibratory Bowl Feeders,“ Swoer, [Online]. K dispozici: https://www.swoer.com/what-is-the-difference-between-centrifugal-bowl-feeders-and-vibratory-bowl-feeders_a10492.html. [Cit. 05 12 2023].
- [78] Podmores, „Vibratory Bowl Feeders,“ PodmoresSystems, [Online]. K dispozici: <https://www.podmores-systems.com/products/sorting/vibratory-bowl-feeders/>. [Cit. 05 12 2023].
- [79] FeederUniversity, „What is a Centrifugal Feeder?,“ [Online]. K dispozici: <https://www.feederuniversity.com/modules/centrifugal-basics>. [Cit. 05 12 2023].
- [80] AssetPackagingMachines, „How Do Cap Tightening Machines Work?,“ AssetPackagingMachines, [Online]. K dispozici: <https://assetpackaging.com.au/articles/how-do-cap-tightening-machines-work/>. [Cit. 05 12 2023].

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Láhev | 10 |
| Obrázek 2 - Přepravní bedna | 10 |
| Obrázek 3 - Návrh A | 12 |
| Obrázek 4 - Návrh B | 13 |
| Obrázek 5 - Návrh C..... | 14 |
| Obrázek 6 - Návrh D..... | 15 |
| Obrázek 7 - Odstohovač [4]..... | 17 |
| Obrázek 8 - Paletizér [7]..... | 18 |
| Obrázek 9 - Princip práce vakuového ejektoru [11] | 20 |
| Obrázek 10 - Vykladač láhví [23]..... | 23 |
| Obrázek 11 - Vertikální podavač láhví [27] | 27 |
| Obrázek 12 - Buben [28]..... | 28 |
| Obrázek 13 - Vstup do dopravníkové části [27] | 29 |
| Obrázek 14 - Deska na otáčení láhví [27]..... | 29 |
| Obrázek 15 - Vertikální podavač láhve [32]..... | 31 |
| Obrázek 16 - Dopravníková část [32] | 32 |
| Obrázek 17 - Mycí stroj na láhve [41]..... | 37 |
| Obrázek 18 - Vkládání láhví do mycího stroje [42] | 38 |
| Obrázek 19 - Výsledky kolorimetrického měření [48] | 42 |
| Obrázek 20 - Působení roztoku vlivem gravitační síly | 43 |
| Obrázek 21 - Vykládání láhví z mycího stroje [42]..... | 48 |
| Obrázek 22 - Šroubovice na otáčení beden [65] | 53 |
| Obrázek 23 - Vertikální dopravníkový orientátor [76]..... | 60 |
| Obrázek 24 - Vibrační buben [78]..... | 61 |
| Obrázek 25 - Odstředivý buben [79]..... | 62 |
| Obrázek 26 - Nakloněný dopravník pro nasázení víka [78] | 63 |
| Obrázek 27 - Vřeteno s nástavcem pro nasázení víka [34] | 63 |
| Obrázek 28 - Otáčející se kola pro utahování víka [80] | 64 |
| Obrázek 29 - Vřeteno s nástavcem pro utahování víka [34]..... | 65 |
| Obrázek 30 - Stroj na současné nasazení a utahování víka [35]..... | 66 |
| Obrázek 31 - Vkladač láhví [23]..... | 67 |



| | |
|----------------------------------|----|
| Obrázek 32 - Stohovač [4] | 71 |
| Obrázek 33 - Paletizér [7] | 72 |



Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 - Rozměry použitých láhví, beden a vík | 10 |
| Tabulka 2 - Výsledky porovnání čištění láhve různými čisticími prostředky [53]..... | 45 |
| Tabulka 3 - Použité stroje | 73 |
| Tabulka 4 - Rozměry použitých láhví, beden a vík | 73 |

Přílohy

| | |
|---|------|
| Výkres 01 – PFD – Návrh A..... | 2xA3 |
| Výkres 02 – PFD – Návrh B..... | 2xA3 |
| Výkres 03 – PFD – Návrh C | 2xA3 |
| Výkres 04 – PFD – Návrh D | 2xA3 |
| Výkres 05 – Dispoziční schéma linky | 1xA2 |