

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу

Невена Н. Зарић

**Припрема ПВЦ флаша за лепљење налепница у
млекопрерађивачкој индустрији**

Мастер рад

Крагујевац, 2016. године

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Процесни апарати и постројења

Број индекса: 368/2014

Невена Н. Зарић

Припрема ПВЦ флаша за лепљење налепница у млекопрерађивачкој индустрији

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Давор Кончаловић, доцент**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У овом раду кандидат треба да се упозна са поступком пројектовања уређаја у одабраној процесној индустрији (индустрија прераде млека и млечних производа). Потом се од кандидата очекује да спроведе реинжињеринг одабраног процесног уређаја користећи сопствена знања, поступке из литературе као и примере добре праксе. Очекивани резултат рада је предлог мера за унапређење дизајна пројектованог уређаја како са функционалног тако и са аспекта енергетске ефикасности.

Препоручена литература:

- [1] *Млеко и производи од млека стање и перспективе*, Златибор 2004 год.
- [2] Доц. Др Златан Сарић, *Технологија млека и млечних производа*, Сарајево, децембар 2007.
- [3] Лукић Н., *Пренос топлоте и масе*, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, 2014

Крагујевац, новембар 2016. године

Ментор:

Др Давор Кончаловић, доцент

Резиме:

Циљ овог мастер рада је припрема ПВЦ флаша за лепљење налепница у млекопрерађивачкој индустрији, односно решење проблема налепница на ПВЦ амбалажи. У почетку је описана топлотна обрада млека и поступци обраде млека. Током даљег рада приказано је решење проблема лепљења налепница.

Кључне речи: амбалажа, ПВЦ, кондензација

Abstract:

The aim of this master thesis is the preparation of PVC bottles for bonding labels in the milk processing industry, in fact the solution for the problem of labels on PVC packaging. Initially we described the heat treatment of milk and milk processing procedures. During further work is presented the solution for the sticking problem.

Key words: packaging, PVC, condensation

Списак коришћених скраћеница и страних речи

ПЛЦ – Програмабилни логички контролер

ESL(“extended shelf life”) – Продужен век трајања

(УНТ) (“ultra high temperature”) – Врло високе температуре

НССРА (Hazard Critical Control Point Analysis) – анализа опасности и критичних контролних тачака

РЗС – Републички завод за статистику Републике Србије

ПЕТ – Термопластични полимер

ПЛЦ – Програмабилни логички контролер

ЕУ – Европска унија

Цфу/мл – број колонија бактерија у милилитру

ПВЦ – поливинил – хлорид

ПЕСЕТ – Аутоматска линија за пуњење боце

ПЕРПАК – Аутоматска машина намењена за испирање и дезинфекцију боца на линији пуњења

СЕБОПАК – Машина је намењена за паковање течности различитог вискозитета у боце запремине од 0,5 - 2 л

ЕТПАК – Машина представља специјални аутоматски систем са једном главом за етикетирање

ТЕРМОПАК – Ова линија је намењена за појединачно и групно паковање производа у фолију

ПЕ Термоскупљајућа – Врста фолије

Списак илустрација

Слика 1.1 Приказ сировог млека

Слика 1.2 Произведено и откупљено млеко у Србији, 2008-2012. год.

Слика 1.3. Прикупљено крављег млека у млекарама (% удео у ЕУ, на основу тона)

Слика 2.1. Линија за пастеризацију (балансни котлић, пастерапарат, сепаратор, хомогенизатор и контролна табла)

Слика 2.2 При хомогенизацији млеко под притиском пролази кроз узани прорез где се масне капљице уситњавају

Слика 2.3 Производни ток код делимичне хомогенизације

Слика 4.1 Приказ аутоматске линије за пуњење у боце-ПЕСЕТ 3000 В

Слика 4.2 Коначан производ (флаше)

Слика 4.3 Празне боце

Слика 4.4 Стезаљка за боце

Слика 4.5 Кружна вакумска пунилица

Слика 4.6 Боце са етикетом

Слика 4.7 Изглед ЕТПАК 3000

Слика 4.8 ПВЦ флаша запремине 0,5 л (обложене фолијом)

Слика 4.9 ТЕРМОПАК 650

Слика 5.1 Приказ ПВЦ флаше приликом појаве кондензације

Слика 5.2 Површински напони који делују на капљицу кондензата

Слика 5.3 Промена температуре при филмској кондензацији чисте паре

Слика 5.4 Капљичаста кондензација на цилиндричној површини

Слика 6.1 Пројекција машине

Слика 6.2 Пројекција доњег костура

Слика 6.3 Изометрија доњег костура

Слика 6.4 Пројекција коморе

Слика 6.5 Пројекција (деталји машине)

Слика 6.6 Изглед склопа ваздушног ножа “ПАК 12 000”

Слика 6.7 Дуваљка

Слика 6.8 Зависност протока ваздуха од притиска излазног ваздуха

Слика 6.9 Зависност излазног притиска од снаге дувалке

Слика 6.10 Приказ кретања ваздуха у систему

Слика 6.11 Приказ улаза и излаза ваздуха из система ка млазницама

Слика 6.12 Приказ улаза ваздуха у млазницу

Слика 6.13 Приказ смера подешавања млазниц

Слика 6.14 Дијаграмска зависност брзине ваздуха од дужине ваздушног ножа

Слика 6.15 Изглед склопа дувалке 50760-R5

Слика 6.16 Пројекција склопа габаритне димензије

Слика 6.17 Поглед са предње стране склопа габаритне димензије

Слика 6.18 Приказ улаза и излаза ваздуха из система ка млазницама

Слика 6.19 Приказ решења ваздушног ножа

Слика 6.20 Шематски приказ ваздушног ножа

Слика 6.21 Попречни пресек са приказом кретања ваздуха под притиском

Списак табела

Табела 1. Просечан хемијски састав млека

Табела 2. Произведено и откупљено млеко у Републици Србији, 2008-2012

Табела 3. Производња и употреба млека, у 2014 ЕУ, (1 000 тона)

Табела 4. Врсте топлотне обраде

Табела 5. Утицај термизације (65 °C/15 s) на термичку стабилност млека

Табела 6. Термичка стабилност, киселост и РН вредност обраног, пуномасног млека и ретентата

Табела 7. Техничке карактеристике ПЕРПАК машине

Табела 8. Техничке карактеристике СЕБОПАК машине

Табела 9. Техничке карактеристике ЕТПАК машине

Табела 10. Техничке карактеристике ТЕРМОПАК машине

Табела 11. Карактеристике дуваљке – 50760 – R15

САДРЖАЈ

1. УВОД	2
1.1 Састав млека	3
1.2 Производња млека у Републици Србији	5
1.3 Производња млека у Европи	6
2. ТОПЛОТНА ОБРАДА МЛЕКА	8
2.1 Утицај температуре на млеко	8
2.2 Поступци топлотне обраде млека	8
2.3 Предтретмани	10
2.3.1 Топлотни предтретмани	10
2.3.2 Концентровање	10
2.3.3 Хомогенизација	12
3. НАССР (ЕНГ. HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL CONTROL POINTS) СИСТЕМ	13
3.1 Основе НАССР система	13
3.2 НАССР систем у производњи млека	13
3.2.1 Први корак	13
3.2.2 Други корак	14
3.2.3 Трећи корак	14
3.2.4 Четврти корак	14
3.2.5 Пети корак	15
3.2.6 Први принцип: Анализа хазарда	15
3.2.7 Други принцип: Идентификација критичних контролних тачака	15
3.2.8 Трећи принцип: Утврђивање граничних вредност	16
3.2.9 Четврти принцип: Утврђивање и уграђивање поступака за праћење (мониторинг)	16
3.2.10 Пети принцип: Корективне мере	16
3.2.11 Шести принцип: Утврђивање процедура за верификацију	17
3.2.12 Седми принцип: Успостављање документације и чување записа	17
4. ОПИС ЛИНИЈЕ ЗА ТОЧЕЊЕ МЛЕКА	18
4.1 Аутоматска линија за пуњење у боце – ПЕСЕТ 3000 V	18
4.1.1 ПЕРПАК 3000	19
4.1.2 СЕБОПАК 3000	20
4.1.3 ЕТПАК 3000	21
4.1.4 ТЕРМОПАК 3000	23
5. ПРОБЛЕМ ЛЕПЉЕЊА НАЛЕПНИЦЕ	25
6. ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ПРОБЛЕМА ЛЕПЉЕЊА ЕТИКЕТА НА ПВЦ АМБАЛАЖИ	29
6.1 Ваздушни нож димензионисање и развој	29
6.2 Улога машине ваздушни нож “ПАК 12 000”	31
6.2.1 Доњи костур машине	32
6.2.2 Комора	33
6.2.3 Горња комора	34
6.3 Примена ваздушног ножа “ПАК 12 000” у линији ПЕСЕТ 3 000”	35
6.4 Принцип рада ваздушног ножа	35
6.5 Спецификација ваздушног ножа	40
6.6 Предлог новог дизајна млазнице	42
7. ЗАКЉУЧАК	45
8. ЛИТЕРАТУРА	46

1.УВОД

Млеко је најчешћи назив за течност беле боје коју производе млечне жлезде женки сисара, а која се користи у исхрани. Млеко пружа главни извор исхране младунчади сисара пре него што се развију довољно да могу да варе различиту храну.

Код нас се под млеком, у ужем смислу, подразумева кравље млеко јер оно у млекарској индустрији учествује као сировина са око 95%, па се зато само кравље млеко може ставити у промет под називом млеко. Ако је производ добијен од млека неке друге врсте млечних животиња то се мора назначити (овчије, козје) [1].



Слика 1.1 Приказ сировог млека

Млеко је пре свега намерница, али и сировина која има велики потенцијал, јер се из њега може добити велики број производа у облику киселог млека, јогурта, сирева, павлаке, маслаца и других производа. Неки производи од млека се могу припремати у врло једноставним техничким условима, док многи други производи захтевају одговарајућу техничку опрему, обично великог капацитета, са којима располажу само индустријске млекаре. Да би млеко било предмет продаје крајњим корисницима, неопходно је да се припреми одређеним поступцима контроле, обраде и паковања [2].

У природи је млеко најбољи извор калцијума и фосфора па се зато препоручује деци и адолесцентима, а такође и људима у постоперативном и посттрауматичном процесу. У 100 мл млека има између 100 и 150 мг калцијума и његова искористљивост из млека је изразито добра, што се не односи на намернице биљног порекла, јер је калцијум код њих у облику соли које се веома тешко искоришћавају из црева и већим делом се избацују из организма.

1.1 Састав млека

Састав млека је варијабилан и зависи од многих фактора (врта, раса, период лактације, исхрана и др.). Просечан хемијски састав млека домаћег шареног говечета је следећи (табела 1):

Табела 1. *Просечан хемијски састав млека [1]*

Компонента	Садржај г/100г	
	Средња вредност	Опсег варирања
Вода	87,5	87-88
Протеини	3,13	3-3,2
Маст	3,76	3,6-3,8
Угљени хидрати	4,84	4,8-4,9
Минерали	0,8	0,7-0,97

Дакле, може се рећи да млеко сачињавају следеће компоненте:

- вода,
- протеини (казеин, протеини сурутке),
- угљени хидрати (лактоза)
- минералне материје (микро и макро елементи),
- гасови (CO_2 , O_2 , H_2),
- остали састојци (витамини, ензими, остале азотне материје).

Млеко има специфичан састав, који се знатно разликује од других хранљивих намирница. Основни састојци млека, казеин, лактоза, млечна маст која се не налази ни у крви нити у било којој другој намирници животињског или биљног порекла. Однос и концентрација минералних материја у млеку такође се битно разликује од њиховог садржаја у крви [2].

Млеко у погледу састава садржи све хранљиве материје. То је и разумљиво ако се има на уму да је млеко искључива храна новорођенчета у првим месецима, обезбеђује интензиван раст и развој. Разне врсте млека састављене су од истих материја али су међусобни однос и концентрација појединих хранљивих материја у разним врстама млека је различита. Квантитативни састав појединих врста млека зависи од исхране животиња. Млеко садржи све хранљиве материје у одређеним количинама: беланчевине, масти, угљени хидрати, вода, минералне соли, витамине, антитела и разне органске киселине.

Количински највећи састојак у свим врстама млека је вода и чини од 87-88%. Количина минералних материја у млеку је сразмерно мала и износи око 0,7%. Највећи део чине калцијум и фосфор. Фосфор се налази углавном у облику калцијум фосфата. Нерастворљиви фосфати млека се одржавају у емулзији захваљујући присуству лимунске киселине. У току кувања млека, настаје разградња лимунске киселине и као последица настаје таложњење фосфата у куваном млеку. Однос калцијума и фосфора у млеку је такав да омогућава њихову апсорпцију из дигестивног тракта [2].

Масли

Млечне масли синтетишу млечне жлезде уз масних киселина и глицерола, који путем крви долази у њу. Она одабира масне киселине из крви и изграђује масл која је специфична за млеко. У млеку се налази емулговано у виду видљивих капљица. Колоидни раствор казеина одржава емулзију масли и привремено спречава да се масл издваја од воде-млека. Ако млеко извесно време стоји, масл се издваја на површини.

Садржај масли у разним врстама млека је различит. У женином, крављем козјем млеку количина масли је приближно иста 3,5-4,0%, овчије млеко садржи двоструко а млеко биволице чак троструке количине масли у односу на кравље млеко. Одређивање количине масли и специфичне тежине служи као показатељ да ли је млеко разблажено или чак обрано. Од масних киселина највише има палмитинске и олеинске киселине [2].

Угљени хидрати

Лактоза млечни шећер је специфични производ млечних жлезда. Женино млеко садржи веће количине лактозе 6,4% у односу на друге врсте млека. У крављем, овчијем, козјем, и млеку биволице налазе се приближно исте количине лактозе 4,2-4,7% [2].

Садржај лактозе у млеку је доста константан. Може да послужи као показатељ, да ли је млеко разблажено додавањем воде. На вишим температурама лактоза се карамелизује. Карамелизација лактозе даје тамнију боју куваном млеку и специфичан укус.

Витамини

У млеку се налазе скоро сви витамини у одређеним количинама. Њихова количина зависи од исхране стоке и годишњег доба. У млеку највише има витамин А, Д, Б1, Б2, и Ц а остали витамини се налазе у мањим количинама. Кравље млеко у току лета је богатија са витаминима, када је храна богатија зеленишима, него зими када је сува храна [2].

Применом разних поступака, као што је пастеризација, стерилизација, кувањем уништава се витамин А, док витамин Д се не уништава деловањем топлоте ни пастеризацијом. Присуство витамина Б је доста константан и отпорни су на загревање. У мањим количинама се налази витамин Ц тј. аскорбинска киселина приликом загревања лако подлеже оксидацији, тј. топлота је разара.

У млеку поред хранљивих материја налазе се и разни ензими. Од ензима који потичу из млечних жлезда најважнији су пероксидаза и фосфатаза. Одређивање њихове активности служи као показатељ да ли је поступак пастеризације био добар.

1.2 Производња млека у Републици Србији

У Републици Србији се годишње произведе око 1,5 милиона литара млека. Од тога, чак 98 одсто заузима производња крављег млека, 0,8 одсто овчијег, док је око 1,6 одсто производња козјег млека [3].

Према подацима званичне статистике, од 1500 милиона литара помуженог млека годишње, количине млека које су откупљене са породичних газдинстава као и од пољопривредних комбината и специјализованих фарми за производњу сировог млека износиће око 50% укупно помуженог млека.

Подаци о производњи млека у Републици Србији (као и разни други статистички подаци у оквиру разних привредних грана, а и других области) могу се пронаћи на сајту *РЗС Републике Србије*¹

Табела 2. Произведено и откупљено млеко у Републици Србији, 2008-2012 [3]

	2008	2009	2010	2011	2012
Произведено млеко мил. Л	1534	1478	1462	1434	1442
Свеже млеко, мил. Л	717	723	686	681	712
Млечни производи- домаћа прерада у т	280	261	155	277	175

У 2011. години од укупно произведених 1.434 милиона литара сировог млека, са породичних газдинстава и фарми за производњу млека откупљено је 681 милиона литара млека, што чини 47,5% укупно произведеног млека, као и млечних производа из домаће прераде у количини од 277 тона [3].

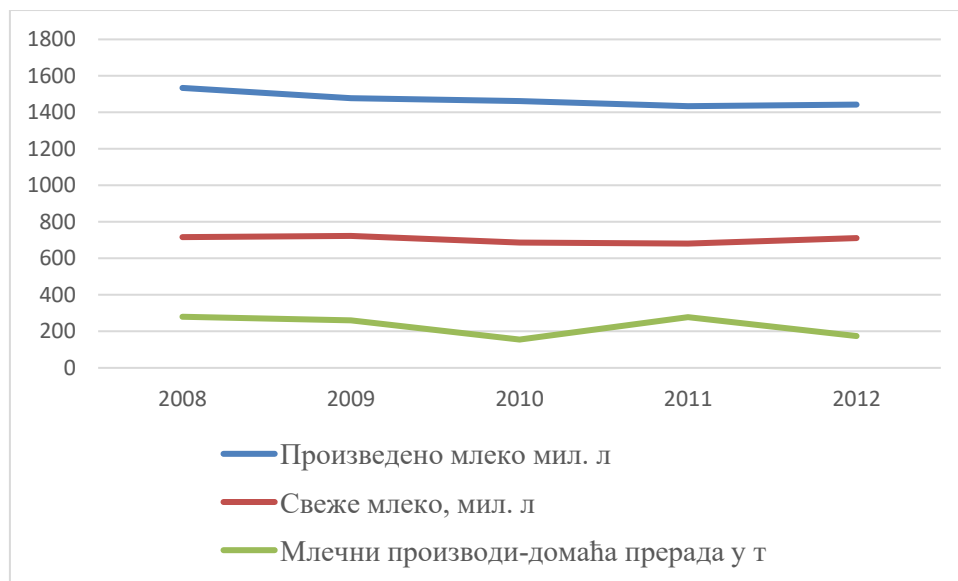
У 2012. години је тај проценат нешто виши али и даље се креће око половине произведене количине. Тако је од произведених 1.442 милиона литара сировог млека, у откупу и продаји завршило 712 милиона литара млека, што представља 49,4% укупно произведених количина и 175 тона млечних производа из домаће прераде [3].

У односу на 2010. годину, количине откупљеног сировог млека у 2011. години бележе благи пад од 1% (колико износи и пад у укупно произведеним количинама млека) док је откупљена количина млечних производа из домаће прераде порасла за чак 80%.

У 2012. години расте количина откупљеног сировог млека за 5% у односу на 2011. годину (количина укупно произведеног млека у 2012. расте за мањи од 1% тачније 0.55%) док количина откупљених млечних производа из домаће прераде опет има изражен тренд осцилације али сад у супротном правцу и мања је за 37% у односу на количину из 2011. године.

¹ Републички завод за статистику – Статистички подаци произведени у оквиру статистичких истраживања сматрају се „јавним добром“

На следећем дијаграму (слика 1.2) приказана је количина произведеног и откупљеног млека у Србији у периоду од 2008-2012. године. [3]



Слика 1.2 Произведено и откупљено млеко у Србији, 2008-2012. год. [3].

„Међутим, данас се млекарска индустрија суочава са бројним променама и изазовима. Један од најважнијих је раст потреба за млечним производима. У поређењу са развијеним млекарским земљама, Србија има лошу структуру откупа и неекономичну производњу. Њу карактерише и све уочљивија нелојална конкуренција. Са просечном млечношћу од 2.979 литара по крави Србија се налази испред других држава, кандидата за чланство у ЕУ. Али, у поређењу са чланицама ЕУ, то је знатно мање. Велики број произвођача не испуњава највише захтеве који су у складу са ЕУ стандардима" [5].

1.3 Производња млека у Европи

Млеко се производи у свакој држави чланици ЕУ без изузетка. Осим тога, млеко је број један сектор појединачни производ ЕУ у погледу вредности на око 15% пољопривредне производње. ЕУ је главни произвођач на светском тржишту млечних производа, као водећи извозник многих млечних производа, пре свега сирева. Сектор млека је од великог значаја за Европску унију (ЕУ) у различите начине. Производња млека одвија у свим земљама чланицама ЕУ и представља значајан део вредности пољопривредне производње за ЕУ.

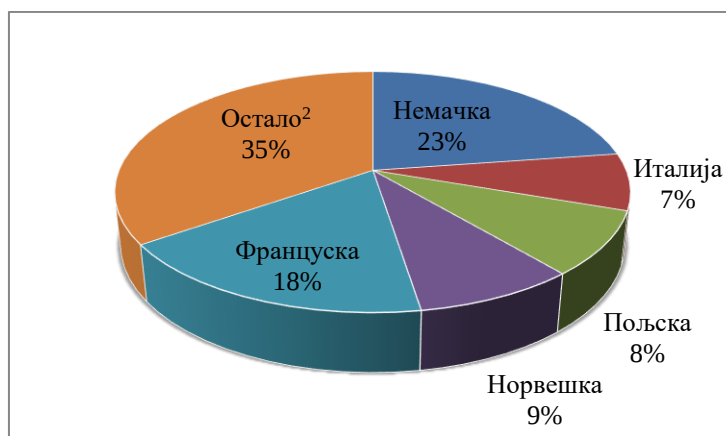
Укупна производња млека у 2014 години износи 165 милиона тона млека, од чега 159.6 милиона тона (или 96,8) је кравље млеко. Млеко од оваца, коза и бивола представља 3,2% укупне производње. Главни произвођачи млека у ЕУ су Немачка, Француска, Велика Британија, Пољска, Холандија и Италија које заједно чине скоро 70% производње ЕУ (Табела 3).

Табела 3. *Производња и употреба млека, у 2014 ЕУ, (1 000 тона)[4]*

	Прикупљено млека у млекарама
ЕУ	77 738
Немачка	31 375
Француска	25 261
Пољска	10 602
Италија	10 500

Тек нешто више од једне петине (23%) млека које је прикупљено у ЕУ млекара у 2014. дошло из Немачке, док је нешто више од шестине укупног (23%) потиче из млекара у Француској (дијаграм 2). Млекаре прикупљају релативно мало млека од других животиња (овце, козе, бивола) у већини земаља чланица² ЕУ [4]²

На следећем дијаграму (слика 1.3) приказана је количина прикупљеног крављег млека у млекарама (% удео у ЕУ, на основу тона)



Слика 1.3. *Прикупљено крављег млека у млекарама (% удео у ЕУ, на основу тона) [4]*

² Белгија, Чешка, Данска, Словенија, Хрватска

2. ТОПЛОТНА ОБРАДА МЛЕКА

2.1 Утицај температуре на млеко

Високе температуре се користе ради уништавања микроорганизама, деактивирање ензима, побољшање технолошких својстава и концентрисања суве материје млека. Средње температуре се називају температурама догревања како би се лакше изводиле неке технолошке операције (стандардизација масти, хомогенизација, подсиравање, ферментација и сл.) [7].

Високе температуре се веома важне и имају најзначајнију улогу у обради млека. Примењују се у процесу пастеризације, којој се подвргавају готово сва количина млека која се допреми у млекарну, без обзира за шта ће се користити. Пастеризација се може изводити на температурама од 62,5 до 100°C. За разлику од пастеризације, стерилизација се врши на вишим температурама од 110-150°C. У новије време се користе више температуре уз краће трајање њиховог деловања, тако да се постиже бољи или исти ефекат уништења микроорганизама и деактивирања фермената уз што мање промене млека.

2.2 Поступци топлотне обраде млека

Постигло млеко треба што пре топлотно обрадити, барем у току 24 сата након пријема. Топлотна обрада при температурама до 100°C, одређено време, назива се *пастеризација*, а при температурама вишим од 100°C, одређено време, назива се *стерилизација*.



Слика 2.1. *Линија за пастеризацију (балансни котлић, пастерапарат, сепаратор, хомогенизатор и контролна табла) [20]*

У многим великим млекарама није могуће сву количину млека топлотно обрадити и прерадити одмах након пријема. Ако се млеко мора дуже чувати, може се претходно провести и топлотна обрада при нижим температурама, тзв. “термализација”. Термализација је топлотна обрада млека при 57-68 °C, око 15 секунди која ће само привремено инхибирати раст бактерија и неће инактивирати ензими фосфатазе. Стога термализација не може бити замена за пастеризацију [4].

Табела 4. Врсте топлотне обраде [4]

Процес	Температура (°C)	Трајање
Термализација	63-65	15 секунди
“ниска, дуготрајна пастеризација” млека	63-65	30 минута
“средња, краткотрајна пастеризација” млека	72-75	15-20 секунди
“висока, краткотрајна пастеризација” (павлака нпр.)	> 80	1-5 секунди
“висока топлотна обрада” (ферментирани производи као јогурт, кефир и сл.)	90-95	5-10 минута
Ултратоплотна обрада (ESL)³	125-138	2-4 секунде
Стерилизација у протоку* (UHT)⁴	135-140	Неколико секунди
Стерилизација у амбалажи**	115-120	20-30 минута

³ ESL (“extended shelf life”) – продужен век трајања– за свеже производе у Канади и САД (pri 7 °C)

⁴ (UHT) (“ultra high temperature”) – врло високе температуре

* директно загревање (млеко у пару или пара у млеко) или индиректно загревање (измењивачи топлоте, цевни или плочасти)

** у аутоклаву или у тунелу током континуиране производње

2.3 Предтретмани

Када се говори о технолошким параметрима значајним за термичку обраду млека, посебно су значајни предтретмани, који су примењени у поступку производње, од којих су посебно значајни топлотни предтретмани, концентровање и хомогенизација млека.

2.3.1 Топлотни предтретмани

Пре УХТ стерилизације млеко се подвргава топлотном предтретману, са различитим циљевима, као што је термизација или предгревање са задржавањем непосредно пред сам процес стерилизације. Утицај предгревања на понашање млека у процесу стерилизације је добро, изузев што може доћи до образовања млечног каменца на плочама измењивача топлоте [15].

Многобројним испитивањима је утврђено да претходно топлотно третирање млека повољно утиче на термостабилност и да се као такво може препоручити у производњи УХТ стерилизованих производа.

Утврђен је позитиван утицај термизације на термостабилност млека, а резултати ових испитивања су приказани у табели 7. [6,16,17].

Табела 5. Утицај термизације (65 °C/15 s) на термичку стабилност млека

	Млеко пре термизације	Млеко после термизације	Млеко складиштено један дан	Млеко складиштено 2 дана	Млеко складиштено 3 дана
Киселост (°СХ)	8,28	8,16	8,08	8,16	8,20
РН вредност	6,56	6,57	6,58	6,59	6,60
Алкохолни тест (% етанола)	75	75	74	74	74
Термостабилност (време, с)	823	813	763	638	640
У процентима	100	99	93	77	78

2.3.2 Концентровање

Бројним истраживањима је константовано да се ултрафилтрација, као метод концентровања, може успешно користити како за директну производњу УХТ стерилизованих концентрата млека, тако и за развој нових производа на бази тих концентрата [14].

Испитан је утицај различитих фактора концентрисања пуномасног и обраног млека на његову термичку стабилност [18].

Да би се добила потпуна слика о утицају ултрафилтрације на термичку стабилност млека испитана је стабилност према етил алкохолу, затим је одређена киселост и мерења РН вредност свих испитиваних узорака. Резултати ових испитивања су приказани у табели 8.

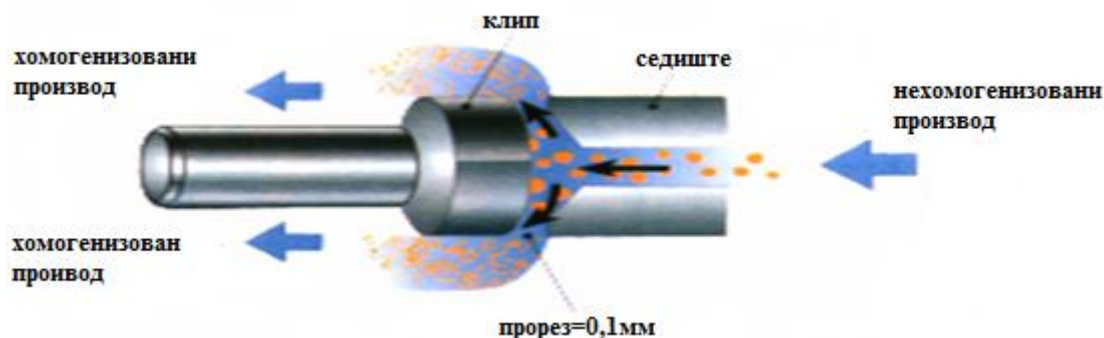
Табела 6. Термичка стабилност, киселост и РН вредност обраног, пуномасног млека и ретената

	Термичка стабилност (време, с)	Алкохолна проба (%)	РН	Киселост (°СХ)
Обрано млеко	466	88	6,75	5,50
Концентрат од обраног млека (Φ=1,2)	466	80	6,72	6,80
Концентрат од обраног млека (Φ=1,4)	468	80	6,71	7,70
Концентрат од обраног млека (Φ=1,7)	466	80	6,68	8,20
Пуномасно млеко	452	71	6,63	7,40
Концентрат од пуномасног млека (Φ=1,2)	405	69	6,65	7,40
Концентрат од пуномасног млека (Φ=1,24)	326	69	6,65	7,80
Концентрат од пуномасног млека (Φ=1,7)	272	68,50	6,67	8,20

На основу резултата приказаних у табели 6. може се констатовати да је термостабилност концентрата од обраног млека износила 468 сек., а концентрата од пуномасног млека 326 сек., иако је код концентровања оба концентрата примењиван исти запремински фактор концентрисања. Сматра се да су разлике у погледу термостабилности између концентрата од обраног и пуномасног млека последица различитог састава ретената и карактеристика примењене опреме.

2.3.3 Хомогенизација

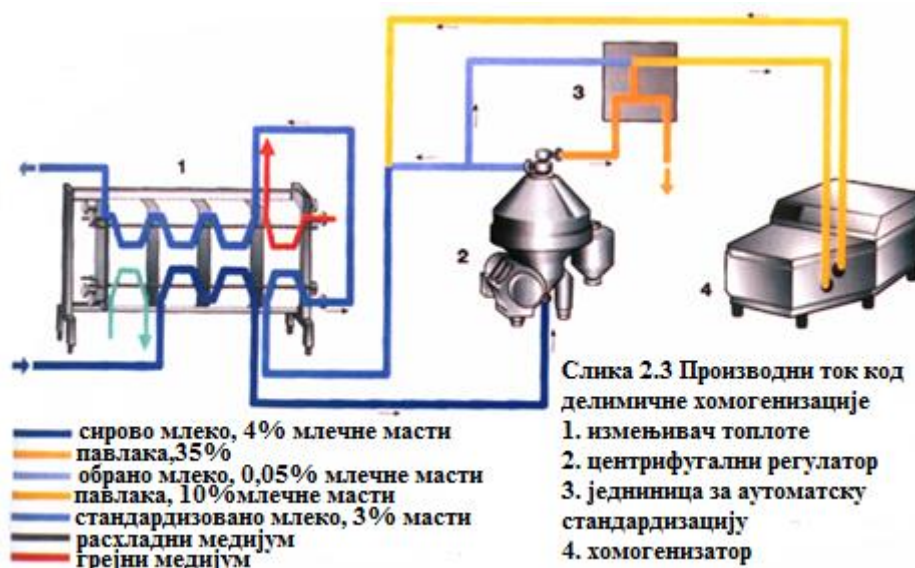
При термичкој обради млека поступцима УХТ стерилизације примењује се и хомогенизација. Хомогенизација се уситњавају масне капљице и долази до повећања њихове укупне и релативне површине и сматра се да на тај начин долази до веће могућности деловања фермента липазе.



Слика 2.2 При хомогенизацији млеко под притиском пролази кроз узани прорез где се масне капљице уситњавају [20]

Повећањем релативне површине масне капљице требало би очекивати и већу склоност ка оксидативним процесима [13]. Међутим, до тога не долази јер се хомогенизацијом делимично уклањају фосфолиди (склони оксидацији) из адсорпционог слоја. Затим, мења се састав и других материја у адсорпционом слоју и долази до смањења бакра по јединици површине масне капљице, чиме се смањује њихово катализујуће дејство [19].

У ком моменту у току термичке обраде ће се вршити хомогенизација зависи и од техничког решења измењивача топлоте. Код производње пастеризованог млека, у принципу, хомогенизатор се поставља пре регенеративне секције. При директном поступку УХТ стерилизације хомогенизација се врши после (слика 2.3)[20], а код индиректног поступка стерилизације пре термичког третмана УХТ стерилизације.



3. HACCP (енг. Hazard Analysis And Critical Control Points) систем

3.1 Основе HACCP система

HACCP систем⁵ је рационалан и систематски на научним сазнањима заснован прилаз да се идентификује хазард, процени ризик појаве и предвиди мере за елиминацију или спречавање хазарда за време производње, прераде, израде, припреме и коришћења хране с циљем да храна буде здравствено исправна када се конзумира [21]. Основни циљ HACCP концепта је да се осигура производња хране безбедне по здравље потрошача превентирањем хазарда током процеса производње уместо контролом готових производа [22] [23]. Овај циљ се остварује кроз пет корака и седам принципа, односно кроз дванаест етапа [24].

3.2 HACCP систем у производњи млека

Будући да је производња сировог млека кључна фаза у обезбеђењу здравствене исправности млека и производа од млека то ћемо у овом раду приказати примену HACCP система у производњи сировог млека [10].

3.2.1 Први корак

Увођење HACCP система захтева мултидисциплинарни прилаз и сви релевантни стручњаци у ланцу производње млека морају да буду укључени у HACCP тим.

Тим треба да се састоји од најмање једног специјалисте из области обезбеђења здравствене исправности млека који има довољно знања о микробиолошким, хемијским и физичким хазардима. Технолога који добро познаје производни процес. Машинског инжењера који добро познаје техничке могућности машина. Ветеринара који прати епизоотиолошку ситуацију и стара се о здрављу животиња. Агронома који учествује у производњи сточне хране и по потреби других специјалиста [10].

⁵ HACCP (Hazard, Analysis, Critical, Control, Point system)

3.2.2 Други корак

Опис сировог млека:

Број соматских ћелија ~250.000 ћелија/мл;

Проценат лактозе 4,8

Проценат протеина 3,3

Проценат масти 3,8

Температура 4,4°C

Број микроорганизама 40.000/мл

Е. коли <10

3.2.3 Трећи корак

Идентификација начина употребе и потрошач:

Млеко је намењено за исхрану људи после извршене пастеризације.

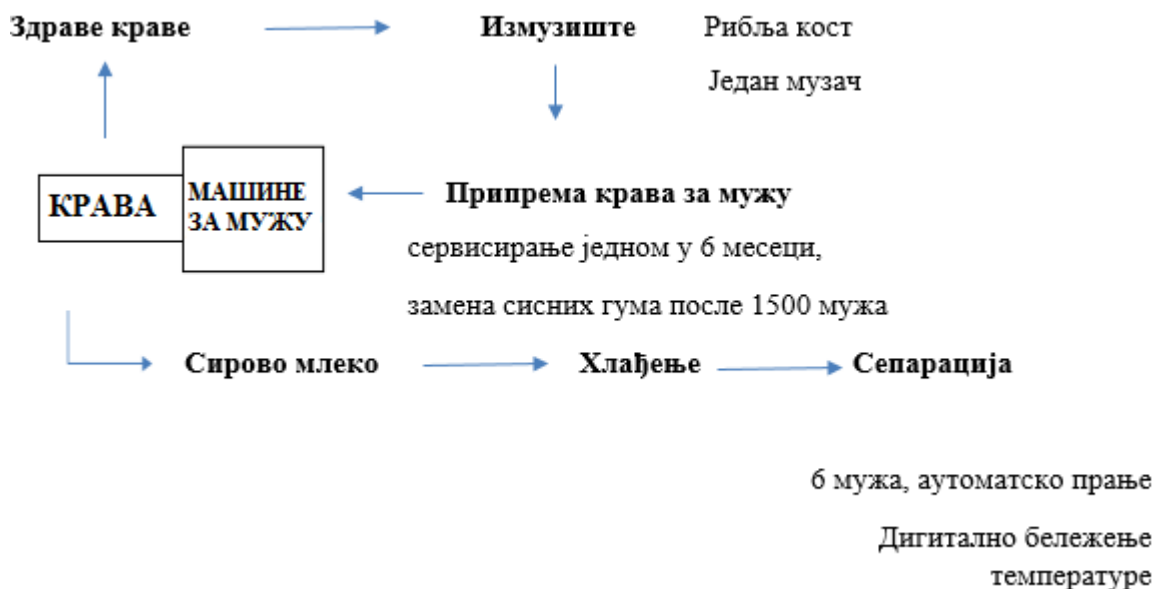
3.2.4 Четврти корак

Дијаграм тока производње млека:



3.2.5 Пети корак

Верификација дијаграма тока:



3.2.6 Први принцип: Анализа хазарда

Епидемиолошки подаци показују да се млеком могу пренети на људе патогени микроорганизми који изазивају обољења животиња и микроорганизми који изазивају само обољења људи, а млеко је транспортни медијум. Поред микробиолошких загађивача опасност из млека представљају и хемијски загађивачи, као што су ветеринарски лекови, агрохемикалије и екохемикалије. Само мужом здравих крива може се добити млеко без патогених микроорганизама.

3.2.7 Други принцип: Идентификација критичних контролних тачака

Будући да контаминација млека патогеним микроорганизмима настаје примарно из млечне жлезде и у току процеса добијања млека, а да се контролом здравља музних животиња може спречити да патогени микроорганизми и остаци ветеринарских лекова буду присутни у млеку за јавну потрошњу, добијање сировог млека је прва и најважнија критична тачка.

Управљање здравственом исправношћу млека може се постићи само у партнерству професија (агрономске, ветеринарске и технолошке и др.). Информација о здрављу музних крива добија се на основу прегледа крива и млека.

3.2.8 Трећи принцип: Утврђивање граничних вредности

На примеру претходно описане критичне граничне вредности (број ћелија у млеку, број микроорганизама и налаз остатака антибиотика) дају информације о успешности проведених мера у критичној тачци.

Утврђивањем агрохемикалијама и екохемикалија изнад допуштених величина у сировом млеку добија се информација о проведеним мерама у технологији крмива, као и о загађењу околине.

3.2.9 Четврти принцип: Утврђивање и уграђивање поступака за праћење (мониторинг)

Здравље музних животиња прати ветеринар на основу резултата селошког прегледа крви и прегледа млека на маститис и о томе води евиденције. На основу резултата броја соматских ћелија у збирном млеку и резултата микробиолошке анализе ветеринар закључује о ефикасности примењених мера. Вредност које се у мониторингу прате:

Број соматских ћелија у збирном млеку	<250.000/мл
Број микроорганизама	<10.000 цфу/мл
Број колиформних микроорганизама	<50/мл
Терморезистентни микроорганизми	<100 цфу/мл
Стапхилоцоцус ауреус	нула
Стептоцоцус агалактиае	нула

3.2.10 Пети принцип: Корективне мере

Уколико се прегледом збирног млека установи већи број соматских ћелија од задатог лимита (250.000/мл) треба извршити анализу стадијума лактације и преглед свих крава маститис тестом. На основу добијених резултата врши се издвајање крава које дају већи број соматских ћелија и раздваја их на основу стадијума лактације. Све свеже отелене краве после шесте муже прегледају се маститис тестом. Млеко маститис тест позитивних крава се прегледа на маститисе [10].

Све краве се седам дана пре засушења прегледају маститис тестом. Краве са субклиничким маститисом се издвајају и одвојено музу, а њихово млеко се не меша са млеком за јавну потрошњу. Лечене краве се у време лечења и онолико дуго колико се лек излучује млеком издвајају и одвојено музу, а млеко се не користи за јавну потрошњу. Већи број микроорганизама од одређеног лимита показује да је неодговарајућа санитација опреме, изостатак контроле маститиса, лоша припрема вимена при мужи и неодговарајућа температура и брзина расхлађивања, сва ова одступања се морају исправити.

3.2.11 Шести принцип: Утврђивање процедура за верификацију

Дневно се мери температура млека у танку и бележи. Дневно се одређују резидуе антибиотика у млеку. Месечно се одређује и евидентира број соматских ћелија у збирном млеку и млеку појединих крава. Једном годишње се ради туберкулинизација и преглед крви на бруцелозу и о томе води евиденција. Једном у шест месеци се прегледају машине за мужу [10].

3.2.12 Седми принцип: Успостављање документације и чување записа

Једном месечно се анализира документација о забележеним активностима у процесу добијања сировог млека. Чува се документација о анализи хазарда, утврђивањем критичних контролних тачака и документација о одређивању лимита. Пример бележења је бележење активности мониторинга у критичним тачкама [10]. Одступања и одговарајуће корективне акције. Измене НАССР система.

4. ОПИС ЛИНИЈЕ ЗА ТОЧЕЊЕ МЛЕКА

4.1 Аутоматска линија за пуњење у боце – ПЕСЕТ 3000 V

Ова аутоматска линија састоји се из машина тип: **ПЕРПАК 3000** (испирање и дезинфекција боца), **СЕБОПАК 3000** (вакумско пуњење и затварање боца), **ЕТПАК 3000** (етикетирање самолепљивим етикетама) и **ТЕРМОПАК 650** (збирно паковање у термоскупљајућу фолију) [25].



Слика 4.1 Приказ аутоматске линије за пуњење у боце-ПЕСЕТ 3000 В [25]

Улога извршиоца је да постави празне боце на улаз као и узимање формираних пакета на излазу линије. Коначан производ је боца у којој се налази течност различитог визкозитета.



Слика 4.2 Коначан производ (флаше) [25]

4.1.1 ПЕРПАК 3000

ПЕРПАК 3000 - је аутоматска машина намењена за испирање и дезинфекцију боца на линији пуњења. Тако је конципирана да може да ради и самостално уз додатак транспортера који уводи и одводи боце из машине. Машина је конципирана као кружна, хоризонтална што омогућава лаку регулажу и олакшан приступ виталним деловима машине. За процес испирања и дезинфекције могуће је користити флуиде по избору (персијетна киселина, хлор, озон...), а на основу прописаних технолошких захтева и могућности које доставља купац машине [27].

Такође је предвиђено пропорционално дозирање појединих средстава на бази персијетне киселине чиме се стичу услови за правилан и рационалан поступак дезинфекције. Машина је израђена од нерђајућих материјала, а радна зона обезбеђена облогама израђених од нерђајућег лима са плексигласом чиме је омогућена визуелна контрола радне зоне.



Слика 4.3 Празне боце [26]

Боце се у радну зону машине доводе путем транспортера где их раздваја улазни пуж који ради у синхронизацији са уводном звездом боца. Уводна звезда једну по једну боцу уводи у радно коло машине где их прихватају стезаљке које боцу хватају у зони грлића боце.



Слика 4.4 Стезаљка за боце [27]

Оваквих станица на машини има 12, а са циљем да се обезбеди тражени капацитет. Стезаљке са боцом бивају на путу радног кола преврнуте посредством копира и набацујусе на цев за испирање и дезинфекцију. На путу одлажења боце према изводној звезди врши се убризгавање флуида.

По избору је могуће убризгавати један па други флуид или по жељи вршити испирање па дезинфекцију боце. Пошто је боца за време поступка дезинфекције окренута грлићем наниже, флуид за дезинфекцију се слива низ зидове боце, а након завршеног поступка бива одстрањен.

На крају процеса боца се преврће у нормалан положај и изводна звезда је враћа назад на транспортер. Уколико дође до прекида или дисконтинуитета у дотоку боца одговарајућа места без боца не врше убризгавање флуида за дезинфекцију.

Табела 7. Техничке карактеристике ПЕРПАК машине [27]

- капацитет машине	Q = 3000 боца / h
- инсталисана снага	Π = 2 kW
- називни напон	Y = 3 x 380 V 50 Hz
- називни притисак	Π = 6 - 8 bar
- потрошња ваздуха (на 6 bar-a)	100 Hl / min
- димензије машине Д x Ш x В	2650 x 1650 x 2250 mm
- маса машине	M = 1750 kg
- висина боце	190 mm - 340 mm
- пречник боце	Φ = 110 mm

4.1.2 СЕБОПАК 3000

Линија **СЕБОПАК 3000** је намењена за паковање течности различитог вискозитета у боце запремине од 0,5 - 2 л. Облик боце, њихова запремина и материјал, као и затварач боце морају бити јасно дефинисани од стране корисника. Основна верзија линије **СЕБОПАК 3000** намењена је за пуњење млека и јогурта у ПЕТ боцу са широким грлом и навојним затварачем запремине 0,5 и 1л [28].

Линија **СЕБОПАК 3000** је потпуно аутоматска, а улога послужеоца се своди на улагање празних боца на почетни део транспортера и преузимање са њега напуњене, затворене и датумиране боце.



Слика 4.5 Кружна вакумска пунилица [28]

Линију **СЕБОПАК 3000** чине: плочасти транспортер са сопственим погоном, вакумска кружна пунилица са 16 гнезда за пријем и пуњење боца, вибро додавача затварача, затварачице са главом за затварање и механизмом за штампање туш датума.

Кружна вакумска пунилица има сопствени погон који се преко фреквентног регулатора подешава на жељену брзину пуњења.

Боце се у кружни пуњач уводе помоћу улазне звезде чије кретање је синхронизовано пуњачем, а излазна звезда напуњене боце скида са пуњача на траку која их односи до операције затварања и датумирања.

Кружни пуњач снабдевен је давачем за контролу нивоа течности у суду, регулациом дотока течности у суд и аутоматским системом за прање суда. Погон затварачице је такође спрегнут са фреквентним регулатором којим се омогућава синхронизован рад затварачице са радом пунилице. Глава затварачице има сопствени обртни погон и фрикциони механизам за подешавање силе затварања. Са леве стране затварачице налази се аутоматски додавач затварача. У његов кош се слободно изруче затварачи, а он их оријентише и спиралним каналом доведе изнад боце. Боца својим кретањем отвара излазну браву која држи затварач и навлачи га на грлић. Симетрично у односу на узимање затварача постављен је пнеуматски механизам за штампање туш датума.

Постоље пунилице, све заштићене облоге и остали елементи који долазе у контакт са течношћу која се пакује израђени су од нерђајућег челика. Електро командни део је смештен у посебне ормане заптивком заштићене од влаге.

Руковање, подешавање и одржавање ове линије је доста једноставно и пропраћено је упутством које се доставља кориснику линије.

Табела 8. Техничке карактеристике СЕБОПАК машине [28]

- капацитет машине	Q = 3000 боца / h
- опсег дозирања	0,50 - 2 lit
- инсталисана снага	Пи = 4.7 6 kW
- називни напон	У = 3 x 380 V 50 Hz
- називни притисак	П = 6 - 8 bar
- потрошња ваздуха (на 6 bar-a)	120 Hl / min
- димензије машине Д x Ш x В	5000 x 1600 x 2500 mm
- маса машине	М = 2600 kg

4.1.3 ЕТПАК 3000

ЕТПАК 3000 је специјални аутоматски систем са једном главом за етикетирање, предвиђена за наношење обмотавајуће самолепљиве етикете на тело цилиндричног производа. Етикета се лепи једновременно на тело производа у пролазу, а ДРП уређај за облепљивање производа даје ефекат да се етикета сама лепи док се производ окреће око своје осе [29]. Машина за етикетирање почиње са радом активирањем СТАРТ фотосензора за читање производа који пролази, док заустављање функције гарантује СТОП фотосензор постављен на глави за етикетирање са могућношћу читања различитих етикета и повратног папира.



Слика 4.6 Боце са етикетом [29]

Постоје машина са прохромском конструкцијом и прохромским лимовима, аутоматска глава за етикетирање комплетна са:

Затезни уређај са пролазним ваљцима за папир који дозвољава лепљење етикете до 128мм ширине (130мм са повратним папиром), одмотач ролне комплетан са држачем ролне и вођицом ролне мах 280мм у пречнику и аутоматско одмотавање папира, уређај за намотавање повратног папира до мах 180мм у пречнику, стоп ћелија ЕТИПАК са носачем за померање и заустављање етикете у правом положају, дугачки подесиви уређај за етикетирање— одвајање етикете од повратног папира, са механичким подешавањем угла, у зависности од тачке лепљења, ПОТ О2, ручни регулатор брзине лепљења, управљачка тастатура, микрорегулација на машини одговарајућа за позиционирање главе за етимирање на тачку лепљења, рефлексна фотоћелија за старт циклуса, са носачем, носећа плоча са регулацијом, стуб са потпорним носачем за транспортни систем, ДРП уређај за облепљивање етикете на цилиндричне производе са носачем и вођицом, линијски стоп сигнал за аларм, електро – ормар...



Слика 4.7 Изглед ЕТПАК 3000 [29]

Табела 9. Техничке карактеристике ЕТПАК машине [29]

- капацитет машине	Q = 3000 ком / h
- инсталисана снага	Пи = 0.75 kW
- називни напон	У = 3 x 380 V 50 Hz
- спољни пречник ролне са етикетама	280 mm
- унутрашњи пречник ролне са етикетама	мин 40 mm, мах 75 mm
- величина производа - цилиндар	мин 20 mm, мах 80 mm
- ширина етикете	мин 20 mm, мах 128 mm
- дужина етикете	мин 20 mm, мах 250 mm
- димензије машине Д x Ш x В	1000 x 750 x 1400 mm
- маса машине	М = 150 kg

4.1.4 ТЕРМОПАК 650

Ова линија је намењена за појединачно и групно паковање производа у фолију, која има способност термичког скупљања, те на тај начин пријања уз производ и чини заштиту од спољашњих утицаја, а код групних паковања остварује и добру хомогеност пакета. На овај начин се може паковати велики број производа, а најмасовнију примену је нашао код групних паковања свих врста боца, кутија, кесица и сл., и то у прехранбеној и хемијској индустрији, нарочито код производа за масовну потрошњу. На овај начин спакована роба се лако складишти, чува и дистрибуира до крајњег потрошача [30].

Линија **ТЕРМОПАК 650** је специјално прилагођена за збирно паковање боца као и пјур-пак амбалаже.



Слика 4.8 ПВЦ флаша запремине 0,5 л (обложене фолијом) [30]

Линија за термоскупљање **ТЕРМОПАК 650** је аутоматска и састоји се из неколико јединица-уређаја који сачињавају функционалну целину. Јединица за облагање фолијом се састоји из радне плоче, механизма за формирање и пребацивање пакета, носача котура горње и доње фолије, моторедуктора за одмотавање фолије са витлима, притискивача пакета, као и механизма са покретним грејачем (пеглом) за одсецање и заваривање фолије. Сви ови механизми су постављени на заједничком постољу.



Слика 4.9 ТЕРМОПАК 650 [30]

Напуњене боце долазе шарнирним транспортером до машине, где се, на радној плочи прво формира пакет у задатом распореду, а затим се активира пребацивач пакета који прегурава пакет, а овај са собом повлачи и филм фолије којим се обмотава.

Обмотавање је завршено када се спусти пегла која затвара фолијом и четврту страну пакета, одсече фолију и поново завари крајеве горњег и доњег котура.

Носачи катура фолије су опремљени витлима и моторедукторима за одмотавање фолије, који елиминишу отпор који би се јавио при проласку пакета кроз филм фолије, затим бочним граничницима, као и помоћним ваљцима за усмеравање фолије. Овако обмотан пакет долази на транспортер који га носи кроз комору. Транспортна трака је израђена од жичаног плетива, а транспортер је опремљен погонским и затезним бубњем, као и јединицама за затезање. Погођен је моторедукторским преносником, са подешавањем брзине кретања траке. Комора за термоскупљање је постављена на постоље транспортера, а у њој се врши загревање фолије и њено приљубљивање уз пакет. Ваздух у комори се загрева електричним грејачима, његова циркулација се остварује помоћу аксијалног вентилатора, а температура се регулише помоћу терморегулатора. Комора је термички изолована стакленом вуном којом су напуњени зидови, и завесицама на улазу и излазу. Јединица за хлађење пакета се налази одмах иза коморе и има задатак да брзо охлади фолију којом је пакет обмотан. Хлађење се обавља у струји хладног ваздуха коју остварује вентилатор.

Прихватни транспортер, који је изведен као гравитациони ваљчасти, се налази у продужетку жичаног транспортера. Угао нагиба овог транспортера је мали, тако да се на њему пакети сустижу и гурају један другог правећи малу акумулацију. Пакети су већ охлађени, тако да се том приликом не деформишу. Аутоматска линија замењује у потпуности руковаоца на пословима улагања кутија, тако што се излазни транспортер са машине за паковање повезује са улазним транспортером јединице за облагање фолијом. Материјали који се користе у изради елемената линије, као и њихова површинска заштита су прилагођени радним условима средине у којој линија ради, као и прописима важећим за ту област производње.

Задатак руковаоца је и да врши повремену визуелну контролу квалитета паковања, као и контролу параметара који утичу на квалитет, а то су: температура ваздуха у комори, брзина кретања транспортне траке, струја и време трајања импулса грејача пегле. Управљачки електро орман је смештен на стубу јединице за облагање, а његова бочна страна је изведена као командна табла. У управљачком орману се налази и енергетски део, а само његово кућиште може бити изведено херметички да би се спречио продор влаге. Командна табла је прегледна и лака за руковање. Процесом управља Програмабилни логички контролер (ПЛЦ).

Табела 10. Техничке карактеристике ТЕРМОПАК машине [30]

- капацитет машине	Q = 6 - 8 цикл / min
- инсталисана снага	Пи = 18 kW
- називни напон	3 x 380 В 50 Hz
- називни притисак	П = 6 - 8 bar
- потрошња ваздуха (на 6 bar-a)	400 Нл / min
- димензије машине Д x Ш x В	3900 x 1400 x 2100 mm
- маса машине	М = 940 kg
- распоред боца у пакету	3 програма
- врста фолије	Термоскупљајућа ПЕ
- максимална ширина фолије	Б1 = 650 mm
- дебљина фолије	0,07 - 0,11 mm

5. ПРОБЛЕМ ЛЕПЉЕЊА НАЛЕПНИЦЕ

Приликом вршења стерилизације флаша, долази до пуњења и затварања амбалаже. Боца која изађе из машине у којој је извршено пуњење и и затварање боце долази до појаве кондензације на самој спољашности флаше. Производ који се налази у самој боци је на нижој температури од температуре околног ваздуха, односно фаздуха који је присутан у просторији, због тога долази до кондензовања влаге из ваздуха (*слика 5.1*). Ваздух је мешавина гасова [12]. Запремински састав ваздуха (без водене паре) изгледа овако: азот (78,03 %), кисеоник (20,99), аргон (0,93), угљен диоксид (0,03%), водоник и остали гасови (0,01%) [8].



Слика 5.1 Приказ ПВЦ флаше приликом појаве кондензације [9]

Прелазак флуида из гасовитог агрегатног стања у течно, при чему се најчешће ослобађа значајна количина топлоте у виду латентне топлоте кондезације, назива се кондензацијом. Кондензација може да се одвија у целокупној запремини што је случај са атмосферском кондензацијом или у процесу мешања две струје различитих својстава. Други облик кондензације представља површинску појаву у различитим термотехничким апаратима (размењивачима топлоте) [11].

Уколико чврста површина у контакту са паром има нижу температуру од температуре кондензације за дати притисак паре, на њој ће се одиграти процес кондензације.

У почетном тренутку процеса кондензације, на површини се формира веома танак слој кондензата (практично молекуларан), а даљи пораст ове запремине течности зависи од односа површинских напона који се појављују на границама три фазе, чврсте, течне и гасовите (површински напон представља рад по јединици површине потребан да би се формирала капљица или мехур увећавао).

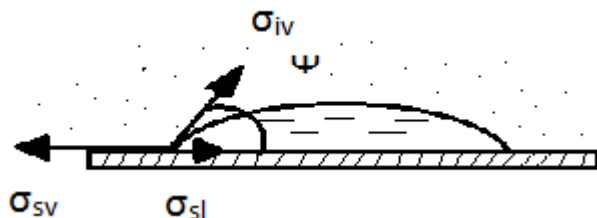
Позната су два различита случаја кондензације:

- филмска и
- капљичаста

Уколико се кондезат “лепи” за површину, односно, влажи површину, на њој се формира неприкида слој (филм) кондензата од чије дебљине зависи интензитет размене топлоте. Овакав начин формирања кондензата се назива *филмском* кондензацијом и највећи број процеса је управо овакав.

Уколико кондензат не кваси површину, на њој се на појединим местима формирају капљице кондензата које расту и клизају по површини под дејством гравитације. Реч је о *капљичастој* кондензацији, која се због знатно тањег слоја кондензата који формира капљице, карактерише значајно већим коефицијентима прелаза топлоте од филмске.

Влажење чврстих површина од стране тешности одређује се граничним углом Ψ , приказаном на слици 5.2.



Слика 5.2 Површински напони који делују на капљицу кондензата [11]

На слици 5.2 σ_{sl} , σ_{sv} , σ_{lv} (N/m) представљају површински напон између течности и чврсте површине, између паре и чврсте површине и између течности и паре, респективно.

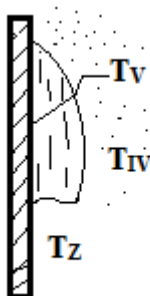
Ако је површински напон између паре и чврсте површине већи од напона између течности и чврсте површине ($\sigma_{sv} > \sigma_{sl}$), угао контакта капи и површине ће бити оштар, $\Psi < 90^\circ$, што значи да течност кваси чвста површина (филмска кондензација).

Уколико имамо обрнут случај ($\sigma_{sv} < \sigma_{sl}$), угао контакта капи и површине ће бити туп, $\Psi > 90^\circ$, што значи да течност не кваси чврсту површину (капљичаста кондензација).

Опсег вредности коефицијента прелаза топлоте при филмској кондензацији се креће од 7 до 12 kW/m²K, док се за капљичасту кондензацију овај опсег се креће од 45 до 120 kW/m²K [11]. На процес кондензације утичу многобројни параметри, а они најважнији су:

- карактеристике паре (степен сувоће, притисак, чвстоћа, присуство инертних гасова),
- стање чврсте површине (површински напон, хрпавост),
- геометрија чвсте површине (положај у односу на смер гравитације)
- брзина паре у односу на чврсту површину.

При ламинарном режиму сливања кондензата са површине, топлота се преноси кондукцијом кроз слој кондензата, а при турбулентном режиму конвекцијом. Ламинарна филмска кондензација је једноставнија за проучавање, а на слици 5.3 је приказана промена температуре паре и течности при дефинисаном процесу.



Слика 5.3 Промена температуре при филмској кондензацији чисте паре [11]

Са слике 5.3 се може приметити да осим отпора кондукције кроз слој кондензата, отпор преносу топлоте пружа и међуфазна површина пара-кондензат, где се примећује температурни скок (погонска сила за одвијање процеса кондензације). Иначе на слици 1.2, T_z представља температуру зида, T_{lv} температуру на контакту течност-пара и $T_v = T_s$ температуру паре, односно температуру засићења.

У литератури се могу наћи многобројне емпиријске једначине, које коришћењем критеријума сличности, описују процес филмске кондензације. Један од облика сличан Нусселтовој формули (Нусселт је први квалитетно описао процес филмске кондензације на вертикалном зиду) је дат као:

$$Nu = C_1 \cdot (Ar \cdot Pr \cdot K)^{0,25} \cdot \epsilon_T \quad (1)$$

У једначини (1) коефицијент C_1 (-) зависи од геометрије и услова размене топлоте (кондензација на вертикалном зиду, на хоризонталној цеви, валовита или не), величина Pr (-) је Прандтл-ов број за кључаву течност, Ar (-) је Арцхимедес-ов број, K (-) Кутателадзе-ов број, а ϵ_T (-) представља корекциони фактор.

Арцхимедес-ов број је изражен као:

$$Ar = \frac{gl^3}{\nu'^2} \left(1 - \frac{\rho''}{\rho'}\right), \quad (2)$$

где су g (m/s^2) убрзање земљине теже, l (m) геометријска карактеристика струјања, ν' (m^2/s) кинематска вискозност кључаве течности (све величине са ознаком ' везане су за течност на температури кључања, а са ознаком '' за сувозасићену пару на истој температури), ρ' ρ'' (kg/m^3) густине кључаве течности и сувозасићене паре, респективно [11].

Кутателадзе-ов број је изражен као:

$$K = \frac{r}{c'_p (T_s - T_z)} \quad (3)$$

где су r (J/kg) латентна топлота кондензације (испаривање), c'_p (J/kgK), T_z (K) температура зида и T_s (K) температура сувозасићене паре (температура засићења).

Корекциони фактор ε_T се узима у обзир зависности физичких величина кондензата од температуре:

$$\varepsilon_T = \left(\frac{k_z}{k'}\right)^{0,375} \left(\frac{\mu'}{\mu_z}\right)^{0,125}, \quad (4)$$

где су: k_z (J/kg) и μ_z (Pa·s) топлотна проводљивост и динамичка вискозност кондензата на температури зида и k' (J/kg) и μ' (Pa·s) топлотна проводљивост и динамичка вискозност кондензата на температури засићења.

Што се тиче кондензације у присуство инертних (некондензујућих) гасова, изведени експерименти су показани да се и при малим количинама гаса у пари (на пример ваздуха) значајно смањује коефицијент прелаза топлоте.

При капљичастој кондензацији коефицијенти прелаза топлоте су знатно виши у односу на филмску, пошто се слој кондензата који представља основни отпор преносу топлоте брзо уклања, самим механизмом капљичасте кондензације. Формиран танки слој кондензата се непрестано разбија формирањем капљица. (слика 5.4)



Слика 5.4 Капљичаста кондензација на цилиндричној површини [11]

Експериментима је показано да коефицијент прелаза топлоте при капљичастој кондензацији расте при порасту температуре разлике $\Delta T = T_s - T_z$, али за мале вредности ΔT (до 4°C). Са даљим повећањем вредности ΔT , коефицијент прелаза топлоте значајно опада. Ова појава се може објаснити, пре свега формираном дебљином слоја кондензата при различитим условима кондензације. На капљичасту кондензацију је од пресудног утицаја стање и храпавости површине на којој се одиграва кондензација. Како је на капљичаста кондензација сама по себи веома ретка појава, у техници се специјаном обрадом кондензујућих површина покушава оставарити привремена или трајна појава капљичасте кондензације. Веома добри резултати (остварење трајне капљичасте кондензације) се постижу имплантирањем јона неметала у металну површину специјалним поступцима, чиме се мења вредност површинског напона између обрађене површине и кондензата.

6. ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ПРОБЛЕМА ЛЕПЉЕЊА ЕТИКЕТА НА ПВЦ АМБАЛАЖИ

6.1 Димензионисање и развој система ваздушних ножева

Апликације за ваздушни нож могу се поделити у три категорије заснованој на брзини ваздуха потребне за извршавање задатка [32].

Апликације са ниским брзинама (25 – 90m/s)

- Лагано одувавање прашине и 50%+ нагомиланих капљица воде на глатким равним површинама
- Контрола статичког електрицитета додавањем прекривача јонизованог ваздуха да испразни површину
- Контрола дебљине слоја као и контрола ширења
- Грејање и хлађење површине.
- Спора брзина производне линије

Апликације са средњим брзинама (80 – 160m/s)

- Скидање воде са флаша и лименки највише коришћено на производним линијама.
- Сушење мастила на етикетама.
- 80 – 95%+ одстрањивања воде (лаких течности) на производним линијама
- Уклањање вишка течности или оксидујућег задржавања на деловима производне линије.
- Контрола дебљине премаза или ширења
- Спречавање или ограничавање преношења између резервоара.
- Највише коришћена категорија за садашње брзине производних линија и омогућава широку разноврсност примена
- Често се користи више комплекта ваздушних ножева за веће брзине линије, захтевнијом производњом или потпуније сушење.

Апликације са високим брзинама (150 – 230m/s)

- Обично је потребно користити више комплекта ваздушних ножева за производне линије високих брзина, тешких примена наношења и за темељније резултате
- Захтеван облик делова.
- Чишћење отвора и неравнина.

- Отклањање воде/расхлађивача из машинских делова као што су блокови мотора, кутије мењача, главе мотора, као и са осталих компоненти.
- Тешке течности или уклањање честица на линијама које раде на великим брзинама.
- Примене где је ваздушни нож удаљен више од 8 mm од делова
- Уклањање вишка течности или оксидујућег задржавања на деловима производне линије.
- Контрола веће дебљине вискозног слоја као и контрола ширине

Сви системи ваздушним ножева обухватају следеће компоненте:

1. **Дуваљка** је димензионисана за ваздушни нож
2. **Постоља за ваздушне ножеве** користе се за позиционирање на радним станицама.
3. **Повезивање црева и цев** са дуваљком
4. **Вентилатор.**
5. **Филтер.**
6. **Покретач мотора** одговарајуће величине за вентилатор.

Поред ових основних компоненти постоје бројни прибори који су неопходни за подешавање система [32]

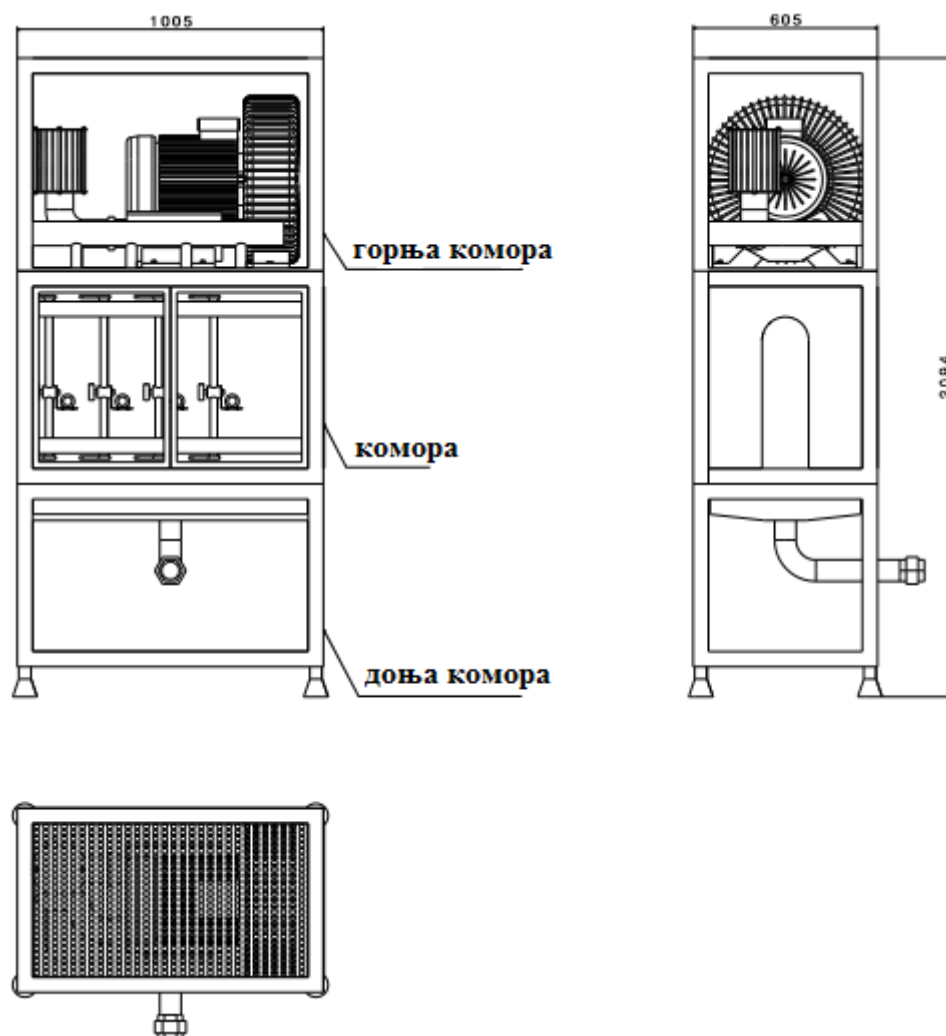
- Подесива постоља за исправно позиционирање вишеструких ваздушних ножева.
- Разделник и црева за довођење ваздуха на неколико ваздушних ножева
- Посебно дизајнирани ваздушни нож за руковање јединствених или изазовних делова
- Побољшана или другачија филтрација за заштиту дуваљки, смањење буке или снабдевање чистијег ваздуха.
- Контролник, погони променљивих фреквенција и вентили за подешавање перформанси.
- Инструменти за праћење и подешавање перформанси
- Кућиште за контролу звука, растеретни вентил, прање и заштита.
- Додаци за контролу и праћење температуре, против статичког електрицитета.
- Изједначено артикулисани системи везани за ПЛЦ контроле.

6.2 Улога машине ваздушни нож “ПАК 12 000”

Ваздушни нож “ПАК 12 000”, основна намена машине јесте та да путем танког ваздушног филма одстрани нечистоће и влагу са амбалаже било ког типа или формата.

Машина се састоји из следећих главних делова, који представљају три физички независне целине, али су функционално повезане у једну целину. Те целине су (Слика 6.1.) :

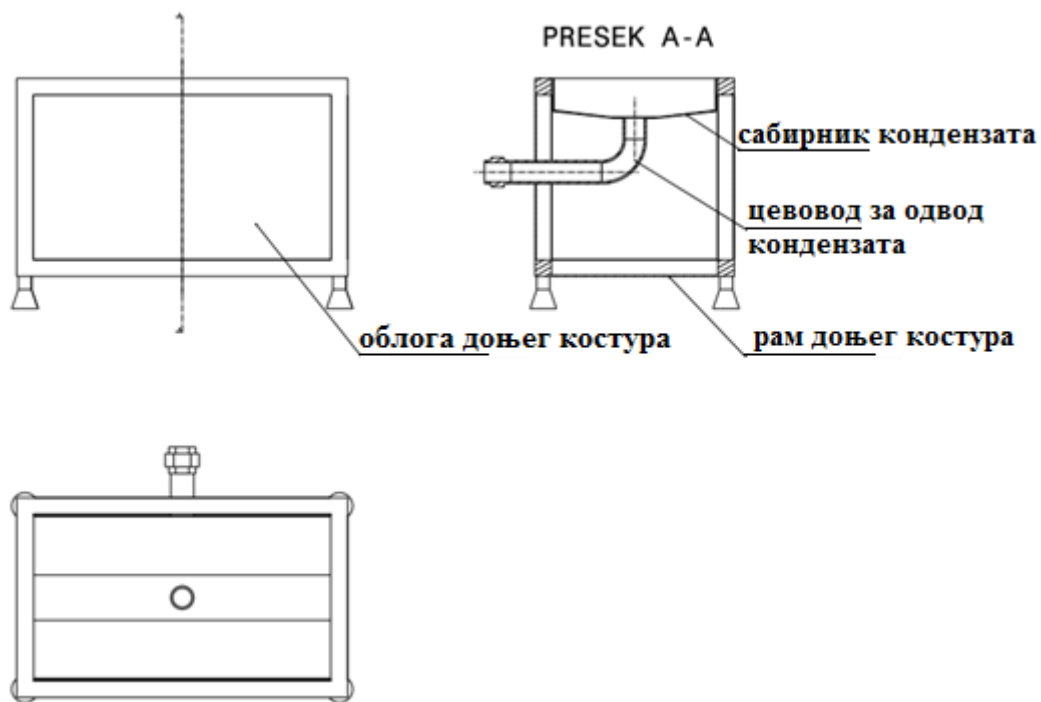
1. Доњи костур
2. Комора
3. Горња комора



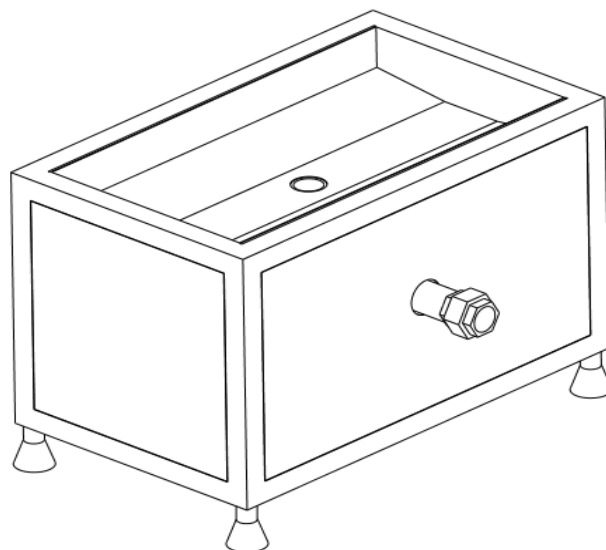
Слика 6.1 Пројекција машине

6.2.1 Доњи костур машине

Доњи костур (Слика 6.2.) сам по себи представља и основу саме машине. Израђен је од цеви квадратног попречног пресека од нерђајућег челика. Састоји се од рама у ком су заваривањем повезане поменуте цеви, облога од нерђајућег челика. Унутар доњег костура поставља се тзв. сабирник кондензата. На сабирнику постоји и цевовод који служи да поменути кондензат са нечистоћама одведе ван машине.



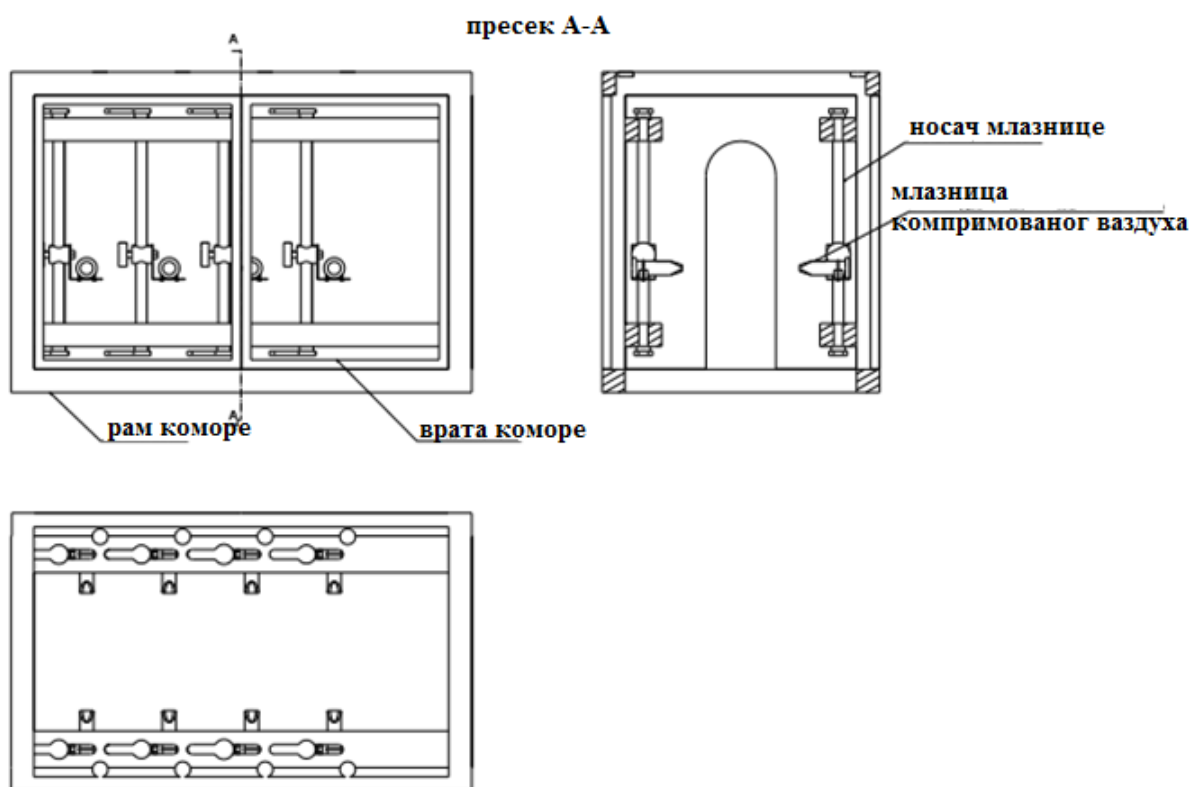
Слика 6.2 Пројекција доњег костура



Слика 6.3 Изометрија доњег костура

6.2.2 Комора

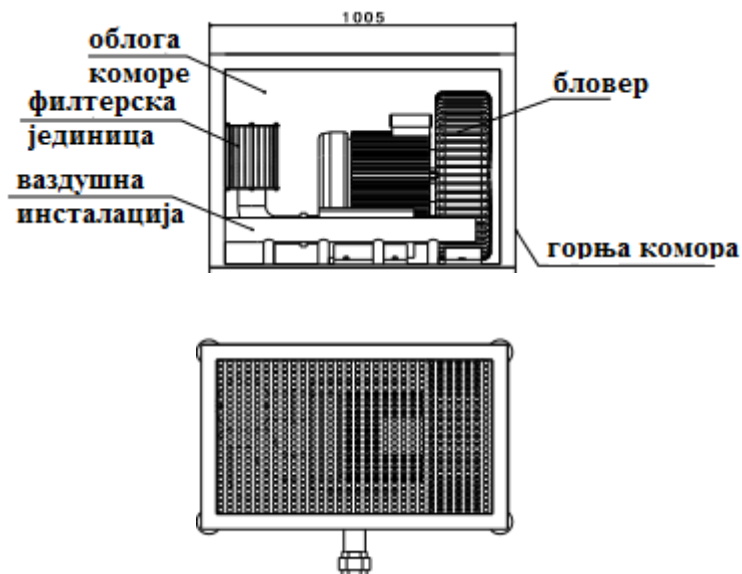
Комора (Слика 6.4) представља средњи сегмент машине ПАК 12 000 израђене такође од рама кога чине цеви квадратног попречног пресека које су израђене од нерђајућег материјала. Комора је оклопљена вратима која на себи носе лексане, који су отпорни на хабање. Унутар коморе налази се носач млазнице као изврсни елемент односно млазница до које се допрема компримовани ваздух из ваздушне инсталације.



Слика 6.4 Пројекција коморе

6.2.3 Горња комора

Горња комора (Слика 6.5) Представља независну целину и ослања се на Комору (слика 6.4) која се налази испод ње. По конструкцији не разликује се пуно од претходних целина. Такође се састоји од рама и облога које су од израђене од нерђајућег челика. Разлика у облогама је та сто је облога која се налази на крову машине, а самим тим и коморе израђена од перфорираног лима и тако се омогућава увлачење околног ваздуха у процес. Унутар горње коморе налази се тзв. *Дуваљка са филтерском јединицом* и ваздушном инсталацијом.

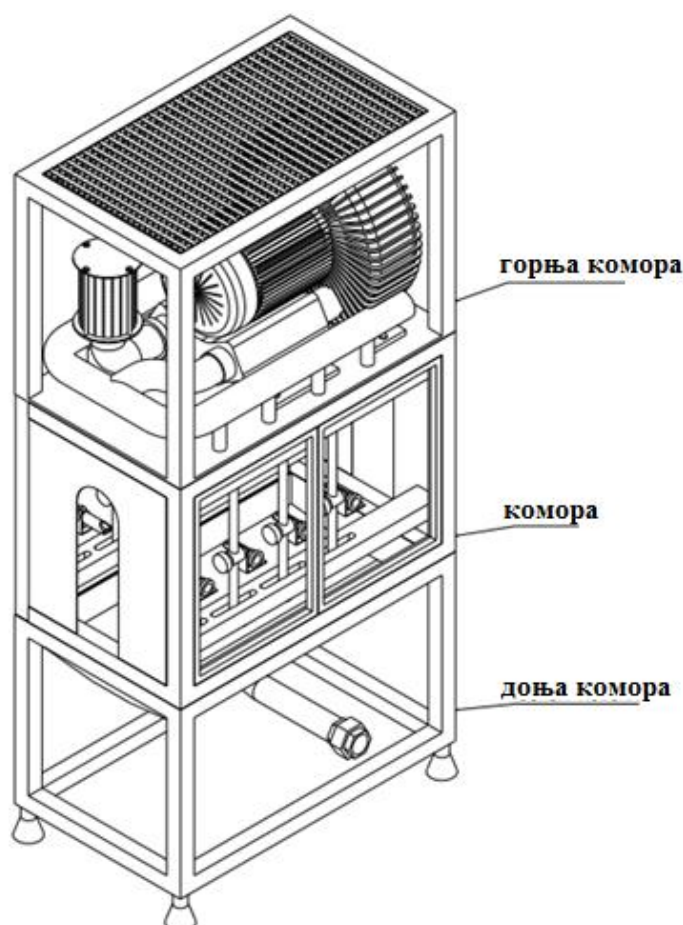


Слика 6.5 Пројекција (деталји машине)

6.3 Примена ваздушног ножа “ПАК 12 000” у линији ПЕСЕТ 3 000

ПАК 12 000 представља машину која спада у линијске, односно амбалажа која се третира у овој машини пролази путем транспортера који се ни једног тренутка не зауставља, већ боце транспортује кроз машину у континуитету. Као што је поменуто намена машине јесте да се са спољног дела амбалаже одстране све капљице кондензата и нечистоће које се могу наћи на њеним спољним зидовима, процес се врши третирањем боца компримованим ваздухом. У случају линије ПЕСЕТ 3 000 машина ПАК 12 000 се поставља између машине која врши стерилизацију, пуњење и затварање амбалаже у нашем случају ТРИБЛОК 3 000 и машине која врши етикетирање амбалаже у нашем случају ЕТПАК 3 000.

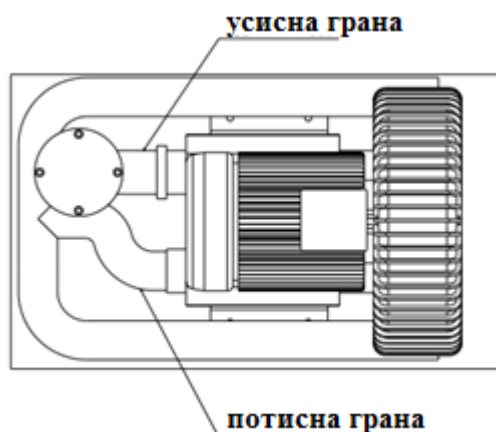
Кроз ваздушни нож пролази заједнички линијски транспортер који уноси и након третирања износи боце из машине. Боца која изађе из СЕБОПАК 3 000 је орошена односно на спољном зиду боце јављају се капљице кондензата. Температура производа којим пунимо амбалажу разликује се од температуре околине. Када боца напусти СЕБОПАК 3 000 производ у њој је на нижој температури од температуре околног ваздуха и због тога долази до кондензовања влаге из ваздуха. Неопходно је такву врсту кондензата одстранити да се не би стварали проблеми при лепљењу етикета.



Слика 6.6 Изглед склопа ваздушног ножа “ПАК 12 000”

6.4 Принцип рада ваздушног ножа

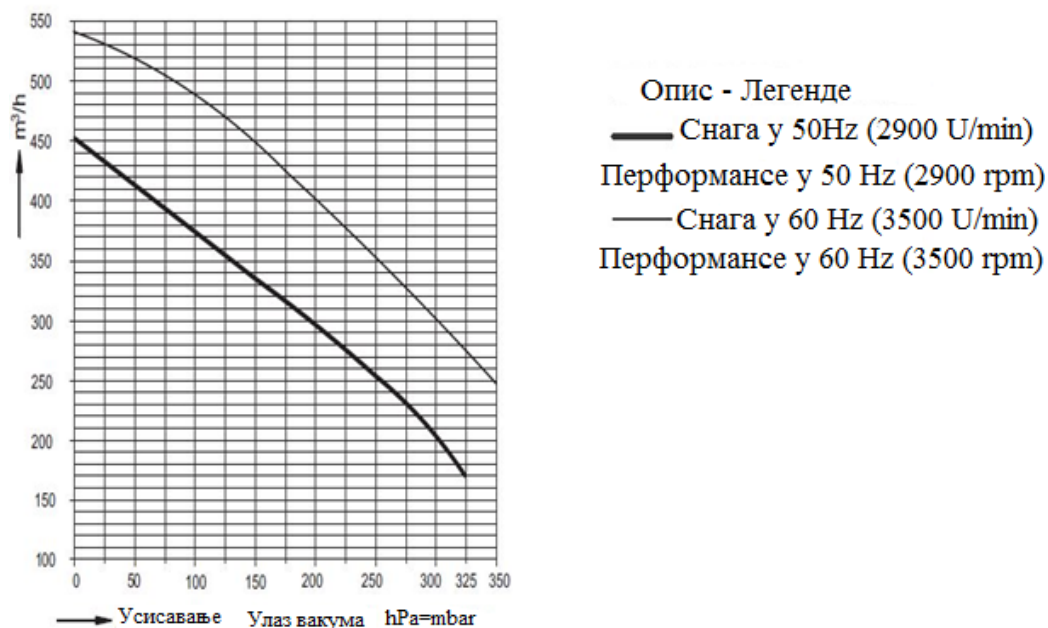
Пуштањем ТРИБЛОКА 3 000 у рад сигнал долази и до ваздушног ножа. Дуваљка тада добија напајање $U=380\text{ V}$. Склоп дуваљке (Слика 6.7) се састоји од трофазног ел.мотора инсталисане снаге $P=5.5\text{ kW}$, кућишта са усисним и потисним цевоводом и од турбине са центрифигалним радним колом којег обрће излазно вратило ел.мотора бројем обртаја $n=2900\text{ o/min}$ при фреквенцији од 50 Hz .



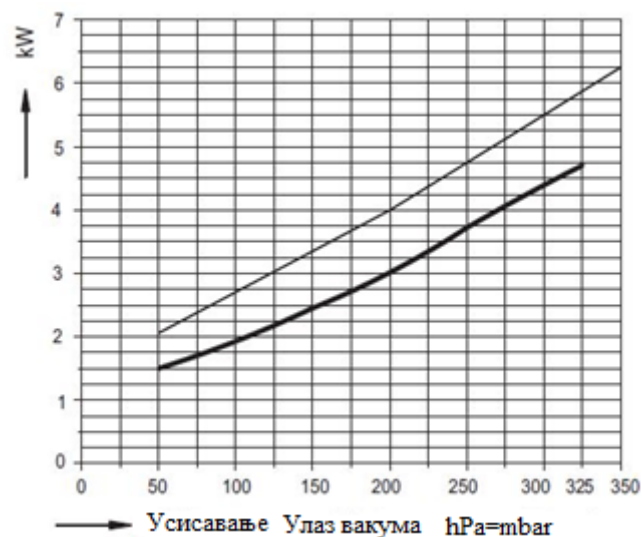
Слика 6.7 Дуваљка

Дуваљка окретањем центрифугалног радног кола са крилцима убрзава ваздух на излазу и ствара излазни притисак $P_a=300\text{ mbar}$. Склоп дуваљка са филтерском јединицом везана је за комору преко амортизера који спречавају да се вибрације које се стварају приликом рада пренесе на остатак машине. Унутар усисног и потисног вода налази се интегрисани пригушивачи буке са панцирном заштитиом.

Карактеристика и радна крива дуваљке приказана је дијаграмски на (слици 6.8) и (слици 6.9)



Слика 6.8 Зависност протока ваздуха од притиска излазног ваздуха

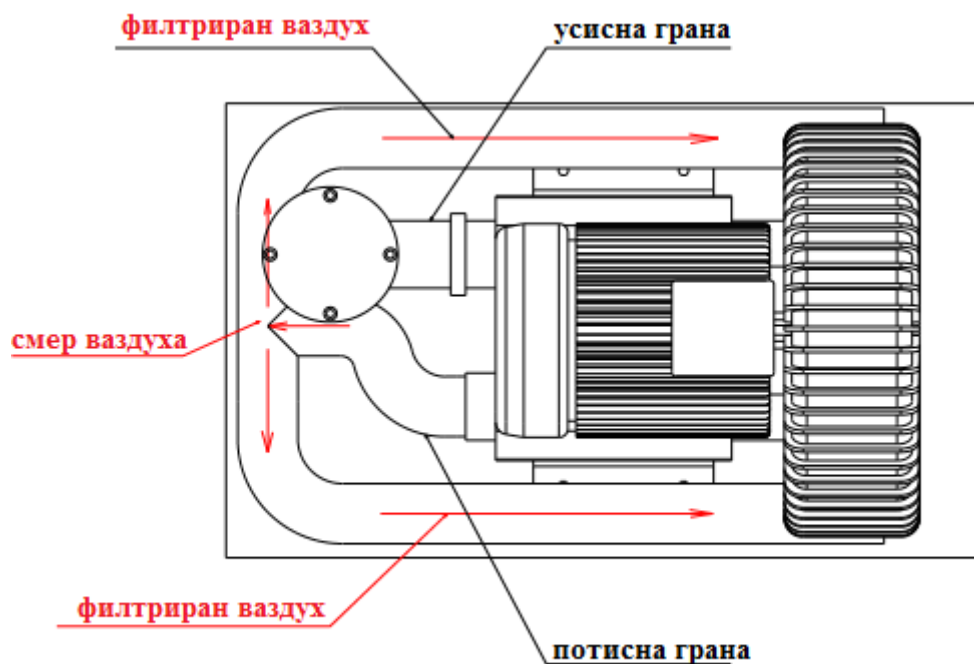


Слика 6.9 Зависност излазног притиска од снаге дувалке

Процес третирања ваздуха почиње увлачењем истог, кроз префорирани поклопац на горњој комори и пролазом кроз филтерску јединицу деловањем подпритиска који се ствара приликом рада Бловера на њеном усису. У филтерској јединици издвајају се примарне нечистоће које се налазе у околном ваздуху.

Ваздух проласком кроз турбину дувалке се убрзава и притисак на потисној грани је нешто виши од 0,3 bar. Због малих зазора између крилаца радног кола и кућишта турбине долази до благог повећања температуре на потису до +5 °C у односу на температуру околине.

На излазној грани ваздух се води путем армираног гибљивог црева ка ваздушној инсталацији (слика 6.10). У ваздушној инсталацији компримовани ваздух се грана у две гране.



Слика 6.10 Приказ кретања ваздуха у систему

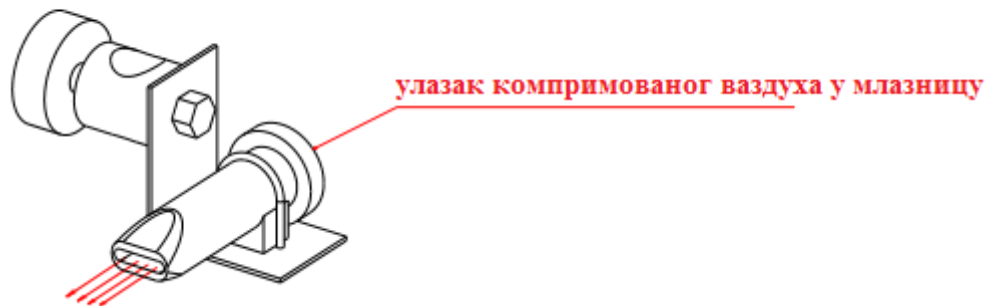
Филтриран ваздух путем усисне гране улази у дувалка и иде даље ка његовом радном колу. Свака грана има по четири цевних одвода компримованог ваздуха који се путем армираног гибљивог црева мањег попречног пресека даље води ка извршном елементу односно ка млазницама (слика 6.11).



Слика 6.11 Приказ улаза и излаза ваздуха из система ка млазницама

Млазница је израђена од нерђајућег челика (слика 6.12) и налази се унутар коморе. Због промене попречног пресека са већег на мањи на излазу из млазнице долази до пада притиска, зато долази до повећања брзине струјања ваздуха који истиче из млазнице.

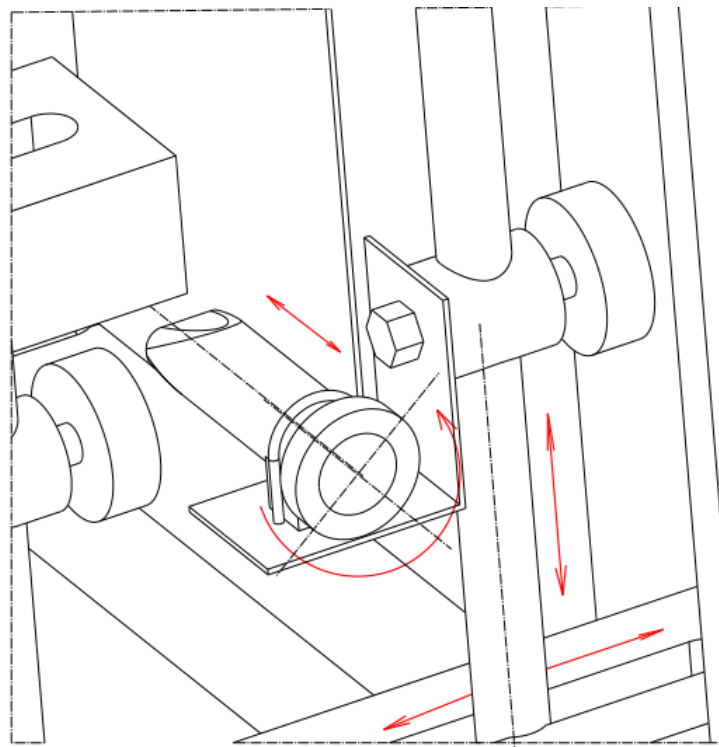
Ваздух који истиче из млазнице је у облику танког филма, а брзина му је у оквирима ламинарног струјања.



Слика 6.12 Приказ улаза ваздуха у млазницу

Тим танким ваздушним филмом “напада,, боцу и на тај начин скида кондезат који одлази у сабирник и који се даље цевоводом води ван машине.

Положај млазнице можемо подешавати при промени формата према величини амбалаже односно боце (слика 6.13).

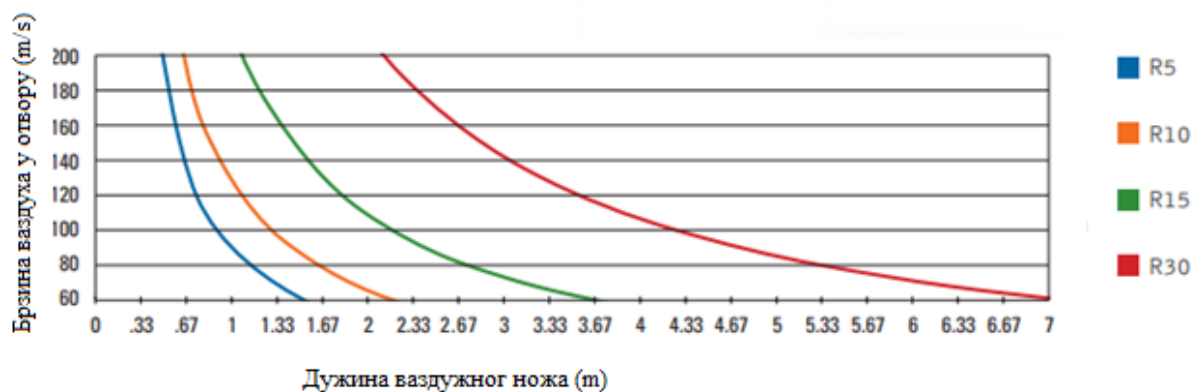


Слика 6.13 Приказ смера подешавања млазнице

6.5 Спецификација ваздушног ножа

На основу податка брзине ваздуха (160m/s), која је потребна за скидање кондензације са флаше и дужине флаше која се пуни долази се до одговарајуће дувалке под ознаком 50760 – R5 [31].

На следећем дијаграму (слика 6.14) приказана је зависност и карактеристике одговарајућих типова дувалки.



Слика 6.14 Дијаграмска зависност брзине ваздуха од дужине ваздушног ножа

Склоп дувалке приказан је на слици (слика 6.15), ознака дувалке 50760 - R5 [31].



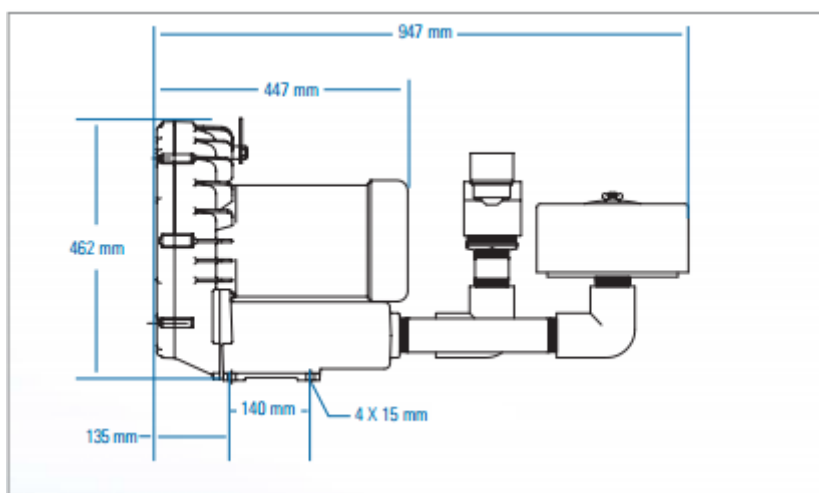
Слика 6.15 Изглед склопа дувалке 50760-R5

Карактеристике производа:

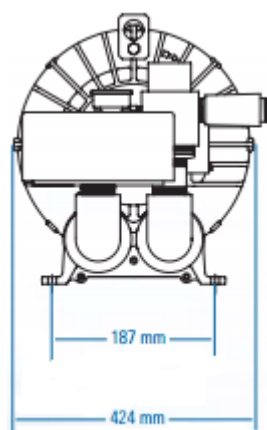
- Јака конструкција, лако за одржавање
- Алуминијумско кућиште, радно коло и кућиште
- Грејање ваздуха
- Улаз и излаз имају унутрашње пригушење

Стандардни делови:

- Манометар
- Улазни филтер
- Сигурносни вентил за притисак
- Излазни прикључак за монтажу
- Пратећа опрема



Слика 6.16 Пројекција склопа габаритне димензије



Слика 6.17 Поглед са предње стране склопа габаритне димензије

Табела 11. Карактеристике дуваљке – 50760 – R5

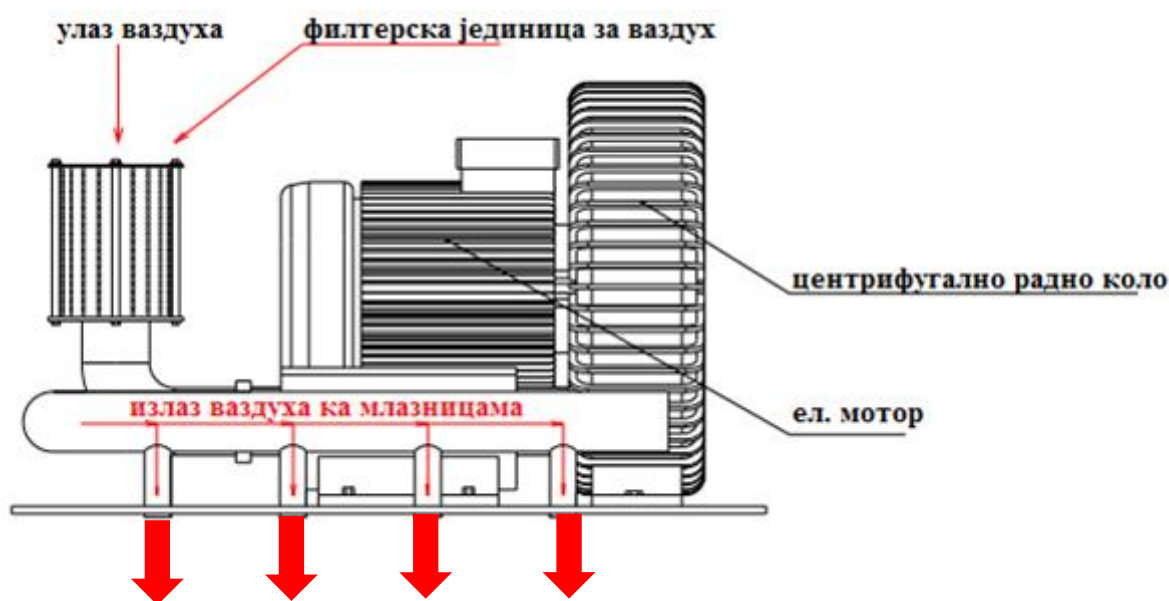
Модел	Опсег снаге				Максимални слободни проток ваздуха		Максимални притисак	
	hp		kW		m³/h		mbar	
R5	60Hz 5.0	50Hz 4.8	60Hz 3.7	50Hz 3.6	60Hz 493	50Hz 416	60Hz 149	50Hz 174

6.6 Предлог новог дизајна млазнице

Анализирањем постојећих млазница које се користе у конвенционалној проиловдњи машина дошло се до закључка да оне имају висок степен корисности али и да постоји места за побољшање.

Актуелни систем се састоји од неколико млазница које опструјавају амбалажу и тиме скидају кондезат који се налази на њима (слика 6.18).

Један од побољшања било би увођење млазнице односно ваздушног ножа који би читавом дужином амбалаже уклањао кондезат.



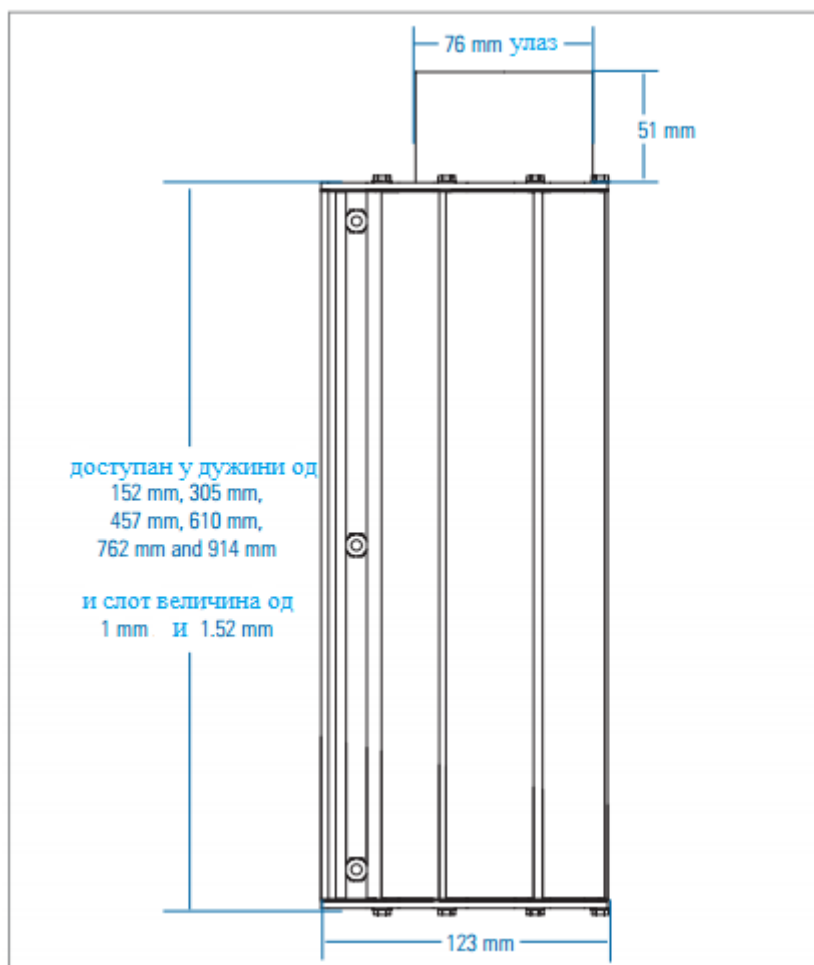
Слика 6.18 Приказ улаза и излаза ваздуха из система ка млазницама

Предложено решење и увођење новог ваздушног ножа који читавом својом дужином опструјава амбалажу (слика 6.19) [31].

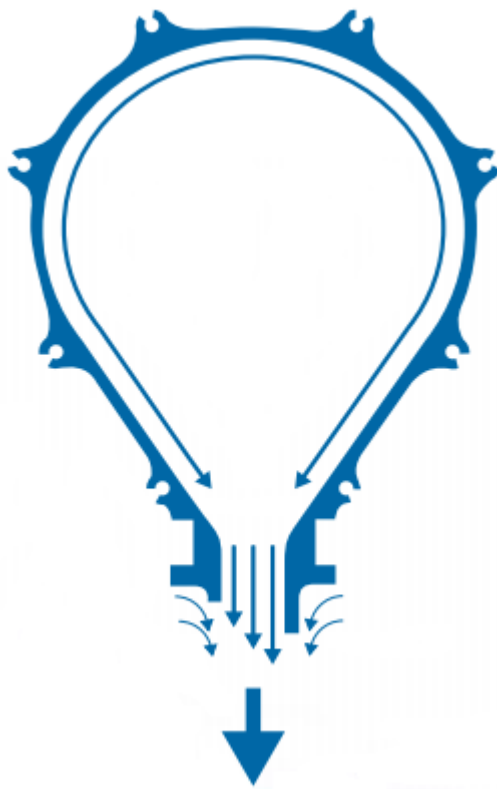


Слика 6.19 Приказ решења ваздушног ножа [31]

Сходно да се рад бави паковањем млека у флашама од 0,5л до 2 литра приступило се одређивању димензија ваздушног ножа. Из каталога је извучено да за наше потребе би највише одговарао ваздушни нож дужине 305mm са отвором за излазни ваздух под притиском од 1mm а материјал од кога би ова компонента била израђена је нерђајући челик [31].



Слика 6.20 Шематски приказ ваздушног ножа [31]



Слика 6.21 Попречни пресек са приказом кретања ваздуха под притиском [31]

Побољшање је евидентно, једноставна конструкција, константан ваздух опструјавања по читавој дужини ножа гарантује скидање кондезата без остатака. Са овим добијамо већи квалитет и бољи процес сушења за краћи временски период.

7.Закључак

У овом раду извршено је пројектовање машине под називом “ПАК 12 000”, машина представља решење проблема лепљења етикете на ПВЦ флаши.

Постројење које је описано у раду описује целокупну аутоматску линију за пуњење у боце у млекопрерађивачкој индустрији.

Приликом пројектовања машине “ПАК 12 000” потребно је задовољити све услове да путем танког ваздушног филма одстранити нечистоће у влагу са амбалаже било ког типа или формата.

Према тржишним показатељима индустрија амбалаже је тренутно један од најбрже растућих индустријских сектора, посебно у прехрани, која се у Европи означава највећим производним сектором. Ове чињенице указују на веома брзи напредак индустрије амбалаже и у техничком смислу. Непрекидно се проналазе нови начини паковања, који удовољавају све строжијим захтевима купаца. Неопходно је обезбедити производ од квара, али и обезбедити и што мање излагање хране непожељним променама у току процеса производње. Ово је могуће само ако су све тачке процеса веома строго контролисане, а сам процес паковања представља једну од критичних фаза процеса добијања здравствено безбедног коначног производа.

С обзиром на величину средстава која се улажу у индустрију амбалаже, можемо очекивати веома брз даљи напредак система паковања. Са технолошког становишта основе смернице напретка система паковања су: постизање што квалитетнијег производа, односно што мање измењеног у односу на полазну сировину, и обезбеђење добијања здравствено безбедног производа.

8. Литература

- [1] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/osobine-i-sastav-mlijeka> (приступљено 10.09.2016 год.)
- [2] <http://www.savetovalistezabebe.com/ishrana/247-sastav-mleka> (приступљено 3.09.2016 год.)
- [3] <http://www.kzk.org.rs/kzk/wp-content/uploads/2014/01/sektorska-analiza-MLEKO-2011-2012-novo.pdf> (приступљено 10.09.2016)
- [4] http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Milk_and_milk_product_statistic (приступљено 21.08.2016 год.)
- [5] <http://www.pks.rs/Vesti.aspx?IDVestiDogadjaji=9177> (приступљено 15.08.2016 год.)
- [6] Вујичић, И.Ф., Вулић, М. (1991): Мљекарство, 41, 3.59-64.
- [7] Сарић, З., Технологија млека и млечних производа, Сарајево, 2007 год.
- [8] http://www.poljoberza.net/PCOktobar2006_3.aspx (приступљено 27.10.2016 год.)
- [9] <http://www.shutterstock.com/pic-10500079/stock-photo-condensation-on-plastic-water-bottle.html> (приступљено 27.10.2016 год.)
- [10] Млеко и производи од млека стање и перпективе, Зборник радова, Златибор 2004 год.
- [11] Лукић Н., Пренос топлоте и масе, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
- [12] <https://sr.wikipedia.org/sr/Основни-гасни-закони> (приступљено 10.11.2016 год.)
- [13] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mljecna-mast> (приступљено 5.11.2016 год.)
- [14] <http://inmes.rs/delatnosti/saradnja-sa-privrednim-subjektima/> приступљено 1.11.2016 год.)
- [15] Буртон, Х. (1998): Ултра-хигх-температуре процессин оф милк анд милк продуцтс. Елсевиер пблиед Сциенце, Лондон.
- [16] Никетић, Г., Прошевски, В., Поповић, Е., Ољачић, Е. (1988): Утицај претретмана на термичку стабилност млека, ХХВИ Семинар за мљекарску индустрију, Зборник радова 55-62, Ловран.
- [17] Вујичић, И.Ф., Вулић, М., Никетић, Г. (1986): Термостабилност рекомбинованих млека са гледишта УХТ стерилизације, ХХИВ Семинар за мљекарску индустрију, Зборник радова, Опатија.
- [18] Никетић, Г. (1988): Физичко-хемијска стабилност УХТ стерилизованих концентрата млека добијених ултрафилтрацијом, Докторска дисертација, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

- [19]Буртон, Х. (1984): Ј. Даиру Рес. 51,341-363.
- [20]Мијачевић, Зора: Скрипта, Хигијена и технологија млека
- [21] Бирд-Паркер, А.Ц. (1989):ХАЦЦП анд Фоод Процессинг. Хтх WABФХ Сумпосиум, Стоцкхолм, 205-210.
- [22]Катић, В. (2000): Циљеви обезбеђења здравствене исправности хране- Може ли се ризик у потпуности избећи? Зборник референата и кратких садржаја“ 12 Саветовање ветеринара Србије ’’, 160-164.
- [23]Вандендриессцхе, Ф. (1997): А пацтицал, имплементабле интерпретацион оф тхе ХАЦЦП принципес ас а парт оф ан интегратед цуалиту ассуранце систем. Ворлд Цонгресс он Фоод Хугиене, Тхе Хагве, 4-9.
- [24] Ворлд Хеалтх Организацион (1997): ХАЦЦП интрадуцинг тхе Хазард Аналусис анд Цритицал Цонтрол Поинт Систем.
- [25]<http://www.pakpromet.com/s/index.php/tipovi-masina/2013-04-19-12-43-45/peset-3000/233-peset-3000-v-klin> (приступљено 10.07.2016 год.)
- [26]<http://www.pakpromet.com/s/index.php/tipovi-masina/2013-04-19-12-43-45/peset-3000/234-triblok-3000-f-klin> (приступљено 19.07.2016 год.)
- [27]<http://www.pakpromet.com/s/index.php/tipovi-masina/2013-04-19-12-43-45/peset-3000/168-perpak-3000> (приступљено 18.07.2016 год.)
- [28]<http://www.pakpromet.com/s/index.php/tipovi-masina/2013-04-19-12-43-45/peset-3000/169-seborak-3000> (приступљено 11.07.2016 год.)
- [29]<http://www.pakpromet.com/s/index.php/tipovi-masina/2013-04-19-12-43-45/peset-3000/170-etpak-3000> (приступљено 12.07.2016 год.)
- [30]<http://www.pakpromet.com/s/index.php/tipovi-masina/2013-04-19-12-43-45/peset-3000/171-termopak-650> (приступљено 11.07.2016 год.)
- [31]https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/8302/Catalogo-de-Equipos-de-Soplado-WindJet.pdf (приступљено 22.11.2016 год.)
- [32]<http://air-knives.com/air-knife-system-sizing-and-development/>(приступљено 22.11.2016 год.)