



**FAKULTA
ŠROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh zařízení pro získání jablečného
moštu**

**Design of Equipment for the Apple Must
Production**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Filip Hošna

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový
Vedoucí práce: Ing. Josef Kamenický

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hošna** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **491247**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh zařízení pro získání jablečného moštu

Název bakalářské práce anglicky:

Design of Equipment for the Apple Must Production

Pokyny pro vypracování:

Proveďte konstrukční návrh zařízení zajišťující funkci drtiče a lisu určeného k produkci jablečného moštu. Zařízení bude určeno pro menší soukromé sady a mělo by být sestavitelné v domácím prostředí. Obsahem práce bude návrh důležitých částí, např. volba vhodného elektromotoru, návrh hřídel, hydraulický zvedák (panenka) a rám lisu. Hřídel a rám lisu budou podrobeny i pevnostní kontrole. Součástí práce bude vypracování 3D modelu a výkresové dokumentace, která bude obsahovat sestavné výkresy dílčích zařízení, výkres svařence rámu lisu a výrobní výkres hřídele drtiče.

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spojovací části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.
ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.
KUGL, O. a kol.: Projekt - III. ročník. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005.
HANOUSEK, Miloš. Domácí výroba moštů. Praha: Grada, 2006. ISBN 978-80-247-1445-5

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Josef Kamenický ústav přístrojové a řídicí techniky FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **05.04.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **03.06.2022**

Platnost zadání bakalářské práce:


Ing. Josef Kamenický
podpis vedoucí(ho) práce



Ing. František Lopot, 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.

29.4.2022
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou diplomovou práci na téma „Koncepční návrh zařízení pro výrobu jablečného moštu“ zpracoval samostatně a použil pouze zdrojů, které jsou uvedeny v bibliografii.

Datum.....

Podpis.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Josefu Kamenickému za vedení mé bakalářské práce, cenné rady, odborný dohled a výpomoc při hledání literárních zdrojů.

Anotační list

Jméno autora: Filip Hošna
Název BP: Návrh zařízení pro získání jablečného moštu
Anglický název: Design of Equipment for the Apple Must Production
Rok: 2022
Studijní program: TZSI
Ústav: Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP: Ing. Josef Kamenický

Bibliografické údaje: počet stran:

počet obrázků:

počet tabulek:

počet příloh:

Klíčová slova:

mošt, jablečná šťáva, krouhání, drtič, lis, řemenový převod

Keywords:

must, apple must, chopping, chopper, press, belt transfer

Abstrakt:

Teoretická část obsahuje rešerši, která se zabývá popisem zařízení využívaných pro získání jablečné šťávy a jejich principem. Praktická část se skládá z návrhu drtiče a lisu, návrhových a kontrolních výpočtů a popisu finálního návrhu.

Abstract:

The theoretical part consist of search which deal with describe of equipment used for production the apple must and their principle of function. The practical part consist of design chopper and přes, design and control calculations and describe of final design of equipments.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Výroba moštu.....	2
2.1 Co je mošt a princip jeho výroby.....	2
2.2 Rozdíl mezi moštěm a džusem.....	2
3. Rozbor zařízení pro výrobu jablečného moštu.....	3
3.1 Drtič.....	3
3.1.1 Válcový drtič.....	5
3.1.2 Drtič s rotujícím nožem.....	7
3.1.3 Velocipedický drtič ovoce.....	8
3.2 Lis.....	10
3.2.1 Proces lisování.....	10
3.2.2 Buben lisu.....	11
3.2.3 Rám a mechanismy lisu.....	12
3.2.3.1 Šroubový mechanismus s posuvnou maticí.....	13
3.2.3.2 Šroubový mechanismus s posuvným šroubem.....	13
3.2.3.3 Hydraulický zvedák s posuvnou lisovací deskou.....	14
3.2.3.4 Hydraulický zvedák s posuvným bubnem.....	15
4. Popis zvolené konstrukce zařízení a materiálů.....	16
4.1 Volba drtiče.....	16
4.1.1 Rám Drtiče.....	18
4.1.2 Pohon a převod.....	18
4.1.3 Zajištění přenosu kroutícího momentu z hřídele na náboj.....	19
4.1.4 Uložení hřídelí.....	20
4.1.5 Drtící válce.....	20
4.1.6 Násypka.....	21
4.2 Volba lisu.....	22
4.2.1 Rám lisu.....	22
4.2.2 Horní příčka.....	23
4.2.3 Buben lisu.....	26
4.2.4 Deska pro odtok lisu.....	27

5. Výpočty.....	28
5.1 Elektromotor.....	28
5.2 Převodový mechanismy.....	29
5.2.1 Řemenový převod.....	29
5.2.2 Převod pomocí ozubených kol.....	33
5.3 Zatížení hlavního hřídele.....	33
5.4 Návrh per a kontrola.....	40
5.5 Kontrola ložisek.....	42
5.6 Výpočet vybraných svarů rámu.....	43
5.6.1 Výpočet svarů spojujících spodní příčný profil se spodními podélnými profily.....	43
5.6.2 Výpočet svarů spojujících spodní podélný profil se svislým profilem.....	44
5.7 Návrh horní příčky.....	45
6. Shrnutí finálního návrhu.....	48
7. Závěr.....	49
8. Seznam použité literatury.....	50
9. Seznam obrázků.....	53
10. Seznam tabulek.....	55
11. Seznam zkratk.....	56
12. Seznam příloh.....	58

1. Úvod

Výroba domácího jablečného moštu je v České republice velmi populární činností v podzimním období, kdy se jablka sklízají. Mošt se získává za pomoci dvou zařízení, kterými je drtič (obr. 1) a lis (obr. 2). Technologie výroby je tedy taková, že jsou jablka nejdříve nadrcena a pak je drť vhozena do bubnu lisu, který ji slisuje, a tím dojde k získání jablečného moštu. Tato kombinace technologií je maximálně efektivní, jelikož z nenadrcených jablek je výtěžnost jablečné šťávy nižší a byla by třeba vyvinout mnohem větší lisovací síla uvnitř bubnu.

Já sám se každý rok účastním sklizně malého sadu jabloní a následné produkci jablečného moštu. Zařízení, která jsou používána, chátrají a v bližší době by se mohla stát nefunkčními. Mou motivací je tedy návrh takovéhoto zařízení, která by z větší části byla sestavitelná v domácím prostředí, která může tvořit amatérská dílna s příslušným vybavením, jako je svářečka, soustruh a základní nástroje.

Konstrukce jednotlivých zařízení se mohou lišit dle principu jejich mechanismů a dále v práci budou rozebrány. Bakalářská práce je zaměřena na výrobu jablečného moštu, ale díky těmto zařízením lze produkovat i mošty z jiného ovoce. Podmínkou je tvarová a rozměrová podobnost. Dále používané ovoce nesmí obsahovat pecku. Příkladem vhodného ovoce pro dané zařízení je hruška, příkladem nevhodného jsou švestky nebo třešně.



Obrázek 1.: Drtič na ovoce[8]



Obrázek 2.: Lis na ovoce[9]

2. Výroba moštu

2.1 Co je mošt a princip výroby

Mošt je šťáva, která se získává z ovoce. Postupným lisováním ovocné drtě dochází k separaci šťáv z dužiny. Lisovaná dužina se nesmí zatížit příliš rychle velkou silou, protože by došlo k vytvoření kašovitě směsi, která by se podobala spíše ovocné přesnídávkce. Vymačkaná dužina, v případě výroby moštu se jedná o odpad, se dá dále využít jako krmivo nebo do kompostu. [1,2,3]

Klasickým způsobem nelze vytvořit mošt, který by neobsahoval kal, což jsou drobné částičky dužiny. Proto se ovocná šťáva přelévá skrz plátno, aby se odstranila alespoň část tohoto kalu. Další možností, jak se kalu zbavit, je nechat ho usadit na dně nádoby, a poté mošt odebírat z její horní části do jiných nádob tak, aby kal v původní nádobě nebyl rozvřen. [1,2,3]

Mošt bez dalšího zpracování není trvanlivý. Pokud tedy chceme jeho expiraci prodloužit, je třeba mošt co nejdříve po výrobě podrobit pasterizaci. Což znamená ohřátí ovocné šťávy na 70÷85 °C po dobu několika sekund, čímž se zbavíme většiny kvasinek a bakterií, které způsobují kvašení. Bohužel však tímto procesem přijde mošt o část vitamínů a minerálů. [1,2,3]

2.2 Rozdíl mezi moštem a džusem

Tato bakalářská práce se bude věnovat výrobě jablečného moštu, proto by bylo vhodné vysvětlit rozdíl mezi moštem neboli ovocnou šťávou, a džusem, což je nápoj složený z ovocného koncentrátu, vody a dalších surovin, jako jsou různá aromata a konzervanty. [1,2,3]

Výroba džusu má ze začátku stejný technologický postup, jako výroba moštu. Po filtraci skrz plátno se ovocná šťáva nechá zahřívát v kotli. Postupně dochází k vypařování vody a z moštu se stává hustý koncentrát. Tento koncentrát se pak převáží do dané lokace, kde se zředí vodou. Zředěný koncentrát vodou nazýváme džus. Samozřejmě nejde pouze o rozdíl technologický ale i vizuální. [1,2,3]

Na první pohled lze mošt od džusu rozeznat, a to díky rozdílné barvě. Džusy jsou světlejší než původní ovocná šťáva, a to díky zředění koncentrátu vodou. Například jablečné džusy bývají světle žluté barvy, zatímco mošt je světle až tmavě hnědý. Hnědá barva jablečného moštu je také důsledkem jeho oxidace. Dále pak mošt obsahuje zbylý kal, ať už v celém objemu nádoby, nebo usazený po dně. Tudíž není tak průzračný, jako džus. Můžeme zaznamenat i chuťový rozdíl a rozdíl ve výživových hodnotách, o které ovocný koncentrát při výrobě přijde. [1,2,3]

3. Rozbor zařízení pro výrobu jablečného moštu

Jak bylo popsáno v kapitole o výrobě moštu, k získání ovocné šťávy je zapotřebí lisu. Pokud jde o výrobu jablečného moštu, je nutno ještě jedno zařízení nazývané drtič, který má za úkol jablka nakrouhat na menší kusy, což zefektivní proces získávání jablečné šťávy, a také snižuje potřebnou sílu při stlačování jablek v lisu. V následující kapitole budou popsány jednotlivá zařízení. [1]

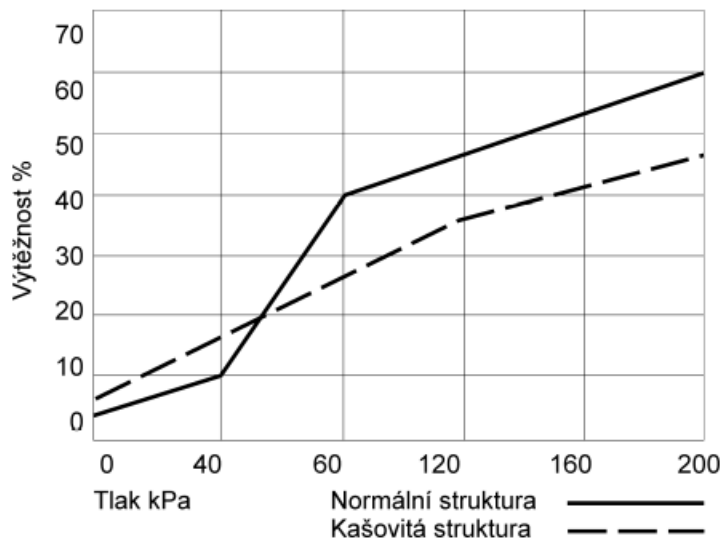
3.1 Drtič

Jablka se po očištění vhazují do drtiče, který má za úkol narušit celistvost plodu nakrouháním na menší kusy, aby následující proces byl co nejefektivnější z hlediska výtěžnosti jablečné šťávy. Nahrubo nakrouhané kusy ovoce lépe a rychleji uvolňují šťávu která je v nich obsažena. Na druhou stranu, jemná až kašovitá směs není vhodná ze dvou důvodů. Velmi jemné slisované částičky mohou utvořit nepropustnou hmotu, která pak zadržuje šťávu uvnitř lisovacího bubnu. Nebo bychom vytlačovali z bubnu kašovitou směs, což není žádoucí produkt. Rozdíl výtěžností moštu z drtí můžeme vidět v grafu (obr. 3). [1]

Krouhání ovoce je náročnou činností a bez užití elektromotoru by byla i velmi zdlouhavá. Na trhu lze nalézt i varianty, kde se elektromotor nahradí ruční elektrickou vrtačkou, avšak takovýto pohon slouží pouze ke zpracování velmi malého množství jablek a minimální výkon vrtačky bývá zpravidla udáván 500 W. Ve výjimečných případech lze nalézt i drtiče s ručním pohonem, kdy se kroutící moment, přenášený do drtícího ústrojí, vytváří otáčením kličky. [1, 4]

Dnes jsou nejčastější dvě varianty drtičů, které se liší právě drticím zařízením. Jedna možnost je jablka krouhat pomocí válců s hroty (obr. 4). Druhá možnost je využití rotující desky s nožem (obr. 5).

Údržba obou variant je velmi snadná, části stačí opláchnout proudem vody tak, aby v zařízení nezbyla žádná drť. Pokud se rozhodnete i preventivně promazávat ložiska, nebo v ložiskách není trvanlivé mazivo, je potřeba používat zdravotně nezávadná maziva. [1]

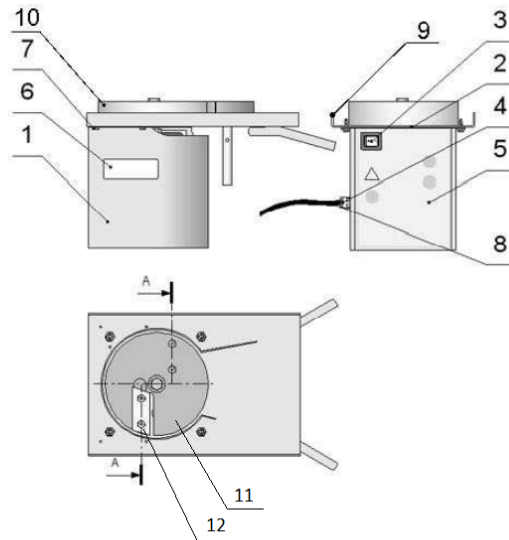


Obrázek 3.: Výtěžnost moštu z drtě[1]



Obrázek 4.: Válce s hroty[8]

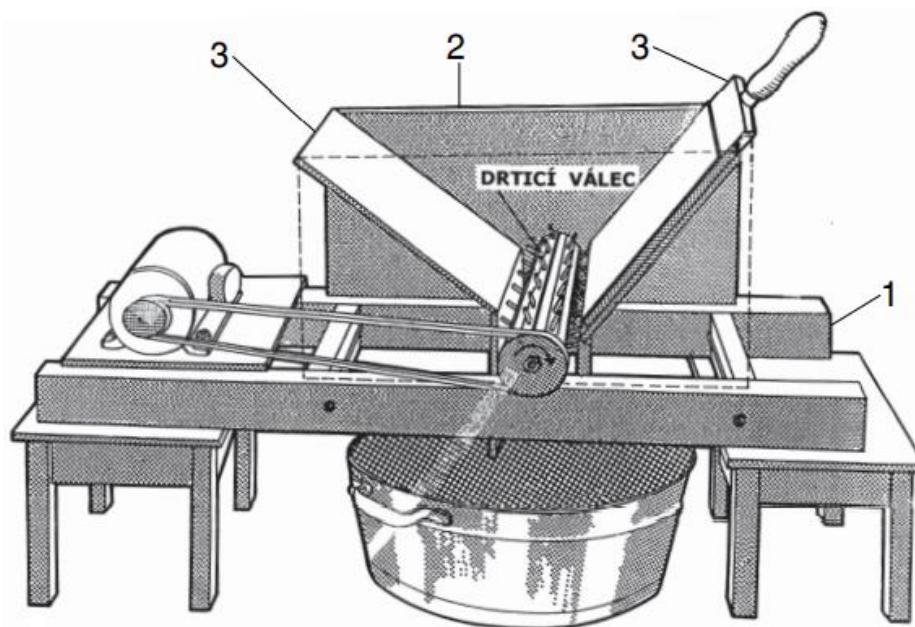
1. Kryt motoru
2. Pryžová podložka
3. Těleso zapínacího a vypínacího tlačítka elektromotoru
4. Průchodka
5. Štítek s bezpečnostními pokyny pro obsluhu
6. Výrobní štítek stroje
7. TEXO šroub 4,8x19
8. Vodič pohyblivého přívodu
9. Základová deska spodního dílu
10. Obvodový plášť pracovního prostoru drtícího ústrojí
11. Deska
12. Nůž



Obrázek 5.: Schéma drtiče na ovoce SHARK Fruit[7]

3.1.1 Válcový drtič

Nejpoužívanější zařízení ke krouhání jablek pro domácí výrobu moštu je válcový drtič. Drtící neboli krouhací zařízení je ve formě rotačního válce s hroty. Dříve se tyto drtiče vyráběly pouze s jedním válcem (obr. 6), dnes spíše vidáme varianty s dvěma (obr. 4) a se čtyřmi válci. [1]



1 – nosná konstrukce, 2 – bočnice, 3 – skluzové desky

Obrázek 6.: Válcový drtič s jedním válcem[1]

U zařízení s jedním válcem bylo potřeba vyvinutí přítlačné síly. Bez přítlačné síly by se jablka mohla po válci odvalovat a nedocházelo by tak ke krouhání. Jedním z řešení, jak by se dalo vyhnout přítlačné síle za použití jednoho válce, je snížení otáček a prodloužení hrotů, což by znamenalo zpomalení výroby ovocné drtě a zvětšení odkrajovaných kusů. Zvětšení kusů by zapříčinilo snížení efektivity získávání šťávy při procesu lisování a nutnost dosažení větších tlaků v lisu. Přítlačná síla se nejčastěji prováděla například dřevěnou deskou, která byla konstrukčně a rozměrově navržena tak, aby se zamezilo styku mezi deskou a válcem z důvodu bezpečnosti a z důvodu zamezení poškození jednotlivých součástí drtiče. [1]

U drtičů s více válci není zapotřebí přítlačné síly i za použití vyšších otáček, což vede k zefektivnění procesu krouhání ovoce. Díky dvěma proti sobě otáčejícím se válcům si jablka drtič sám zachytí, tudíž nedochází k odvalování ovoce po válci.

Válec může být tvořen jedním kusem, nebo může být složený. Mnohem častější varianta je válec složený, a to minimálně z jádra, které může být dřevěné, nebo z hygienicky vhodnějšího materiálu, kterým může být např. zdravotně nezávadná umělá hmota, do které se zasadí hroty. U varianty s dřevěným jádrem býval válec potažen nerezavějícím materiálem, který tvořil jeho plášť. Z cenových a hygienických důvodů se dřevěné válce už nevyrobějí. Jednokusové válce (obr. 7) jsou odlévány z nerezového materiálu, kterým je nejčastěji slitina hliníku. Kusy nakrájené těmito válci mají větší rozměry. [6]



Obrázek 7.: Odlévané válce [6]

Válce jsou uloženy na hřídeli, která musí být zhotovená také z nerezového materiálu, jelikož přichází do kontaktu s ovocnou šťávou, pokud není hřídel ošetřena jinak.

Přenos kroutícího momentu z hřídele elektromotoru na hřídel s válcem je přenášena silovým stykem pomocí řemenového převodu. Pokud máme více válců, na ostatní hřídele je kroutící moment přenášen tvarovým stykem ve formě ozubených kol. To je především z důvodu malé osové vzdálenosti mezi hřídeli.

Na rámu je také uložena násypka, jejíž úkolem je dopravit materiál, v našem případě jablka, k válcům. Násypka je z nerezového plechu a může být buď svařovaná, nebo sešroubovaná. Na trhu můžeme nalézt obě varianty. Bývá nejčastěji ve tvaru komolého jehlanu (obr. 1). Uvnitř násypky mohou být přimontované přepážky, které mají zajistit plynulé dopravování jablek. Dále přepážky slouží jako bezpečnostní prvek, jelikož neumožňují přímý průchod k válcům. Do násypky je doporučováno jablka sypat postupně v přiměřeném množství

3.1.2 Drtič s rotujícím nožem

Tento typ drtiče je méně používán a hodí se spíše pro zpracování většího objemu jablek. Dosahuje vyšších výkonů, čímž nabývá i na ceně. Konstrukce je v celku jednoduchá (obr. 5). Řezná část drtiče je sestavena z kotouče, ke kterému je připevněný nůž a odváděcí destičky, které pomocí konstrukce odvádějí drť do sběrného koše. Kotouč je poháněn přímo elektromotorem, tudíž nepotřebuje žádné převodové ústrojí. Elektromotor je na konstrukci zavěšen ve svislé poloze a na hřídeli elektromotoru je pod plechovou deskou nasazeno gufero, aby se zabránilo přístupu šťávy k elektromotoru. Všechny tyto části nesmí podléhat korozi, tudíž jsou z nerezových materiálů a nůž je z nástrojové oceli. [1]

Nerezové plechové bočnice umístěné pod rotujícím kotoučem nasměrují tlačnou drť ke sběrnému koši. Násypka, vzhledem k charakterizující konstrukci drtiče, má tvar válce, který je svařen (obr. 8). I v této variantě nalezneme přepážky.



Obrázek 8.: Shark Fruit[10]

3.1.3 Velocipedický drtič ovoce

Jednou ze specialit v oblasti krouhání ovoce, která se objevila v roce 2017, je velocipedický, neboli bicyklový, drtič ovoce (obr. 9). Též znám jako šlapostroj, který si své jméno zasloužil díky unikátní konstrukci, která umožňuje pohánět drticí válce šlapáním do pedálů stejně, jak je tomu u jízdního kola.[11]

Zařízení je tvořeno třemi nohami, které zároveň tvoří sedla. Každé sedlo je opatřeno párem pedálů, které při šlapání pohánějí řemenici. Krouticí moment vyvolán jezdcem je přenášen pomocí řemene. Drticí válce uvnitř násypného koše (obr. 10), který je mezi sedly a tvoří střed zařízení, se mohou vůči sobě pohybovat nezávisle, díky čemuž mohou šlapat různě zdatní jezdci najednou. Nakrájená jablka padají pod válce, kde je sběrný koš, stejně jako u klasických válcových drtičů. Jak válce, tak i celá konstrukce je převážně dřevěná.[11]



Obrázek 9.: Šlapostroj[11]



Obrázek 10.: Drtící mechanismus šlapostroje[11]

3.2 Lis

Obecně toto zařízení slouží ke zpracování materiálu pomocí tlaku. Úkolem lisu určeného pro zpracování ovoce je stlačit drť nebo celé plody, což vede k produkci finálního výrobku, moštu. Dnešní trh nabízí několik variant lisu a stlačovacích mechanismů.

3.2.1 Proces lisování

Je důležité si uvědomit, jaká kritéria má finální produkt splňovat. Hlavními kritérii je výtěžnost moštu, jeho barva, která se mění vlivem oxidace drtě, a dále pak kalnost moštu. [1, 2, 3]

Mezi drcením a lisováním dochází k časové prodlevě, která má za následek oxidaci jablečné drtě, která se na ovoci projeví zhnědnutím. Ideální postup je takový, že se ihned po nakrouhání jablek drť slisuje. Tento postup vede k vytvoření lehce nažloutlého moštu, ale je velmi neefektivní a zdlouhavý. Spíše se praktikuje plnění bubnu lisu postupně a až poté dochází k lisování. Mošt vytvořený tímto postupem je hnědý, vlivem oxidace, avšak na chuť a kvalitu produktu to nemá vliv, a hlavně tento postup je mnohonásobně efektivnější. [1, 2, 3]

Zamezení vniku jablečné drtě do finálního produktu je zajištěno samotnou konstrukcí bubnu, z kterého ovocná šťáva vytéká. Díky drážkám v bubnu, nebo mezi pláty tvořící buben (obr. 11), neprojdou větší kusy drtě. Malých kousků se můžeme zbavit tak, že mošt necháme protéct skrz plátno, které tyto částice zachytí. Je ale nutné mít na paměti, že vyrobit mošt s nulovým obsahem kalu je prakticky nemožné. [1, 2, 3]

Další zásadou je snaha lisovat co nejkratší dobu, ale ne na úkor výtěžnosti, která se odvíjí především z vyvolaného tlaku lisovací desky (obr. 3). Rychlost stlačování je třeba přizpůsobit rychlosti odtoku, což se provádí přerušovaným lisováním.[1]



Obrázek 11.: Lis na ovoce 18l[12]

3.2.2 Buben lisu

Jak můžeme vidět na obrázku výše (obr. 11), buben lisu má válcový tvar. Plášť válce může být tvořen jedním kusem, ve kterém jsou vytvořeny drážky, které mohou být umístěné vertikálně (obr. 12), nebo horizontálně. Dalšími vzory mohou být kruhové (obr. 13) nebo čtvercové otvory. Takovýto plášť je zhotoven z nerezového plechu a je svařován. Může být uložen volně, nebo trvale ke konstrukci. V případě, kdy je trvale přichycen ke konstrukci, má buben odklápěcí dno. Díky tomu lze slisovanou drť z bubnu vyjmout. Pokud je válec uložen volně, k odstranění slisované drtě je zapotřebí vyndat celý válec i s dnem neboli s deskou, která je navržena tak, aby odváděla mošt při procesu lisování.

Další varianta konstrukce bubnu lisu je sestavena z bočních svislých příček, mezi nimiž jsou mezery, které slouží k odvodu jablečné šťávy z vnitřku válce (obr. 11). Příčky jsou vyráběny ze dřeva a jsou uchyceny z vnitřní strany plechových pásů, které drží tvar válce. Takováto varianta nemá odklápěcí dno, tudíž k vyjmutí drtě z bubnu je třeba vyndat celý válec.

Dnes se na trhu setkáme většinou s variantou bez sklápěcího dna. To především díky jednoduchosti konstrukce, která se projeví i do ceny zařízení.



Obrázek 12.: Buben s vertikálními drážkováním[13]



Obrázek 13.: Buben s kruhovými otvory[14]

3.2.3 Rám a mechanismy lisu

Úkolem rámu je udržet součásti a zařízení pohromadě. Nosná konstrukce by měla pohltit chvění, a udržet si stabilní polohu. Dnes můžeme rámy lisů na ovoce najít sestavené ze čtyřhranných dutých profilů. Konstrukce bývá svařovaná, tudíž není rozebíratelná. Není nutné používat profily z nerezového materiálu, protože nedochází ke styku se šťávou a ani k omílání povrchu. Jekly se pouze natřou ochrannou vrstvou, která konstrukci chrání před okolní atmosférou, která by mohla vyvolat korozi materiálu. Tvar a konstrukci rámu výrazně ovlivňují mechanismy lisu, které vyvolávají tlak uvnitř bubnu.

3.2.3.1 Šroubový mechanismus s posuvnou maticí

První a nejjednodušší variantou je rám, který tvoří kříž, nebo desková podstava, na kterou se umístí deska s bubnem. Tato konstrukce je určena pro mechanismus skládající se z pevně zabudované závitové tyče s posuvnou maticí (obr. 14). Závitová tyč může být zafixovaná v podstavě trvale, což sebou nese problém s výměnou desky sloužící k odvodu šťávy. Používanější variantou je uchycení tyče k rámu pomocí matice ze spodu podstavy, kdy k tyči je přivařená kruhová deska tvořící doraz pro utažení závitového spoje. Místa trapézové tyče, která přichází do styku s drtí, tudíž i navařená deska, jsou natřena ochranným lakem, který je vhodný do potravinářského průmyslu. Posuvná matice je opatřena pákou nebo více pákami, které slouží ke snížení síly pro utahování (axiální posuv) matice. Pod maticí je uložena deska, která je při procesu lisování v kontaktu s drtí, a tvoří tak horní část bubnu. Zařízení musí být vyvýšeno, aby mohlo dojít k odtoku moštu do nádoby, tudíž je celé zařízení postaveno na 3-4 nohách.



Obrázek 14.: Šroubový lis s posuvnou maticí[15]

3.2.3.2 Šroubový mechanismus s posuvným šroubem

Nosná konstrukce, skládající se ze složené podstavy, nebo desky, na 3-4 nohách je stejná, jako u předchozího. Ke konstrukci jsou připevněna další ramena, která umožňují nasazení příčky se závitem (obr. 15). Příčka lze zajistit pomocí šroubů a matic, nebo pomocí čepů, které se musí axiálně zajistit. Tato příčka je v podstatě maticí pro šroub, ke kterému je připevněna lisovací deska. Může být připevněna pevným nebo rozebíratelným spojem, záleží na jejím tvaru. Točivý moment bude vytvářen otáčením páky na šroubu.



Obrázek 15.: Šroubový lis s posuvným šroubem[16]

3.2.3.3 Hydraulický zvedák s posuvnou lisovací deskou

Rám tohoto lisu má obdélníkový tvar. Opět je nad zemí vyvýšen pomocí nohou. Na konstrukci opět můžeme nalézt kříž nebo pevnou desku, na níž je položena deska pro odvod moštu a buben. Jakmile se buben naplní nakrouhanými jablky, shora se uzavře lisovací deskou. Mezi lisovací deskou a horní příčku rámu se umístí hydraulický zvedák (obr. 16). Lisovací deska není hladká, je opatřena miskou, která má v případě poruchy zamezit uniklému oleji ze zvedáku přístup do drtě. To platí pouze pro drobné množství oleje. Po zjištění úniku oleje je třeba ihned závadu odstranit, jelikož většina těchto olejů není vhodná ke konzumaci.

Hydraulický zvedák má výsuvné rameno, které mění výšku zvedáku. Pokud by pracovní výška hydraulického zvedáku nebyla dostačující, musí se zvedák zpět zasunout, lisovací deska se podloží dalšími deskami, nejčastěji ze dřeva, a proces lisování se opakuje.



Obrázek 16.: Lis s hydraulickým zvedákem a posuvnou deskou[17]

3.2.3.4 Hydraulický zvedák s posuvným Bubnem

Konstrukce rámu je podobá předchozí variantě, avšak hydraulický zvedák se umístí mezi kruhovou desku, připevněnou ke konstrukci, a desku pro odvod jablečné šťávy. Hydraulický zvedák tlačí na desku pro odvod šťávy, která se i s bubnem zvedá. V horní příčce rámu je nehybně zabudovaná tyč, na jejímž konci je lisovací deska (obr. 17). Zvedající se buben tlačí drť obsaženou v něm na lisovací desku, čímž se drť lisuje. Systém pro odtok šťávy musí být přizpůsoben zvedající se desce.



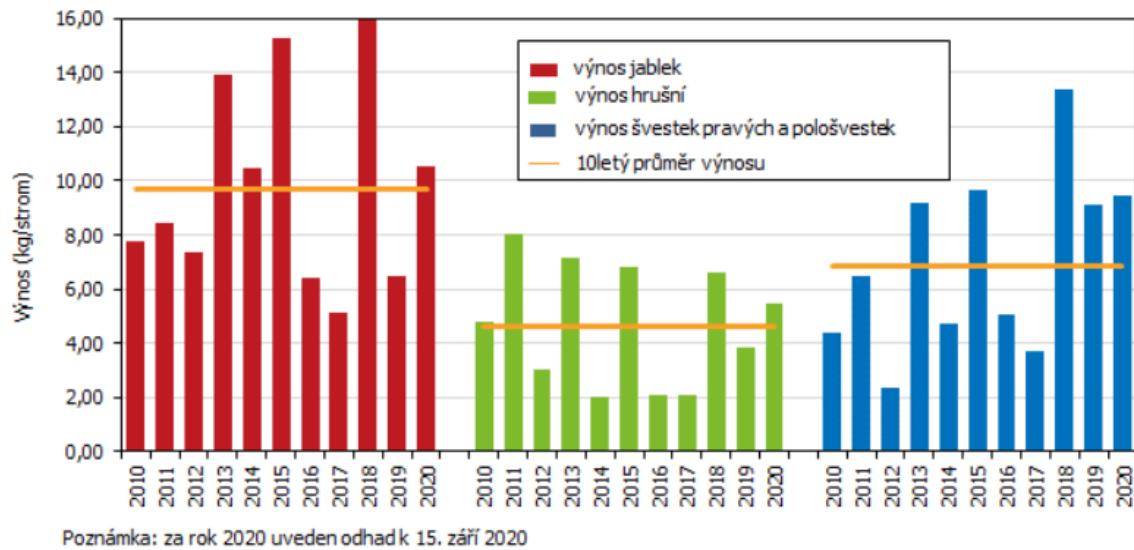
Obrázek 17.: Lis s hydraulickým zvedákem s posuvným bubnem[18]

4. Popis zvolené konstrukce zařízení a materiálů

4.1 Volba drtiče

V první řadě je třeba se rozhodnout, jaký typ drtiče zvolit. Cílem této práce je navrhnout zařízení pro menší soukromé sady. Bylo třeba si tedy stanovit velikost menšího sadu. Sad, pro který zařízení navrhuji a který byl zmíněn v úvodu, má průměrnou roční výtěžnost zhruba 400 kilogramů a disponuje 18 jabloněmi. S těmito parametry se sad dá považovat za „menší“.

Statistiky sklizně v Jihomoravském kraji uvádí, že v roce 2018 byla průměrná sklizeň na jednu jabloň 16 kilogramů jablek (obr. 18). V porovnání s odrůdou Golden Delicious, která má průměrnou sklizeň na jeden strom 65-80 kilogramů, je to silný nepoměr. Rozměry sadů nejsou odpovídajícím parametrem, protože se rozestupy mezi stromy a jejich rozměry mohou velmi lišit. Právě z těchto důvodů byla ustanovena míra výtěžnosti. [2, 3, 19]

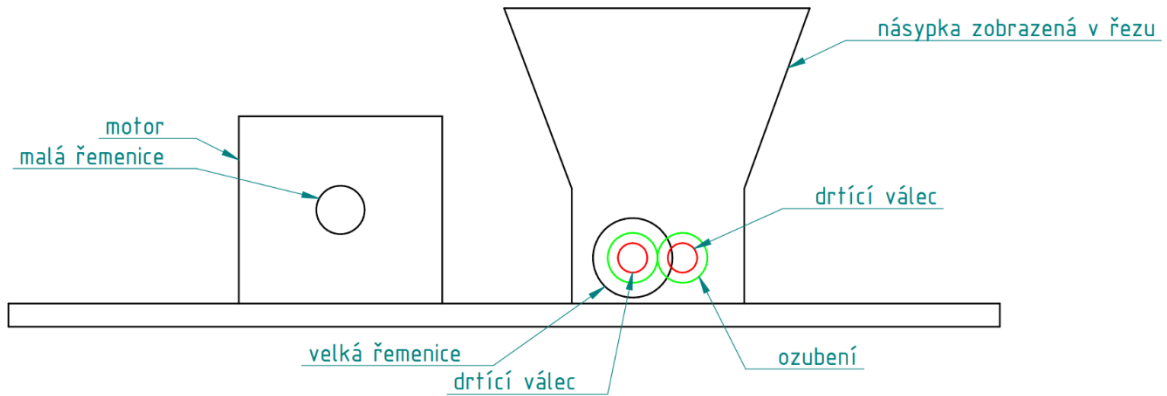


Obrázek 18.: Grafické znázornění průměrné výtěžnosti ovoce na jeden strom v Jihomoravském kraji[19]

Díky stanovení míry malého sadu bylo možné dále přemýšlet nad volbou konkrétního typu drtiče. Drtič s rotujícím nožem má větší výkon. Tuzemský výrobce VARES Mnichovice a.s. odhaduje 200-300 kilogramu za hodinu, tudíž maximální objem jablek z malého sadu je do 2 hodin nakrouhaný. U válcového drtiče je odhadovaný čas 2-3 hodiny. [10]

Díky vyššímu výkonu je ale třeba výkonnějšího motoru, který je z pravidla dražší. Navíc je drtič s válci méně náchylný k poškození, jelikož se jedná o zařízení určené primárně pro soukromníky, od kterých nelze předpokládat precizní kontrolu vřazovaného materiálu do násypky, existuje nebezpečí, že se do násypky dostane tvrdší materiál, například kámen menších rozměrů, který ale válečky, které jablka krouhají, nepoškodí natolik, aby znemožnil proces krouhání. Na druhou stranu, kdyby rotující nůž velkou rychlostí narazil na tvrdý předmět, otupil by se a krouhání by nemuselo dosahovat požadovaných parametrů.

Z důvodu poměrné jednoduchosti, ceny motoru, jednoduché údržbě a menší náchylnosti k poškození jsem se rozhodl pro variantu drtiče s válci viz. schéma (obr. 19)



Obrázek 19.: Schéma drtiče

4.1.1 Rám drtiče

Rám drtiče musí být ze svařitelného materiálu, který byl zvolen dle katalogu výrobce polotovaru KONDOR S235JR. Hlavní nosné profily jsou tvořeny obdélníkovými dutými profily, motor je na podstavách tvořených z tyčí profilu U a příčky, k nimž je uchycena násypka je tvořena z tyče profilu L. Z důvodu potřeby lícování zbylých součástí, jsou na hlavních prutech díry oválovitého tvaru. Tvar způsobuje jejich poměrně větší technologickou náročnost, jelikož budou muset být vyříznuty laserovou řezačkou, nebo se vyfrézují.

Rám bude třeba chránit před korozí, tudíž bude opatřen ochranným lakem.

4.1.2 Pohon a převod

Zařízení je poháněno elektromotorem. Na trhu můžeme nalézt i varianty ručního pohonu, který je však méně výkonný a uživatelsky zbytečně náročný. Otáčky hřídel s válci jsou ale nižší, proto je třeba zařízení s převodem. Převodové ústrojí musí splnit několik požadavků.

- Cenová dostupnost
- Sloužit i jako bezpečnostní prvek
- Jednoduše seřiditelné
- Korozivzdorné

Z těchto důvodů byl zvolen řemenový převod s klínovým řemenem, který byl navržen dle návrhových výpočtů. Řemenice i řemeny byly zvoleny dle katalogu TYMA, jelikož nabízejí řemenice s axiálním zajištěním pomocí technologie Taper Lock. V podstatě se jedná o svěrné pouzdro ze dvou kuželových ploch, které se do sebe vsunou (obr. 20). Řemen je třeba napnout napínací silou, aby k přenosu kroutícího momentu mohlo dojít. To je provedeno dvěma šrouby, které při utahování tlačí na bok motoru, který se tak posune. Ve chvíli, kdy se vyvolá dostatečně velká napínací síla, motor se zajistí čtyřmi šrouby v jeho podstavě, aby nemohlo dojít k uvolnění. Šroubový spoj napínacích šroubů je tvořen lisovací maticí firmy HEYMAN, která se nalisuje do plíšku, který je přivařen k podstavě pod motorem. Z druhé strany plíšku je na šroubu umístěna ještě kontramatice.

Ve zvolené konstrukci drtiče budou drtící válce dva. Hřídele budou mít stejné otáčky, ale směr jejich otáčení bude opačně orientovaný, aby docházelo k samovolnému krouhání jablek bez nutnosti vyvinutí přítlačné síly. Navíc je mezi nimi malá osová vzdálenost a převodový mechanismus nemusí být bezpečnostním prvkem. Byl tedy vybrán převod ozubenými koly, s převodovým poměrem 1.



Obrázek 20.: Řemenice Taper Lock[20]

4.1.3 Zajištění přenosu kroutícího momentu z hřídele na náboj

Pouzdra Taper Lock používaná u řemenic jsou určena k přenosu kroutícího momentu pomocí těsného pera. Pro ozubená kola jsem také zvolil pera, jelikož tento spoj není náročný na montáž. Díky Taper Lock bude jedno ozubené kolo axiálně zajištěno osazením a nábojem řemenice, druhé kolo bude zajištěno osazením a pojistným kroužkem.

Drťící válce budou zajištěny válcovým kolíkem, který je schopen přenést i kroutící moment. Nejprve se válec nasadí na hřídel a nastaví se tak, aby příslušné díry pro kolík byly sousedé. Poté se kolík nahřeje a vsune do příslušných děr. Ve válci bude kolík nalisován a v hřídeli bude uložen volně. Díky nalisování do válce se kolík při rotaci hřídele nevysune.

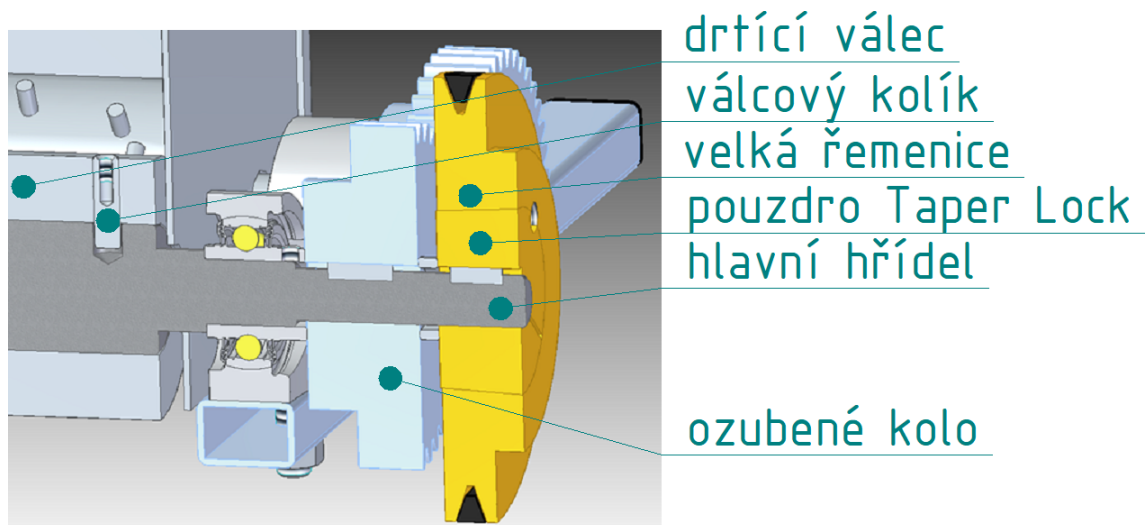
4.1.4 Uložení Hřídelí

Hřídele jsou uloženy na valivých kuličkových ložiskách, která jsou uložena v ložiskových domcích. Bylo nutno zvolit taková ložiska, která jsou určena pro potravinářský průmysl, respektive jsou z nerezového materiálu a jsou mazána zdravotně nezávadnými mazivy a oleji. Díky uložení v ložiskových domcích, nabízených firmou SKF, přímo na rám, se vyhneme další případné výrobě na zakázku. Nabízela se i varianta navržení vlastního uložení ložisek, ale byla by znatelně dražší, nebo by bylo třeba soukromou dílnu vybavit soustruhem.

4.1.5 Drťící válce

Drťící válce bylo třeba vytvořit z plastu. V případě použití kovu by válce byly příliš těžké. Dalším použitelným materiálem s nižší objemovou hustotou je dřevo. U dřeva je však problém s jeho nestálostí. Klasickými negativními vlastnostmi dřeva je bobtnání, kdy dřevo zvětšuje svůj objem, nebo jeho borcení. Nabízí se tedy varianta tvrdého plastu vhodného pro kontakt s potravinami. Byl zvolen materiál PE.

Válec je ještě osázen kovovými válečky, které jsou do válce zasunuty pomocí obdobné technologie jako kolík. Malé válečky se nahřejí a nalisují do předpřipravených děr.

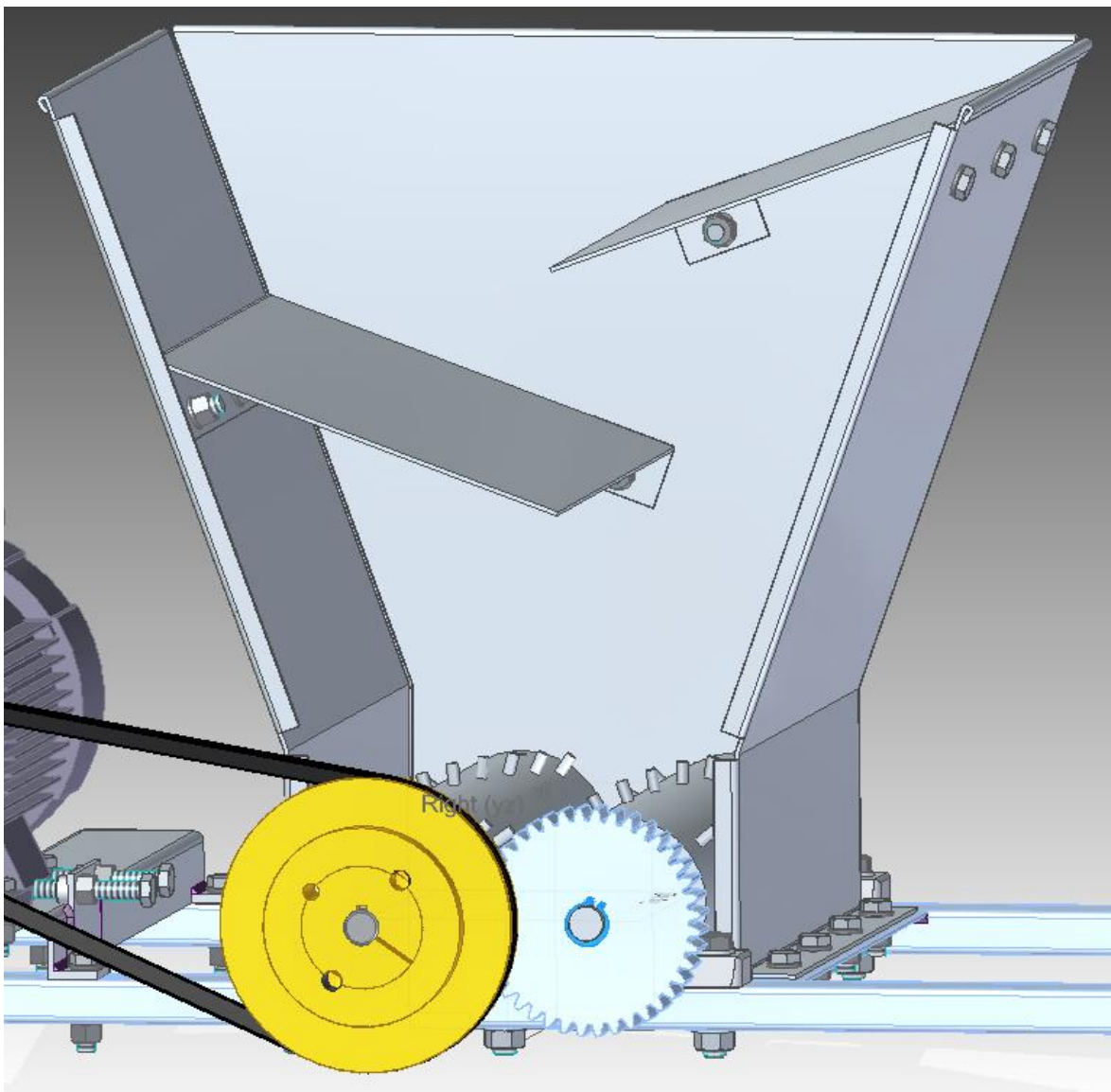


Obrázek 21.: Příčný řez uložením

Válce se dají zakoupit už vyhotovené, popřípadě se nechají vyrobit na zakázku od výrobce TIP s.r.o., nebo se na zakázku nechá vyrobit pouze válec z materiálu PE a válečky se osadí při montáži drtiče.

4.1.6 Násypka

Násypka je tvořena z tenkých nerezových plechů, které budou k sobě bodově svařeny. Další variantou byla sešroubovaná násypka, ale výroba děr a montáž by se poměrně ztížila a cena tohoto řešení by byla vyšší. V násypce budou dvě přepážky, které slouží jako bezpečnostní prvek neumožňující kontakt obsluhy s rotujícími válci. Na konstrukci bude přimontována pomocí šroubů a matic (obr. 22).



Obrázek 22.: Znárodnění násypky

4.2 Volba lisu

Jak bylo uvedeno v kapitole 3, variant mechanismů je několik. Pokud by se jako parametr zvolila pouze cena, jednoznačně by byl zvolen šroubový mechanismus. Avšak vyvinutí stlačovací síly pro získání jablečného moštu pouze pomocí lidské síly je pro pracovníka velmi namáhavé, zvláště pokud by ke zpracování úrody jablek bylo lisovacích cyklů zapotřebí více. Z tohoto důvodu jsem zvolil pohon hydraulický pomocí zvedáku (tzv. panenky).

Panenka se dá uložit dvěma způsoby, a to buď nad buben lisu, nebo pod něj. Pokud by byla panenka uložena pod buben, zvedal by se, tudíž ústí desky pro odtok šťávy by měnilo svou vzdálenost od vany. Proto jsem zvolil umístění panenky nad buben. Panenka má omezený zdvih, který se dá zvětšit pomocí dřevěných desek, které se dají umístit pod stojnu hydraulického lisu. K vložení těchto desek je třeba panenku povolit, což pozdrží lisovací proces.

4.2.1 Rám lisu

Rám lisu je opět svařovaná konstrukce složená z dutých profilů. V krajních vodorovných profilech je průchozí čtvercový otvor, do kterého je vsunut svislý dutý profil čtvercového průřezu. Profily jsou k sobě přivařeny koutovým svarem. Detail tohoto spoje je znázorněn na obrázku níže (obr. 24). Ve svislém profilu je kruhová díra pro pouzdro, do kterého je zasouván čep pro zajištění horní příčky k rámu. Pouzdro je k profilu přivařeno obvodovým V/2 svarem. Pouzdro je použito z důvodu snížení kontaktního tlaku ve spoji čepu a profilu (obr. 25). Deska pro odtok moštu (obr. 26) je položena na podstavě, která svým tvarem připomíná kříž, který je tvořen svařenými dutými profily. Materiál svařované konstrukce je opět S235JR.

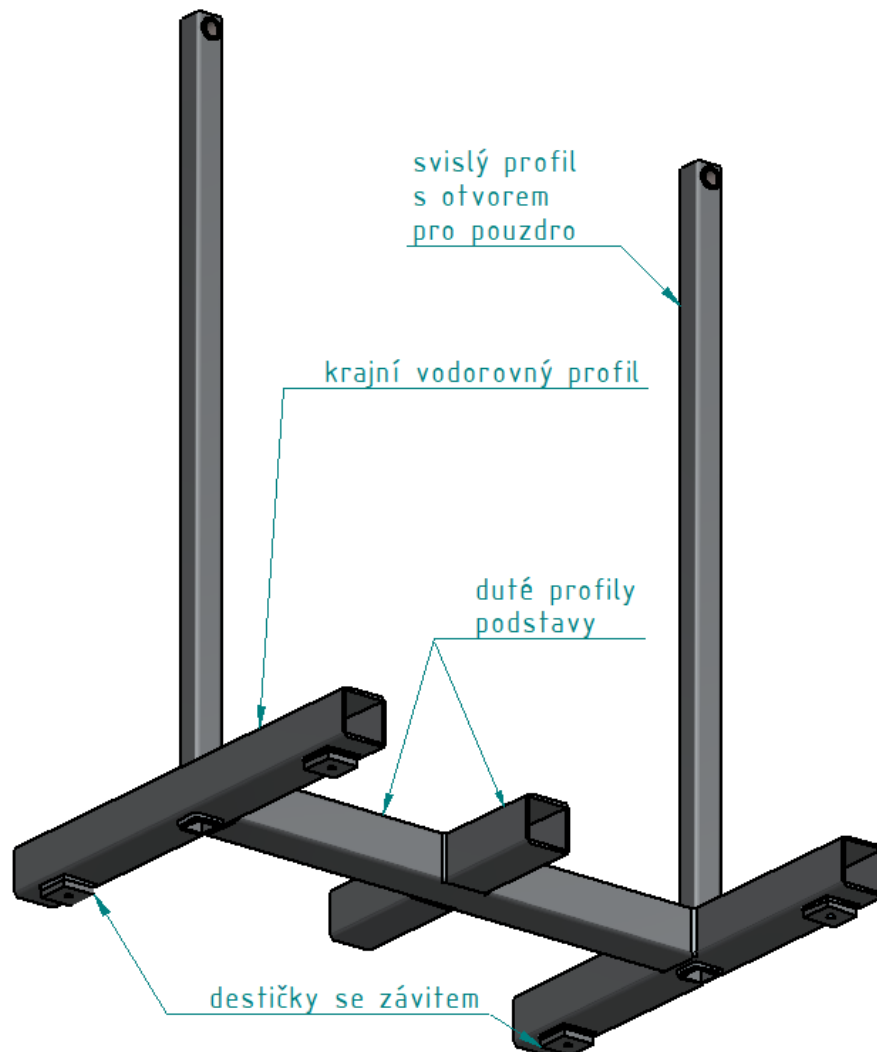
V profilech, které tvoří základnu, jsou vyříznuty dvě díry. K těmto profilům jsou přivařeny destičky, ve kterých je díra se závitem, která bude souosá s předešlou dírou. Díry slouží pro přimontování nastavitelných nohou s kontramaticí pro zajištění polohy (obr. 26).

Rám bude třeba chránit před korozí, tudíž bude opatřen ochranným lakem.

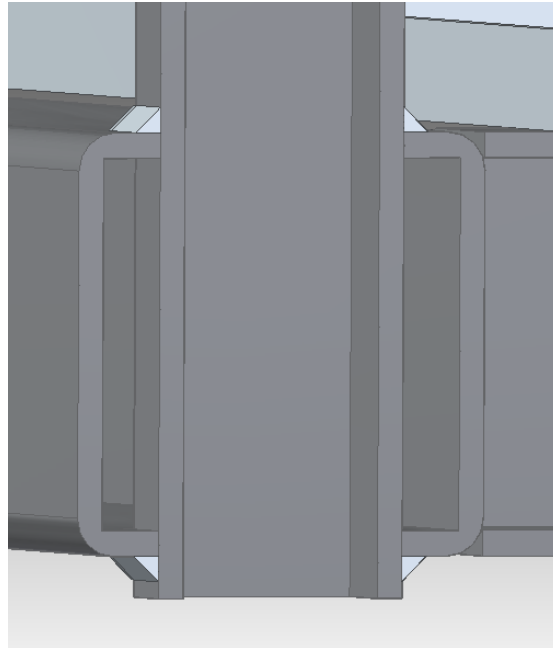
4.2.2 Horní příčka

Může být z jednoho profilu, nebo svařovaná. Profil vhodných rozměrů by byl plný, což by zvyšovalo hmotnost této části konstrukce. Proto byla zvolena příčka, která se skládá ze dvou křídel, základního dutého profilu a destičky, která slouží jako výztuž pro zabránění zdeformování příčky od lisovací síly. Například promáčknutí základního dutého profilu.

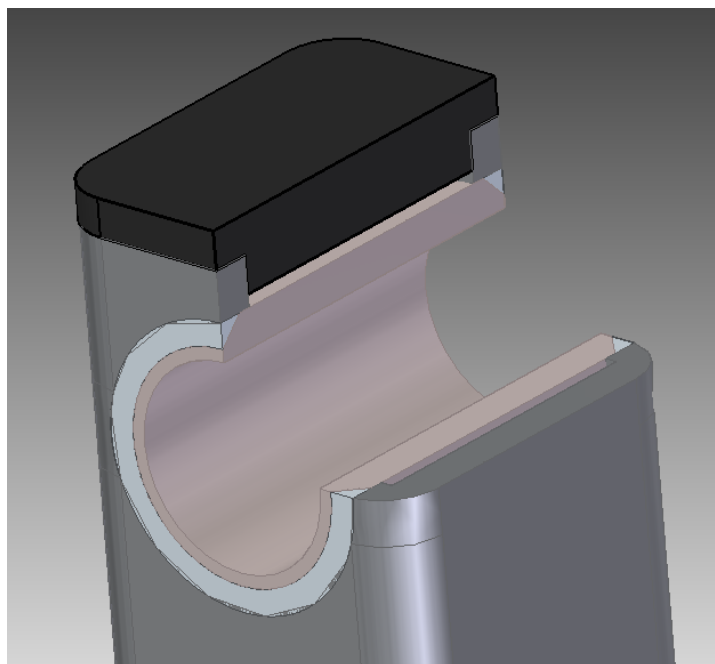
Horní příčka je k rámu přimontovaná pomocí dvou válcových čepů a závlaček. Tlustostěnná křídla mají vyvrtané a vystružené díry, do kterých se čep zasune a zajistí pružnou závlačkou. Příčka je znázorněna na obrázku (obr. 27).



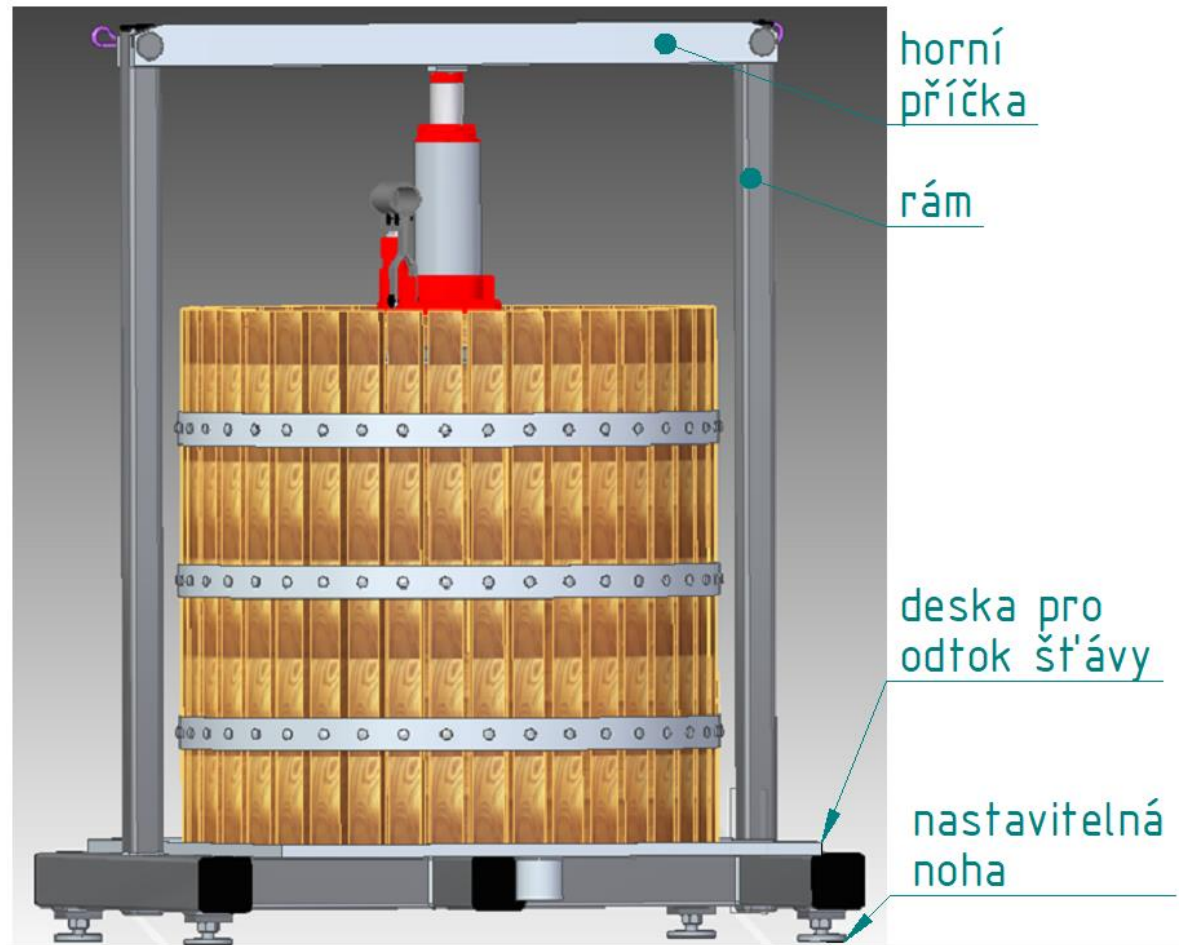
Obrázek 23.: Rám s popisem součástí



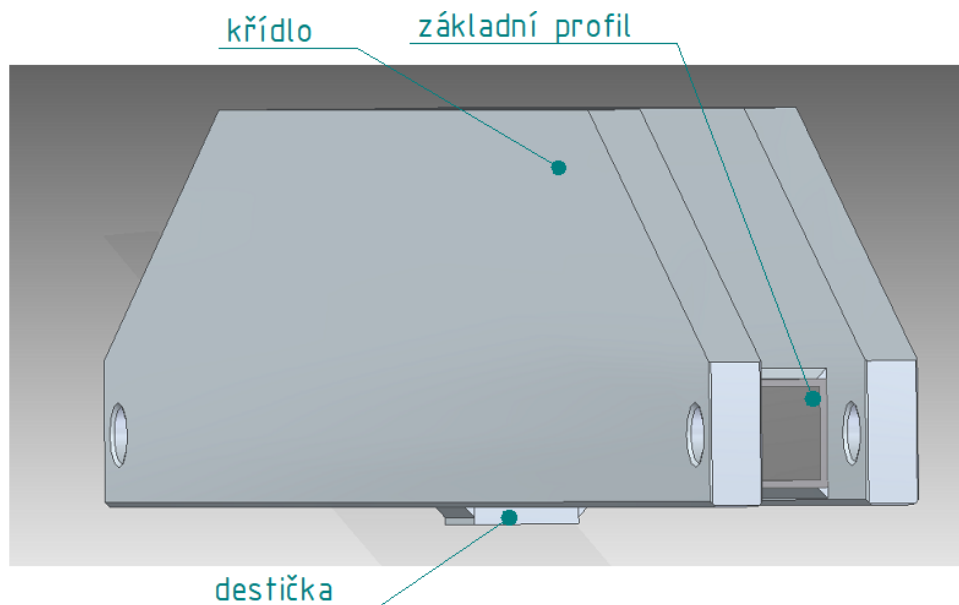
Obrázek 24.: Navařený příčný profil



Obrázek 25.: Navařené pouzdro



Obrázek 26.: Kompletní sestava navrženého lisu



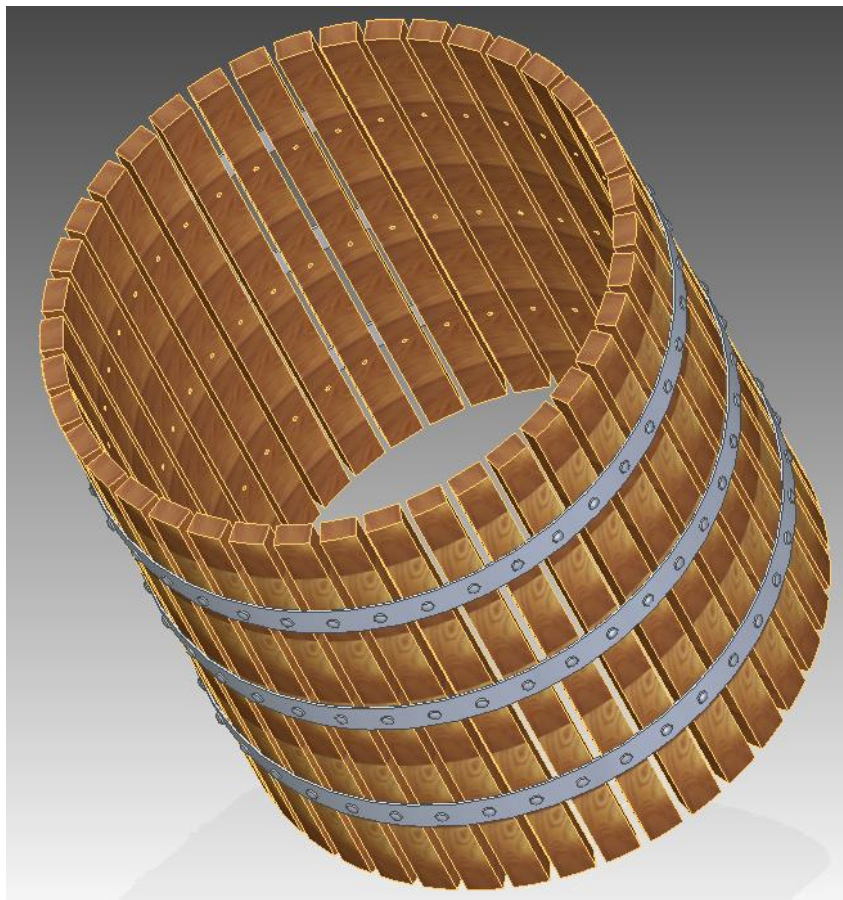
Obrázek 27.: Horní příčka

4.2.3 Buben lisu

Z hygienických důvodů se nabízí varianta bubnu tvořeného z nerezového plechu, do kterého jsou vyříznuty nebo vystřiženy drážky. Kromě finančně nákladnějšího materiálu, by se musely vynaložit další finance na výrobu zmíněných drážek. Dále by se z důvodu bezpečnosti musely zalemovat okraje, aby se obsluha nepořezala. Do válcového tvaru by se buben buď sešrouboval nebo svařil.

Varianta s dřevěnými příčkami z tvrdého dřeva, například buk nebo dub, je na konstrukci a technologičnost jednodušší. Dřevěné příčky tvoří tvar válce díky plechovým pásům, které je obepínají. Pomocí vrutů se příčky přimontují k plechu. Kruhové otvory v plechovém pásu mohou být zhotoveny obyčejnou ruční nebo stojanovou vrtačkou.

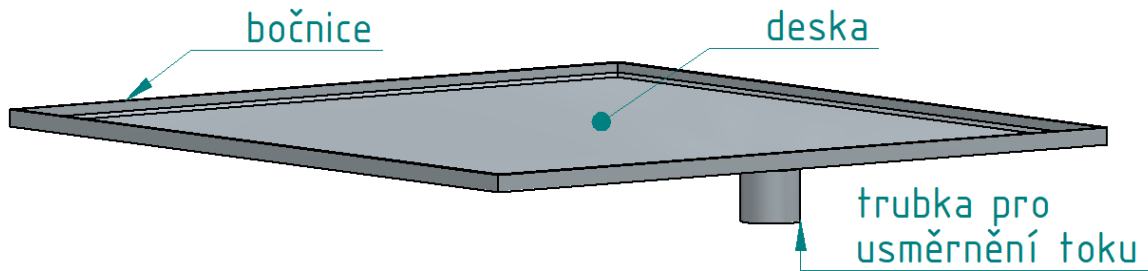
Dřevo bude muset být kvalitně ošetřeno, aby se z něho neštěpily třísky. Dřevo není tolik trvanlivé jako nerezová ocel, tudíž bude třeba jednou za čas prkna vyměnit, což díky jednoduché montáži nebude složitý proces.



Obrázek 28.: Buben Lisu

4.2.4 Deska pro odtok moštu

Deska tvoří dno bubnu a je do ní vyvrtán otvor, pro odtok vylisované jablečné šťávy. Zároveň má bočnice, které jsou vyrobeny z plechových pásů, které jsou k desce přivařeny. Bočnice musí být tak vysoké, aby mošt přes ně nepřetekl a zaručil se odtok moštu pouze zmíněným otvorem. Souose k otvoru je přivařena trubka, která má usměrnit tok moštu do nádoby.



Obrázek 29.: Deska pro odtok moštu

5. Výpočty

5.1 Elektromotor

Při výpočtu využijeme literatury [1], která uvádí, že k porušení celistvosti jablka je potřeba vyvinutí minimálního tlaku $2,5 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$, což se rovná $245\,166,25 \text{ Pa}$. Dále je nutno zvolit rozměry drtících válců a jejich otáčky.

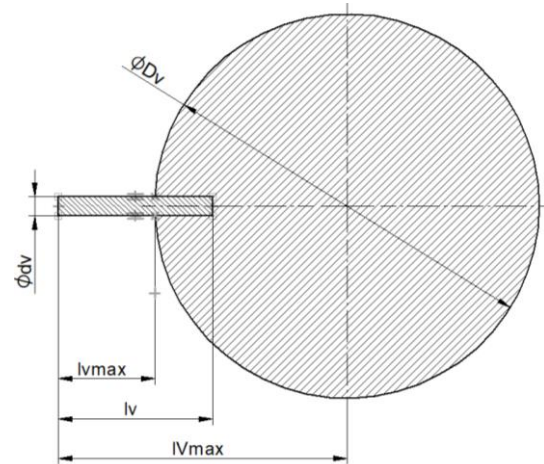
$l_v = 30 \text{ mm}$... délka válečku

$l_{vmax} = 15 \text{ mm}$... maximální funkční délka

$l_{Vmax} = 55 \text{ mm}$... maximální délka ramene

$d_v = 5 \text{ mm}$... průměr válečku

$D_v = 80 \text{ mm}$... průměr válce



Obrázek 30.: Schéma drtícího válce

Výpočet minimální síly pro porušení struktury jablka

$$p = \frac{F'}{A} \Rightarrow F' = p * A = p * \frac{\pi * d * l_{vmax}}{2} = 0,24517 * \frac{\pi * 5 * 15}{2} = 28,9 \text{ N} \quad (1)$$

Tuto sílu ještě vynásobíme koeficientem k , který zahrnuje fakt, že v záběru může být více jablek.

$$F_{min} = F' * k = 28,9 * 4 = 115,6 \text{ N} \quad (2)$$

Výpočet minimálního kroutícího momentu

$$M_{Kmin} = F_{min} * l_{Vmax} = 115,6 * 55 = 6\,358 \text{ N} * \text{mm} \quad (3)$$

Výpočet výkonu a volba elektromotoru

$$P_{min} = M_{Kmin} * \omega = M_{Kmin} * 2 * \pi * n = 6,358 * 2 * \pi * 10 = 399,48 \text{ W} \quad (4)$$

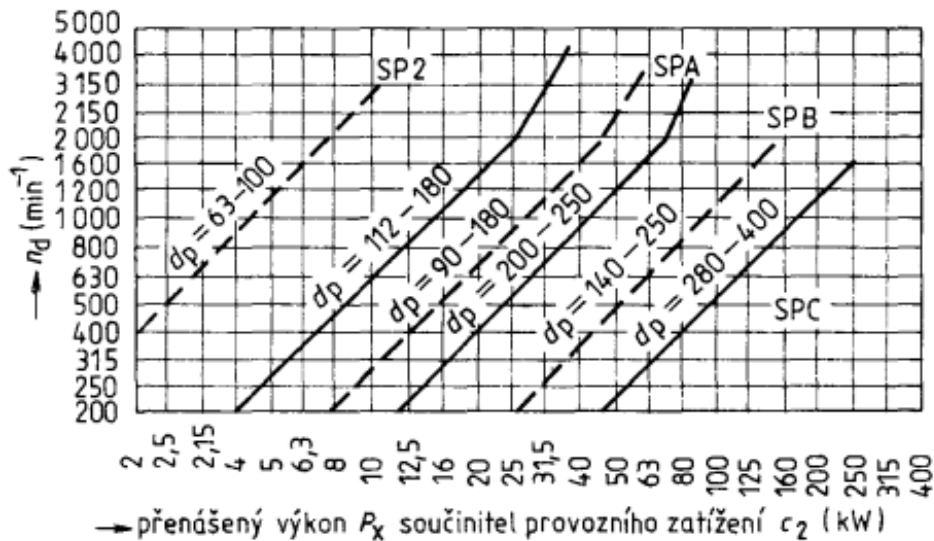
Otáčky válců n byly zvoleny na základě osobní zkušenosti s podobným zařízením. Na základě výpočtu volím elektromotor Siemens 1LE10020DB22 s výkonem $0,55 \text{ kW}$ a otáčkami 1385 ot/min .

5.2 Převodové mechanismy

5.2.1 Řemenový Převod

Volba průřezu řemene

Dle tabulky (obr. 31) zvolíme průřez klínového řemene. Díky relativně nízkému přenášenému výkonu a vysokým otáčkám se pohybujeme v oblasti pro řemen typu SPZ. Tabulka je pro úzké klínové řemeny. Řemeny klasického průřezu jsou schopny přenést někdy i násobně menší výkony, proto byl předběžně zvolen řemen úzký.



Obrázek 31.: Diagram pro určení typu úzkého řemene [21]

Kontrola obvodové rychlosti řemene

Před výpočtem samotným je třeba zvolit průměr malé řemenice.

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$v_{\check{r}1} = \pi * d * \frac{n_m}{60} = \pi * 0,06 * \frac{1385}{60} = 4,3511 \text{ [m * s}^{-1}\text{]}$$

(5)

Výrobci uvádějí, že maximální rychlost řemene klasických průřezů je do $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což znamená, že náš zvolený průměr vyhovuje tomuto parametru.

Výpočet převodového poměru

$$i = \frac{n_m}{n} = \frac{1385}{600} = 2,3083$$

(6)

Výpočet průměru hnané řemenice

$$i = \frac{D}{\Psi * d_1} \Rightarrow D = i * \Psi * d = 2,3083 * 0,98 * 60 = 135,73 \text{ mm} \quad (7)$$

Ψ je součinitel skluzu, který pro převody pomocí klínového řemene nabývá hodnot od 0,99 do 0,98.

Dle katalogu společnosti TYMA CZ s.r.o. volím průměr velké řemenice 132 mm. Snížením průměru bude mít hnaná hřídel vyšší otáčky, ale prakticky tento minimální rozdíl v převodovém poměru bude mít na zařízení prakticky minimální vliv.

Volba vzdálenosti os

Osová vzdálenost by dle literatury měla být v rozmezí

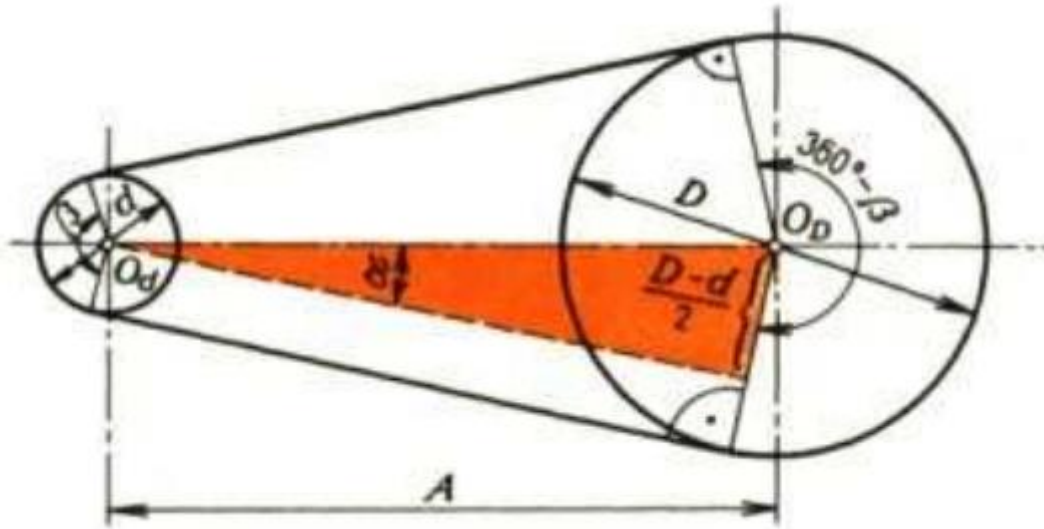
$$0,7 * (d + D) < A_o < 2 * (d + D) \quad (8)$$

$$0,7 * (60 + 132) < A_o < 2 * (60 + 132)$$

$$134,4 < A_o < 384$$

Volím osovou vzdálenost $A_o = 250 \text{ mm}$

Úhel opásání malé řemenice β



Obrázek 32.: Geometrie řemenového převodu[22]

$$\cos\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{\frac{D-d}{2}}{A_o} = \frac{D-d}{2 * A_o} \Rightarrow \beta = 2 * \left(\cos^{-1}\left(\frac{132-60}{2 * 250}\right)\right) = 163,44^\circ \quad (9)$$

$$\alpha = 180 - \beta = 16,56^\circ \quad (10)$$

Délka řemene

$$L'_p = 2 * A_o * \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) + \frac{\pi}{2} * (D + d) + \frac{\pi * \alpha * (D - d)}{180} \quad (11)$$

$$L'_p = 2 * 250 * \sin\left(\frac{163,44}{2}\right) + \frac{\pi}{2} * (132 + 60) + \frac{\pi * 16,56 * (132 - 60)}{180}$$

$L'_p = 817,19 \text{ mm} \Rightarrow$ Dle katalogu TYMA CZ s.r.o volím délku řemene $L_p = 825 \text{ mm}$

Skutečná osová vzdálenost

$$A_{SK} = \frac{L_p - \frac{\pi * (D + d)}{2} - \frac{\pi * \alpha * (D - d)}{180}}{2 * \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (12)$$

$$A_{SK} = \frac{825 - \frac{\pi * (132 + 60)}{2} - \frac{\pi * 16,56 * (132 - 60)}{180}}{2 * \sin\left(\frac{163,44}{2}\right)} = 253,95 \text{ mm}$$

Počet řemenů

Důležité koeficienty:

c_1 ...součinitel úhlu opásání

c_2 ...součinitel provozního zatížení

c_3 ...součinitel délky klínového řemene

P_z ...přenášený výkon jedním řemenem při $\beta = 180^\circ$

$$z_{SPZ} = \frac{P * c_2}{P_z * c_1 * c_3} = \frac{0,55 * 1,2}{0,93 * 0,96 * 0,86} = 0,86 \quad (13)$$

Z důvodu sníženého úhlu opásání by hodnota P_z byla ve skutečnosti nižší, tudíž by klínové řemeny byly voleny 2. Avšak použijeme-li řemen XPZ společnosti TYMA CZ s.r.o, který je rozměrově totožný s SPZ, můžeme počet řemenů snížit na jeden, jelikož maximální přenášený výkon jednoho řemene XPZ je 2,14 (kW). (viz. Příloha Modelace řemenového převodu)

Rozsah osových vzdáleností řemenic pro montáž a napínání

$$A_{min} = A - y = A - 0,015 * L_p = 250 - 0,015 * 825 = 237,6 \text{ mm} \quad (14)$$

$$A_{max} = A + x = A + 0,03 * L_p = 250 + 0,03 * 825 = 274,75 \text{ mm} \quad (15)$$

Z vypočtených hodnot volím pro konstrukci rozmezí $A_{min} = 240 \text{ mm}$ a pro $A_{max} = 275 \text{ mm}$.

Obvodová síla řemene

$$F = \frac{P}{v_{\dot{R}1}} = \frac{550}{4,3511} = 126,4 \text{ N} \quad (16)$$

Napínací síla

$$F_{NAPÍNACÍ} = 1,5 * F = 1,5 * 126,4 = 189,6 \text{ N} \doteq 190 \text{ N} \quad (17)$$

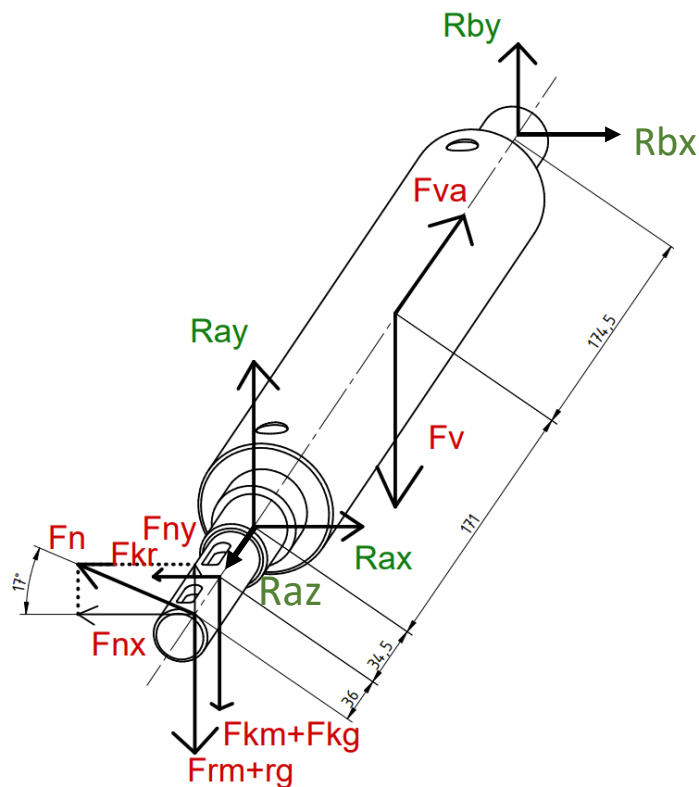
5.2.2 Převod pomocí ozubených kol

Převod ozubenými koly má zajistit pouze přenos kroutícího momentu bez jakýchkoli změn, tj. také bez změny otáček hřídelů. Kola tudíž musí být stejná a jejich rozměry jsou uvedeny v tabulce (Tab. 1.). Kola budou zakoupena u firmy MATEZA.cz

Tabulka 1.: Rozměry kol

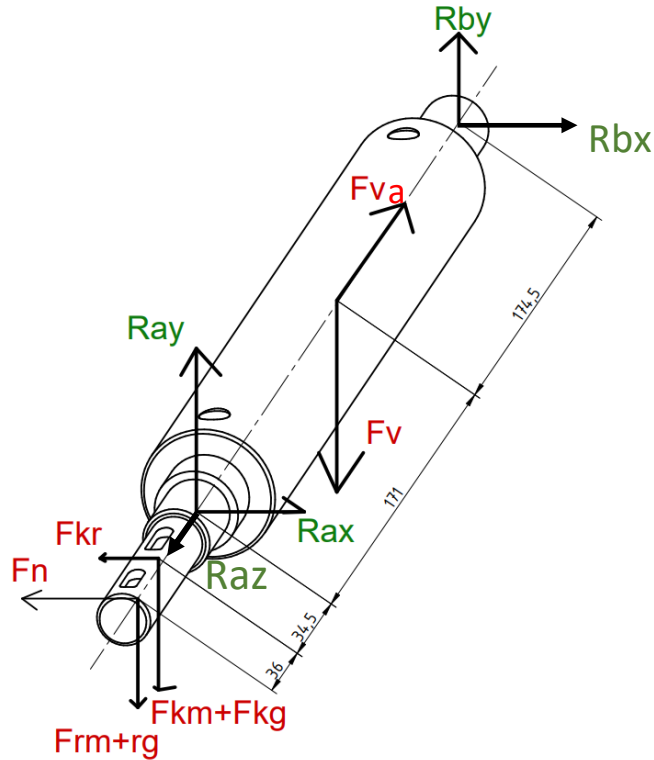
Počet zubů z	Modul m [mm]	Osová vzdálenost a_w [mm]	Roztečné průměry d [mm]	Hlavová kružnice d_a [mm]	Patní kružnice d_f [mm]	Základní kružnice d_b [mm]	Šířka ozubení B [mm]	Šířka kola L [mm]
40	2,5	100	100	105	93,75	93,97	25	35

5.3 Zatížení hlavního hřídele



Obrázek 33.: Schéma přesného řešení

Na obrázku výše můžeme vidět schéma přesného řešení vytvořené konstrukce, kde napínací síla není kolmá ke svislému směru. Abychom však nemuseli rozkládat napínací sílu do dvou složek, budeme počítat s krajním řešením, respektive napínací síla bude kolmá ke svislému směru. Tím v podstatě dojde ke většímu zatížení, tudíž lze toto zjednodušení použít při zachování stanovené bezpečnosti $k = 2$.



Obrázek 34.: Schéma zjednodušeného řešení

Tečné síly

Síla působící na obvodu válce je shodná se silou k porušení struktury jablka, která byla vypočítána pro stanovení výkonu elektromotoru.

$$F_v = F_{min} = 115,6 \text{ N} \quad (18)$$

Dále byla potřeba zjistit kroutící moment na malé řemenici, abychom následně mohli určit tečnou sílu na řemenici velké.

$$M_{KIŘ} = \frac{P}{2 * \pi * n_m} = \frac{550}{2 * \pi * 23,1} = 3,7894 \text{ Nm} \quad (19)$$

$$M_{KIIŘ} = i * M_{KIŘ} = 2,245 * 3,7894 = 8,507 \text{ Nm} \quad (20)$$

Výsledná tečná síla na velké řemenici je uvedena ve vztahu 21.

$$F_{řM} = \frac{M_{KIIŘ}}{r_{IIŘ}} = \frac{8,507}{\frac{D_{IIŘ}}{2}} = \frac{8,507}{\frac{0,132}{2}} = 128,9 \text{ N} \quad (21)$$

Dále víme, že přenášený krouticí moment působí až k válci, tudíž i ozubená kola přenášejí spočtený krouticí moment.

$$M_{KII\check{R}} = M_{KIIK} \quad (22)$$

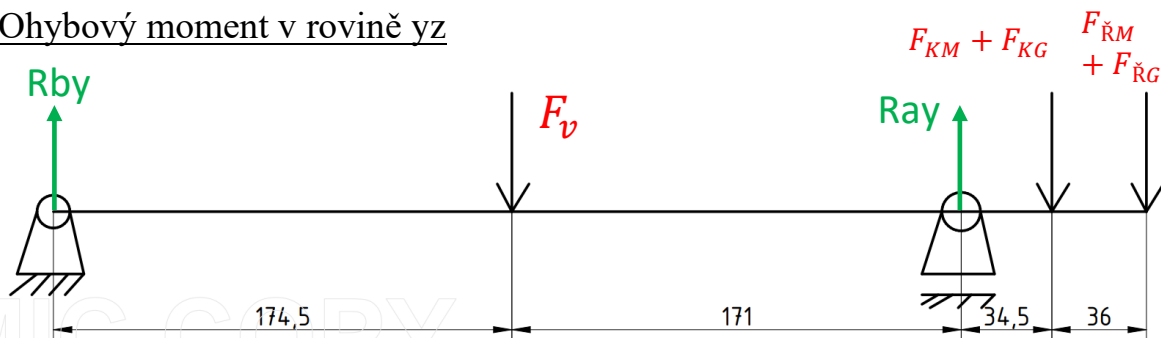
$$F_{KM} = \frac{M_{KIIK}}{r_{IIK}} = \frac{8,507}{\frac{D_{IIK}}{2}} = \frac{8,507}{\frac{0,05}{2}} = 340,3 \text{ N} \quad (23)$$

Další síla, která se k tečným silám přičte, je tíha těles.

$$F_{\check{R}G} = m_{II\check{R}} * g = 1,42 * 9,81 = 13,9 \text{ N} \quad (24)$$

$$F_{KG} = m_{IIK} * g = 2 * 9,81 = 19,6 \text{ N} \quad (25)$$

Ohybový moment v rovině yz



Obrázek 35.: Schéma zatížení na hřídeli yz

Dle schématu můžeme vidět, že ve směru osy z nám nepůsobí žádné síly. Axiální síla, která je vyvolána drticím válcem, je zahrnuta v rovině xz.

Nyní určíme reakční síly v ložiskách. Nejprve sestavíme rovnici rovnováhy sil.

$$Y: \quad R_{by} - F_v + R_{ay} - F_{\check{R}M} - F_{\check{R}G} - F_{KM} - F_{KG} = 0 \quad (26)$$

Dále je třeba sestavit ještě jednu rovnici, která nám zaručuje rovnováhu momentů. Bude třeba si určit kladný směr otáčení, který jsem při výpočtu stanovil jako pravotočivý.

$$M_B: \quad F_v * 174,5 - R_{ay} * 345,5 + (F_{KM} + F_{KG}) * 380 + (F_{\check{R}M} + F_{\check{R}G}) * 416 = 0 \quad (27)$$

Úpravou momentové rovnice dostáváme reakční sílu v ložisku na pravé straně.

$$R_{ay} = \frac{F_v * 174,5 + (F_{KM} + F_{KG}) * 380 + (F_{\check{R}M} + F_{\check{R}G}) * 416}{345,5}$$

$$R_{ay} = \frac{115,6 * 174,5 + (340,3 + 19,6) * 380 + (128,9 + 13,9) * 416}{345,5}$$

$$R_{ay} = 626,2 \text{ N}$$

Následným dosazením do rovnice (26) zjistíme i reakci v ložisku na levé straně.

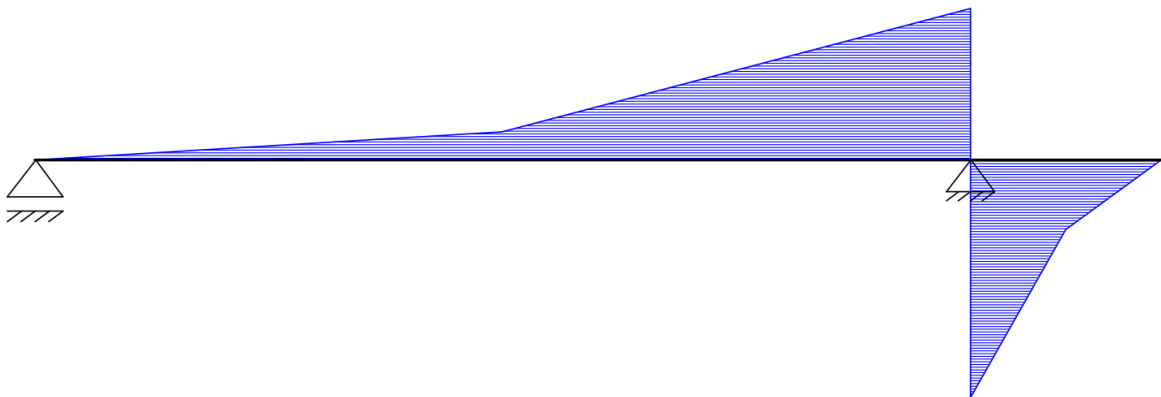
$$R_{by} - F_v + R_{ay} - F_{\check{R}M} - F_{\check{R}G} - F_{KM} - F_{KG} = 0$$

$$R_{by} = F_v - R_{ay} + F_{\check{R}M} + F_{\check{R}G} + F_{KM} + F_{KG}$$

$$R_{by} = 115,6 - 626,2 + 128,9 + 13,9 + 340,3 + 19,6$$

$$R_{by} = -8 \text{ N}$$

Průběh momentu v rovině yz je znázorněn na obrázku (obr. 36). Pro další výpočet bude třeba určit ohybové momenty v kritických místech a maximální ohybový moment. Tato místa se nacházejí v oblasti ložisek a pod válcem.



Obrázek 36.: Průběh momentu na hřídeli v rovině yz

Z průběhu ohybového momentu můžeme vidět, že moment pod levým ložiskem se rovná 0. Hodnota ohybového momentu pod pravým ložiskem je stanovena vztahem 28.

$$M_A = (F_{\check{R}M} + F_{\check{R}G}) * 70,5 + (F_{KM} + F_{KG}) * 34,5$$

(28)

$$M_A = (128,9 + 13,9) * 70,5 + (340,3 + 19,6) * 34,5$$

$$M_A = 22\,484 \text{ Nmm}$$

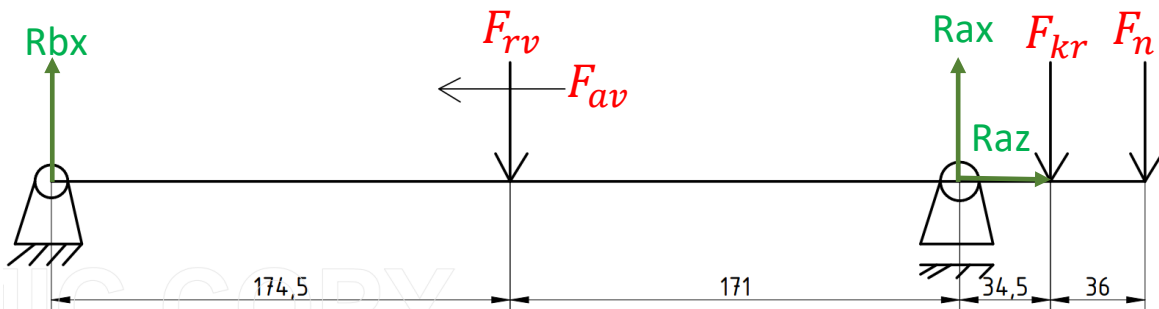
Moment pod válcem se vyjádří takto:

$$M_v = R_{By} * 174,5 - R_{ay} * 171 + (F_{KM} + F_{KG}) * 205,5 + (F_{\dot{R}M} + F_{\dot{R}G}) * 241,5 \quad (29)$$

$$M_v = -8 * 174,5 - 648,8 * 171 + (340,3 + 19,6) * 205,5 + (128,9 + 13,9) * 241,5$$

$$M_v = -3\,895 \text{ Nmm}$$

Ohybový moment v rovině xz



Obrázek 37.: Schéma zatížení na hřídeli xz

V tomto schématu je zahrnuta i axiální síla, která vzniká na válci. Nejprve si budeme muset určit působící síly. Napínací sílu už známe z výpočtu řemenového převodu, dále pak sílu radiální působící na kolo, zmíněnou axiální sílu a sílu radiální na válci.

Z teorie ozubení víme, že radiální síla se spočte jako tečna vynásobená tangentsou zabírajícího úhlu.

$$F_{Kr} = F_{KM} * \tan 20^\circ = 340,3 * \tan 20^\circ = 123,9 \text{ N} \quad (30)$$

Drtící válec je osázen kovovými válečky do šroubovice s úhlem stoupání 10° . Díky tomuto údaji dokážeme spočítat axiální sílu působící na válec.

$$F_{av} = F_v * \tan(\gamma) = 115,6 * \tan(10) = 20,4 \text{ N} \quad (31)$$

Radiální sílu drtícího válce jsem odhadl na 30% tečné síly. Přesný výpočet nebyl proveden z důvodu nestálé geometrie, která je způsobena různými velikostmi jablek a nakrouhaných kousků. V případě stálé geometrie bychom mohli využít analogie se šnekovým soukolím. Přesná radiální síla by se musela stanovit měřením, což by mohlo být předmětem dalšího zkoumání.

$$F_{rv} = F_v \cdot 0,3 = 115,6 \cdot 0,3 = 34,7 \text{ N} \quad (32)$$

Nyní máme hodnoty všech působících sil a můžeme zjistit reakce.

$$\text{X: } R_{bx} - F_{rv} + R_{ax} - F_{Kr} - F_n = 0 \quad (33)$$

$$\text{Z: } R_{az} - F_{av} = 0 \quad (34)$$

$$\text{M}_B: F_{rv} * 174,5 - F_{av} * \frac{Dv}{2} - R_{ax} * 345,5 + F_{Kr} * 380 + F_n * 416 = 0 \quad (35)$$

Úpravou momentové rovnice dostáváme reakční sílu v ložisku na pravé straně.

$$R_{ax} = \frac{F_{rv} * 174,5 - F_{av} * \frac{Dv}{2} + F_{Kr} * 380 + F_n * 416}{345,5}$$

$$R_{ax} = \frac{34,7 * 174,5 - 20,4 * \frac{80}{2} + 123,9 * 380 + 190 * 416}{345,5}$$

$$R_{ax} = 380 \text{ N}$$

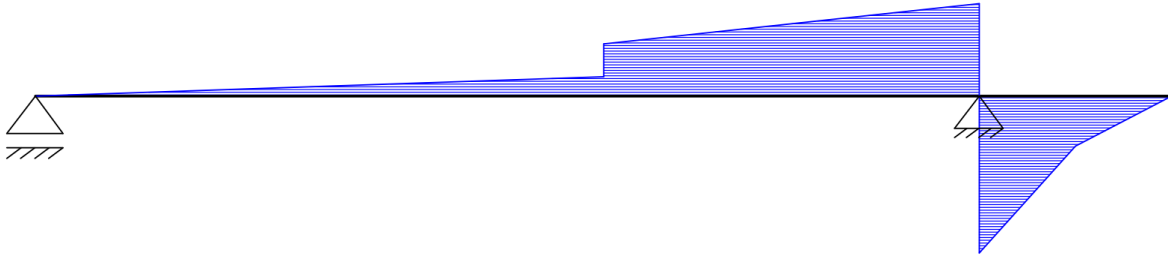
Následným dosazením do rovnice (33) zjistíme i reakci v ložisku na levé straně.

$$R_{bx} = F_{rv} - R_{ax} + F_{Kr} + F_n = 34,7 - 380 + 123,9 + 190 = -31,4 \text{ N}$$

Velikost síly v ose Z vychází přímo z rovnice:

$$R_{az} = F_{av} = 20,4 \text{ N} \quad (36)$$

Průběh momentu v rovině xz je znázorněn na obrázku (obr. 38). Pro další výpočet bude třeba určit ohybové momenty v kritických místech a maximální ohybový moment. Tato místa se nacházejí v oblasti ložisek a pod válcem.



Obrázek 38.: Průběh momentu na hřídeli v rovině xz

Ze schématu můžeme vidět, že moment na levém ložisku se rovná 0. Moment na pravém ložisku opět nulový nebude a jeho hodnota je stanovena rovnicí:

$$M_A = F_n * 70,5 + F_{Kr} * 34,5 = 190 * 70,5 + 123,9 * 34,5 = 17\,670 \text{ Nmm} \quad (37)$$

Moment pod válcem se vyjádří takto:

$$M_v = R_{Bx} * 174,5 - F_{av} * \frac{Dv}{2} - R_{ax} * 171 + F_{Kr} * 205,5 + F_n * 241,5 \quad (38)$$

$$M_v = -31,4 * 174,5 - 20,4 * \frac{80}{2} - 380 * 171 + 123,9 * 205,5 + 190 * 241,5$$

$$M_v = 71,15 \text{ Nmm}$$

Minimální průměr hřídele d

Materiál pro hřídele byla zvolena potravinářská ocel 1.4031 (ČSN 17 024) s dovolenou mezí kluzu $\sigma_K = 490 \text{ MPa}$. Koeficient bezpečnosti pro namáhání hřídele volím $k = 2,5$ a koeficient α volím podle metody Trescovy, tudíž $\alpha = 2$.

$$\sigma_D = \frac{\sigma_K}{k} = \frac{490}{2,5} = 196 \text{ MPa} \quad (39)$$

Dále potřebujeme spočítat redukovaný ohybový moment. Maximální ohybové momenty v obou rovinách vyšly pod pravým ložiskem, tudíž výsledný maximální ohybový moment spočítat jako součet čtverců zmíněných ohybových momentů a krouťícího momentu.

$$M_{Ored} = \sqrt{M_{Omax\ yz}^2 + M_{Omax\ xz}^2 + (\alpha * M_{KII})^2} = \sqrt{22\ 484^2 + 17\ 670^2 + 4 * 8\ 507^2}$$

$$= 33\ 275\ Nmm$$
(40)

Pomocí redukovaného napětí vyjádříme výpočet pro minimální průměr hřídele.

$$\sigma_{Ored} = \frac{M_{Ored}}{W_O} \leq \sigma_D$$
(41)

$$W_O = \frac{\pi * d^3}{32}$$
(42)

Z těchto dvou rovnic vyplývá, že:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{Ored}}{\pi * \sigma_D}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 33\ 275}{\pi * 196}} = 12\ mm$$
(43)

Minimální průměr hřídele je 12 mm. Já jsem si však zvolil nejmenší průměr hřídele 16 mm, jelikož spojení náboje s hřídelí bude provedeno pomocí per, tudíž je třeba počítat se snížením průměru drážkou pro pero.

Kontrola nejmenšího průměru:

$$\frac{M_{Ored}}{W_O} \leq \sigma_D \rightarrow \frac{M_{Ored}}{\frac{\pi * d^3}{32}} \leq \sigma_D \rightarrow \frac{33\ 275}{\frac{\pi * 16^3}{32}} \leq 196 \rightarrow 82,75 \leq 196$$

Nejmenší zvolený průměr vyhovuje pevnostní kontrole.

5.4 Návrh per a kontrola

Pero pod řemenicí

Přenášený moment: $M_{KII} = 8\ 507\ Nmm$

Průměr hřídele: $d = 16\ mm$

Dovolený tlak na otláčení: $p_D = 100\ MPa$

Dovolený napětí: $\tau_D = 50\ MPa$

Výška pera: $h = 5\ mm$

Šířka pera: $b = 5\ mm$

Délka pera:

$$l'_a = \frac{4 \cdot M_{KII}}{d \cdot h \cdot p_D} = \frac{4 \cdot 8\,507}{16 \cdot 5 \cdot 100} = 4,13 \text{ mm}$$

(44)

$$l' = l'_a + b = 4,13 + 5 = 9,13 \text{ mm}$$

(45)

Pero volím délky 16 mm, respektive Pero 5e7x5x16 ČSN 02 2562

Kontrola:

$$p = \frac{2 \cdot M_{KII}}{d \cdot h \cdot l_a} = \frac{2 \cdot 8\,507}{16 \cdot 5 \cdot 11} = 19,3 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

(46)

$$\tau = \frac{M_{KII}}{d \cdot h \cdot l_a} = \frac{8\,507}{16 \cdot 5 \cdot 11} = 9,7 \text{ MPa} < 50 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

(47)

Pero vyhovuje pevnostní podmínce při kontrole na stříh a otláčení.

Pero pod Kolem

Přenášený moment: $M_{KII} = 8\,507 \text{ Nmm}$

Průměr hřídele: $d = 16 \text{ mm}$

Dovolený tlak na otláčení: $p_D = 200 \text{ MPa}$

Dovolený napětí: $\tau_D = 100 \text{ MPa}$

Výška pera: $h = 5 \text{ mm}$

Šířka pera: $b = 5 \text{ mm}$

Délka pera:

$$l'_a = \frac{4 \cdot M_{KII}}{d \cdot h \cdot p_D} = \frac{4 \cdot 8\,507}{16 \cdot 5 \cdot 100} = 4,13 \text{ mm}$$

(48)

$$l' = l'_a + b = 4,13 + 5 = 9,13 \text{ mm}$$

(49)

Pero volím délky 20 mm, respektive Pero 5e7x5x20 ČSN 02 2562

Kontrola:

$$p = \frac{2 \cdot M_{KII}}{d \cdot h \cdot l_a} = \frac{2 \cdot 8\,507}{16 \cdot 5 \cdot 15} = 14,2 \text{ MPa} < 200 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (50)$$

$$\tau = \frac{M_{KII}}{d \cdot h \cdot l_a} = \frac{8\,507}{16 \cdot 5 \cdot 15} = 7,1 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (51)$$

Pero vyhovuje pevnostní podmínce při kontrole na stříh a otláčení.

5.5 Kontrola Ložisek

Na obou hřídelích byla zvolena stojatá ložiska SKF P2BSS 20M-YTPSS, která obsahují kuličkové ložisko SKF YAR 204-2LPW/SS.

Nejprve musíme určit radiální a axiální sílu působící na ložiska. Axiální síla působící na ložisko je rovna axiální síle od válce. Z ohybových momentů můžeme odhadnout, že největší radiální působení bude v ložisku podpory A na hlavní hřídeli, pro kterou jsme provedli výpočet.

$$F_R = \sqrt{R_{ay}^2 + R_{ax}^2} = F_R = \sqrt{626,2^2 + 380^2} = 732,5 \text{ N} \quad (52)$$

Nyní zbývá výpočet únosnosti zvoleného ložiska pro největší zatížení.

$$C = 10\,800 \text{ N}$$

$$C_0 = 6\,550 \text{ N}$$

$$e = 0,22$$

$$X = 1$$

$$Y = 0$$

$$F_{ekv} = V \cdot X \cdot F_R + Y \cdot F_A = 1 \cdot 1 \cdot 732,5 + 0 \cdot 20,4 = 732,5 \text{ N} \quad (53)$$

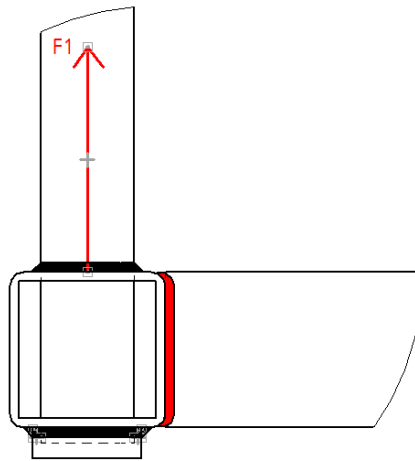
$$Lh = \left(\frac{C}{F_{ekv}}\right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{10\,800}{732,5}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 732,5} = 72\,927 \text{ hod.}$$

(54)

Vzhledem k tomu, že odhadovaná doba drtiče v chodu na jeden rok je zhruba 3 hodiny, je životnost ložisek dostačující.

5.6 Výpočet vybraných svarů rámu

5.6.1 Výpočet svarů spojujících spodní příčný profil se spodními podélnými profily



Obrázek 39.: Schéma svarového spoje

Hydraulický zvedák je schopen vyvinout tíhu 5 tun. Tato síla se rozloží do dvou svislých profilů, tudíž dva svary naznačené na obrázku (obr. 39) jsou zatíženy tíhou 2,5 tuny. V tomto případě se jedná o koutový svar namáhaný na tah, tudíž součinitel svaru $\alpha_{\tau_{||}} = 0,65$.

Materiál dle výrobce je S235JR s mezí pevnosti v tahu $235 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$. Svary jsou navrženy s bezpečností $k = 1,5$.

$$\tau_D = \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{235}{1,5} = 156,7 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

(55)

Dovolené napětí ve svaru.

$$\tau_{D||} = \alpha_{\tau_{||}} \cdot \tau_D = 0,65 \cdot 156,7 = 101,8 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

(56)

Nyní spočteme výšku svaru a napětí ve svaru.

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} * t = \frac{\sqrt{2}}{2} * 3 = 2,12 = 3 \text{ mm}$$

(57)

$$\tau = \frac{F_1}{a * l * n} = \frac{25000}{3 * 50 * 2} = 83,4 \text{ N * mm}^{-2}$$

(58)

Veličina n vyjadřuje počet svarů zatížených silou F_1 .

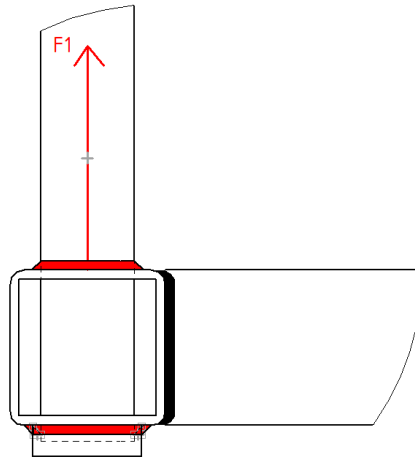
Velikost svaru bude vyhovující, pokud vypočtené napětí ve svaru bude menší než dovolené, viz. vztah 59.

$$\tau \leq \tau_{D\parallel}$$

(59)

$$83,4 \leq 101,8 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.6.2 Výpočet svarů spojujících spodní podélný profil se svislým profilem



Obrázek 40.: Schéma svarového spoje

Dovolené napětí ve svaru.

$$\tau_{D\perp} = \alpha_{\tau\perp} * \tau_D = 0,75 * 156,7 = 117,5 \text{ N * mm}^{-2}$$

(60)

Nyní spočteme napětí ve svaru.

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} * t = \frac{\sqrt{2}}{2} * 3 = 2,12 = 3 \text{ mm}$$

(61)

$$\tau = \frac{F_1}{a * l * n} = \frac{25000}{3 * 30 * 8} = 37,7 \text{ N * mm}^{-2}$$

(62)

Svislý profil je k podélnému přivařen obvodovým koutovým svarem, které jsou dva (obr. 40), proto byl počet svarů n zvolen 8.

Velikost svaru bude vyhovující, pokud vypočtené napětí ve svaru bude menší než dovolené, viz. vztah 63.

$$\tau \leq \tau_{D||}$$

(63)

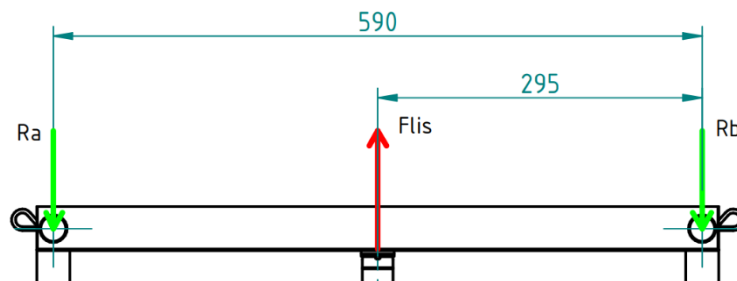
$$37,7 \leq 117,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.7 Návrh horní příčky lisu

Horní příčka se skládá z dutého profilu, na který jsou navařeny dvě desky, s průchozími otvory pro čep a jedna menší deska, která zajišťuje vyztužení stěny profilu pro působení lisovací síly. Konstrukce je vidět na obrázku (obr. 27).

Horní příčku bude třeba zkontrolovat na ohyb a na otláčení v dírách pro čep.

Kontrola na ohyb



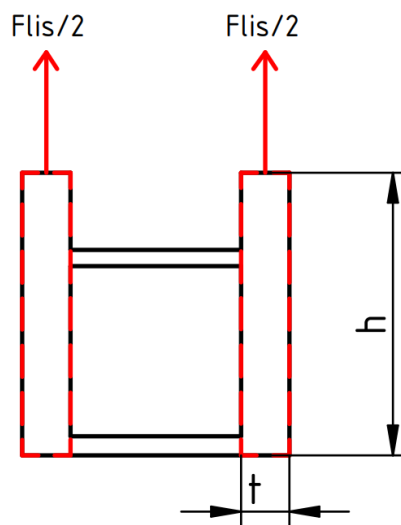
Obrázek 41.: Schéma rozložení sil na příčce

Z obrázku lze snadno vypočítat maximální ohybový moment, který bude uprostřed příčky. Hydraulický zvedák je navržen pro vyvinutí tíhy 5 tun.

$$M_{OMAX} = \frac{F_{tis}}{2} * 295 = \frac{50000}{2} * 295 = 7\,375\,000 \text{ N} * \text{mm}$$

(64)

Kvadratický modul průřezu v ohybu nebyl počítán zcela přesně, ale pomocí zjednodušení. Ohybový oment primárně zachycují boční desky (křídla). Pokud bychom předpokládali rovnoměrné rozložení zatížení mezi tyto desky, mohli bychom jednotný profil, který by byl složitější na výpočet, nahradit dvěma obdélníkovými profily (obr. 42). Zatížení na jednu desku by se tedy rovnalo 25 000 N. Ohybový moment na jednu desku by se rovnal polovině spočteného M_{OMAX} .



Obrázek 42.: Nahrazení profilu příčky

Modul průřezu v ohybu jedné desky je dán vztahem:

$$W_o = \frac{t * h^2}{6}$$

(65)

Napětí v desce je zjištěno rovnicí:

$$\sigma = \frac{\frac{M_{OMAX}}{2}}{W_o}$$

(66)

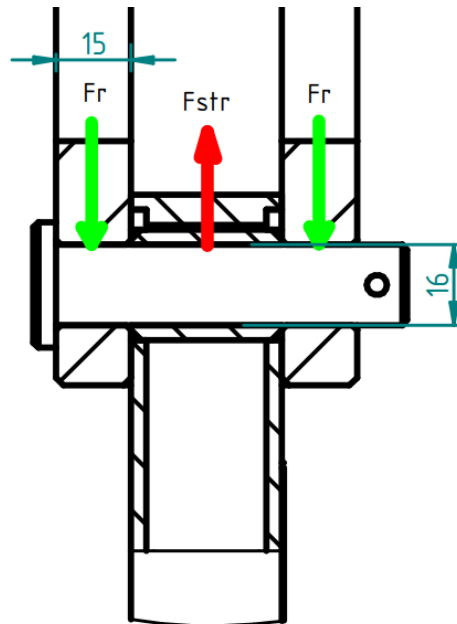
V tabulce níže můžeme vidět, jak se mění maximální napětí v křídlech a bezpečnost v závislosti na změně výšky h .

Tabulka 2.: Tabulka maximálního napětí a bezpečnosti v závislosti na výšce h

výška h [mm]	Šířka t [mm]	W_{oy} modul průřezu v ohybu [mm ³]	σ [N*mm ²]	k
90	15	20250	182,1	1,29
100	15	25000	147,5	1,59
110	15	30250	121,9	1,93
120	15	36000	102,4	2,29

Do konstrukce byla zvolena výška 110 mm s bezpečností 1,93.

Kontrola otláčení



Obrázek 43.: Schéma rozložení sil v kloubu příčky

Síla vyvíjecí otláčení F_{str} je $\frac{F_{lis}}{2}$, jelikož předpokládáme rovnoměrné rozložení do obou svislých profilů. Pro kontrolu otláčení čepu v jedné desce, budou vzorce vypadat takto:

Reakční síla F_r

$$F_r = \frac{F_{str}}{2} = \frac{25000}{2} = 12\,500\,N$$

(67)

Otlačná plocha

$$S_o = 15 * 16 = 240 \text{ mm}^2 \quad (68)$$

Otlačení

$$p = \frac{F_r}{S_o} = \frac{12\,500}{240} = 52,1 \text{ MPa} \quad (69)$$

Maximální otlačení p_D je rovno 100 MPa, tudíž otlačení v tomto místě vyhovuje.

6. Shrnutí finálního návrhu

Byla navržena dvě zařízení. Jedno zařízení slouží k nakrouhání jablek (drtič), jehož funkční část představují drtící válce, které jsou přidělaný ke hřídelům. Krouticí moment z elektromotoru je přenášen na hlavní hřídel pomocí řemenového převodu, který byl navržen na základě zvolených parametrů (viz. kapitola 5.2.1). Přenos krouticího momentu mezi hřídeli je zajištěn ozubenými koly. Hřídele jsou uloženy v kuličkových ložiskách a byly podrobeny kontrolním výpočtům. Zařízení dále disponuje násypkou, která je svařovaná a napínacím ústrojím k vyvinutí napínací síly pro spolehlivý přenos krouticího momentu řemenovým převodem. Celky jsou přichyceny na rámu šroubovými spoji.

Druhé zařízení slouží k získání jablečného moštu (lis). Byl zvolen hydraulický pohon pomocí panenky (hydraulický zvedák). Panenka je umístěna nad lisovacím válcem, který je tvořen dřevěnými příčkami, které jsou přichyceny k plechovým pásům. Rameno panenky se při lisování vysouvá a tlačí na horní příčku, která není s rámem trvale spojena, ale je přimontovaná pomocí čepů a pružných závlaček. Příčka byla podrobena pevnostní kontrole. Podstava panenky je umístěná na desce, která se posouvá směrem dolů a stlačuje drť uvnitř válce, čímž dojde k uvolňování šťávy z dužiny, tj. produkci jablečného moštu. Vybrané svary rámu byly podrobeny pevnostní kontrole.

7. Závěr

Cílem této práce byl návrh zařízení drtiče a lisu pro získání jablečné šťávy, respektive moštu. Vlastnímu návrhu předcházela rešeršní činnost, při které jsem se zaměřil především na konstrukci drtičů a lisů dostupných na trhu, včetně jejich funkce.

Na základě podkladů z první části práce a výpočtů v praktické části práce jsem posléze vytvořil vlastní návrh a vypracoval 3D model obou zařízení. Sestavil konstrukčně-technický popis všech částí zařízení. Z modelů vychází sestavné výkresy i s kusovníky. Dále jsem vytvořil výrobní výkres hlavního hřídele a sestavný výkres rámu lisu včetně příslušnému kusovníku. Všechny výkresy jsou uvedeny v příloze práce, viz. seznam příloh.

Na základě zmíněných výpočtů, byly navrženy součásti zařízení. Vybrané součásti byly podrobeny kontrolním výpočtům. Veškeré kontrolované součásti vyhovují zvoleným požadavkům.

Všechny předem stanovené cíle této bakalářské práce byly splněny.

8. Seznam použité literatury

- [1] HANOUSEK, Miloš. *Domácí výroba moštů*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-6076-6.
- [2] Mošt vs. džus aneb tři rozdíly, které se vyplatí znát – Tojesenzace.cz. [online]. Copyright © 2022 [cit. 26.06.2022]. Dostupné z: <https://tojesenzace.cz/2020/01/16/most-vs-dzus-aneb-tri-rozdily-ktere-se-vyplati-znat/>
- [3] Rozdíly mezi jablečným a ovocným džusem (Jídlo) | Rozdíl mezi podobnými objekty a pojmy.. *Rozdíl mezi podobnými objekty a pojmy*. [online]. Dostupné z: <https://cs.sawakinome.com/articles/food/differences-between-cider-and-juice-3.html>
- [4] Drtiče na ovoce. *Domů* [online]. Dostupné z: <https://www.tip-pv.cz/seznam-produktu/drtice-na-ovoce>
- [5] Set - Drtič a lis na ovoce + rouška (7+12L) | Chata24.cz. *Chata24.cz* [online]. Copyright © 2000 [cit. 26.06.2022]. Dostupné z: <https://chata24.cz/set-drtic-a-lis-na-ovoce-rouska-7-12l/>
- [6] Drtič na ovoce, 7L|Brufus.cz *Brufus.cz* [online]. Copyright © 2000 [cit. 26.06.2022]. Dostupné z: [Drtič na ovoce, nerez, 7L, J.A.D Tools - Struhadla, řezačky a drtiče | BRUFUS s.r.o.](#)
- [7] *SV servisní půjčovna / Produkty* [online]. Copyright © [cit. 26.06.2022]. Dostupné z: https://sv-pujcovna.cz/wp-content/uploads/2017/03/Navod_FRUIT_2011_cesky-drti%C4%8D.pdf
- [8] Drtič na ovoce elektrický DE 30L | mostovace.cz. *Moštovače, lisy a drtiče ovoce | Mostovace.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.mostovace.cz/drtic-na-ovoce-elektricky-de-30l>
- [9] Lis na ovoce 20 l. *Úvod* [online]. Dostupné z: <https://www.zelezarstvitichy.cz/p/1178/lis-na-ovoce-20-l>
- [10] Fruit SHARK - drtič ovoce - model 2021 VARES Mnichovice a.s.. *VARES MNICHOVICE- zahradní technika, komunální technika a gastrotechnika VARES Mnichovice a.s.* [online]. Dostupné z: <http://www.vares.cz/product/fruit-shark-drtic-ovoce-model-2021-117/>

[22] KŘÍŽÍK, Rudolf. *Stavba a provoz strojů II: Převody*. Praha: SNTL, 1978. ISBN 04-223-78.

[23] ŘASA, Jaroslav a Josef Švercl ŠVERCL. *Strojnické tabulky 1*. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-7183-312-6.

[24] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky 2*. Praha: Scientia, 2007. ISBN 80-7183-312-6.

9. Seznam obrázků

Obrázek 1.: Drtič na ovoce.....	1
Obrázek 2.: Lis na ovoce.....	1
Obrázek 3.: Výtěžnost moštu z drtě.....	4
Obrázek 4.: Válce s hroty.....	4
Obrázek 5.: Schéma drtiče na ovoce SHARK Fruit.....	5
Obrázek 6.: Válcový drtič s jedním válcem.....	5
Obrázek 7.: Odlévané válce.....	6
Obrázek 8.: Shark Fruit.....	8
Obrázek 9.: Šlapostroj.....	9
Obrázek 10.: Drtící mechanismus šlapostroje.....	9
Obrázek 11.: Lis na ovoce 18l.....	11
Obrázek 12.: Buben s vertikálními drážkováním.....	12
Obrázek 13.: Buben s kruhovými otvory.....	12
Obrázek 14.: Šroubový lis s posuvnou maticí.....	13
Obrázek 15.: Šroubový lis s posuvným šroubem.....	14
Obrázek 16.: Lis s hydraulickým zvedákem a posuvnou deskou.....	15
Obrázek 17.: Lis s hydraulickým zvedákem s posuvným bubnem.....	16
Obrázek 18.: Grafické znázornění průměrné výtěžnosti ovoce na jeden strom v Jihomoravském kraji.....	17
Obrázek 20.: Řemenice Taper Lock drtiče.....	18
Obrázek 21.: Příčný řez uložením Taper Lock.....	19
Obrázek 21.: Příčný řez uložením.....	20
Obrázek 22.: Znázornění násypky.....	21
Obrázek 23.: Rám s popisem součástí.....	23

Obrázek 24.: Navařený příčný profil.....	24
Obrázek 25.: Navařené pouzdro.....	24
Obrázek 26.: Kompletní sestava navrženého lisu.....	25
Obrázek 27.: Horní příčka.....	25
Obrázek 28.: Buben Lisu.....	26
Obrázek 29.: Deska pro odtok moštu.....	27
Obrázek 30.: Schéma drtícího válce.....	28
Obrázek 31.: Diagram pro určení typu úzkého řemene.....	29
Obrázek 32.: Geometrie řemenového převodu.....	31
Obrázek 33.: Schéma přesného řešení.....	33
Obrázek 34.: Schéma zjednodušeného řešení.....	34
Obrázek 35.: Schéma zatížení na hřídeli yz.....	35
Obrázek 36.: Průběh momentu na hřídeli v rovině yz.....	36
Obrázek 37.: Schéma zatížení na hřídeli xz.....	37
Obrázek 38.: Průběh momentu na hřídeli v rovině xz.....	39
Obrázek 39.: Schéma svarového spoje.....	43
Obrázek 40.: Schéma svarového spoje.....	44
Obrázek 41.: Schéma rozložení sil na příčce.....	45
Obrázek 42.: Nahrazení profilu příčky.....	46
Obrázek 43.: Schéma rozložení sil v kloubu příčky.....	47



10. Seznam tabulek

Tabulka 1.: Rozměry kol.....33

Tabulka 2.: Tabulka maximálního napětí a bezpečnosti v závislosti na výšce h.....47

11. Seznam zkratek

p	[MPa]	tlak pro porušení celistvosti jablka
A	[mm ²]	aktivní plocha drtícího válečku
ω	[rad*s ⁻¹]	úhlová rychlost hlavního hřídele
n	[ot*s ⁻¹]	otáčky hlavního hřídele
n_m	[ot*s ⁻¹]	otáčky motoru
Ψ	[-]	součinitel skluzu
α	[°]	pomocný úhel
P	[W]	výkon motoru
$M_{KIŘ}$	[N*mm]	kroučící moment malé řemenice
$M_{KIIŘ}$	[N*mm]	kroučící moment malé řemenice
$F_{ŘM}$	[N]	obvodová síla na velké řemenici
F_{KM}	[N]	obvodová síla ozubeného kola
$F_{ŘG}$	[N]	tíha velké řemenice
F_{KG}	[N]	tíha ozubeného kola
γ	[°]	úhel stoupání
σ_D	[N*mm ²]	dovolené napětí
W_O	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
l'_a	[mm]	návrhová funkční délka pera
l'	[mm]	návrhová délka pera
l_a	[mm]	funkční délka pera
F_R	[N]	radiální síla v ložisku
F_A	[N]	axiální síla v ložisku
C	[N]	základní dynamická únosnost
C_0	[N]	základní statická únosnost
e	[-]	poměrový parametr valivých ložisek
X	[-]	součinitel radiálního zatížení
Y	[-]	součinitel axiálního zatížení
V	[-]	valivý součinitel
F_{ekv}	[-]	ekvivalentní zatížení ložiska
Lh	[hod.]	trvanlivost ložiska
σ_{kt}	[N*mm ²]	mez pevnosti v tahu
$\alpha_{\tau_{ }}$	[-]	korekční součinitel koutového svaru



a	[mm]	výška svaru
τ	[N*mm ²]	napětí ve svaru
$\alpha_{\tau\perp}$	[-]	korekční součinitel koutového svaru
F_{lis}	[N]	maximální síly vyvinutá hydraulickým zvedákem
F_{str}	[N]	síla způsobující otláčení

12. Seznam příloh

Sestavný výkres drtiče:	BP – 2022 - 1
Sestavný výkres lisu:	BP – 2022 - 2
Sestavný výkres rámu lisu:	BP – 2022 - 3
Výrobní výkres hlavního hřídele:	BP – 2022 - 4
Kusovník drtiče:	BP – 2022 - 11
Kusovník lisu:	BP – 2022 - 22
Kusovník rámu lisu:	BP – 2022 – 33
Modelace řemenového převodu:	modelace_remen_preved_Hosna