

Inovace mechanismu jednocení semen pro řádkové setí

Diplomová práce

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Inovační inženýrství

Autor práce:

Bc. Hubert Odstrčilík

Vedoucí práce:

doc. Ing. Michal Petrů, Ph.D.

Katedra částí a mechanismů strojů





Zadání diplomové práce

Inovace mechanismu jednocení semen pro řádkové setí

Jméno a příjmení: **Bc. Hubert Odstrčilík**
Osobní číslo: S19000217
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Inovační inženýrství
Zadávající katedra: Katedra částí a mechanismů strojů
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukci inovovaného mechanismu pro jednocení semen pro řádkový výsev. Mechanismus jednocení je dávkovač, který bude spojen se standardním provedením transportu semen pro řádkové setí např. s roztečemi řádků 12,5 cm, 15,0 cm, 16,5 cm a více. Konstrukce mechanismu musí splňovat požadavky dané geometrií semen a rychlostí jednocení. Konstrukční návrh musí splňovat následující parametry:

- Maximální zástavbové rozměry mechanismu mohou být až: 1500x1000x1000 mm (ŠxHxV).
- Mechanismus musí být schopný jednotit semena s frekvencí dávkování min. 40 semen/s
- Mechanismus jednocení je spojen se zásobníkem na osivo a systémem transportu semen.
- Mechanismus jednocení semen bude pracovat v taktu pro maximální pracovní rychlost stroje 15 km/h.
- Mechanismus bude navržen tak, že bude schopen být využit pro kulovitá semena, případně i pro nekulovitá.

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s dosavadním stavem řešení konstrukčních systémů pro jednocení semen pro řádkový výsev ve vztahu k tématu práce a tento stav popište.
2. Provedte průzkum potenciálních řešení, včetně patentové rešerše.
3. Navrhněte min. tři koncepty možných řešení odstraňující zjištěné nedostatky, při zachování daných prostorových dispozic. Navržené varianty objektivně zhodnoťte a proveďte výběr nejlepší varianty metodou AHP.
4. Vybraný koncept optimalizujte z hlediska inovačních metod DFX, FMEA a dalších metod v oblasti předvýrobních etap. Využijte 40 invenčních principů pro řešení inovačního projektu.
5. Provedte detailní konstrukci vybrané varianty a pevnostní výpočty vybraných dílů (3D sestava, výkresová dokumentace)
6. Ekonomické zhodnocení
7. Závěrečné zhodnocení

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

přílohy dle potřeby
50
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- [1] PEŠÍK, L. Části strojů. 1. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-573-0
- [2] PEŠÍK, L. Části strojů. 2. díl. Liberec: Technická univerzita 2005. ISBN 978-80-7372-574-7
- [3] MAŠÍN I. a P. JIRMAN. Metody systematické kreativity. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2012. ISBN 978-80-7372-853-3
- [4] MAŠÍN I., PETRŮ, M., NOVÁK, O. Metody inovačního inženýrství na mikro-úrovni , Technická univerzita v Liberci v Liberci 2015, str.270, ISBN 978-80-7494-187-0
- [5] MAŠÍN I. a L. ŠEVČÍK. Metody inovačního inženýrství: Inovace, plánování a navrhování výrobku. Vyd. 1. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006. ISBN 80-903533-0-4
- [6] MAŠÍN, I. Inovační inženýrství – Plánování a návrh inovovaného výrobku. 1. vydání. Liberec: TUL, 2012. 168s. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [7] PETRŮ, M., NOVÁK, O., LEPŠÍK, P., VOSAHLA, J. Modelování textilních útvarů I – příklady pro cvičení , TU v Liberci, str.190, ISBN 978-80-7494-181-8
- [8] LEINVEBER, J. a P. VÁVRA. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4
- [9] Databáze knihovny TUL

Vedoucí práce:

doc. Ing. Michal Petrů, Ph.D.
Katedra částí a mechanismů strojů

Datum zadání práce:

25. listopadu 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

25. května 2022

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

L.S.

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

26. května 2021

Bc. Hubert Odstrčilík

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Michalovi Petřu, Ph.D., za poskytnuté cenné rady, trpělivost a ochotu při tvorbě této práce. Mé poděkování také patří Ing. Josefu Vosáhlovi za pomoc při simulaci proudění vzduchu.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá inovací mechanismu pro jednocení semen pro řádkové setí. Navrhnuté zařízení musí splňovat parametry, které jsou vytyčeny v zadání práce. První část práce obsahuje rešerši, ve které je popsáno setí, jednotlivé části secích strojů a jejich současný stav. Dále jsou pomocí metod inovačního inženýrství navrženy koncepty, ze kterých je vybrán nejvhodnější. Součástí práce je detailní konstrukce tohoto konceptu, při které je brán zřetel na ekonomické zhodnocení technického systému, výpočtová zpráva a vybrané výkresy.

Klíčová slova:

secí stroj, výsevní mechanismus, inovační inženýrství, koncepty, AHP, detailní konstrukce, výpočtová zpráva, ekonomické zhodnocení

Abstract

The diploma thesis deals with an innovation of mechanism for unification of seeds for row seeding. The device that has been designed must meet the parameters that had been described in the instructions. The first part of the thesis includes a literature review, in which the sowing process, individual parts of seed drills and their state are being described. Then, the concepts are designed via the methods of innovative engineering. From these concepts the most suitable one is chosen. Besides, the thesis consists of a detailed construction of the chosen concept, that takes into account the economic evaluation of the technical system, a calculation report and selected drawings.

Key words:

seed drill, sowing mechanism, innovative engineering, concepts, AHP, detailed construction, calculation report, economic evaluation

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 10 |
| 2 | Cíle práce | 10 |
| 3 | Rešerše | 11 |
| 3.1 | Setí..... | 11 |
| 3.2 | Secí stroje | 13 |
| 3.2.1 | Vlastnosti osiva..... | 13 |
| 3.3 | Části secího stroje | 14 |
| 3.3.1 | Výsevní mechanismy pro nepravidelný řádkový výsev | 14 |
| 3.3.2 | Výsevní mechanismy pro přesné řádkové setí..... | 17 |
| 3.3.3 | Secí botky | 19 |
| 3.3.4 | Ostatní části secího stroje | 21 |
| 3.3.5 | Práce se stroji pro řádkový výsev | 22 |
| 3.3.6 | Popis secích strojů pro řádkový výsev..... | 23 |
| 4 | Průzkum trhu..... | 24 |
| 4.1 | Väderstad modelová řada TEMPO | 24 |
| 4.2 | Amazone – přesné secí stroje EDX a ED..... | 26 |
| 4.3 | Bednar – OMEGA OO_L secí stroj | 27 |
| 4.4 | Shrnutí | 28 |
| 5 | Patentový průzkum | 29 |
| 5.1 | Výsledky patentového průzkumu..... | 29 |
| 6 | Generování konceptů | 31 |
| 6.1 | Koncept K1 | 31 |
| 6.2 | Koncept K2 | 33 |
| 6.3 | Koncept K3 | 35 |
| 6.4 | Koncept K4 | 36 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.5 | Koncept K5 | 37 |
| 7 | Výběr konceptu | 38 |
| 8 | Návrh konstrukce | 43 |
| 9 | Optimalizace a přezkoumání prvotního návrhu | 45 |
| 9.1 | Desing for X (DFX) | 45 |
| 9.1.1 | Desing for assembly (DFA) | 45 |
| 9.1.2 | Desing for Manufacture (DFM) | 47 |
| 9.2 | Metoda FMEA-K | 48 |
| 10 | Výpočtová zpráva | 50 |
| 10.1 | Návrh elektromotoru | 50 |
| 10.2 | Návrh drážkování | 51 |
| 10.3 | Kontrola hřídele | 52 |
| 10.4 | Výpočet proudění vzduchu | 55 |
| 11 | Detailní popis finálního konstrukčního návrhu | 57 |
| 11.1 | Ustanovení výsevního mechanismu do secího stroje | 61 |
| 12 | Ekonomické zhodnocení | 62 |
| 13 | Závěr | 64 |
| | Použitá literatura | 66 |
| | Seznam obrázků | 68 |
| | Seznam tabulek | 70 |
| | Seznam příloh | 70 |

Seznam zkratek:

| | | |
|------------------|---|-------------------------------------|
| AHP | Analytic Hierarchy Process | |
| d | průměr otvoru hřídele | [mm] |
| D | velký průměr hřídele | [mm] |
| d ₁ | malý průměr drážkování | [mm] |
| d ₂ | velký průměr drážkování | [mm] |
| DFA | Desing for Assembly | |
| DFD | Desing for Disassembly | |
| DFE | Desing for Environment | |
| DFM | Desing for Manufacture | |
| DFMT | Desing for Maintainability | |
| DFP | Desing for Packing | |
| DFX | Desing for X | |
| f | součinitel tření | [-] |
| f' | účinná plocha drážek na jednotku délky náboje | [mm] |
| FMEA | Failure Mode and Effects Analysis | |
| J _y | moment setrvačnosti rotující části | [kg * m ²] |
| k | součinitel bezpečnosti | [-] |
| l | délka drážkování | [mm] |
| M _k | točivý moment | [N*m] |
| n _k | počet otáček výsevního kotouče | [ot*min ⁻¹] |
| p | tlak | [MPa] |
| p _d | dovolený tlak | [MPa] |
| PTFE | polytetrafluorethylen | |
| r | rádius | [mm] |
| R _e | mez kluzu | [MPa] |
| t | čas | [s] |
| v _{vz} | počáteční rychlost vzduchu | [m * s ⁻¹] |
| W _k | průřezový modul v krutu | [m ³] |
| α | součinitel tvaru | [-] |
| γ _{vz} | kinematická viskozita vzduchu | [m ² * s ⁻¹] |
| ε | úhlové zrychlení | [rad * s ⁻²] |
| ρ _{vz} | hustota vzduchu | [kg * m ⁻³] |
| τ _k | jmenovité napětí | [MPa] |
| τ _{max} | maximální napětí | [MPa] |

1 Úvod

Růst světové populace klade vysoké nároky na životně důležitý zemědělský průmysl, který se zabývá tvorbou produktů získaných pomocí pěstování rostlin a chovu hospodářských zvířat. Z tohoto důvodu existují specialisté, kteří se snaží pomocí nasbíraných zkušeností a různých analýz zvyšovat výnosy. Tohoto cíle se často dosahuje prostřednictvím zemědělské techniky. Strojní zařízení se v tomto oboru stále inovují, aby bylo možné uspokojit zvyšující se nároky. Odborníci z technického a zemědělského průmyslu spolupracují, aby došli k optimálnímu řešení zemědělských strojů, kterými by bylo možné dosáhnout určeného cíle.

Jedním z těchto zařízení jsou sečí stroje, od kterých se vyžaduje čím dál větší rychlost setí při zachování nebo zlepšení ostatních parametrů jako jsou například přesnost ukládání semen do půdy, univerzálnost a pořizovací cena. Stroje musí být čím dál rychlejší, aby bylo možné dodržet agronomické lhůty, a to s co nejmenší velikostí vozového parku zemědělského podniku. Nedodržení časové lhůty pro daný úkon na zemědělské půdě může způsobit nižší výnosy plodin, což zapříčiní nemalou finanční ztrátu.

2 Cíle práce

Cílem diplomové práce je navrhnout pomocí metod inovačního inženýrství mechanismus pro jednocení semen, který se využívá u řádkového výsevu. Takovéto zařízení se také často nazývá výsevním nebo dávkovacím mechanismem. Veškeré parametry jsou uvedené v zadání diplomové práce. Mezi nejdůležitější se řadí frekvence dávkování, která byla stanovena na minimální hodnotu $40 \frac{\text{semen}}{s}$, a maximální zástavbové rozměry 1500x1000x1000, jejichž hodnoty jsou uvedené v milimetrech. Mezi další zásadní informaci se také řadí to, pro jaký typy semen bude výsevní mechanismus koncipován. Jedná se o kulovitá semena, případně nekulovitá. Při tvorbě se musí postupovat podle zásad pro vypracování, abychom se dostali ke správnému výstupu. Ty zahrnují zpracování rešerše, navrhnutí minimálně tří konceptů a jejich vyhodnocení, vytvoření detailní konstrukce s výpočty, vykalkulování výrobní ceny navrženého zařízení a závěrečné zhodnocení.

3 Rešerše

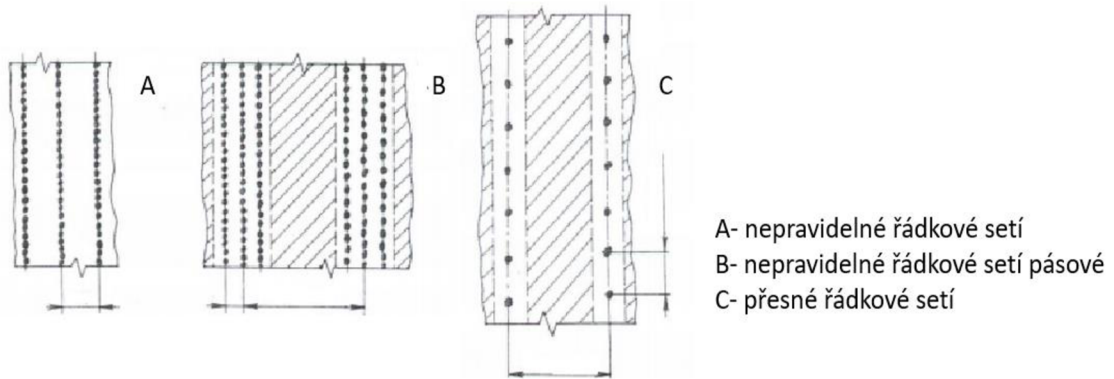
3.1 Setí

Důležitou fází pěstování rostlin je setí. Hloubka setí závisí na druhu vysévané plodiny a na typu zemědělské půdy. Zpravidla se pohybuje od 1 do 10 cm s tím, že velká semena se sejí hlouběji než ta malá. Způsoby setí se dají rozdělit do několika skupin. Zvolený druh setí je závislý především na typu vysévané plodiny, a to zejména kvůli rozdílným požadavkům, které zaručují prosperitu rostlin. Text byl zpracován podle literatur [1] a [2].

- 1) **Řádkové setí** – jedná se o hojně využívaný způsob, který zajistí přesnou rozteč mezi řádky. Rozděluje se na dva typy:
 - a) Nepravidelné řádkové setí – osivo je umístováno do řádků s přesně danou roztečí. Snaha je dodržovat rovnoměrnost rozložení semen v řádku. Tento typ setí se využívá pro setí obilovin, luskovin, olejnin atd. Dále se uvedený způsob dělí podle rozteče řádků na:
 - úzkořádkové
 - se střední roztečí
 - širokořádkové
 - pásové
 - b) Přesné řádkové setí – tento způsob setí se používá především u plodin jako jsou kukuřice, slunečnice a řepa. Semena se rozmisťují do zemědělské půdy podle určitých pravidel, která předepisují přesnou rozteč mezi řádky a vzdálenost mezi semeny. Pravidla umožňují velkou měrou ovlivnit kvalitu setých rostlin a tím i zvýšit výnos. Výhodou je úspora semen, což má za důsledek i snížení nákladů na zasetí. Používané stroje se nazývají přesné secí stroje. Stroje musí pracovat spolehlivě a přesně. Pro kvalitní porost je důležité eliminovat možné chyby, které by mohly nastat vlivem nevložení semena do půdy, nebo naopak vložení více semen na jedno místo. Nevložení semena má za následek vytvoření „mrtvých“ úseků na poli a vložení více semen způsobí budoucí konkurenci vzcházejících rostlin. Pokud si rostliny konkurují, nastává jejich nevyvinutí.

2) Setí není uskutečněno do řádku

- a) setí na široko
- b) křížové setí
- c) čtvercové hnízdivé setí



obr. 3.1 Řádkové setí [2].

Při přípravě půdy je snaha dospět k minimalizaci zpracování půdy s cílem snížení nákladů na osetí, což je propojeno s menší spotřebou paliva a snížením časové náročnosti. Proces může mít pozitivní i negativní účinky na půdu a pěstovanou plodinu, proto zemědělci musí určit optimální způsob zpracování půdy pro dosažení dostatečného výnosu. Technici musí poskytnout stroje, které budou zemědělské požadavky splňovat [3].

Způsoby minimalizace:

- a) systémy s orbou
 - snížení hloubky orby
 - sloučení pracovních operací předset'ové přípravy
- b) systémy bez orby
 - náhrada orby kypřením
 - setí do pásově zpracované půdy
 - setí do nezpracované půdy

obr. 3.2 Způsoby minimalizace [3].

3.2 Secí stroje

Na secí stroje jsou kladeny vysoké požadavky, protože je potřeba zajistit co nejvyšší výkonnost těchto strojů. K tomu přispívá zvětšování pracovních záběrů, zvyšování rychlosti setí a snadná práce se stroji, která zaručuje snížení prostojů. Vysoká výkonnost stroje by neměla smysl bez kvalitně založeného porostu. Semena musí být uložena ve stejné hloubce a podle typu výsevu správně rozprostřena. Řádkové setí lze popsat těmito kroky:

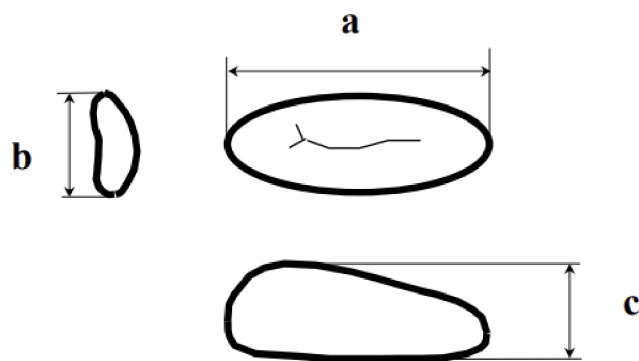
- Vytvoření seťového lože (brázda pro semeno)
- Vložení semena
- Zahnutí a případné utužení

3.2.1 Vlastnosti osiva

Pro správnou funkci secích strojů jsou důležité vlastnosti osiva, které se promítají do konstrukce secích strojů. Mezi tyto vlastnosti patří:

- 1) **Velikost semen** – ta ovlivňuje, jaký výsevní mechanismus se použije. Je vhodné, aby semena byla všechny přibližně stejně velká. Toho můžeme dosáhnout tříděním do různých rozměrových kategorií, což umožní přizpůsobení hlavních částí výsevního mechanismu. Na tuto skutečnost se musí hledět především u přesného řádkového setí.
- 2) **Tvar semen** – ten je velice spjat s jejich velikostí. Je dán poměrem základních rozměrů (viz obr. 3.3). Nejlépe se vysévají plodiny s kulovitým tvarem semen a hladkým povrchem, což je důležité především pro přesné řádkové setí, proto jsou některé druhy semen upravované například obalováním do požadovaného tvaru. Na obalovou hmotu jsou kladeny požadavky snadné formovatelnosti, dostačující pevnosti a oteřuvzdornosti. Zároveň se musí vlivem půdní vlhkosti snadno rozpustit.
- 3) **Hmotnost semen**
- 4) **Sypkost semen**

Text byl zpracován podle literatury [1] a [2].



obr. 3.3 Základní rozměry semen [2].

3.3 Části secího stroje

Stroje pro řádkové setí zpravidla skládají z těchto částí:

- rám
- zásobník osiva
- secí botky
- výsevní mechanismus/mechanismy – existuje několik druhů výsevních mechanismů pro daný typ setí
- semenovody – u přesných řádkových secích strojů se často nepoužívá
- zavlačovače, utužovací kolečka...
- příslušenství – je rozdílné podle typu stroje

3.3.1 Výsevní mechanismy pro nepravidelný řádkový výsev

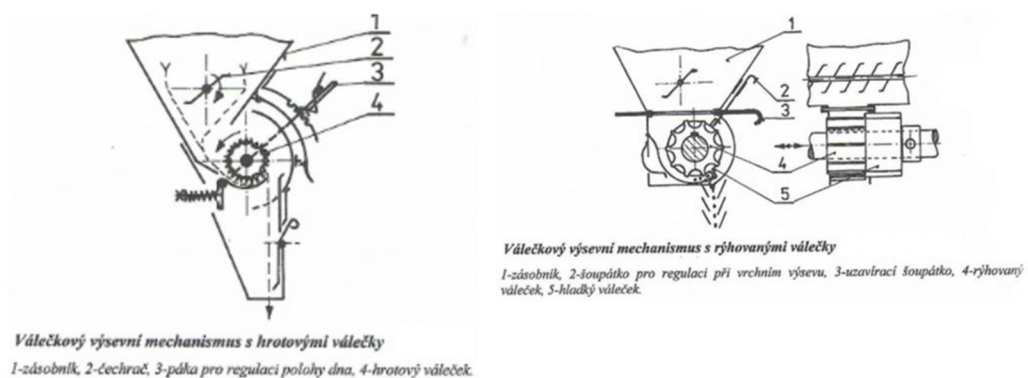
Rozlišují se na individuální výsevní mechanismy, které jsou připojeny k jednomu až dvěma semenovodům, a centrální, ve kterých existuje jeden mechanismus pro všechny semenovody [1].

i. Individuální výsevní mechanismy

Hlavním zástupcem této skupiny jsou válečkové výsevní mechanismy. K přenosu osiva ze zásobníku do semenovodu slouží válečky, kterých existuje několik typů, např. hrotové, rýhované a hladké. Mezi nepoužívanější se řadí **výsevní mechanismus s hrotovými válečky**, který bude popsán jako první. [1].

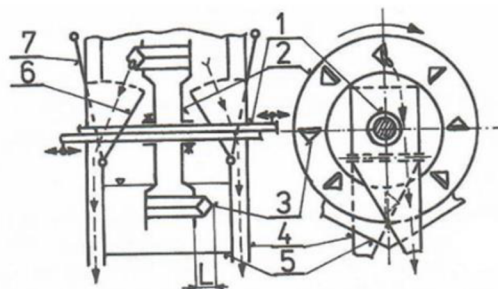
Otáčivým pohybem hrotový váleček přemístí osivo ze zásobníku do semenovodu. Pod válečkem se nachází odpružené dno, které je zahrnuto do konstrukce kvůli možnému vniknutí většího tělesa, než je semeno. Tělesu je umožněno projít do semenovodu. V tomto případě se používá pouze spodní výsev. Váleček lze vyměnit za jiný, podle vysévané plodiny, případně jsou dostupné varianty, kdy je váleček rozdělen na jednotlivé části a podle způsobu vložení do výsevního mechanismu pracuje pouze požadovaný úsek. Výsevek je určen počtem otáček zmíněné komponenty [1].

Rýhované válečky umožňují vyhrnování spodem, což se uplatňuje u setí obilovin, a vyhrnování vrchem, které se využívá pro setí větších semen než v předchozím případě. Často je rýhovaný váleček kombinovaný s hladkým. Z toho vyplývá, že množství vysévané plodiny se dá měnit dvěma způsoby, buď změnou otáček válečku, nebo délkou vyložení rýhovaného válečku. Hladké válečky najdou uplatnění u práce s malými semeny, například makovými [1].



obr. 3.4 Válečkové výsevní mechanismy pro nepravidelný řádkový výsev [1].

Dalším zástupcem individuálních výsevních mechanismů je **lžičkový výsevní mechanismus pro výsev obilovin**. V tomto mechanismu jsou dva rotující kotouče, ke kterým jsou střídavě přidělané lžičky. Jednotlivé kotouče jsou umístěny na příslušné části děleného hřídele, který umožňuje vzájemný posuv, čímž se zajistí nastavení vyložení lžičky (viz obr. 3.5). Z uvedeného popisu je patrné, že uvedený mechanismus slouží k dávkování do dvou semenovodů a při naklonění např. ve svahu bude snížena rovnoměrnost osiva v řádku [1].



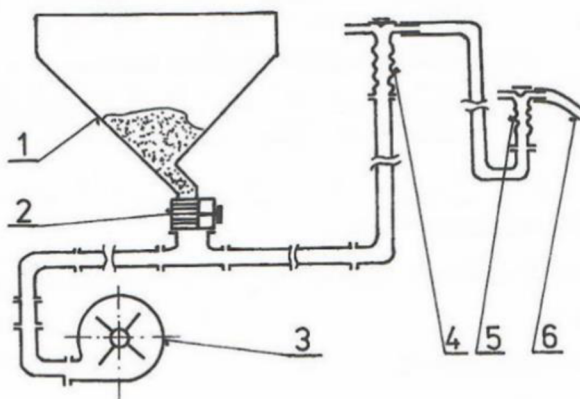
Lžičkový výsevní mechanismus pro výsev obilovin

1-dělený hřídel, 2-kotouček se lžičkami, 3-lžičky, 4-semenovod, 5-dno nabíracího prostoru, 6-sklonný zlábek, 7-páka na přestavení zlábku, tj. vyřazení výsevního mechanismu, L-pracovní část lžičky.

obr. 3.5 Lžičkový výsevní mechanismus pro výsev obilovin [1].

ii. Centrální výsevní mechanismy

Centrální výsevní mechanismy jsou vhodné především pro stroje s velkým záběrem. Využívá se hlavně **pneumatický výsevní mechanismus přetlakový**. V tomto případě dávkovací mechanismus dopraví semena do potrubí, kde jsou pomocí vzduchu, který je vytvořen ventilátorem, unášena do rozdělovače. Za prvním rozdělovačem mohou být připojeny na jednotlivých cestách další rozdělovače, čímž se zvýší počet semenovodů a tím i velikost záběru [1].



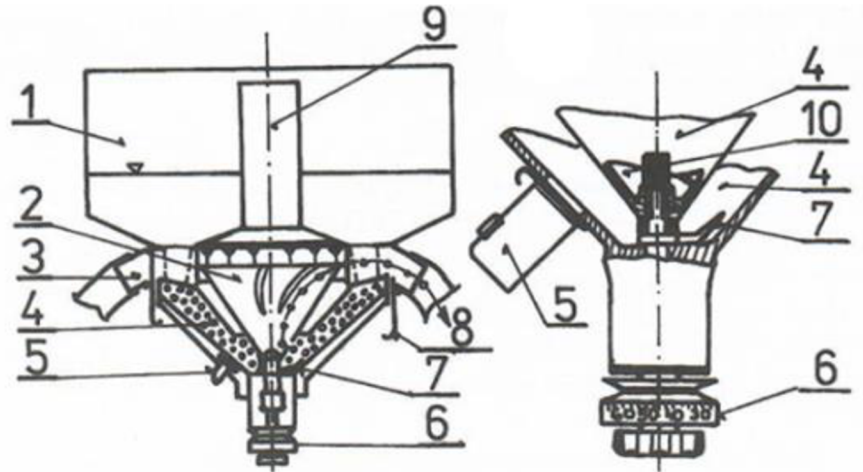
Pneumatický výsevní mechanismus přetlakový

1-zásobník, 2-dávkovací mechanismus, 3-ventilátor, 4, 5-rozdělovače, 6-semenovod.

obr. 3.6 Pneumatický výsevní mechanismus přetlakový [1].

Dalším typem centrálního výsevního mechanismu je **odstředivý výsevní mechanismus**. Do rotujícího dutého kužele, který je na vnitřní straně opatřen lopatkami,

jsou spodní části přiváděna semena. Vlivem rotace se jim udělí rychlost. V tu chvíli na ně začne působit odstředivá síla, díky které stoupají vzhůru k semenovodům. Při vychýlení stroje z vodorovné polohy se snižuje rovnoměrnost setí [1].



Odstředivý výsevní mechanismus

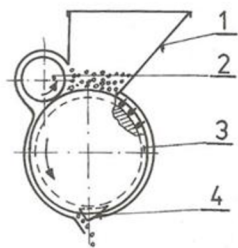
1-zásobník, 2-rotující kužel, 3-semenovody, 4-osivo, 5-otvor na vypouštění zbytku osiva, 6-regulační kolečko, 7-čechrač, 8-uzavírací šoupátko semenovodu, 9-trubka, 10-lopátky.

obr. 3.7 Odstředivý výsevní mechanismus [1].

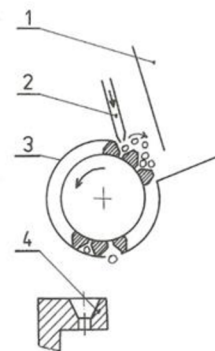
3.3.2 Výsevní mechanismy pro přesné řádkové setí

Konstrukční řešení secích strojů pro přesný řádkový výsev nejčastěji spočívá v umístění několika samostatných výsevních jednotek připevněných ke společnému rámu vedle sebe. Stroje zaručují přesné uložení semen do půdy. Musí být zabráněno možnému vložení vícero semen na jedno místo nebo naopak nevložení žádného semena [1].

Mezi zástupce výsevních mechanismů pro přesné setí patří **kotoučový výsevní mechanismus se svislým kotoučem a přímým/děleným náběrem**. Stroje s přímým náběrem obsahují výsevní kotouč, který je opatřen otvory pro semena. Tyto otvory jsou propojeny drážkou. Ve spodní části zásobníku se semena naberou do otvorů. V další fázi se pomocí stíracího kotoučku odstraní jejich přebytek. Semeno pokračuje k nožovému vyhazovači, který ho vyhodí do připraveného seťového lože. Stroje s děleným náběrem pracují podobně. Hlavní rozdíl je v odstraňování přebytečných semen. Po jejich náběru do otvorů následuje odstranění přebytku pomocí vzduchové trysky a přitlačení jednoho semena na dno. V další fázi je unášeno k vyústění [1].



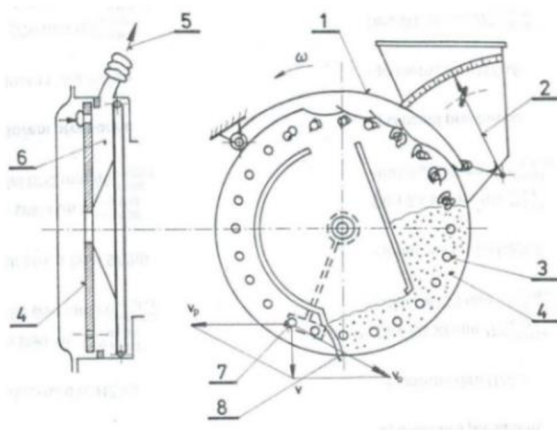
*Kotoučový výsevní mechanismus se svislým kotoučem a přímým náběrem
1-zásobník, 2-stírací kotouček, 3-výsevní kotouč, 4-nožový vyhazovač.*



*Kotoučový výsevní mechanismus se svislým kotoučem a děleným náběrem
1-zásobník, 2-vzduchová tryska, 3-výsevní kotouč, 4-kuželovité otvory výsevního kotouče.*

obr. 3.8 Kotoučový výsevní mechanismus se svislým kotoučem a přímým/děleným náběrem [1].

Dalším zástupcem je **pneumatický podtlakový výsevní mechanismus**. Kotouč s otvory menšími, než je semeno, rozděluje prostor okolo sebe na dvě části. V jedné části je osivo a v druhé se vytváří podtlak. Vlivem podtlaku jsou semena přitahována k otvorům ve výsevním kotouči. Při otáčení se nejdříve dostanou k stírači odstraňující přebytek semen a poté k místu, kde je podtlak přerušen, a vlivem gravitace padají do seťového lože [1].

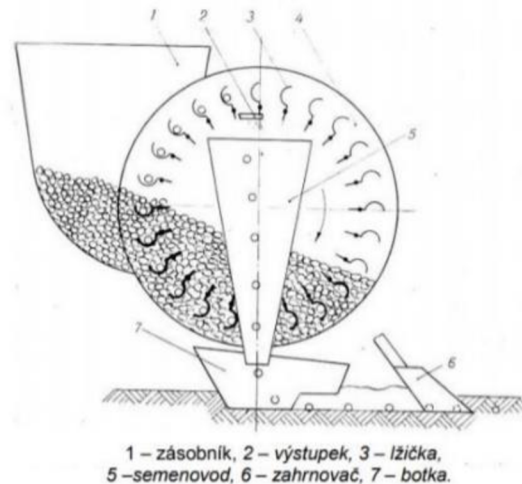


Kotoučové výsevní ústrojí pracující na mechanicko-pneumatickém principu s podtlakem: 1-stírací rameno (stírač), 2-páka pro nastavení polohy stírače, 3- otvor na výsevním kotouči, 4-výsevní kotouč, 5-sací potrubí, 6-podtlaková komora, 7-pryžový váleček, 8-stírací plech.

obr. 3.9 Pneumatický podtlakový výsevní mechanismus pro přesný řádkový výsev [2].

U výsevu drobných semen např. zeleniny nalezne uplatnění **lžičkový výsevní mechanismus pro přesný řádkový výsev**. Lžičky, otočně připevněné na rotujícím kotouči, naberou ze zásobníku po jednom semenu. V horní úvratí je umístěn výstupek,

díky kterému se lžička pootočí a vyklopí semeno do semenovodu. Frekvence vysévání je omezena odstředivou silou, která působí na semeno. Při překročení předepsané pojezdové rychlosti, od které se odvíjí rychlost otáčení kotouče, může nastat vlivem zmíněné síly předčasné vyhazování semen [4].

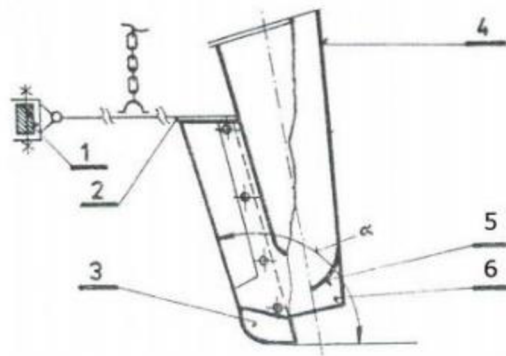


obr. 3.10 Lžičkový výsevni mechanismus pro přesný řádkový výsev [4].

3.3.3 Secí botky

Secí botka má za úkol vytvořit seťové lože o přesně dané hloubce, kterou si obsluha může nastavit pomocí velikosti přitlaku na půdu a po vytvoření vložit semeno, proto jsou opatřeny vyústěním semenovodu případně usměrňovačem semen. Přitlak na secí botku je vytvořen tíhou závaží (zastaralé), pružinami nebo přímočarým hydromotorem. Hloubka musí být po celé délce řádku konstantní. Základními typy secích botek jsou [1], [2]:

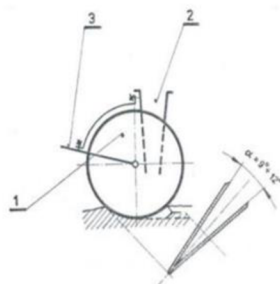
- 1) **Radličkové secí botky** – rozdělují se na dva typy. Prvním je radličková secí botka s tupým úhlem. Seťové lože se vytváří pomocí utužování půdy. Na to je potřeba velká přitlačná síla, což se promítá do potřebné konstrukce stroje. Utužování půdy má dobrý vliv na následné vzlínání vody směrem k semenu, což posléze napomáhá klíčení. Radličková botka s ostrým úhlem jednoduše vniká do půdy, ale její tvar má za následek případné vytahování rostlinných zbytků na povrch. Oba typy se používají na předem zkyplených půdách.



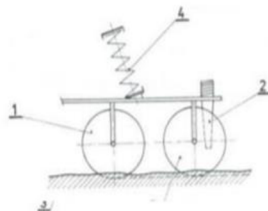
Nožová secí botka s tupým úhlem vnikání do půdy: 1-uchycení na rámu, 2-závěs secí botky, 3-radlička, 4-vstupní otvor (plechový kornout),5,6-usměrňovače osiva.

obr. 3.11 Nožová secí botka s tupým úhlem [2].

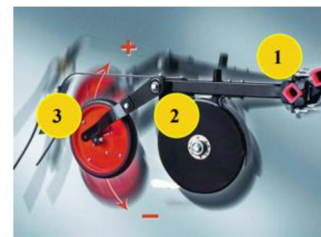
2) **Kotoučová secí botka** – seťové lože se vytváří pomocí jednoho nebo více kotoučů. Uplatňují se především u utužených půd. Jednokotoučová botka je připevněna k rámu tak, aby vzniklo vychýlení vůči směru jízdy, čímž je zaručeno vytvoření seťového lože a odsunutí rostlinných zbytků. Dvoukotoučové botky svírají mezi sebou úhel přibližně 12° . Tento typ dobře rozbíjí hroudy půdy. Pro vysoce zpevněné půdy se používá botka tříkotoučová. Uplatnění najde především u bezorebného setí. Třetí kotouč se také nazývá kotoučové krojidlo.



Dvoukotoučová výsevní botka: 1-kotouče, 2-semenovod, 3-závěs.



Tříkotoučová výsevní botka: 1-kotoučové krojidlo, 2-semenovod, 3-kotouče, 4-zahlubovací přítlačná pružina.



1- pryžové silentbloky, 2- kotouče, 3- kopírovací a zamačkávací kolečko

obr. 3.12 Kotoučová secí botka [2].

3.3.4 Ostatní části secího stroje

Násypka

Tvar násypky se rozděluje podle typu výsevního mechanismu. Individuální výsevní mechanismy pro nepravidelné řádkové setí mají stejnou délku násypky jako je šířka záběru. Mechanismy jsou uloženy v její spodní části. Zásobník osiva pro centrální výsevní mechanismus má nejčastěji tvar komolého kužele nebo jehlanu. Pro plnění násypky lze využít ruční způsob pomocí pytlového osiva, což je náročné a zdlouhavé, nebo pomocí mechanického plnění, kde se využívají sklopné kontejnery, šnekové dopravníky atd. Stroje pro přesný řádkový výsev obvykle obsahují několik výsevních mechanismů, kde každý má svůj zásobník. V tomto případě přichází v úvahu pouze ruční plnění. Tato skutečnost tolik nevádí, jelikož měrný výsevek plodin určený pro tento typ stroje je poměrně nízký (např. u řepy se pohybuje od 5 do 20 $\frac{\text{kg}}{\text{ha}}$). V dnešní době se na trhu nachází několik strojů, které využívají centrální násypku. Často se můžeme setkat s tím, že násypka je opatřena čechračem, který slouží k zabránění tvorby klenby v osivu [1].

Semenovody

Semenovody slouží k dopravě semen z výsevního mechanismu k secí botce. Jedná se především o trubky nebo hadice. U strojů na přesný řádkový výsev se často nepoužívají kvůli zhoršení dráhy dopadajícího semena na zem vlivem tření se semenovodem [1], [2].

Zavlačovače, utužovací kolečka

Zavlačovače, utužovací kolečka atd. se používají v závěrečné fázi setí. Semeno je umístěno v seťovém loži a je ho potřeba zahrnout zeminou a případně tuto zeminu utužit. U přesného řádkového setí je zhutnění půdy jeho nedílnou součástí [1].

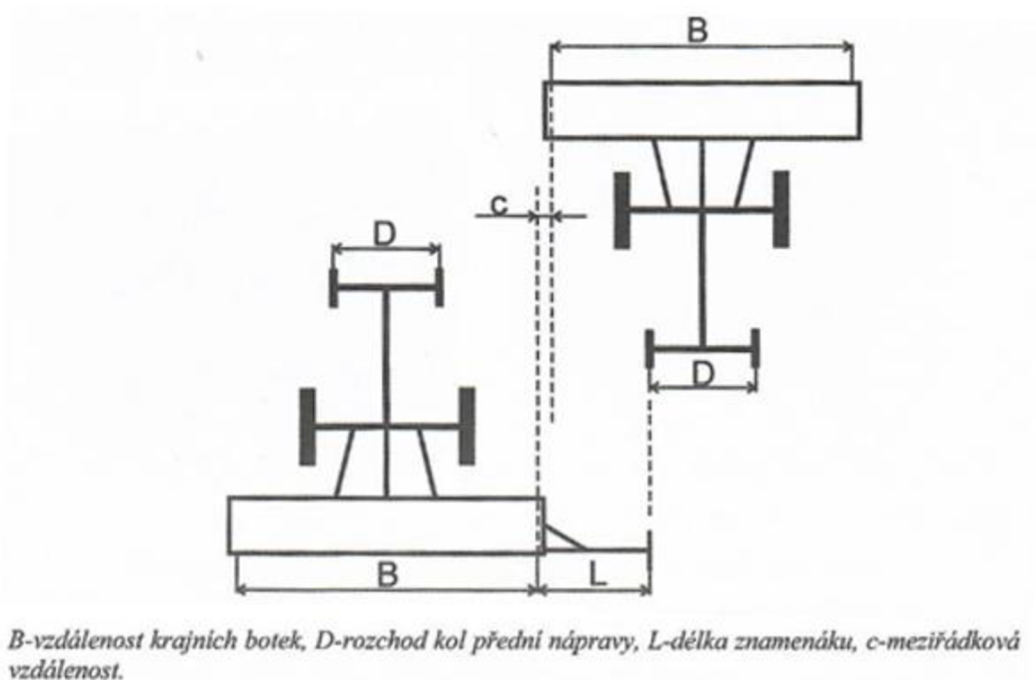
Příslušenství

Mezi ostatní komponenty (příslušenství) můžeme zahrnout palubní počítač s čidly, který zaznamenává pojezdovou rychlost, frekvenci setí, poruchy atd. Dále stroje mohou obsahovat znamenák a zařízení pro aplikaci hnojiv a herbicidů. Znamenák slouží

obsluhuje stroje ke správnému napojení řádků při další jízdě. Jedná se o tyč, která je výkyvně připojena ke stroji. Na jejím konci je umístěn talíř vytvářející při jízdě rýhu v zemědělské půdě. Vzdálenost rýhy od traktoru se volí tak, aby při další jízdě traktorista jel pravým nebo levým kolem po ní. Zařízení pro aplikaci hnojiv a herbicidů jsou s oblibou používána u strojů pro přesný řádkový výsev. Jedná se o aplikaci kapalných herbicidů pásovým postřikem, kdy se aplikují na úzké řádky nad vysetým osivem nebo použití granulovaných herbicidů či hnojiv [1].

3.3.5 Práce se stroji pro řádkový výsev

Při práci se uplatňuje člunkovitý způsob jízdy, k čemuž nejčastěji napomáhá znamenák, díky kterému obsluha zvládne správně navázat řádek při další jízdě (viz obr. 3.13) [1].



obr. 3.13 Schéma práce se znamenákem [1].

Porost je založen kvalitně v případě, pokud je secí stroj správně nastaven. Frekvence dávkování je odvozena od pojezdové rychlosti traktoru. S oblibou se pro pohon hlavní části výsevního mechanismu (kotouče, válečků atd.) používá vložení

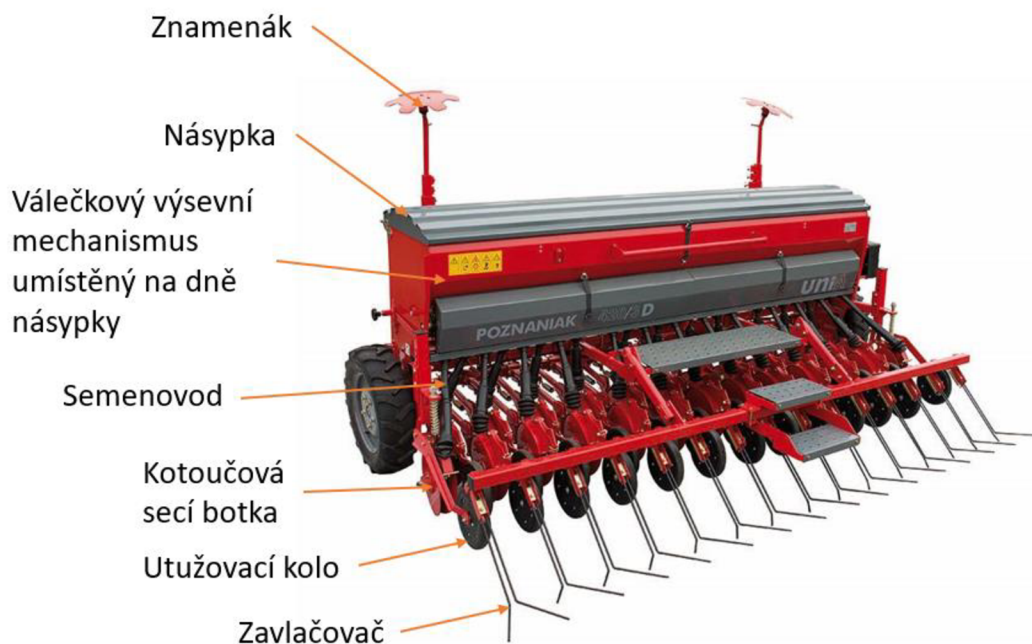
převodů mezi pojezdové kolo a hnací hřídel zmíněných komponent. Můžeme se setkat i s případem, kdy má výsevní mechanismus vlastní elektromotor [1].

Hloubka řádku se řeší nastavením přítlaku na secí botku. Zapotřebí je měnit i rozteč řádku, která se zajišťuje posunutím secích botek. Nejjednodušší je zvýšit rozteč řádků na dvojnásobek. V uvedeném případě se vyřadí z provozu každý druhý výsevní mechanismus nebo semenovod u centrálních výsevních mechanismů [1].

Pokud by konstrukce strojů byla přizpůsobena pouze pro vysévání jednoho druhu plodiny, byla by nutnost vlastnit velký počet strojů. Univerzálnost se řeší nejčastěji pomocí výměny hlavní pracovní části výsevního mechanismu. Její zpracování je přizpůsobeno konkrétním druhům semen tak, aby bylo zaručeno správné dávkování výsevního mechanismu [1].

3.3.6 Popis secích strojů pro řádkový výsev

Secí stroj pro nepravidelný řádkový výsev



obr. 3.14 Secí stroj pro nepravidelný řádkový výsev [5].

Secí stroj pro přesný řádkový výsev



obr. 3.15 Secí stroj pro přesný řádkový výsev [6].

4 Průzkum trhu

V předchozích kapitolách byla rozebrána problematika setí a stručně popsány jednotlivé části secích strojů podle uvedených literatur. Tato kapitola bude zaměřena na průzkum trhu a popis dostupných výsevních mechanismů u moderních secích strojů. Existuje poměrně velké množství výrobců. Patří mezi ně např. Väderstad, Amazone, Bednar, Kuhn a Horsch.

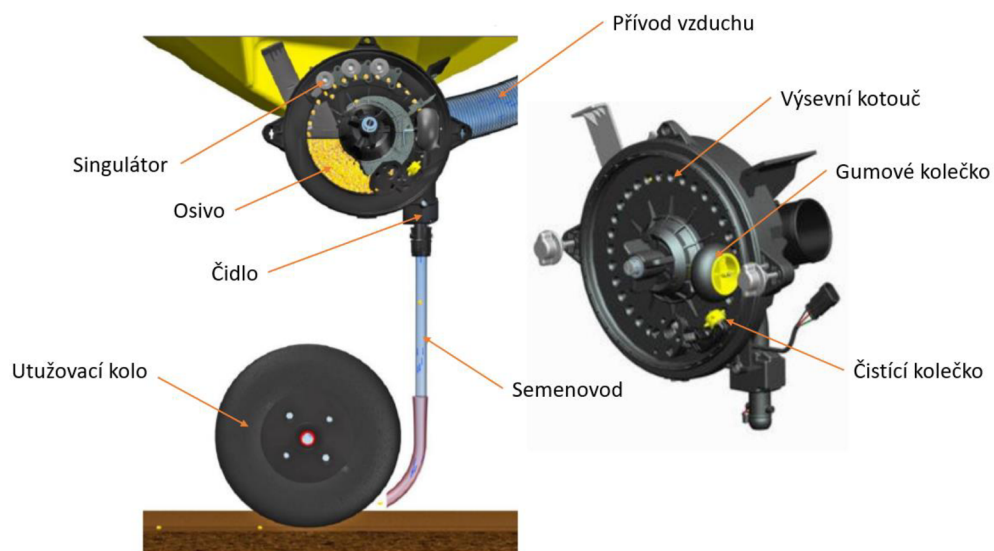
4.1 Väderstad modelová řada TEMPO

Firma nabízí sortiment přesných secích strojů, které se řadí pod modelovou řadu TEMPO. Hlavní rozdíl mezi jednotlivými typy je v počtu vysévaných řádků. Výrobce udává pracovní rychlost v rozmezí 10-17 km/h [7].

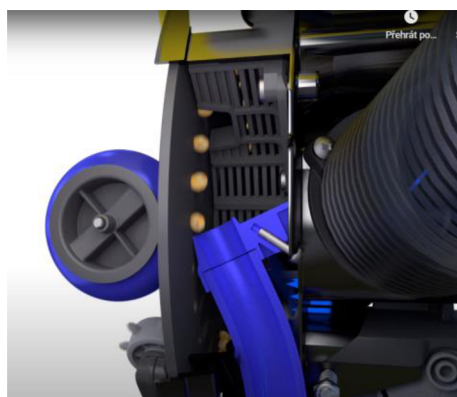
Modelová řada TEMPO využívá výsevní jednotky s technologií PowerShoot. Dávkovací mechanismus obsahuje výsevní kotouč s otvory určenými pro semena, který je umístěn v krytu. Na jedné straně kotouče je udržován přetlak vůči druhé straně. Tlaky na obou stranách se snaží vyrovnat, čímž je osivo přitahováno do otvorů. Kotouč se otáčí

a semeno nejdříve dopraví ke třem singulátorům, kde se odstraní jejich přebytek. V další fázi se dostane ke gumovému kolečku, které zamezí proudění vzduchu kolem semena a silným proudem vzduchu jej vystřelí do připraveného set'ového lože. Tato technologie eliminuje chyby vznikající vlivem nepřesné trajektorie semena mezi výsevní jednotkou a set'ovým ložem. Po fázi oddělení semena nastane vyčištění otvorů ve výsevní kotouči pomocí čistícího kolečka [7].

Výrobce udává možnost setí různých typů plodin, např. kukuřice, cukrové řepy, sójových bobů, slunečnice, řepky olejné, bavlny nebo čiroku. Jelikož semena uvedených plodin se liší tvarem a velikostí, bylo nutné řešit univerzálnost dávkovacího mechanismu. Při změně vysévané plodiny je nutné změnit výsevní kotouč za jiný [7].



obr. 4.1 Dávkovací mechanismus ve strojích Väderstad, modelová řada TEMPO – 1 [4].



obr. 4.2 Dávkovací mechanismus ve strojích Väderstad, modelová řada TEMPO – 2 [7].

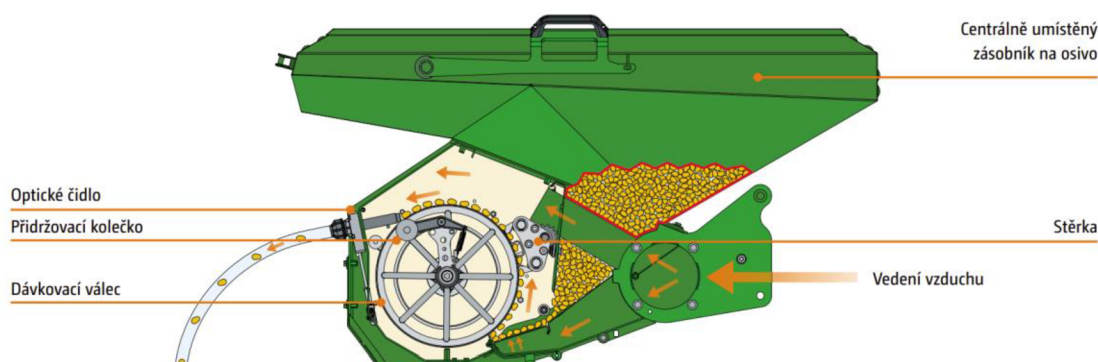
4.2 Amazone – přesné secí stroje EDX a ED

i. EDX

Dávkovací mechanismus přesných přetlakových strojů EDX pracuje na podobném principu jako mechanismus strojů TEMPO. Tentokrát se nevyužívá výsevního kotouče, ale výsevního válce, což umožní použít pouze jeden dávkovací mechanismus pro celý secí stroj [8].

Z centrální násypky je přiváděno osivo k válci, které je vlivem přetlaku vůči vnitřku válce přitlačováno k otvorům na jeho obvodu. Následně jsou semena unášena ke stěrce určené k jednocení zrněk. V další fázi je dopraveno k vyústění, kde je proudem vzduchu vstřeleno do seťového lože [8].

Stroj je určen k výsevu kukuřice, slunečnice, řepky a čiroku. Jeho univerzálnost se řeší výměnou válce. Pro dosažení požadované přesnosti setí je nutno dodržet maximální pojezdovou rychlost 15 km/h [8].

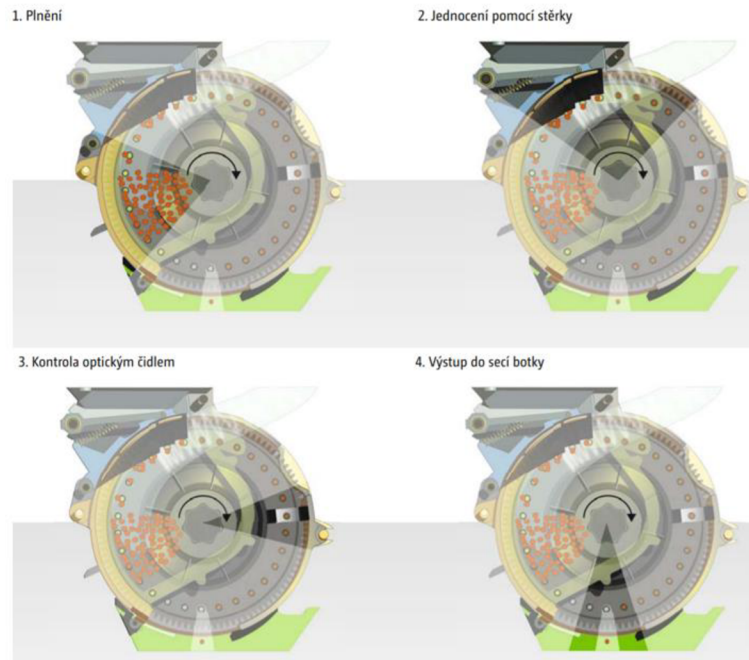


obr. 4.3 Dávkovací mechanismus přesných přetlakových strojů EDX [8].

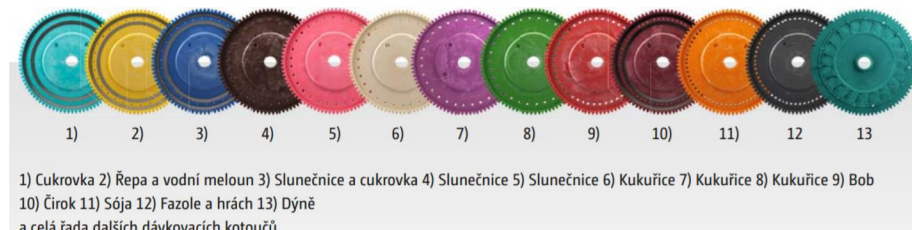
ii. ED

Jedná se o přesný opak EDX. Stroj využívá jednotlivé dávkovací mechanismy, které jsou řazeny vedle sebe. Pro připevnění semena k výsevnímu kotouči se využívá podtlaku. Zrna po nabrání putují ke stěrce, která odstraní jejich přebytek. V další fázi dorazí k vyústění, kde jsou vyhozena z výsevního disku a volným pádem putují do připraveného seťového lože. Pro zachování dostatečné přesnosti musí semeno padat

z malé výšky. Podle typu stroje je vzdálenost rovna 100 mm nebo 140 mm. Pojezdová rychlost se u tohoto stroje pohybuje od 6 km/h do 10 km/h. Díky velkému množství výsevních kotoučů lze vysévat mnoho druhů plodin (viz obr. 4.5) [9].



obr. 4.4 Dávkovací mechanismus přesných podtlakových strojů ED [9].



obr. 4.5 Výsevní kotouče pro ED [9].

4.3 Bednar – OMEGA OO_L secí stroj

Jedná se o univerzální secí stroj. Výrobce udává univerzálnost ve dvou směrech: možnost setí různých druhů semen (mák až kukuřice) a zakládání porostů v rozličných podmínkách.

Dávkování funguje na principu pneumatického výsevního mechanismu přetlakového, který je popsán v kapitole 3.3.1. Stroj využívá přetlakový zásobník, který

má podle výrobce oproti těm nepřetlakovým spoustu konstrukčních výhod. Ze zásobníku dávkovací mechanismus dopraví semena do potrubí, kterým proudí vzduch, a unáší je do distribuční hlavy. Ta umožňuje změnu vzdálenosti řádků mezi sebou pomocí vypnutí každého druhého vývodu, který slouží k dopravě zrna k secí botce. Jako každý secí stroj má i tento omezenou pojezdovou rychlost, která se pohybuje od 13 do 15 km/h [10].



obr. 4.6 Secí stroj Bednar OMEGA LL_L [10].

4.4 Shrnutí

Po provedení průzkumu trhu bylo zjištěno, že u přesných secích strojů se často užívá podtlakových nebo přetlakových dávkovacích mechanismů. Většina strojů je osazena jednotlivými dávkovacími mechanismy seskupenými do řady typu podobného modelové řadě ED. Jednotliví výrobci se odlišují především ve tvaru výsevních disků a konstrukci singulátoru, neboť tyto dvě součástky mají veliký vliv na možnou frekvenci dávkování semen. Maximální pojezdové rychlosti se pohybovaly do 17 km/h. Všechny přesné secí stroje umožňují vysévat kukuřici. Tento fakt bude zásadní při následujícím výpočtu frekvence dávkování. Obvykle je frekvence hlídána čidlem, které zaznamenává, zda nevzniká nepřesnost dávkování. Pokud budeme vysévat již zmíněnou plodinu, která má rozteč semen v řádku 15-19 cm, bude frekvence následující.

$$\text{průměrná rozteč} = \frac{19 + 15}{2} = 17 \text{ cm} \quad (4.4.1)$$

$$\text{frekvence dávkování} = \frac{17}{3,6 * 0,17} = 27,8 \frac{\text{semen}}{\text{s}} \quad (4.4.2)$$

Dále se na trhu objevují univerzální stroje typu OMEGA OO_L od firmy Bednar. Po průzkumu bylo zjištěno, že tento typ strojů je u zemědělců populární. Pojezdová rychlost se pohybuje od 10 do 20 km/h.

Samozřejmě jsou k dispozici další typy strojů. Jedná se především o ty, které využívají válečkové výsevní mechanismy sloužící k nepravidelnému řádkovému setí.

5 Patentový průzkum

Pokud máme přesně definované zadání a přecházíme ke generování konceptů, je vhodné před tím provést patentový průzkum, který nám může ukázat způsob řešení našeho problému. Nemusí být prováděn přesně na náš technický systém, ale i na systémy, které plní stejnou (podobnou) funkci. Tímto způsobem eliminujeme vymyšlení už vymyšleného, což zkrátí potřebný čas na vypracování projektu, z čehož vyplývá snížení nákladů. Vyhledávání proběhlo v databázích *ESPACE* a *Google Patents*.

Hlavní funkcí našeho technického systému je **dávkovat semeno**. Důležité je zvolit správná klíčová slova. Ta obsahují obecnější popis (generalizovaná funkce), který se v uvedených databázích musí převést do anglického jazyka.

Klíčová slova:

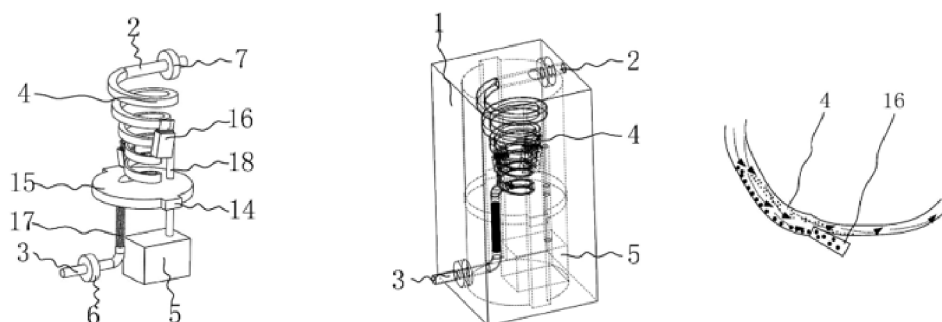
- „isolate the particle“
- „ball distribution“
- "distribution of bulk material"
- "grain distribution"
- "dosage particle“

5.1 Výsledky patentového průzkumu

i. CN110448960A

Jedná se o zařízení určené k filtraci vzduchu od pevných částic, kterými může být prach a písek. Jeho hlavními součástmi jsou spirálová filtrační trubice a sběrné nádoby. Znečištěný vzduch je pomocí ventilátoru vháněn do zmíněné trubice, která má konstantně se zmenšující průřez. Veškeré nečistoty nemají stejnou hmotnost, proto je trubice

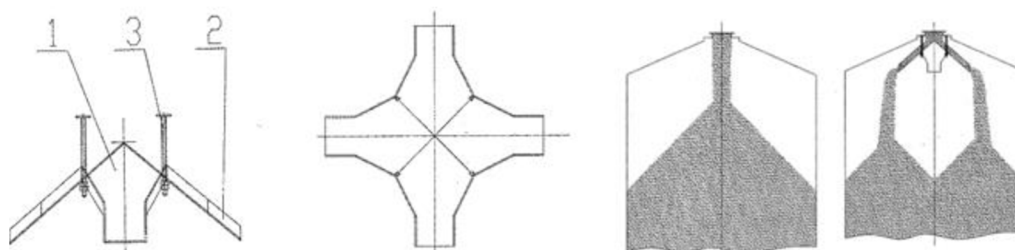
rozdělena na třetiny, kde jsou mezi spoje umístěny sběrné nádoby. Částice s větší hmotností se vlivem odstředivé síly v první třetině trubice přitlačí na její stěnu, kde jsou zachytávány do první sběrné nádoby. Do druhé třetiny pokračuje vzduch s částicemi o nižší hmotnosti, kde vlivem sníženého průřezu roste rychlost proudění, čímž se i zvětší odstředivá síla působící na zbylé částice. Na konci druhé třetiny se nachází sběrná nádoba, do které jsou zachyceny zbylé nečistoty. Do třetí třetiny, na které je připevněné vyústění, proudí čistý vzduch [11].



obr. 5.1 CN110448960A Spiral dust removal device applied in desert environment [11].

ii. CN203454691U

V tomto případě se jedná o zařízení určené k distribuci zrna do věžové sušičky. Po dopadu zrn do sušičky se vytváří kužel, který velice ovlivňuje její výšku, kterou je snaha minimalizovat. Uvedený vynález se snaží této minimalizace dosáhnout. Na vstup se umístí distribuční zařízení ve tvaru pyramidy, které zrna rozdělí do několika menších kuželů. Prvek obsahuje minimálně tři skluzové plochy. Tvar je patrný z (obr. 5.2). Uvádí se, že kužel zrn o výšce dva metry dokáže zařízení snížit o polovinu [12].



obr. 5.2 CN203454691U Grain distribution device of pyramid chute type tower type grain dryer [12].

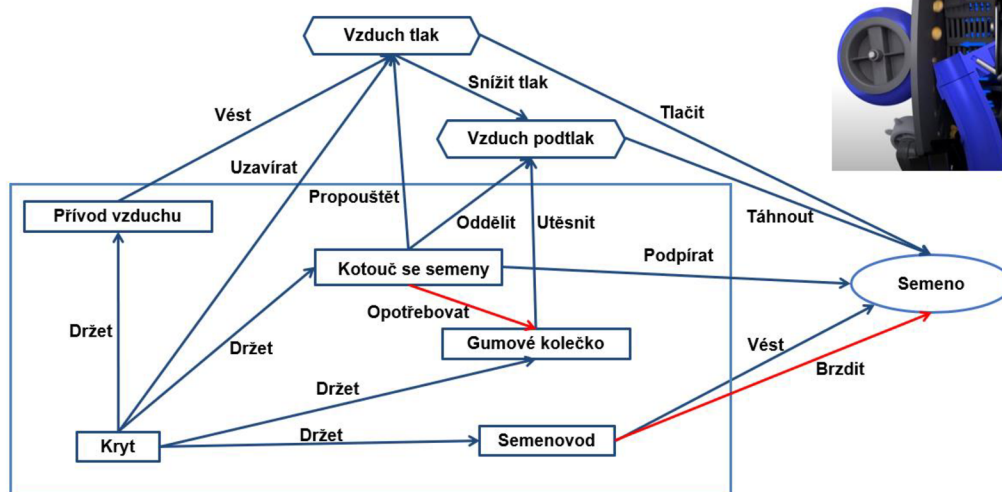
6 Generování konceptů

Při generování konceptů bylo využito patentového průzkumu, vyhledávání na internetu a kreativního řešení problému metodou TRIZ. Celkově vzniklo pět možných řešení zadání diplomové práce. Rozpracovanost jednotlivých konceptů je na takové úrovni, aby čtenáři nastínila jejich funkčnost.

6.1 Koncept K1

Jedná se o koncept vytvořený pomocí metody TRIZ. Jako výchozí stav byl zvolen dávkovací mechanismus modelové řady TEMPO od firmy Väderstad, který je popsán v kapitole 4.1.

Technologie PowerShoot – dávkování semene – oddělení



obr. 6.1 Model funkcí dávkovacího mechanismu – technologie PowerShoot.

Koncept se skládá z rotujícího výsevního kotouče s otvory po svém obvodu. Uvedená součást je uložena v krytu, do kterého je přiváděn vzduch vytvářející na jedné straně (pravé - tlak p) přetlak vůči druhé (levé - tlak p_1 - atmosférický tlak), což má za následek připevnění semen do otvorů (tlaky mezi stranami se snaží vyrovnat). Při vyšší frekvenci dávkování může nastat problém s nedostatečným obsazením otvorů semeny. Jev lze eliminovat pomocí zavedení komor, ve kterých je osivo, čímž se zajistí možnost

nabrání semena i v jiné části kotouče, než v dolní. Poté semeno projde skrz singulátor. V této fázi je výsevní kotouč zcela zaplněn semeny, která jsou připravena k oddělení a dopravě do připravené půdy.

V místě oddělení semena je na levou stranu vlivem tvaru krytu přiváděn stejný tlak jako je na pravé straně (tlak p). K oddělení semena by mělo stačit pouze vyrovnání tlaků na jednotlivých stranách. V tomto případě je tento jev podpořen urychlením vzduchu skrz trysky. Jelikož v otvorech mohou zůstat nečistoty, které se musí odstranit, vlivem periodického uspořádání trysek jsou vyfouknuty do semenovodu. Semenovodem proudí „přebytečný“ vzduch z těla dávkovacího mechanismu, čímž vznikne pokles tlaku (**Venturiho efekt**- tlak p_2). Tato skutečnost podpoří oddělení semena a nečistot od výsevního kotouče.

Další otázkou je, jak řešit možnost setí vícero druhů plodin. Každá plodina má trochu jiný tvar a velikost semena. Jelikož z pohledu obsluhy není vhodné, aby při každé změně vysévané plodiny bylo nutné měnit výsevní kotouč, lze tento problém vyřešit vložením elastické vložky s otvory a výstupky do děr ve výsevním kotouči. Při přitlačení semena se vložka vytvaruje do požadované geometrie. Otvory a výstupky slouží k zabránění úplného utěsnění otvoru. Pokud by tento jev nastal, semena by nebyla dostatečně držena. Výměna kotouče bude muset být provedena pouze při přechodu mezi semeny, které mají výrazně odlišné rozměry.

Použité invenční principy:

1 – segmentace

– rozdělení plnicí zóny do několika částí

9 – předběžné anti-působení

– přivedení tlaku na druhou stranu v místě oddělení semena

19 – periodické působení

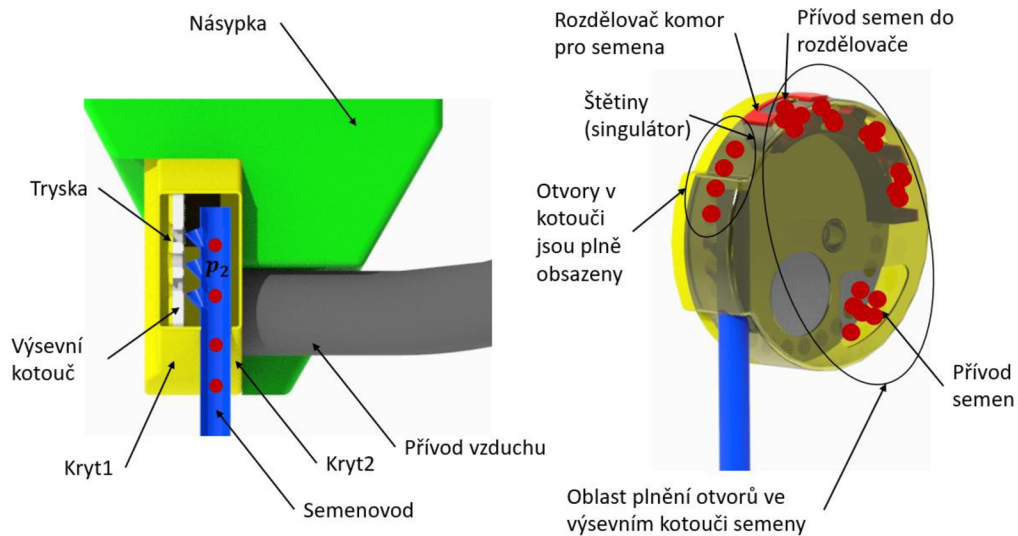
– periodické uspořádání trysek

31 – použití pórovitých materiálů

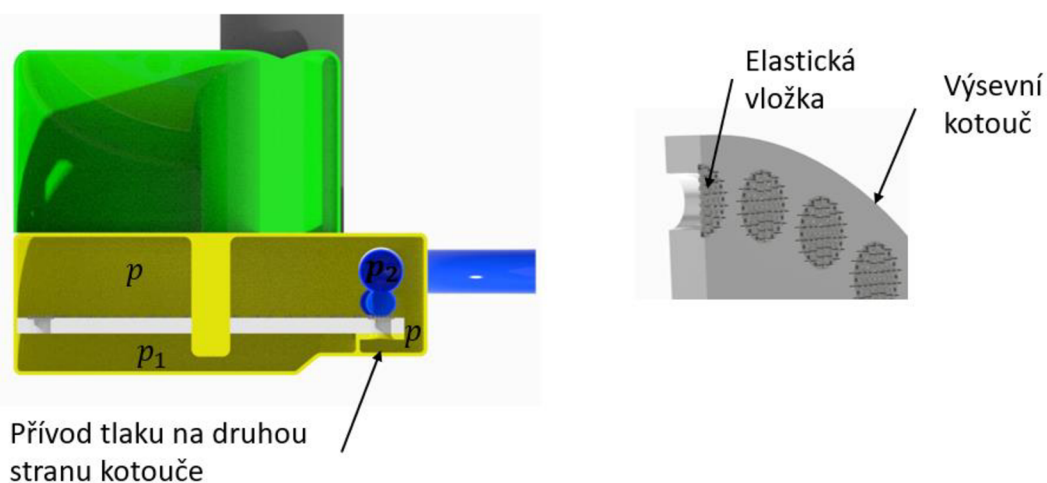
– využití pórovité vložky do výsevního kotouče

35 – změny fyzikálně chemických parametrů

– využití elastické vložky ve výsevním kotouči



obr. 6.2 Popis konceptu K1 – 1/2.



obr. 6.3 Popis konceptu K1 – 2/2.

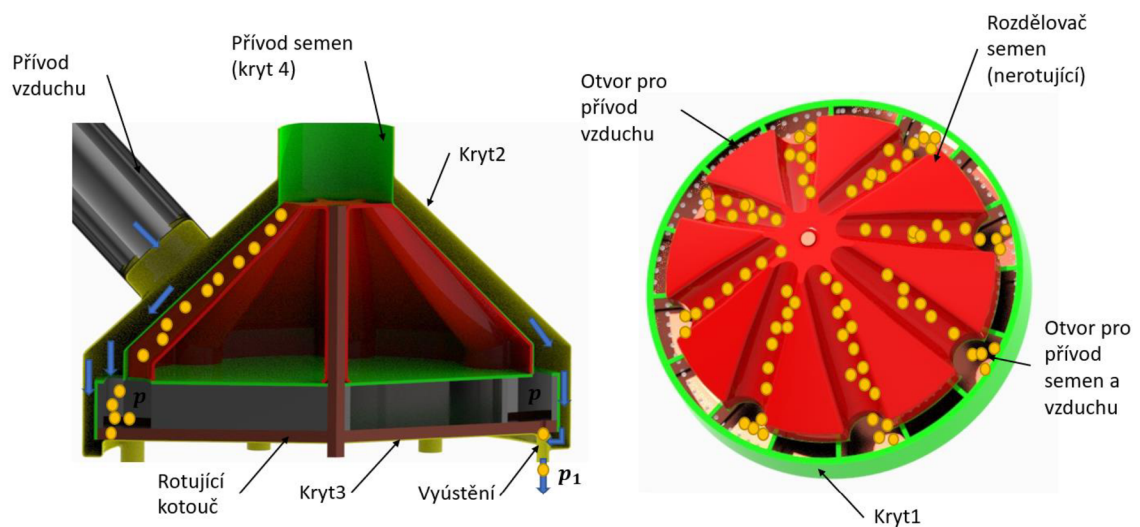
6.2 Koncept K2

Tento koncept spočívá ve vytvoření výsevního mechanismu s centrální náсыpkou. Při tvorbě byl využit patent CN203454691U, který využívá skluz semen po elementu ve tvaru pyramidy obsahující skluzné plochy.

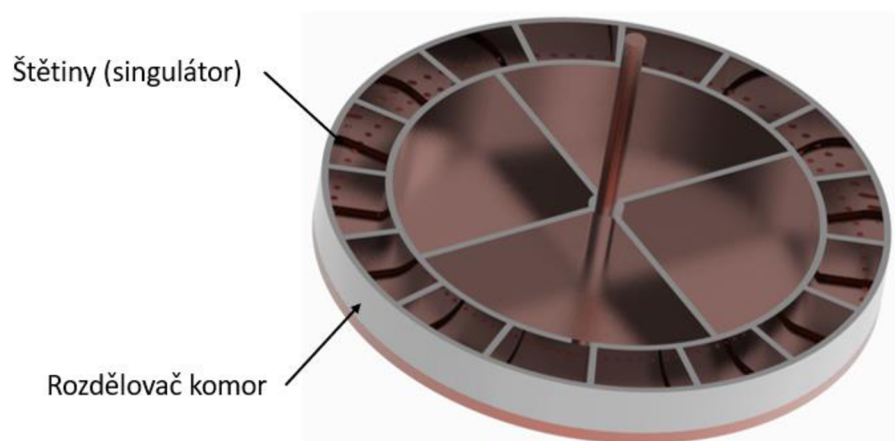
Semena padají z přetlakové náсыvky na rozdělovač semen (nerotující), který je díky svému tvaru dopraví skrz otvory v křytu1 do každé druhé komory vytvořené pod ním pomocí rozdělovače komor (nerotující). Přívodem vzduchu se v komorách

vytvoří tlak p , který zajistí přitlačení semen do otvorů v rotujícím kotouči. Po jejich připevnění jsou semena unášena skrz singulátor ve formě štětín do druhé komory, kde se v určité poloze setká osa otvoru rotujícího kotouče a vyústění, což umožní vtáhnutí semena do vyústění vlivem proudu vzduchu vytvářející tlak p_1 ($p_1 < p$), který uniká z výsevního mechanismu. Jelikož otvor vyústění je výrazně větší, než je otvor v rotujícím kotouči, neměla by nastat nežádoucí situace ve formě stříhu semena.

Možnost setí vícero druhů plodin se v tomto případě řeší pomocí výměny rotujícího kotouče.



obr. 6.4 Popis konceptu K2 – 1/2.



obr. 6.5 Popis konceptu K2 – 2/2.

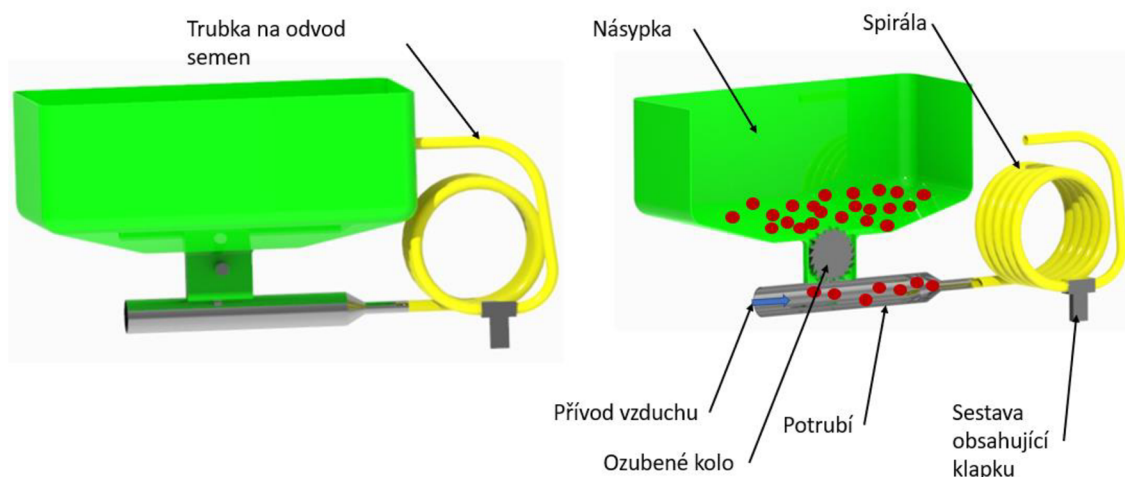
6.3 Koncept K3

Předložený koncept vyplývá z patentu CN110448960A, ve kterém je popsána funkce odstředivé čističky vzduchu od pevných nečistot typu prach a písek.

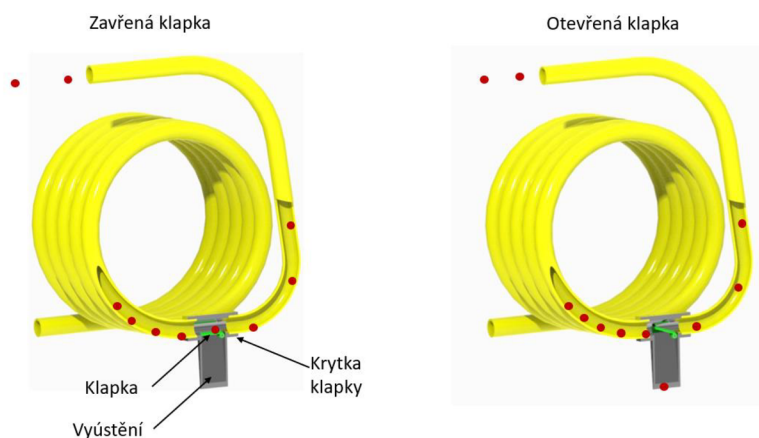
Návrh využívá proud vzduchu a odstředivou sílu. Celý cyklus začíná u ozubeného kola, které otáčivým pohybem dopraví semeno z násypky do potrubí. Tento jev lze nazvat jako nepřesné dávkování. Potrubím proudí vysokou rychlostí vzduch unášející semena do spirály. Ve spirále na ně vlivem udělené rychlosti začne působit odstředivá síla, což zajistí jejich přitlačení k vnější části vnitřního průměru spirály. Uvedená skutečnost podpoří vhodnost rozložení semen pro fázi vypuštění. Rozložení by mělo být nejlépe ve formě jedné řady (viz obr. 6.7).

Na konci spirály je vložena sestava obsahující klapku, která kmitá s frekvencí totožnou s frekvencí dávkování. Jelikož je umístěna u vyústění výsevního mechanismu, její funkcí je pomocí popsaného pohybu jeho otevírání a zavírání. Tím je zajištěno vypuštění semena pouze v požadovaném okamžiku. Semena, která nejsou vypuštěna, pokračují trubkou na odvod semen.

Mechanismus, který pohybuje klapkou, musí umožňovat změnu úhlu otevření podle vysévané plodiny, z čehož vyplývá, že při změně plodiny není potřeba vyměnit žádnou komponentu. Další možností je nechat klapku po celou dobu setí otevřenou. V tomto případě by se na úkor přesnosti zvětšila rychlost setí.



obr. 6.6 Popis konceptu K3 – 1/2.

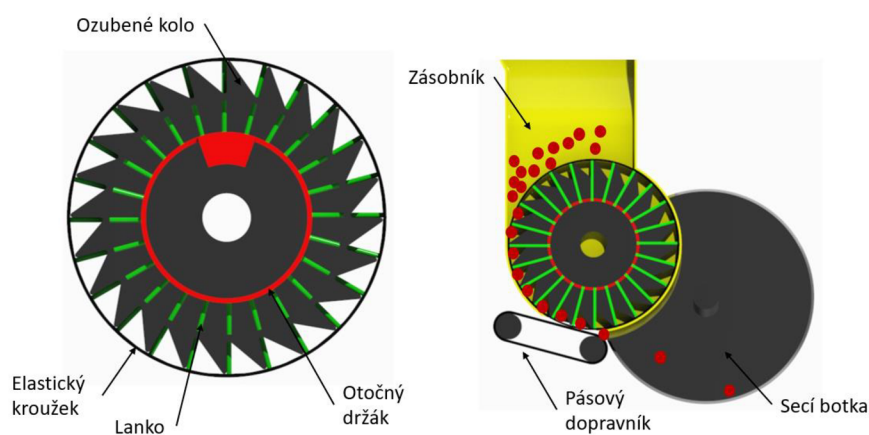


obr. 6.7 Popis konceptu K3 – 2/2.

6.4 Koncept K4

Uvedený koncept se skládá ze dvou hlavních částí: z rotujícího ozubeného kola a pásového dopravníku. Ozubené kolo slouží k dávkování a pásový dopravník k urychlení semena.

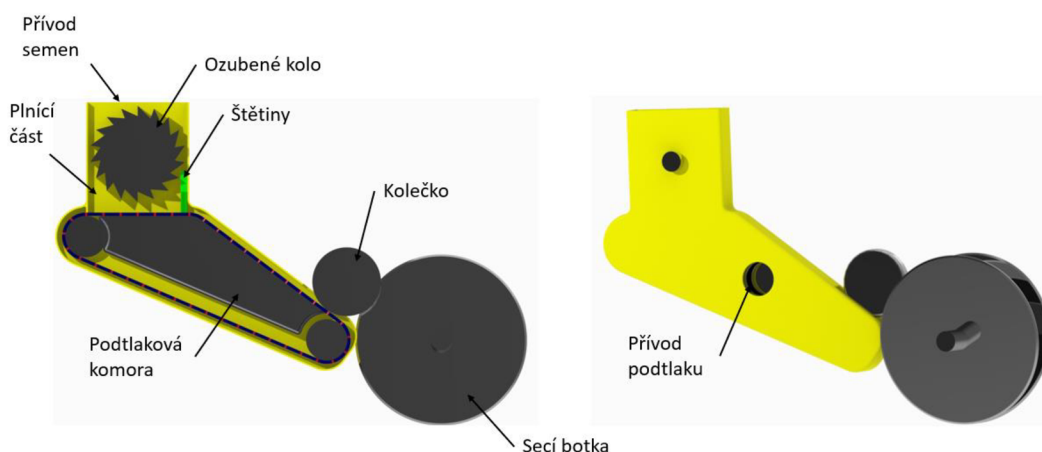
Ozubené kolo je opásáno elastickým kroužkem, který je pomocí lanek připevněn k otočnému držáku. Při jeho pootočení se začne kroužek deformovat, čímž se nastaví požadovaná velikost zubové mezery. Její velikost závisí na typu vysévaného osiva. Ozubené kolo se otáčí. V první fázi nabere semeno ze zásobníku a dopraví ho k pásovému dopravníku, který ho nabere a urychlí. Rychlost pásového dopravníku se odvíjí od pojzdové rychlosti traktoru. Tento fakt má za následek, že velikost horizontální složky rychlosti semena bude obdobná v opačném směru než pojzdová rychlost traktoru.



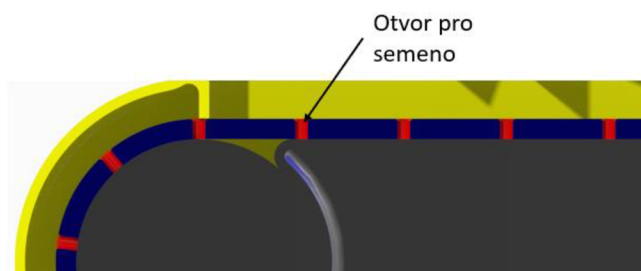
obr. 6.8 Popis konceptu K4.

6.5 Koncept K5

Návrh se skládá ze třech hlavních celků: z ozubeného kola, pásového dopravníku a rotujícího kolečka. V první fázi se pomocí ozubeného kola naberou semena z násypky. Otáčivým pohybem se začnou vřazovat na pásový dopravník (tento jev by se dal nazvat jako nepřesné dávkování). Tímto úkonem se zajistí nehromadění semen v plnicí části. Gumový pás dopravníku je opatřen otvory, pod kterými se nachází podtlaková komora. Vlivem podtlaku a gravitace jsou semena přitahována k otvorům. Jelikož k dávkování je využito pásového dopravníku, lze zvolit takovou konstrukci, která zajistí dlouhou plnicí část, čímž získáme více času k přitáhnutí semen na určitá místa. Tato skutečnost eliminuje nedostatečné obsazení otvorů v pásu. V předvedeném návrhu nemůže nastat přísátí několika semen na jedno místo, z čehož vyplývá, že není potřeba singulátor. V tomto případě znázorněné štětiny slouží k zabránění průchodu volných semen do nežádoucích prostor. Na konci pásového dopravníku je podtlak přerušen a semeno je nabráno rotujícím kolečkem, které ho urychlí.



obr. 6.9 Popis konceptu K5 – 1/2.



obr. 6.10 Popis konceptu K5 – 2/2.

7 Výběr konceptu

Pro vyhodnocování konceptů existuje několik typů metod, které mají své klady a zápory. V našem případě byla vybrána metoda AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

V počáteční fázi této metody se musí zvolit vhodná kritéria a určit jejich významnost. V druhém kroku jsou koncepty vzájemně porovnány podle jednotlivých kritérií, z čehož nám následným postupem vyjde nejvhodnější koncept, který bude následně rozpracován.

Kritéria

- A. Hmotnost
- B. Přesnost dávkování
- C. Rychlost dávkování
- D. Univerzálnost
- E. Údržba
- F. Snadnost obsluhy

Koncepty

- K1 – Koncept TRIZ TEMPO
- K2 – Koncept centrální dávkovací mechanismus
- K3 – Koncept odstředivá síla
- K4 – Koncept ozubené kolo
- K5 – Koncept pásový dopravník podtlak

Matice párového porovnání kritérií

Tab. 7.1 Matice párového porovnání kritérií

| Kritérium | A | B | C | D | E | F |
|---------------|-------|------|------|------|-------|-------|
| A | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,33 | 1,00 | 1,00 |
| B | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 5,00 |
| C | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 5,00 |
| D | 3,00 | 0,33 | 0,33 | 1,00 | 3,00 | 3,00 |
| E | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,33 | 1,00 | 1,00 |
| F | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,33 | 1,00 | 1,00 |
| Celkem | 16,00 | 2,93 | 2,93 | 8,00 | 16,00 | 16,00 |

Normalizovaná matice párového porovnání kritérií

Tab. 7.2 Normalizovaná matice párového porovnání kritérií

| Kritérium | A | B | C | D | E | F | Průměr |
|---------------|------|------|------|------|------|------|--------|
| A | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| B | 0,31 | 0,34 | 0,34 | 0,38 | 0,31 | 0,31 | 0,33 |
| C | 0,31 | 0,34 | 0,34 | 0,38 | 0,31 | 0,31 | 0,33 |
| D | 0,19 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,15 |
| E | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| F | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Celkem | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Matice párového porovnání konceptů podle kritéria hmotnost

Tab. 7.3 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria hmotnost

| Koncept | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|---------------|------|------|------|-------|-------|
| K1 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 3,00 | 5,00 |
| K2 | 5,00 | 1,00 | 5,00 | 7,00 | 9,00 |
| K3 | 1,00 | 0,20 | 1,00 | 3,00 | 5,00 |
| K4 | 0,33 | 0,14 | 0,33 | 1,00 | 3,00 |
| K5 | 0,20 | 0,11 | 0,20 | 0,33 | 1,00 |
| Celkem | 7,53 | 1,65 | 7,53 | 14,33 | 23,00 |

Při vyhodnocování kritéria hmotnost musíme brát v potaz množství dávkovacích mechanismů, které budou osazeny na secím stroji k dosažení požadované šířky záběru. Jelikož koncept K2 uvažuje pouze jeden dávkovací mechanismus, i při jeho vyšší hmotnosti bude celkové zatížení secího stroje nižší než u ostatních konceptů. Koncepty K4 a K5 jsou umístěné blízko zemi, což způsobí nutnost provést robustní konstrukci vlivem možnosti nárazu např. kamene.

Matice párového porovnání konceptů podle kritéria rychlost dávkování

Tab. 7.4 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria rychlost dávkování

| Koncept | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|---------------|------|------|------|------|-------|
| K1 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 0,33 | 2,00 |
| K2 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 0,33 | 2,00 |
| K3 | 4,00 | 4,00 | 1,00 | 2,00 | 5,00 |
| K4 | 3,00 | 3,00 | 0,50 | 1,00 | 4,00 |
| K5 | 0,50 | 0,50 | 0,20 | 0,25 | 1,00 |
| Celkem | 9,50 | 9,50 | 2,20 | 3,92 | 14,00 |

Rychlost setí konceptu K3 je ovlivněna zejména tím, že není závislá na rotačním pohybu např. výsevního kotouče (pokud pomineme nepřesné dávkování do potrubí s proudícím vzduchem). Rychlost je omezená frekvencí kmitání klapky, pokud se tedy nevyužívá možnost vysévání s nepřetržitě otevřenou klapkou.

Matice párového porovnání konceptů podle kritéria přesnost dávkování

Tab. 7.5 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria přesnost dávkování

| Koncept | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|---------------|------|------|-------|-------|------|
| K1 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | 9,00 | 2,00 |
| K2 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | 9,00 | 2,00 |
| K3 | 0,17 | 0,17 | 1,00 | 4,00 | 0,20 |
| K4 | 0,11 | 0,11 | 0,25 | 1,00 | 0,13 |
| K5 | 0,50 | 0,50 | 5,00 | 8,00 | 1,00 |
| Celkem | 2,78 | 2,78 | 18,25 | 31,00 | 5,33 |

Koncepty K1 a K2 se jeví jako nejpresnější díky ukládání semen do výsevního kotouče. Pokud bude dodržena předepsaná rychlost dávkování, neměla by nastat nežádoucí situace ve formě nezaplnění nebo vícenásobného zaplnění otvorů ve výsevním kotouči.

Matice párového porovnání konceptů podle kritéria univerzálnost

Tab. 7.6 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria univerzálnost

| Koncept | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|---------------|-------|-------|------|------|------|
| K1 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 0,50 | 0,33 |
| K2 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 0,50 | 0,33 |
| K3 | 4,00 | 4,00 | 1,00 | 3,00 | 2,00 |
| K4 | 2,00 | 2,00 | 0,33 | 1,00 | 0,50 |
| K5 | 3,00 | 3,00 | 0,50 | 2,00 | 1,00 |
| Celkem | 11,00 | 11,00 | 2,33 | 7,00 | 4,17 |

Kritérium univerzálnost nezahrnuje náročnost přípravy stroje při změně vysévané plodiny, ale pouze zda daný koncept nemá problém s tvarovou rozmanitostí semen. Koncept K3 je navržen jako univerzální, proto se jeví jako nejlepší. U ostatních návrhů je menší či větší problém s tvarovou rozmanitostí. U konceptu K1 a K2 je zejména problém s velmi malými semeny a plochými semeny.

Matice párového porovnání konceptů podle kritéria údržba

Tab. 7.7 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria údržba

| Koncept | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|
| K1 | 1,00 | 0,33 | 4,00 | 6,00 | 6,00 |
| K2 | 3,00 | 1,00 | 6,00 | 8,00 | 8,00 |
| K3 | 0,25 | 0,17 | 1,00 | 3,00 | 3,00 |
| K4 | 0,17 | 0,13 | 0,33 | 1,00 | 1,00 |
| K5 | 0,17 | 0,13 | 0,33 | 1,00 | 1,00 |
| Celkem | 4,58 | 1,75 | 11,67 | 19,00 | 19,00 |

Koncepty K1 a K3 obsahují „jemné“ součásti, které budou potřebovat jistou míru údržby. Jedná se o elastickou vložku u K1 a klapku u K3. Náročnost údržby vložky bude menší než údržba klapky. U konceptů K4 a K5 je největší problém v umístění výsevního mechanismu v blízkosti země, což zapříčiní, že výsevní mechanismy budou pod neustálým tlakem nečistot, které bude potřeba poměrně často odstraňovat, aby nedocházelo k závadám.

Matice párového porovnání konceptů podle kritéria snadnost obsluhy

Tab. 7.8 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria snadnost obsluhy

| Koncept | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|---------------|------|------|------|-------|-------|
| K1 | 1,00 | 4,00 | 3,00 | 6,00 | 5,00 |
| K2 | 0,25 | 1,00 | 0,50 | 3,00 | 0,50 |
| K3 | 0,33 | 2,00 | 1,00 | 4,00 | 3,00 |
| K4 | 0,17 | 0,33 | 0,25 | 1,00 | 0,50 |
| K5 | 0,20 | 2,00 | 0,33 | 2,00 | 1,00 |
| Celkem | 1,95 | 9,33 | 5,08 | 16,00 | 10,00 |

Koncept K1 nevyžaduje žádné zvláštní úkony, pokud pomineme nastavení frekvence dávkování atd. U ostatních konceptů se musí provést nastavení stroje podle vysévané plodiny. Jedná se o:

K2 – výměnu výsevního kotouče při změně vysévané plodiny

K3 – nastavení klapky

K4 – seřízení velikosti zubové mezery

K5 – nastavení kolečka

Tabulka relativních priorit

Tab. 7.9 Tabulka relativních priorit

| Koncept | Relativní prioritá podle kritérií | | | | | |
|---------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | A | B | C | D | E | F |
| K1 | 0,12 | 0,11 | 0,34 | 0,09 | 0,28 | 0,48 |
| K2 | 0,48 | 0,11 | 0,34 | 0,09 | 0,52 | 0,11 |
| K3 | 0,12 | 0,43 | 0,07 | 0,41 | 0,11 | 0,23 |
| K4 | 0,05 | 0,28 | 0,03 | 0,15 | 0,05 | 0,06 |
| K5 | 0,03 | 0,07 | 0,22 | 0,26 | 0,05 | 0,12 |

| Kritérium | Relativní prioritá |
|-----------|--------------------|
| A | 0,06 |
| B | 0,33 |
| C | 0,33 |
| D | 0,15 |
| E | 0,06 |
| F | 0,06 |

Výsledek AHP

Tab. 7.10 Výsledek AHP

| Koncept | Priorita | Pořadí |
|---------|----------|--------|
| K1 | 0,21755 | 3 |
| K2 | 0,23203 | 2 |
| K3 | 0,25730 | 1 |
| K4 | 0,13582 | 5 |
| K5 | 0,14511 | 4 |

Analýza AHP ukázala výsledné priority u jednotlivých konceptů. Jako nejlepší koncept podle uvedených kritérií je K3. Pro ověření vhodnosti konceptu bylo provedeno externí posouzení obsahující koncepty K2 a K3.

Tab. 7.11 Externí posouzení konceptů.

| Technik | Koncept | |
|---------|---------|----|
| | K2 | K3 |
| 1 | | x |
| 2 | x | |
| 3 | x | |
| 4 | x | |
| 5 | x | |

Při vypracování externího posouzení konceptů byl využit názor pěti techniků. Většina z nich se shodla, že koncept K2 lépe splňuje zadání, a to zejména kvůli minimální frekvenci setí $40 \frac{\text{semen}}{s}$. U konceptu K3 všichni vyzdvihovali jeho univerzálnost

a možnost setí s neustále otevřenou klapkou. Důvod pro jeho nezvolení byla především nepřesnost setí.

Na základě metody AHP a externího posouzení jsme došli k závěru, že bude nejlepší použít koncept K2 (koncept centrální dávkovací mechanismus).

8 Návrh konstrukce

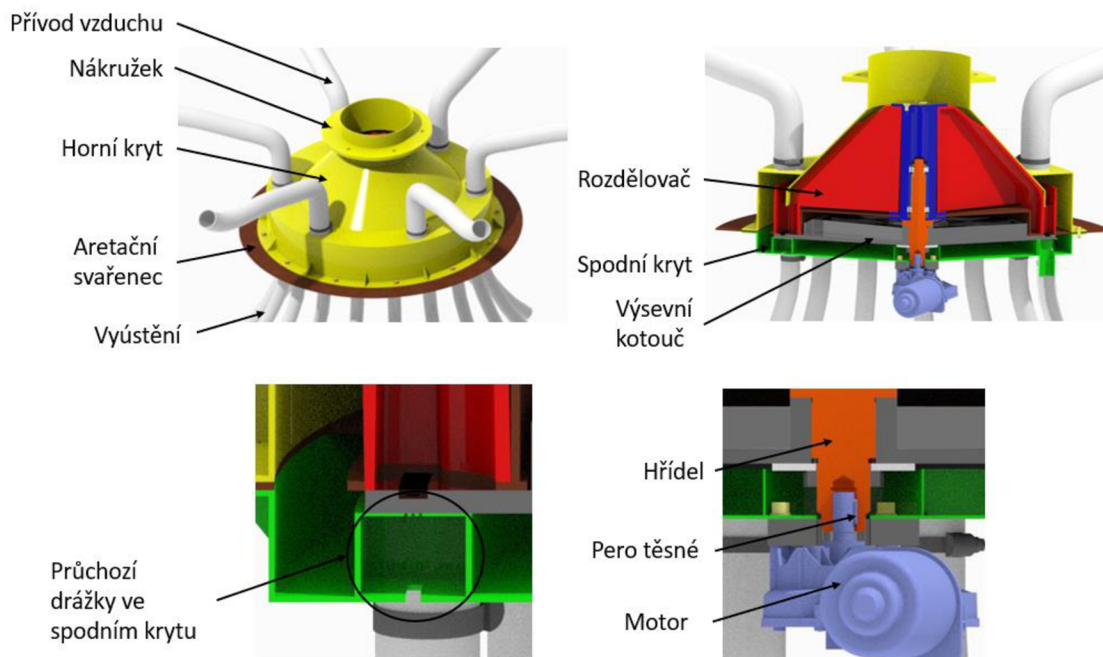
Po AHP analýze byl zhotoven prvotní návrh celého technického systému. Existuje několik přístupů, jak konstrukci vítězného konceptu pojmout. V případě této práce proběhlo rozhodování mezi dvěma možnostmi. První varianta uvažuje využití tvarově složitých plastových dílů, kde by byl využit jiný materiál pouze v pohonné části. Druhá varianta dává přednost jednoduchým ocelovým prvkům, které se svaří, ale ani v tomto případě není zcela možné vyloučit použití jiného materiálu než oceli. Oba přístupy mají svá pozitiva a negativa, proto bylo provedeno rozhodnutí podle stanovených kritérií. V diplomové práci bude rozpracován pouze jeden způsob, který vyplyne z rozhodovací tabulky .

Tab. 8.1 Rozhodovací tabulka varianty plast-kov.

| Kritérium | Varianta | |
|---------------------------|----------|-----|
| | Plast | Kov |
| Tuhost | | x |
| Vstupní náklady na výrobu | | x |
| Hmotnost | x | |
| Odolnost vůči rázu | | x |
| Množství dílů | x | |

Z (Tab. 8.1) vyplývá, že kovová varianta má více pozitiv. Proto bude v následujících krocích rozpracována právě ona.

Vstupní náklady na výrobu byly mezi kritéria zařazeny zejména kvůli případné tvorbě funkčního prototypu. Další výhodou kovové konstrukce je snadnější aplikace případných změn u prototypu. Těmto změnám se budeme ale snažit předejít, a to pečlivým provedením modelu a výpočtů.



obr. 8.1 Prvotní návrh konstrukce.

Prvotní návrh byl zpracován podle vybraného konceptu s několika změnami. Mezi hlavní patří vytvoření průchozích drážek ve spodním krytu v pozicích plnění výsevního kotouče semeny. Tato úprava bude mít pozitivní vliv na rychlost a spolehlivost zaplnění výsevního kotouče, jelikož tlak v dávkovacím mechanismu bude mít snahu se vyrovnat s atmosférickým tlakem. Další výraznou změnou je sloučení dílů sloužící k vytvoření komor do rozdělovače.

Při tvorbě konceptu nebyla řešena problematika spojení jednotlivých součástí k sobě. Pokud pomineme závitové spoje, tak mezi nejdůležitější montážní prvky patří aretační svařenec, nákrůžek a těsné pero. Aretační svařenec slouží k zamezení pohybu rozdělovače, čehož je docíleno geometrií zmíněných dílů a následným přitažením svařence k hornímu krytu pomocí šroubů. Jeho přečnávající část je určena k přidělení dávkovacího mechanismu k rámu stroje. Tuto funkci plní i nákrůžek. Díky geometrickému uspořádání sestavy a potřebě snadného rozpojení hřídele s elektromotorem bylo jako spojky využito pera (viz obr. 8.1).

9 Optimalizace a přezkoumání prvotního návrhu

Pro vytvoření produktu, který bude splňovat všechny potřebné požadavky, je potřeba provést optimalizaci a přezkoumání prvotního návrhu. K tomuto účelu slouží různé metody, které jsou určeny především k zajištění nízkých výrobních nákladů a spolehlivosti navrhovaného zařízení. Výrobní náklady se dají nejlépe minimalizovat ve vývojové fázi. Jelikož u prvotního návrhu mohou vzniknout spolehlivostní nedostatky, kterých si konstruktér nemusí všimnout, je vhodné využít určitých přístupů pro jejich eliminaci.

9.1 Desing for X (DFX)

Mezi první aplikované metody se řadí *Desing for X (DFX)*. Jedná se o souhrn metod, které mají za cíl snižovat výrobní náklady. Může se jednat například o snížení finanční náročnosti u výroby dílu, montáže, demontáže atd. Mezi DFX patří:

- Desing for Assembly (DFA)
- Desing for Manufacture (DFM)
- Desing for Disassembly (DFD)
- Desing for Environment (DFE)
- Desing for Maintainability (DFMT)
- Desing for Packing (DFP)

Na zásady uvedených metod je vhodné myslet už při tvorbě prvotního návrhu. Při aplikaci případných konstrukčních změn musí mít vývojový pracovník na paměti, zda náklady na jeho činnost budou mít požadovaný ekonomický efekt. Například u sériově vyráběných produktů může mít snížení výrobních nákladu o několik korun velmi příjemný finanční přínos.

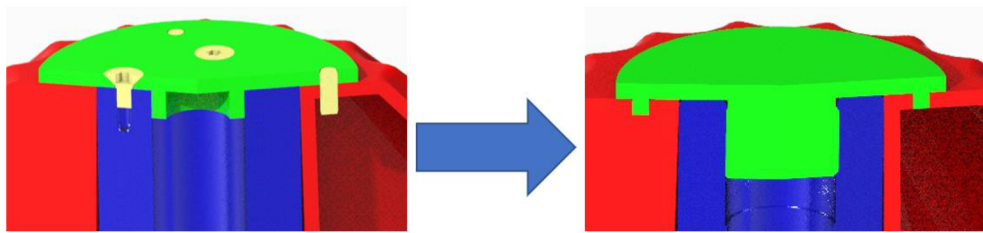
V rámci diplomové práce se budeme zabývat převážně metodami DFA a DFM.

9.1.1 Desing for assembly (DFA)

Jedná se o metodu, která se zabývá konstruováním s ohledem na montáž. Návrh by se měl skládat, pokud možno, z malého počtu dílů s možností snadného vložení

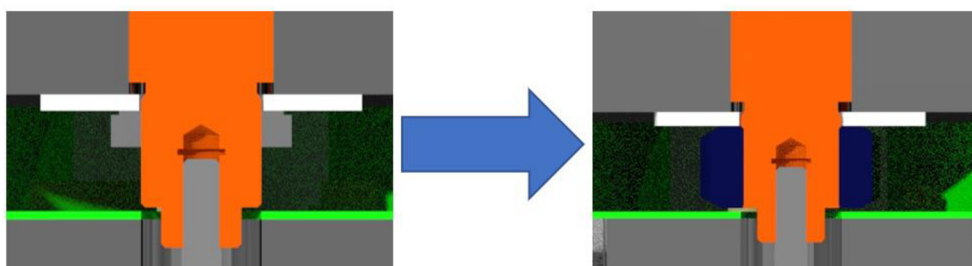
a upevnění. Už při tvorbě prvotního návrhu byla snaha klást důraz na zásady této metody, ale i tak bylo odhaleno několik možností optimalizace.

1. Horní víčko je k ložiskovému domečku přiděláno pomocí čtyř šroubů. Dále obsahuje otvory pro čtyři kolíky, které slouží k vycentrování pohonné části vzhledem k rozdělovači. V optimalizovaném návrhu jsou kolíky i šrouby nahrazeny geometrickou úpravou spojovaných dílů (viz obr. 9.1).



obr. 9.1 DFA úprava 1.

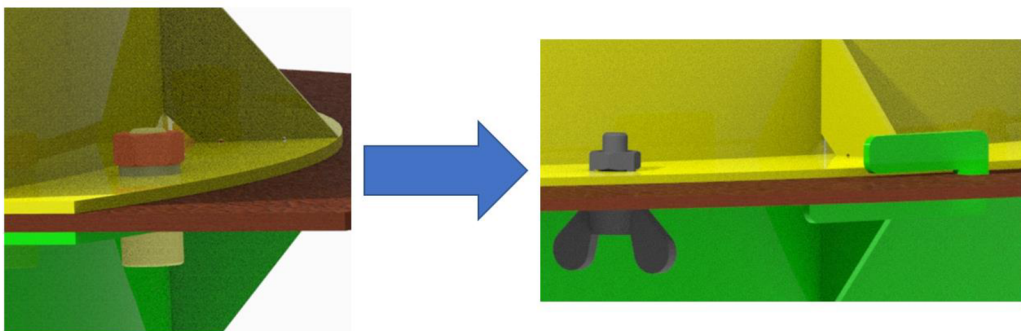
2. V nynějším návrhu je přenos točivého momentu z hřídele na výsevní kotouč uskutečněn pomocí rovnobokého drážkování, kde k zamezení axiálního posuvu kotouče slouží podložka a pojistná KMK matice, která potřebuje k montáži několik kroků. V optimalizovaném návrhu bude zajištění provedeno maticí s levým závitem (viz obr. 9.2). Stejně se upevňuje např. řezný kotouč na cirkulárce. Pokud je směr otáčení ve směru hodinových ručiček, matice má tendenci se dotahovat.



obr. 9.2 DFA úprava 2.

3. Při montáži spodního krytu je využito několika šroubů a matic. Jelikož kryt bude potřeba poměrně často oddělovat a přidělovat kvůli výměně výsevního kotouče,

není tento způsob zcela vhodný. Při těchto operacích vznikne problém zejména v nutnosti neustálého přidržování krytu rukou v průběhu uvedených činností. V důsledku toho bude akce fyzicky náročná, což v jisté míře souvisí i s časovou náročností. V optimalizovaném návrhu bude taktéž využito šroubových spojů, ale v jiném provedení. Na okraji spodního krytu jsou přivařené plechy tvarem připomínající háčky. Ty se zasadí do otvorů v aretačním svařenci a mírným pootočením se tvarovou vazbou minimalizuje posuv v axiálním směru. Nyní má pracovník obě ruce volné k utažení křídlových šroubů do přivařených matic v horním krytu (viz obr. 9.3).



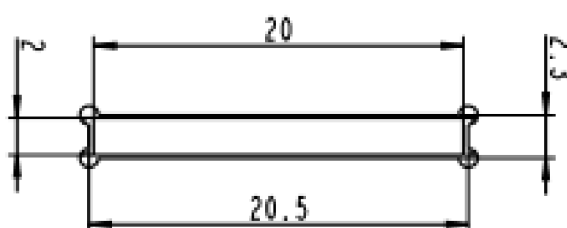
obr. 9.3 DFA úprava 3.

9.1.2 Design for Manufacture (DFM)

Při dodržení principů této metody lze snížit náklady na výrobu dílů či podsestav. Je vhodné navrhovat součástky, které se budou snadno vyrábět. Také je třeba brát zřetel na použití běžných konstrukčních materiálů a polotovarů. Ve strojírenství existuje nespočet výrobních technologií a každá z nich má jiné zásady pro návrh dílů: například u obrábění se doporučuje minimalizovat počet upnutí a aplikovat takové tvary obrobku, které lze vyrobit běžnými nástroji.

Po přezkoumání prvotního návrhu nebyly zjištěny vážnější nedostatky z pohledu této metody. Geometrie plastových dílů, mezi které se řadí rozdělovač a výsevní kotouč, zahrnuje úkosey, rádiusy a žebra. Dá se předpokládat, že pro případnou výrobu funkčního prototypu by se využila technologie 3D tisku, která se v dnešní době dostává už i do sériové výroby, a to za předpokladu, že finanční náročnost výroby nástrojů pro jiné technologie by byla neekonomická z pohledu počtu vyprodukovaných kusů.

Při výrobě každého plechového dílu bude využito technologie laserového řezání, kde u některých se jedná pouze o přípravu polotovaru pro následnou operaci zakružování nebo třískového obrábění. Vyrobené díly jsou převážně využity ke svaření jednotlivých funkčních celků. U dělení plechů laserem nevznikají zvláštní požadavky na geometrii kontury dílů, což umožňuje neproblematickou přípravu zámků pro následné svařování. Zámky musí být navrženy s určitými vůlemi, aby do sebe správně zapadly. V diplomové práci byly využity vůle (viz obr. 9.4). Zámky stanovují polohu dílů vůči sobě, což má za následek dvě věci: svářeči se velice usnadní práce a částečně se eliminuje případná potřeba návrhu a výroby svařecích přípravků.



obr. 9.4 Geometrie zámků.

9.2 Metoda FMEA-K

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) je užitečná metoda, která slouží k analýze spolehlivosti. V našem případě bude použita FMEA-K, kde poslední písmeno udává, že se jedná o FMEA-konstrukční. Tato metoda zkoumá projevy a důsledky poruch, které vyplývají z nedostatků konstrukčního návrhu. Jedná se o normalizovanou metodu, která využívá kontrolní listy obsahující předem definované sloupce. Možné poruchy se číselně hodnotí v rozmezí 1-10 ze tří hledisek:

Tab. 9.1 Hodnocení FMEA-K.

| Hledisko | Body | |
|-----------|----------------------------|-----------------------------|
| | 1 | 10 |
| Výskyt | porucha je nepravděpodobná | porucha nastává neustále |
| Závažnost | porucha je bez následků | porucha má fatální následky |
| Detekce | bezproblémová detekce | nemožná detekce |

Pokud je hotové bodové ohodnocení možných poruch, vypočte se rizikové číslo (RPN), což je součin bodů z jednotlivých hledisek. Pokud toto číslo přesáhne hodnotu 100, je třeba navrhnout vhodná opatření a provést bodové ohodnocení znovu.

Tab. 9.2 FMEA-K

| FMEA-K | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---|----------------------------|---------------|-----------|---------|---------------|---|-------------------------------|-----|--------|-----------|---------|
| Součást | Místo poruchy | Možný způsob poruchy | Možný důsledek poruchy | Možné příčiny poruchy | Bežné kontroly | Současný stav | | | Výsledný stav | | | RPN | | | |
| | | | | | | Výskyt | Závažnost | Detekce | RPN | Doporučené opatření | Přijatá opatření | | Výskyt | Závažnost | Detekce |
| singulátor | místo připevnění k rozdělovači | nedrží | nefunkční | pevnost | kontrola použitého lepidla | 3 | 8 | 3 | 72 | | | | | | |
| | štetiny | utrhí | nefunkční | střih | zkušenosť | 5 | 7 | 7 | 245 | zkouška prototypu | - | - | - | - | |
| hřídel | průřez | lom | destrukce dílu | poddimenzované | výpočet | 3 | 10 | 3 | 90 | | | | | | |
| | vnitřní část | drhne | destrukce dílu | nečistoty | zkušenosť | 5 | 8 | 3 | 120 | použití zakrytovaných ložísek | použití zakrytovaných ložísek | 2 | 8 | 3 | 48 |
| horní kryt | průřez | lom | destrukce dílu | poddimenzované | MKP analýza | 3 | 10 | 5 | 150 | zkouška prototypu | - | - | - | - | |
| | povrch | zkorodovaný | vzhledová vada/destrukce dílu | nevhodný materiál/nevhodná povrchová úprava | konzultace se specialistou | 3 | 6 | 2 | 36 | | | | | | |
| aretační svařenec | průřez | lom | destrukce dílu | poddimenzované | MKP analýza | 3 | 10 | 5 | 150 | zkouška prototypu | - | - | - | - | |
| | povrch | zkorodovaný | vzhledová vada/destrukce dílu | nevhodný materiál | konzultace se specialistou | 3 | 6 | 2 | 36 | | | | | | |
| spodní kryt | průřez | lom | destrukce dílu | poddimenzované | MKP analýza | 3 | 10 | 5 | 150 | zkouška prototypu | - | - | - | - | |
| | povrch | zkorodovaný | vzhledová vada/destrukce dílu | nevhodný materiál/nevhodná povrchová úprava | konzultace se specialistou | 3 | 6 | 2 | 36 | | | | | | |
| | místo styku s výsevním kotoučem | hrubý | poškození výsevního kotouče | drsnost | výstupní kontrola návrhu | 3 | 7 | 5 | 105 | obrobit svařenec | zahrnutí přířadku na obrábění | 1 | 7 | 5 | 35 |
| | drážkování | těsný | poškození výsevního kotouče | nedostatečný rozměr | kontrola návrhu | 4 | 7 | 5 | 140 | zkouška prototypu | - | - | - | - | |
| výsevní kotouč | drážkování | lom | nefunkční | poddimenzované | výpočet | 3 | 8 | 3 | 72 | | | | | | |
| | místo styku se spodním krytem | drhne | destrukce dílu | nenamázáno | kontrola návrhu | 5 | 8 | 5 | 200 | kontrola součinitele tření mezi objekty | nanesení kluzné vrstvy | 1 | 8 | 5 | 40 |

10 Výpočtová zpráva

10.1 Návrh elektromotoru

Pro konstrukci byla zvolena varianta pohonu pomocí elektromotoru, která umožňuje snadnou variabilitu frekvence dávkování. Pro návrh elektromotoru je zapotřebí zjistit potřebný počet otáček a točivý moment.

Tab. 10.1 Hodnoty pro výpočet otáček elektromotoru.

| Veličina | Hodnota |
|-----------------------------|---|
| Frekvence dávkování | 40 $\left[\frac{\text{semen}}{s}\right]$ |
| Počet děr ve výsev. kotouči | 160 $\left[\frac{\text{semen}}{s}\right]$ |

$$n_k = \frac{\text{frekvence dávkování}}{\text{počet děr ve výsev. kotouči}} = \frac{40}{160} = 0,25 \frac{\text{ot}}{s} = 15 \frac{\text{ot}}{\text{min}} \quad (10.1.1)$$

Pro výpočet potřebného točivého momentu k uvedení rotační části výsevního mechanismu do pohybu je zapotřebí znát moment setrvačnosti k ose rotace, což je v našem případě osa y. Kvůli složitosti dílů byl použit 3D software, který po zadání použitých materiálů dokáže tuto informaci sdělit. Dále je potřeba určit požadovaný čas pro rozpořbování soustavy na požadované otáčky.

Tab. 10.2 Hodnoty pro výpočet potřebného točivého momentu.

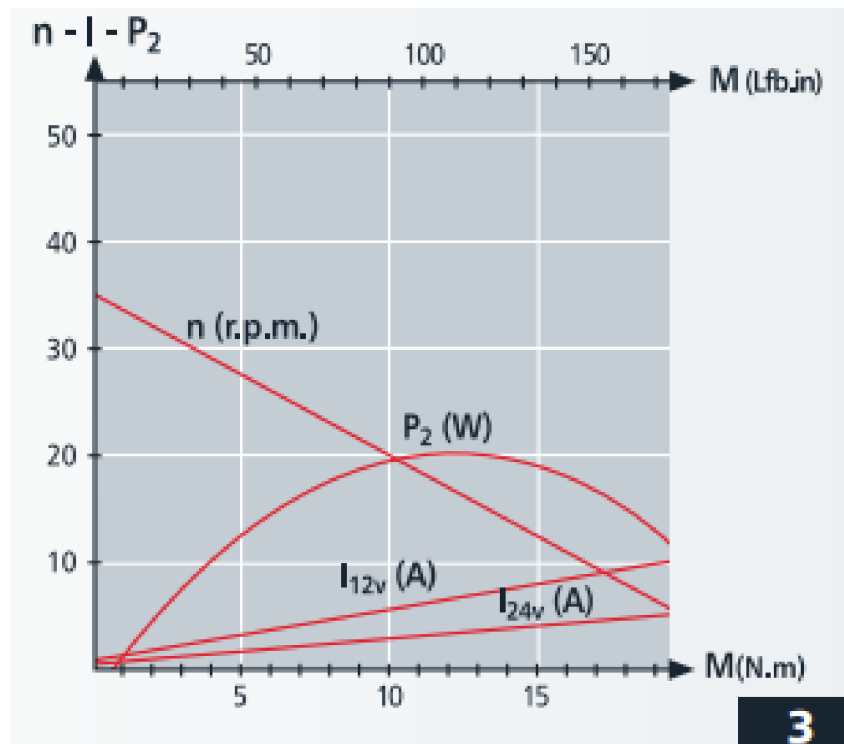
| Veličina | Značení | Hodnota |
|------------------------------------|---------|---------------------------|
| Moment setrvačnosti rotující části | J_y | 0,105 kg * m ² |
| Čas | t | 0,5 s |

$$M_k = J_y * \varepsilon = J_y * \frac{2 * \pi * n_k}{t} = 0,105 * \frac{2 * \pi * 0,25}{0,5} = 0,33 \text{ N} * \text{m} \quad (10.1.2)$$

Uvedený výpočet nezahrnuje vliv několika faktorů, které budou mít dopad na potřebný točivý moment. Jedná se především o velikost tření mezi výsevním kotoučem a spodním krytem. Tato veličina je pro nás neznámá. Po konzultaci s odborníkem z firmy vyrábějící

zemědělské stroje bylo rozhodnuto, že navrhovaný motor musí splňovat minimální požadavek $M_k = 6 N \cdot m$ při provozu.

Podle uvedených kritérií byl zvolen stejnosměrný elektromotor od společnosti DOGA s označením DO11137632B00/3049, který se vyznačuje točivým momentem $6 N \cdot m$ při otáčkách $25 \frac{ot}{min}$, což umožní dosažení požadovaného točivého momentu i při vyšších frekvencích dávkování. Z momentové charakteristiky (viz obr. 10.1) je patrné, že při otáčkách $15 \frac{ot}{min}$ moment vzroste na hodnotu $14 N \cdot m$. Této hodnoty by nemělo být při provozu dosaženo, ale i tak bude použita při pevnostních výpočtech součástí namáhaných na krut, jelikož uvedený fakt podpoří bezpečnost. Hřídel elektromotoru o průměru $9 mm$ již z výroby obsahuje drážku pro pero, což koresponduje s naším návrhem.



obr. 10.1 Momentová charakteristika elektromotoru [13].

10.2 Návrh drážkování

Základní rozměry byly stanoveny už při prvotním návrhu, proto bude provedena pouze kontrola na otláčení.

Tab. 10.3 Hodnoty pro návrh drážkování.

| Veličina | Značení | Hodnota |
|---|---------|-------------------------|
| Malý průměr drážkování | d_1 | 36 mm |
| Velký průměr drážkování | d_2 | 40 mm |
| Délka drážkování | l | 30 mm |
| Účinná plocha drážek na jednotku délky náboje | f' | 7,2 mm |
| Krouticí moment | M_k | 14 N * m |
| Dovolený tlak | p_D | dle zvoleného materiálu |

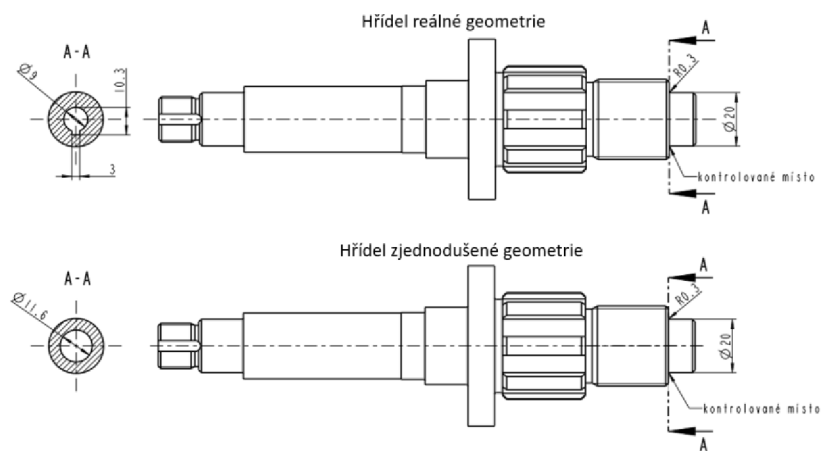
$$p = \frac{4 * M_k}{l * (d_1 + d_2) * f'} \leq p_D \quad (10.2.1)$$

$$p = \frac{4 * 14000}{30 * (36 + 40) * 7,2} = 3,4 \text{ MPa} \quad (10.2.2)$$

$$p < p_D \quad (10.2.3)$$

10.3 Kontrola hřídele

Hřídel je zatížena statickým krutem od elektromotoru, který je odebírán na drážkování. Kritické místo je zobrazené na (obr. 10.2). Jelikož nebyl nalezen součinitel tvaru pro náš případ, bude úloha zjednodušená tím, že průměr otvoru v hřídeli bude zvětšen o hodnotu, která se rovná dvojnásobku hloubky drážky pro pero. Pro výrobu je využit materiál 11500.



obr. 10.2 Geometrie kontrované hřídele.

Tab. 10.4 Potřebné hodnoty pro kontrolu hřídele.

| Veličina | Značení | Hodnota |
|-----------------------|----------------|----------------|
| Velký průměr hřídele | D | 20 mm |
| Průměr otvoru hřídele | d | 11,6 mm |
| Rádus | r | 0,3 mm |
| Krouticí moment | M_k | 14 N * m |
| Mez kluzu | Re | 260 MPa |

Jmenovité napětí

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{16 * M_k * D}{\pi * (D^4 - d^4)} = \frac{16 * 14000 * 20}{\pi * (20^4 - 11,6^4)} = 10,05 \text{ MPa} \quad (10.3.1)$$

Maximální napětí

Součinitel tvaru $\alpha = 1,8$ [14]

$$\tau_{max} = \tau_k * \alpha = 10,05 * 1,8 = 18,09 \text{ MPa} \quad (10.3.2)$$

Výpočet bezpečnosti

$$k = \frac{0,6 * Re}{\tau_{max}} = \frac{0,6 * 260}{18,09} = 8,6 [-] \Rightarrow \text{VYHOVUJE} \quad (10.3.3)$$

Výsledná bezpečnost vychází poměrně vysoká, ale v našem případě nevytváří natolik negativní účinek, abychom museli upravovat geometrii hřídele, která je také do jisté míry spjatá s tvarovým uspořádáním navrhovaného zařízení. Ušetřené množství materiálu ovlivňující hmotnost a potřebné finanční prostředky na výrobu jsou zanedbatelné.

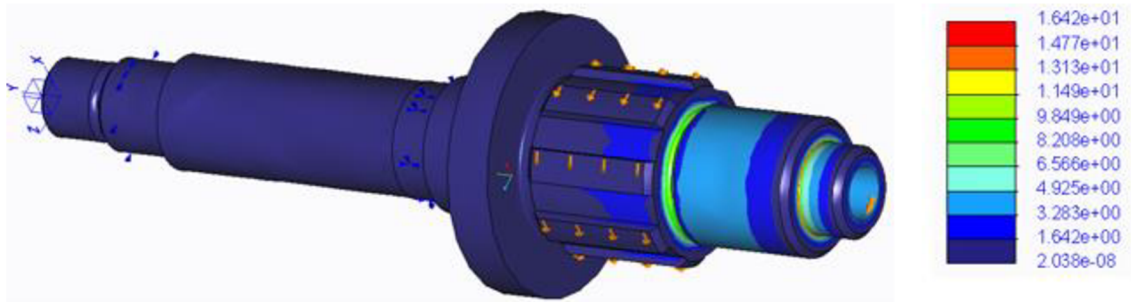
Ověření výpočtu MKP

Pro ověření výpočtu napětí bylo využito statické analýzy pomocí metody konečných prvků. Celá konstrukce byla provedena v programu CREO, který také disponuje možností využití nástroje MKP.

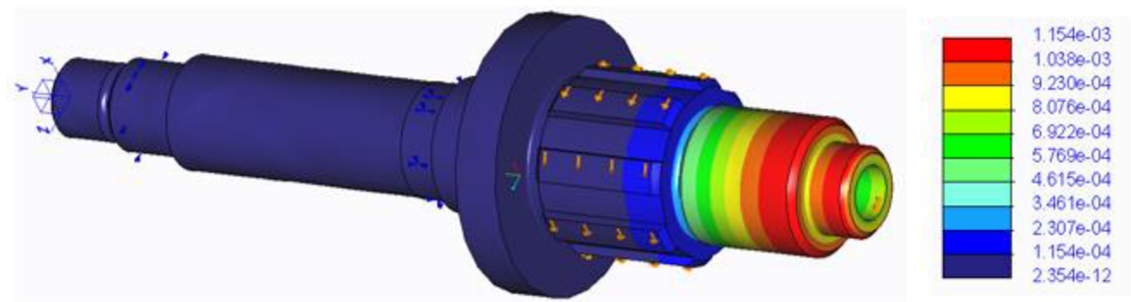
Před vkročením do výpočtového prostředí bylo potřeba připravit data do správné podoby, což zahrnovalo především aplikaci rádiusů od řezného nástroje na ostré hrany hřídele. Tato operace je neopomenutelná v kritických místech. Poté se přešlo do výpočtového prostředí, kde bylo zapotřebí nadefinovat materiál, vazby a zatížení. Vazby jsou aplikované dle uložení ložisek. Jedno slouží jako axiálně vodící a druhé jako

posuvné. Takovéto uspořádání dokáže vyrovnat výrobní nepřesnosti a změny vyvolané provozní teplotou.

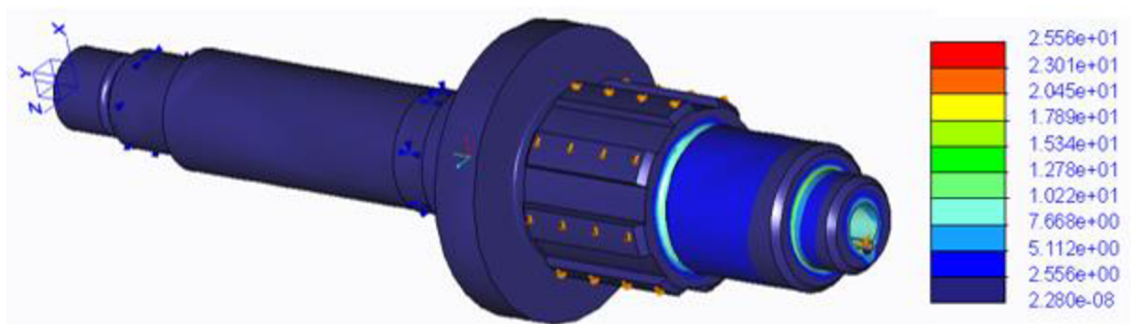
Výpočet bude proveden pro dvě varianty. Hřídele zjednodušené geometrie, kde výstup bude porovnán s analytickým řešením, a hřídele reálné geometrie. Po provedení prvotních výpočtů u obou variant byla v místě s největší hodnotou napětí zjemňována síť, a to do doby, než vypočtená hodnota konvergovala ke správnému řešení.



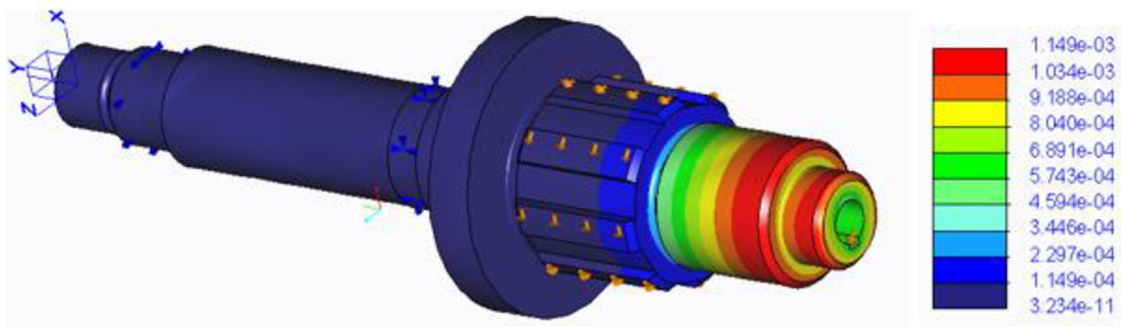
obr. 10.3 Statická analýza hřídele zjednodušené geometrie - napětí (von Mises).



obr. 10.4 Statická analýza hřídele zjednodušené geometrie - posunutí.



obr. 10.5 Statická analýza hřídele reálné geometrie - napětí (von Mises).



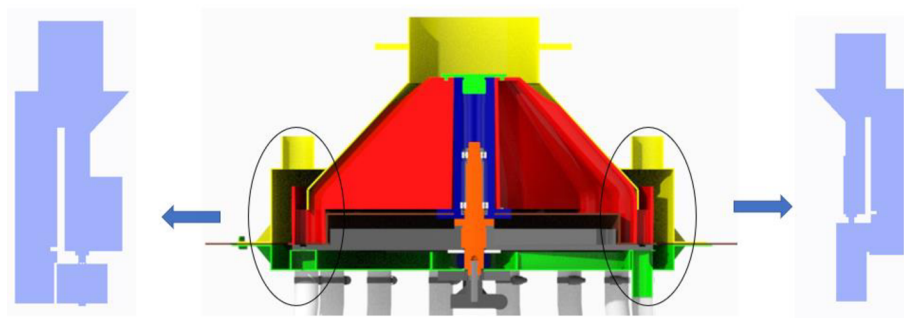
obr. 10.6 Statická analýza hřídele reálné geometrie - posunutí.

Veškeré výstupy z výpočtů jsou uvedeny v jednotkách pro napětí [MPa] a pro posunutí [mm]. Z (obr. 10.3) je patrné, že výsledné napětí získané pomocí MKP se hodnotou blíží k výsledku z analytického výpočtu. Analýza hřídele reálné geometrie ukazuje, že drážka pro pero vytvoří vrub, který bude mít za následek zvýšení napětí v kritickém místě, ale bez důsledku na funkčnost dílu.

10.4 Výpočet proudění vzduchu

Výsevní mechanismus pro svou správnou funkci využívá proudění vzduchu. Jelikož je potřeba zjistit, zda dochází k potřebným změnám tlaků v jednotlivých místech, byla uskutečněna jeho simulace v softwaru ANSYS.

V první fázi byla úloha zjednodušena na 2D problematiku, a to kvůli náročnosti výpočtu. Příprava potřebné geometrie, která je znázorněná na (obr. 10.7), proběhla v programu CREO. Jednalo se o vytvoření řezů plnicí komorou a komorou s vyústěním. Z toho vyplývá, že do výpočtu není zahrnutý prostor rozdělovače, který přivádí semena.

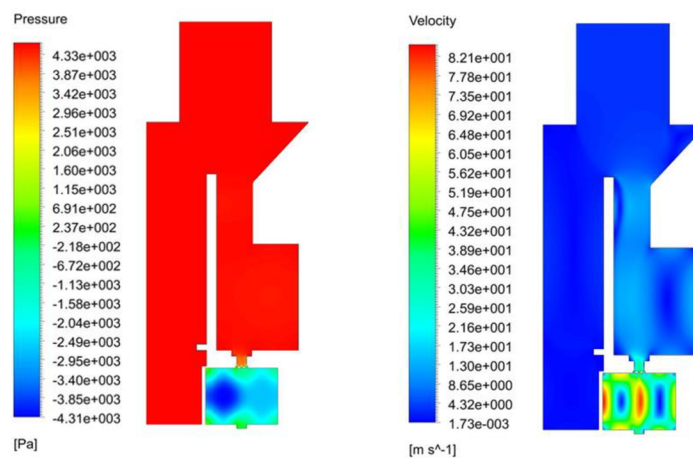


obr. 10.7 Geometrie - výpočet proudění vzduchu.

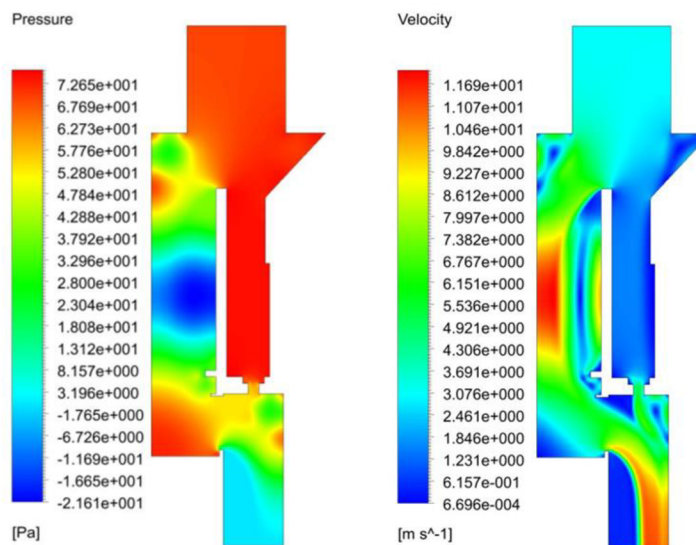
Po importování dat do softwaru ANSYS proběhlo nastavení veškerých náležitostí, které jsou potřeba pro provedení výpočtu. Jednalo se o vymezení geometrie, což znamená určení místa přívodu vzduchu, odvodu vzduchu a oblasti mezi nimi. Dále se musely definovat vlastnosti proudícího média (vzduchu), a jeho počáteční rychlost.

Tab. 10.5 Parametry vzduchu.

| Veličina | Značení | Hodnota |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|
| Počáteční rychlost vzduchu | v_{vz} | 3,15 m/s |
| Hustota vzduchu | ρ_{vz} | 1,225 kg/m ³ |
| Kinematická viskozita vzduchu | γ_{vz} | $1,79 * 10^{-5} m^2/s$ |

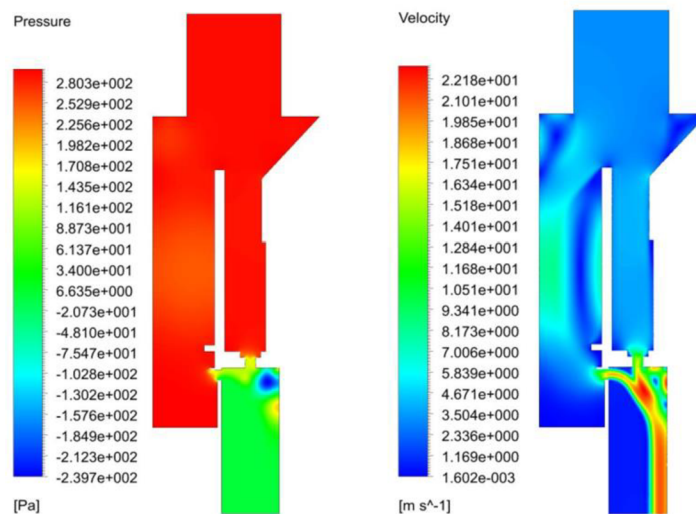


obr. 10.8 Výstup ze simulace proudění vzduchu – plnicí komora.



obr. 10.9 Výstup ze simulace proudění vzduchu – komora s vyústěním.

Výstup z výpočtu proudění v oblasti plnicí komory (obr. 10.8) je uspokojivý. Dokazuje, že doopravdy bude docházet k vyrovnání tlaků mezi výsevním mechanismem a okolím, což zapříčiní přitáhnutí semena do otvoru ve výsevním kotouči. O výstupu z druhého výpočtu v oblasti komory s vyústěním (obr. 10.9) bohužel nelze říct to samé: pokles tlaku pod otvorem ve výsevním kotouči je minimální, což nezaručí správnou funkci zařízení. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno ke zmenšení průřezu otvoru, který vpouští vzduch do vyústění (obr. 10.10).



obr. 10.10 Výstup ze simulace proudění vzduchu – úprava komory s vyústěním.

Nyní už dochází ke většímu poklesu tlaku pod otvorem výsevního kotouče, což je v souladu s konstrukčním návrhem.

V této kapitole bylo ověřeno, zda konstrukční řešení je v souladu s myšlenkou autora práce. Přesné vstupní a výstupní parametry je kvůli tvarové rozmanitosti semen potřeba zjistit pomocí experimentu.

11 Detailní popis finálního konstrukčního návrhu

Návrh výsevního mechanismu je rozložen do poměrně rozsáhlého textu, který je podpořen obrázky, proto jsme se rozhodli k jeho shrnutí do ucelené kapitoly. V nadcházejícím textu bude uveden princip setí semen a finální konstrukční návrh. Dále budou uvedeny důležité informace, které prozatím nebyly zmíněny.

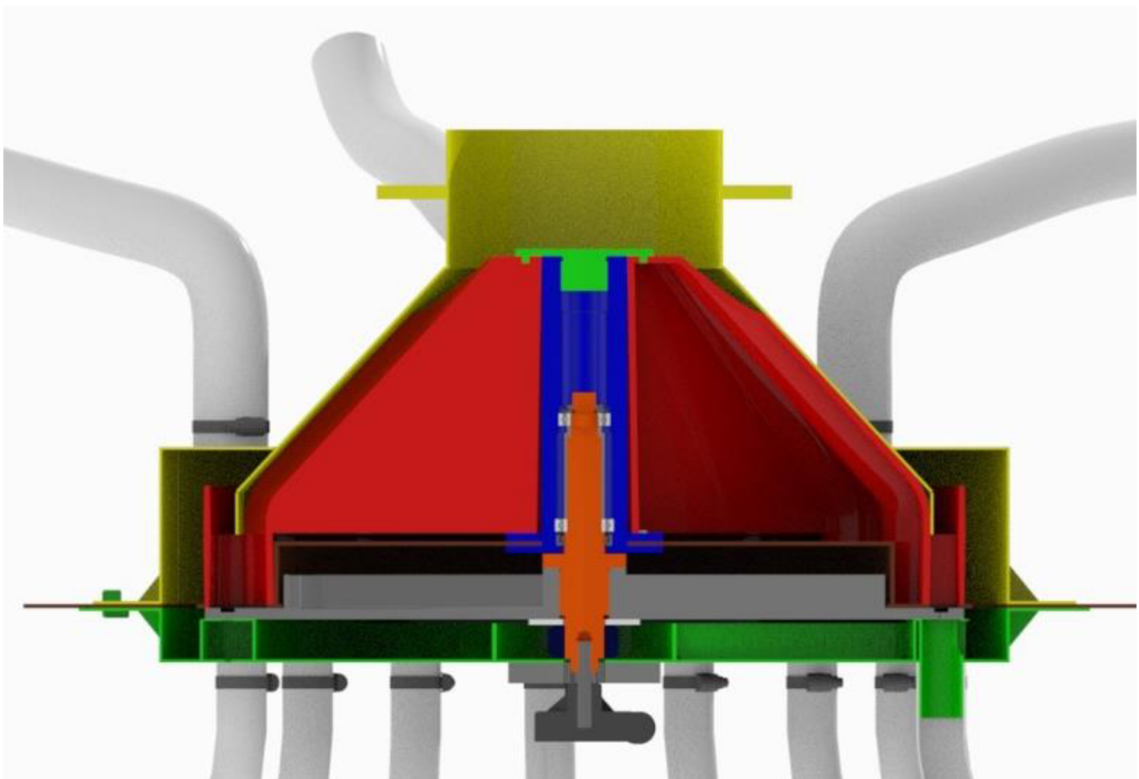
Princip činnosti finálního konstrukčního návrhu koresponduje s vítězným konceptem. Semena padají z přetlakové násypky na rozdělovač, který je dopraven do každé druhé komory, vytvořené v těsné blízkosti od výsevního kotouče. V plnicí komoře se vlivem přiváděného vzduchu z šesti přívodů vytvoří tlak, který přitlačí semena do otvorů v kotouči. Tento jev je podpořen tím, že ve spodním krytu je pod plnicí částí vytvořena průchozí drážka. Uvedený fakt zapříčiní rychlejší zaplnění výsevního kotouče, díky snaze vyrovnání tlaku ve výsevním mechanismu s tlakem okolí (atmosférickým). Dále jsou semena unášena rotačním pohybem výsevního kotouče skrz singulátor ve formě štětín do vypouštěcí komory, kde se v jisté fázi setká otvor výsevního kotouče s otvorem vyústění, kterým uniká „přebytečný“ vzduch z dávkovacího mechanismu. Unikající vzduch zapříčiní pokles tlaku, jehož následkem bude semeno vtáhnuto do vyústění, které je propojeno pomocí semenovodu se secí botkou. Pro finální konstrukční návrh byl zvolen šestnáctiřádkový výsevní mechanismus, z toho vyplývá, že obsahuje třicet dva komor a šestnáct vyústění. V tomto případě, pokud budeme sít kukuřici, kde rozteč mezi jednotlivými řádky je 0,75 m, bude záběr stroje 12 m.

Konstrukce se skládá z krytů obsahující jednoduché plechové díly svařené do funkčních celků, aretačního svařence, pohonné části, plastového rozdělovače, výsevního kotouče a dalších komponent. Mezi výsevním kotoučem a spodním krytem dochází ke styku. Kvůli možným nerovnostem na stykové ploše krytu bylo přistoupeno k aplikaci přídatku na obrábění, který bude následně ubrán třískovým obráběním. Negativní je také vznikající tření, které se do jisté míry dá eliminovat nanesením vrstvy Klüberplus S 03-105 na třecí plochu plastového výsevního kotouče. Jedná se o PTFE disperzi v organickém pojivu, která se vyznačuje dobrou přilnavostí k plastům a součinitelem tření s ocelí $f = 0,05$.

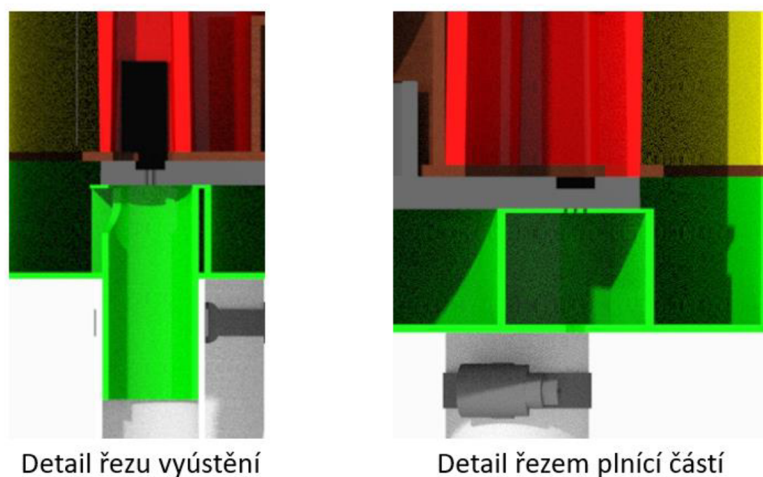
Plechové funkční celky je potřeba chránit vůči korozi. Jako nejlepší řešení se jeví provedení povrchové úpravy niklováním, které zároveň zajistí atraktivní vzhled. V této fázi panovaly jisté pochyby, zda je možné tuto technologii uplatit na naše zařízení, proto byl proveden průzkum. Nejlepší shoda byla nalezena ve vyhlášce č.38/2001Sb. zabývající se výrobky určené pro styk s potravinami, kde je uvedeno: „*Chromování a niklování, avšak pouze pro krátkodobý styk s potravinami (včetně nápojů) nebo pro styk se suchými potravinami (s nejvýše 20% vlhkostí) [14]*“. Niklování tedy v našem případě není problém.



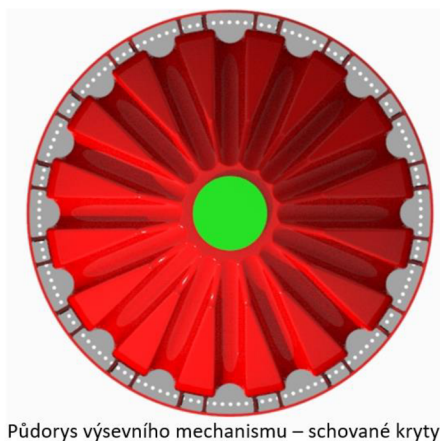
obr. 11.1 Přední pohled na výsevní mechanismus.



obr. 11.2 Řez výsevním mechanismem.



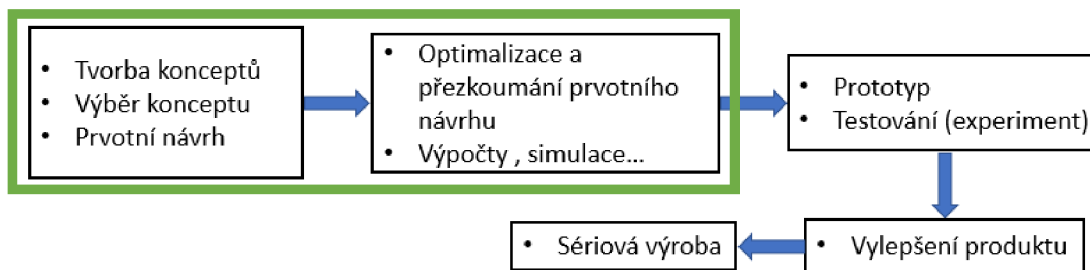
obr. 11.3 Vybrané zobrazení detailů výsevního mechanismu



Půdorys výsevního mechanismu – schované kryty

obr. 11.4 Pohled na komory.

Před zavedením výsevního mechanismu na trh bude zapotřebí provést výrobu prototypu a uskutečnit několik experimentů, které poskytnou důležité informace pro výrobu spolehlivého zařízení. Především bude zapotřebí zjistit množství přiváděného vzduchu do výsevního mechanismu pro jednotlivé typy vysévaných plodin. S tím je také spjatá dimenzace některých součástí. Další potřebnou informací bude velikost vůle, respektive velikost a umístění tolerančního pole, mezi výsevním kotoučem a spodním krytem. Experimenty bohužel v diplomové práci nemohou být provedeny především kvůli finanční náročnosti. Celý postup návrhu zařízení až po zavedení do výroby je uveden na (obr. 11.5).

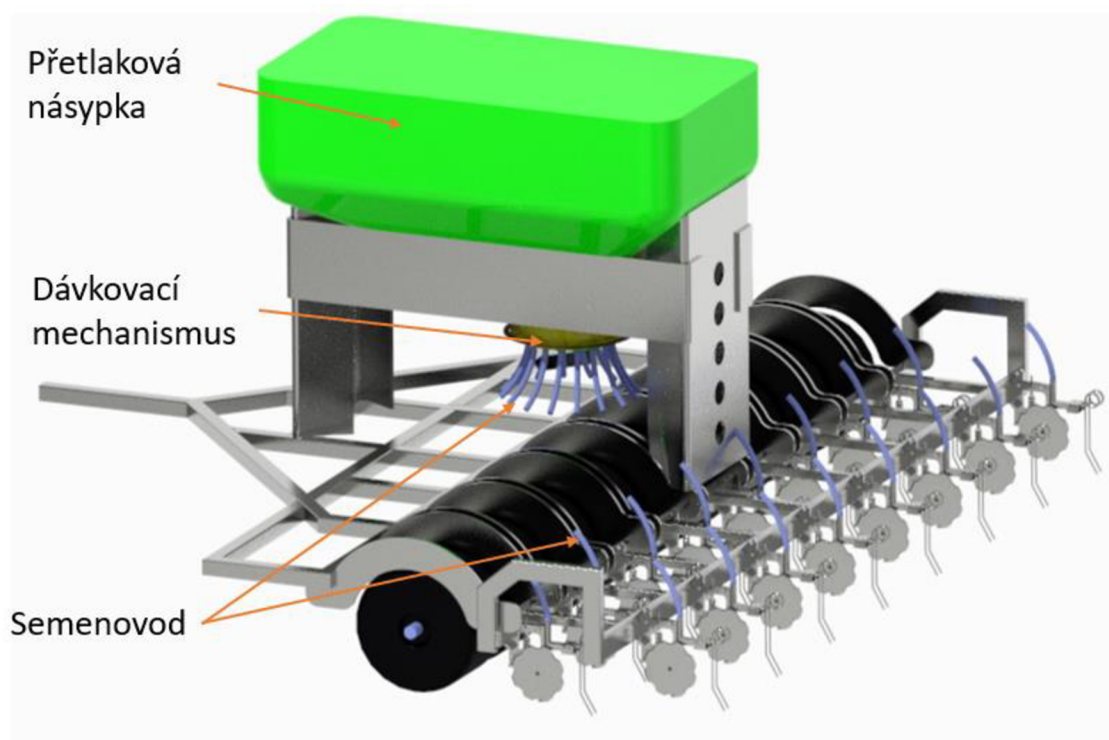


obr. 11.5 Postup návrhu zařízení až po zavedení do výroby.

11.1 Ustanovení výsevního mechanismu do secího stroje

Secí stroje se skládají z mnoha dílů, při jejichž navrhování obvykle spolupracuje několik techniků. Jeho realizace je výrazně nad rámec zadání diplomové práce. Proto byl vytvořen alespoň (obr. 11.6), který zachycuje možné geometrické uspořádání celého stroje.

Pro správnou funkci dávkovacího mechanismu musí být délka všech semenovodů stejně dlouhá, aby byla zaručena rovnoměrnost výsevu. V našem případě jsou znázorněny pouze místa, odkud a kam vedou. Ve skutečnosti by to byla celistvá hadice.



obr. 11.6 Ustanovení výsevního mechanismu.

12 Ekonomické zhodnocení

Při konstrukci výrobku je kladen velký důraz na finanční náročnost výroby. V této kapitole budou vykalkulovány potřebné peněžní zdroje pro zhotovení jednoho exempláře našeho produktu, a to zejména kvůli výrobě prototypu. Cenu je možné snížit tím, že budou v co největším možném měřítku využity standardizované a typizované díly. Kromě nízké ceny mají tyto komponenty mnoho dalších výhod, mezi které se řadí například nahraditelnost, technická podpora od dodavatele, rychlé doručení, vyšší kvalita atd. Zároveň jsou ve velkém množství případů poskytována 3D data, která lze snadno použít při vytváření modelu navrhovaného zařízení. Uvedená skutečnost nás vede k vytvoření dvou kategorií použitých součástí. Jedná se o nákupové (Tab. 12.1) a vyráběné díly (Tab. 12.2).

Tab. 12.1 Ekonomické zhodnocení – nakupované díly.

| NÁZEV | POČET [ks] | CENA ZA KUS [Kč] | CENA CELKEM [Kč] |
|--|------------|------------------|------------------|
| LOŽISKO 61905 2RZ | 1 | 356,22 | 356,22 |
| LOŽISKO 61904 2RZ | 1 | 345,22 | 345,22 |
| GUFERO 29-40-8 WAS NBR | 1 | 25,56 | 25,56 |
| MOTOR DO11137632B00/3049 | 1 | 3590 | 3590 |
| MATICE KM3 DIN 981 | 1 | 30 | 30 |
| POJISTNÁ PODLOŽKA MB3 DIN 5406 | 1 | 3,5 | 3,5 |
| MATICE M30x1,5 LH DIN 934 | 1 | 33,97 | 33,97 |
| ŠROUB m6x25 DIN 912 | 3 | 0,8 | 2,4 |
| ŠROUB m6x16 DIN 912 | 6 | 0,6 | 3,6 |
| ŠROUB m6x16 DIN 7991 | 4 | 0,58 | 2,32 |
| PODLOŽKA 6 DIN 127B | 15 | 0,13 | 1,95 |
| NAVAŘOVACÍ MATICE M6 DIN 929 | 6 | 0,31 | 1,86 |
| MATICE m6 ISO 4032 | 6 | 0,18 | 1,08 |
| KŘÍDLOVÝ ŠROUB m6x16 DIN 316 | 6 | 24 | 144 |
| CELKOVÁ CENA ZA NAKUPOVANÉ DÍLY | | | 4541,68 |

Tab. 12.2 Ekonomické zhodnocení – vyráběné díly.

| | KOMPONENTA/SESTAVA | POLOŽKO/TECHNOLOGIE | CENA [Kč] |
|--|---------------------------|---------------------|---------------|
| SVARENCE | A003_SVARENEC_HORNI_KRYT | KOMPONENTY SVARENCE | 10462 |
| | | SVAŘOVÁNÍ | 1800 |
| | | NIKLOVÁNÍ | 2013 |
| | CELKEM | | 14275 |
| | | | |
| | A004_ARETACNI_SVARENEC | KOMPONENTY SVARENCE | 3621 |
| | | SVAŘOVÁNÍ | 600 |
| | | NIKLOVÁNÍ | 1144 |
| | CELKEM | | 5365 |
| | | | |
| | A007_SVARENEC_SPODNI_KRYT | KOMPONENTY SVARENCE | 10780 |
| | | SVAŘOVÁNÍ | 2400 |
| | | TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ | 600 |
| | | NIKLOVÁNÍ | 1793 |
| | CELKEM | | 15573 |
| PLASTOVÉ DÍLY | 001_ROZDELOVAC | MULTI JET FUSION | 131810 |
| | 022_VYSEVNI_KOTOUC | | |
| | CELKEM | | 131810 |
| OSTATNÍ DÍLY | OBRÁBĚNÉ DÍLY | SOUSTRUŽENÍ | 8000 |
| | | VRTÁNÍ | |
| | | BROUŠENÍ | |
| | OSTATNÍ | - | 1376 |
| | CELKEM | | 9376 |
| CELKOVÁ CENA VÝROBY DÍLŮ A SESTAV | | | 176399 |

Po sečtení jednotlivých nákladových položek z (Tab. 12.1) a (Tab. 12.2) vychází potřebné finanční prostředky na zhotovení jednoho exempláře na **180940,68 Kč**. Uvedená částka neobsahuje cenu montáže. Je potřeba podotknout, že při zavedení navrhnutého zařízení do portfolia výrobce zemědělských strojů bude výrobní cena nižší. Kusovou výrobu zdražuje především delší výrobní čas, který je spjatý např. se seřízením stroje, organizací pracoviště, použitými nástroji či technologiemi atd. Kalkulace neobsahuje veškeré komponenty, které jsou potřeba pro implementaci výsevního mechanismu do secího stroje. Tyto díly se budou lišit dle zvolené koncepce stroje.

Prototyp nejvíce prodraží zhotovení plastových komponent, mezi které se řadí rozdělovač a výsevní kotouč. Pro jejich výrobu byla zvolena technologie 3D tisku Multi Jet Fusion, díky které jsme schopni získat srovnatelné mechanické vlastnosti dílů, jako u technologií, které jsou běžně viděny v sériové výrobě.

13 Závěr

Diplomová práce řešila inovaci jednotlicího mechanismu pro řádkové secí stroje. Jednotlivé parametry byly vytyčeny v zadání. Jednalo se především o rychlost setí, druh vysévaných semen a zástavbové rozměry. V úvodní části se práce zabývá rešerší a dosavadním stavem techniky, se kterou se bylo potřeba důkladně seznámit. Dosavadní stav techniky nám ukazuje, že se v dnešní době s oblibou používá podtlakových a přetlakových výsevních mechanismů, a to díky jejich přesnosti, rychlosti a použití zdravotně nezávadného media. Následovalo zpracování patentového průzkumu, který se zaměřil na vyhledávání i jiných technických systémů, než je ten náš. Koncept s označením K1 vznikl pomocí metody TRIZ, kde jako výchozí stav byl zvolený výsevní mechanismus od firmy Väderstad. Generování dalších konceptů bylo založené na patentovém průzkumu nebo na poznacích z rešerše. Další kapitola se zabývá jejich vyhodnocením dle zvolených kritérií pomocí metody AHP, která byla podpořena externím posouzením od pěti techniků, na jejichž základě zvítězil koncept s označením K2 (koncept centrální dávkovací mechanismus).

Následný postup sestával z prvotního návrhu, který byl přezkoumán pomocí metod DFX a FMEA-K, díky kterým vznikla konstrukce odstraněná od zjištěných nedostatků. Veškeré konstrukční snažení by nebylo úplné bez výpočtové zprávy, která

se zabývá pevnostními výpočty zahrnující také použití metody konečných prvků. Dále obsahuje simulaci proudění vzduchu v navrhnutém zařízení, ve které se bylo nutné kvůli náročnosti výpočtu uchýlit ke zjednodušení problematiky na 2D úlohu. Výsledky simulace z oblasti vyústění nebyly příliš uspokojivé, což nás vedlo k mírné změně geometrie.

Jelikož celý konstrukční návrh je rozložen do poměrně rozsáhlého textu, který je podpořený obrázky, byl proveden popis do ucelené kapitoly, která taktéž obsahuje postup návrhu zařízení až po zavedení do sériové výroby a možné geometrické uspořádání celého secího stroje. Konec práce zahrnuje ekonomické zhodnocení, kde byla vykalkulována finanční náročnost výroby prototypu, která činí **180940,68 Kč** a výkresovou dokumentaci vybraných komponent.

Použitá literatura

- [1] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.
- [2] FRÍD, Milan. *Secí a sázecí stroje* [online]. [vid. 13.10.2020].
Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2014/02/sazeni_a_seti.pdf
- [3] *Zemědělské stroje* [online]. [vid. 14.10.2020].
Dostupné z: http://www.soscb.cz/zabezpeceno2/opvk/zemedelske_stroje_I.pdf
- [4] ČERMÁK, Vojtěch. *Návrh výsevního ústrojí pro přesné setí*. Praha, 2015.
Bakalářská práce. Ústav konstruování a částí strojů. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí bakalářské práce Martin Janda.
- [5] *Secí stroje POZNANIÁK* [online]. [vid. 25.10.2020].
Dostupné z: <https://polagro.cz/zemedelska-technika/product/6047:seci-stroj-poznaniak-420-3d>
- [6] *Podtlakové přesné secí stroje ED* [online]. [vid. 25.10. 2020].
Dostupné z: <https://www.eagrotec.cz/products/seci-stroje/stroje-pro-presny-vysev/podtlakove-presne-seci-stroje-ed#images-1>
- [7] *Přesný secí stroj TEMPO* [online]. [vid. 5.10.2020].
Dostupné z: <https://www.vaderstad.com/cz/presne-seti/presny-seci-stroj-tempo/>
- [8] *Amazona EDX* [online]. [vid. 6.10.2020].
Dostupné z: <https://www.eagrotec.cz/getattachment/5b5446be-ace0-4902-a6e8-54ed46ba4e1f/Amazona-seci-stroje-EDX.aspx>
- [9] *Amazona ED* [online]. [vid. 6.10.2020].
Dostupné z: <https://www.eagrotec.cz/getattachment/67e66d8f-c730-4fd8-8683-46696efc1330/Amazona-seci-stroje-ED.aspx>
- [10] BEDNAR *OMEGA prospekt* [online]. [vid. 16.11.2020].
Dostupné z: https://www.bednar.com/upload/products/prospects/OMEGA_Prospekt%202019_CZ_web.pdf
- [11] *Patent CN110448960A* [online]. [vid. 16.11.2020].
Dostupné z: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/068491298/publication/CN110448960A?q=%22%20isolate%20the%20particle%22>

- [12] *Patent CN203454691U* [online]. [vid. 17.11.2020].
Dostupné z: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/050134558/publication/CN203454691U?q=CN203454691U>
- [13] *Elektromotory DOGA prospekt* [online]. [vid. 15.4.2021].
Dostupné z: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/gl/000198458DS01/list-technickyh-udaju-198458-br-dogabr-prevodovy-motor-dcbr-do11137612b003018br-jmenovit.pdf>
- [14] PILKEY, Walter D. *Peterson's stress concentration factor -2nd ed.* New York, 1997. ISBN 0-471-53849-3.
- [15] *Vyhláška č.38/2001 Sb.* [online]. [vid. 27.4.2021].
Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-38?text=%C4%8D.+38%2F2001+Sb>
- [16] JÁGROVÁ, Jitka a Lukáš ČAPEK. *Dynamická únosnost a životnost*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. ISBN 978-80-7494-135-1.
- [17] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled. Vyd. 5., dopl.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-183-2.
- [18] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled. Vyd. 5., dopl.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-184-9.
- [19] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd.* Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [20] MAŠÍN, Ivan. *Inovační inženýrství: plánování a návrh inovovaného výrobku*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-852-6.
- [21] MAŠÍN, Ivan a Pavel JIRMAN. *Metody systematické kreativity*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-853-3.
- [22] *Valivá ložiska SKF* [online]. [vid. 30.4.2021].
Dostupné z: https://www.skf.com/binaries/pub54/Images/0901d1968096351e-Rolling-bearings---17000_1-CS_tcm_54-121486.pdf

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| obr. 3.1 Řádkové setí [2]. | 12 |
| obr. 3.2 Způsoby minimalizace [3]. | 12 |
| obr. 3.3 Základní rozměry semen [2]. | 14 |
| obr. 3.4 Válečkové výsevní mechanismy pro nepravidelný řádkový výsev [1]. | 15 |
| obr. 3.5 Lžičkový výsevní mechanismus pro výsev obilovin [1]. | 16 |
| obr. 3.6 Pneumatický výsevní mechanismus přetlakový [1]. | 16 |
| obr. 3.7 Odstředivý výsevní mechanismus [1]. | 17 |
| obr. 3.8 Kotoučový výsevní mechanismus se svislým kotoučem a přímým/děleným náběrem [1]. | 18 |
| obr. 3.9 Pneumatický podtlakový výsevní mechanismus pro přesný řádkový výsev [2]. | 18 |
| obr. 3.10 Lžičkový výsevní mechanismus pro přesný řádkový výsev [4]. | 19 |
| obr. 3.11 Nožová secí botka s tupým úhlem [2]. | 20 |
| obr. 3.12 Kotoučová secí botka [2]. | 20 |
| obr. 3.13 Schéma práce se znamenákem [1]. | 22 |
| obr. 3.14 Secí stroj pro nepravidelný řádkový výsev [5]. | 23 |
| obr. 3.15 Secí stroj pro přesný řádkový výsev [6]. | 24 |
| obr. 4.1 Dávkovací mechanismus ve strojích Väderstad, modelová řada TEMPO – 1 [4]. | 25 |
| obr. 4.2 Dávkovací mechanismus ve strojích Väderstad, modelová řada TEMPO – 2 [7]. | 25 |
| obr. 4.3 Dávkovací mechanismus přesných přetlakových strojů EDX [8]. | 26 |
| obr. 4.4 Dávkovací mechanismus přesných podtlakových strojů ED [9]. | 27 |
| obr. 4.5 Výsevní kotouče pro ED [9]. | 27 |
| obr. 4.6 Secí stroj Bednar OMEGA LL_L [10]. | 28 |
| obr. 5.1 CN110448960A Spiral dust removal device applied in desert environment [11]. | 30 |
| obr. 5.2 CN203454691U Grain distribution device of pyramid chute type tower type grain dryer [12]. | 30 |
| obr. 6.1 Model funkcí dávkovacího mechanismu – technologie PowerShoot. | 31 |
| obr. 6.2 Popis konceptu K1 – 1/2. | 33 |

| | |
|--|----|
| obr. 6.3 Popis konceptu K1 – 2/2..... | 33 |
| obr. 6.4 Popis konceptu K2 – 1/2..... | 34 |
| obr. 6.5 Popis konceptu K2 – 2/2..... | 34 |
| obr. 6.6 Popis konceptu K3 – 1/2..... | 35 |
| obr. 6.7 Popis konceptu K3 – 2/2..... | 36 |
| obr. 6.8 Popis konceptu K4..... | 36 |
| obr. 6.9 Popis konceptu K5 – 1/2..... | 37 |
| obr. 6.10 Popis konceptu K5 – 2/2..... | 37 |
| obr. 8.1 Prvotní návrh konstrukce..... | 44 |
| obr. 9.1 DFA úprava 1. | 46 |
| obr. 9.2 DFA úprava 2. | 46 |
| obr. 9.3 DFA úprava 3. | 47 |
| obr. 9.4 Geometrie zámků..... | 48 |
| obr. 10.1 Momentová charakteristika elektromotoru [13]. | 51 |
| obr. 10.2 Geometrie kontrolované hřídele. | 52 |
| obr. 10.3 Statická analýza hřídele zjednodušené geometrie - napětí (von Mises). | 54 |
| obr. 10.4 Statická analýza hřídele zjednodušené geometrie - posunutí. | 54 |
| obr. 10.5 Statická analýza hřídele reálné geometrie - napětí (von Mises). | 54 |
| obr. 10.6 Statická analýza hřídele reálné geometrie - posunutí. | 55 |
| obr. 10.7 Geometrie - výpočet proudění vzduchu. | 55 |
| obr. 10.8 Výstup ze simulace proudění vzduchu – plnicí komora..... | 56 |
| obr. 10.9 Výstup ze simulace proudění vzduchu – komora s vyústěním..... | 56 |
| obr. 10.10 Výstup ze simulace proudění vzduchu – úprava komory s vyústěním. | 57 |
| obr. 11.1 Přední pohled na výsevní mechanismus..... | 59 |
| obr. 11.2 Řez výsevním mechanismem. | 59 |
| obr. 11.3 Vybrané zobrazení detailů výsevního mechanismu | 60 |
| obr. 11.4 Pohled na komory..... | 60 |
| obr. 11.5 Postup návrhu zařízení až po zavedení do výroby. | 61 |
| obr. 11.6 Ustanovení výsevního mechanismu. | 61 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tab. 7.1 Matice párového porovnání kritérií | 38 |
| Tab. 7.2 Normalizovaná matice párového porovnání kritérií | 39 |
| Tab. 7.3 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria hmotnost | 39 |
| Tab. 7.4 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria rychlost dávkování | 39 |
| Tab. 7.5 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria přesnost dávkování | 40 |
| Tab. 7.6 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria univerzálnost | 40 |
| Tab. 7.7 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria údržba | 41 |
| Tab. 7.8 Matice párového porovnání konceptů podle kritéria snadnost obsluhy | 41 |
| Tab. 7.9 Tabulka relativních priorit | 42 |
| Tab. 7.10 Výsledek AHP | 42 |
| Tab. 7.11 Externí posouzení konceptů | 42 |
| Tab. 8.1 Rozhodovací tabulka varianty plast-kov. | 43 |
| Tab. 9.1 Hodnocení FMEA-K. | 48 |
| Tab. 9.2 FMEA-K | 49 |
| Tab. 10.1 Hodnoty pro výpočet otáček elektromotoru. | 50 |
| Tab. 10.2 Hodnoty pro výpočet potřebného točivého momentu. | 50 |
| Tab. 10.3 Hodnoty pro návrh drážkování. | 52 |
| Tab. 10.4 Potřebné hodnoty pro kontrolu hřídele. | 53 |
| Tab. 10.5 Parametry vzduchu. | 56 |
| Tab. 12.1 Ekonomické zhodnocení – nakupované díly. | 62 |
| Tab. 12.2 Ekonomické zhodnocení – vyráběné díly | 63 |

Seznam příloh

- Příloha 1: a000_vysevni_mechanismus
- Příloha 2: 003_hridel
- Příloha 3: 006_domecek
- Příloha 4: 009_zkruzeny_plech
- Příloha 5: 021_vicko1