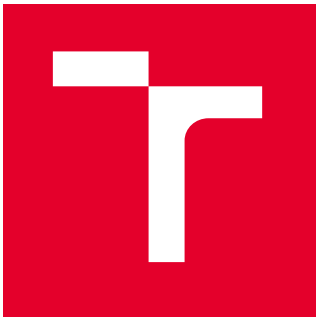


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

DLÁTOVÝ PLUH PRO HLUBOKOU ORBU

CHISEL PLOUGH FOR A DEEP SOIL CULTIVATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Adam Svoboda**

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**

SUPERVISOR

BRNO 2024

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	**Adam Svoboda**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	**Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**
Akademický rok:	2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Dlátový pluh pro hlubokou orbu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh dlátového pluhu pro hlubokou orbu při zpracování půdy. Dlátový pluh má charakter přípojného zařízení za traktor definovaného výkonu trakčního pohonu. Jednotlivé slupice jsou vybaveny střižným kolíkem pro jištěním proti přetížení.
Technické požadavky:
Záběr dlátového pluhu cca 2,5–3 m.
Pracovní hloubka pluhu do 55 cm.
Tříbodový závěs traktoru kategorie II i III pro možnost agregace u dvou výkonových tříd.
Traktor výkonu nad 100 kW.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte:
Rešeršní rozbor obdobných dlátových pluhů pro hlubokou orbu.
Koncepční návrh dlátového pluhu.
Analytické funkční, rozměrové a silové výpočty.
Upřesnění konstrukce dlátového pluhu s návrhem komponent.
Pevnostní kontrolu vybraných konstrukčních uzlů.
Sestavný výkres dlátového pluhu.
Výkres svařence rámu.
Detailní výkresy vybraných dílů.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726304.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 8023900242.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D. ředitel ústavu	doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D. děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem dlátového pluhu. Úvod této práce tvoří krátká rešerše na téma zpracování půdy. Následuje krátká rešerše obdobných dlátových pluhů a traktorů pro jejich agregaci. V další části jsou popsány jednotlivé základní konstrukční součásti dlátového pluhu. Následuje koncepční návrh konstrukce, který je podložen analytickými a rozměrovými výpočty. Dlátový pluh je navržen s tříbodovým závěsem kat. 2N/2 a 3N/3. Kontrolní pevnostní výpočty jsou provedeny podle standardu. Práce obsahuje obrázky 3D modelu a výkresovou dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dlátový pluh, hloubkové kypření půdy, zpracování půdy, traktor, tříbodový závěs

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of a chisel plough. The introduction of this thesis consists of short research on the topic of soil cultivation. This is followed by a short research of similar chisel ploughs and tractors for their aggregation. In the next part, the individual basic structural components of the chisel plough are described. This is followed by a conceptual design of the structure, which is supported by analytical and dimensional calculations. The chisel plough is designed with a three-point hitch of category 2N/2 and 3N/3. Strength control calculations are performed according to the standard. The thesis contains pictures of the 3D model and drawing documentation.

KEYWORDS

Chisel plough, deep soil cultivation, processing of soil, tractor, three-point hitch

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SVOBODA, Adam. Dlátový pluh pro hlubokou orbu [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-02-12]. Dostupné z: https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157167. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 20. května 2024 ……..……..……..

Adam Svoboda

PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych rád poděkoval svému vedoucímu panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za jeho čas, rady, ochotu a trpělivost při konzultacích. Velký dík patří také panu Ing. Pavlu Fajkusovi, který mi poskytl cenné rady v oblasti zemědělské techniky. Rád bych ještě poděkoval rodičům, kteří mi umožnili studovat a v mém studiu mě vždy podporovali.

OBSAH

Úvod **10**

1 Typy zpracování půdy **11**
1.1 Orba 11
1.2 Podmítka 11
1.3 Podrývání a Dlátování 12
1.3.1 Podrývání 12
1.3.2 Dlátování 12
1.4 Vlastnosti půdy 13

2 Dlátové pluhy obdobné výkonové řady **14**
2.1 Bednar Terraland TN 3000 14
2.2 Farmet Digger 3 N 14
2.3 MORO Aratri SPIDER M 300 15
2.4 AGRISEM Cultiplow 15
2.5 HEKTOR UNI 16
2.6 Hloubkový kypřič TALON 16

3 Traktory obdobné výkonové řady **18**
3.1 Fendt 700 Vario Gen6 18
3.2 Newholland 18
3.3 Johndeere 19
3.4 Deutzfahr řada 6 20
3.5 Tříbodový závěs 22

4 Základní konstrukční části dlátového pluhu **24**
4.1.1 Rám 24
4.1.2 Systém agregace 25
4.1.3 Slupice 25
4.1.4 Dláta 25
4.1.5 Jištění slupic 26
4.1.6 Pěchy 26
4.1.7 Vybavení 27

5 Koncepční návrh konstrukce **29**
5.1 Koncept konstrukce dlátového pluhu 29
5.2 Návrhové varianty 29
5.2.1 Varianta 1 29
5.2.2 Varianta 2 30
5.2.3 Varianta 3 31
5.3 Zvolená varianta 31
5.3.1 Rám a tříbodový závěs 31
5.3.2 Kulisy 32
5.3.3 Slupice 32
5.3.4 Dláta 33
5.3.5 Dvojitý hrotový pěch 33
5.3.6 Úhel sklonu dláta 33

5.3.7 Určení tahové síly dlátového pluhu 35
5.3.8 Rozmístění pracovních těles na rámu 36
5.3.9 Silové poměry na dlátovém pluhu 36

6 Kontrolní výpočty 38
6.1 Výkon traktoru 38
6.2 Tažný šroub 40
6.3 Upevnění kulisy na rám dlátového pluhu 42
6.4 Základní trvanlivost ložisek 47

Závěr 50

Použité informační zdroje 51

Seznam použitých zkratek a symbolů 53

Seznam příloh 56

ÚVOD

Zpracování půdy (*Obr. 1*) je neustále se opakující proces, jehož cílem je vytvořit ideální podmínky pro pěstování určitých plodin a maximalizovat jejich výnosy. Pomocí vhodného zpracování půdy můžeme zajistit lepší propustnost ornice a tím zajistit, že půda bude lépe vsakovat vodu. Správným zpracováním půdy lze také omezit nutnost používání chemických postřiků a hnojiv. Mezi tyto operace patří například kultivace, podmítka, orba, podrývání nebo dlátování.

Mezi konvenční zpracování půdy před setím hlavní plodiny se řadí podmítka, orba a předseťová příprava. Podmítkou se rozumí mělké zpracování půdy po sklizni hlavní plodiny nebo předplodiny, které má za úkol povrchově narušit utuženou půdu a rovnoměrně rozprostřít posklizňové zbytky. Orba je jeden z nejstarších typů zpracování půdy. Jedná se o hloubkové zpracování půdy, kdy dojde k zapracování posklizňových zbytků do půdního profilu. Během předseťové přípravy je povrch urovnán a dojde k vytvoření seťového lůžka pro hlavní plodinu.[1]

Obr. 1 – Zpracování půdy dlátovým pluhem[2]

1 TYPY ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Správné zpracování půdy, pomocí vhodných strojů a metod umožňuje opětovné využívání půdy a má velký vliv na následnou úrodu. Zpracování půdy může být pouze mělké jako je třeba podmítka, diskování nebo pletí anebo hloubkové, tím je například orba nebo podrývání. Tato bakalářská práce se zabývá návrhem dlátového pluhu, který se používá pro hloubkové zpracování půdy a v současné době je vyhledávanou alternativou k orbě.

1.1 ORBA

Orba (*Obr. 2*) je jednou ze základních operací konvenčního zpracování půdy. Během orby dochází k nakypření půdy, čímž se zvyšuje pórovitost orničního profilu, zejména podíl nekapilárních pórů nepravidelných tvarů. Orba za optimální půdní vlhkosti přispívá k drobení půdy na menší půdní agregáty a ovlivňování agregátového uspořádání půdy. V důsledku orby je půda zároveň obracena.

Horní vrstva půdy poškozená působením povětrnostních činitelů a přejezdy mechanizace při provádění agrotechnických operací je ukládána na dno brázdy a spodní vrstva půdy je vynášena na povrch. K povrchu jsou vynášeny proplavené živiny a jemné koloidní částice. Obracením skývy dochází k zapravení posklizňových zbytků, slámy, fytomasy určené pro zelené hnojení a organických či minerálních hnojiv do půdy. Zaklopení plevelných rostlin do spodních vrstev půdy zajistí zničení nejen jednoletých a víceletých plevelů, ale přispívá i k oslabení vytrvalých plevelných druhů. Zároveň orba přispívá k regulaci chorob a škůdců. Zaorávané materiály jsou současně promíseny se zeminou. [3]

Obr. 2 – Orba [4]

1.2 PODMÍTKA

Jedná se o jednu ze základních operací při zpracování půdy, během které dochází k mělkému zpracování a narušení vrchní vrstvy půdy do hloubky 7-14 cm. (*Obr. 3*) Dochází k zapadání posklizňových zbytků a drobného plevele pod povrch, čímž dojde k rychlejšímu opětovnému vyklíčení. Během podmítky dojde také k nakypření utuženého půdního profilu a zároveň ke snížení ztráty půdní vláhy. Díky narušení tvrdé vrchní vrstvy půdy je také ornice schopna lépe vstřebávat vodu.

Obr. 3 Podmítka kultivátorem Kverneland CLC [5]

1.3 PODRÝVÁNÍ A DLÁTOVÁNÍ

Dlátové pluhy jsou zemědělské stroje používané jak pro podrývání, tak pro dlátování. Rozdíl je pouze v osazení různým typem slupic viz (*Obr. 4* a *Obr. 5*). Hlavním účelem dlátového pluhu je hloubkové kypření a provzdušnění půdy. Bývají vybaveny válci pro lepší zapravení posklizňových zbytků do půdy a dají se požít v kombinaci s čelními zásobníky na hnojivo. Mohou být nesené nebo polonesené. V současné době začínají stále více nahrazovat tradiční pluhy, a to zejména díky nižším požadavkům na výkon traktoru a lepší manévrovatelnosti vůči pluhu o stejném záběru, vyšší pracovní rychlosti při stejném záběru vůči pluhu a možnosti provedení více operací, jako například přihnojování, během jednoho přejezdu.

1.3.1 PODRÝVÁNÍ

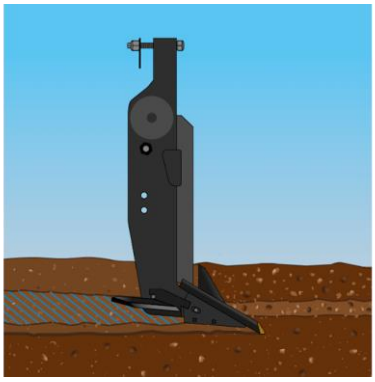
Podrývání (*Obr. 5*) je operace, při níž dochází k hloubkovému provzdušnění ornice, a to až do hloubky kolem 55 cm, zpravidla však 35-40 cm. **Nedochází k mísení zeminy**, a tedy ani k vytahování neúrodné půdy směrem k povrchu. Zároveň dojde k obnovení vertikálních cest pro vodu a tím se voda v krajině lépe udrží. Podrýváky mají vysoké nároky na tahový výkon traktoru, avšak při práci ve stejné hloubce a pracovních podmínkách je podrývák oproti klasickému pluhu efektivnější (je nutný nižší výkon traktoru).

1.3.2 DLÁTOVÁNÍ

Dlátování (*Obr. 4*) je proces zpracování půdy, při kterém dochází k nakypření podorniční vrstvy až do hloubky 65 cm. Pomocí tvaru a typu použitých dlát lze měnit **intenzitu kypření a mísení** půdy. Během procesu by však neměla půda chudá na živiny, která je pod vrstvou ornice být vynášena na povrch. Proto je nutné dbát na správné nastavení pracovní hloubky a volbu vhodných pracovních těles.

Dlátové pluhy mohou být vybaveny hrotovými válci které rozmělní vrchní vrstvu půdy, a navíc ji promísí. Díky této kombinaci dojde během jednoho přejezdu po poli k prokypření půdy, promísení a finální úpravě a urovnání povrchu.

Obr. 4 - Dlátování [5; 6]



Obr. 5 - Podrývání [6]

1.4 VLASTNOSTI PŮDY

Během pracovní operace dochází mezi půdou a pracovními nástroji k tření, drobení, zhutňování nebo řezání což zapříčiňuje přesun částic, prokypření zeminy nebo její obracení. Fyzikální vlastnosti půdy jsou velice důležité a mají značný vliv na její kvalitu a výnos. Mezi podstatné fyzikální vlastnosti patří mechanické složení, vlhkost, tření vnitřní a vnější, přilnavost, štěrkovitost a struktura.

V tab. 1 je uvedeno rozdělení půd do sedmi kategorií v závislosti na procentuálním obsahu jílovitých částic. Složení půdy výrazně ovlivňuje podmínky pro její mechanické zpracování. S narůstajícím obsahem jílovitých částic roste měrný odpor půdy na pracovní orgány stroje. [10]

Tab. 1 Druhy půd a jejích měrné odpory [7]

Praktické označení půdy	Druhy půdy	Zrna menších než 0,01mm [%]	Číselné označení podle ČSN	Měrný odpor půdy k_o [kN.m^{-2}]
Velmi těžká	jíl	nad 75	1	90-150
	jílovitá	60-75	2	
Těžká	jílovito-hlinitá	40-60	3	60-90
Střední	hlinitá	30-40	4	40-60
	písčito-hlinitá	20-30	5	
Lehká až velmi lehká	hlinito-písčitá	10-20	6	20-40
	písčitá	0-10	7	

2 DLÁTOVÉ PLUHY OBDOBNÉ VÝKONOVÉ ŘADY

Dlátové pluhy (*Obr. 6*) jsou na trhu k dispozici v nesené nebo polonesené variantě v různých šířkách pracovního záběru. Pracovní záběr dlátového pluhu se odvíjí od výkonu traktoru použitého pro agregaci. Dlátové pluhy obecně vyžadují traktory střední a vyšší výkonnostní třídy. Pracovní záběr se pohybuje od 2,5 m do 6,4 m.

Pro zadanou výkonovou řadu traktorů je odpovídající pracovní záběr mezi 2,5 a 3 m a vyrábí se v nesené variantě. Efektivitu a průchodnost terénem lze ovlivnit volbou různých pracovních dlát a přídavných zařízení jako například drobící válce, zahrnovací disky nebo distribuční hadice na hnojivo. Pro porovnání byly vybrány tři dvouřadé hloubkové kypřiče porovnané v (tab. 2) a tři jednořadé kypřiče porovnané v (tab. 3).

Obr. 6 - Dlátový pluh TERRALAND osazen dvěma řadami cutter disků [13]

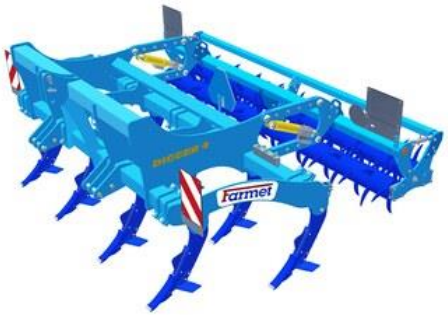
2.1 BEDNAR TERRALAND TN 3000

Dlátový pluh Bednar Terraland TN 3000 (*Obr. 7*), je nesený dlátový pluh o pracovním záběru 3 m, minimální požadovaný výkon traktoru činní 132 kW (180 k) a pracovní hloubka se pohybuje od 15 cm do 65 cm. Dlátový pluh je možné osadit dvěma druhy radlic, a to konkrétně radlicemi Active-Mix pro hloubkové kypření, nebo radlicemi Zero-Mix pro podrývání. Radlice jsou jištěny mechanicky nebo hydraulicky. Firma Bednar využívá v konstrukci pro spojení nosníků slupic s hlavním rámem stroje montované spoje. Rám lze osadit 5 nebo 7 radlicemi pro lepší prokypření půdy. Konečnou úpravu a urovnání zajišťuje hrotový válec. Bednar Terraland lze kombinovat se zásobníky hnojiva. Další technické parametry jsou uvedeny v tabulce (tab. 2). [8]

2.2 FARMET DIGGER 3 N

Stroj Farmet Digger 3 N (*Obr. 8*), má pracovní záběr 2,9 m a pracovní rychlost až 12 km/h. Může být osazen 5 nebo 7 radlicemi ve dvou řadách pro zajištění správného kypření půdy. Hloubka kypření se pohybuje od 25 cm do 50 cm. Minimální výkon traktoru pro agregaci je 180 kW (240 k). Pro připojení kypřiče k traktoru lze volit mezi TBZ kategorie 3 a 4. Jištění radlic je řešeno mechanicky, pomocí střižných šroubů, nebo hydraulicky. Radlice jsou vybaveny polohovatelnými křidélky pro lepší mísení půdy. Farmet Digger 3 N lze doplnit o další příslušenství jako jsou například boční deflektory, přídavné boční válce nebo diskový válec. Podrobnější technické údaje jsou v tabulce (tab. 2). [2]

Obr. 7 - Dlátový pluh Terraland TN [8]



Obr. 8 - Farmet DIGGER 3 N [2]

2.3 MORO ARATRI SPIDER M 300

SPIDER-M (*Obr. 9* - Dlátový pluh SPIDER-M300 [9]*Obr. 9*) je italský zástupce dlátových pluhů. Pracovní záběr lze volit mezi 2,5 a 3 m. Pro připojení k traktoru lze využít tříbodový závěs kategorie 2, 3N/3. Kypřič je osazen pěti nebo sedmi radlicemi ve dvou řadách. O urovnání a promísení půdy po prokypření se stará dvojitý hrotový pěch. Inovativní je využití dvou různých průměrů válce pěchu pro rozdílnou obvodovou rychlost špic a lepší samočistící efekt. Porovnání technických parametrů viz (tab. 2). [9]

2.4 AGRISEM CULTIPLOW

Agrisem Cultiplow (*Obr. 10*) je podrývák, který půdu prokypří, aniž by došlo k jejímu mísení. Pracovní hloubka je 15-45 cm. Podrývák je dostupný ve 4 různých pracovních záběrech a to 2,5 m, 3 m, 3,5 m a 4 m. Pro porovnání viz (tab. 3) je zvolena varianta o pracovní šířce 3 m. Tato varianta je plně nesená, je opatřena 4 radlicemi, které mohou být jištěny mechanicky pomocí střižného šroubu nebo pružiny, anebo hydraulicky. Výkon traktoru pro agregaci se pohybuje mezi 82-157 kW (110-210 k). Konečnou úpravu povrchu lze zajisti různými pěchy, kterými lze podrývák doplnit. [10]

Obr. 9 - Dlátový pluh SPIDER-M300 [9]

Obr. 10 - Podrývák Agrisem Cultiplow [10]

2.5 HEKTOR UNI

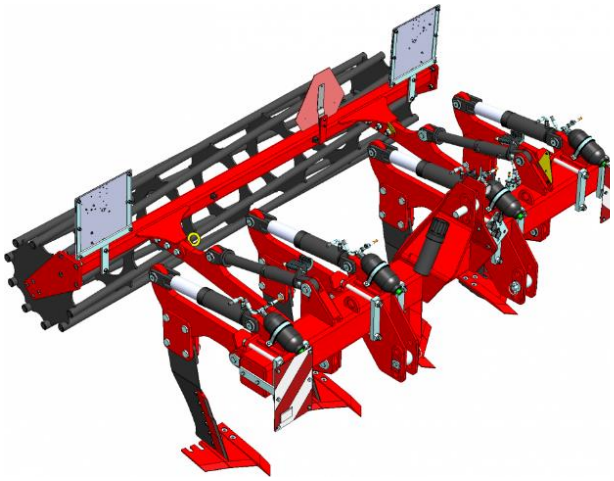
HEKTOR UNI (*Obr. 11*) je jednořadý podrývák, o pracovním záběru 3 m, určený pro hloubkové podrývání do hloubky až 45 cm. Tento podrývák je možno použít ve dvou pracovních režimech. První možností je připojení opěrného dvojitého hrotového pěchu. Druhou variantou pak je možnost připojení dalšího stroje pro pasivní či aktivní kypření pomocí tříbodového závěsu na zadní straně stroje. Konstrukce stroje umožňuje vést středem kardanovou hřídel pro pohon aktivního kypřiče jako například rotačních bran.

Výkon traktoru potřebný pro agregaci se pohybuje od 110 kW do 194 kW (150 k–260 k). Jištění slupic lze volit mezi hydropneumatickým a mechanickým pomocí střižného šroubu. Detailnější technické specifikace jsou uvedeny v tabulce (tab. 3). [11]

2.6 HLOUBKOVÝ KYPŘIČ TALON

Hloubkový kypřič TALON (*Obr. 12*) má oproti ostatním, výše jmenovaným strojům šípový tvar rámu, pracovní hloubka až 45 cm zajišťuje dostatečné hloubkové rozrušení a prokypření utužených vrstev půdy, tato hloubka se nastavuje pomocí opěrných kol. Pracovní záběr stroje je 3 m. Slupice mohou být jištěny střižným šroubem, nebo hydropneumaticky.

Stroj je možné agregovat pomocí tříbodového závěsu kategorie 3 a 4. Minimální požadovaný výkon traktoru pro tento pracovní záběr činí 140 kW (188 k). Stroj je možné doplnit o dodatečné pěchy pro rozdrobení hrud. Porovnání s ostatním stroji je uvedeno v tabulce (tab. 3). [12]



Obr. 11 - Podrývák Hektor UNI [11]

Obr. 10

Obr. 12 - Hloubkový kypřič TALON [12]

V následujících tabulkách jsou porovnány vybrané parametry jednotlivých dvouřadých (tab.2) a jednořadých (tab.3) dlátových pluhů a hloubkových kypřičů. Další dostupné parametry udávané jednotlivými výrobci k daným strojům jsou uvedeny v příloze P1.

Tab. 2 Technické parametry dvouřadých dlátových pluhů

Model	Terraland TN 3000	Farmet Digger 3 N	SPIDER-M 300
Pracovní šířka [m]	3	2,9	3
Hmotnost/Hmotnost s pěchem [kg]	1950/2350	2200/2800	1170/1670
Max. pracovní hloubka [cm]	65	50	55
Min. požadovaný výkon [kW/k]	132/180	180/240	96/130
Počet radlic [-]	5/7	5/7	5/7
TBZ kat.	3 a 4	3 a 4	2 a 3

Tab. 3 Technické parametry jednořadých hloubkových kypřičů

Model	Agrisem Cultiplow	Hektor UNI	TALON 300/4
Pracovní šířka [m]	3	3	3
Hmotnost [kg]	904	1100	980
Max. pracovní hloubka [cm]	45	45	45
Min. požadovaný výkon [kW/k]	81/110	110/150	140/188
Počet radlic [-]	4	4	4
TBZ kat.	3	3 a 4	3 a 4

3 TRAKTORY OBDOBNÉ VÝKONOVÉ ŘADY

Pro zajištění nejefektivnějšího a nejekonomičtějšího provozu stroje je nutné zvolit optimální traktor s optimálním výkonem. Použití traktoru s příliš malým výkonem zpomalí práci, zvýší spotřebu pohonných hmot a zkrátí životnost traktoru. Naopak agregace s příliš výkonným traktorem je neefektivní z důvodu vysoké spotřeby a nákladnosti údržby samotného traktoru. Pro hloubkový kypřič o pracovním záběru 2,5-3 m, se běžně používají traktory s výkonem 80-185 kW. Pro porovnání byly vybrány 4 traktory ve výkonnostní řadě nad 160 kW a 4 traktory nad 100 kW.

3.1 FENDT 700 VARIO GEN6

Traktory Fendt 700 Vario Gen 6 (*Obr. 13*) jsou k dispozici v různých variantách výkonu motoru a to od 106 do 174 kW (144-237 koní). Maximální zdvihová síla zadního tříbodového závěsu je 10 300 kg. Fendt 700 Vario je možné vybavit třemi variantami hydraulického čerpadla, a to o průtoku 109, 152 a 193 l/min. Pro zlepšení kontaktu traktoru s půdou je možné umístit do zadních kol závaží. Zadní vývodový hřídel se čtyřmi rychlostmi (540, 540E, 1000 a 1000E) a přední s rychlostí 1000 otáček za minutu. Traktor může být vybaven až 5 hydraulickými okruhy vzadu a 2 vpředu. Pro porovnání byly vybrány model Fendt Vario 722 a Fendt Vario 714. [13]

Obr. 13 - Fendt 700 VARIO Gen 6 [13]

3.2 NEWHOLLAND

Modelová řada T6 (*Obr. 14*) nabízí několik variant traktoru vybavených čtyřválcovým motorem o výkonu 107-129 kW (145-175 koní) a dvě varianty s šestiválcovým motorem. Maximální zdvihová kapacita zadního tříbodového závěsu je 7854 kg. Podle zvolené varianty traktoru jsou k dispozici hydraulická čerpadla o průtoku 86, 121 a 150 l/min. [14]

Pro výkonnostní třídu nad 160 kW byla pro porovnání zvolena modelová řada T7. Tato modelová řada disponuje traktory o výkonu od 103 do 221 kW (140-300 k). Rovněž zde lze voli mezi dvěma variantami rozvoru, od nichž se i odvíjí další parametry traktoru. Varianta s dlouhým rozvorem má zvedací sílu tříbodového závěsu až 10 463 kg a hydrogenerátor o průtoku až 170 litrů za minutu. Zadní vývodový hřídel umožňuje přepínat mezi čtyřmi režimy, a to 540, 540E, 1000, 1000E. Přední vývodový hřídel má varianty chodu dvě, 1000 a 1000E.[15]

Pro porovnání byly vybrány modely T7.260 (do kategorie nad 160 kW) a T6.145 (kategorie nad 100 kW).

Obr. 14 - Newholland T6 [14]

3.3 JOHNDEERE

Johndeere 6R (*Obr. 15*) je na trhu k dispozici s výkonem od 89 do 202 kW (121–275 k) a čtyřech různých variantách provedení rámu. Výkon traktoru souvisí s velikostí rámu. Pro porovnání byl zvolen JOHN DEERE 6R 130 s krátkým rámem a JOHN DEERE 6R 215 s velkým rámem. Zadní tříbodový závěs je u modelu 6R 130 možno volit mezi kategorii 2 a 3N, model 6R 215 je vybaven pouze tříbodovým závěsem kategorie 3/3N.

Oba modely jak 6R 130 tak 6R 215 je možné vybavit hydrogenerátorem s průtokem až 155 l/min. Pro model 6R 130, stejně jako pro 6R 215, jsou dostupné dvě varianty zadního vývodového hřídele s třemi rychlostmi (540, 540E, 1000 nebo 540, 1000, 1000E). [16]

Obr. 15 - JOHN DEERE 6R 130 [16]

3.4 DEUTZFAHR ŘADA 6

Modelová řada 6C (*Obr. 16*) nabízí traktory s výkonem od 89 do 105 kW (121-143 k), maximální zvedací síla zadního tříbodového závěsu je 5000 kg. Hydraulické čerpadlo má maximální průtok 120 l/min a traktor disponuje až 4 hydraulickými okruhy vzadu a dvěma vepředu.[17]

U modelové řady 6TTV jsou k dispozici traktory s výkonem od 141 do 169 kW (192-230 k). Maximální zvedací síla je 10 000 kg pro zadní tříbodový závěs a 5 450 kg pro přední tříbodový závěs. Hydraulické čerpadlo s maximálním průtokem 210 l/min. Zadní vývodový hřídel nabízí tři režimy otáček a to 540E, 1000 a 1000E. Přední vývodový hřídel lze přepínat mezi režimem 1000 a 1000E.[18]

Pro porovnání byl vybrán model 6230 řady TTV 6 v kategorii nad 160 kW a v kategorii nad 100 kW model 6135 C.

Obr. 16 DeutzFahr 6 TTV [18]

Pro porovnání byly záměrně zvoleny vždy dva typy traktoru. První varianta ve výkonnostní kategorii nad 100 kW byla vybrána s ohledem na zadání a na požadavek minimálního výkonu. Traktory v této kategorii nemají výkon vyšší jak 110 kW, což by při zhoršení provozních podmínek, typu půdy nebo práci na polích ve větším svahu mohlo mít za následek přetěžování traktoru, zbytečné navýšení spotřeby paliva a nadměrné opotřebení.

Ve druhé kategorii byly vybrány traktory s výkonem nad 160 kW. Tyto traktory jsou lépe uzpůsobeny pro tahové práce nejen svým výkonem ale také svojí konstrukcí. Traktory disponují dostatečným výkonem pro práci s dlátovým pluhem i ve zhoršených a špatných pracovních podmínkách.

V tabulce jsou porovnány technické parametry vybraných traktorů z daných modelových řad s výkonem nad 160 kW (Tab. 4) a s výkonem nad 100 kW (Tab. 5).

Tab. 4 Porovnání traktorů ve výkonnostní třídě nad 160 kW.

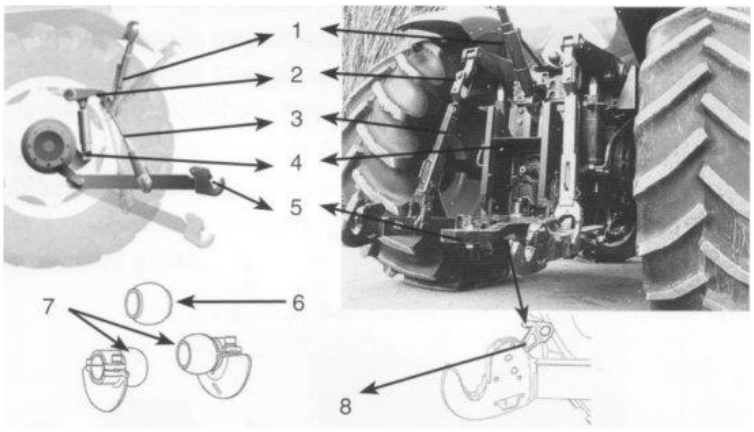
Model		Fendt VARIO 722 Gen6	Newholland T7.260	JOHN DEERE 6R 215	DeutzFahr 6230 TTV
Maximální výkon	[k]	222	220	237	230
	[kW]	163	162	174	169
Maximální točivý moment [Nm]		988	1 000	1 007	970
Maximální zvedací síla [kg]		10 360	10 463	9 550	9 200
Maximální průtok hydrogenerátoru [l/min]		193	170	155	160
Počet hydraulických okruhů vzadu [-]		5	5	6	5
Kategorie tříbodového závěsu [-]		3N/3	3N/3	3/3N	3N/3
Maximální rychlost [km/h]		50	50	50	60
Hmotnost traktoru [kg]		7 790	8 140	8 600	8 830 – 10 025

Tab. 5 Porovnání traktorů ve výkonnostní třídě nad 100 kW.

Model		Fendt VARIO 714 Gen6	Newholland T6.145	JOHN DEERE 6R 130	DeutzFahr 6135 C
Maximální výkon	[k]	144	145	143	137
	[kW]	106	107	105	101
Maximální točivý moment [Nm]		479,4	500	609	564
Maximální zvedací síla [kg]		10 360	4 179	6 800	5 000
Maximální průtok hydrogenerátoru [l/min]		193	127	155	120
Počet hydraulických okruhů vzadu [-]		5	5	5	5
Kategorie tříbodového závěsu [-]		3N/3	3N/3	2/3N	3N/3
Maximální rychlost [km/h]		50	50	50	50
Hmotnost traktoru [kg]		7 735	5 160	6 500	5 500

3.5 TŘÍBODOVÝ ZÁVĚS

Traktory různé výkonové třídy jsou vybaveny závěsy různých kategorií, které se od sebe liší rozměry. Jednotlivé části tříbodového závěsu lze vidět na obrázku (*Obr. 17*). Hlavní rozměry tříbodových závěsů jsou normalizovány, výrobci traktorů a zemědělských strojů v rámci unifikace připojování strojů různých výrobců musí respektovat mezinárodní normu ISO 789-1, která určuje hlavní rozměry připojovacích bodů traktorů a zemědělských strojů. V současné době existuje pět různých velikostních kategorií tříbodových závěsů (Tab. 6). Vyšší kategorie závěsů mají pevnější ramena a větší čepy. Je zde určité rozpětí výkonnostních kategorií traktorů a některé z nich se překrývají. [16]



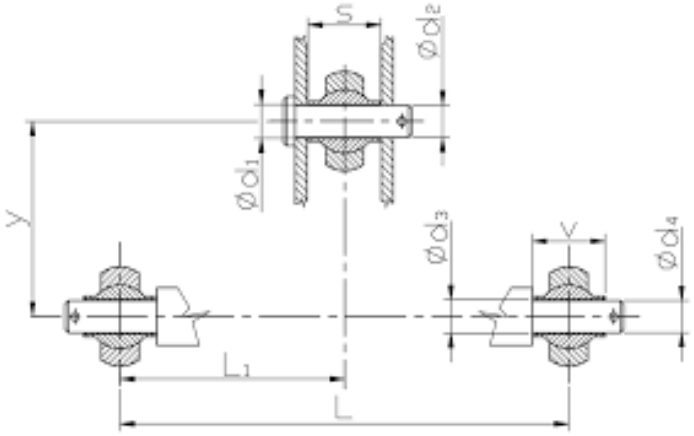
Obr. 17 - Tříbodový závěs traktoru. 1 – horní táhlo, 2 – ramena zvedacího ústrojí, 3 – zvedací táhla, 4 – přímočarý hydromotor, 5 – dolní táhla, 6 – koule horního čepu nářadí, 7 – koule dolních čepů s vodítky, 8 – samozajišťovací západka. [19]

Tři body pro upevnění nářadí tvoří dostatečně pevné spojení traktoru s nářadím. To umožňuje přenést celou hmotnost nářadí nebo alespoň její část na rám traktoru. A to je ve skutečnosti velmi užitečné, protože tato dodatečná hmotnost vyvíjí tlak na zadní kola traktoru, čímž jim poskytuje lepší trakci a zajišťuje lepší přesnost práce. Mechanismus navíc umožňuje úplné zvednutí nářadí ze země, což usnadňuje otáčení a přepravu. [19]

Tab. 6 Kategorie tříbodových závěsů traktorů [20]

Kategorie závěsu	Výkon motoru traktoru měřený přes vývodový hřídel podle normy ČSN ISO 789-1 [kW]
1N	do 35
1	do 48
2N/2	30 až 92
3N/3	60 až 185
4N/4	110 až 350

Jednotlivé kategorie mají odlišné rozměry, které jsou unifikovány na základě normy ISO 730:2009 [17]. Norma udává hlavní rozměry tříbodového závěsu stroje i traktoru (*Obr. 18*) a tím zajišťuje kompatibilitu. Dle zadání bude volena kategorie tříbodového závěsu 2 a 3.



Obr. 18 - Hlavní rozměry tříbodového závěsu [21]

4 ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ ČÁSTI DLÁTOVÉHO PLUHU

Dlátový pluh se skládá z několika základních částí, mezi tyto části patří rám, uchycení tříbodového závěsu a pracovní orgány (slupice). Vhodná je kombinace dlátového pluhu s pěchem pro snížení počtu přejezdů po poli. Dlátový pluh je možné vybavit dalšími mechanismy a doplňky pro zjednodušení jeho obsluhu a zefektivnění práce na poli.

4.1.1 RÁM

Samotný rám stroje je vysoce namáhaný vlivem odporů půdy a hloubkou zpracování. Z tohoto důvodu je nutné rám vyrábět z vysokopevnostních ocelí, aby odolával těmto vlivům a nedocházelo k trvalé deformaci. Rám by však neměl být dokonale tuhý, aby docházelo k tlumení rázů a ke snížení jejich přenosu na traktor.

Na rám jsou uchyceny kulisy pro jednotlivé slupice, konstrukce pro připojení tříbodového závěsu traktoru a je možné na něj připojit i rám s pěchy. Konstrukce rámu může být montována nebo svařována. Při použití montované konstrukce (Obr. 19) nedochází k vytváření lokálních napětí, a proto mají montované rámy vyšší životnost než rámy svařované. Zároveň je také daleko snazší modifikace rámu a stroje jako celku.

Obr. 19 - Montované provedení rámu firmy Bednar [8]

V případě svařovaných rámu (obr. 20) dochází vlivem prudkého lokálního zahřátí rámu v místě svaru k nežádoucímu napětí v daném místě. Svařované rámy je nutné vyžíhat.

Obr. 20 Svařovaný rám od firmy Polagro [22]

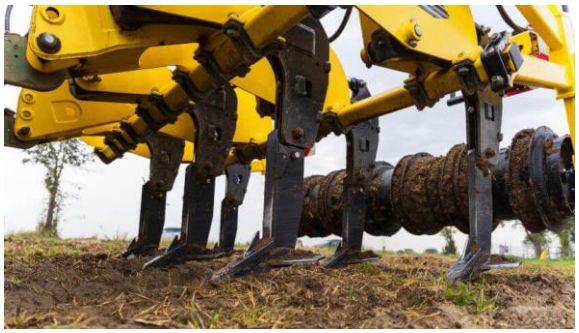
4.1.2 SYSTÉM AGREGACE

Tříbodový závěs slouží k připojení dlátového pluhu k traktoru vhodnému pro agregaci s daným pluhem. Nejčastěji se používá tříbodový závěs kategorie 3. Většina výrobců vyrábí své produkty osazené dvěma variantami tříbodového závěsu pro lepší kompatibilitu. Rozměry tříbodového závěsu jsou dány normou ISO 730:2009.[20]

4.1.3 SLUPICE

Slupice spolu s dláty, případně dalšími prvky, provádí hlavní zpracování půdy a jejich konstrukce výrazně ovlivňuje zpracování půdy. Slupice je k rámu připojena pomocí kulisy s pojistným mechanismem, který zajišťuje, aby při přetížení slupice nedošlo k poškození jednotlivých dílů stroje.

Rozlišujeme dva základní typy slupic, a to slupice pro podrývání (Obr. 21) a pro hloubkové kypření (Obr. 22). Slupice pro podrývání jsou rovnější a nedisponují mísícím efektem, oproti tomu slupice pro kypření jsou daleko více zahnuté a dochází zde k mísení vrchních vrstev zeminy.



Obr. 21 Slupice pro podrývání [8]

Obr. 22 Slupice pro hloubkové kypření [8]

4.1.4 DLÁTA

Dláta (Obr. 23) se nachází na špici radlic a jsou k nim připojena pomocí šroubů. Toto spojení zajišťuje snadnou výměnu dlát, jakožto nejvíce opotřebovávaných součástí dlátového pluhu. Správný tvar dláta má vliv na hloubku zpracování půdy a také na to, jak snadno stroj do půdy vniká. Pro lepší životnost se dláta vyrábí z otěruvzdorné oceli, případně je jejich pracovní povrch potažen vrstvou slinutých karbidů.[8]

Obr. 23 Dláta [8]

4.1.5 JIŠTĚNÍ SLUPIC

Jednotlivé slupice je nutné jistit vůči přetížení. Jištění se provádí mechanicky, pomocí střižných šroubů nebo pružiny, nebo hydraulicky (Obr. 24). Pokud by radlice nebyly jištěny proti přetížení, mohlo by, například při kontaktu s velkým kamenem, dojít k poškození rámu stroje nebo dokonce traktoru.

Nejjednodušší varianta jištění je pomocí tržného šroubu. Jištění pomocí tržného šroubu spočívá v navržení průřezu šroubu tak, aby při požadované síle působící na slupici došlo k přetržení šroubu. Slupici je následně nutné znovu uchytit do pracovní polohy pomocí nového tržného šroubu, obsluha stroje tak musí přerušit práci a provést opravu stroje.

Mezi více sofistikované a komfortnější metody jištění pak patří jištění hydraulické a mechanické pomocí pružiny. Tyto varianty nevyžadují po překročení zátěžového limitu žádné úkony, které by obsluha stroje musela vykonat. Při využití těchto variant jištění je však integrován i mechanismus jištění pomocí tržného šroubu, pro případ že primární jistící systém selže.

Obr. 24 Typy jištění. Zleva-střižným šroubem, pružinou, hydraulicky [10]

4.1.6 PĚCHY

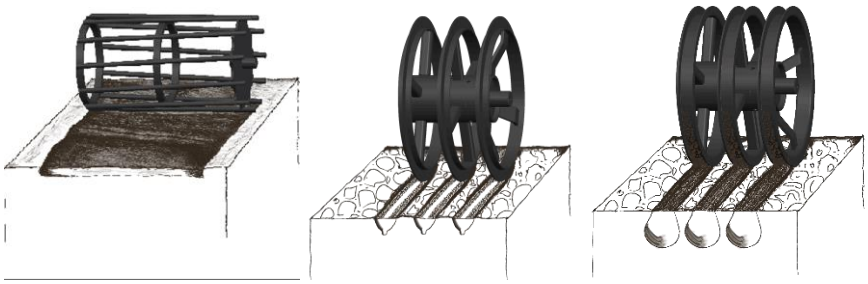
Velmi důležitá je správná volba typu zadního válce, který se velkou měrou podílí na výsledné kvalitě zpracování. Válec půdu zpětně utuží a dále rozdrobí a urovná. Výběr typu válce závisí na typu půdy a způsobu využívání stroje. [2]

Dlátové pluhy je možné vybavit různými typy pěchu. Nejčastěji se používá dvojitý hrotový pěch (Obr. 25), který půdy dodatečně promísí. Alternativou může být CUTPACK pěchu (Obr. 26). CUTPACK pěch půdu po přejezdu opětovně utuží bez dalšího promísení, toho lze využít například při kypření pole se zbytky stébel po sklizni, které by hrotový pěch opětovně vytahoval na povrch. Hrotový pěch má oproti diskovému lepší samočistící schopnost, a proto se u CUTPACK pěchu používají stěrky pro zajištění jeho správné funkce. [8]

Obr. 25 Dvojitý hrotový pěch [8]

Obr.26 CUTPACK pěch [8]

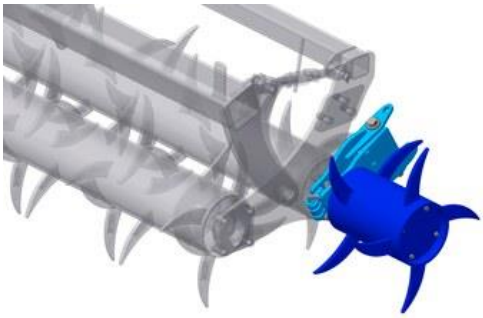
Pro ještě lepší zpracování půdy během jednoho přejezdu je možné dovybavit stroj dalšími pěchy (Obr. 27) pro dodatečné urovnání, zhutnění ornice a rozdrobení hrud. K tomuto účelu lze požít například trubkový válec, T-ring válec nebo U-ring válec.



Obr. 27 Válce. Zleva – trubkový válec, T-ring válec, U-ring válec [10]

4.1.7 VYBAVENÍ

Mezi další přídavné vybavení patří například boční clony (obr. 29) proti vytváření hrůbků, přídavné boční válce (obr. 28), podpěrná kola pro snížení zátěže působící na traktor během práce na poli (obr. 29) nebo hydraulické ovládání disků a pěchů.



Obr. 28 Boční válec [2]

Obr. 29 Podpěrná kola a boční clona [2]

Další možnou modifikací dostupnou na trhu je přizvednutí přední řady slupic (Obr. 30) pro snížení tahového odporu. Tuto schopnost lze využít i pro lepší samočistící efekt prostoru mezi slupicemi.

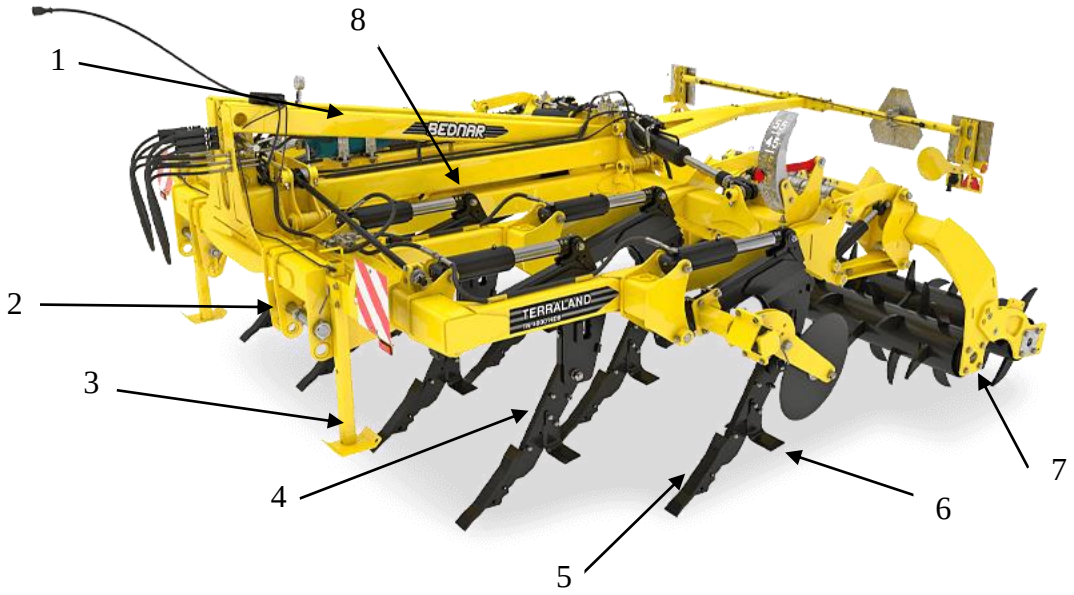
Obr. 30 Systém přizvednutí předních radlic od firmy Farmet [2]

5 KONCEPČNÍ NÁVRH KONSTRUKCE

Koncepční návrh konstrukce je proveden v souladu se zadáním, šířka stroje je 2,5-3 m, konstrukce by měla umožňovat hloubkové kypření až do hloubky 55 cm. Rám stroje je nesený, agregace je provedena pomocí tříbodového závěsu traktoru.

5.1 KONCEPT KONSTRUKCE DLÁTOVÉHO PLUHU

Nesená konstrukce dlátového pluhu (Obr. 31) se skládá z několika základních konstrukčních prvků, a to z rámu, uchycení tříbodového závěsu, slupic a dlát, a dále z dvojitého hrotového pěchu, podpěr a bočních řezacích disků.



Obr.31 - Nesený dlátový pluh. 1-rám dlátového pluhu, 2-uchycení tříbodového závěsu, 3 - podpěra, 4-slupice, 5-dláto, 6-boční křidélka, 7- hrotové pěchy, 8- hydraulické jištění [8]

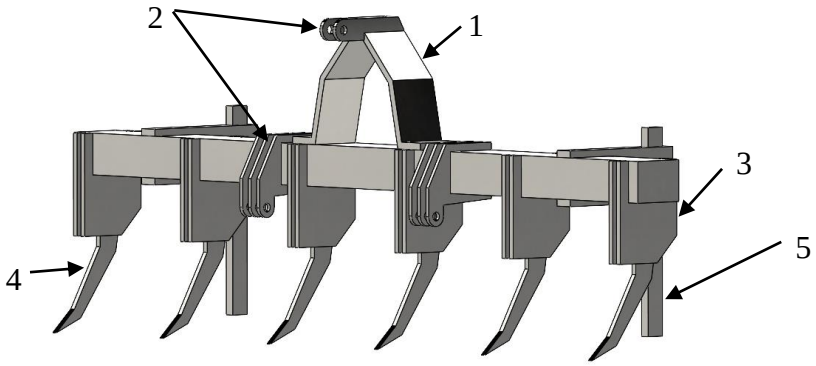
5.2 NÁVRHOVÉ VARIANTY

V této podkapitole jsou popsány jednotlivé konstrukční varianty. Jednotlivé varianty budou navrhovány v souladu se zadáním bakalářské práce.

5.2.1 VARIANTA 1

Dlátový pluh v nejzákladnějším provedení, disponuje pouze hlavními prvky stroje pro zajištění jeho základní funkce. Jedná se o jednořadou variantu se svařovaným rámem Skládá se z tříbodového závěsu kategorie 2N/2 a 3N/3, rámu stroje, na který je navařena kulisa pro uchycení radlice a samotná radlice s dlátem. V přední části je umístěna podpěra pro zajištění stability, když stroj není uchycen v tříbodovém závěsu. (Obr.32)

Řízení pracovní hloubky je plně závislé na poloze dolních táhel tříbodového závěsu. Pracovní hloubku tak lze snadno měnit přímo z kabiny traktoru.

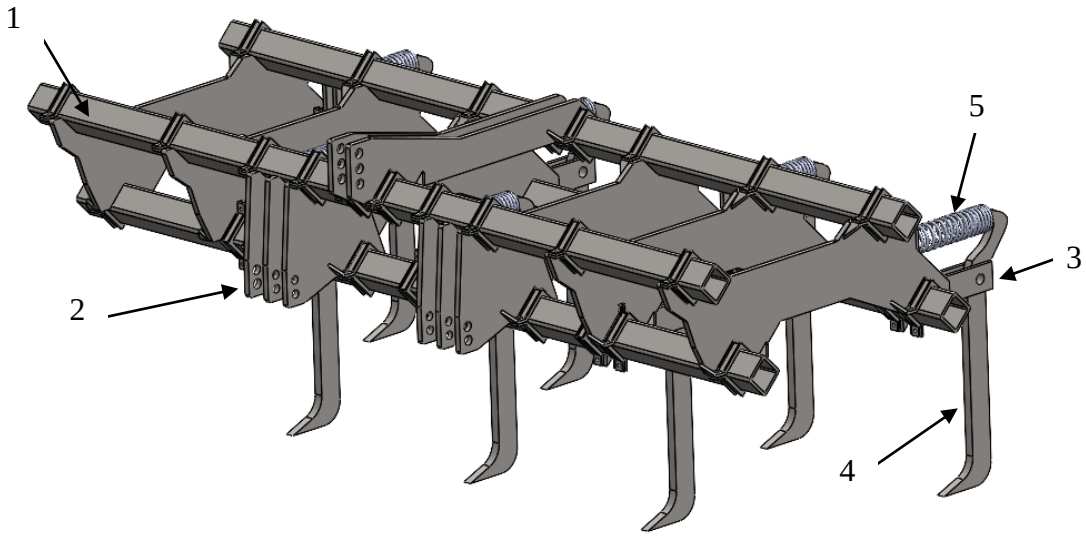


Obr. 32 Konstrukční schéma varianty 1. 1 – rám, 2 - tříbodový závěs, 3 – kulisa, 4 – slupice, 5 – podpěra,

5.2.2 VARIANTA 2

Tato varianta je vybavena sedmi slupicemi rozmístěnými ve dvou řadách, dojde tak k lepšímu prokypření půdy. Konstrukce disponuje tříbodovým závěsem typu 2 a 3. Rám stroje je montovaný z jednotlivých dílů, což značně snižuje zbytkové pnutí v rámu, a dále také více tlumí rázy, aby nedocházelo k jejich přenosu na traktor. Díky montované konstrukci je možné měnit vzdálenosti jednotlivých slupic, a i jejich počet. Slupice jsou jištěny mechanicky pomocí tlačné vinuté pružiny. Dlátový pluh není vybaven žádnou dodatečnou sekcí pro další zpracování půdy. (Obr. 33).

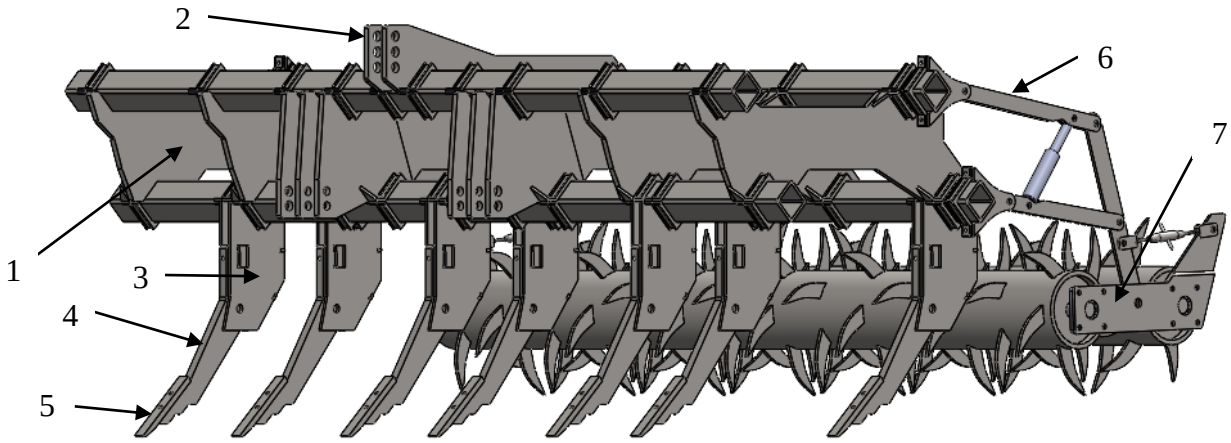
Hloubka, ve které stroj pracuje, je ovládána pomocí táhel tříbodového závěsu. Zároveň také tříbodový závěs traktoru nese veškerou tíhu dlátového pluhu.



Obr. 33 Konstrukční schéma varianty 2. 1 – rám, 2 - tříbodový závěs, 3 – kulisa, 4 - slupice, 5 - pojistný mechanismus

5.2.3 VARIANTA 3

Dvouřadé provedení dlátového pluhu, osazené slupicemi pro hloubkové kypření (Obr. 34). Jištění slupic je mechanické, pomocí tažných šroubů. Rám je montovaný, skládá se z plechů a uzavřených profilů. Tato varianta umožňuje snížit počet přejezdů po poli, a proto je oproti předchozím variantám vybavena dvojitým hrotovým pěchem.



Obr. 34 Konstrukční řešení varianty č. 3. 1 – rám, 2- uchycení tříbodového závěsu 3- kulisa, 4 – slupice, 5- dláto, 6- paralelogram, 7- dvojitý hrotový pěch.

Dvojitý hrotový pěch dodatečně rozdrobí a promísí půdu po prokypření, dále svou polohou také určuje hloubku zpracování půdy. Pěch je k rámu připojen pomocí paralelogramů. Výškové nastavení pěchu je možné provádět z kabiny traktoru pomocí přímočarých hydromotorů.

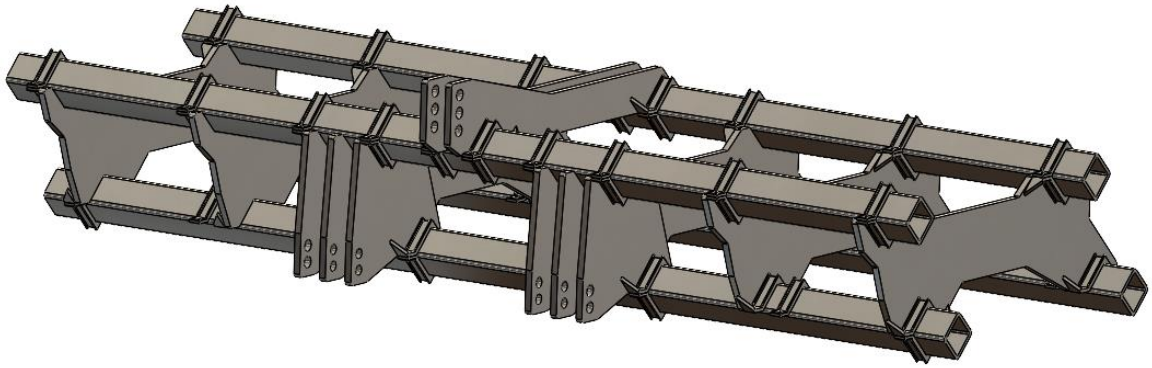
5.3 ZVOLENÁ VARIANTA

Konstrukce dlátového pluhu má ze zadání stanovený záběr 2,5-3 m, pracovní hloubku do 55 cm, dále je požadovaný tříbodový závěs kategorie 2 a 3, který zajistí větší flexibilitu agregace. Dlátový pluh je navržen tak, aby byl agregovatelný s traktorem výkonnostní třídy nad 100 kW.

Vybrané koncepční řešení odpovídá variantě č. 3. Stroj se skládá z montovaného rámu, úchytů tříbodového závěsu, kulis, slupic, dlát a dvojitého hrotového pěchu. Jednotlivé části byly popsány v předchozích kapitolách. V následujících podkapitolách je popsána jejich volba pro danou variantu.

5.3.1 RÁM A TŘÍBODOVÝ ZÁVĚS

Montovaný rám (Obr. 35) je zhotoven z uzavřených profilů o rozměrech 100x100x10 mm a délce 3 m, dále se skládá z plechů tloušťky 20 mm, na které jsou navařeny ploché tyče ohnuté do tvaru V, tak aby bylo možné pomocí těchto plochých tyčí a protikusů stejného tvaru uchytit výpalky k profilům.



Obr. 35 Rám zvolené varianty

Tříbodový závěs se skládá z horní a dolní části, obě tyto části jsou svařence, svařené z výpalků tloušťky 20 mm. Jednotlivé svařence jsou připevněny k profilům pomocí navařených úchytek, šroubů a protikusu, obdobně jako výpalky rámu. Rozměry uchycení tříbodového závěsu odpovídají dle zadání kategorii 2 a 3 a udává je norma ISO 730:2009 [19].

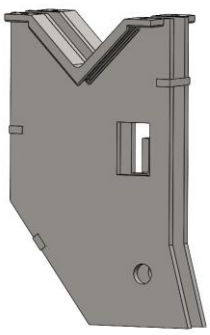
5.3.2 KULISY

Kulisa (Obr. 36) spojuje slupici s rámem, je vyrobena z výpalků tloušťky 10 mm a tří výztuh. Každá kulisa je opatřena otvorem pro mechanické jištění. Kulisy jsou přišroubovány k profilům rámu. Slupice je s kulisou spojena šroubem M24.

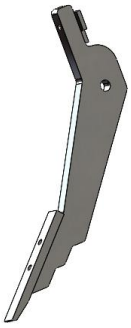
5.3.3 SLUPICE

Slupice (Obr. 37) zajišťují hlavní zpracování půdy dlátovým pluhem a jejich správnou funkci umožnuje hlavně jejich správný tvar. Slupice mají tři sekce, z nichž každá má jiný úhel sklonu a tím plní jinou funkci. První sekce, na kterou je připevněno dláto, má nejmenší sklon, aby co nejsnadněji odřezávalo jednotlivé vrstvy půdy. Druhá sekce zajištuje mísení půdy a třetí sekce je pak uchycena v kulise a je na ni navázán jistící mechanismus.

Pro danou variantu byly použity slupice pro hloubkové kypření půdy. Slupice jsou vyrobeny z výpalku z plechu o tloušťce 30 mm. Jištění je mechanické pomocí tažného šroubu.



Obr. 36 Kulisa



Obr. 37 Slupice s dlátem

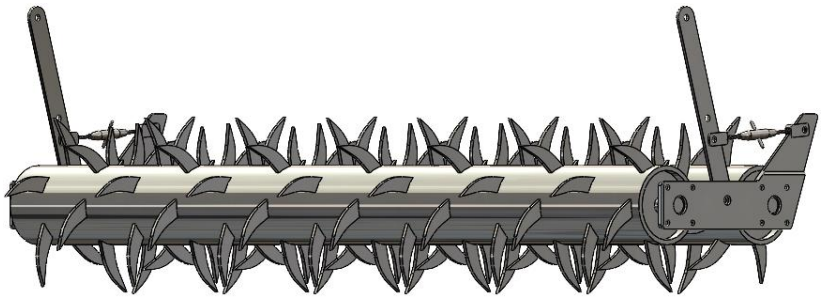
5.3.4 DLÁTA

Dláta jsou zakoupena od výrobce Bednar FMT, konkrétně se jedná o dláto 40 MM LONG LIFE (Obr. 38) s katalogovým číslem KM060340. Tato dláta jsou na slupice upevněna pomocí dvou vratových šroubů se zapuštěnou hlavou. Pro zajištění vyšší životnosti je jejich pracovní povrch je vyroben ze slinutých karbidů.

Obr. 38 Dláto 40 mm LONG LIFE *[8]*

5.3.5 DVOJITÝ HROTOVÝ PĚCH

Dvojitý hrotový pěch (Obr. 39) je vyroben ze dvou válců, které se skládají ze silnostěnné trubky o průměru 250 mm, na kterou jsou navařeny jednotlivé hroty. Válce pěchu mají hroty v opačném směru, tak aby byla zajištěna lepší samo čistitelnost a vyšší míra promísení půdy.



Obr. 39 Dvojitý hrotový pěch

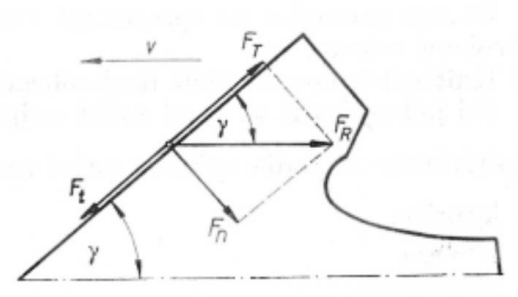
Pěch je k rámu připojen pomocí paralelogramu. Paralelogram je vyroben z plechů o tloušťce 10 mm, jednotlivé uzly jsou spojeny čepy o průměru 20 mm. Nastavení výšky probíhá hydraulicky pomocí dvou přímočarých hydromotorů. Válce jsou uloženy v bezúdržbových ložiscích typu FY 50TF od firmy SKF [23]

5.3.6 ÚHEL SKLONU DLÁTA

Správný úhel sklonu dláta (Obr. 40) má zásadní vliv na ulpívání zeminy a rostlinných zbytků na dlátě. Literatura [7] udává rozdělení úhlu dláta na úhel sevření křídel 2γ, úhel drobení β a úhel podřezávání γ. Pokud by byl úhel γ příliš velký, rostlinné zbytky by přestaly po dlátě

klouzat a začaly by se hromadit na slupici. Pro velmi malý úhel γ by naopak muselo být dláto příliš dlouhé. Z tohoto důvodu se úhel γ volí mezi dvěma mezními hodnotami.

$$\gamma_{min} < \gamma_{opt} < \gamma_{max} \quad (1)$$



Obr. 40 Síly působící na ostří dláta *[7]*

Hodnotu úhlu γ_{max} lze vyjádřit z podmínek kluzného řezu, kdy ostří dláta během pohybu naráží na kořeny rostlin, které proti jejímu pohybu působí silou F_R. Sílu F_R si rozložíme na normálovou složku F_n a na tečnou složku F_T (Obr. 40). Vlivem síly F_T dochází k posunu kořene po dlátě. Proti posunu kořene působí třecí síla F_t, jejíž velikost se vypočítá dle literatury [7] takto:

$$F_t = F_n \cdot tg\varphi \quad (2)$$

kde φ je třecí úhel kořene a ostří, jeho hodnota je 40-45°.

Pro plynulé přeřezávání kořenů platí podmínka

$$F_T > F_t \quad (3)$$

Z obrázku (Obr. 40) vyplývá

$$F_T = F_R \cdot \cos\gamma \quad (4)$$

$$F_n = F_R \cdot \sin\gamma \quad (5)$$

Ze vztahů (2), (3), (4) a (5) dostaneme úpravou vztah

$$F_R \cdot \cos\gamma > F_T \cdot \sin\gamma \cdot tg\ \varphi \quad (6)$$

$$\cos\gamma > \sin\gamma \cdot tg\ \varphi$$

$$\frac{\cos\gamma}{\sin\gamma} > tg\ \varphi$$

$$cotg\ \gamma > tg\ \varphi$$

$$tg\ (90 - \gamma) > tg\ \varphi$$

$$90 - \gamma > \varphi$$

$$\gamma < 90 - \varphi$$

Pokud uvažujeme φ= 45 °, což je maximální hodnota třecího úhlu, pak

$$\gamma_{max} = 45\ ° \tag{7}$$

Dle literatury [7] bylo pomocí experimentů zjištěno že na pohyb kořenů po dlátě má velký vliv nalepování zeminy na dláto. Nalepování zeminy na dláto je ovlivněno jeho povrchem a tvarem a vlhkostí zeminy.

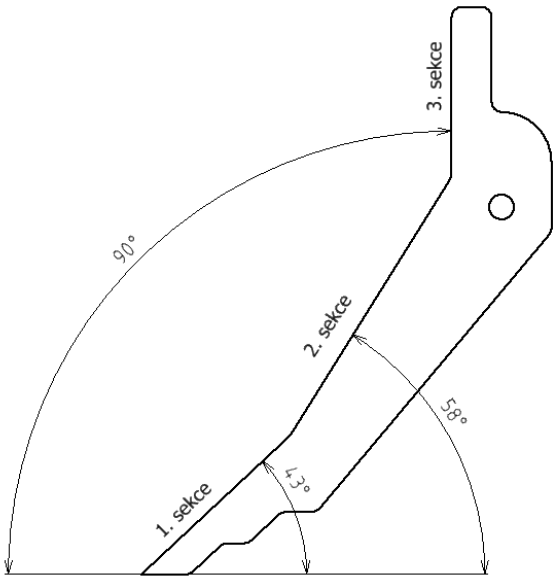
Minimální hodnota úhlu γ je dána konstrukčními podmínkami a její minimální doporučená hodnota je

$$\gamma_{min} = 30\ ° \tag{8}$$

Hodnota postavení dláta ke směru pohybu potom bude:

$$30\ ° < \gamma < 45\ ° \tag{9}$$

Pod úhlem γ voleným dle vztahu (9) bude skloněna první sekce slupice na kterou je připevněno dláto. Aby docházelo ke správnému zařezávání do půdy a kořeny se nezachytávaly na hranách dláta je velikost úhlu volena $\gamma = 43°$ viz (Obr. 41)



Obr.41 – Pracovní sekce slupice

5.3.7 URČENÍ TAHOVÉ SÍLY DLÁTOVÉHO PLUHU

Pro překonání odporů, vzniklých při zpracováním půdy, je nutné určit velikost tahové síly F. Velikost této síly závisí na druhu, rozměrech a tvaru radliček, dále také na hloubce zpracování, pracovní rychlosti, typu zeminy apod. Pro stanovení odporu půdy neboli odporové síly F_p se používá empirický vzorec [7]

$$F_p = k_o \cdot S_s\ [N] \tag{10}$$

$$F_p = 50\,000 \cdot 0{,}16939468 = 8469{,}734\ N$$

$F_p = 8470\ N$

kde: $k_o = 50\ [kN \cdot m^{-2}]$ měrný odpor půdy, volen z tab. 1, střední půdy

$S_s = 0{,}16939468\ [m^2]$ – celková plocha dlátového pluhu v půdě změřena v programu SolidWorks na modelu pro hloubku 55 cm

Odporová síla F_p je počítána pro rovnoměrné zahloubení všech slupic

5.3.8 ROZMÍSTĚNÍ PRACOVNÍCH TĚLES NA RÁMU

Během hloubkového kypření je důležité, aby došlo ke zpracování půdy v celém záběru stroje a zároveň se prostor mezi jednotlivými pracovními tělesy neucpával rostlinnými zbytky. Správné rozmístění slupic na rámu zajišťuje splnění obou těchto požadavků [7]

V současné době neexistuje žádná dostupná literatura, ani studie pro rozmístění pracovních těles na dlátové pluhu. Při volbě rozmístění těles vycházíme z rozměrů používaných u jiných výrobců dlátových pluhů na trhu. Jednotlivé rozměry jsou uvedeny v příloze P1.

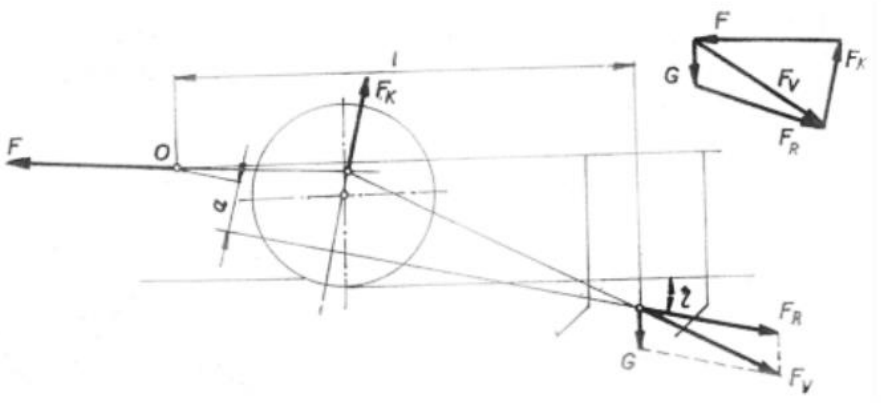
Pro navrhovanou variantu je volena rozteč pracovních těles 455 mm a vzdálenost jednotlivých řad 850 mm.

Šířka záběru jedné slupice lze měnit pomocí volby různého typu dlát, používaných pro různé operace. Zvolené dláto 40 mm LONG LIFE od firmy Bednar FMT (Obr. 38) nemá žádná boční křidélka, proto je vhodné pro dlátování ve větších hloubkách.

5.3.9 SILOVÉ POMĚRY NA DLÁTOVÉM PLUHU

Z velikostí a směrů jednotlivých sil působících na dlátový pluh, lze určit výsledná tažná síla F a lze podle nich dimenzovat jednotlivé části stroje. Veškeré sílu působící na jednotlivé slupice (Obr. 42) se sečtou do jedné síly F_p, která je odkloněna od horizontální roviny o úhel η, který nabývá hodnoty 20-25°. Tato hodnota byla určena empiricky. Podle literatury [24] volím $\eta = 20°$. Na dlátový pluh působí také tíhová síla G a síla od reakce opěrných kol F_k a tahová síla F. Splnění podmínky rovnováhy nastane v momentě, kdy síla F bude v rovnováze s ostatními silami [7]:

$$\vec{F} = \vec{G} + \overrightarrow{F_H} + \overrightarrow{F_k}\ [N] \tag{11}$$



Obr. 42 – Rozložení sil na dlátovém pluhu[7]

Koncepční návrh dlátového pluhu nemá žádná opěrná kola, proto sílu F_k neuvažujeme do silové rovnováhy a vztah (11) bude tedy vypadat takto:

$$\vec{F} = \vec{G} + \overrightarrow{F_H}\ [N]$$

Horizontální složka výsledné odporové síly:

$$F_H = \left(F_p + F_V\right) \cdot \cos\eta\ [N] \tag{12}$$

$$F_H = (8470 + 6000) \cdot \cos 20° = 13597{,}35\ \text{N}$$

$$F_H = 13597\ N$$

kde: $F_p = 8470\ [N]$ – odporová síla slupic

$F_V = 6000\ [N]$ – odporová síla pěchu

$\eta = 20\ [°]$ - úhel odklonu

Tíhová síla dlátového pluhu:

$$G = g \cdot m_k\ [N] \tag{13}$$

$$G = 9{,}81 \cdot 1676 = 16441{,}56\ N$$

$$G = 16442\ N$$

kde: $m_k = 1676\ [kg]$ – hmotnost dlátového pluhu s pěchem

Celková potřebná tažná síla pro agregaci dlátového pluhu:

$$F = \sqrt{{F_H}^2 + G^2}\ [N] \tag{14}$$

$$F = \sqrt{13597^2 + 16442^2} = 21336{,}0575\ N$$

$$F = 21336\ N$$

Potřebná tažná síla F pro agregaci dlátového pluhu se bude měnit v závislosti na typu zvolených dlát, půdních podmínkách a případných dalších pracovních sekcí. Pro navrhovanou variantu (včetně pěchu) je její hodnota $F = 21336\ N$.

6 KONTROLNÍ VÝPOČTY

Pro kritická místa konstrukce je nutné provést pevnostní výpočty, pro ověření správné funkce stroje. Dále je třeba ověřit agregovatelnost stroje s traktorem o výkonu nad 100 kW

Tato kapitola bakalářské se zabývá kontrolními výpočty pro vybrané konstrukční uzly, a to:

1) Výkon traktoru – ověření vhodnosti pro agregaci s traktorem nad 100 kW
2) Upevnění kulisy na rám dlátového pluhu – výpočet potřebného utahovacího momentu, aby nedošlo k zániku sevření spoje a pevnostní kontrola uzlu
3) Tažný šroub – výpočet průřezu šroubu, použitého pro jištění slupic, aby došlo k meznímu stavu pevnosti při požadovaném zatížení slupice
4) Základní trvanlivost ložisek

6.1 VÝKON TRAKTORU

Pro ověření, zda je výkon traktoru dostatečný bylo postupováno dle literatury [24]. Výkon motoru P_e, neboli užitečný výkon není využit pouze na tahový výkon traktoru, ale také pro překonání vnějších a vnitřních odporů. Mezi vnitřní ztráty traktoru uvažujeme mechanické ztráty a mezi vnější ztráty prokluzem a odporem valení. Dostáváme tak vztah:

$$P_e = P_t + P_\delta + P_f + P_s + P_a + P_H + P_o \; [kW] \tag{15}$$

kde: $P_e = 100$ [kW] – výkon motoru dle zadání

P_t - výkon ztracený v převodech [kW]

P_δ - výkon ztracený prokluzem [kW]

P_f - výkon ztracený odporem valení [kW]

P_s – výkon spotřebovaný na stoupání [kW]

P_a – výkon potřebovaný na zrychlení [kW]

P_H - užitečný výkon [kW]

P_o - užitečný výkon na vývodovém hřídeli [kW]

Výkon ztracený v převodech:

$$P_t = P_e \cdot (1 - \eta_t) \; [kW] \tag{16}$$

$$P_t = 100 \cdot (1 - 0{,}93) = 0{,}7 \; kW$$

$$P_t = 7 \; kW$$

kde: $\eta_t = 0{,}9 \div 0{,}95 \; [-]$ – mechanická účinnost traktoru, voleno 0,93[24]

Výkon ztracený prokluzem:

$$P_\delta = P_e \cdot (1 - \eta_\delta) \; [kW] \tag{17}$$

$$P_\delta = 100 \cdot (1 - 0{,}93)$$

$$P_\delta = 7\ kW$$

kde: $\eta_\delta = 0{,}9 \div 0{,}95\ [-]$ – prokluzová účinnost, závisí na typu obdělávané půdy, nahuštění pneumatik, struktuře povrchu, typu pneumatik, voleno 0,93

Výkon ztracený vlivem valivého odporu:

$$P_f = F_{VO} \cdot v_p = v_M \cdot m_t \cdot c_R \cdot g\ [kW] \quad (18)$$

$$P_f = \frac{12}{3{,}6} \cdot 5500 \cdot 0{,}04 \cdot 9{,}81 = 7{,}194\ kW$$

$$P_f = 7{,}2\ kW$$

kde: $v_M = 12\ \left[\frac{km}{h}\right]$ - uvažovaná maximální pracovní rychlost

$m_t = 5500[kg]$ – uvažovaná hmotnost traktoru (DeutzFahr 6135 C)

$c_R = 0{,}04\ [-]$ – činitel valivého odporu (z literatury[25])

$g = 9{,}81\ [ms^{-2}]$ – tíhové zrychlení

Potřebný výkon se vypočítá dle vzorce:

$$P_H = \frac{F \cdot v_M}{1000}\ [kW] \quad (19)$$

$$P_H = \frac{21336}{1000} \cdot \frac{12}{3{,}6} = 71{,}12\ kW$$

$$P_H = 71\ kW$$

kde: $F = 21336\ [N]$ – vypočtená potřebná tažná síla

$v_M = 12\ \left[\frac{km}{h}\right]$ - uvažovaná maximální pracovní rychlost

Pro porovnání potřebného výkonu a výkonu traktoru bylo dosazeno do zjednodušeného upraveného v tahu (15), kdy uvažujeme nulový P_o (vývodový hřídel není zatížen), P_s (traktor jede po rovině) a P_a (traktor jede konstantní rychlostí v_M)[24]:

$$P_H = P_e - \left(P_t + P_\delta + P_f\right)\ [kW] \quad (20)$$

Pro splnění podmínky agregovatelnosti stroje byl vztah upraven:

$$P_e > P_H + P_t + P_\delta + P_f$$

$$100 > 71 + 5 + 7 + 7{,}2$$

$100 > 90{,}2$ – vyhovuje

kde: $P_e = 100$ [kW] – výkon motoru dle zadání

$P_t = 7\ [kW]$ - výkon ztracený v převodech

$P_\delta = 7\ [kW]$ - výkon ztracený prokluzem

$P_f = 7{,}2\ [kW]$ - výkon ztracený odporem valení

$P_H = 71\ [kW]$ - potřebný výkon

Navržený dlátový pluh je vyhovující pro agregaci s traktorem výkonnostní třídy nad 100 kW.

Tahová účinnost[24]:

$$\eta_H = \frac{P_H}{P_e}\ [-] \tag{21}$$

$$\eta_H = \frac{71}{100} = 0{,}71$$

$$\eta_H = 0{,}71$$

kde: $P_e = 100\ [kW]$ – výkon motoru dle zadání

$P_H = 71\ [kW]$ - potřebný výkon

6.2 TAŽNÝ ŠROUB

Tažný šroub, použitý pro jištění slupic proti přetížení je namáhán v ose šroubu, tedy pouze na tah. K vymezení mezního stavu pevnosti má dojít při zatížení odpovídající 11 kN, působící na špici slupice. Pro zjednodušení je síla na šroub počítána z momentové rovnováhy, vzhledem k ose otáčení O, slupice v kulise (Obr. 43).

Síla působící na špici slupice je ekvivalentně rozložena do směru kolmého na spojnici špice kulisy a středu otáčení a do směru této spojnice na síly F_{sx} a F_{sy}. Nositelka síly F_{sy} prochází středem otáčení, proto tato síla nepůsobí žádný moment.

Velikost síly F_{sx} :

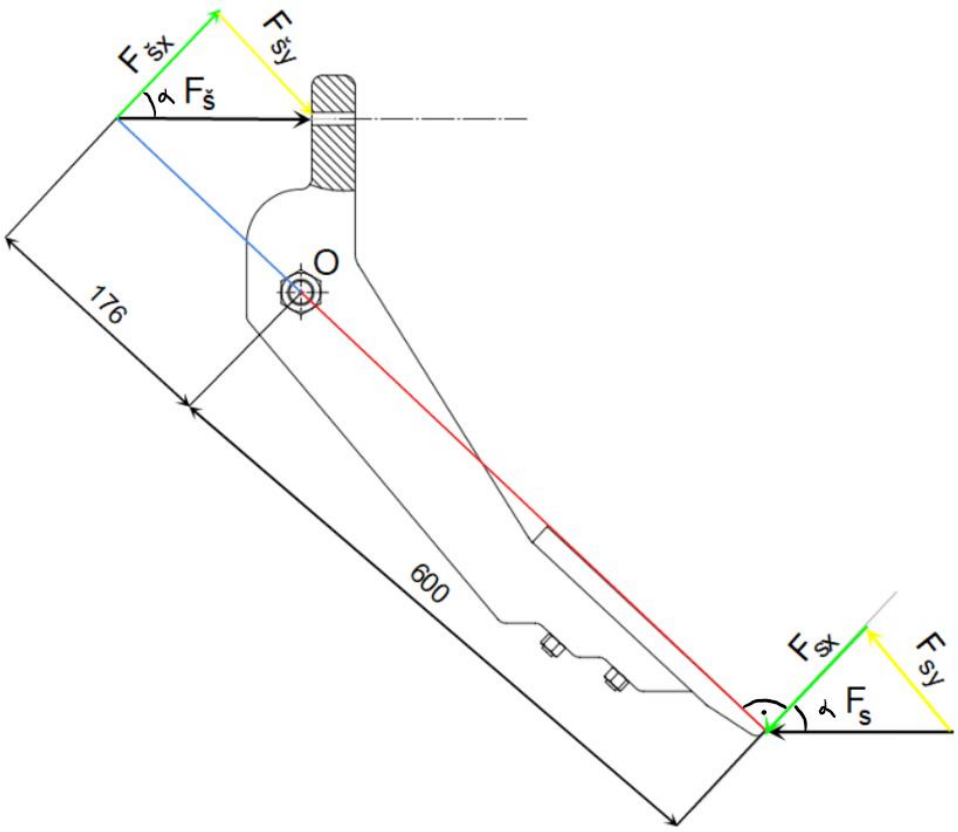
$$F_{sx} = F_s \cdot \cos(\alpha)\ [N] \tag{22}$$

$$F_{sx} = 11000 \cdot \cos(47°) = 7501{,}982\ N$$

$$F_{sx} = 7502\ N$$

kde: $F_s = 11\ [kN]$ síla působící na špici radlice

$\alpha = 90 - \gamma = 47$ [°] úhel, který svírá síla F_s a F_{sx}



Obr.43 Schematický rozklad sil na slupici a tažném šroubu

Síla působící na šroub vypočítaná z momentové rovnováhy:

$$M_s = M_{\check{s}} \tag{23}$$

$$M_s = M_{\check{s}} \Rightarrow F_{sx} \cdot r_s = F_{\check{s}x} \cdot r_{\check{s}} \Rightarrow F_{\check{s}x} = \frac{F_{sx} \cdot r_s}{r_{\check{s}}}\ [N]$$

$$F_{\check{s}x} = \frac{7502 \cdot 600}{176} = 25575\ N$$

$$F_{\check{s}x} = 25575\ N$$

kde: $F_{sx} = 11\ [kN]$ – uvažovaná síla na špici slupice
$r_{\check{s}} = 176\ [mm]$ - vzdálenost působiště síly $F_{\check{s}x}$ od osy otáčení viz obr. 43
$r_s = 600\ [mm]$ - vzdálenost působiště síly F_{sx} od osy otáčení viz. obr. 43

Po převedení síly $F_{\check{s}x}$ dle vztahu (22) do vodorovného směru (v ose šroubu) je výsledná síla $F_{\check{s}} = 37\ 500\ N$

Zvolené šrouby jsou pevnostní třídy 8.8 – mez pevnosti R_{m1}=800 MPa, mez kluzu R_{e1}=640 MPa. Bezpečnost je rovna 1, požadován mezní stav pevnosti.

Potřebný průřez šroubu:

$$\sigma_s = R_{m1} = \frac{F_{\check{s}}}{As} \Rightarrow A_s = \frac{F_{\check{s}}}{\mathrm{Rm1}}[mm^2]$$

$A_s = \frac{37500}{800} = 46{,}875\ [mm^2]$

$A_s = 47\ [mm^2]$

kde: R_{m1}=800 [MPa] - mez pevnosti (dle literatury [25])

Výpočet průřezu šroubu M10 dle literatury [26]:

$$A_{sM8} = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2\ [mm^2] \quad (24)$$

$A_{sM8} = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{8{,}862 + 7{,}938}{2}\right)^2 = 55{,}42\ mm^2$

$A_{sM8} = 55\ mm^2$

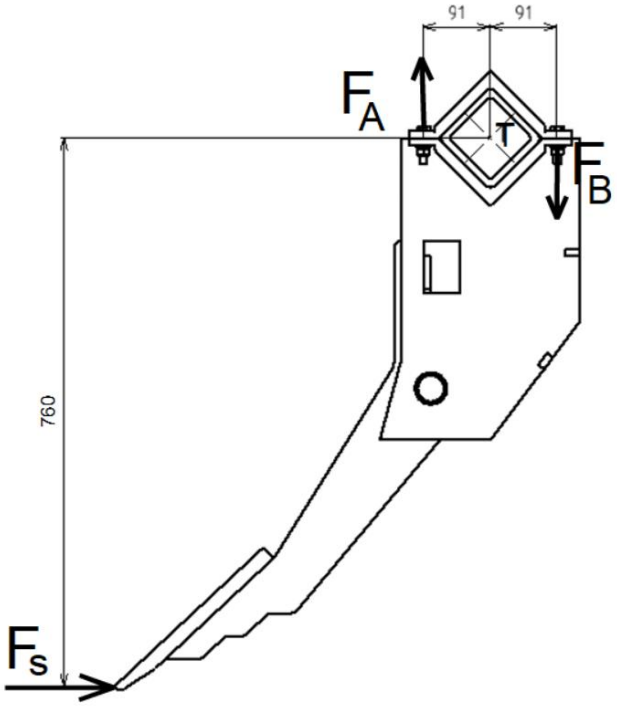
kde: $d_2 = 8{,}862\ [mm]$- minimální průměr stoupání šroubu M10 [27]

$d_3 = 7{,}938\ [mm]$- minimální průměr jádra šroubu M10 [27]

Pro vypočtený potřebný průřez byly zvoleny šrouby M10 pevnostní třídy 8.8. délka šroubu je 65 mm.

6.3 UPEVNĚNÍ KULISY NA RÁM DLÁTOVÉHO PLUHU

Kulisa je na rám upevněna z obou stran pomocí šroubového spoje a ohýbaných plochých tyčí (Obr. 44). Síla působící na slupici působí kolmo k osám šroubů. Maximální síla na špici dláta je uvažována 11 kN. Při působení vyšší síly již dojde k přetržení tažného šroubu.



Obr. 44 – Uchycení slupice a kulisy k profilu rámu

Pro zjednodušení jsou reakce šroubového spoje F_A a F_B počítány z momentové rovnováhy vzhledem k pomyslnému středu otáčení T, a to dle literatury [25]:

$$F_A = \frac{M_S \cdot r_A}{r_{A1}^2 + r_{B1}^2 r_{A2}^2 + r_{B2}^2} \; [N] \tag{25}$$

Síla F_s je rozložena na osovou sílu F_o která nepůsobí žádný moment (nositelka prochází středem otáčení) a sílu F_k, na ni kolmou viz. (Obr. 45). Velikost síly F_k je vypočítána ze vztahu:

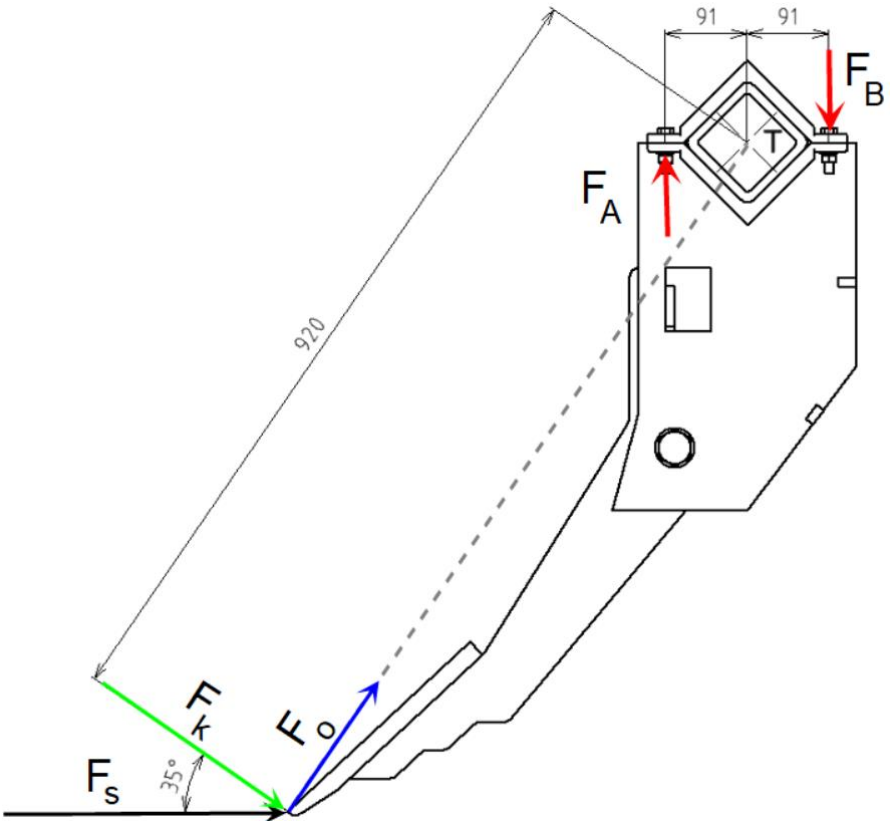
$$F_k = F_s \cdot \sin(\omega) \; [N] \tag{26}$$

$$F_k = 11000 \cdot \cos(35°) = 9010{,}67 \; N$$

$$F_k = 9 \; kN$$

kde: $F_s = 11 \; [kN]$ – uvažovaná síla na špici slupice

$\omega = 35 \; [°]$ - úhel svíraný silou F_s a F_k



Obr. 45 – Rozložení síly F_s na jednotlivé složky

Kulisa je uchycena z obou stran identicky dvěma šrouby. Šrouby leží od středu otáčení T vzdáleny o stejný poloměr, proto platí že $r_A = r_B$ viz. (Obr. 45). Kulisa je tak uchycena pomocí čtyř šroubů, vždy vzdálených o r_A od osy otáčení T. Vztah (24) tak lze upravit na.

$$F_A = \frac{M_k \cdot r_A}{r_A^2 + r_A^2 r_A^2 + r_A^2} = \frac{F_k \cdot r_k}{4 r_A}$$

$$F_A = \frac{9010{,}67 \cdot 920}{4 \cdot 91} = 22774{,}227$$

$$F_A = 22{,}77\ kN$$

kde: $F_k = 9010{,}67\ \ [N]$ – kolmá síla na špici slupice

$r_k = 920\ [mm]$ – rameno síly F_s od středu otáčení T viz. obr.45

$r_A = r_B = 91\ [mm]$ – ramena sil F_A a F_B od středu otáčení T vit.obr.45

Ploché tyče jsou sešroubovány šrouby M16x45 pevnostní třídy 12.9. Průřez jádra šroubu je dán literaturou [26]:

$$A_{sM16} = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_{22}+d_{32}}{2}\right)^2\ [mm^2] \tag{27}$$

$$A_{sM16} = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{14{,}701+13{,}546}{2}\right)^2 = 156{,}666\ mm^2$$

$$A_{sM16} = 156{,}7\ mm^2$$

kde: $d_{22} = 14{,}701\ [mm]$- minimální průměr stoupání šroubu M16 [27]

$d_{32} = 13{,}546\ [mm]$- minimální průměr jádra šroubu M16 [27]

Aby šroubový spoj plnil správně svoji funkci (Obr. 47), jsou šrouby předepnuty silou F_i, tato síla je vypočítána dle literatury[27]:

$$F_i = \left(\frac{C_1}{C_1+C_2} + \psi\right) \cdot F_A\ [N] \tag{28}$$

$$F_i = \left(\frac{0{,}026}{0{,}026+3 \cdot 10^{-6}} + 0{,}8\right) \cdot 22774{,}2 = 409993{,}36075\ N$$

$$F_i = 41\ kN$$

kde: $C_1 = 0{,}026\ [mm \cdot N^{-1}]$ – deformační konstanta spoje pro šroub (29)

$C_1 = 3 \cdot 10^{-6} [mm \cdot N^{-1}]$ – deformační konstanta spoje pro spojované součásti (30)

$\psi = 0{,}8\ [-]$ – součinitel funkce spoje, volen dle literatury[27]

$F_A = 22774{,}227\ [N]$ – pracovní síla šroubu (26)

Deformační konstanta šroubu dle [27]:

$$C_1 = \frac{l_1}{E \cdot A_{sM16}}\ [mm \cdot N^{-1}] \tag{29}$$

$$C_1 = \frac{34{,}5}{210 \cdot 10^3 \cdot 156{,}666} = 0{,}025738\ mm \cdot N^{-1}$$

$C_1 = 0{,}026\ mm \cdot N^{-1}$

kde: $l_1 = 34{,}5\ [mm]$ – celková délka spojovaných součástí + délka matice

$E = 210\ [GPa]$ – Youngův modul pružnosti v tahu pro ocel

$A_{sM16} = 156{,}666\ [mm^2]$ – průřez šroubu M16 (27)

Deformační konstanta spojovaných součástí dle[27]:

$$C_2 = \frac{l_2}{E \cdot A_2}\ [mm \cdot N^{-1}] \tag{30}$$

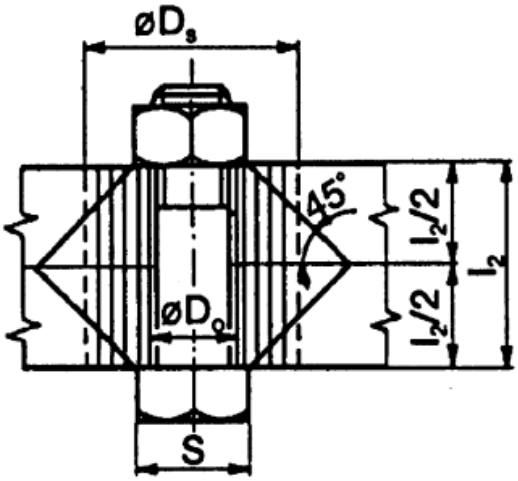
$C_2 = \frac{l_2 \cdot}{E \cdot A_2} = 3 \cdot 10^{-6} mm \cdot N^{-1}$

$C_2 = 3 \cdot 10^{-6} mm \cdot N^{-1}$

kde: $l_2 = 20\ [mm]$ – celková délka spojovaných součástí

$E = 210\ [GPa]$ – Youngův modul pružnosti v tahu pro ocel

$A_2 = 340\ [mm^2]$ – plocha průřezu tzv. tlakového dvojkužele viz. obr. 46



Obr.46 – Tlakový dvojkužel [27]

Celkové zatížení šroubu [27]:

$$F_1 = F_i + \Delta F_1 = F_i + F_A \cdot C_{spoj}\ [N] \tag{31}$$

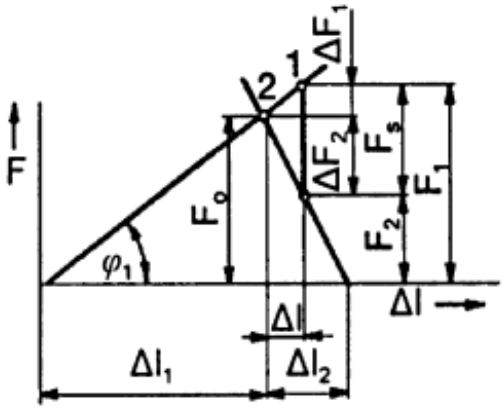
$F_1 = 409993{,}36075 + 22774{,}227\ \cdot 10^{-5} = 40993{,}6086\ N$

$F_1 = 41\ kN$

kde: $F_A = 22774{,}227\ [N]$ – pracovní síla šroubu (26)

$F_i = 409993{,}36075\ [N]$ – síla předpětí (28)

$C_{spoj} = \frac{C_2}{C_2+C_1} = 10^{-5}[-]$ – tuhostní konstanta spoje



Obr. 47 – Montážní diagram šroubového spoje, 1 - zatěžovací dráha šroubu, 2- zatěžovací dráha spojovaných součástí [27]

Kontrola šroubu na tah:

$$\sigma_t = \frac{F_1}{A_{sM16}} \leq \sigma_{tdov}\ [MPa] \tag{32}$$

Mez pevnosti v tahu je pro šrouby pevnostní třídy 12.9. R_{m2}=1200 MPa, mez kluzu R_{e2}=1080 MPa, a požadovaná bezpečnost k_t je volena z intervalu 1,5 až 5.

$$\sigma_{tdov} = \frac{R_{e2}}{k_t}\ [MPa] \tag{33}$$

$$\sigma_{tdov} = \frac{1080}{2} = 540$$

$$\sigma_{tdov} = 540\ MPa$$

kde: $R_{e2} = 1080\ [MPa]$ – mez kluzu pro šrouby pevnostní třídy 12.9 [25]

$k_t = 2\ [-]$ požadovaná bezpečnost podle ČSN EN 1090-1 [28]

$$\sigma_t = \frac{F_1}{A_{sM16}}\ [MPa] \tag{34}$$

$$\sigma_t = \frac{40993{,}6086}{156{,}666} = 261{,}6626\ MPa$$

$$\sigma_t = 261\ MPa$$

kde: $A_{sM16} = 156{,}666\ [mm^2]$ – průřez šroubu M16 (27)

$F_1 = 409993{,}6086\ [N]$ – Celkové zatížení šroubu (31)

$\sigma_t < \sigma_{tdov}$ - *vyhovuje*

Kontrola bezpečnosti vůči zániku sevření[25]:

$$k_{sev} = \frac{F_i}{F_A \cdot (1-C)} \; [-] \tag{35}$$

$$k_{sev} = \frac{40993{,}36075}{22774{,}227 \cdot (1-10^{-5})} = 1{,}8$$

$$k_{sev} = 1{,}8$$

kde: $C = \frac{C_2}{C_2+C_1} = 10^{-5}[-]$ – tuhostní konstanta spoje

$F_A = 22774{,}227\ [N]$ – pracovní síla šroubu (26)

$F_i = 409993{,}36075\ [N]$ – síla předpětí (28)

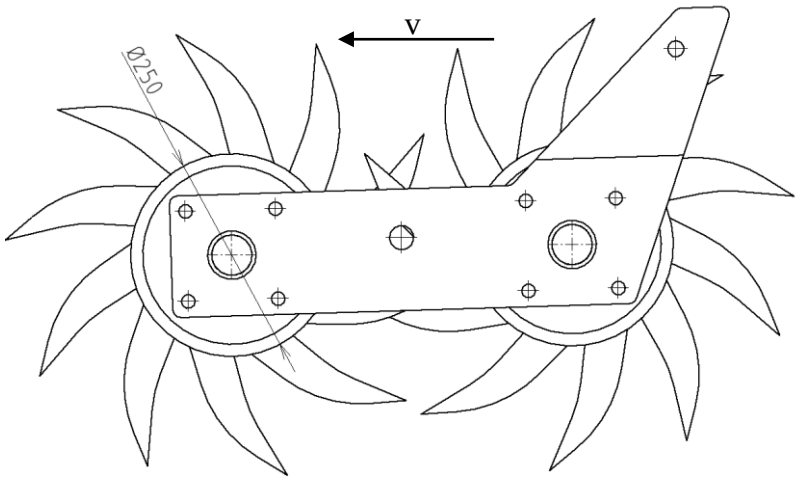
Zvolené šrouby M16 pevnostní třídy 12.9. vyhovují pro uchycení kulisy na rám.

6.4 ZÁKLADNÍ TRVANLIVOST LOŽISEK

Osy válců dvojitého hrotového pěchu (Obr. 49) jsou uloženy na obou koncích v ložiskových jednotkách (domcích) od výrobce SKF, typ ložisek FY50TF. (Obr. 48)

Obr. 48 Ložisková jednotka SKF – FY 50 TF [23]

Oba válce mají stejný průměr, z tohoto důvodu bude i jejich obvodová rychlost stejná. Uvažovaná maximální pracovní rychlost pro obdělávání půdy s dlátovým pluhem je 12 km/h.



Obr.49 – Uložení hrotového válce

Pro uvažovanou pracovní rychlost lze vypočítat otáčky válce pomocí následujícího vztahu

Otáčky válce:

$$n = \frac{v_M}{\pi d_v}\ [ot \cdot s^{-1}] \tag{36}$$

$$n = \frac{12}{\pi \cdot 3{,}6 \cdot 0{,}25} = 4{,}24413\ \ [ot \cdot s^{-1}]$$

$$n = 2{,}24\ [ot \cdot s^{-1}]$$

kde: $v_M = [12\,\frac{km}{h}]$ - maximální pracovní rychlost

$d_v = 250\ [mm]$ - průměr hrotového válce (obr. 46)

Odpor válce proti kypření [4]:

Pro výpočet odporu válce proti kypření je použit empirický vztah z literatury [7]:

$$F_V = k_m \cdot B\ [N] \tag{37}$$

Tab. 7 Měrné odpory půdy [7]

Pracovní hloubka [cm]	Měrný odpor k_m $[kpm^{-1}]$	Měrný odpor po přepočítání na jednotky SI k_m $[Nm^{-1}]$
6	60-100	588,6-981
8	90-130	882,9-1275,3
10	110-170	1079,1-1667,1
12	120-210	1177,2-2060,1
16	200-300	1962-2943

Z tabulky 7 byl zvolen měrný odpor proti kypření pro pracovní hloubku 16 cm, a to konkrétně hodnota $2000\ Nm^{-1}$.

$$F_V = 2000 \cdot 3 = 6000\ N$$

$$F_V = 6000\ N$$

kde: $k_m = 2000\ [N \cdot m^{-1}]$ – měrný odpor půdy z tab. 7

$B = 3\ [m]$ – šířka válce

Základní trvanlivost ložisek [25]:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_V}\right)^a \cdot \frac{10^6}{n \cdot 60}\ [h] \tag{38}$$

$$L_{10} = \left(\frac{35{,}1}{6}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{2{,}24 \cdot 60}$$

$$L_{10} = 1489595{,}424\ h$$

$$L_{10} = 1{,}5 \cdot 10^6\ h$$

kde: $a = 3[-]$ -exponent udávající typ styku ložiskových tělísek (bodový styk, kuličky[25]

$C = 35{,}1\ [kN]$ - dynamická únosnost ložiska (katalog SKF [23])

$F_V = 6000\ N$- odpor proti kypření dle vztahu (33)

Vlivem neustálých rázů a prašného prostředí však dojde ke značnému snížení životnosti. Skutečná trvanlivost tak bude podstatně nižší a bude se odvíjet od pravidelnosti údržby.

ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce je 3D model dlátového pluhu včetně výkresové dokumentace. Dlátový pluh je agregovatelný s traktorem o výkonu nad 100kW. Traktory této výkonové řady jsou krátce popsány a porovnány v rešeršní částí. Jednotlivé pracovní tělesa jsou jištěna mechanicky. Dlátový pluh je vybaven dvojitým hrotovým pěchem pro snížení počtu přejezdů po poli.

Rám je tvořen uzavřenými profily 100x100 délky 3 m. Jednotlivé profily jsou hlavním nosným prvkem rámu a jsou k nim přišroubovány ostatní díly a svařence. Jištění slupic proti přetížení je součástí kulis a je realizováno tažným pojistným šroubem M10. V případě přetížení tak nedojde k poškození rámu dlátového pluhu.

Výpočtem bylo ověřeno, že dlátový pluh je agregovatelný s traktorem o výkonu nad 100 kW. Upevnění kulis na uzavřených profilech bylo kontrolováno vůči zániku sevření, neboť se jedná o kritické místo a k zániku sevření nedojde. Použité tažné šrouby byly navrhovány tak, aby pro požadovanou sílu 11 kN dosáhly mezního stavu pevnosti, což bylo také ověřeno výpočtem. Dále byla provedena kontrola základní trvanlivosti ložisek uložení válců hrotového pěchu, trvanlivost ložisek je $1{,}5 \cdot 10^6\ h$.

Výsledný model má rozměry délka – 2,600 m šířka – 3 m, výška – 1,3 m, světlost rámu je 71 cm a hmotnost dlátového pluhu včetně dvojitého hotového pěchu je 1676 kg. Dle požadavků zadání je dlátový pluh agregovatelný tříbodovým závěsem typu 2N a 3N.

.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

[1] KWS OSIVA S.R.O. *Základní zpracování půdy*. Online. 2021. Dostupné z: https://www.kws.com/cz/cs/poradenstvi/zakladani-porostu/zpracovani-pudy/. [cit. 2024-01-22].

[2] *DIGGER*. Online. C2023. Dostupné z: https://www.farmet.cz/cs/hloubkovy-kypric-digger?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA-P-rBhBEEiwAQEXhHzW49jz4fCwvunjZSmP5qlYEm0ukZSzUqBKx2or6jChc9ND3e2r6sRoCQ5MQAvD_BwE. [cit. 2023-12-18].

[3] *Základy zpracování půdy (5): Orba (I.)*. Online. C2020. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i. [cit. 2024-01-22].

[4] *Pluh*. Online. In: AGROjournal. Copyright © 2011–2024. Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/images/resized/2015/1024x800-fit/04g-cervinka-1.jpg. [cit. 2024-03-20].

[5] *Podmítač Kverneland CLC*. Online. In: Kubík Zetor. ©2024. Dostupné z: https://www.kubikzetor.cz/public/userfiles/dalsi-sortiment/kverneland/CLC.jpg. [cit. 2024-03-20].

[6] BEDNAR • FMT S.R.O. *TERRALAND TN JAKO DLÁTOVÝ PLUH I PROFESIONÁLNÍ PODRÝVÁK*. Online. © 1997-2024. Dostupné z: https://www.bednar.com/blog/terraland-tn-jako-dlatovy-pluh-i-profesionalni-podryvak/. [cit. 2024-03-20].

[7] FRIEDMAN, Mikuláš. *Zemědělské stroje : vysokoškolská učebnice. 1., Teorie a výpočet*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1973.

[8] *TERRALAND TN*. Online. C1997-2023. Dostupné z: https://www.bednar.com/terraland-tn/. [cit. 2023-12-18].

[9] *SPIDER-M*. Online. © copyright 2015 MOROARATRI SRL. Dostupné z: http://www.moroaratri.com/en/subsoilers/37-spider-m.html. [cit. 2024-01-22].

[10] *Cultiplow Platinum Rigid*. Online. C2023. Dostupné z: https://agrisem.com/en/product/cultiplow-platinum/. [cit. 2023-12-18].

[11] *HEKTOR UNI*. Online. C2020. Dostupné z: https://www.opall-agri.cz/cz/podryv/hektor-i-uni. [cit. 2023-12-18].

[12] *HLOUBKOVÝ KYPŘIČ TALON*. Online. Dostupné z: https://www.smscz.cz/cz/node/154. [cit. 2023-12-18].

[13] *Staňte se perfekcionistou. S Fendt 700 Vario Gen6*. Online. © 2024 AGCO GmbH. Dostupné z: https://www.fendt.com/uk/agricultural-machinery/tractors/fendt-700-vario-gen6. [cit. 2024-01-22].

[14] NEW HOLLAND AGRICULTURE A BRAND OF CNH INDUSTRIAL N.V. *T6 ELECTRO/ DYNAMIC/ AUTO COMMAND*. Online. ©2024. Dostupné z: https://agriculture.newholland.com/en-

gb/europe/products/agricultural-tractors/t6-stage-v. [cit. 2024-03-20].

[15] NEW HOLLAND AGRICULTURE A BRAND OF CNH INDUSTRIAL N.V. *T7 LWB*. Online. ©2024. Dostupné z: https://agriculture.newholland.com/en-gb/europe/products/agricultural-tractors/t7-lwb-stage-v. [cit. 2024-03-20].

[16] DEERE & COMPANY. *6R 130*. Online. Copyright © 2024. Dostupné z: https://www.deere.cz/cs/traktory/stredni/rada-6r/6r130/. [cit. 2024-03-20].

[17] DEUTZ FAHR. *6C*. Online. Copyright © 2018. Dostupné z: https://www.deutzfahr.cz/traktory/rada-6/6c/. [cit. 2024-03-20].

[18] DEUTZ FAHR. *6 TTV*. Online. Copyright © 2018. Dostupné z: https://www.deutzfahr.cz/traktory/rada-6/6-ttv/. [cit. 2024-03-20].

[19] *Tříbodový závěs je geniálním řešením, které usnadňuje připojení nářadí k traktoru. Všichni na něj čekali, vynálezce ho zadarmo nedal*. Online. Copyright © 2011–2024. Dostupné z: https://www.agroportal24h.cz/clanky/tribodovy-zaves-je-genialnim-resenim-ktere-usnadnuje-pripojeni-naradi-k-traktoru-vsichni-na-nej-cekali-vynalezce-ho-zadarmo-nedal. [cit. 2024-01-22].

[20] ISO 730:2009/AMD 1:2014, *Agricultural wheeled tractors-Rear-mounted three-point linkage*.

[21] *Regulační hydraulika traktorů a její praktické využití*. Bakalářská práce. České Budějovice: JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA, 2015.

[22] *Dlátový pluh HARRIER H 4/7*. Online. © 2000–2024. Dostupné z: https://polagro.cz/zemedelska-technika/product/11319:dlatovy-pluh-harrier-h-4-7. [cit. 2024-01-23].

[23] SKF. *SKF FY 50 TF*. Online. © Copyright. Dostupné z: https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units/productid-FY%2050%20TF. [cit. 2024-02-12].

[24] ŠTEFL, Zdeněk. *Mechanizace rostlinné výroby*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1969.

[25] NISBETT, J. Keith a . *Shigleyho konstruování strojních součástí*. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2023. ISBN 978-80-214-5471-2.

[26] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-864-9074-2.

[27] ŘASA, Jaroslav a ŠVERCL, Josef. *Strojnické tabulky: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-20-3.

[28] ČSN EN 1090-1+A1, *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců*. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2012.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[-]	Exponent udávající typ styku ložiskových tělísek
A_2	[mm^2]	Plocha průřezu tzv. svojkužele
A_s	[mm^2]	Potřebný průřez tažného šroubu
A_{sM10}	[mm^2]	Průřez jádra šroubu M10
A_{sM16}	[mm^2]	Průřez jádra šroubu M16
B	[m]	Šířka válce
C	[N]	Dynamická únosnost ložisek
C_1	[mm·N^{-1}]	Deformační konstanta spoje pro šroub
C_2	[mm·N^{-1}]	Deformační konstanta spoje pro spojované součásti
c_R	[-]	Činitel valivého odporu
C_{spoj}	[-]	Tuhostní konstanta spoje
d_2	[mm]	Minimální průměr stoupání šroubu M8
d_{22}	[mm]	Minimální průměr stoupání šroubu M14
d_3	[mm]	Minimální průměr jádra šroubu M8
d_{32}	[mm]	Minimální průměr stoupání šroubu M4
d_v	[mm]	Průměr hrotového válce (včetně hrotů)
E	[GPa]	Youngův modul pružnosti v tahu pro ocel
F	[N]	Tažná síla (celková)
F_1	[N]	Celkové zatížení šroubu
F_A	[N]	Síla na přední šroub uchycení
F_B	[N]	Síla na zadní šroub uchycení
F_H	[N]	Horizontální složka odporové síly
F_i	[N]	Síla předpětí
F_k	[N]	Síla kolmá na osu profilu
F_k	[N]	Síla kolmá na osu profilu rámu
F_n	[N]	Normálová složka F_R
F_o	[N]	Osová složka síly F_s
F_p	[N]	Odpor půdy
F_R	[N]	Odpor proti kypření

F_s	[N]	Síla na špici slupice (dláta)
F_{sx}	[N]	Kolmá složka síly na špici slupice (dláta)
F_{sy}	[N]	Osová složka síly na špici slupice (dláta)
$F_š$	[N]	Síla působící na tažný šroub
$F_{šx}$	[N]	Kolmá složka síly působící na tažný šroub
$F_{šy}$	[N]	Osová složka síly působící na tažný šroub
F_t	[N]	Třecí síla na dlátě
F_T	[N]	Tečná složka F_R
F_V	[N]	Odpor válce proti kypření
F_{VO}	[N]	Tíhová síla traktoru
G	[N]	Tíhová síla dlátového pluhu
g	$[m \cdot s^{-2}]$	Tíhové zrychlení
k_m	$[N \cdot m^{-1}]$	Měrný odpor půdy
k_o	$[N \cdot m^{-2}]$	Měrný odpor půdy
k_{sev}	[-]	Bezpečnost vůči zániku sevření
k_t	$[-]$	Bezpečnost
l_1	[mm]	Celková délka spojovaných součástí + délka matice
L_{10}	[h]	Základní trvanlivost ložisek
l_2	[mm]	Celková délka spojovaných součástí
m_k	[kg]	Hmotnost dlátového pluhu
M_s	$[N \cdot m]$	Moment od síly F_s
$M_š$	$[N \cdot m]$	Moment od síly $F_š$
m_t	[kg]	Hmotnost traktoru
n	$[s^{-1}]$	Otáčky hrotového válce
P_a	[kW]	Výkon potřebný na zrychlení
P_e	[kW]	Výkon motoru
P_f	[kW]	Výkon ztracený odporem valení
P_H	[kW]	Užitečný výkon
P_o	[kW]	Užitečný výkon na vývodové hřídeli
P_s	[kW]	Výkon spotřebovaný na stoupání
P_t	[kW]	Výkon ztracený v převodech

P_δ	[kW]	Výkon ztracený prokluzem
r_A	[mm]	Rameno síly F_A od osy otáčení T
r_B	[mm]	Rameno síly F_B od osy otáčení T
R_{e1}	[MPa]	Mez kluzu v tahu
R_{e2}	[MPa]	Mez kluzu v tahu
r_k	[mm]	Rameno síly *Fk* od osy otáčení T
r_k	[mm]	Rameno síly F_k od osy otáčení T
R_{m1}	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
R_{m2}	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
r_s	[mm]	Rameno síly F_s od osy otáčení O
$r_š$	[mm]	Rameno síly $F_š$ od osy otáčení O
S_s	[mm^2]	Celková plocha v záběru
v_M	[km·]	Maximální pracovní rychlost
γ	[°]	Úhel sklonu dláta
η	[°]	Úhel odklonění Fp od horizontální roviny
η_H	[-]	Tahová účinnost traktoru
η_t	[-]	Mechanická účinnost traktoru
η_δ	[-]	Prokluzová účinnost traktoru
σ_s	[MPa]	Napětí v tahu (tažný šroub)
σ_t	[MPa]	Napětí v tahu (šrouby M14)
σ_{tdov}	[MPa]	Povolené napětí v tahu
φ	[°]	Třecí úhel kořene a ostří
ψ	[-]	Součinitel funkce spoje
ω	[°]	Úhel odklonu síly F_k od síly F_s

SEZNAM PŘÍLOH

P1 Tabulka s technickými údaji dlátových pluhů

Výkresová dokumentace:

BP-A0-01-24 – Sestava dlátového pluhu

BP-A2-02-24 – Svařenec kulisy

BP-A4-03-24 – Výpalek bočnice kulisy

BP-A4-04-24 – Čep dolních táhel