

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh konstrukčního řešení stabilizace podvozku
samojízdného postřikovače**

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
Konzultanti diplomové práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.
Jiří Havel
Autor diplomové práce: Bc. Lukáš Holeček

České Budějovice, 2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš HOLEČEK**
Osobní číslo: **Z16273**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Návrh konstrukčního řešení stabilizace podvozku
samojízdného postřikovače**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši z dostupné literatury a prací dosud zpracovaných na toto téma
2. Vymezte základní pojmy, požadované vlastnosti a teorie z oblasti konstrukce obdobných strojů.
3. Konzultujte řešenou problematiku s odborníky z praxe
4. Proveďte souhrn všech informací pro navrhování a způsoby konstrukčních řešení uvedené problematiky
5. Pokuste se vytvořit návrh konstrukčního řešení, které by splňovalo požadované parametry
6. Pokuste se analyzovat navržené řešení z hlediska funkčnosti, nákladovosti, výrobní realizovatelnosti a to v součinnosti s konstruktéry a technologi z praxe.
7. Pokuste se o zhodnocení přínosů navrhovaného řešení
8. Vypracujte názornou prezentaci této práce v PowerPoint, kterou využijete při obhajobě.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

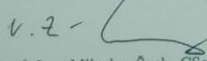
Seznam odborné literatury:

1. VLK, František. Podvozky motorových vozidel. 3., přeprac., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6464-x.
2. VLK, František. Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel : alternativní pohony : komfortní systémy : řízení dynamiky : informační systémy. 1. vyd. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5276-0.
3. GSCHEIDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. Praha: Sobotáles, 2001. 629s. ISBN 80-85920-76-X.
4. BAUER, František, SEDLÁK, Pavel a ŠMERDA, Tomáš. Traktory. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-867-2615-0.
5. DVOŘÁK, František. Traktory nových konstrukcí: (studijní zpráva). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. Studijní informace. ISBN 80-86153-35-5.
6. PASTOREK, Zdeněk. Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-4-4.
7. VLK, František. Automobilová elektronika. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 8023970623.

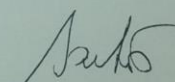
<http://www.agrio.cz/postrikovace>
<http://www.agrio.cz/postrikovac/dino>
<http://www.ibesip.cz/>

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky
Konzultant diplomové práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.
Katedra aplikované fyziky a techniky
Ostatní konzultanti: Jiří Havel
AGRIO Křemže MZS s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: 16. února 2017
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2018


prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Rtudenteká 1888, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 1. března 2017

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 3.5.2018

Bc. Lukáš Holeček

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, dále PaedDr. Bedřichovi Veselému, Ph.D., za poskytnutí cenných rad a připomínek při vypracování této diplomové práce a za čas, který mi věnoval při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu konstrukční kanceláře podniku Agrio panu Jiřímu Havlovi za umožnění řešení daného problému a za projevenou ochotu při zodpovídání dotazů k vypracování práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celé doby studia.

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukční optimalizace stabilizace podvozku samojízdného zemědělského postřikovacího stroje a příčinami této nestability.

Úvodní část práce popisuje normativní podmínky pro péči o rostliny postřikem. Dále je uvedena historie výrobce postřikovací techniky a na ni navazuje část o použití uvedených samojízdných strojů. Podstatná část práce se věnuje konstrukčním částem samochodu a jejich správné funkci. Zvláštní důraz je kladen na podvozkové části, jejichž vlastnosti jsou pro kývání stroje klíčové. Součástí práce je navržení konstrukčních řešení směřujících ke zvýšení stability podvozku stroje včetně vyhodnocení optimální varianty.

Závěr práce obsahuje rozvahu o použitelnosti navrhovaného konstrukčního řešení, z hlediska zlepšení jízdní stability a tím i funkčnosti postřikovače jako celku.

Klíčová slova: samojízdný postřikovač, mechanizace hnojení, mechanizace ochrany rostlin, stabilizace podvozku postřikovače, odpružení zemědělského stroje

Design of the solution for the stabilization of the self-propelled sprayer chassis

Summary:

The diploma thesis deals with the design of the structural optimization of the chassis stabilization of the self-propelled agricultural spraying machine and the causes of instability.

The introductory part describes the normative conditions for plant care by spraying. The history of the spraying technician and the use of this self-propelled machinery are also detailed. A substantial part of the work is devoted to the construction parts of the self-propelled spraying machine and their proper function. Important emphasis is placed on the chassis parts, whose features are key to rocking the machine. Part of the thesis is the design of construction solutions aimed at increasing the stability of the machine chassis, including the evaluation of the optimal variant.

The conclusion of the thesis contains a balance sheet on the applicability of the proposed design solution, in terms of improved stability of the road and thus also the functionality of the whole sprayer.

Keywords: self-propelled sprayer, mechanization of fertilization, plant protection mechanization, stabilization of the sprayer chassis, suspension of agriculture machine

OBSAH

OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1. CÍLE PRÁCE.....	12
2. METODIKA	13
3. HNOJENÍ, OCHRANA ROSTLIN A LEGISLATIVA.....	15
4. HISTORIE FIRMY	18
5. POUŽITÍ SAMOJÍZDNÝCH POSTŘIKOVAČŮ.....	21
6. ČÁSTI SAMOJÍZDNÉHO POSTŘIKOVAČE DINO	24
6.1 MOTOR, POHONNÉ ÚSTROJÍ A PRŮCHODNOST	26
6.2 PODVOZEK	28
6.3 KABINA	31
6.4 NÁSTAVBA PRO POSTŘIK K OCHRANĚ ROSTLIN.....	32
6.5 OKRUH VODY A POSTŘIKOVÉ JÍCHY	32
6.6 HLAVNÍ NÁDRŽ	32
6.7 NÁDRŽ NA ČISTOU VODU	33
6.8 EKOMIXÉR.....	33
6.9 PÍSTOMEMBRÁNOVÉ ČERPADLO	34
6.10 FILTRACE	35
6.11 VZDUCHOVÝ OVLÁDACÍ OKRUH	35
6.12 POSTŘIKOVÁ RAMENA.....	36
6.13 POSTŘIKOVÉ TRYSKY A APLIKAČNÍ TRUBICE	39
6.14 PROCES OPLACHU HLAVNÍ NÁDRŽE	42
7. TEORIE PODVOZKŮ VOZIDEL A STROJŮ	45
7.1 KOLA A PNEUMATIKY.....	45
7.2 ZAVĚŠENÍ KOL	48
7.2.1 Tuhá náprava (závislé zavěšení).....	49

7.2.2	Nezávislé zavěšení kol.....	50
7.3	ŘÍZENÍ.....	51
7.4	ODPRUŽENÍ	51
7.4.1	Činnost odpružení.....	52
7.4.2	Účel odpružení.....	55
7.4.3	Varianty odpružení	55
7.4.4	Frekvence kmitání	58
7.4.5	Charakteristiky odpružení.....	59
7.5	STABILIZACE PODVOZKU	61
7.5.1	Další způsoby stabilizace podvozku.....	66
8.	NÁVRH ANALÝZY KÝVÁNÍ STROJE	68
9.	ZLEPŠENÍ STABILIZACE	72
9.1	AKTIVNÍ ODPRUŽENÍ BOSE (LEM)	73
9.2	VÍCEREŽIMOVÝ STABILIZÁTOR.....	76
9.2.1	Varianta 1 – aktivace zubovou spojkou.....	82
9.2.2	Varianta 2 – objímka s vnitřním ozubením	85
9.2.3	Varianta 3 – aktivace třecími lamelovými spojkami	86
9.2.4	Varianta 4 – hydraulická aktivace	88
9.2.5	Varianta 5 – aktivní stabilizátor.....	89
9.3	ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ PODVOZKU.....	90
10.	ZHODNOCENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	91
10.1	VÝBĚR PARAMETRŮ K POROVNÁNÍ.....	91
10.2	VYHODNOCENÍ.....	91
11.	DISKUZE	93
12.	ZÁVĚR	94
13.	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	96
14.	SEZNAM OBRÁZKŮ	102

ÚVOD

Během studia navazujícího oboru Zemědělská a dopravní technika jsem se dozvěděl mnoho zajímavých informací, které byly mnohdy doplněné ještě poutavějšími exkurzemi. Jednou z nejzajímavějších pro mne byla návštěva výrobního podniku českých postřikovačů, konkrétně Agrio MZS s.r.o. v Mřiči u Křemže s Ing. Milanem Frídem. Dalším důvodem pro hledání tématu mé diplomové práce byl i fakt, že mám od dětství k zemědělské technice vřelý vztah, podpořený dlouholetým podnikáním rodičů v zemědělské výrobě. Začal jsem se tedy zajímat, při hledání tématu vlastní diplomové práce, o možnost zaměřit svou diplomovou práci na konstrukci zemědělských strojů.

Firma Agrio vyrábí postřikovače již přes dvacet let a v současné době se jedná o největšího výrobce postřikovací techniky v České republice. Podnik má širokou škálu vyráběných postřikovačů. Množství volitelné výbavy umožňuje podniku sestavit postřikovač přímo na míru požadavkům, které jsou ze strany zákazníka kladeny. Z toho vyplývá, že zákazník zakoupí stroj, který plně vyhovuje jeho potřebám. Firma vyrábí návěsné, nesené, nástavbové i samojízdné stroje ve vysoké kvalitě, kterou je udržována neustálá konkurenceschopnost těchto postřikovačů i na nekompromisním německém trhu. Ekonomické výsledky podniku vypovídají o zvyšující se poptávce po postřikovačích Agrio, což firmu zavazuje k neustálému zlepšování a konstrukčním inovacím. Pro udržení této pozice na trhu s postřikovací technikou proto stanovila cíle, týkající se zejména navrzení nového samojízdného stroje nebo vyřešením konstrukčních úprav. Jednou z konstrukčních úprav je zlepšení stabilizace podvozku samojízdného postřikovače DINO.

U samojízdného postřikovače pohybujícího se při transportu po komunikaci rychlostí dosahující $50 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$, dochází v zatáčkách k přílišnému příčnému náklonu kabiny (potažmo rámu), který je nežádoucí. Nabízí se tedy možnost prostudovat problematiku a analyzovat náklon samohybu, respektive se pokusit navrhnout konstrukční řešení, které by nežádoucí jev eliminovalo nebo alespoň zmírnilo. Po konzultaci s vedoucím konstrukce panem Jiřím Havlem jsem si tuto konstrukční úpravu zvolil jako téma diplomové práce.

Při vypracování návrhu konstrukčního řešení stabilizace podvozku samojízdného stroje se hodlám zaměřit na popis stroje, pro přesné pochopení všech

požadovaných funkcí, které má postřikovač plnit. Dále chci vytvořit rešerši konstrukčních řešení podvozků zejména zemědělských strojů a nákladních vozidel.

Na základě zjištěných faktů se chci pokusit analyzovat vlivy působící na kývání samojízdného stroje, včetně zhodnocení významu jednotlivých zdrojů kývání. Na základě zmíněné analýzy a zjištěných informací, týkajících se vlastností a požadavků na samojízdný postřikovač, vytvořit návrh několika variant zlepšujících stabilizaci podvozku při provozu stroje. Nakonec objektivně zhodnotit varianty a vytvořit doporučení pro návrh optimální konstrukční úpravy zlepšující tuto jízdní vlastnost postřikovacího samojízdného prostředku. Výběr optimálního řešení bude zvolen na základě několika porovnávacích parametrů, které budou rovněž vysvětleny.

1. CÍLE PRÁCE

- Cíle pro teoretickou část práce:

- Vytvoření rešerše problematiky z dostupných literárních a internetových zdrojů včetně prací, které byly na toto téma dosud zpracovány.
- Analýza zjištěných informací a systematické rozřídění – výběr vhodných informací pro mou práci.
- Vymezit základní pojmy v popisu konstrukce stroje a jeho naklánění (stability).

- Cíle pro praktickou část práce:

- Návrh metodiky pro analýzu zdrojů kývání stroje.
- Vytipování způsobů konstrukčních řešení pro zlepšení stability postřikovače (eliminace kývání).
- Doporučení pro praxi.
- Vytvořit prezentaci práce v PowerPoint, která bude užita při obhajobě.

2. METODIKA

Metodika vytvoření literární rešerše

K vytvoření literární rešerše bude nezbytné vyhledat relevantní informační zdroje. Po prostudování vhodné dostupné literatury a internetových zdrojů budou sepsány důležité poznatky a informace. Ze získaných informací bude možno sestavit literární rešerši. Ta bude obsahovat informace a poznatky týkající se postřikovačů obecně a také podvozků samojízdných postřikovačů. Budou sepsány důležité pojmy, sloužící k pochopení fungování podvozků zemědělských strojů zejména podvozku samojízdného postřikovače.

Metodika uplatněná v praktické části

Pro získání potřebných dat k vytvoření vlastního návrhu zlepšení stabilizace podvozku samojízdného postřikovače bude nezbytné analyzovat chování stroje z hlediska kývání. Na základě zjištění vlivů na náklon stroje vytvořit několik návrhů konstrukčních opatření pro snížení příčného náklonu samojízdného zemědělského stroje. Vyhovující návrhy budou popsány a na základě několika hodnotících parametrů bude vybrána optimální varianta. Nejvýhodnější varianta bude blíže popsána z hlediska fungování a bude zdůvodněno, které parametry měli při volbě největší váhu.

Metodika analyzování kývání postřikovače

Účelem analýzy kývání bude zjištění amplitudy a frekvence odpružení postřikovače během jízdy. Analýza bude složena z několika dílčích kroků. Nejprve budou zjištěny parametry (frekvence, amplituda) kývání stroje jako celku s naplněnou i prázdnou nádrží. Následně proběhne měření parametrů kmitání dílčích částí, u kterých bude vyhodnocen vliv na celou soustavu. Na základě zjištěných hodnot bude sledována harmonizace frekvencí kývání jednotlivých částí a následně pokus o navržení změn parametrů kývání tak, aby nedocházelo k harmonizaci.

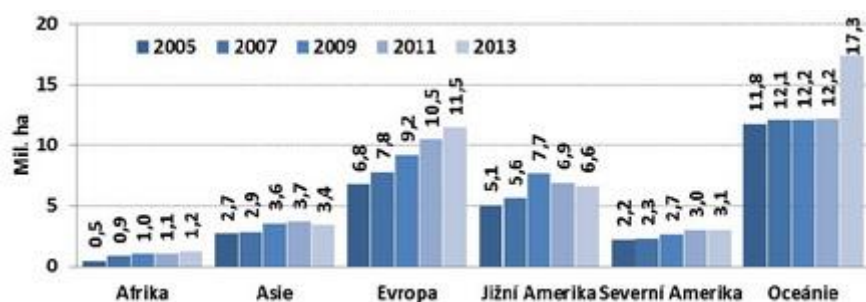
Metodika výběru parametrů a vyhodnocení optimální varianty

Pro hodnocení budou vybrány parametry, které jsou pro funkci postřikovače klíčové. Následně proběhne objektivní hodnocení zvolených variant, podle vybraných parametrů. Na základě hodnocení variant konstrukčních řešení získáme optimální kombinaci. Ta bude doporučena pro podrobnější analýzu a testování, vycházející

z interních požadavků podniku. U nejuvhodnější varianty, která bude potenciálně schopná vyhovovat potřebám kladeným na vylepšovaný stroj, bude důležité zachování původních funkčních vlastností stroje.

3. HNOJENÍ, OCHRANA ROSTLIN A LEGISLATIVA

V současné zemědělské výrobě patří ochrana plodin v zemědělství k významným metodám zvyšování výnosů a stabilizace zemědělské výroby. Statistiky uvádí, že škody na úrodě způsobené chorobami, škůdci a plevely se pohybují v rozsahu 15–30 %. Takto vysoké škody znamenají stejné snížení objemu vyprodukované plodiny, tzn. i zisků. Takové ztráty jsou ovšem příliš vysoké, proto je úkolem ochrany rostlin snížit je v rámci zachování požadovaných ekologických zásad na minimum. Vyžadováno je najít optimum mezi ekologickým dopadem použití ochranných látek a minimalizací ztrát. K tomuto problému se čelem staví ekologického zemědělství, jehož význam ve světě stále roste (obrázek 1), jak naznačuje pravidelné šetření. V roce 2013 bylo zjištěno zařazení přes 43 milionů (pro Evropu 11,5 milionů) hektarů do ekologického zemědělství [1].



Obrázek 1: Vývoj zařazení zemědělské půdy do ekologického zemědělství, zdroj: [2]

Je zjištěno, že modernizací technologií v rostlinné výrobě dochází v půdě ke změnám, ke kterým v předchozích letech nedocházelo. Způsoby pěstování rostlin, zpracování půdy, vysoká specializace a koncentrace pěstování plodin vyvolávají v půdě změny. Určitými metodami zpracování půdy, používáním techniky a vysokou mírou chemizace ve snaze snížit vliv některých škodlivých činitelů (choroby, škůdci či plevely), dochází současně k nárůstu jiných škodlivých činitelů, o kterých se v dřívějších dobách mnohdy ani nevědělo. Tímto příliš intenzivním vlivem na půdu byla narušena biologická rovnováha, kterou je nyní zapotřebí stabilizovat, a především škodlivé činitele regulovat [3].

Ekologické zemědělství pomáhá významnou škálu ekosystémových služeb, jako je např. zvyšování retence vody v krajině či snižování nákladů na čištění vod, neboť nezatěžuje životní prostředí agrochemickými látkami. Zemědělci ekologickým

přístupem zajišťují nadstandardní životní podmínky chovaných zvířat, odpovídající co nejvíce jejich přirozeným potřebám. Výsledkem takového přístupu je pak produkce kvalitních biopotravin bez reziduí agrochemických látek, hormonů nebo léčiv. Tím vším ekologické zemědělství přispívá k důležitému cíli, kterým je zdravý člověk ve zdravé krajině. Ministerstvo zemědělství proto ekologické zemědělství podporuje v rámci Národních dotací i Programu rozvoje venkova a zároveň spolupracuje s evropskou legislativou v tomto směru. V oblasti ekologické produkce jsou legislativou přísně nastavená pravidla a zároveň i tímto etalonem kontrolována [4].

Metody používané při ochraně rostlin proti škodlivým činitelům mohou být rozděleny na přímé a nepřímé [3]. Nepřímé metody se využívají při pěstování a jedná se o vytvoření takových podmínek, kterými dochází ke snížení nebo omezení vlivu škodlivých činitelů. Mezi metody snižující nebo dokonce zamezující vlivu škodlivých činitelů patří především způsoby používání zemědělské techniky (eliminace plevelů), dále ale také čištění osiva nebo i šlechtění rezistentních odrůd. Přímými metodami zasahujeme proti škodlivým faktorům v době jejich výskytu. U přímé metody záleží na jejím použití, aby byla maximálně účinná. Jedná se hlavně o přesné zasažení činitele v období nejvyšší citlivosti a v celém rozsahu výskytu, čímž se maximalizuje efekt samotného použití.

Vyhláška č.205/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin § 3 zmiňuje, jako nepřímé metody zejména:

- a) střídání plodin,
- b) používání pěstitelských postupů,
- c) používání odrůd odolných nebo tolerantních ke škodlivým organismům a osiva a skladby splňující požadavky stanovené jiným právním předpisem,
- d) vyvážené hnojení, vápnění a vodní režim,
- e) hygienická opatření, nebo
- f) ochrana a podpora užitečných organismů využíváním vhodných opatření na ochranu rostlin.

Dále vyhláška pojednává o sledování výskytu škodlivých organismů, které je prováděno podle zákonných postupů, které jsou zejména pozorování, varovné systémy, předpovědi výskytu škodlivých organismů a další metody sloužící k včasnému určení nebo využívání odborných zákonných poradců. O výběru způsobu

ochrany by měla rozhodovat objektivní analýza předpokládaného napadení nebo výsledků sledování výskytu škodlivých organismů. Vyhláška ještě upřednostňuje biologické, fyzikální a jiné nechemické metody ochrany před těmi chemickými. Optimální využití ochranných metod je takové, kdy metoda je zároveň účinná, ovšem dochází pouze k minimálnímu dopadu na lidské zdraví, okolní organismy a životní prostředí. Vyhláška stanovuje i to, že se přímá ochrana používá jen v nezbytném rozsahu, tzn. aplikace dávek přípravků na spodní hranici doporučení, případně snížením počtu použití nebo použitím pouze cíleně umístěného zásahu, a to vše s přihlédnutím k možnému vzniku rezistence škodlivých organismů k používaným přípravkům. Opakované použití přímé ochrany rostlin se využívá pouze v nezbytném případě s uvážením možného vzniku rezistence. Při zachování účinnosti přípravku je možné využít i antirezistentní zásah, u něhož dochází ke zpomalení šíření rezistence škodlivého organismu vůči aplikovaným přípravkům. Informace o rezistenci rostlin eviduje rostlinolékařská správa. Zpětná vazba úspěšnosti použitých opatření je prováděna ověřováním na základě záznamů o používání přípravku a následného sledování míry výskytu škodlivých organismů, z čehož je zjistitelná i účinnost přípravku [5].

4. HISTORIE FIRMY

Firma Agrio MZS s.r.o. vznikla v roce 1993 a již od počátku byla zainteresována do strojů a techniky na hnojení a ochranu rostlin. Od vzniku se společnost velmi rozvinula, její kroky začínaly na rekonstrukcích starších postřikovačů a od vzniku firmy dodnes prošla významným vývojem. Velkým přínosem pro rozvoj firmy bylo uskutečnění spolupráce s německým výrobcem postřikovačů už od doby vzniku, od které podnik zakoupil licenci na výrobu ramen postřikovačů. V době vzniku firmy Agrio už německá společnost GSB vyráběla postřikovače téměř 20 let, proto navázání této spolupráce posunulo podnik o významný krok ve vývoji dopředu. Dalším významným plusem bylo, navíc kromě licence, získání i spousty dalších informací k výrobě kvalitních postřikovačů. Postupným vlastním vývojem začala společnost vyrábět návěsné, nesené, nástavbové a samojízdné postřikovače, které se na trhu vyznačují plněním vysokých nároků jejich uživatelů. Vyráběné postřikovače se vyznačují vysokou variabilitou, například pracovním záběrem 15-36 metrů nebo objemem nádrží vyráběných postřikovačů, který činí 2,5 tisíce až 14 tisíc litrů. Samojízdné varianty využívají zejména zákazníci, požadující od postřikovače velkou světlou výšku. Tím se snižují ztráty mechanickým poškozením plodiny a prodlužuje se období možného použití postřikovače [6].

Od německého výrobce odkoupená licence byl pouhý začátek. Německo je totiž nyní největším, ale jistě i nejnáročnějším trhem. Tento fakt deklaruje i to, že v Německu platí nejprísnější předpisy jak na ochranu rostlin, okrajů pozemků, tak i vody. S tím souvisí i požadavky německého trhu na nejvyšší úroveň kvality či rychlost implementace technologických novinek. Kvalita výroby je pro trh se zemědělskou technikou na prvním místě, zejména u západních sousedů. Dále je kladen důraz rovněž na kvalitu zpracování veškerých dílů, včetně jejich lakování. Inovace prověřené vyspělým západním trhem jsou následně vyžadovány i od polských sousedů a také i od potenciálních zákazníků na tuzemském trhu. Kvalita nové postřikovací techniky je sledována na výstavách jak u nás a v zahraničí, tak i na tzv. polních dnech, kde může zákazník spatřit stroje přímo při aplikaci chemie na pozemcích. Obecné nároky na zemědělskou techniku dnes směřují ke zvyšování kvality a bezporuchovosti, za současného snížení pořizovacích cen. Konkrétní vlastnosti na postřikovací stroje plynou z požadavku co nejvyššího denního výkonu, to souvisí se zvětšováním pracovního záběru a objemu nádrže či zvýšením využití

moderní elektroniky. Zpřesňování dávek postřikové jichy v závislosti na pojezdové rychlosti, eliminace přestříků a nedostříků jsou parametry, které jsou rovněž ostře sledovány, ovšem dnes již nejsou v kompetenci obsluhy. Tuto úlohu u moderních postřikovačů v současnosti přebírá elektronika. Důvody využití, dnes již nezbytné, elektroniky vedou k optimalizaci efektivitu práce a ekonomické stránky ošetřování zemědělských plodin postřikem [6].

Vývoj firmy tedy začal nenápadně z oprav a renovací postřikovačů v Křemži. V areálu o rozloze 1200 m² se začala rozvíjet výroba, ovšem pouze 120 m² z toho byly kryté prostory. Následující roky rozvoje firmy si vyžádaly postupné zastřešení celé plochy, ovšem i toto zastřešení po čase bylo nedostačující. Proto firma v roce 2000 expandovala cestou zakoupení bývalého zemědělského výkupu v Mříči u Křemže. Nově nabytý areál vyžadoval rekonstrukci, aby se z něj mohla stát moderní výrobní hala na “nekompromisní české postřikovače“ [7], jak nazývá své stroje společnost ve svém reklamním sloganu. Po rekonstrukci týkající se topení a rozvodů byly haly osazeny jeřáby pro manipulaci s těžkými břemeny. Jedna z hal byla určena pro kovovýrobu, další jako montážní, pak tryskací box a lakovna. Poslední na řadu přišla elektrodílna a skladovací prostory, ale to už se psal rok 2006. Od té doby jsou všechny haly zastřešené a vzájemně propojené. V posledních letech vznikly ve firmě kancelářské prostory pro konstrukční oddělení a přípravu výroby. Také byla postavena nová hala na skladování zásob o rozloze 500 m². Dnes již činí finální rozloha areálu 1600 m², z toho je zastřešeno 600 m². Takto rozsáhlé rekonstrukce areálu by nebylo možné dosáhnout bez dostatečné poptávky po těchto českých postřikovačích. V roce 2006 bylo výrobou uspokojeno 90 zákazníků. Postupným nárůstem poptávky se prodej zvýšil až na 130 prodaných strojů pro rok 2014, což přineslo tentýž rok firmě úspěch v podobě tržby více než 230 milionů Kč. Výroba se přesunula do nově zrekonstruovaného závodu a uvolnila tak původní areál v Křemži. Původní výrobní areál je v současné době využíván pro rekonstrukce strojů a posezonní opravy. To je prováděno zejména v zimním (mimosezonním) období pěti servisními techniky. Zbytek původního areálu je využíván k výstupní kontrole nově vyrobených postřikovačích strojů, ještě před předáním stroje zákazníkovi [6, 8].

Dle slov jednatele společnosti Ing. Ivana Olšana je zázemí firmy na vyspělé úrovni a může proto soutěžit o zákazníky i se zahraniční konkurencí. Díky vysoké úrovni je veškerá výroba soustředěna do areálu s pouze minimálním zásahem činností

subdodavatelů. Externí firmy se podílejí pouze na práci, která je vyžadována na jednoúčelových drahých strojích, nákup takových strojů by se podniku nevyplatil. Jedná se například o laserové řezání, obrábění dílů na speciálních automatech a některé svářecí práce. Součástí firmy je i vlastní vývojové oddělení s konstruktéry. Konstruktéři mají za úkol implementovat nejnovější poznatky z trhu či výstav, ale také přihlížejí k důležitým poznatkům a připomínkám samotných provozovatelů postřikovačů. Na výrobě se podílí 45 zaměstnanců z celkových zhruba 70. Při postupu výroby stroj prochází jednotlivá specializovaná pracoviště, jako je montáž brzd, náprav, osazení nádrže, osazení kohoutů a hadic, instalace ramen, elektroinstalace až po vlastní vyzkoušení stroje. Všechny stroje jsou vyráběny jako kusová výroba, žádný stroj se nevyrábí na sklad. Hlavním důvodem je individualizace všech strojů, dle specifických požadavků odběratele. Určité díly jsou samozřejmě vyráběny v sériích, protože základní konstrukce postřikovače je již stanovená, ovšem osazování následných komponentů se odvíjí od individuálních přání, která utváří objednávku zákazníka. Specifika objednávek se týkají zejména velikosti nádrže, rozpětí ramen nebo doplňkové výbavy postřikovače.

V současné době je firma Agrio MZS s.r.o. největší výrobce zemědělské postřikovací techniky v České republice a její výrobky bezesporu patří ke světové špičce. Na tuzemském trhu prodala společnost za dobu své existence přibližně 800 postřikovačů a je tak v prodeji postřikovačů na druhém místě za konkurenční značkou. Ovšem podíl vývozu ve výrobě tvoří přibližně 65 %, přičemž zhruba polovina výroby směřuje na kvalitní německý trh, další postřikovače používají zákazníci v Polsku, Maďarsku, na Slovensku, Ukrajině, v Litvě, Lotyšsku, Švédsku, Srbsku, Rumunsku, Rakousku či dokonce Kazachstánu. Prodej postřikovačů jistě podporuje i fakt, že společnost Agrio MZS s.r.o. zavedla, uplatňuje, udržuje a zlepšuje systém managementu kvality dle norem ČSN EN ISO 9001:2016 a ČSN EN ISO 3834-2:2006, které certifikují jakost a jsou uznávané, jak tuzemskými, tak zahraničními zákazníky [6, 9].

5. POUŽITÍ SAMOJÍZDNÝCH POSTŘIKOVAČŮ

V dnešní době jsou ze strany zemědělců kladeny vysoké nároky na množství vypěstovaných produktů. Na druhou stranu se odběratelé domáhají co nejvyšší kvality produktů z rostlinné výroby. Třetí úskalí je míra chemizace a hnojení, proti které se dnes najde mnoho odpůrců. Proto je velmi složitou otázkou hledání optima mezi kvalitou a kvantitou vypěstovaných produktů s ohledem na použití chemie.

V postupech pěstování zemědělských plodin jsou v posledních letech patrné velké změny. Základní změnou je požadavek zvyšování výnosů vlivem zdokonalováním ochrany rostlin a hnojení za současného dodržování předpisů, týkajících se dopadu využití chemizace na životní prostředí. Životní prostředí je dnes velmi diskutované téma, jelikož doby, kdy na stav životního prostředí nebyl brán žádný zřetel, a zemědělská půda byla drancována zemědělskou technikou, jsou již ve státech s vyspělým zemědělstvím minulostí. Se zvyšováním výnosů úzce souvisí zvyšování intenzity chemizace v ošetřování rostlin. Rostliny jsou ošetřovány během celého období vývoje, včetně vegetačního stádia, tzn. před dozráváním.

Nejmarkantnější změna je patrná u obilovin, u kterých dochází ke zvyšování dávek zejména u dusíkatých hnojiv. Dusíkatá hnojiva jsou významnou živinou pro pěstované rostliny. V dnešní době moderního zemědělství se změnila četnost dávek přijímání dusíku, z původních dvou, na dnes již neuvěřitelných šest. Stejný problém se týká i ochrany rostlin. Některé fáze ochrany rostlin jsou neúčinnější až v poslední fázi vegetace, proto musí být prováděny až těsně před sklizní [10].

Jako příklad je možné uvést před sklizňové ošetření řepky olejné regulátorem dozrávání (desikantem). Desikanty zabraňují ztrátám způsobeným vypadáváním ze šesulí při dešti nebo větru. Bez desikace může dojít ke zvýšení ztrát – výdolem. Ztráty dosahují i 10–20 %, což ve výnosu z jednoho hektaru může znamenat až 1000 kg. Takový ošetřující zásah při sklizni rozhoduje o výsledku celoročního hospodaření a snahy dosáhnout co nejvyšších výnosů. A to za podmínky zajištění ochrany půdy s ohledem na udržitelný rozvoj zemědělství, což znamená zejména zamezení vyčerpání veškerých živin z půdy bez následného navrácení potřebných látek zpět. Bezvýznamný není ani postřik, týkající se ochrany proti houbovým chorobám klasů [11].

Přípravky používané k tlumení či hubení nežádoucích rostlin a hmyzu se nazývají pesticidy. Tyto látky mohou být využity i k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů, staveb, ale i zvířat a člověka. Ovšem nejvíce se tyto látky uplatňují v zemědělství. Na celém světě je registrováno cca 800 sloučenin, účinných látek a pesticidů, přičemž celosvětová spotřeba se uvádí na 2 500 000 tun ročně, z čehož se až 85 % spotřebuje právě v zemědělství. Významný vliv má používání těchto látek na přirozené fungování ekosystémů v přírodě včetně zdraví člověka, což jsou důvody k legislativní regulaci používání takových sloučenin, jak je uvedeno v kapitole 2. Existují laboratorní studie, které poukazují na vlivy pesticidů na nervovou soustavu živočichů, což je jeden z důvodů legislativního dohledu nad používáním těchto účinných látek. Pesticidy lze dělit do několika skupin podle více kritérií. Nejzákladnějším parametrem pro dělení pesticidů je cílový škodlivý činitel, podle kterého lze sloučeniny dělit na:

Herbicidy – látky zasahující proti plevelným rostlinám,

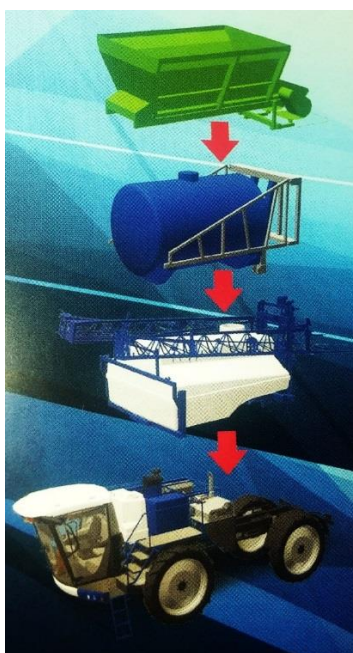
Fungicidy – látky zaměřené proti plísním a houbovým chorobám,

Insekticidy – látky omezující škodu na pěstované plodině vzniklou hmyzem.

Dalším častým kritériem pro dělení účinných látek, je na základě jejich chemické struktury. Pesticidy aplikované v současnosti se označují jako tzv. „moderní“, které jsou lehce odbouratelné a neshromažďují se v živých organizmech (specifické hormony) [12, 13].

Ošetření v poslední fázi růstu má svá úskalí. Jedná se především o dosaženou výšku plodiny, která je při projíždění stroje při aplikaci postřiku limitující. Jakmile převyšuje výška plodiny světlou výšku stroje, dochází pak k mechanickému poškození plodin při vjezdu stroje na pole s vysokým porostem, a to i přes snahu tento negativní vliv vhodnými tvary a konstrukcí podvozku zmírnit. Pro tyto případy se nabízí alternativní způsob snesení postřikové jíchy na pozemek, kterým je letecká aplikace. I tento způsob ovšem není bez nevýhod. Příkladem je vznik omezení přírodními překážkami (terén či počasí), ale i těmi umělými – vytvořenými člověkem. U letecké aplikace je obtížně dosažitelná uspokojivá kvalita provedené práce. To jsou důvody ústupu využívání leteckého způsobu ošetření plodiny [14].

Pro případy, kde nemá letecký postřik své opodstatnění, je výhodné volit pro aplikaci pozemní techniku. U té totiž její vhodná konstrukce minimalizuje ztráty vlivem pohybu techniky v porostu. Základní nezbytností při minimalizaci ztrát vlivem poškození rostlin je dostatečná světlá výška stroje, který aplikaci provádí. S ohledem na vzrůst ošetřované plodiny je minimální světlá výška přibližně jeden metr. Této hranice ovšem traktory, se kterými jsou návěsné postřikovače v agregaci, nejsou schopné dosáhnout. Případným dalším řešením jsou stroje samojízdné. Takových strojů není mnoho a jejich cena je značně vysoká, a proto jsou na takový stroj kladeny velmi vysoké požadavky. Aby nasazení samojízdného postřikovače o vysoké pořizovací ceně bylo ekonomicky přijatelnější, je potřeba dosahovat mnohem vyšší výkonnosti. Té lze docílit například jeho používáním ve službách, kdy se pro samojízdný stroj zvyšuje možnost využití, kvůli možnosti aplikace i v pozdní fázi vegetace, bez větších ztrát vlivem poškození porostu. Nižší poškození je zapříčiněno vyšší světlou výškou samohybu oproti soupravě traktoru a návěsného (taženého) postřikovače. Další variantou navýšení ročního využití samojízdného postřikovače je variabilita nesených nástaveb — obrázek 2, která je pro takové stroje hojně využívána. Výhody podvozku samojízdného stroje jsou tak využity i při dalších operacích, jako je předosevní hnojení (rozmetací nástavba). Další variantou je použití cisternové nástavby pro aplikaci kejdy (případně digestátu), jak je rovněž patrné z obrázku 2 [7, 10].



Obrázek 2: Příklady měnitelných nástaveb podvozku DINO, zdroj: [7]

6. ČÁSTI SAMOJÍZDNÉHO POSTŘIKOVAČE DINO

V zemědělství je využíváno více typů speciálních strojů. Takový stroj může být jednoúčelový a má potom určité prvky specifické nebo se může jednat o stroj víceúčelový, který je využit k nesení náradí. Odlišnosti u speciálních samojízdných strojů mohou mít základ v: účelu použití stroje, principu a rozložení pracovního ústrojí, umístění a typu energetického zdroje, rozmístění pohybového ústrojí, pohonu a způsobu pohybu takového stroje a další. Rozdílnou konstrukcí se liší ovšem i stroje, které jsou používány pro stejný účel, ale jejich odlišnosti má na svědomí jejich výrobce. Původ odlišností u jednotlivých výrobců je ovlivněn především prodejní cenou. Cena se samozřejmě odvíjí od použité technologie a míře vyspělosti, resp. vývojem (eliminace nedostatků), kterým stroj prošel. Mezi speciální samojízdné stroje můžeme zahrnout:

- stroje pro sklizeň obilovin,
- stroje pro sklizeň píce,
- stroje pro sklizeň okopanin,
- stroje pro sklizeň speciálních plodin,
- stroje pro hnojení a ochranu rostlin.

Většina samojízdných strojů je využita pro sklizeň, při které se přejetím v porostu nijak ztráty nezvýší, jelikož je v tomto okamžiku produkt již sklizen. Pouze stroje pro hnojení a ochranu rostlin zasahují do porostu během vegetace. Chemické ošetřování porostu při jeho růstu znamená konstrukční změnu, která odlišuje tento speciální stroj od jiných jednoúčelových strojů používaných v zemědělství, a je jím výrazně zvýšený podvozek a nestandardně vysoká a úzká pojezdová kola (tzv. kultivační).

Tyto parametry mohou být přesaženy do extrému, jako je tomu u projektu Dona a Matta Birkyho. Tato dvojice otce a syna se věnuje zemědělské činnosti v USA a se svým projektem samojízdného postřikovače na obrázku 3 pro ošetřování kukuřice před sklizní, dosáhli u svého stroje světlé výška přesahující 3 metry. Pro případ takového podvozku je otázka stability minimálně diskutabilní a je nezbytné používat

postřikovač v takové pracovní poloze pouze do určité rychlosti, což ovšem uvedený zdroj neuvádí [15].



Obrázek 3: Samojízdný postřikovač z USA, zdroj: [16]

Jednotlivé části samozásobného postřikovače DINO (obrázek 4) mají velkou část prvků totožných s ostatními postřikovači od společnosti, jako je 3-REX (třinápravový samochod), v současnosti vyvíjený GEKON, či ostatní návěsné postřikovače.

Společné díly se nachází z pravidla u vodního systému, mechanismu ramen nebo podvozku, zbytek je součástí volitelné výbavy. Celý vodní systém, jenž se vyskytuje u postřikovačů firmy Agrio je totožný, jelikož je již léty prověřený a fungující s určitými inovacemi. Modifikace vodního okruhu se odvíjí zejména od velikosti záběru a objemu nádrže. S těmito parametry souvisí i odlišnosti, týkající se mechanismu ramen.

Variabilita rozměru vyráběných postřikových ramen je mezi patnácti a šestatřiceti metry. Velikost záběru je důvod variability v jejich konstrukci. Delší postřiková ramena vyžadují mírné odlišnosti ve stavbě ramen i uložení, z důvodu jejich vyšší hmotnosti, i když princip a základní prvky jsou totožné.

Rozmanitost podvozku se odvíjí od velikosti stroje a způsobu pohonu postřikovače. Agrio vyrábí samozásobné (s vlastním pohonem), tažené nebo nástavbové postřikovače. Návěsné postřikovače jsou taženy energetickým prostředkem, který je rovněž využit jako zdroj energie pro pohánění čerpadla – nejčastěji traktor. Zdroj energie potřebují rovněž nástavbové postřikovače. Tento typ postřikovačů zachovává

standardizované zástavbové rozměry, kvůli kompatibilitě s energetickým prostředkem, kterým jsou nástavby neseny i poháněny. Podvozky nesoucí tuto nástavbu mohou být JCB Fastrac, Mercedes-Benz Unimog nebo Mercedes-Benz Trac. U tažených a nástavbových postřikovačů je světlá výška celé jízdní soupravy závislá na světlé výšce stroje, který je zdrojem energie (často nižší než samotný postřikovač).



Obrázek 4: Samojízdný postřikovač DINO výrobce Agrio MZS s.r.o., zdroj: [17]

6.1 MOTOR, POHONNÉ ÚSTROJÍ A PRŮCHODNOST

Požadavky na výkon motoru postřikovače jsou rozdílné, ovšem vždy je nutné, aby stroj měl výkon dostatečný. Při nedostatečném výkonu se může snižovat garantovaná životnost, zapříčiněná přetěžováním motoru. Pro samojízdný postřikovač DINO zvolili konstruktéři šestiválcový vznětový motor Iveco o zdvihovém objemu 6700 cm³ s výkonem 210 kW splňujícím emisní normy Tier IVf. Motor je umístěn nad přední nápravou, kvůli vhodnému rozložení váhy. Palivová nádrž na motorovou naftu má objem 400 l. Dalším důvodem pro výkonovou rezervu stroje je nasazení stroje v kopcovitých terénech, kde se zvyšuje požadavek na příkon. Na stroje jsou kladeny vysoké nároky skrze průjezdnost ve ztížených podmínkách. Průjezdnost je závislá na míře snížení odporu na některém z hnacích kol. V takovém případě stroj přichází o důležitý styk s podložkou a ztrácí tím spojení, potřebné pro přenesení krouticího momentu M_k z kol na povrch. Pokud soustava není schopna přesunout krouticí moment na ostatní kola, již není stroj schopen dalšího pohybu. Samohyb DINO je opatřen systémem pro maximální průjezdnost terénem, který pracuje s Off Road ventily, jež výše zmíněným nedostatkům předcházejí. Také specifické zavěšení

a uzávěrka zvyšují průchodnost kopcovitým terénem i za mokra. Soubor těchto vlastností má za následek dosažení hodnoty stoupavosti 30 %. Alternativní řešení průchodnosti je řešeno dvěma hydrogenerátory, se kterými jsou hydromotory propojeny úhlopříčně. Tento princip zabezpečuje stálý záběrový moment, uplatněný vždy minimálně na dvou kolech [10].

S průchodností terénem souvisí i způsob pohánění těchto strojů. Výjimečně se vyskytují pohony mechanické, které mají původ v koncepcích traktorových podvozků. Ovšem u post emergentních zásahů převládá použití hydrostatického pohonu, stejně jako je tomu u samojízdného postřikovače DINO. Důvodem jsou výhodné zástavbové rozměry tohoto způsobu přenosu hnacího momentu. Při využití hydromotorů přímo v nábojích kol (relativně malé rozměry) lze dosáhnout zvýšení světlé výšky podvozku, díky absenci poloos k nábojům. Pohon funguje na principu uzavřené hydraulické smyčky a pracuje pouze s malým průtokem, ale naopak využívá velkého tlaku oleje. Tento pohon nepotřebuje převodovku, protože motor otáčí pouze čerpadlem. V tomto případě se jedná o výrobce čerpadla Poclain Hydraulics (PH). Olej z čerpadla je hadicovým vedením tlačěn do hydromotorů, které jsou umístěny v nábojích kol. Tyto hydromotory přímo otáčí koly. Výhodou hydrostatického pohonu je plynulé ovládání a citlivost. Ve zmíněném případě mají PH hydromotory již v sobě integrované brzdy. Ty jsou navíc doplněny o systém Boosted Breaking, který zabezpečuje brzdění bez zvyšování otáček motoru [18].

Se systémem pohonu kol úzce souvisí pojezdová rychlost stroje. Výhodou proti hydrodynamickému pohonu je to, že hydrostatika nepracuje s prokluzem. To s sebou nese výhodu pravděpodobně nejdůležitější – výrazně nižší spotřeba paliva. DINO má možnost volby mezi třemi rychlostmi v polním režimu a mezi sedmi rychlostními stupni při přepravním – silničním režimu. V této souvislosti využívá způsob jízdy ECODRIVE, který optimalizuje otáčky motoru v závislosti na zatížení, což snižuje měrnou spotřebu paliva. Toto významné plus má ovšem svůj význam jen do doby, než dojde na transport ve vysoké rychlosti. Přepravní rychlost dosahuje k úctyhodné hranici $50 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$. Rychlost stroje je možné ovládat joystickem (pákový ovladač) nebo pedálem. Udržení požadované rychlosti zabezpečuje tempomat. Ještě je možné z místa řidiče ovládat terminál, který informuje obsluhu o provozních parametrech stroje [19].

6.2 PODVOZEK

Od podvozku samojízdného postřikovače jsou očekávány specifické požadavky, jež jsou zmíněny v této kapitole. Mezi jeden ze základních patří, již výše zmíněná světlá výška. Ta je žádoucí jednak z důvodu snížení ztrát vlivem průjezdu stroje porostem při aplikaci, především při pozdní růstové fázi ošetřovaných rostlin, ale také z důvodu umožnění viditelnosti při ošetřování vysokého porostu (kukuřice), který mnohdy dosahuje výšky, ze které obsluha stroj ovládá a narušuje tak její zorné pole.

V opozici proti světlé výšce je ovšem postavena příčná a podélná stabilita stroje. Tyto parametry jsou protichůdné, jelikož se zvyšující světlou výškou se stabilita snižuje – důsledkem zvyšování těžiště stroje v souvislosti s rozložením hmotnosti. Do příčné stability lze zasahovat i jiným způsobem, kterým je například zvětšení rozchodu kol. S rozchodem je však už tato stabilita přímo úměrná, tzn., že se zvětšujícím rozchodem se stabilita rovněž zvyšuje. Na podélnou stabilitu má vliv rozvor náprav, který ovlivňuje podmínky klopení při stoupání nebo klesání. Samochod z podniku Agrio je opatřen závislým zavěšením kol pomocí tuhé vlečné nápravy. O boční vedení nápravy se stará Panhardská tyč. Zajištění bočního vedení nápravy je nezbytné. Například odpružení pomocí listových pružin boční vedení zajišťuje. Naopak u vzduchové varianty odpružení u DINA je vedení nezbytné [20].

Rozvor náprav má DINO z konstrukční kanceláře navrhnout a sestrojeno na hodnotu 3800 mm. Stabilita v příčném směru je ovlivněna rozchodem kol obou náprav. Z hlediska ztrát je téměř samozřejmostí zachování stejného rozchodu kol pro obě nápravy stroje. Při rozdílném rozchodu kol na následné nápravě by se zvyšovalo poškození porostu důsledkem zvětšení stopy vzniklé po projetí kol. Kola by se nenásledovala a nevyužívala by stopu, kterou razilo předešlé kolo. Tato vlastnost je přirozeně nežádoucí, už ze samotného nesouladu s konstrukcí kultivačních kol (minimalizace šířky stopy), kterými je postřikovač osazen.

Kultivační kola proto jedou v tzv. kolejovém meziřádku a díky svým rozměrům poškození způsobené průjezdem snižují, jak je vidět na obrázku 5, proto je montáž takových kol možností, jak snížit ztráty průjezdem postřikovače. Na rozchodu kol ovšem není závislá jen stabilita stroje. Důležité je tedy sjednotit rozměr i z hlediska

rozmístění meziřádků. Nejvyšší míru univerzálnosti má rozchod o rozměru 2250 mm. Tento rozměr je totiž násobkem obvyklých šířek meziřádků u cukrové řepy, ale také brambor a kukuřice [10].



Obrázek 5: Průjezd kultivačního kola porostem kukuřice, zdroj: [21]

Konstruktéři na tuto zmíněnou vhodnou hodnotu pro rozchod kol postřikovač DINO navrhli. Rozchod 2250 mm je vzdálenost mezi dvěma koly jedné nápravy. Postřikovač je osazen speciálními kultivačními koly o rozměrech 380/90 R46, jenž se vyznačují malou šířkou a velkým průměrem ráfku 46 palců, což je přibližně 1160 mm [22].

Dalším konstrukčním prvkem podvozku, který má za cíl minimalizaci poškození postřikované plodiny, je způsob řízení stroje. Volitelnými režimy řízení stroje je zvyšována manévrovatelnost zejména v náročných polních podmínkách a stroj může být obsluhou přizpůsoben požadovanému pohybu, který je pro aktuální situaci optimální. Způsoby řízení obou náprav jsou volitelné z místa obsluhy – kabiny. A jedná se především o varianty řízení, které jsou zobrazeny na obrázku 6. Řiditelná pouze přední náprava, říditelná přední i zadní náprava nebo tzv. krabí chod. Při řízení pouze jedné nebo obou náprav se podélná osa stroje (myšleno v půdorysném průmětu) pohybuje jako tečna po kružnici, která tvoří trajektorii pohybu. Na rozdíl od těchto případů jsou při pohybu pomocí tzv. „krabího chodu“ osa pohybu s podélnou osou

stroje jsou vzájemně různoběžné. Při přímočarém pohybu stroje jsou osy stroje i pohybu totožné.



Obrázek 6: Varianty řízení samojízdného postřikovače (pohled shora), zdroj: [7]

Z hlediska legislativních předpisů provozu na komunikaci jsou důležité i vnější rozměry stroje, které mají vliv na provoz vozidla na pozemní komunikaci. Samochod dosahuje následujících parametrů v transportním stavu:

Rozvor náprav:	3800 mm
Rozchod kol:	2250 mm
Světlá výška:	1400 mm
Celková výška:	4000 mm
Celková délka:	9500 mm
Celková šířka:	2800 mm

Hydromotory v kolech dokážou za pomoci hydraulického oleje, dotlačeného čerpadlem od motoru, rozpohybovat takto rozměrný a těžký stroj až na maximální přepravní rychlost dosahující $50 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$.

DINO je speciální stroj s vysokými požadavky zejména na podvozek. Konstrukteři z podniku zkonstruovali pro stroj závislé zavěšení, které má mnoho výhod a je pro obě nápravy totožné. Přední náprava má tedy stejné vlastnosti jako zadní, což se jeví při rovnoměrném rozložení váhy jako optimální.

Odpružení podvozku samojízdného postřikovače je zprostředkováno pneumatickým odpružením pomocí vzduchem naplněných měchů. Tento způsob odpružení se v zemědělství hojně využívá, jelikož má řadu výhod. Nejprve materiál, ze kterého jsou měchy vyrobeny. Jedná se o odolný pryžový materiál, který má dlouhou životnost a je zkonstruován tak, aby odolal mechanickému poškození. Další

jeho významnou výhodou je měnitelná světlá výška. Respektive se více využívá funkce, která nastaví požadovanou výšku a zátěžový regulátor tuto výšku udržuje vlivem zvýšení nebo snížení tlaku vzduchu v měchách. Tlak vzduchu je vytvářen u postřikovače kompresorem, takže lze v závislosti na zatížení stroje na toto zatížení reagovat, právě změnou přivedeného tlaku přes mechanický ventil.

6.3 KABINA

Kabina obsluhy je zkonstruována s nejvyššími požadavky na bezpečnost obsluhy a její komfort. Základní vlastností tohoto prostoru je maximální možný výhled. Této výhodné vlastnosti přispívá i konstrukce nosných sloupků a využití parabolického čelního skla. Sloupky jsou svou konstrukcí dostatečně pevné a jen minimálně zamezují řidiči ve výhledu. Tím je zajištěn maximální výhled řidiče na všechny strany. Podstatným prvkem pasivní bezpečnosti jsou zpětná zrcátka, která umožní dostatečný výhled při transportu po dopravní komunikaci. Na displej do kokpitu může být promítán záběr kamer, které směřují za stroj či před přední kolo [22].

O ochranu zdraví obsluhy je postaráno pomocí kabiny na velmi vysoké úrovni od společnosti CLAAS. Jelikož v takovém stroji stráví obsluha každoročně stovky hodin a je nutné, aby byly dodržovány požadavky, které jsou na tento prostor kladeny. Jedná se především o bezpečnost obsluhy, zdravotní nezávadnost pracoviště a v neposlední řadě i komfort řidiče. Místo obsluhy je vybaveno komfortní sedačkou, která je odvětrávaná a vyhřívána.

O čištění vzduchu v kabině dbá klimatizace spolu s přetlakovou chemickou filtrací opatřenou uhlíkovým filtrem, spadající do čtvrté (nejvyšší) kategorie s nejvyšším stupněm ochrany. Největší prioritou je ochrana řidiče před kontaktem s postřikovou jíchou či hnojivou. Komfort řidiče, který souvisí i s hlukem proniknutým dovnitř kabiny zajišťuje speciální odhlučnění. Pohodlí řidiče při obsluze stroje ještě zpříjemňuje autorádio a chladnička. Ovládání nástupních schůdků je pneumatické. Dále lze z místa obsluhy pohodlně a ergonomicky ovládat řízení stroje, volit provozní rychlost (joystickem nebo pedálem) nebo využívat pro provoz tempomat, a to až do výše zmíněné přepravní rychlosti $50 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$. Odsud je možné i zjišťovat parametry jízdního režimu postřikovače jako například: teplota nebo otáčky motoru, stav oleje a nafty, chybová hlášení či volba režimu řízení a mnohé další.

6.4 NÁSTAVBA PRO POSTŘÍK K OCHRANĚ ROSTLIN

Samojízdný podvozek postřikovače DINO, díky svým jízdním vlastnostem při pohybu v terénu, může být v zemědělství využit i jako víceúčelový nosič nářadí. Z podniku Agrio ovšem primárně sjíždí z linky osazen nástavbou, která je určena pro aplikaci hnojiv a látek pro ochranu rostlin. Nástavba určená pro postřik obsahuje především hlavní nádrž, nádrž na čistou vodu, nádrž pro nalévání přípravků, čerpadla, cirkulační okruh vody, vzduchový ovládací okruh (oba okruhy opatřeny filtry) a rám s postřikovými rameny.

6.5 OKRUH VODY A POSTŘIKOVÉ JÍCHY

Pro ovládání vodního okruhu a okruhu s postřikovou kapalinou je u postřikovačů Agrio využíváno vzduchového ovládání. Vzduchová regulační armatura má velkou výhodu v jednoduchosti své konstrukce. Ovládání ve výbavě Topline, kterou DINO nabízí, spočívá v elektronicky ovládaném terminálu v kabině obsluhy, odkud je umožněno snadné a přesné ovládání nejen okruhu kapaliny, ale i potažmo celého procesu míchání a oplachu v nádrži. Na základě zadaných pokynů v terminálu, se uskuteční potřebná regulace nebo změna stavu ventilu s postřikovou kapalinou tak, aby bylo dosaženo požadovaného efektu celého systému. Postřiková jícha proudí ve speciální vícevrstevné hadici, jež je odolná vůči chemikáliím a zároveň je schopna odolávat tlaku 40 atmosfér, na který je hadice odzkoušena. Konstrukce hadice odolává extrémním ohybům a nepřestává být zaručen průtok. Rozvody chemie v ramenech jsou zprostředkovány trubkami z nerezového materiálu a jsou uloženy uvnitř trojúhelníkové konstrukce ramen. Tímto umístěním jsou trubky uloženy i ochráněny proti mechanickému poškození [23].

6.6 HLAVNÍ NÁDRŽ

Největší částí vyměnitelné nástavby je ovšem nádrž. Dino je osazen nádrží na 6600 l. Proto fakt, zda je nádrž naplněna či nikoliv, má velký význam na hmotnost stroje. Ta se pohybuje v rozmezí 10,5–17,5 t, právě v závislosti na naplnění této nádrže. Nádrž na postřikovou jíchu je vyrobena ze sklolaminátu a uvnitř se nachází důležitý prvek – vlnolamy. Vlnolamy jsou přepážky uvnitř nádrže, sloužící ke zpomalení pohybu kapaliny. Spolu se zpomalením kapaliny se snižuje i její

kinetická (pohybová) energie. Snížení vlivu této energie znamená i snížení vlivu na celý stroj, což významně zlepšuje stabilitu celého samojízdného postřikovače. Míra naplnění nádrže je hlídána elektronickým vodoznakem Tankcontrol. Vnitřní stěny nádrže na postřikovou jíchu jsou opatřeny nátěrem, který zaceluje póry ve struktuře laminátu. Díky tomu nedochází k usazování zbytků jíchy na stěnách a podporuje tak snazší vnitřní oplach nádrže při vymývání.

Nádrž ovšem není vybavena pouze oplachovými tryskami, které jsou z nerezové oceli kvůli odolnosti proti zadírání pískem a nečistotami. Dalším vnitřním vybavením jsou trysky pro tlakové míchání aplikační látky, vodoznak a bezpečnostní přepad. Bezpečnostní přepad samovolně zasahuje při překročení hranice pro kapacitu hlavního rezervoáru. Plnění je možné dvěma způsoby. Jedná se buď o vnější plnění 2“ potrubím nebo sáním pomocí vlastního odstředivého čerpadla s výkonem $600 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$. Dvoupalcový průměr potrubí znamená časovou úsporu plnění nádrže, která v konečném důsledku zvyšuje denní výkonnost stroje. [7]

6.7 NÁDRŽ NA ČISTOU VODU

Každý postřikovač musí být dále opatřen nádobou na čistou vodu. Taková nádoba je nezbytná pro vypláchnutí hlavní nádrže a celého systému ještě na pozemku, určenému pro aplikaci. U postřikovače DINO pojme nádrž maximálně 600 litrů čisté vody. Tato nádrž je vyrobena z polyetylenu, a na přání může být opatřena vlnolamy.

6.8 EKOMIXÉR

Třetí a poslední nádrží nástavby je hydraulicky sklopná polyetylenová nádrž o objemu 60 l, sloužící jako přimíchávající nádrž (ekomixér). Z této nádrže je potrubím přepravena účinná látka do hlavní nádrže a je zde smíchána s čistou vodou, vzniká postřiková jícha. Nádoba ekomixéru svým tvarem a rozmístěním oplachových trysek zaručuje kvalitní oplach stěn. Modernizace ekomixéru se týká způsobu plnění nádrže chemickým přípravkem. Systém nazývaný easyFlow umožňuje naplnění nádrže aplikačním přípravkem na ochranu rostlin bez kontaminace. Princip plnění spočívá v připojení kanystru, přes rychlospojku, díky kterému dojde k vyprázdnění kanystru a současnému bezúkapovému vypláchnutí čistou vodou. To probíhá za absence kontaktu obsluhy s koncentrovanou chemií. Další výhodou této modernizace je jednoduchost dávkování, šetrnost k životnímu prostředí, možnost

využití adaptéru pro většinu velikostí kanystrů a v neposlední řadě snazší manipulace a rychlejší čištění kanystru (obr. 7).



Obrázek 7: Ekomixer Comfort fill se systémem plnění easyFlow, zdroj: [24]

6.9 PÍSTOMEMBRÁNOVÉ ČERPADLO

O rozvod vody se stará čerpadlo od výrobce Annovi Reverberi (největšího výrobce čerpadel v Evropě), které má za úkol zajistit tlak pro celý vodní systém. Jedná se o nízkotlaké rotační čerpadlo s pístem a membránou. Požadovaný tlak musí být čerpadlem zajištěn i při variabilitě počtu trysek na postřikových ramenech. Pro postřikovač DINO je volitelný záběr v rozmezí 18–36 metrů [22]. Na rozměru záběru postřikových ramen je závislý i počet a rozmístění postřikových trysek. Pro všechny volitelné rozměry ramen je požadováno zajistit pracovní tlak ve všech tryškách. Na základě volby záběru při výrobě postřikovače je DINO osazen čerpadlem poskytujícím dostatečný výkon pro daný záběr (umožněna zdvojená instalace). Dostatečný tlak i výkon pro záběr 36 metrů zajišťuje čerpadlo AR 185, jelikož je roztáčeno hydraulikou na otáčky $540 \text{ otáček} \times \text{min}^{-1}$ a dosahuje tak maximálního pracovního tlaku 20 bar. Voda je přiváděna sací částí o průměru 50 mm a odváděna výtlačnou částí o průměru 35 mm, kterou dosahuje výkonu $180 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$. Hmotnost čerpadla je cca 28 kg [25].

6.10 FILTRACE

Pro dosažení kvalitního a bezvadného zásahu ošetřovaného pozemku, je potřebná bezchybná funkce mnoha segmentů celého postřikovače, čímž bude zaručena i funkčnost postřikovače jako celku. Mezi jednu z významných částí, zajišťující správnou postřikovací funkci, je správná práce postřikových trysek. Trysky správně fungují, pokud na nich nedošlo k mechanickému poškození, jsou-li ve správném pracovním nastavení, zda je dodržen předepsaný tlak kapaliny pro správnou funkci a nedošlo-li k jejich zanesení vlivem nečistot v postřikové jíše. Filtrační systém má mimo jiné zajistit správný tlak na všech tryskách, aby ošetření pozemku bylo rovnoměrné z hlediska objemu vystříkané účinné látky obsažené v postřikové jíše. Filtrační systém obsahuje několik filtračních stupňů, které se odlišují jednak umístěním ve vodním okruhu, ale také velikostí filtrovaných nečistot a principem funkce filtrů.

Inovací u postřikovačů je centrální filtrace, která je šetrnější vůči obsluze z hlediska styku s chemií. Tento systém postrádá rozmístění průtokových sítok na postřikovači a koncentruje umístění filtrů na jedno místo. Z tohoto místa se také filtry čistí. Systém zajišťuje stejný tlak na všech tryskách. Modré síto 50 Mesh, a zelené síto 100 Mesh jsou osazeny na okruhu vody. Sací filtr má červené síto 32 Mesh a chrání postřikové čerpadlo před poškozením cizími předměty. Sítky jsou barevně rozlišena dle propustnosti – jednotka Mesh. Tento parametr určuje jejich propustnost a na jejím základě jsou sítky na postřikovači řazena. Rozmístění je vzestupné dle hustoty sítky tak, aby bylo minimalizované poškození a rovněž se minimalizovaly ztráty vzniklé znečištěním stroje, což by znamenalo nedostatečný průtok a zhoršení pracovní funkce postřikovače.

6.11 VZDUCHOVÝ OVLÁDACÍ OKRUH

Pro regulaci vodního okruhu je u DINA využíván vzduch. Podniku se tato varianta osvědčila více než elektronika. Vzduchová regulační armatura má totiž velkou výhodu v jednoduchosti konstrukce. Hlavní regulační ventil totiž může být využit zároveň jako přetlaková pojistka. To je důvod snížení počtu hadic na potřebné minimum, čímž se i zjednodušuje konstrukce, a tím riziko vzniku poruchy. Toto propojení vodního a vzduchového okruhu je spojeno s další výhodou, a to při výplachu či odvodňování postřikovače. Této výhody se hojně využívá zejména před zimou,

jelikož je potřeba ochránit části zaplněné vodou před možným popraskáním vlivem mrazu. Není pak nutné používat nemrznoucí směs a veškeré rozvody se dají jednoduše odvodnit. Vlivem úspory počtu hadic je dosaženo i nižší hmotnosti, což je při rozpětí ramen až 36 metrů významné odlehčení a tím snížení působení sil a momentů na uložení ramen.

Vzduchová regulační armatura se vyznačuje svou jednoduchostí, rychlostí a spolehlivostí. Dlouhodobý pracovní tlak se může pohybovat až u hranice 9 barů. Tlak má významnou úlohu při použití nízkoúletových trysek při aplikaci postřiku. Takové tlakové parametry aplikace umožňují dosáhnout kapkám vyšší rychlost a zároveň nejsou příliš hrubé. Tyto parametry mají pozitivní vliv na kvalitu ošetření plodiny. Dalším kladem vzduchové regulační armatury je, že může být využita při aplikaci agresivních kapalných hnojiv, aniž by se snižovala její životnost. Využití armatury jako přetlakové pojistky již bylo zmíněno výše, rovněž její využití při vyprazdňování postřikovače před zimou [7].

6.12 POSTŘIKOVÁ RAMENA

Ramena postřikovače jsou významným konstrukčním prvkem nástavby. Na konstrukci ramen jsou kladeny velmi vysoké požadavky, jelikož jejich správná poloha, vzhledem k ošetřovanému porostu za pohybu, významně ovlivňuje kvalitu práce postřikovače. Jedná se o klíčovou charakteristiku postřikovače. Včasný pohyb (reakce) ramen správným směrem je důležitý parametr pro ovlivnění kvality postřiku. Požadavkem je tedy klidná a plynulá práce ramen, nezávisle na pohybu podvozku stroje. Udržováním požadované vzdálenosti postřikových trysek od ošetřované plodiny a správnou funkcí ramen je zajištěn rovnoměrný postřik v příčném i v podélném směru.

Nerovnoměrnost koncentrace postřikové látky aplikované na porost souvisí s delším časem, který stráví tryska v určité poloze. Takový pohyb je způsobený kmitáním v rovině vodorovné s povrchem. Konstrukce a kinematika pohybu ramen se snaží takový pohyb eliminovat na minimum. Jeho důsledkem jsou tzv. „přestřiky“ nebo „nedostřiky“. Přestřik znamená zvýšené množství dopadajících kapiček postřikové jichy na porost a nedostřiky naopak sniženu. Eliminací nežádoucích nerovnoměrností je docíleno například: kyvadlovým zavěšením, trojúhelníkovou konstrukcí ramen a centrální odpružení pomocí vinuté pružiny. Přesnost postřiku však

mohou ovlivňovat i vůle v uložení. Při takovém záběru ramen DINA (až 36 metrů) se malá vůle v uložení zvýrazní na podstatný pohyb na koncích ramen. Jejich výkyv má důsledek snížení kvality ošetření.

Výše zmíněnými komponenty osazuje firma postřikovače již řadu let, jelikož se jedná o spolehlivé a funkční řešení při zachování kompatibility i se staršími stroji, navzdory nevyhnutelnému vývoji, který se však nevyhnul ostatním částem. Strategie unifikace zaručuje, že nová ramena lze montovat i na starší stroje. Tento fakt navíc usnadňuje výrobu i počty skladování náhradních dílů včetně jejich dodávky k zákazníkovi. Ramena jsou povrchově upravena tryskáním s následným ošetřením vícesložkovou barvou, která odolává chemicky agresivním látkám, kterými se porost postřikuje [7].

Při nevyhnutelnému překonávání nerovností postřikovačem ramena plavou, jelikož nemají přímou vazbu s podvozkem. Zavěšení je zabezpečeno pomocí lana, čímž je dosaženo pouze minimálního ovlivňování vzájemných pohybů stroje a rámu, na kterém jsou ramena uložena. Zajištěním této vlastnosti lze zaručit jejich mimořádnou mechanickou pevnost (eliminace rázů). Proti nárazu ramen na překážku (sloupy apod.) slouží, v případě nepozornosti obsluhy, pružinové pojistky. Jsou jimi opatřena ramena zepředu, zezadu i zdola. Chrání tak ramena, která se mohou vyskytovat v pracovní výšce v rozmezí 600–2500 mm od povrchu. Celý složitý mechanismus ramen je jištěn proti nárazům a prudkým pohybům. Jedním z prvků, které pomáhá eliminovat tvrdé nárazy do krajních poloh je měkké vertikální odpružení ramen. Je řešeno pomocí vinuté pružiny o požadované tuhosti. Má za úkol pohlcovat kinetickou energii, která je přenesena do ramen od podvozku postřikovače a tímto konáním zamezit nárazu. Skládací mechanismus ramen je opatřen olejovými tlumiči, zpomalujícími pohyb ramen vpřed a vzad. Koncové polohy vymezují pružná uložení a k minimalizaci kmitů jsou navíc využity stabilizátory [7].

Nastavenou výšku mají za úkol udržovat ultrazvuková čidla, kterými jsou ramena osazena. Umístění a počet čidel se odvíjí od velikosti ramen, avšak minimální doporučený počet jsou dvě čidla na levou i pravou stranu ramen. Tento počet a jejich vhodné rozmístění zprůměruje řídicí jednotka ve svém výpočtu a postřikovač může plnit správně svou funkci. Rovněž je řídicí systém schopný eliminovat dezinformaci vzniklou například zaměřením hrůbku a brázdy při postřiku brambor, případně

zprůměrovat informaci nevzešlého nebo polehlého místa jako je tomu často u řepky. Čidla vysílají signál a přijímají odraz od země nebo porostu, informaci zpracuje počítač a vyšle signál k ovládacímu mechanismu ramen, aby se ramena vyrovnala. Alternativní systém pro automatické vyrovnávání ramen využívá tykadel, která jsou založena na mechanickém principu a přímo regulují výšku, přepouštěním kapaliny do hydraulického pístu bez výpočetní techniky. Vyrovnávání ramen je dosaženo hydraulickým pístem, který realizuje požadovaný náklon ramen. Tykadla se ovšem u samojízdného stroje nepoužívají. DINO disponuje rameny s aktivním naklápěním a potenciometrem. Tento princip zjednodušuje obsluhu správné nastavení a díky potenciometru umožňuje jemnou korekci náhonu.

Jelikož se velmi často využívá samojízdný postřikovač jako stroj nasazený do poskytování služeb, jsou na stroj kladeny velmi vysoké nároky, co se výkonnosti ošetřených ploch týče, aby byla taková investice rentabilní. Faktor výkonnosti stroje, ale i neúprosné agrotechnické termíny tudíž směřují k nočnímu ošetření porostu, při kterém jsou mnohdy příznivější podmínky pro aplikaci hnojiv než ve dne. Pozitiva noční aplikace jsou: příznivější povětrnostní podmínky nebo vyšší relativní vlhkost vzduchu. Dále rostliny nejsou zahřívány slunečním zářením, jako je tomu ve dne, a proto snáze přijímají účinnou látku, jelikož se nechrání proti odpařování buněčné vody a ÚL se tak může dostat k místu maximálního účinku. V neposlední řadě je pozitivem i nižší teplota vzduchu, s čím je spojená minimální nebo dokonce nulová termika (stoupavé proudy) nad porostem, která při denní ošetření snižuje účinnost aplikace. Lze totiž používat nižší dávky vody za současného použití jemnějšího kapkového spektra. Posledním významným pozitivem nočních postřiků, například u kvetoucí řepky, je spojení šetrného zásahu porostu za současné noční absence výskytu včel [26]. Tyto důvody vedly konstruktéry k volitelné možnosti doplnění ramen o výbavu, kterou je osvětlení. Osvětlení ramen je zajištěno světlomety s využitím LED technologie [7].

Ramena postřikovačů jsou nejvýznamnějším charakteristickým znakem každého postřikovače, jelikož se jedná o přímý nástroj ošetřování. Traktor (v případě taženého postřikovače) nebo samohyb mohou být opatřeny moderním systémem zjišťujícím přesnou polohu stroje a společně se šířkou záběru i přesně definovat již ošetřenou plochu. Dříve byla možnost mechanického vypínání sekcí postřikovače, ovšem v moderním pokrokovém zemědělství se využívá signálu GPS. Tento velmi

přesný signál v propojení s terminálem postřikovače umožňuje automatické vypínání sekci (i jednotlivých trysek) a společně tak zajistí optimálně ošetřenou plochu, aniž by došlo k překrytí záběru, čímž zároveň šetří náklady na aplikovanou chemii.

6.13 POSTŘIKOVÉ TRYSKY A APLIKAČNÍ TRUBICE

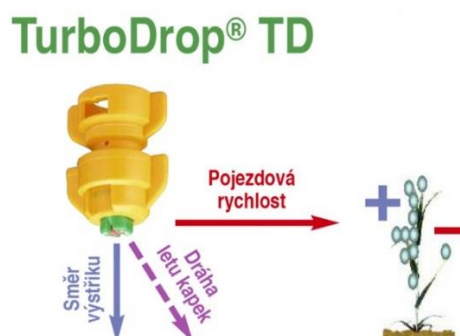
Ramena postřikovačů podniku Agrio jsou osazena buď tryskami, nebo aplikačními trubicemi. Oba způsoby mají své uplatnění. Trubice jsou vyráběny ve dvou typech AT 25 a AT 50. Trysek se však vyrábí více, různé druhy trysek jsou barevně rozlišeny a jsou využívány na základě dvou provozních parametrů při aplikaci účinné látky. Průtoku a pojezdové rychlosti. Trysky jsou rozděleny na 4 základní typy – trysky AirMix, Šestiotvorové trysky, trysky Turbodrop a trysky Turbodrop HiSpeed. Jsou také barevně rozlišeny dle jednotlivých velikostí podle ISO dávkovací tabulky, ze které se dá na základě pojezdové rychlosti a pracovního tlaku stanovit dávka v litrech na hektar (l/ha). Velmi pozitivní výhodou je fakt, že manometr, kterým je okruh osazen, ukazuje skutečný tlak na trysce, nikoliv tlak v systému, což má za následek velmi přesné nastavení dávky právě podle tabulky ISO [7, 23].

Prvním typem je tryska AirMix, což je univerzální injektorová tryska, vhodná k aplikaci i ve větrném počasí. Využitelný tlak se pohybuje mezi 1–6 atmosférami, ovšem optimální pracovní tlak je v rozsahu 2–4 atmosfér. Tento typ se vyznačuje příznivou cenou a je proto vhodný pro využití pro obsluhu obhospodařující menší výměru.

Druhým typem trysek je šestiotvorová tryska. Součástí této trysky je dávkovací otvor, který je vyroben z růžové keramiky, která se vyznačuje vysokou měrou otěruvzdornosti. Na výstupu se vyskytuje 6 výstřikových otvorů, které mají za úkol umožnit aplikaci velkými kapkami, které snáze skápnou z listu na zem a nedochází tak k popálení porostu chemickou agresivitou hnojiva, jak by tomu bylo při setrvání kapky na rostlině. Tento typ se využívá pro hnojení agresivními hnojivy (DAM 390 apod.) do poloviny sloupkování, tj. do poloviny generativní fáze růstu rostliny (následuje po vegetativní fázi) [27].

Třetím typem trysek jsou trysky nazývané Turbodrop, jejichž charakteristickými rysy jsou odolnost, minimální odnos i odpaření. Nízkého stupně odnosu se využívá za větrného počasí s optimálním tlakem použití mezi 5–8

atmosférami. Obrázek 8 zobrazuje směr ošetření rostliny při jezdové rychlosti stroje či soupravy $12 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$.



Obrázek 8: Nerovnoměrný dopad kapiček na rostlinu při ošetření jednoštěrbínovou tryskou při jezdové rychlosti $12 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$, zdroj: [28]

Na obrázku 9 je již zobrazena stranová rovnoměrnost ošetření rostliny čtvrtým typem trysky, kterou je Turbodrop HiSpeed. Tento poslední typ aplikačních injektorových trysek je dvouštěrbínový ovšem s asymetrickým rozložením úhlů vyústění. Což je patrné z obrázku 9. Nesymetrické rozložení umožňuje rovnoměrné ošetření rostliny z obou stran i při vysoké rychlosti pohybu trysky (resp. stroje) nad porostem a je zapříčiněné sRužové keramické jádro opět zajišťuje velmi vysokou životnost díky své otěruvzdornosti. Využitelný tlak je 2,5–8 atmosféry, ovšem při optimálním tlaku kapaliny 4–8 atmosfér dochází k omezení úletu 90 % objemu i při vyšších pracovních rychlostech (max $15 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$) [7].



Obrázek 9: Ošetření dvouštěrbínovou tryskou s asymetrickým rozložením směrů a symetrický dopad účinné látky, zdroj: [29]

Aplikační trubice AT 25 a AT 50 se liší v rozmístění na postřikových ramenech, jak název napovídá, jedná se o vzdálenosti 25 a 50 cm. Princip aplikace u aplikační trubice AT 25 (obrázek 10) je přívod do trubice s dávkovacím penízkem a volným výtokem hnojiva spodní částí trubice bez rozstříku. Trubice jsou prakticky vlečeny po povrchu a maximum hnojiva je tak ve styku s půdou. Společnost Agrio má vyzkoušeno, že při aplikaci silného hnojiva DAM do řádků po 25 centimetrech, dochází k rovnoměrnému příjmu hnojiva a nedochází tedy v důsledku nerovnoměrnosti k tzv. pruhovitosti povrchu, natož ke spálení agresivní chemií vlivem vysoké lokální koncentrace [30].



Obrázek 10: Aplikační trubice AT 25, zdroj: [31]

Trubice AT 50 (obrázek 11) jsou rozmístěny po padesáti centimetrech, jelikož je účinná látka aplikována pěti otvory a je tedy vytvořeno 5 proudů, což znamená širší záběr jedné trubice na rozdíl od volného výtoku trubicí AT 25.



Obrázek 11: Aplikační trubice AT 50, zdroj: [32]

Výhodou aplikační trubice s větší vzájemnou vzdáleností je vyšší účinnost v sušším období. Vytvořením velkých kapek, které se na listech rostliny neudrží, dochází ke stékání kapek na půdu, kam se hnojivo aplikované těmito trubicemi má dostat. Ucpáním výtoku trubice zemí předchází umístění 5 otvorů 100 mm nad dolním koncem trubice. Tím je zamezeno možnému vzniku ucpání, ke kterému může dojít při náklonu ramena blíže k zemi, což by mohlo mít za následek zanesení aplikační trubice. Trubice se může ucpat a přestala by být funkční. Při posunutí výtokových otvorů výš od konce, proto nemůže dojít k jejich ucpání. Při zapíchnutí trubice do země vlivem špatného pohybu ramen proto nedojde k vynucenému přerušení funkce ucpáním [30].

Umístění trysek je na ramenou přímo na trubce vodního tlakového systému. Systém uchycení trysek vhodnou montáží na trubce umožňuje nasazení pouze jediným správným způsobem, aby byla zaručena správná poloha a s tím související geometrie vyústění trysek. Další možnost připojení trysek je přes otočný trojitý držák s membránovým protiúkapovým ventilem. Ten je ovšem potřeba ovládat obsluhou pomocí přestavení adaptéru do požadované polohy otočením. Vrcholnou technologií Agrio ovšem zatím je využití dvojnásobného Selejetu, který vzduchově přepíná za jízdy 2 velikosti trysek a dochází i k jejich vzájemnému prolínání činnosti v závislosti na pojezdové rychlosti. Tento systém je ovládán vzduchově na základě výpočtů počítače. Selejet může být až čtyřnásobný, což zaručuje optimální množství účinné látky aplikované na požadované rozloze i při relativně vysokých pracovních rychlostech. Další výhodou Selejetu je absence kontaktu obsluhy s chemikáliemi na rozdíl od minulosti, kdy musela obsluha otáčet s měničem osazeným různými velikostmi trysek. Tak mohl s chemií člověk přijít do styku [7, 30].

6.14 PROCES OPLACHU HLAVNÍ NÁDRŽE

Oplachové trysky slouží k co nejdokonalejšímu opláchnutí nádrže. Takový oplach je nezbytný z hlediska účinnosti aplikované látky. Při přechodu na jiné chemické složení následné aplikace, by došlo ke snížení účinnosti celé dávky postřikové jichy nebo dokonce ke vzniku škod na ošetřeném porostu vlivem smíchání dvou účinných látek rozdílného chemického složení. Pro účinné látky určené pro ochranu rostlin je důležitá nejen koncentrace ve vodě, ale i chemické složení, jež by nedostatečným opláchnutím bylo změněno. Důvodem pro vylepšení způsobu

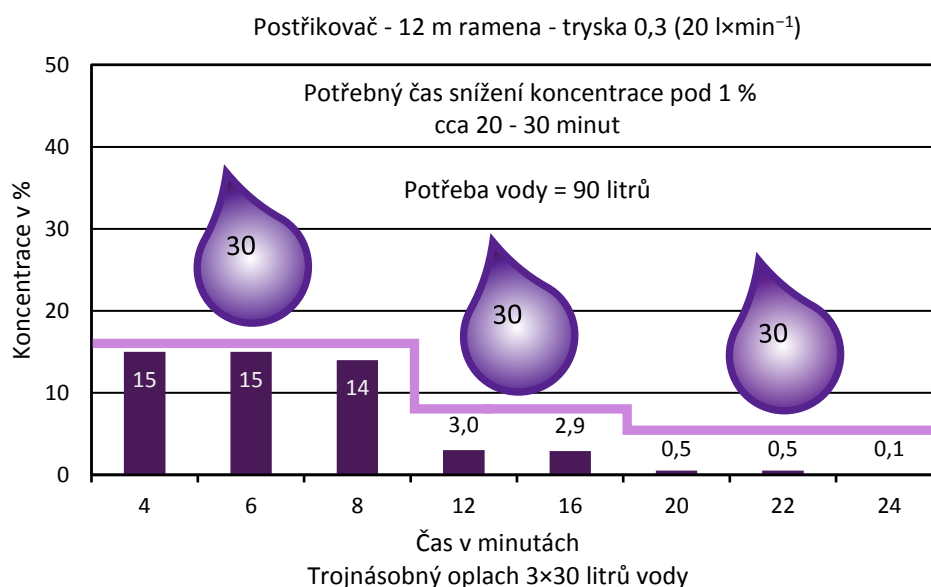
oplachu nádrže nebyla ovšem pouze kvalita opláchnutí, ale také vyšší efektivita opláchnutí. Princip kontinuálního vnitřního oplachu postřikovače je postup s výrazně nižšími náklady na spotřebu vody i času (jak je uvedeno na obrázcích 12 a 13). Zdokonalení čištění je založeno na principu čištění postřikovače již se zbytky postřikové jíchy. Tím dochází ke smysluplnému využití těchto zbytků k vypláchnutí, ale i efektivnímu využitím zbytků postřikové jíchy na ošetřovaném pozemku.

Postup zdokonaleného čištění pomocí principu nazývaného vnitřní kontinuální oplach je složen z následujících úkonů. Po vyčerpání postřikové jíchy z hlavní nádrže začne klesat tlak až do doby, kdy z aplikačních trysek vychází pouze vzduch. Po zapnutí oplachového čerpadla obsluhou začne proudit voda z nádrže na čistou vodu směrem k oplachovým tryskám do hlavní nádrže. To vše probíhá za stálého vyprazdňování hlavní nádrže postřikovými tryskami, čímž neustále dochází k ošetřování pozemku, ovšem za snižující se koncentrace účinné látky v postřikové jíše. V okamžiku, kdy je spotřebovaná zhruba polovina čisté vody, obsluha zapne a vypne sekční trysky na postřikových ramenech a rázem vody vypláchne hlavní ventil a všechna ostatní funkční vedení, která jsou ještě naplněná postřikovou jíchou. V tomto kroku také dochází k proplachu filtrů a míchacích trysek uvnitř hlavní nádrže. Čistící proces je ukončen, v okamžiku spotřebování veškeré čisté vody z nádrže.

Postřikové okno je ošetřovaná plocha pozemku látkou se sníženou koncentrací ÚL. Postřikové okno je zvolená plocha, na které obsluha efektivně vyprázdní postřikovač a počítá zde se zvýšenými ztrátami vlivem snižování koncentrace účinné látky. Proto by měla být plocha co nejmenší, a zároveň zvolena na vhodném místě. Faktory pro rozhodování o vhodnosti umístění postřikového okna jsou: snadné přestavení postřikovače, zejména jeho ramen, do transportní polohy nebo na místě s předpokladem nižšího výnosu. Případně, je-li nějaké místo jiným způsobem kvalitativně méněcenné. Kvalitativním znehodnocením je myšlena kvalita oblasti jako například vysoký podíl písku v půdě, výskyt těžkých půd, oblast inklinující k půdní erozi či jiné kvalitativní nedostatky, ovlivňující úrodnost.

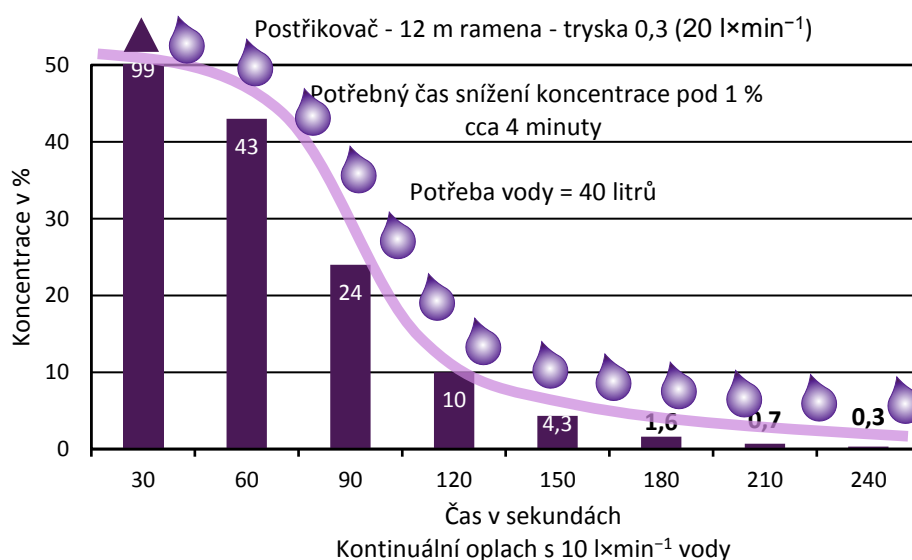
Kontinuální oplach zkracuje dobu čištění nádrže, což je parametr ovlivňující velikost postřikového okna. Při srovnání postupů běžného čištění s kontinuálním oplachem, jsou rozdíly výrazné. Kontinuální oplach zabere pouhých 5 minut oproti téměř půl hodině čištění běžným způsobem. Podobnou úsporu tvoří i spotřeba vody,

kteřá činí u původní metody devadesát litrů ve všech třech krocích, vůči nynějším čtyřiceti litrům viz. grafy v obrázcích 12 a 13.



Běžné čištění – čas 20–25 minut a 90 litrů čisté vody. Včetně nastupování a vystupování z traktoru, případně projetí ošetřené kultury.

Obrázek 12: Běžné čištění, zdroj: [7]



Kontinuální oplach – čas 5 minut a 40 litrů čisté vody. Celý postup je možno ovládat pouze z traktoru.

Obrázek 13: Kontinuální oplach, zdroj: [7]

7. TEORIE PODVOZKŮ VOZIDEL A STROJŮ

Nákladní vozidla a traktory se rozdělují na následující konstrukční celky: strojový spodek, karoserii, příslušenství, výstroj a výbavu. Pro pochopení správné funkce podvozku postřikovače je nezbytné si blíže popsat spodní strojovou část vozidla nazývanou souhrnně podvozek.

Strojový spodek je komplexní označení několika dílčích částí (podvozek a poháněcí soustava). Tyto součásti zajišťují mechanické spojení mezi obsluhou vozidla a povrchem, po kterém se vozidlo pohybuje. Další funkcí strojového podvozku je přenášet točivý moment motoru na kola a zprostředkovat tak komfortní a bezpečný pohyb vozidla. Celkový pohyb je dán dvěma složkami pohybu: směrem a rychlostí. O směr pohybu vozidla se stará podvozek. Řízení zprostředkovává pokyny od obsluhy a koná tak změnu směru jízdy. Přírůstek rychlosti je měněn poháněcí soustavou, pokles zajišťují brzdy. Brzdový systém obstarává nucené snižování rychlosti. Pro zpomalování z vlastní vůle existuje varianta brzdění snižováním otáček motoru, ale ovšem jen pokud to provozní situace dovoluje.

Podvozek je nejvýznamnější část vozidla, která se zaslouhuje nejen o jízdní komfort obsluhy a posádky, ale i nákladu. Jízdní komfort je dán relativním pohybem podvozku, který je nezávislý na pohybu zbylé části vozidla, v níž se nachází řidič nebo náklad. Úroveň komfortu vozidla však není jedinou požadovanou vlastností. Podvozek čelí ještě velmi důležitému požadavku, kterým je bezpečnost. A to jak obsluhy a posádky, tak i přepravovaného nákladu. Pro použití mobilního stroje v zemědělství je i významně důležitá vlastnost – průchodnost.

Mezi dílčí součásti podvozku patří primárně rám, což je základní nosná část vozidla. Dále podvěsy, které zahrnují nápravy, brzdná zařízení a pružící soustavu spolupracující společně se soustavou tlumící. Poslední velmi důležitou součástí je směrové řízení [7].

7.1 KOLA A PNEUMATIKY

Kolo osazené pneumatikou zajišťuje jediné spojení mezi pohybujícím se strojem a povrchem, po kterém se toto vozidlo pohybuje. Díky tomuto kontaktu je možné uskutečnit relativní pohyb stroje vůči podložce. Aby došlo k pohybu mobilního

energetického prostředku (MEP), po kterém je pohyb požadován, je nutné zajistit přenos točivého momentu od motoru na povrch.

Do kategorie mobilních energetických prostředků jsou zahrnuty traktory, samojízdné stroje a nákladní automobily. V zemědělství je stále nejrozšířenějším MEP traktor.

Dnes je zatím nejpoužívanějším zdrojem pohonu spalovací motor, ovšem stejnou úlohu mohou plnit i parní stroje, elektromotory, setrvačnickové motory, hybridní motory a další zdroje. Motor je stroj, který pohání dopravní prostředek, transformující určitý druh energie na mechanickou práci, která se dále využívá na pohon dopravního prostředku a dalšího pohonu dílčích zařízení, kterými je stroj vybaven. Mechanická práce je klikovým mechanismem převedena na vznik točivého momentu. Pro pohyb MEP je nezbytné přenést dostatečnou část točivého momentu na povrch, po kterém se stroj pohybuje. Přenesený M_k se odvíjí od velikosti styčné plochy, ale i kvalita styčné plochy je důležitá pro míru přeneseného krouťícího momentu.

Kvalita přenosu M_k od motoru na povrch může být ovlivněna parametry pneumatik a vlastnostmi povrchu, po kterém se pneumatika odvaluje. Mezi parametry pneumatiky řadíme například hloubku dezénu, včetně jeho tvaru. Dezén je závislý na požadavcích použití stroje. Náročnější nezpevněný terén teoreticky vyžaduje větší výšku vzorku, jako například vyobrazený dezén kultivačního kola na obrázku 5 v kapitole 6.2. Naopak jízda po zpevněném (například asfaltovém) povrchu obecně nevyžaduje hluboký dezén, ale velikost styčné plochy mezi pneumatikou a vozovkou. Zvětšení styčné plochy je dosaženo minimálním dezénem, v ideálních podmínkách lze použít i absolutně hladký povrch pneumatiky. Vyjma výskytu vody na vozovce a potřeby jejího odvedení z místa styku. Odvedením vody pomocí dezénu dojde k zajištění kvalitního kontaktu pryžového osazení a podkladu. Dostatečný dezén pro odvedení vody z místa styku je prevence vzniku nežádoucího jevu – aquaplaningu.

Zemědělské stroje se ovšem nepohybují po silnici tak vysokou rychlostí (na hraně adhezní síly), aby bylo zapotřebí zvětšovat styčnou plochu při maximální pojezdové rychlosti $40 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$ případně málokdy dosahující $50 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$. Potřebné vlastnosti pneumatik se projevují až při ztížených podmínkách při průjezdu stroje/traktoru těžkým terénem.

Nezákladnější rozdělení druhů dezénů v zemědělství je na dezén směrový a záběrový. U dnes používané moderní techniky, kdy jsou většinou všechna kola poháněna se osazují všechna kola pneumatikami záběrovými, zajišťujícími dostatečnou trakci. Směrová kola se používají na řídicí nápravu u nákladních automobilů a traktorů s pohonem 4×2, kdy je poháněna pouze jedna náprava (dvě kola) a druhá náprava je pouze řídicí (využíváno spíše u traktorů v minulosti nebo u malotraktorů).

Kola s pneumatikami přenáší veškerou hmotnost vozidla, posádky i nákladu na vozovku. Zatížení pneumatik neznamena pouze udržení hmotnosti, pneumatiky při pohybu vozidla přenáší také boční síly a působící hnací a brzdící momenty. Přenos těchto sil a momentů je zabezpečován pryžovým olemováním, kterým je disk kola osazen. Pneumatika je svými vlastnostmi a konstrukcí také významnou součástí pružící soustavy. Díky těmto vlastnostem napomáhá k zajištění pohodlné a bezpečné jízdy obsluhy vlivem snižování rázů (absorpcí). Pneumatika je navržena tak, aby při nahuštění ventilkem na předepsaný provozní tlak zajišťovala správnou funkci z hlediska, pružení, adheze i bezpečnosti.

Alternativou přenosu točivého momentu zemědělského stroje na podložku jsou ke klasickým kolům ještě pásy. Jejich význam spočívá ve zvětšení plochy, kterou je točivý moment přenášen a zároveň tato plocha přenáší i váhu stroje, což snižuje tlak na půdu. Pásy mají své uplatnění zejména při velmi těžkých podmínkách, jako je velmi podmáčená půda. Pásy se v těžkém terénu neboří, díky přenosu tíhy stroje na větší plochu, a je tak umožněno zpracování půdy i ve velmi těžkých podmínkách. Ošetření za takových okolností samojízdým postřikovačem se ovšem mine účinkem. Při průjezdu zasetým porostem vzniknou vyjeté koleje a další operace v totožné stopě (resp. kolejovém řádku) je komplikovaná. Do vyjetých kolejových řádků se totiž stahuje voda, která by na rovném povrchu pole byla rovnoměrně rozmístěná. Voda je tím pádem neefektivně využita.

U použití postřikovačů se před aplikací musí zohlednit stav půdy, která má být ošetřena. Při neuváženém vjezdu stroje do podmáčeného pole, může dojít ke vzniku ztrát vlivem škod způsobených přejezdem postřikovače. Jinak je tomu u strojů sklízecích, jako jsou řezačky nebo sklízecí mlátičky. U takových strojů se jedná o sklizeň, nejsou následky vlivem přejezdu tak závažné – jde o poslední sklizňovou

operaci. Mnohdy se kvůli počasí jedná o poslední dny nebo hodiny, kdy bude možné sklídit úrodu po celoročním snažení a nastává tedy tzv. „boj o zrno“, kde se význam brodění v mokřím a blátivém terénu, za použití pásů pro zvýšení schopnosti projet náročný terén, respektuje. Po sklizni záleží na dalším způsobu zpracování, který bude následovat. Vznikem vyjetých kolejových meziřádků budou podmínky pro další zpracování půdy tím pádem zhoršeny.

Pneumatika ovšem může být i naplněna kapalinou, nejčastěji vodou, kvůli kompenzaci rozložení váhy stroje. Důvodem je vyšší hmotnost vody oproti vzduchu. Dodatečného vyvážení stroje na základě média plněného do pneumatik se využívá zejména u čelních nakladačů, kde je protilehlá část nakladače nedostatečně zatížena. Mohlo by tak dojít k převážení, v případě nakládání těžkých břemen. Naplnění pneumatiky vodou má ovšem i svá úskalí, a to například při venkovních teplotách pod bodem mrazu, kdy by mohlo dojít k nárůstu objemu a v závislosti na tom i vnitřního tlaku, což by vedlo v krajním případě až k prasknutí pneumatiky. Z toho důvodu se voda kombinuje s nemrznoucí směsí.

Výrobce pneumatik stanovuje rozsah provozních tlaků a maximální tlak, při kterých se může pneumatika provozovat, aniž by došlo k jejímu poškození. K poškození pneumatiky může dojít jak při přesáhnutí maximálního dovoleného tlaku, tak i při nedosažení minimálního požadovaného tlaku – vlivem mechanického poškození. Používáním pneumatik nahuštěných na tlak, mimo předepsaný rozsah se snižuje životnost pneumatik a výrazně se mění ovladatelnost vozidla. Což má přímý dopad na bezpečnost provozu takového vozidla. Nedodržením předepsaných hodnot se mění tvar i velikost styčné plochy, které mají vliv na statické i dynamické vyvážení pneumatik a kol. Při nevyvážení může docházet k vibracím nebo v krajním případě až ke ztrátě kontroly nad vozidlem.

7.2 ZAVĚŠENÍ KOL

Zavěšení kol je konstrukční systém připojení kol k rámu tak, aniž by kola byla připravena o možnost požadovaných pohybů. Takovými pohyby je myšleno zejména otáčení kol a svislý relativní pohyb vůči karoserii (resp. rámu). Vhodnou konstrukcí a tvarem prvků souboru nazývaného souhrnně zavěšení, je relativní pohyb umožněn. Celá tato skupina dílčích součástí musí rovněž umožnit přenos sil a momentů mezi kolem a zbytkem rámu vozidla. Síly svislé jsou způsobeny zatížením vozidla

a přejížděním nerovností, podélné síly jsou tzv. hnací a brzdné síly a příčné jsou způsobeny odstředivou silou, která působí na stroj při průjezdu zatáčkou [18, 33].

Zavěšení kol se dělí v zásadě na dva druhy. Prvním je závislé zavěšení neboli tuhá náprava a druhým způsobem je nezávislé řešení. Na pomezí mezi těmito způsoby je náprava De Dion, která spojuje výhodné vlastnosti obou zmíněných způsobů zavěšení. Náprava se instalovala například do vozů Alfa Romeo 75 [34].

Nezávislé zavěšení znamená, že jedno kolo není závislé na pohybu kola druhého, myšleno na jedné nápravě. Tato nezávislost je způsobena uložením každého kola k rámu samostatně. Tím na sebe pohyby levého a pravého kola nemusí být vázány. Takto vzniklá nezávislost je totiž cílem této konstrukce už z několika důvodů, jenž jsou zmíněny dále. Závislým zavěšením jsou souhrnně označovány konstrukce náprav, které mají mezi jednotlivými koly konstrukční vazbu. Nejčastěji se jedná o společný nosník, tzv. most nápravy. Obě kola jsou v tomto případě osazena právě na tomto nosníku, čímž vzniká vzájemná závislost mezi pohyby jednotlivých kol.

7.2.1 Tuhá náprava (závislé zavěšení)

Toto konstrukční řešení je nejstarší, ale v dnešní době stále hojně využívané, zejména u nákladních vozidel. Existuje více typů tuhých náprav a jsou děleny především na základě celistvosti. Tento parametr rozděluje závislé zavěšení na celistvou nebo dělenou nápravnicí. Další možné dělení je na základě jejich funkce. Podle tohoto kritéria lze nápravy rozdělit na řídicí, hnané nebo vlečené.

Závislé zavěšení se pro svoje nevýhody z osobních vozidel postupně začalo vytrácet, ovšem pro svou snadnou a levnou údržbu i konstrukční jednoduchost se k jejímu použití konstruktéři opět vrací [35].

Tuhé nápravy obecně vyžadují větší prostor k odpružení, jelikož most nápravy musí být umístěn pod vozidlem napříč. Od tohoto požadavku je odvozeno i vyšší těžiště, to však zvyšuje náklon zejména při jízdě zatáčkou. Tuto nevýhodu může částečně eliminovat tzv. kliková náprava, která je prostorově lépe umístěna [36].

Výhody závislého zavěšení:

- jednoduchost konstrukce,
- příznivější cena,
- stabilita při přímé jízdě,

- vyšší tuhost (vyšší nosnost a mechanická odolnost).

Nevýhody závislého zavěšení:

- nižší schopnost odolávání příčným nerovnostem,
- vyšší hmotnost neodpružené části (náprava + kola),
- vyšší těžiště,
- nižší schopnost vedení kola (v porovnání s nezávislým odpružením).

7.2.2 Nezávislé zavěšení kol

Nejvýznamnější výhodou nezávislého zavěšení oproti tuhé nápravě je, že nedochází ke vzájemnému bezprostřednímu ovlivňování kol vzájemně na pravé a levé straně nápravy. Tato vlastnost navíc snižuje přenos chvění vzniklých u jednoho z kol na to druhé. Významným faktorem je i snížení hmotnosti neodpružených částí, na rozdíl od tuhé nápravy. Konstrukcí nezávislé nápravy lze docílit nižšího těžiště vozu bez nutnosti zvýšení spodku, jako je tomu u závislého zavěšení, kdy je nutné umístit celou nápravu pod vozidlem. Nezávislé zavěšení dovoluje kolům lépe kopírovat terén, a to zcela individuálně.

Příkladem využití nezávislosti zavěšení je například při velkém výškovém rozdílu překonávaného terénu koly jedné nápravy. Nedochází ke ztrátě kontaktu druhého kola s podložkou, protože není ovlivněno žádnou vazbou od protilehlé strany, jakou by mohl být například stabilizátor.

Výhody nezávislého zavěšení jsou:

- vzájemná nezávislost dvou stran jedné nápravy,
- vyšší úroveň kopírování terénu, díky nezávislosti levého a pravého kola,
- nedochází k přenášení rázů mezi koly (vyšší komfort),
- nižší odpružená hmotnost (nižší hmotnost ramen vůči hmotnosti závislé nápravě),
- umožňuje snížit těžiště.

Nevýhody jsou zejména:

- potřebný doplňující stabilizační prvek,
- vyšší náklon při průjezdu zatáčkou (nižší příčná stabilita),
- nižší nosnost oproti závislé nápravě.

7.3 ŘÍZENÍ

Podvozek samojízdného postřikovače DINO má obě nápravy totožné. Díky této vlastnosti je umožněno otáčení všech čtyř kol kolem rejdového čepu. Rejdový čep je umístěn v nápravě a otáčení kola probíhá kolem něj. Volant v kabině obsluhy je spojen s hydrostatickou jednotkou řízení. Působením tlakového oleje působícího na přímočarý hydromotor natačí kola do požadovaného úhlu (rejdu) [7].

Volant je propojen s odměrným hydromotorem přes rotační rozvaděč. Do rozvaděče musí být přiveden tlakový olej z hydrogenerátoru a protéká skrz něj olej zpět do zásobníku, kde se nachází rezerva zdroje hydraulické kapaliny pro hydrogenerátor.

Po otočení volantu olej protéká z rotačního rozvaděče do odměrného hydrogenerátoru a následně působí na požadovanou stranu pístu přímočarého hydromotoru. Na základě směru a délce posunutí pístu je vyvozeno potřebné pootočení kola kolem rejdového čepu. Při jízdě s natočenými koly kolem rejdové osy dochází ke změně směru jízdy. Na základě řízení kol obou náprav lze u DINA rozdělit řízení do více způsobů [18, 37].

1. Řízení nesouhlasné – směr otáčení kol na přední ose a zadní ose je protisměrný.
2. Řízení přední nápravy – otáčení pouze předních kol kolem rejdového čepu.
3. Řízení souhlasné (krabí chod) – směr otáčení i úhel otočení kol je souhlasný na přední i zadní nápravě, směr osy stroje je konstantní.

V současné době se vrcholně rozvíjí trend přesného zemědělství s využitím navigačních systémů, které udržují směr ošetření zemědělské půdy s ohledem na záběr stroje s vysokou přesností. Přesnost těchto systémů se pohybuje v řádech centimetrů, maximálně jednotek decimetrů. Udržování směru jízdy je náročné na elektroniku, která ovládá hydraulicky směr jízdy [7, 18, 37].

7.4 ODPRUŽENÍ

Odpružení je velice významnou částí celého systému nazývaného podvozek. Jeho význam spočívá v bezpečnosti, komfortu, průchodnosti terénem a ovladatelnosti stroje. Významnou funkcí je přeměňovat zachycené rázy na vertikální pohyb kola při překonání překážky, aniž by došlo k totožnému pohybu celého stroje. Při správném

fungování odpružení se rázy přeměňují na vibrace a na posádku (resp. obsluhu) se tak nepřenese rázy. Díky absorbování rázů podvozkem. Působící síly na odpružení jsou: hnací síla, brzdná síla a odstředivá síla, která působí na vozidlo (stroj) při jízdě po kružnicové trajektorii. Síly nepůsobí jen ve svislém směru. Díky odvalování kol po povrchu je odpružení schopno přeměnit i síly působící v jiném směru než svislém. Díky uložení zavěšení kol umožňuje odpružení přeměnit směr na požadovaný vertikální směr. Zavěšení může být pohyblivě uloženo pomocí pružných pryžových silentbloků, které mohou měnit rázy, respektive je přeměňovat na elastickou deformaci materiálu [38].

Hlavní pružící prvky podvozku se nachází mezi pevnou a pohyblivou částí vozidla, tj. mezi zavěšením a rámem (šasi). Pérováním těchto prvků se z vozidla stává vibrující celek s určitou výslednou frekvencí, která je složena z dílčích frekvencí, které se také na pružení celku podílejí. Výsledná frekvence je závislá na mnoha faktorech, zejména na hmotnosti stroje, poměru odpružené a neodpružené hmoty a parametrech frekvence pružících prvků či dalších zdrojích kmitání. Výčet vlivů na celkovou kmitající soustavu je zmíněn v kapitole, týkající se návrhu metodiky analyzování kývání samojízdného stroje.

7.4.1 Činnost odpružení

Při přejetí stroje nerovnosti je vyvolána vibrace kola a s určitou časovou odezvou i zmírněná vibrace celého stroje. Reakci šasi předchází propružení kola vůči karoserii, v tomto okamžiku dochází ke stlačení pružícího prvku. Pružící prvek značnou část síly, kterou je kolo vychýleno z pasivní (klidové) polohy, pohlcuje a již pouze menší část přenáší na karoserii, která na sílu reaguje vertikálním pohybem vzhůru. Poměr mezi pohlcenou silou a silou která na karoserii působí je závislý na mnoha faktorech, zejména na:

- Principu pružení (vzduchové, ocelové, pryžové)
- Charakteru překonávané nerovnosti
- Principu zavěšení (závislé, nezávislé)
- Pneumatikách (rozměr, nahuštění, mechanický stav)
- Stavů zavěšení (kondice a technický stav)

Po primárním zmáčknutí pružiny následuje návrat pružiny. Rozsah pohybu tohoto elementu mezi krajními polohami se nazývá amplituda (maximální výchylka).

Při zpětném natahování pružiny překonává pružina rovnovážnou polohu. Po dosažení maximálního natažení (je odvozeno od prvotního zatížení), se tento postup cyklicky opakuje, a to za neustálého snižování výchylky. O kmitavém pohybu se snižováním výchylky v čase hovoříme jako o tlumeném kmitání. Tuhost pružiny [c] se vypočte jako podíl zatěžující síly [F] a změny délky [Δl] pružiny při zatížení viz obrázek 14.

$$c = \frac{F}{\Delta l}$$

c – tuhost pružiny

F – síla

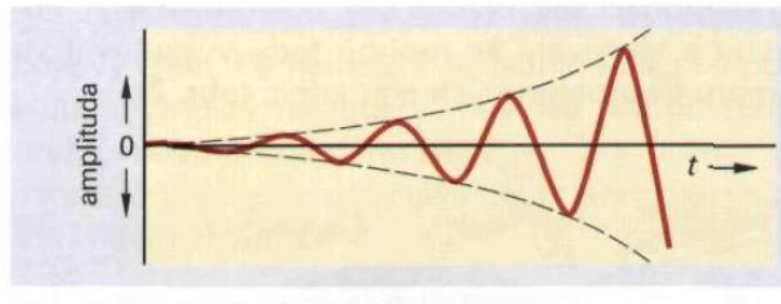
Δl – změna délky

Obrázek 14: Výpočet tuhosti pružiny, zdroj: [39]

V oscilátoru dochází při pružení k přeměně energie. Aby pružina začala kmitat, musí jí být dodána energie. U odpružení vozidel ji získá svým vychýlením z rovnovážné polohy při přejetí nerovnosti. Síla, která zapůsobila při vychýlení pružiny vykonala určitou práci, která je přeměněna na mechanickou energii oscilátoru. Tento vztah mezi silou a energií vychází ze zákona o zachování mechanické energie. Celkový součet energie je složen z energie potenciální E_p a energie kinetické E_k . Poměr těchto energií se v závislosti na zatížení pružiny mění. Při překonávání rovnovážné polohy pružiny je extrémní v tom smyslu, že v této poloze má oscilátor největší kinetickou energii, což souvisí s nejvyšší rychlostí pohybu. Naopak energie potenciální je v rovnovážné poloze nulová. V poloze maximálního propružení je poměr zmíněných dvou energií opačný, tj. maximální E_p a nulová E_k . Mechanická energie je u netlumeného kmitání konstantní, což je pouze ideální jev a nelze ho v praxi dosáhnout [40].

Vliv na zmírňování výchylky má i tlumení, které je v oblasti podvozků vozidel hojně využíváno. Důvodem použití je nežádoucí dlouhé trvání samovolného ustálení kmitů. S prodlužováním doby kývání do dosažení klidové polohy se zvyšuje pravděpodobnost vzniku zapůsobení vnější síly na kmitání pružiny, které by mohlo v případě rezonančního zásahu (tj. synchronizace frekvencí) vnější síly dojít

k přesáhnutí maximální možné výchylky vlivem sčítání harmonických kmitů. Takové kmitání se nazývá rezonanční kmitání (obr. 15) a jeho frekvence by se musela rovnat vlastní frekvenci pružiny f (Hz). V takovém případě se může pružina plasticky zdeformovat, jelikož na takové rázy není zkonstruovaná a došlo by k přesažení meze kluzu materiálu, z kterého je pružina vyrobena. To není jediný důvod, kvůli kterému je požadováno co nejrychlejší navrácení a ustálení v klidové poloze. Dalším důvodem je, že z klidové polohy může pružící soustava naplno čelit přejezdu následující nerovnosti. V okamžiku snížení výchylky k nule je totiž poskytnut opět plný rozsah pohybu pružiny a lze tedy více energie přeměnit na deformaci. Při kmitání se průběh posloupných pohybů cyklicky opakuje, dokud se nepřemění všechna pohybová energie na tepelnou (vnitřní tření v pružině), nebo energii neabsorbuje tlumící prvek. Do tohoto stavu se pružný prvek má tendenci vracet samostatně a přirozeně, tato vlastnost vychází z principu jeho konstrukce. Brzký návrat do klidové polohy (vlivem výrazného tlumení), ovšem může znamenat snížení jízdního komfortu. Tlumení proto musí být plynulé a vyvarované vzniku rázů.

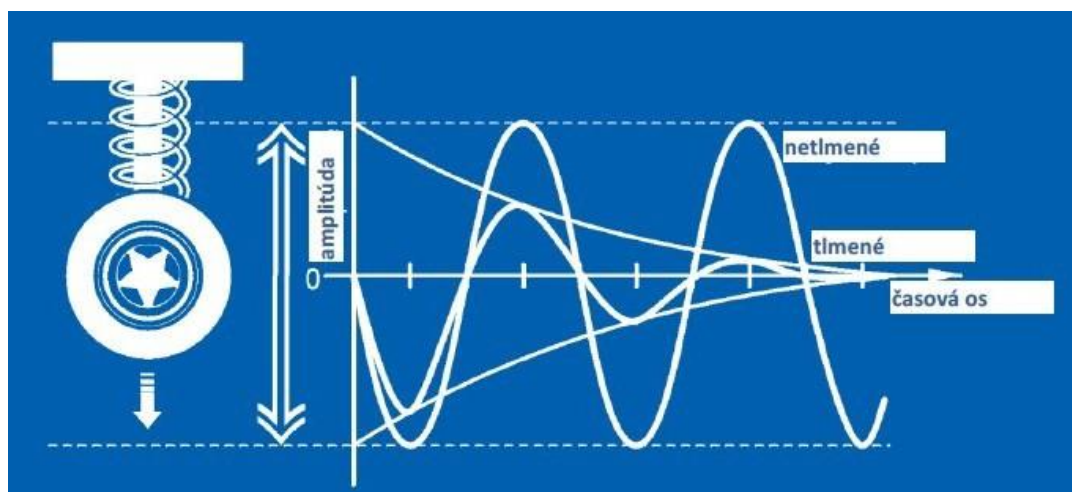


Obrázek 15: Rezonanční kmitání, zdroj: [37]

U ideální mechanické pružiny by kmitání nikdy neskončilo, jelikož by mělo neustále stejnou amplitudu. Jednalo by se o tzv. volné kmitání, jelikož by na něj nepůsobily žádné síly. Tohoto jevu nelze dosáhnout v žádných podmínkách a u odpružení vozidel je nežádoucí. U reálného mechanického oscilátoru (i bez tlumícího členu) nelze ztrátám energie zabránit a jedná se tedy o tlumené kmitání, ovšem tento jev není u pérování postřikovače žádoucí. Je totiž nedostatečně rychlý. Ideálním doplněním oscilační soustavy pro správnou funkci u vozidel pojízdných strojů jsou plynové, kapalinové tlumiče nebo jejich kombinace. Ty uvedou rozkmitanou soustavu odpružení do rovnovážné polohy v ideálním čase dle požadovaného charakteru podvozku [40].

7.4.2 Účel odpružení

Účelem odpružení je především zmírnit rázy a mechanické otřesy způsobené přejížděním nerovností a zároveň zachování neustálého styku kol s překonávaným povrchem. Odpružení mění tyto rázy a minimalizuje ztrátu adhezního styku s podložkou. K tlumení rázů a otřesů dochází tím způsobem, že jsou přeměněny na vibrace, které se při správné funkci celé pružicí soustavy (zejména tlumení) s každým dalším kmitem zmenšují, jak je patrné z obrázku č. 16. Některé způsoby odpružení již z vlastní konstrukce nebo z použitých materiálů obsahují samotlumící prvky. Mezi tyto prvky mohou být zařazeny například pryžové silentbloky nebo listové ocelové pružiny, které tlumí kmitání. Při správném fungování listové pružiny totiž dochází k tření mezi jednotlivými listy pružiny, což má za následek snížení amplitudy následného kmitu – tzv. tlumené kmitání.



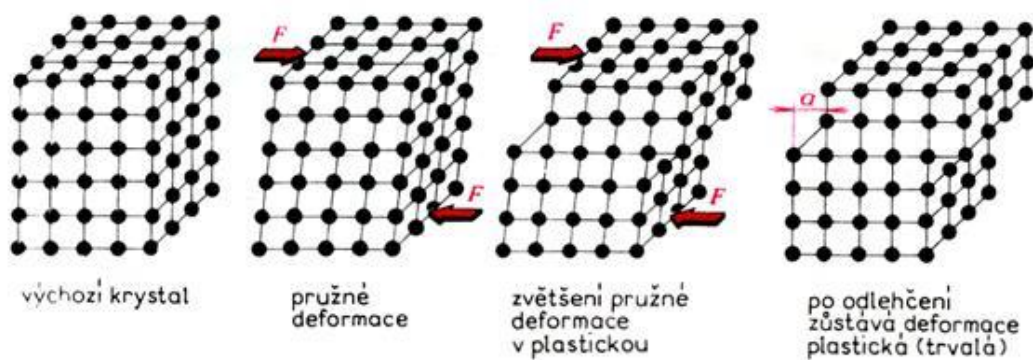
Obrázek 16: Průběh tlumeného a netlumeného kmitání v čase, zdroj: [41]

7.4.3 Varianty odpružení

Existuje více způsobů, jak vytvořit z vozidla bezpečný a zároveň pohodlný stroj za pomoci odpružení. K dosažení takových vlastností při provozování slouží následující typy odpružení.

Mezi jeden ze základních způsobů odpružení můžeme zařadit odpružení pomocí segmentů vyrobených z oceli. Jsou jimi nejčastěji listové a vinuté pružiny. Méně časté odpružení je pomocí zkrutné (torzní) tyče. Pružina je konstrukční součást, která zachycuje a akumuluje mechanickou energii. Zachycená a naakumulovaná energie je důsledkem rázů od vozovky přes kolo a zavěšení až na pružicí prvky, jenž se mechanicky deformují. To je také důvod zařazení do mechanického způsobu

odpružení. Různé materiály dovolují zatěžování různým napětím (potažmo silou). Příkladem může být chrom-vanadiová pružinová ocel (Cr-V). Dle změn v materiálu následkem síly (obrázek 17), která na něj působí, se rozdělují změny ve struktuře mřížky materiálu na vratné a nevratné. Elastické (pružné) deformace jsou vratné, tudíž se prvky z takového materiálu vrátí po uvolnění zatěžující síly zpět do původního stavu, struktura materiálu zůstává zachována beze změny. V této oblasti deformace materiálu se musí pohybovat pružící prvky při všech možných provozních režimech. Od hranice, kdy síla F přesáhne hodnotu meze kluzu, již v ocelových materiálech dochází k trvalým (nevratným) změnám ve struktuře krystalické mřížky, což znamená nevratnou plastickou deformaci. S ní souvisí snížení kvality materiálu, a tedy znehodnocení jeho vlastností. V této fázi se nachází i maximální normálové napětí σ_m (síla F působící na plochu S). Poslední fází ocelových materiálů je lokální plastická deformace, v níž se odehrává úplné přerušování materiálu (mez pevnosti), ovšem tento jev nastává až při překročení maximálního napětí. [42, 43]



Obrázek 17: Síla působící na krystalickou mřížku, zdroj: [44]

Dalším typem jsou pružiny pneumatické, které pro pružení využívají elastických vlastností stlačeného vzduchu uzavřeného v gumovém nebo gumo-textilním měchu. Existují dva základní typy, vlnovcové vzduchové pružiny a vakové pružiny.

Vlnovcová vzduchová pružina se vyznačuje vlastnostmi jako pevnost a dlouhá životnost, jenž vycházejí z vhodné konstrukce. Díky ní jsou stěny namáhány pouze ohybem. Vzduchové odpružení funguje na základě elasticity obalu. Stěny obalu jsou zkonstruovány tak, aby nedocházelo k nežádoucímu úniku vzduchu, čímž by se v měchu snižoval tlak. Jsou shora a zdola vzduchotěsně opatřeny víky, přes které je takový měch umístěn a připevněn mezi segmenty, které mají mezi sebou být

odpruženy. V našem případě se jedná o nápravu a rám stroje. Jedno z vík bývá osazeno plnicím ventilem, kterým je do vaku přiveden stlačený vzduch od zdroje. Původcem stlačeného vzduchu bývá zpravidla kompresor poháněný pomocí kroutícího momentu vyprodukovaného spalovacím motorem. Výhodnou vlastností vzduchového pérování je měnitelná výška vzduchové pružiny. Její změna výšky je závislá na tlaku stlačeného vzduchu a silou, která na pružinu působí. Působící silou je obvykle tíha stroje rozložená mezi opěrné body – měchy.

Princip fungování vzduchového odpružení je obdobný jako u ocelových pružin, tzn. pohlcením energie pružící částí odpružení. V tomto případě akumuluje energii materiál stěny. Měnitelnost světlé výšky zajišťují zátěžové ventily, které v závislosti na poloze (výšce) otevírají nebo zavírají plnicí ventily, to znamená přímou změnu tlaku ve vaku. Tímto principem je stroj udržen v nastaveném výškovém rozsahu zvoleným obsluhou elektronicky nebo mechanicky na základě nastavení regulačních ventilů. U pneumatického odpružení platí přímá úměrnost mezi tlakem vzduchu v pružině a výškou pružiny, samozřejmě při konstantním zatížení. U samojízdného postřikovače se váha stroje může významně lišit v závislosti na naplnění hlavní nádrže (až 6 tisíc litrů).

Měch bývá také opatřen bezpečnostním dorazovým prvem z pryže. Využití dorazů nastává v případech nouze, například při vzniku netěsnosti nebo mechanickým poškozením měchu. Doraz je umístěn tak, aby při úplném vypuštění měchu bylo umožněno nouzového dojetí stroje do servisu. To konkrétně znamená, že veškeré pružení přebírá pouze gumový doraz, a to pouze na dobu nezbytnou pro dojetí do místa servisu. Pokračování ve standardním používání stroje v takovém případě není možné [45].

Hydropneumatické pružící prvky lze rovněž využít k zajištění požadovaných jízdních vlastností a jedná se tak o další variantu odpružení vozidel. Jeho principem je spojení pneumatické pružiny a pracovního hydraulického válce, kdy při jejich vhodné kombinaci lze vytvořit efektivní způsob pohlcování rázů od vozovky a nepřenášet je tak na rám stroje. Výhodou zmíněného systému je spojení pružící a tlumící funkce, takže hydropneumatické odpružení nepotřebuje tlumiče na rozdíl od předchozích variant.

Soustava je složena z několika segmentů. Nejdůležitějšími částmi jsou tlaková nádoba, ve které je membránou oddělen plyn a hydraulická kapalina. Plyn se nachází v horní části nádoby nad membránou a jeho objem se nemění. Jedná se nejčastěji o dusík pro své výhodné vlastnosti. Pod membránou je od hydraulického pístu přiváděna kapalina. Mezi válcem a nádobou jsou umístěny plnicí a vypouštěcí ventily sloužící rovněž jako tlumící prvek vlivem omezeného průtoku kapaliny zúženým místem – škrcením. Systém je opatřen a regulován mechanickými a tlakovými čidly. Nevýhodou soustavy je vlastnost, při které se při zvyšování zatížení zvyšuje tlak oleje (pro zachování výšky) a tím pádem i tlak plynu v tlakové nádobě. Následkem toho se odpružení stává tvrdším a dochází ke snížení komfortu. Hydropneumatické odpružení je spíše řídké se vyskytujícím způsobem pérování, přesto však tuto technologii proslavil a dlouho využíval výrobce automobilů značky Citroën [37].

Systém odpružení založen na hydroelastickém principu se vyskytuje jen zřídka. U tohoto způsobu se o pružení stará pryžový segment a nádoba na kapalinu, z které je tento segment naplňován. Součásti systému jsou propojeny kapalinovým vedením. V praxi se systém příliš neosvědčil [46].

Mezi doplňující pryžové prvky lze zahrnout pryžové pružiny. Využívají elastických vlastností pryže. Dle původu pružícího prvku (gumy) je lze rozdělovat na syntetické kaučuky, které jsou uměle vyrobené, a přírodní. Oba typy mají velmi podobné chemické i fyzikální vlastnosti. Vhodných vlastností se využívá pro jejich namáhání krutem, tlakem i smykem. Jejich přední výhodou je nízká cena a dlouhá životnost, bezúdržbovost a samotlumící efekt. Jejich nevýhody však jsou: teplotní citlivost, nízká odolnost vůči některým chemikáliím a oleji nebo klesání statické únosnosti s časem. I přes zmíněné nevýhody se prvky využívají například jako dorazové pryžové bloky, pružící části silentbloků pro pružná uložení motorů a jiných částí na rám (karoserii) nebo bezpečnostní či nouzové dorazy [47].

7.4.4 Frekvence kmitání

Samojízdný postřikovací stroj je z hlediska frekvence jedna vibrující soustava složená z jednotlivých částí. Přičemž každá část stroje má určitý vliv na celkovou frekvenci, některé segmenty mají větší význam a některé minimální, nebo dokonce nulový. Výčet segmentů majících význam v oblasti kmitů stroje je vypsán v kapitole, týkající se návrhu analýzy kmitání dílčích částí stroje a jejich vliv na celkovou

frekvenci kmitání. Jelikož má stroj odpružení, má tedy i svou vlastní frekvenci. Tato vlastní frekvence je významným parametrem majícím vliv na komfort vozidla/stroje. Prostředí obsluhy (v tomto případě kabina) by nemělo vyvolávat nadměrnou svalovou a nervovou únavu obsluhy. Na tuto únavu mají vliv jak mechanické otřesy, tak i hluk, kvalita ovzduší obsluhy nebo i viditelnost. Vlastní frekvence vozidla by měla být v rozsahu, který je člověku pohodlný tím pádem i komfortní. Člověku je přirozená frekvence 60–80 kmitů za minutu, která odpovídá frekvenci lidské chůze, a tudíž frekvence kmitů soustavy stroje by měla mít podobné kmitání [33].

Na kmitající soustavu, také nazývanou jako oscilátor, působí mnoho vlivů. Jejich zásahy mohou být různého charakteru, lze je i rozdělit dle více kritérií. Některé mohou mít stejnou frekvenci a jiné odlišnou. Dále mohou být tlumící nebo budící, na základě jejich vlivu na oscilační soustavu. Nežádoucí je zdroj mající stejný kmitočet se soustavou. V takovém případě

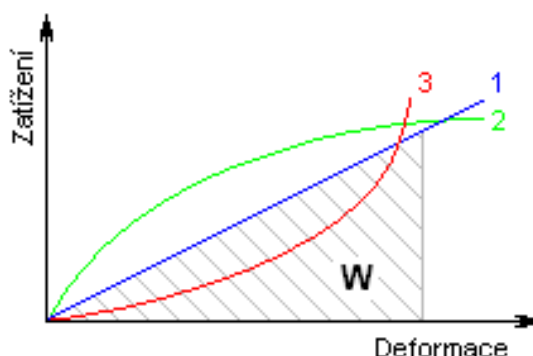
Kmitavý pohyb lze rozdělit dle parametrů, na periodický a neperiodický, dále na harmonický a disharmonický (neharmonický) nebo tlumený a netlumený.

Celá kmitající soustava může při harmonickém kmitání přesáhnout kritickou hodnotu, což je velmi nebezpečný jev. U takových těles nebo oscilačních soustav může dojít k harmonickému netlumenému kmitání, nebo dokonce až k nekontrolovanému kritickému netlumenému kmitání. V případě postřikovače (i jakéhokoliv jiného dopravního prostředku) by takové kmitání během jízdy mohlo mít fatální následky. Proto je nezbytné vyšetření případných harmonických frekvencí u každé vibrující konstrukce, případně i dílčích součástí jednotlivě.

7.4.5 Charakteristiky odpružení

Každý z následujících typů odpružení se vyznačuje jiným chováním a vlastnostmi, které v konečném důsledku ovlivňují jejich použití. Charakteristika odpružení je popsána jako vzájemná závislost mezi zatěžující silou F , kterou představuje hmotnost stroje a stlačením pružícího prvku (deformace). Stlačením lze pro náš případ považovat poklesnutí vozidla při zatížení. Pro samojízdný postřikovač lze uvést jako konkrétní případ pro zatížení F hmotnost vody, kterou je hlavní nádrž naplněna a pro stlačení lze uvést rozdíl mezi výškou měchu prázdného postřikovače a výškou měchu po naplnění. Dle výše zmíněného vztahu se posuzuje průběh takové

funkce. Existují tři základní charakteristiky pružin – lineární, progresivní a degresivní, funkce jsou znázorněny v grafu na obrázku 18 [33].



Obrázek 18: Závislost deformace pružiny na jejím zatížení: 1 – lineární, 2 – degresivní, 3 – progresivní, zdroj: [48]

Lineární charakteristika je základní konstantní závislost mezi silou a deformací. S rostoucí silou roste přímo úměrně i vzniklá deformace. Takovou závislost má například šroubovitá tlačná pružina, která má průřez drátu stejný v celé své délce. Má rovněž konstantní i vnější tvar, tzn. tvar válce, který je dán konstantním průměrem. Pro zachování linearitu je důležité i dodržení stejného stoupání v celé délce pružiny. Tato charakteristika je výhodná pro stabilitu vozidla a optimalizaci trakčních sil. Charakteristickými rysy pro chování vozidla s lineární charakteristikou odpružení je dobrá předvídatelnost pro řidiče a ovladatelnost stroje. Poslední dvě vlastnosti jsou lépe využitelné na silnici než v terénu, tam jsou významnější jiné faktory [49].

Pérování s progresivní charakteristikou je výhodné z hlediska zachování příznivé vlastnosti (konstantní vlastní frekvence) i při zvyšujícím se zatížení stroje. Se zvyšujícím zatížením totiž neklesá tuhost pružin lineárně, ale klesá pomaleji. Křivka, která zobrazuje zpomalení tohoto poklesu tuhosti je zobrazena na obrázku PR křivkou 3. Charakteristikou progresivního odpružení je zajištěna především bezpečná a komfortní jízda, a to jak při nezatíženém, tak i plně zatíženém prostředku. V praxi nelze tohoto jevu u jiných charakteristik dosáhnout za pomoci pouze pružin. Další variantou dosažení progresivní charakteristiky odpružení pomocí speciálních listových pružin. Jedná se o listová pera vícestupňová. Princip jejich fungování je založen na rozdílném počtu podílejících se listů na pružení v závislosti na zatížení. Konkrétně to znamená, že v případě daného zatížení začne pracovat více listů než při menším

zatížení. Nejedná se potom o plynulou křivku charakteristiky, ale tvar křivky se mění skokově. Tento zlom nastává při zapojení dalšího listu na pružení dosaženém konstrukcí takového listového pera [49].

U degresivní charakteristiky opět není grafem závislosti přímka, ale křivka. Pro pružící prvky s vlastnostmi spadajícími do skupiny degresivní je charakteristický vztah: nárůst deformace je větší, než přírůstek zatěžující síly F . Tento způsob odpružení je v praxi nevýhodný především z hlediska bezpečnosti a komfortu provozu vozidla či stroje. Hlavní nevýhodou je klesající tuhost a zvyšující se vlastní frekvence odpružení se zvyšováním parametru F . Příkladem pro takovou charakteristiku mohou být talířové pružiny, které jsou využívány na místech s požadavkem odolávat velkým zatěžujícím silám, aniž by docházelo k velké deformaci. Talířové pružiny se často skládají z více kusů do jednoho funkčního celku. Na základě jejich poskládání lze částečně měnit charakteristiku takového celku. Způsoby jejich zařazení se nazývají buď soulehlé nebo protilehlé [18].

7.5 STABILIZACE PODVOZKU

Stabilizace vozidla je nedílnou součástí bezpečné a komfortní přepravy pomocí MEP. Systém stabilizace napomáhá pružicímu a tlumicímu systému (a jejich vzájemně sladěnému fungování) ke zlepšení stavu příčné stability dopravního stroje. Principem stabilizace podvozku je podpořit podvozkový systém, s cílem zmírnit (snížit) náklon vozidla svou vhodnou konstrukcí. Zasahuje zejména při průjezdu zatáčkou nebo při přejíždění nerovností v terénu.

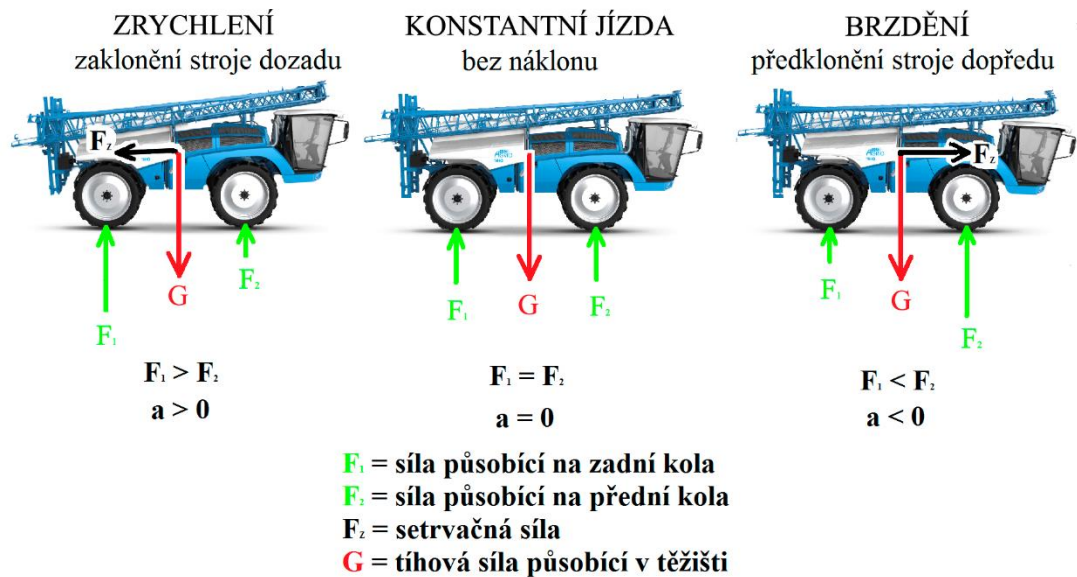
Existuje více způsobů, jak zlepšit stabilitu podvozku. Jsou založeny na různých fyzikálních jevech. Mezi příklady lze uvést hydraulické či elektromagnetické, ovšem nejhojněji se vyskytují stabilizátory mechanické. Tyto stabilizátory podvozku mají své opodstatnění zejména u nezávislého zavěšení, kde zprostředkovávají vazbu mezi oběma koly nápravy, která by bez stabilizačního prvku nebyla uskutečněna.

Při činnosti mechanického stabilizátoru během překonávání obou kol příčné nerovnosti nedochází k žádnému zásahu stabilizátoru na pohyb kol. Funkce stabilizátoru se projeví až v okamžiku, kdy pouze jedno kolo nápravy překonává nerovnost. Respektive jedno kolo překonává větší nerovnost než druhé. V tomto případě začne na stabilizátor působit zkrutná síla, která působí v opačném směru než moment, vzniklý od zatíženého zavěšení. Díky vhodným vlastnostem a tvaru

stabilizátoru se vyrovnává vertikální výkyv protilehlého kola nápravy. Při průjezdu zatáčkou působí oba konce stabilizátoru vzájemně proti sobě, jelikož má podvozkový systém snahu vrátit se do původního stavu (rovnovážný stav). Toto je důvodu, proč má stabilizátor dvojnásobný účinek oproti jednostrannému propuštění [33].

Hlavní příčiny náklonů během jízdy stroje jsou způsobeny silami působícími zejména ve dvou směrech – příčném a podélném. Z druhého Newtonova zákona – zákonu síly je zřejmé, že velikost působící síly je rovna součinu hmotnosti m [N] a zrychlení a [$m \times s^{-2}$] hmotného bodu (tělesa). Vzorec má tvar $F = m \times a$, a jednotky jsou $kg \times m \times s^{-2}$. Z toho vyplývá, že zrychlení tělesa je přímo úměrné působící síle [50].

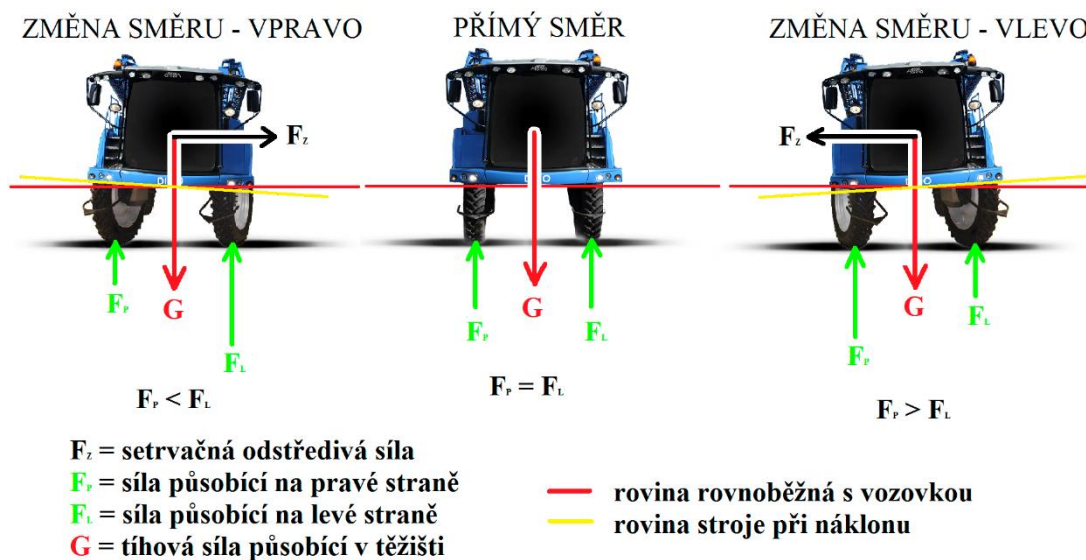
Důsledkem působení sil na karoserii potažmo rám je náklon. Náklon je reakce podvozku na působící sílu, přičemž platí, že měkké a komfortní odpružení dovoluje větší náklon rámu vůči povrchu než tvrdší podvozek s kratší dráhou odpružení. Podélný náklon vyvozuje setrvačná síla působící na vozidlo při brzdění nebo akceleraci (obrázek 19). Setrvačná síla z těchto příčin působí ve směru jízdy vozidla a vychází z těžiště stroje, jak je rovněž patrné z obrázku 19. Čím vyšší je těžiště vozidla, tím větší vzniká moment, který jednostranně ztěžuje odpružení vozidla. Při brzdění tento moment působí na přední nápravu, která je tímto důsledkem více zatížena. Naopak při zrychlení dochází k zatížení zadní nápravy větší měrou. Opět totiž na odpružení působí setrvačná síla, tentokrát směrem dozadu. Jelikož je těžiště stroje nad úrovní podvozku, vzniká tak ze setrvačné síly moment, který působí na rameni o délce rovnající se výšce těžiště nad rovinnou podvozkem.



Obrázek 19: Znárodnění působení podélných sil na postřikovač

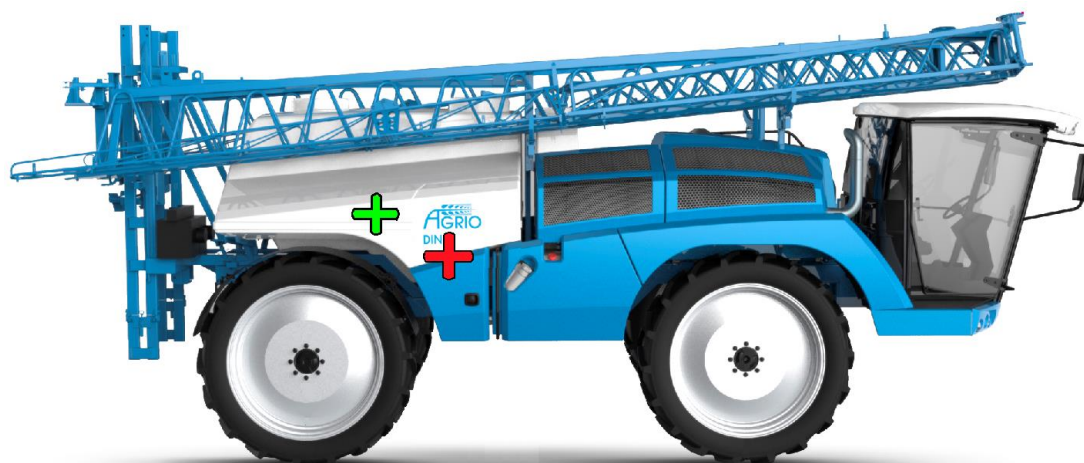
Příčný směr je v půdorysné rovině kolmý na směr jízdy a náklon v tomto směru je způsoben příčnými silami a momenty, které na soustavu působí. Jejich důsledky se projeví příčnou nestabilitou.

Příčná nestabilita je způsobena rozdílným zatížením jedné strany vůči druhé, jak je patrné z obrázku 20, kde je zachycen průjezd stroje zatáčkou a jízda v přímém směru. K příčnému naklání dochází vlivem působení setrvačných sil (F_z) na karoserii při průjezdu zatáčkou. Důsledkem působení setrvačné síly v příčném směru v rovině rovnoběžné s vozovkou, se při reakci podvozku (nakloněním) posouvá i těžiště stroje, které má významný vliv na příčnou stálost stroje. V případě nezávislého zavěšení kol je stabilizátor jedinou vazbou mezi oběma koly a lze s jeho pomocí regulovat rozdíl ve vertikálním pohybu kol jedné nápravy.



Obrázek 20: Znárodnění působení setrvačné odstředivé síly

Vliv na stabilitu má bezesporu poloha těžiště. Poloha těžiště ovlivňuje působíště zasahující setrvačné síly F_z . Těžiště DINA se nachází v různých výškách v závislosti na naplnění nádrží. Zjištěná poloha těžiště stroje s prázdnou a plnou nádrží byla zjišťována podnikem ve Vojenském technickém ústavu, s.p. odštěpném závodě VTÚPV. Měření probíhalo na zkušební naklápací stoličce pomocí metody výslednice rovnoběžných sil. Hodnoty byly zjištěny z interních protokolů podniku Agrio MZS s.r.o., které byly vyhotoveny a předány podniku na základě zkoušek provedených odštěpným závodem od Vojenského technického ústavu pozemního vojska v Brně a byly mi za účelem výpočtů poskytnuty vedoucím konstrukce Agrio MZS panem Jiřím Havlem. Potřebné hodnoty jsou reprodukcí získaných hodnot Vojenského technického ústavu. Zobrazení polohy těžiště u prázdného a naplněného postřikovače kapalinou je zobrazeno na obrázku 21. Důležitý faktor, který mohl ovlivnit zjišťování polohy těžiště je pevného ustavení pozice podvozku, čímž bylo eliminováno pérování. Bylo tak uskutečněno vyblokováním podvozku.



poloha těžiště naplněného postřikovače



poloha těžiště prázdného postřikovače

Obrázek 21: Znáornění polohy těžiště prázdného a naplněného postřikovače

Naměřené hodnoty Vojenským technickým ústavem:

Souřadnice polohy těžiště plného postřikovače:

Souřadnice těžiště v příčném směru: $Y_t = -0,013 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$

Souřadnice těžiště v podélném směru: $X_t = 3,26 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$

Souřadnice těžiště ve svislém směru: $Z_t = 2,18 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$

Souřadnice polohy těžiště prázdného postřikovače:

Souřadnice těžiště v příčném směru: $Y_t = -0,013 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$

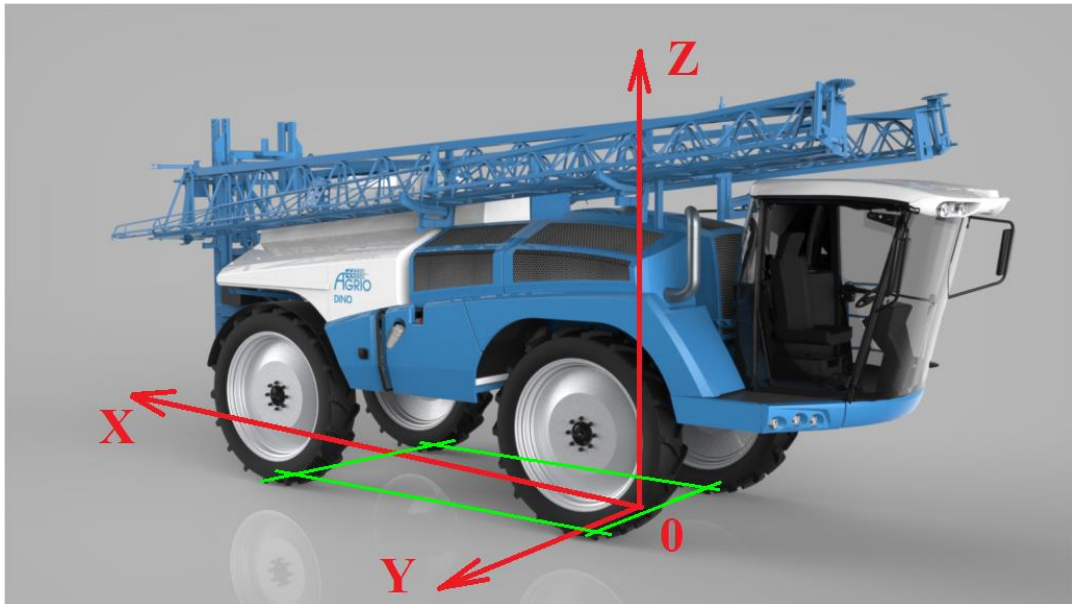
Souřadnice těžiště v podélném směru: $X_t = 3,26 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$

Souřadnice těžiště ve svislém směru: $Z_t = 2,18 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$

Na obrázku 22 je vyobrazen zvolený systém souřadnic, podle kterého se při zjišťování polohy těžiště počítalo. Počátek soustavy souřadnic se nachází na rovině podložky. V souřadnicovém systému se na ose Y nachází počátek přesně v polovině rozchodu kol. Zeleně zobrazený obdélník usnadňuje pochopení umístění soustavy souřadnic. Rohy obdélníku jsou umístěny v místě dotyku kultivačních kol podložky. Tato místa byla při zjišťování polohy těžiště ústavem podložena vahami, které zobrazovali aktuální rozložení tíhy G postřikovače mezi jednotlivá kola. Přírůstek zatěžující síly na kola na nakloněné rovině byl tímto způsoben zjišťován. $X_t \dots$ Půdorysná vzdálenost těžiště od osy 1. nápravy (dvounápravy).

Y_t ... Půdorysná vzdálenost těžiště od podélné osy vozidla (kladná je, když těžiště je vlevo od této osy).

Z_t ... Kolmá vzdálenost těžiště od kontrolní roviny (vozovky).



Obrázek 22: Znárodnění zvolené soustavy souřadnic včetně počátku

7.5.1 Další způsoby stabilizace podvozku

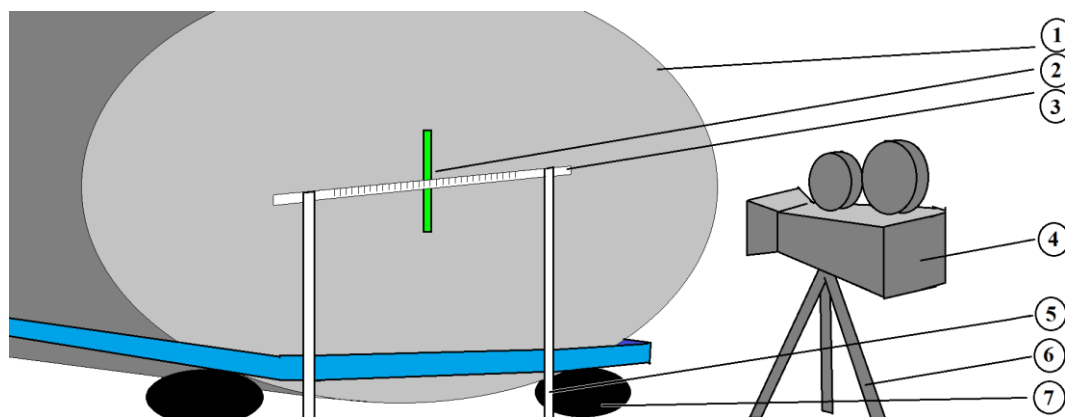
Další možné využití elektroniky při řízení podvozku vozidel je systém, který zvyšuje komfort cestování díky elektronicky řízeným stabilizátorům. Systém DRC (Dynamic Rolling Control) eliminuje náklony vozidel v zatáčkách, díky omezení příčného výkyvu karoserie. Tento systém je umístěn na zadní nápravě a má za úkol dosáhnout optimální hodnoty v otázce kompromisu mezi stabilitou karoserie a pohodlím cestujících. DRC systém byl poprvé použit ve vozidle Peugeot 3008 [51].

Systém ABC (Active Body Control) zabezpečuje elektronické ovládání podvozku vozidel Mercedes-Benz. Systém ABC má za úkol vyrovnávat naklání, kývání vozidla při akceleraci, brzdění i zatáčení. Navíc tento systém stabilizuje vozidlo i při bočním větru. Má naprogramované dva nastavitelné stavy, které jsou plně automatické a přizpůsobují tak nastavení podvozku aktuální jízdni situaci. ABC je výrazně zaměřený na jízdni dynamiku a komfort. Jedná se pouze o doplnění klasického pasivního podvozku vybaveného vinutými pružinami a tlumiči, ale tento systém se stará pouze o zajištění komfortu. Systém je složen z hydraulických válců a vysokotlakého čerpadla. Hydraulický válec má každé kolo. Tento systém je aktivní tzn., pracuje aktivně a generuje přídavnou sílu, která ovlivňuje účinek vinuté pružiny.

Řídící jednotka podvozku provádí výpočet a následnou regulaci každých 10 milisekund [52, 53].

8. NÁVRH ANALÝZY KÝVÁNÍ STROJE

Cílem této analýzy je zjistit, jak velký vliv mají jednotlivé části na kývání celého stroje. Zjišťování podílu dílčích částí na ovlivnění kývání stroje jako celku, bude spočívat v měření frekvencí výkyvů jednotlivých konstrukčních skupin. Měření frekvence se týká pouze těch částí, které se mohou na celkovém naklání podílet. Tyto segmenty jsou především nádrž na účinnou látku o objemu 6 000 litrů, odpružení podvozku postřikovače, pneumatiky a složená ramena. Při dílčím měření bude nutná eliminace nežádoucích vlivů, které by měření mohly ovlivnit a účinné oddělení těchto skupin navzájem. Podrobnější popis měření je zpracován v dalším textu. Jeho součástí je i výčet opatření k odstínění měření od dalších nežádoucích vlivů zkreslujících výsledky měření. Osamostatnění každé takto měřené části je důležité z hlediska přesnosti získaných výsledků a jistoty, že měříme právě jen vlastnosti pouze tohoto konkrétního konstrukčního celku. Kdyby nebyl měřený prvek absolutně izolován od vnějších vlivů, jeho hodnoty by nebyly vypovídající, tedy dál dobře použitelné. Z takto zkreslených informací by následný rozbor neměl požadovanou kvalitu a jen sporadický vliv na očekávaný efekt.



Obrázek 23: Schéma měření změny polohy značky v čase pomocí sekvence

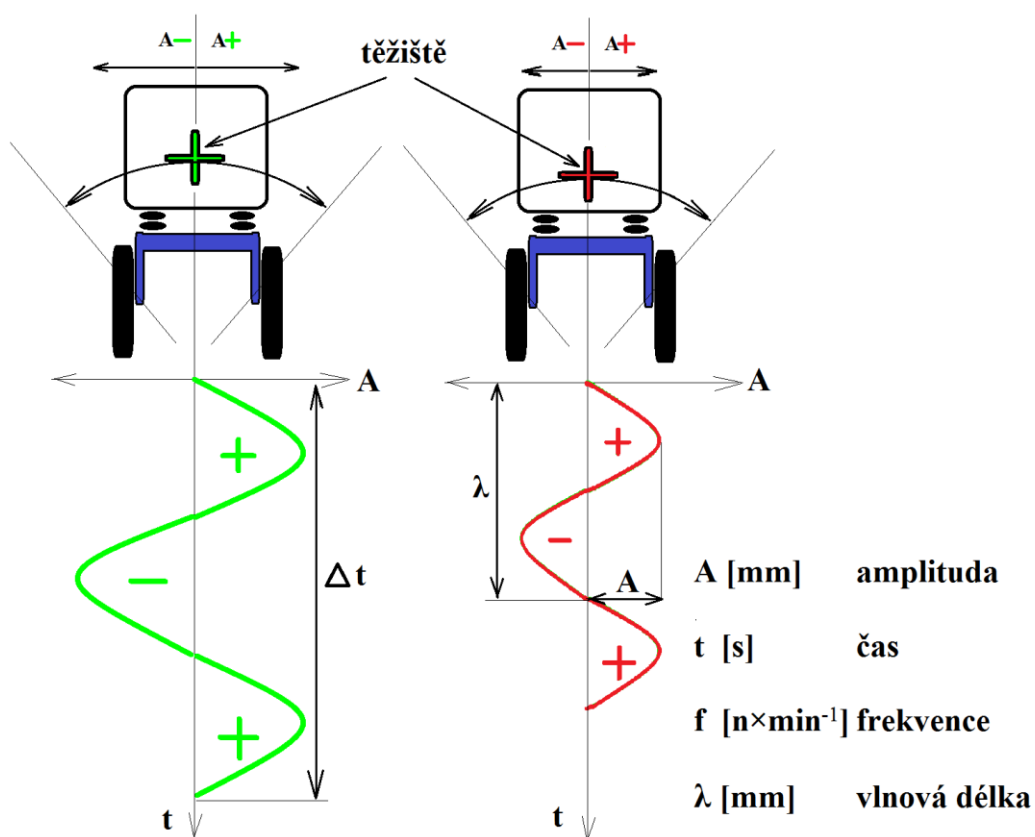
Schématické zobrazení průběhu měření je znázorněno na obrázku 23. Výčet použité techniky k navrhovanému měření:

1. Nádrž postřikovače připevněná na rámu včetně kompletního podvozku
2. Značka sloužící k zachycení změn polohy vysokorychlostní kamerou
3. Pravítko k odměření výchylky (amplitudy)
4. Sekvenční vysokorychlostní kamera
5. Statický rám (pro upnutí pravítka)

6. Stativ kamery

7. Odpružení rámu, na kterém je nástavba postřikovače (měchy)

Metoda měření je založená na nahrávání sekvenčních snímků, které v čase zachycují změnu polohy na ose, která je rovnoběžná s pravítkem. Na součást (např. nádrž) je umístěná značka (2), znázorňující přesnou polohu bodu (těžiště). Při sekvenčním nahrávání dochází k pořizování snímků v čase pomocí vysokorychlostní sekvenční kamery (4). Kamera je umístěná na stativu (6), pro dosažení přesnosti měření, vůči pevnému referenčnímu bodu. Před nádrží postřikovače je ve statické konstrukci (5) upnuté pravítko (3), přes které je odečítána hodnota polohy značky, která je rovna aktuální výchylce od nulové (rovnovážné) polohy těžiště. Nejvzdálenější dosažená poloha značky od její klidové polohy je amplituda kývavého pohybu. Z odečtených hodnot v průběhu času lze snadno získat tabulku závislosti polohy bodu postřikovače (například těžiště) v čase. Z utříděných dat již lze snadno vhodným aplikačním programem proložit naměřenými hodnotami křivku, znázorňující frekvenci výkyvů daného konstrukčního celku nebo stejným způsobem pak i celého postřikovače (obrázek 24).



Obrázek 24: Schéma měření amplitud prázdného a naplněného postřikovače

Hodnoty získané měřením frekvencí by bylo možné uplatnit při zkoumání frekvenčních křivek. Tyto hodnoty získáme pomocí následujících kroků:

- 1) Zjištění frekvence (amplitud) kývání stroje jako celku s plnou nádrží a prázdnou nádrží na postřikovou jíchu.
- 2) Zjištění frekvence odpružení postřikovače na nápravě s plnou a prázdnou nádrží. V tomto kroku je požadovaná eliminace pružení pneumatik. Z toho důvodu je nezbytné zamezit dotyku pneumatik s podložkou. Tím bychom docílili vyheverováním nápravy a jejím podložení tak, aby kola zůstala po podložení ve vzduchu. Tento postup by byl aplikován současně u obou náprav, čímž by se odstranil vliv pneumatik na získané hodnoty.
- 3) Zjištění amplitudy a frekvence rozbouřené hladiny postřiku v plné nádrží. Frekvence vlnobití do stěn nádrže a zjištění odezvy stěn nádrže na tyto podněty.
- 4) Zjištění amplitudy a frekvence poskoků (pružení) samotného kola. Zjištění frekvence bude provedeno za proměnného huštění všech čtyř pneumatik vzduchem, pro každé další měření.
- 5) Zjištění frekvence kývání složených ramen v transportní poloze. Kdy jsou ramena opřené o pružné dorazy a mohou tedy mít na frekvenci kývání stroje jako celku vliv.
- 6) Provedení rozboru frekvencí jednotlivých měření a vyšetření případných harmonických frekvencí, jejichž složením dochází k celkovému kývání postřikovače. Součet amplitud dílčích frekvencí se sčítá a může tak docházet k harmonickému netlumenému kmitání, nebo také i k nekontrolovanému kritickému netlumenému rozkmitání stroje při jízdě. Zmíněným postupem lze zjistit vliv jednotlivých stavebních prvků stroje, jenž se na kývání celku nejvíce podílejí a zda zmíněný prvek je zesilujícího charakteru, čímž by napomáhal k dalšímu rozkmitání stroje.
- 7) Analýza zjištěných frekvencí podle bodů 1–5 a stanovení těch, které se nejvíce podílejí na rozkývání postřikovače jako celku.
- 8) Navrhnout změny parametrů těchto konstrukčních skupin tak, aby nedocházelo k jejich harmonizaci. Řešením je především změna frekvence vznikajících kmitů a podle možností u jednotlivých skupin i snížení amplitudy těchto kmitů.

Z výše vypsanych osmi kroků bude možné podrobně analyzovat kmitání samojízdného postřikovacího stroje a omezit tak vlivy jednotlivých dílčích skupin na chování celého stroje při jízdě.

Hlavním důvodem plánovaného, avšak nerealizovaného měření a analýzy naměřených dat, byly provozní komplikace spojené s tímto měřením. Jediná potenciální příležitost, kdy lze naměřit potřebné údaje je při výrobě postřikovače. V ten okamžik jsou ještě tyto části stroje nesmontované. Po kompletaci stroje, již nepřipadá takové měření v úvahu. Výroba je tedy jediná příležitost, kdy je stroj ve stavu, kdy by bylo možné změřit požadované vlastnosti uvedených dílů.

Z předepsaných kroků je patrné, že postup montáže nekoresponduje s potřebnými kroky našeho měření (celky se sestavují v jiném pořadí).

Dalším důvodem je i fakt, že stroj už při výrobě zná svého majitele. Kupující si totiž nejprve stroj nakonfiguruje a teprve po jeho objednání se stroj začíná vyrábět. Každý DINO je vždy spojen se zakázkovou výrobou (tedy konkrétním zákazníkem). To je také důvod, proč experimentování na de facto již prodaném stroji není v praxi možné, a to z více hledisek. Například možnost znehodnocení velmi drahých dílů měřením (způsob práce s díly, na které nebyly navrženy), možné zpoždění garantované doby výroby, nesoulad fází kompletace při výrobě se stavem, ve kterém by bylo ideální stroj testovat apod.

Po uvedeném shrnutí je otázkou, zda takto komplikované měření a z něho vyplývající konstrukční úpravy přinesou požadovaný efekt. Tedy, zda realizace takového zkoumání bude pro podnik rentabilní. Ale to není zatím předmětem této práce a záleží na výrobním provozu, zda bude zvažovat realizování zde uvedené možnosti v praxi.

9. ZLEPŠENÍ STABILIZACE

Podstatným rozdílem mezi zemědělskými stroji a čistě dopravními vozidly je charakter povrchu, po kterém se pohybují. Pro zemědělství jsou MEP zkonstruovány pro pohyb po zemědělské půdě – tj. zejména louky a pole. Zemědělské stroje mají tudíž na rozdíl od přepravních vozidel v autodopravě jiné požadavky na konstrukci.

Zde pak dochází ke konfliktu specifických požadavků na konstrukci samojízdného postřikovače s konstrukčními řešeními běžných vozidel. Po postřikovacím stroji je požadována dostatečná průjezdnost (mnohdy dost náročným) terénem v konfrontaci s transportní rychlostí $50 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$ po veřejných komunikacích při přejezdech mezi místy postřiku. Tento konflikt z hlediska vysoké variability pojezdové rychlosti lze řešit hydrostatickým pohonem. Ovšem princip fungování podvozku v těchto dvou případech je výrazně rozdílný u těchto dvou případů. V těžkém zvlněném terénu má lepší vlastnosti nezávislé zavěšení kol, jelikož lze naplno využít odpružení každého kola jednotlivě a tím dosáhnout neustálého styku všech kol se zvlněným terénem, po které se stroj pohybuje (tj. pole). Neustálým stykem je zajištěn rovněž přenos hnacích i brzdných sil z kol na pojezdový povrch. Samojízdný postřikovač je využíván zpravidla na zasetém povrchu nikoliv ve zoraném poli, takže k průjezdu obtížným terénem by za standardních podmínek mělo docházet jen zřídka. Agrotechnické termíny jsou však v rostlinné výrobě neúprosné a může se stát, že postřikovač do ztížených podmínek musí nutně vjet a ošetřit pole, resp. porost aplikací účinné látky.

Při přejezdech mezi ošetřovanými plochami by však bylo zapotřebí poněkud jiných parametrů podvozku. Zejména tužšího nastavení odpružení i tlumení, které by mělo za následek snížení příčného naklánění stroje. Takovými úpravami by se zlepšila stabilita při průjezdu zatáčkou. K uvedené stabilitě má blíže svou konstrukcí, a tedy i charakterem chování, spíše závislá náprava. Ta se vyznačuje vyšší stabilitou, díky své tuhosti i vyšší nosností. Také je konstrukčně jednodušší a lze u ní předpokládat i nižší poruchovost. Tvrdšího podvozku by bylo možné dosáhnout více způsoby, které jsou zmíněny v následujících podkapitolách.

Pozitivní je, že stávající nejvýznamnější součást samojízdného postřikovacího stroje DINO pracuje funkčně správně a spolehlivě. Důvodem správné postřikovací funkce je nezávislost pohybu postřikových ramen na pohybu nástavby ukotvené

na rámu. Tudiž kvalitní postřikovací funkce, pro který je primárně stroj zkonstruován, je splněna. Náklon stroje při průjezdu zatáčkou při přejezdech je tedy otázkou bezpečnosti, komfortu, případně životnosti některých dílů.

Zlepšení stabilizace podvozku se týká především jízdy po komunikaci. Při průjezdu zatáčkou totiž dochází k náklonu samojízdného stroje, jak bylo podrobně popsáno p. Havlem – šéfkonstruktérem Agria MZS s.r.o. Naklání stroje je nejvýznamnějším projevem nestability vozidla. Návrh zlepšení jízdní stability stroje by měl v ideálním případě vyhovovat primárně těmto dvěma podmínkám:

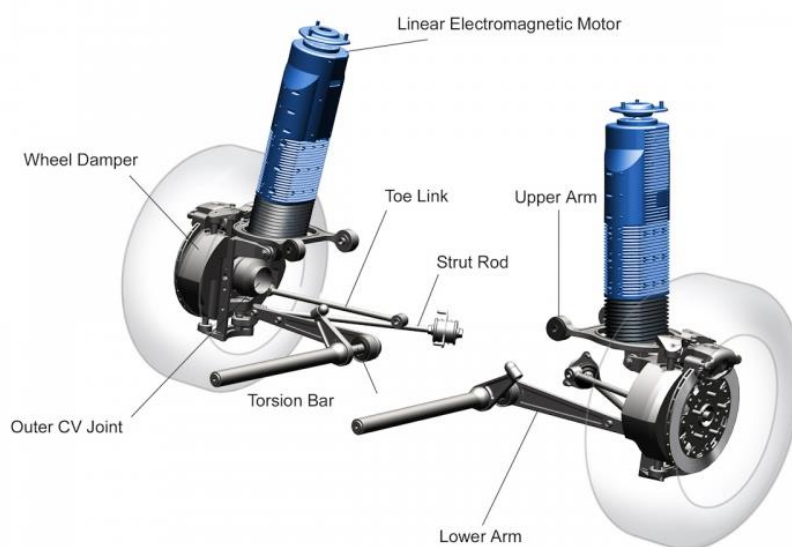
- 1) Omezení náklonu rámu a karoserie při průjezdu zatáčkou ve vyšších rychlostech – tj. požadavek tuhého podvozku.
- 2) Zachování funkčního pérování s možností dostatečného relativního vertikálního pohybu jednotlivých kol nezávisle na sobě.

9.1 AKTIVNÍ ODPRUŽENÍ BOSE (LEM)

Bose suspension system je podvozkový systém navrhnutý firmou Bose. Využívá při své činnosti lineárních elektromotorů (LEM), pracujících na principu elektromagnetismu, k aktivnímu odpružení i tlumení vibrací karoserie. Tento systém zkracuje reakční rychlost procesu tlumení a odpružení (hydraulika, vzduch a další), která se dříve pohybovala v rozmezí 5–10 milisekund. Ovládání elektromotorů je pouze elektronické a jejich přenastavení, včetně kompletní změny charakteristiky, proběhne během 1 milisekundy. Rychlost elektronického ovládání je z hlediska pohotovosti reakce s ostatními principy ovládání nesrovnatelná. Princip činnosti práce lineárních elektromotorů je založen na rekuperaci elektrické energie, která je nashromážděna v trakčních akumulátorech. Nashromážděná energie se při práci Bose odpružení zprostředkovává a musí tedy být do akumulátorů průběžně a v dostatečné míře a předstihu dodávána. Kdyby tomu tak nebylo a v trakčních akumulátorech nevznikl dostatek energie včas, automatika systému by následkem toho nebyla schopna na danou situaci reagovat a překonat efektivně přejížděnou nerovnost. Elektronický management tohoto systému umí zpracovávat a následně ovlivnit stabilitu vozu během již popsané doby. Při takto rychlém vyhodnocení i zásahu pak podvozek stihá reagovat přes lineární elektromotory na překážky a nerovnosti v reálném čase. S pomocí popisovaného systému je schopno zavěšení kol udržet karoserii téměř v konstantní poloze – rovnoběžné s přejížděným terénem. Uvedené

zařízení udrží tuto polohu včetně náklonů při akceleraci, při brzdění, přejíždění nerovností i průjezdu zatáčkou [33, 54].

Představení zmíněného systému společnosti BOSE, zabývajícího se převážně audio systémy, proběhlo již v roce 2004. Společnost nabízela i alternativu dodatečné montáže již na vyrobené vozy (Lexus), ovšem jeho nevýhody převažovaly. Mimo vyrobení několika prototypů zůstaly návrhy víceméně jen na papíře. Proto k realizaci této alternativy, ke konvenčním způsobům odpružení vozidel pro sériová auta, nedošlo. Mezi zmíněné nevýhody řadíme hlavně vysokou hmotnost i pořizovací cenu. Výhodnou vlastností je extrémní rychlost reakce, která je o řád rychlejší než ostatní používané systémy. Dalším pozitivem je kompaktnost (viz. obrázek 25), která vyplývá z možnosti dodatečného zabudování do konkrétních sériových vozidel [55].



Obrázek 25: Kompaktnost LEM umístěných na podvozků vozidla, zdroj: [56]

Lineární elektromagnetický motor je složen z magnetů a cívky a využívá pro svou činnost snímací senzory. Ty vysílají signál dál do zesilovačů umístěných samostatně v každém lineárním elektromagnetickém motoru. Systém má při své činnosti relativně vysokou spotřebu energie a je navržen tak, aby byl mimořádně hospodárný. Při pasivním pohybu (bez zásahu LEM) dochází k rekuperaci pro částečné dobití spotřebované energie, která byla zapotřebí při předchozím aktivním zásahu motoru. Vysokou rychlost pohybu uvnitř LEM zajišťují vlastnosti jeho

elektromagnetů. Ta je tak vysoká z důvodu nezatížení pohybujících se částí setrvačností, na rozdíl od klasických kapalinových tlumičů [55, 57].

Ke zhodnocení implantování systému odpružení BOSE a vytvoření aktivního odpružení pro samojízdný postřikovač DINO zbývá ještě mnoho otázek, ale vlastnosti systému a předpokládané fungování bude ještě dále souhrnně uvedeno.

Teoreticky by mohlo být dosaženo zlepšení stabilizace podvozku DINA a s tím spojeného zmírnění náklonu a kývání. Ovšem proti zmíněným výhodám stojí v opozici velké množství nevýhod.

V první řadě lze zmínit konstrukční rozměry. Navržený prototyp byl implantován do osobního automobilu (limuzíny), kde se pohybuje jeho hmotnost kolem 2 000 kg. Tuto hranici samojízdný zemědělský stroj několikanásobně překračuje (maximální hmotnost postřikovače DINO cca 18 000 kg). Z tohoto parametru vyvstává otázka, zda by systém dokázal fungovat i při takovém zatížení. Zda by bylo možné regulovat podvozek dle zatížení, ve vztahu k naplnění nádrží a významné váhové variability stroje. S touto vlastností souvisí i potřeba akumulovat několikanásobně více energie a zároveň jí uchovat. Na to je navázána i hmotnost potřebných elektromagnetů a článků.

V použití pro samojízdný postřikovač je velký nárůst hmotnosti krajně nevhodný. Navýšení hmotnosti by mohlo přesáhnout mez, která by byla pro postřikovač únosná. Hmotnost by se mohla vyšplhat až na nosnost kultivačních pneumatik, čímž by nebylo možné jejich použití. Přitom jsou pro postřikovač velmi významné.

Dalším vysoce hodnoceným parametrem u postřikovačů a zemědělských strojů obecně je spolehlivost. Ta úzce souvisí s technickou vyspělostí (zejména složitostí) použitých systémů. Ty se v celkovém součtu na spolehlivosti významně podílejí. Systém BOSE není z tohoto hlediska příliš vyhovující skrze svou složitost a potřebu vlastního ovládacího elektronického managementu (čidla, řídicí jednotky, elektroinstalace, lineární elektromagnetické motory a další komponenty).

Do souhrnu parametrů rozhodujících o vhodnosti použití systému (resp. inovace) na podvozku patří rozhodně i cena. Jedním z důvodů nezakomponování tohoto systému do sériově vyráběných aut byla po roce 2004 právě jeho vysoká cena.

Do dnešní doby se vývoj elektromagnetických systémů včetně způsobů uchování elektrické energie významně posunul vpřed, avšak pro tak těžký stroj je zajištění kapacity zdroje i v současnosti nedostačující.

9.2 VÍCEREŽIMOVÝ STABILIZÁTOR

Z použití postřikovacího stroje v rozmanitých podmínkách plyne, že konstrukční návrh na zlepšení stabilizace by těmto podmínkám měl být schopen čelit. Hledání kompromisu mezi odlišnými požadavky vede k univerzálnímu řešení, které však není ideální. Zlepšení stabilizace stroje spočívá ve výhodném skombinování, jenž by kvalitně fungovalo v celém spektru rozmanitých provozních stavů.

Řešení pro zlepšení stabilizace postřikovacího stroje spočívá v proměnlivém nastavení podvozku. Zajímavým řešením je stabilizátor s proměnlivou tuhostí. Volitelnou mírou zásahu by teoreticky bylo docíleno efektivního fungování při aplikaci na poli i při transportu. Nastavitelnost stabilizátoru by znamenala možnost výběru mezi více jízdními režimy postřikovače. Režimem POLE a TRANSPORT. Potřebná proměnlivost vlivu takového stabilizátoru vychází z provozních podmínek.

Takový konstrukční návrh by se skládal z torzní tyče, mající úkol pozitivně ovlivňovat příčný náklon při průjezdu stroje zatáčkou. Tyč by ovšem na poli omezovala nezávislost pohybů kol v kopírování terénu. Při vhodném spojení torzní tyče (snížení náklonu) spolu s nezávislostí vertikálního pohybu kol nacházíme výhodné řešení. Výsledkem je volitelnost mezi pracovními režimy, která skloubí výhodné vlastnosti obou režimů.

Pracovní režim používaný na poli je charakterizován vyšší nezávislostí zavěšení. Se snížením vzájemné ovlivnitelnosti pohybu kol nápravy se zvyšuje průchodnost terénem, vyplývající z většího rozsahu vertikálního pohybu kola vzhledem k rámu stroje. K tomu dochází bez omezování pohybu vazbou protilehlé strany. Kolo snadněji kopíruje terén a umožňuje tak přenos točivého momentu na přejížděný povrch.

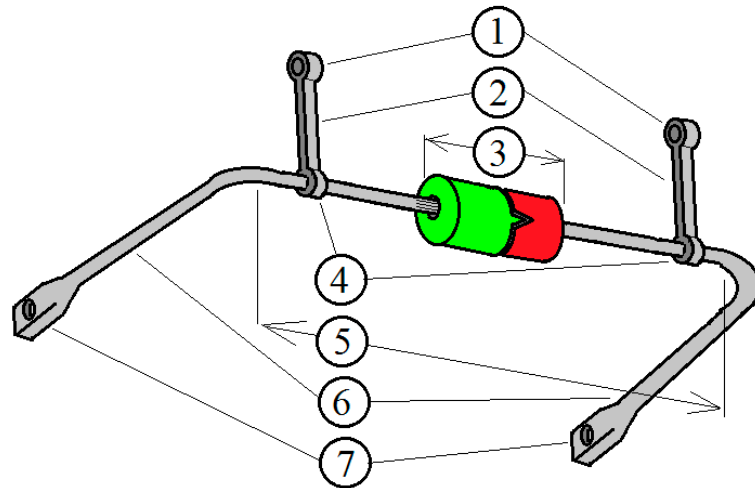
Při režimu určenému pro transport samochodu po vlastní ose, tzn. po silnici, je nastavení odlišné od předchozího. Způsob činnosti při tomto režimu je následující: Nejprve se propojí obě poloviny zkrutné tyče, tento mechanismus je popsán níže a může být založen na několika principech. Spojením dojde k zásahu do chování

podvozku. Zásahem je myšleno vytvoření vazby mezi levým a pravým kolem, které je způsobeno přenosem působícího momentu a má za následek snížení nežádoucích příčných náklonů šasi. Díky tomuto efektivnímu spojení dvou protichůdných charakteristik nemusí být stabilizátor pouhé kompromisní řešení, ale může vyhovět i uvedeným protichůdným potřebám. Výhodou individualizace režimů je plnohodnotné použití stroje jak v terénu, tak i na silnici.

Koncept torzní tyče může mít vyšší tuhost, jelikož pro pohyb po silnici je žádoucí tvrdé nastavení podvozku. Skloubením výrazné tuhosti a transportní rychlosti (dosahuje u DINA hodnoty $50 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$) je omezeno použití takového nastavení výhradně na zpevněné cesty a veřejné komunikace. Při použití na členitém terénu by se od podvozku přenášelo více reakcí na rám, a mohlo by tak docházet k nežádoucímu namáhání rámu nebo přenosu reakcí až na obsluhu.

Všechny druhy stabilizátorů jsou při své činnosti deformovány. Deformace stabilizátoru je ovšem, podobně jako u mechanických ocelových pružin, pouze pružná. Torzní tyč (stabilizátor) je namáhána krutem. Při tomto druhu namáhání dochází, při správném návrhu k elastické deformaci materiálu. Materiál mění přijatou mechanickou energii nejčastěji na teplo. Při namáhání profilu krutem, platí že působící moment síly M je roven násobku síly F [N] a ramena r [m], na kterém působí.

Nastavitelnost stabilizátoru může být založena na více principech, ovšem základní části jsou pro všechny varianty nastavitelnosti identické. Liší se pouze spínacím (aretačním) mechanismem. Části tohoto způsobu stabilizace, který má za úkol doplnit odpružení o volitelnou míru závislosti stran, jsou zobrazeny na obrázku 26. Jsou to mechanická zkrutná tyč, aktivační mechanismus, ramena po obou jejích stranách a podpěry. Přes zmíněná ramena je namáhána zkrutná část stabilizátoru od přenášených rázů kol.



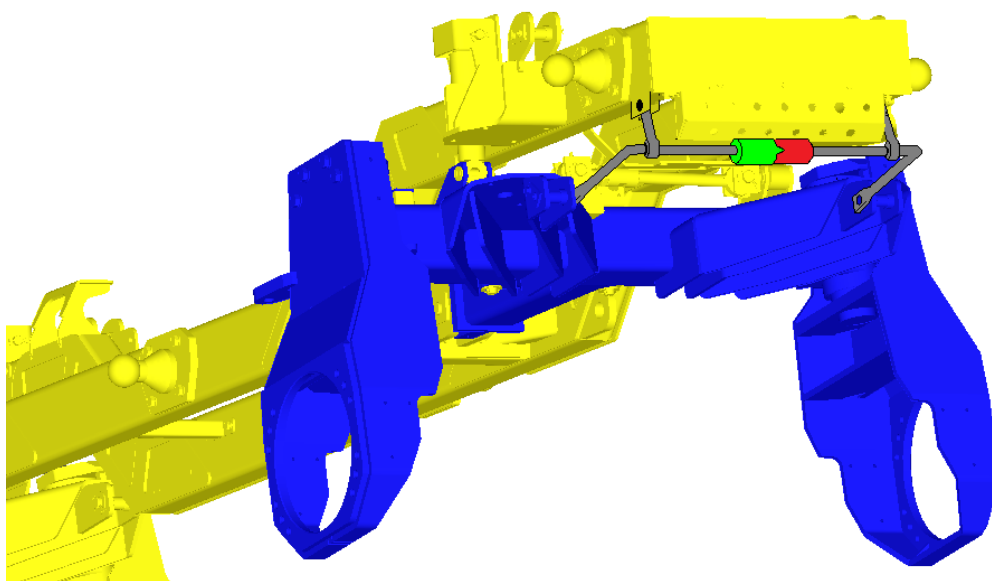
- ① čepy podpěr stabilizátoru
- ② podpěry stabilizátoru
- ③ mechanismus aktivace stabilizátoru
- ④ uložení zkrutné části stabilizátoru v silentblocích podpěr
- ⑤ délka zkrutné části stabilizátoru
- ⑥ ramena stabilizátoru
- ⑦ uložení stabilizátoru v nápravě postřikovače

Obrázek 26: Schématické znázornění částí vícerežimového stabilizátoru

Zkrutná část je ovšem rozdělená na dvě části. Mechanismus zajišťující propojení obou částí je navrhnut uprostřed. Na schématu 26 je znázorněn jako válec rozdělený na dvě poloviny (zelenou a červenou). Ty při vzájemném přiblížení propojí dvě části zkrutné tyče a stabilizátor v tomto okamžiku začíná omezovat náklon stroje, jelikož přenáší vznikající momenty síly M mezi oběma polovinami.

Závislost pružení levé a pravé strany stroje spočívá v principu aretace polohy mezi dvěma polovinami stabilizátoru, které jsou v opačném případě nezávislé. Nastavení vlivu stabilizátoru může být měnitelné podle způsobu spínání propojovacího prvku obou polovin stabilizátoru buď skokově nebo plynule. Míra vzájemného působení stran lze u plynule nastavitelné závislosti měnit. U skokové změny logicky nikoliv, jelikož jsou možné pouze dva stavy. Propojením polovin zkrutné tyče se uvede stabilizátor do činnosti. Naopak rozpojením aretačního mechanismu zůstává stabilizátor nečinný.

Umístění stabilizačního komponentu i způsob připojení přes čepy je rovněž totožné pro všechny níže zmíněné varianty nastavovacích mechanismů (kapitoly 9.2.1–9.2.5). Uložení v čepích přes pryžové silentbloky je důležité z hlediska zajištění rotačního pohybu ve všech vazbách stabilizátoru i podpěr. Kromě rotace pryžové silentbloky ještě umožňují další pohyb, který je způsoben vlivem deformace zkrutné části. Znázornění navrhovaného umístění zkrutného stabilizátoru na podvozku postřikovače DINO je vidět na obrázku 27.

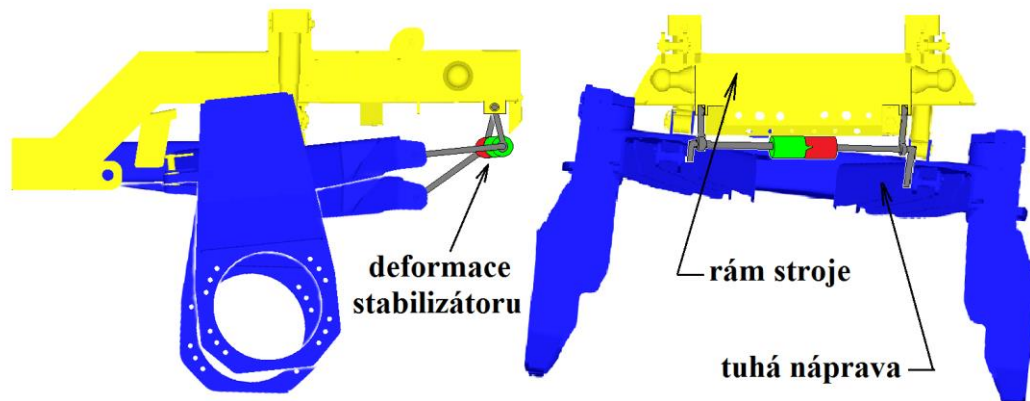


Obrázek 27: Znázornění umístění proměnlivého stabilizátoru na zadní nápravě postřikovače

Stabilizátor s volitelnými režimy zásahů je ve všech navrhovaných variantách umístěn za nápravou. Umístění je stejné pro přední i zadní nápravu stroje, jelikož jsou nápravy totožné. Díky tomu je možno použít i totožný stabilizátor pro přední i zadní nápravu. Z důvodu nadbytečné duplicity je znázorněno umístění stabilizátoru na podvozku postřikovače pouze pro zadní nápravu, viz. obrázek 27.

Torzni část stabilizátoru není uchycena přímo do rámu stroje. Důvodem je proměnlivá osová vzdálenost, která se mění při vzájemném relativním pohybu šasi a nápravy. Zmíněný kinematický pohyb je příčinou nutnosti montáže podpěr, které kompenzují rozdíl v osové vzdálenosti v závislosti na poloze nápravy vůči rámu. Při vzájemném pohybu nesmí mezi ramenem stabilizátoru a podpěrou dojít k narovnání, tím by se omezoval rozsah pohybu kola. Hraniční osovou vzdáleností je

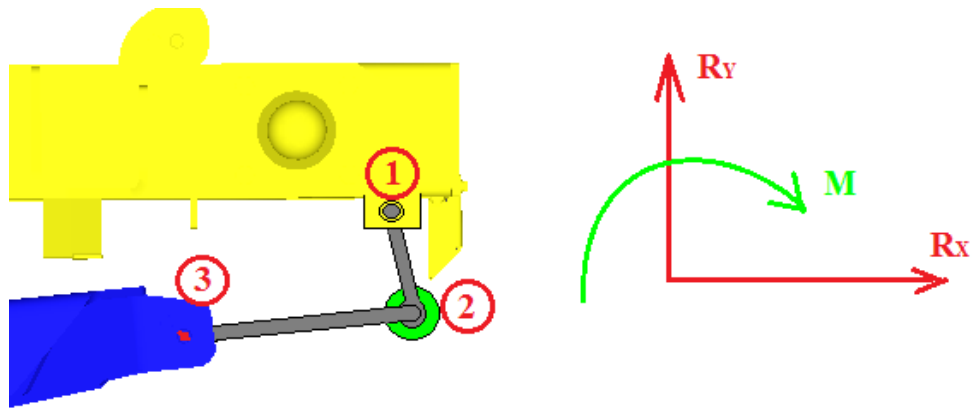
poloha, kdy dosáhne kolo při přeježdění konkávní nerovnosti dorazu maximálního pohybu. Splněním podmínky je umožněn maximální dovolený pohyb nápravy, aniž by docházelo k ovlivnění rozsahu pohybu kola spoluprací stabilizátoru a podpěr. Dochází tak k pokrytí celého rozsahu veškerých vzájemných pohybů. Změna osově vzdálenosti je evidentní z obrázku 28 vlevo – pohled z boku.



Obrázek 28: Náklon zadní nápravy na protilehlých dorazech – maximální provozní krut stabilizátoru (vlevo – pohled z boku, vpravo – pohled zezadu)

Potřebná osová vzdálenost vyplývá z pohybu kola nápravy vůči karoserii v celém svém rozsahu. Tento vzájemný pohyb je důležitý pro fungování podvozku. Při dostatečně dlouhých ramenech stabilizátoru by bylo možné podpěry eliminovat, jelikož by změna osově vzdálenosti mezi upínacími body nebyla tak výrazná a dlouhá ramena by celý rozsah pohybu pokryla. Ovšem délka ramen je parametr, který ovlivňuje velikost momentu síly, který působí na stabilizátor. Při značné délce ramen stabilizační tyče by byl působící moment síly příliš velký a návrhový průměr stabilizátoru by se stal při takovém použití neefektivně rozměrným. Návrhový rozměr stabilizátoru se konstruuje v závislosti na požadovaných vlastnostech – z pevnostní podmínky [57].

Podpěry jsou k rámu stroje připevněny na otočném čepu. Jedná se tedy o rotační vazbu, která umožňuje rotaci kolem osy Z a zachycuje reakce v osách X i Y a zabraňuje tak pohybu v těchto směrech, jak je znázorněno na obrázku 29.



Obrázek 29: Znáznornění reakcí v rotačních vazbách

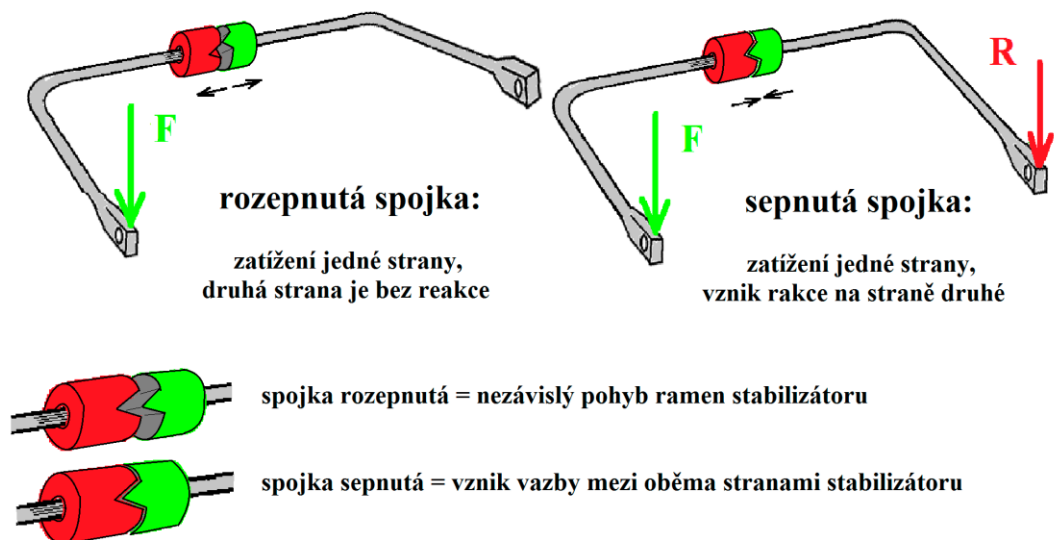
Minimální pohyb torzní tyče však reálně umožněn je díky elastickému uložení v pryžovém uložení. Osy všech rotačních vazeb mechanismu jsou rovněž znázorněny na obrázku 29 a to čísla 1–3.

Vazba číslo jedna je uložení podpěry stabilizátoru v rámu. Pomocí podpěr je dosaženo potřebné osové vzdálenosti místa pro uchycení zkrutné tyče na nápravě a uchycení podpěry stabilizátoru na rámu stroje.

Vazba číslo dvě je rotační vazba mezi podpěrou (resp. oběma podpěrami) a torzní částí stabilizátoru. Tato valence dovoluje vzájemný pohyb mezi oběma součástmi. Dovolovaný pohyb je otáčivý a probíhá kolem osy z, která je totožná s osou stabilizační tyče. Platí pro mnou zvolenou soustavu souřadnic, jak je zobrazeno na obrázku 29.

Třetí valence pro uložení stabilizátoru na podvozku samojízdného postřikovače DINO (na obrázku 29 zobrazena pod číslem 3) je zafixování polohy s umožněním rotačního pohybu mezi ramenem stabilizátoru a nápravou. Pohyb je opět potřebný ke kompenzaci vzdálenosti mezi nápravou a rámem, která se při pohybu stroje neustále mění, jak je uvedeno výše.

Princip činnosti včetně důsledků volitelnosti režimů je vidět na obrázku 30. Na schématu je znázorněno spínání a rozepínání propojovacího mechanismu. Na západce mechanismu je evidentní, že se jedná o skokově spínaný mechanismus. Rozložení i tvar je i u plynule spínaného mechanismu obdobný.



Obrázek 30: Obecné schéma propojení polovin zkrutného stabilizátoru – přenos momentu

Při polním režimu je spojka, propojující obě poloviny stabilizátoru, rozeprnutá. To znamená, že obě strany jsou nezávislé, tudíž se vzájemně neovlivňují. Na jednu stranu působí síla F , avšak nevyvozuje žádnou reakci na straně druhé.

Při činnosti vícerežimového stabilizátoru, který je využíván výhradně při jízdě po silnici je propojovací článek seprnutý. Následkem je propojení stabilizátoru, které má za úkol přenášet mezi oběma stranami kroutící moment. Torzní tyč je tak na jedné straně zatížena silou F , která na druhé straně vyvolá reakci R , viz obrázek 30. Výhody stabilizační tyče již byly vyjmenovány v kapitole 7.5. Funkci, kvůli které je náprava stabilizátorem osazena je zmírnit příčný náklon DINA a přispět tak ke zvýšení jízdní stability především při zatáčení na komunikaci při relativně vysoké transportní rychlosti.

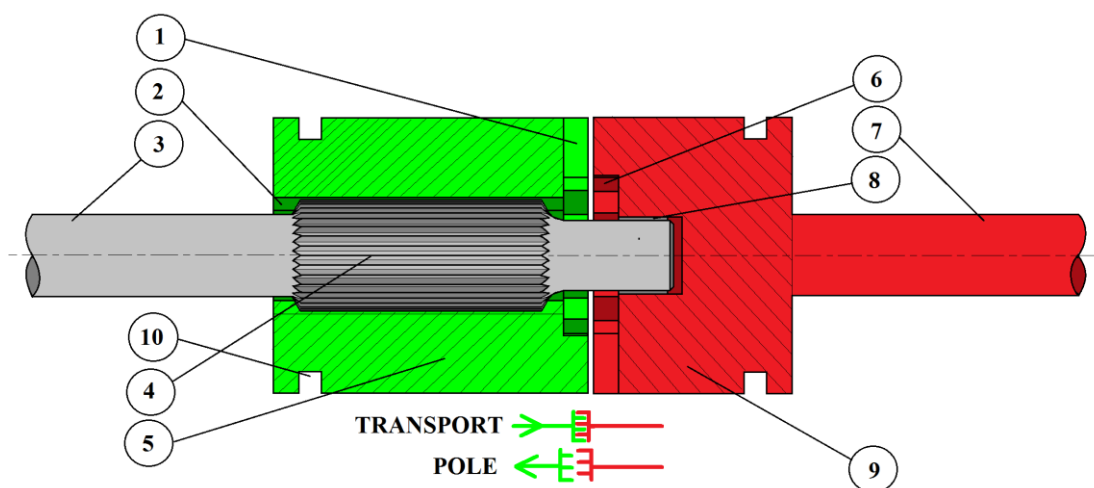
Způsoby volení režimů stabilizátoru jsou popsány v kapitolách 9.2.1–9.2.5, kde je rovněž popsán princip přenosu momentu a vysvětlení spínání mechanismu. Právě na základě spínání jsou do následujících kapitol mechanismy rozděleny.

9.2.1 Varianta 1 – aktivace zubovou spojkou

První navrhovanou variantou pro aktivaci zkrutného stabilizátoru je propojení jeho částí pomocí mechanismu, využívajícího pro přenos momentu mechanický způsob – zubovou spojkou. K propojení přenášeného momentu dochází přes zuby, které

do sebe zapadnou. Tyto zuby se nachází na čele dvou propojovaných částí. Od okamžiku spojení začíná stabilizátor pozitivně ovlivňovat jízdní stabilitu stroje.

Schéma návrhu zubové spojky včetně spínání je znázorněno na obrázku 31. Pohyblivý i pevný segment jsou osazeny shodně lichým počtem pěti zubů. Zvolený počet se odvíjí od možného úhlu natočení obou segmentů proti sobě, aniž by došlo k přestavení do jiné než vodorovné polohy. Počet 5 zubů totiž odpovídá maximálnímu pootočení objímek pro přeskočení do sousedního otvoru o 72° na obě strany – tj. 144° celkově. Takový vzájemný pohyb kvůli mechanickým dorazům nemůže nastat. Tudiž je konstrukčně zaručeno, že nedojde k samovolnému přenastavení propojovací polohy stabilizátoru. Pohyblivé segmenty jsou pootočený o úhel 180° , což při potřebné toleranci zaručí vzájemné zapadnutí obou částí bez samovolného přenastavení polohy. Je tak umožněno přenášet moment za pomoci zkrutné tyče. K přenosu momentu dochází přes boky zubů.

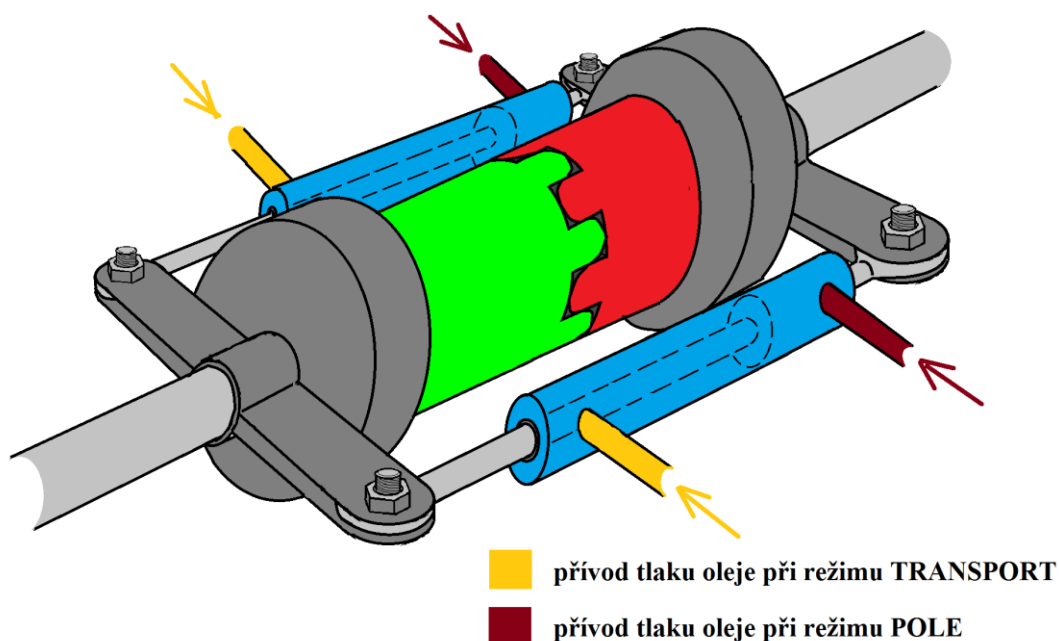


Obrázek 31: Schéma řezu mechanismu přenosu momentu zubovou spojkou

Schéma řezu znázorňuje princip, jakým dochází k propojení mezi jednotlivými stranami stabilizátoru. Na obrázku číslo 31 jsou popsány čísla 3 a 7. Na levé části dvouřezimového stabilizátoru (3) je vyfrézováno evolventní drážkování (4), které je důležité pro umožnění axiálního posuvu pohyblivého segmentu (5). V tomtéž segmentu se nachází evolventní drážkování pro díru (2). Evolventní drážkování je výhodnější na rozdíl od rovnobokého drážkování, jelikož dochází ke střídavému dynamickému zatížení. Střídavé zatížení namáhá tyč stabilizátoru střídavě nepravidelně v obou směrech [57]. Tak je zajištěna kompatibilita posuvné vazby mezi zmíněnými dvěma částmi. Axiálním pohybem dochází k přestavení

stabilizátoru mezi dvěma režimy (TRANSPORT/ POLE). V transportním režimu je zubová spojka sepnuta a stabilizátor je v provozu. Ozubené části (1, 6) obou segmentů jsou do sebe zasunuty. Naopak v polním režimu je spojka rozpojena a obě poloviny zkrutné tyče se pohybují nezávisle, není mezi nimi vazba, která by moment přenášela. Mezi nepohyblivým segmentem (9) a druhou (červenou) polovinou stabilizátoru není žádné spojení, jelikož se jedná o monolit. Díky součástce z jednoho kusu materiálu lze přes nastavovací objímky přenášet axiální sílu. V segmentu 9 je uloženo zakončení druhé poloviny stabilizátoru v kluzném ložisku (8), které má vyšší statickou únosnost než valivá ložiska a je tedy pro použití vhodnější.

Výše popsanou variantou zlepšující stabilizaci postřikovacího stroje je dosaženo mechanickým principem, s použitím hydraulických dvojčinných pístů. Ty ovládají mechanismus dle pokynů obsluhy z kabiny DINA. Ovládací mechanismus je složen ze dvou hydraulických dvojčinných pístů a objímek, přes které písty posouvají pohyblivým segmentem po evolventním drážkování v axiálním směru. Objímka je spojena s přesouvavými segmenty pomocí drážky (10), která díky vůli dovoluje vzájemné otáčení. To je zapotřebí při polním režimu. Schématické znázornění mechanismu je na obrázku 32, včetně znázornění přívodu tlakového oleje ke dvojčinným pístům.

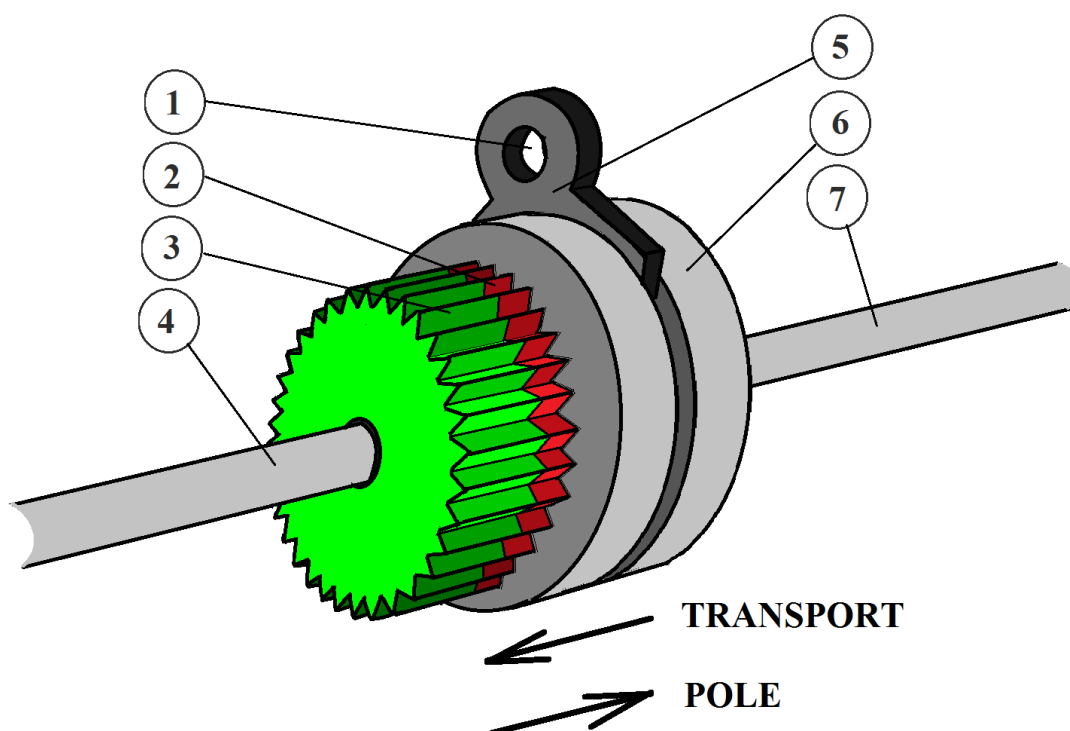


Obrázek 32: Schéma ovládacího mechanismu přenosu momentu zubovou spojkou

Po přivedení tlakového oleje do žluté větve (viz. obrázek 32), dochází k zasunutí pístnic dvojčinných pístů. Při spojení s objímkou tak dojde k axiálnímu posunu pohyblivého segmentu po drážkování a zuby obou segmentů zapadávají do sebe. Režim TRANSPORT je následně připraven k použití. Během přivedení tlaku do fialové větve se pístnice začne vysouvat a konat tak opačný pohyb než v předchozím případě. Záběr zubů segmentů (zeleného a červeného) se rozpojí a stabilizátor přestává přenášet momenty mezi polovinami zkrutné tyče. Takové činnosti je docíleno v režimu POLE.

9.2.2 Varianta 2 – objímka s vnitřním ozubením

Dalším navrhovaným způsobem zlepšení příčné stabilizace stroje během jízdy je mechanismus, který opět propojuje obě poloviny torzní tyče (7 a 4). V tomto případě pomocí objímky přesunutí přes jedno nebo obě ozubená kola (červené a zelené), viz obrázek 33. Jestliže se objímka nachází pouze na jednom ozubeném kole (2), je stabilizátor nezávislý. Přesunutí objímky s vnitřním ozubením i přes druhé ozubené kolo (3), dojde k propojení obou polovin stabilizátoru. Poté mechanismus umožňuje přenos momentů působících na stabilizátor.



Obrázek 33: Schéma mechanismu aktivace stabilizátoru objímkou s vnitřním ozubením

Obě ozubená kola (2, 3) jsou zajištěna proti otočení na hřídeli pomocí těsné drážky pro pero. Přesunutí objímky (6) je provedeno pomocí vidličky (5). Vidlička se pohybuje opět podle pokynů obsluhy z kabiny samojízdného postřikovače. Objímka se přesune do požadované polohy dle zvoleného jízdního režimu. Pro nastavení používané na silnici při přejezdech (TRANSPORT), je objímka přesunuta nad obě ozubená kola (červené i zelené) s čelním ozubením. Naopak při setrvání objímky pouze na červeném ozubeném kole se jedná o režim využívaný na poli. V režimu POLE se nachází celý mechanismus vícerežimového stabilizátoru na obrázku 33. Pro hladké přesunutí objímky přes obě kola, využívá náběhu, kterým jsou zuby kol opatřeny.

Mechanismus přesunutí objímky může být založen na různých principech. Možné varianty přesunu objímky jsou:

- 1) mechanické přesunutí pomocí táhla nebo lanka,
- 2) přesun pomocí tlaku hydraulického oleje,
- 3) využití stlačeného vzduchu,
- 4) za pomoci elektromagnetu.

Pro všechny způsoby přesunu objímky je využito vidličky (5), jenž je vsazena do drážky, která se nachází na vnější části objímky (viz obrázek 33). Oko vidličky (1) je konstrukční prvek, přes který je pohyb objímky zprostředkován za pomoci jednoho z výše uvedených 4 způsobů.

Na složitosti provedení má značný vliv použitý ovládací mechanismus, který představuje objímku mezi dvěma režimy. Tímto mechanismem však nelze volit míru závislosti mezi oběma stranami. Stabilizátor může být pouze ve spojené nebo rozepnuté poloze. Při volbě režimu dochází ke skokové změně. Tento mechanický princip je velmi jednoduchý, což podporuje spolehlivost. Zástavbové rozměry jsou vhodné k pouhé úpravě, nikoliv k celkové změně konstrukce celého podvozku.

9.2.3 Varianta 3 – aktivace třecími lamelovými spojkami

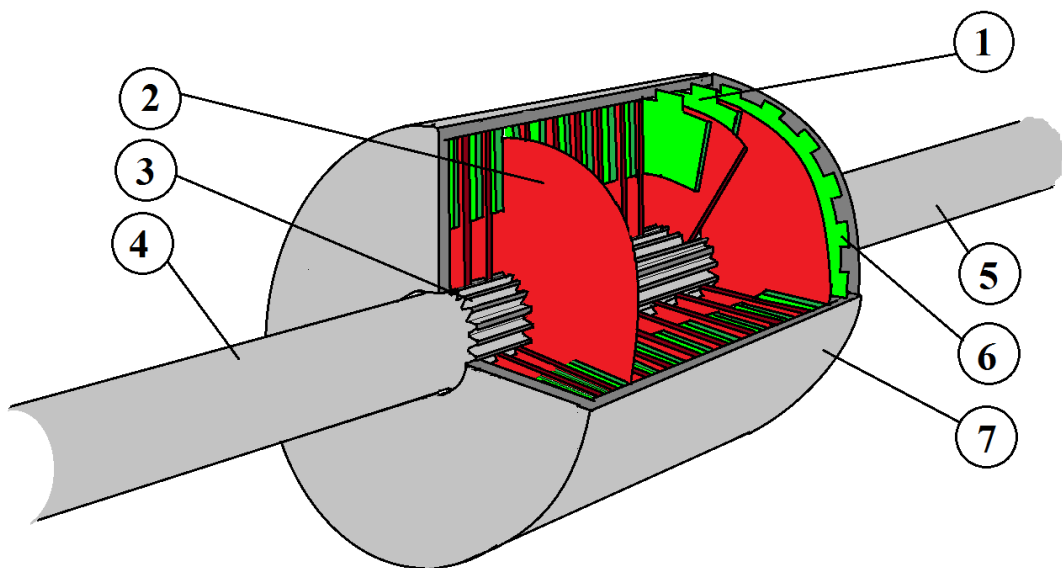
Třetí variantou propojení stabilizátoru je způsobené třecími lamelovými spojkami. Jelikož tento mechanismu přenosu momentu je využit ve většině případů pro rozjezd, není vyžadováno přesné sepnutí, ale je dovolen prokluz.

Prokluzem je myšleno vzájemné pootočení obou částí, než je vyvozen dostatečný přítlak, který již tento pohyb nedovolí. Při kombinaci dostatečné síly a adheze mezi styčnými plochami lamel (1) a plechů (2), přes které je krouťící moment přenášen (obrázek 34).

Takové situaci ovšem předchází možné vzájemné pootočení lamel a plechů. Takový prokluz je ovšem pro náš případ nepřijatelný. Při spojení však nedochází ke vzájemnému otáčení dvou částí stabilizátoru (4, 5). Vzájemný prokluz je pro mechanismus přenášení všech momentů při transportním režimu nežádoucí. Při prokluzu by nedocházelo k požadovanému jevu, kterým je namáhání torzní části krutem. Prokluz však lze absolutně vyloučit při dostatečném naddimenzování při konstrukčních výpočtech.

K přenosu momentu u zmíněného mechanismu dochází třením mezi vnějšími a vnitřními lamelami. Vnější lamely jsou opatřeny zuby, kterými na vnější straně zapadají do drážek objímky, čímž umožňují axiální pohyb. Vnitřní lamely mají drážky pro axiální pohyb po evolventním drážkování.

Lamely jsou k sobě vzájemně přitlačovány (dochází k propojení obou polovin stabilizátoru), když chce obsluha využít výhody zkrutného stabilizátoru. Toho je využito zejména při pohybu stroje po veřejné komunikaci. V takovém případě má stabilizátor přispívat ke snížení náklonu při průjezdu zatáček.



Obrázek 34: Schéma mechanismu přenosu momentu torzní tyče s pomocí spojky s třecími lamelami

Lamely mají vnější ozubení (6), kterým mají zajištěnou polohu vůči obalu spojky. Obal (7) má na vnitřní straně válcové plochy drážky, kterými je umožněno přesouvání spojkových lamel v axiálním směru. To je požadováno na základě samotného principu fungování. Je totiž potřebný mírný axiální pohyb všech lamel i plechů, aby došlo k přitlačení a nastal přenos M_k . U přitlačovaných plechů dochází rovněž k axiálnímu pohybu po evolventním drážkování zkrutné tyče (3). Tímto pohybem umožní přitlačení lamel a přitlačovaných plechů.

Nevýhoda systému, který pro propojení obou stran stabilizátoru využívá několik třecích lamelových spojek je, že u zmíněného systému není možné zajistit požadovanou polohu.

Respektive by bylo problematické v takové poloze spojku spojit. A rovněž aby polohu zachovala po celou dobu potřebného fungování. Z tohoto hlediska je tato varianta nevhodná.

9.2.4 Varianta 4 – hydraulická aktivace

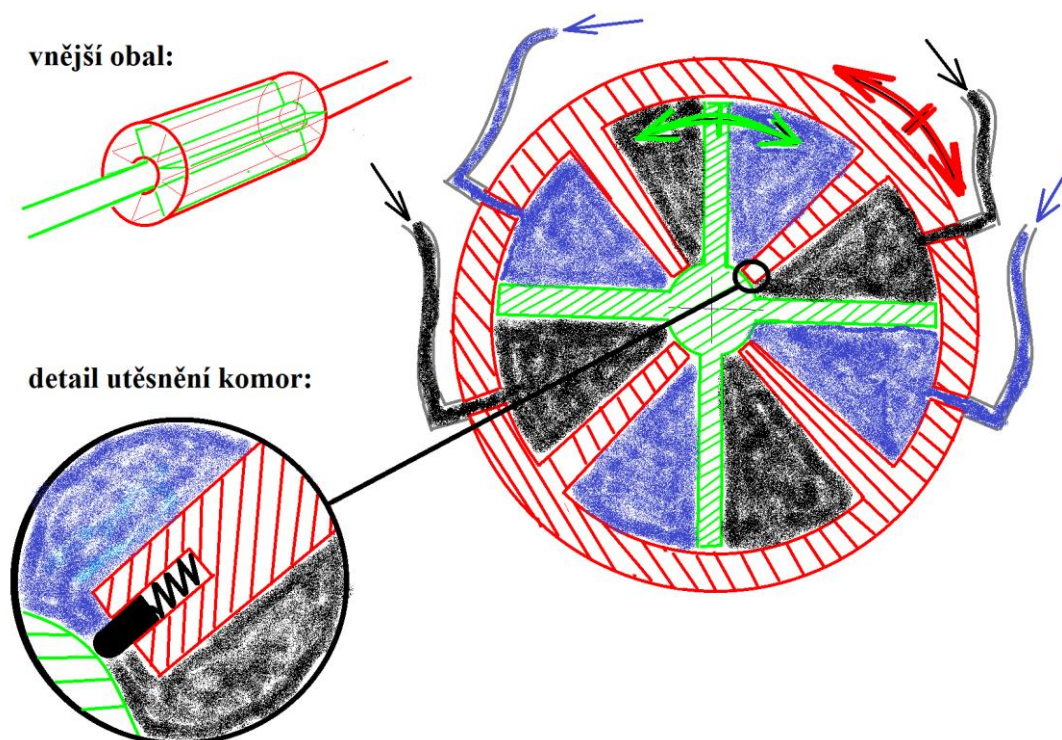
Čtvrtá varianta stabilizátoru s volitelnými režimy je založena na principu, který využívá nestlačitelnosti kapaliny. Řez hydromechanického mechanismu je zobrazen na obrázku 35. Mechanismus je složen ze dvou částí a utěsněn. Do mechanismu ve tvaru válce je pomocí hydraulických hadic přiváděn do komor tlakový olej. Olej je utěsněn přes tlakové stírací lišty, které jsou přitlačovány ke stěnám komor pomocí vsazených pružin. Tímto těsněním je zamezeno průniku kapaliny mezi dvěma větvemi (obrázek 35 – detail)

Průnik kapaliny je nežádoucí, ale nikoliv kvůli promíchání kapalin ve dvou větvích, ale kvůli netěsnosti komor. Utěsněné komory pod tlakem zajistí zamezení vzájemného pohybu střední (zelené) části a vnější (červené) části – obalu.

Po přivedení tlaku do obou větví je stabilizátor přestaven do transportního režimu, jelikož je vzájemná poloha zajištěna utěsněným tlakem nestlačitelné kapaliny v komoře, resp. komorách proti sobě. Vnitřní část tvořící polovinu stěn komor je spojena s jednou polovinou stabilizátoru a vnější obal je spojen s druhou částí stabilizátoru.

Při otevření ventilů z obou proti sobě ležících komor dojde k uvolnění tlaku a může dojít ke vzájemnému otáčení vnitřní a vnější části. Toho je zapotřebí

při nastavení stabilizátoru do polního režimu. Tam je zapotřebí nezávislost zavěšení kol a větší rozsah vertikálního pohybu kola.



Obrázek 35: Schématické znázornění rozložení komor v hydraulické variantě zajištění stabilizátoru

Náchylnost zmíněného hydromechanického systému volitelné tuhosti stabilizátoru je náchylná na utěsnění a hydraulická kapalina se nesmí ztrácet.

Tato náchylnost se jeví jako problematická a nekoresponduje s vlastnostmi, které jsou po postřikovači požadovány. Zejména se spolehlivostí celého postřikovače.

9.2.5 Varianta 5 – aktivní stabilizátor

Poslední navrhovanou variantou je aktivní stabilizátor. Tato stabilizace může být založena na různých principech. Nejdůležitější vlastnost, kterou musí však mít je, že jeho tuhost lze nastavit pomocí zásahu z vnějšku, generovanou přídatnou silou.

Aby se jednalo o aktivní stabilizátor, musí docházet k tomu, že krutu stabilizátoru pomáhá vnější síla. Působení vnější síly pozitivně ovlivňuje účinek celého zařízení.

V automobilovém průmyslu je již tato konstrukční úprava realizována, ale to je z důvodu, že automobilový průmysl má jiné požadavky, než jsou kladeny v zemědělství.

Jedná se o příliš složitý systém, pro použití pro zemědělství. U tohoto systému je prvořadý komfort, který je upřednostňován před spolehlivostí. Rovněž obsahuje mnoho elektronických opatření, kterým se chtějí konstruktéři z podniku Agrio vyhnout. Proto tento systém není ideální.

9.3 ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ PODVOZKU

Od vedoucího konstruktéra víme, že podnik se snaží omezit použití elektroniky pouze na nejnútnejší minimum. To je také důvod, proč tyto alternativy řízení podvozku nezahrnují mezi použitelné varianty směřující ke zlepšení jízdní stability. S elektronickými systémy úzce souvisí i spolehlivost a cena oprav. Řídící jednotky, které by museli vyspělý systém podvozku ovládat by jistě byly při opravách velmi drahé. Tento fakt pouze podporuje charakteristiku stroje, pro kterou byl zkonstruován.

Jedná se o vyspělý, a přesto jednoduchý stroj. Jelikož podnikoví konstruktéři jsou si vědomi skutečnosti, že stroj musí být primárně funkční a bezporuchový, proto tak DINO navrhli.

Pro elektronické systémy řízení podvozku postřikovače by bylo možné inspirovat se u automobilového průmyslu, kde jsou již takové systémy řadu let provozovány. Nicméně nekorespondují s konceptem firmy, kterého se chce vedení i nadále držet. Zmíněné systémy obsahují velké množství elektronických systémů, kterým se chtějí konstruktéři z podniku Agrio vyhnout.

Konceptem minimalizace implementování elektronických systémů jsem se tedy při řešení daného tématu diplomové práce vyvaroval. Postrádalo by smysl investovat čas do hledání řešení cestou, která je nežádoucí.

10. ZHODNOCENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Elektromagnetické varianty nebyly uvažovány z důvodu udržení původní koncepce postřikovače. Celá koncepce je totiž zaměřena na alternativním způsobu ovládání ventilů pomocí stlačeného vzduchu. Podniku se tato varianta osvědčila a využívá jí při vzduchovém ovládání armatur, které vedou vodu k tryskám. Což znamená, že je tímto systémem vzduchového ovládání regulována nejdůležitější část (z hlediska funkčnosti) celého stroje, tj. přesný postřik.

Z informací od šéfkonstruktéra podniku vyplývá nežádoucí použití elektromagnetických ventilů, proto se navrhovanými variantami soustředím na mechanické, hydraulické a okrajově i pneumatické principy ovládacích mechanismů.

10.1 VÝBĚR PARAMETRŮ K POROVNÁNÍ

Výběr parametrů k porovnávání, a tím získání optimální varianty konstrukčního řešení je velmi důležitá součást tohoto rozhodování.

Pro samojízdný postřikovací stroj je prioritní vlastností funkčnost, tj. žádaná kvalita postřiku. Tato priorita ovlivňuje celou konstrukci stroje. Odraz nedostatečné funkčnosti stroje jako celku se projevuje v kvalitě ošetřené plochy a objemu postřikové kapaliny, kterou stroj na poli zanechá. Voda i účinná látka jsou velmi drahé, proto při nesprávné funkci, dochází k neefektivnímu zásahu a tím i ztrátám.

Realizovatelnost úpravy postřikovače pomocí konstrukčního návrhu je také významný parametr ke zhodnocení optimální varianty.

Součástí zde navrhovaných variant nejsou informace související s ekonomickým zhodnocením. Finanční náklady spojené s výrobou jsou totiž relativní. Firma s velkým množstvím náhradních dílů disponuje i velkou tržní silou. Svou poptávkou po velkém množství dílů (součástí) proto může finanční náročnost celé úpravy podvozku samojízdného postřikovače výrazně ovlivnit.

10.2 VYHODNOCENÍ

Na základě konzultací s vedoucím konstrukce, panem Havlem, jsem se rozhodl řešit pouze varianty úprav stávajícího podvozku. nikoliv změn celé konstrukce.

Důvodem příklonu návrhu konstrukčního řešení k pouhé úpravě stávající konstrukce byla finanční stránka.

S modernizací potenciálně realizovaným návrhem souvisí i další důvody. Jedním z významných je požadavek unifikace náhradních dílů. S rozsáhlou konstrukční úpravou nebo dokonce celkovou změnou techniky konstrukční úpravy byla možnost dodatečné montáže. Tedy i úpravy podvozku u již vyrobených i prodaných strojů. Tento trend univerzálnosti náhradních dílů a kompatibility mezi staršími a novějšími stroji se podniku osvědčila a tohoto konceptu se chce tedy i nadále držet.

Jako hlavní přínos práce vidím vytvoření podrobné koncepce možných řešení, které mohou pozitivně ovlivnit příčný náklon stroje. A to zvláště při provozu po silnici, kde je potřeba náklon co nejvíce eliminovat. Tuto koncepci je možné využít výrobním podnikem pro naprosto odlišný pohled na danou problematiku. Rovněž je možné, aby využil podnik navrhovanou analýzu k získání přehledu o vlivech, které se na náklonu stroje nejvíce podílejí. Při eventuálním uvolnění prostředků a času v podniku pro experimentální měření by mohl podnik získat data použitelná při vytipování slabých míst v konstrukci postřikovacího stroje.

Frekvenční analýza dle mého názoru vedla k divergentnímu řešení (tj. že problém má vícečetná řešení). To by pak vedlo ke komplexnímu řešení spojenému s více úpravami a s novým nastavením vybraných parametrů postřikovače. Změnou nastavení postřikovače a dílčích parametrů, jako například zvolení rozdílného huštění pneumatik, při použití pro transport po komunikaci a při aplikaci na poli.

Co se navrhovaných variant konstrukčních úprav týká, tak shledávám jako varianty s nejvyššími šancemi na realizaci jednu z prvních dvou navrhovaných. Ty jsou konstrukčně nejjednodušší, avšak funkční a účinné. Jedná se o varianty s aktivací vícerežimového stabilizátoru zubovou spojkou a pomocí objímky s vnitřním ozubením. Rozhodnutí, jak bude naloženo s vypracovaným návrhem je však čistě na konstrukční kanceláři podniku.

11. DISKUZE

Konstrukční návrhy navržené v kapitole 9 této práce nejsou spojeny přímo s výpočty. Až na základě těchto výpočtů, by bylo možné realizovat skutečný návrh, který by byl modelem reálné situace z praxe. Část práce se zabývá návrhem na frekvenční analýzu s vyšetřením případných frekvenčních harmonizací. Při těchto harmonizacích může docházet k součtu podnětů způsobujících kývání stroje jako celku. Získání takových hodnot nebylo v podniku umožněno z několika důvodů.

Důvody neumožněné realizace frekvenční analýzy jsou již uvedeny v kapitole 8 této práce. Z naměřených hodnot by bylo možné vyšetřit vlivy jednotlivých konstrukčních skupin na kývání stroje. Na základě změny frekvence odezvy těchto skupin na vnější podněty, by se mohlo podařit omezit kývání vozidla jako celku.

Neuskutečnění analýzy zdrojů způsobujících kývání postřikovače při přepravě po vozovce mělo především tyto příčiny:

- vysoká cena zapůjčených dílů k testování,
- díly se v podniku ve stejné době všechny nevyskytovaly, protože jejich výroba je zakázková
- nedostatečný časový fond pro testování poskytnutý podnikem.

Dle mého názoru konstrukční kancelář podniku nejspíš navrhovaná frekvenční analýza zdrojů kývání stejně v budoucnu nemine. Tato navrhovaná analýza je pro konstrukci velice důležitá. Zjistit zdroj kývání a následně zmírnit vliv tohoto zdroje na nestabilitu celku, je jediným systematickým klíčem k řešení daného problému.

12. ZÁVĚR

Plán pro vypracování diplomové práce se měl zabývat zjištěním vlivů na kývání postřikovače a následném navržení konstrukčních zlepšení. Po načerpání teoretických znalostí pomocí rešerše dostupné literatury a zdrojů přišlo na řadu vytvoření návrhu na vyšetření frekvencí, které mají na postřikovač vliv.

Při postupu k dalšímu kroku této práce, kterým bylo měření ve výrobním podniku, došlo ke zvratu. Bylo zjištěno, že navrhovaná měření nebude možné provést především z provozních důvodů. Stroj nemá totiž podnik ve výrobním závodě k dispozici tak, abychom si ho pro navrhované experimentální testování upravili. Úpravy a nastavení stroje pomocí osazení či demontování potřebných dílů pro eliminaci nežádoucích faktorů ovlivňujících měření by znamenalo odstavení postřikovače na příliš dlouhou dobu mimo provoz. K takovému kroku nebyl v podniku prostor a bez těchto kroků by nebylo možné získat kvalitně vypovídající výsledky z frekvenční analýzy.

Z provozních důvodů v podniku Agrio MZS s.r.o. byla tedy v práci pouze navržena a dopodrobna zpracována frekvenční analýza, která by vedla k jednoznačným výsledkům. Z takových výsledků by návrh konstrukčního řešení stabilizace podvozku samojízdného postřikovače bylo možné reálně navrhnout.

Bez dat, která nebyla navrhovaným měřením získána bylo podrobně zpracováno několik teoretických konstrukčních variant, které vycházely z teoretických znalostí získaných literární rešerší a ze sdělených informací šéfkonstruktérem panem Havlem. Jeho informace pramenily zejména z problémů, které se dozvěděl od zákazníků provozujících stroj DINO v praxi.

Přínosem práce shledávám podrobně vytvořenou koncepci možných řešení, které pozitivně ovlivní příčný náklon stroje při provozu po silnici, kde je potřeba náklon co nejvíce eliminovat. Tuto navrženou koncepci je možné využít výrobním podnikem pro odlišný náhled na danou problematiku. Rovněž je možné, aby využil podnik navrhovanou analýzu k získání přehledu o vlivech, které na náklon stroje působí. Při uvolnění prostředků a času v podniku na experimentální měření by získaná data podnik zužitkoval při zjištění výskytu slabého místa v konstrukci postřikovacího stroje.

Frekvenční analýza by dle mého názoru vedla k divergentnímu řešení, které by znamenalo komplexní řešení spojené s více úpravami a nastavením postřikovače jako celku. Změnou nastavení postřikovače a dílčích parametrů, jako například zvolení rozdílného huštění pneumatik, při transportu po komunikaci a při aplikaci na poli a podobně.

13. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] HRABALOVÁ, Andrea, Ing. *Vývoj ekologického zemědělství ve světě*. [online]. © 2000-2018. Copyright AGRIS. [cit.2018-01-22] Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/188374/vyvoj-ekologickeho-zemedelstvi-ve-svete>
- [2] <http://www.agris.cz/Content/files/files/489.jpg>
- [3] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.
- [4] *Ekologické zemědělství*. [online]. © 2009-2018. Ministerstvo zemědělství. [cit.2018-01-22] Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/>
- [5] *Vyhláška č. 205/2012 Sb.* [online]. 2012. [cit. 2018-01-19]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/legislativa/prijate-predpisy-mze-dosud-neucinne/vyhlaska-c-205-2012-sb.html>
- [6] *O firmě Agrio*. www.agrio.cz. [online]. © 2005–2018. Walk.cz. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.agrio.cz/o-firme>
- [7] Katalog postřikovačů Agrio MZS s.r.o.
- [8] BENEŠ, Martin. *Náš stroj za den ošetří 200 hektarů, říká výrobce zemědělské techniky*. [online]. © 1999–2018. MAFRA. [cit. 2018-01-26]. Dostupné z: https://budejovice.idnes.cz/nas-stroj-za-den-osetri-200-hektaru-poli-rika-vyrobce-zemedelske-techniky-1ae-/budejovice-zpravy.aspx?c=A150219_2140808_budejovice-zpravy_mbe
- [9] VÍT, Tomáš. *Lehčí a odolnější stroje díky simulacím zatížení*. www.konstrukter.cz. [online]. © 2014. Nová média, s. r. o. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <https://www.konstrukter.cz/2014/07/07/lehci-a-odolnejsi-stroje-diky-simulacim-zatizeni/>
- [10] PASTOREK, Zdeněk. *Zemědělská technika dnes a zítra: rádce při výběru a efektivním využívání zemědělských strojů a technologií*. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-4-4.

- [11] ŠREIBER, Petr, Ing. *Správná desikace řepky bude mít efekt*.
www.zemedelec.cz. [online]. © 2013. Profi Press s. r. o. [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/spravna-desikace-repky-bude-mit-efekt/>
- [12] ŘEHOŘOVÁ, Kateřina. *Herbicidy, fungicidy, pesticidy a insekticidy – co k čemu slouží?*. www.chovatelka.cz. [online]. © 2010. [cit. 2017-11-07]. Dostupné z: <https://chovatelka.cz/clanek/herbicidy-fungicidy-pesticidy-a-insekticidy-co-k-cemu-slouzi>
- [13] MARKOVÁ, Denisa. *Pesticidy aneb globální chemická hrozba*.
www.webchemie.cz. [online]. © 2010-2016. Veronika Švandová. [cit. 2017-11-07]. Dostupné z: <http://www.webchemie.cz/pesticidy.html>
- [14] *Letecká aplikace přípravku na ochranu rostlin*. www.szu.cz. [online]. © 2007-2008. [cit. 2017-11-07]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/letecka-aplikace-pripravku-na-ochranu-rostlin>
- [15] SHIPMAN, Kay. *High – rise highboy goes to extreme for cover crop project*.
www.farmweeknow.com. [online]. © 2007. Illinois Agricultural Association. [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <http://farmweeknow.com/story-highrise-highboy-goes-to-extreme-for-cover-crop-project-0-40297>
- [16] <http://farmweeknow.com/cdfm/Fareek3/author/34/Morehi-boy%20planter.jpg>
- [17] http://www.adamdesign.cz/wordpress/wp-content/uploads/field_sprayer_design01-1030x580.png
- [18] JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKÝ, Bronislav; ČUPERA, Jiří. *Automobily - podvozky*. 4. vyd. Brno: Avid, spol. s r. o., 2007. 245 s. ISBN 978-80-87143-24-7
- [19] HÁJEK, Ondřej. *Z traktorů do nakladačů: Jak funguje plynulá převodovka CVT/ Vario?*. www.bagry.cz. [online]. © 2004-2018. bagry.cz. [cit. 2017-11-07]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/technika/z_traktoru_do_nakladacu_jak_funguje_plynula_prevodovka_cvt_vario

- [20] SAJDL, Jan. Ing. Ph. D. *Panhardská tyč*. www.autolexicon.net. [online]. © 2018. autolexicon.net. [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/panhardska-tyc/>
- [21] <http://customconcepts.webs.com/In%20field%20photo.JPG>
- [22] *Samojízdní postřikovač Dino*. www.agrio.cz. [online]. © 2005-2018. Walk.cz. [cit. 2018-01-17]. Dostupné z: <http://www.agrio.cz/postrikovac/dino>
- [23] *Rozvody postřikovače kapaliny*. www.agrio.cz. [online]. © 2005-2018. Walk.cz. [cit. 2018-01-17]. Dostupné z: <http://www.agrio.cz/rozvod-postrikove-kapaliny>
- [24] http://www.agrio-pardubicko.cz/wp-content/uploads/2017/02/easyFlow_ekomixer-672x544.jpg
- [25] *Čerpadlo AR 185 BP/C jednostranná hřídel*. www.svetpostrikovacu.cz. [online]. © 2018. Evron.cz. [cit. 2018-01-17]. Dostupné z: <http://www.svetpostrikovacu.cz/cz/e-shop/1025108/c49630-ar-annovi-reverberi/cerpadlo-ar-185-bp-c-jednostranna-hridel.html>
- [26] HABR, Tomáš. *Noční postřik a jeho nároky*. www.horsch.com. [online]. © 1998-2017. [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: https://www.horsch.com/cz/news/news/detail-view/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=1394&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=f23c9e789851365db82683d800a6feac
- [27] *Sloupkování*. www.fenofaze.cz. [online]. [cit. 2018-01-24] Dostupné z: <http://www.fenofaze.cz/cz/o-fenologii/sloupkovani/>
- [28] <http://www.agrio.cz/share/image/trysky-agrotop/673.jpg>
- [29] <http://www.agrio-pardubicko.cz/wp-content/uploads/2017/02/trysky-TurboDrop-HiSpeed-postrik-672x421.jpg>
- [30] *Aplikační trubice*. www.agrio.cz. [online]. © 2005–2018. Walk.cz. [cit. 2018-01-17]. Dostupné z: <http://www.agrio.cz/aplikacni-trubice>
- [31] <http://www.agrio.cz/share/image/trysky-agrotop/661.jpg>

- [32] <http://www.agrio.cz/share/image/trysky-agrotop/667.jpg>
- [33] HOLEČEK, Lukáš. *Možnosti odpružení vozidel*. Praha, 2016. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Technická fakulta.
- [34] SAJDL, Jan. Ing. Ph. D. *Náprava De Dion*. www.autolexicon.net. [online]. © 2018. autolexicon.net. [cit. 2018-01-18]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/naprava-de-dion/>
- [35] SAJDL, Jan. Ing. Ph. D. *Tuhá náprava*. www.autolexicon.net. [online]. © 2018. autolexicon.net. [cit. 2018-01-18]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/tuha-naprava/>
- [36] SAJDL, Jan. Ing. Ph. D. *Kliková náprava*. www.autolexicon.net. [online]. © 2018. autolexicon.net. [cit. 2018-01-18]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/klikova-naprava/>
- [37] GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. 629 s. ISBN 80-85920-76-X.
- [38] Laminated or Leaf Springs (Automobile). What-when-how — In Depth Tutorials and Information [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://what-when-how.com/automobile/laminated-or-leaf-springs-automobile/>
- [39] http://www.motorkari.cz/upload/images/cache/clanky/2017-04/36350/20170406143927-Vzorec3_png_resize_500x366_type_jpg.png
- [40] *Přeměny energie v mechanickém oscilátoru*. www.eluc.kr-olomoucky.cz. [online]. [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1656>
- [41] <http://www.motorkari.cz/upload/images/clanky/2017-04/36350/05.jpg>
- [42] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- [43] *Technologie tváření kovů*. www.ksp.tul.cz. [online]. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm
- [44] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01-uvod/14.jpg

- [45] *Air springs Information*. www.globalspec.com. [online]. © 2018. IEEE GlobalSpec. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical_components/springs/air_springs
- [46] JANCO, Marcel. *Pruženie - perovanie automobilu*. www.autorubik.sk. [online]. © 2010–2017. Autorubik. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/pruzenie-perovanie-automobilu>
- [47] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [48] <http://www.mitcalc.com/doc/springs/help/pic/SpringRateCZ.gif>
- [49] MILMONT, John. *Automotive thinker: Linear vs progressive rate springs*. www.automotivethinker.com. [online]. © 2010. Automotive Thinker. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://automotivethinker.com/suspension/linear-vs-progressive-rate-springs/>
- [50] *Druhý Newtonův pohybový zákon – zákon síly*. www.fyzika.jreichl.com. [online]. © 2006–2018. Jaroslav Reichl, Martin Všeticka. [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/30-druhy-newtonuv-pohybovy-zakon-zakon-sily>
- [51] SAJDL, Jan. Ing. Ph. D. *Autolexicon.net: DRC (Dynamic Rolling Control)*. www.autolexicon.net. [online]. © 2018. autolexicon.net. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/drc-dynamic-rolling-control/>
- [52] SAJDL, Jan. Ing. Ph. D. *Autolexicon.net: ABC (Active Body Control)*. www.autolexicon.net. [online]. © 2018. autolexicon.net. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abc-active-body-control/>
- [53] *Přehled výbav a příslušenství*. www.mercedes-benz.cz. [online]. © 2018. Mercedes-Benz Česká republika s.r.o. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/sl-class/r231/facts/equipment/standardoptional.0002.html

- [54] HARRIS, William. *The Bose Suspension System*.
www.auto.howstuffworks.com. [online]. © 2018. HowStuffWorks. [cit. 2018-03-28].
Dostupné z: <https://auto.howstuffworks.com/car-suspension9.htm>
- [55] BEDNÁŘ, Marek. *Nejlepší známé odpružení kol aut je staré 13 let. Proč se dodnes nevyrábí?*. www.autoforum.cz. [online]. © 1996-2018. MotorCom s.r.o. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/nejlepsi-zname-odpruzeni-kol-aut-je-stare-13-let-proc-se-dodnes-nevyrabi/>
- [56] http://www.autoforum.cz/tmp/magazin/bo/bose_elmag_podvozek_03_800_600.jpg
- [57] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7

14. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1: Vývoj zařazení zemědělské půdy do ekologického zemědělství
- Obrázek 2: Příklady měnitelných nástaveb podvozku DINO
- Obrázek 3: Samojízdný postřikovač z USA
- Obrázek 4: Samojízdný postřikovač DINO výrobce Agrio MZS s.r.o.
- Obrázek 5: Průjezd kultivačního kola porostem kukuřice
- Obrázek 6: Varianty řízení samojízdného postřikovače (pohled shora)
- Obrázek 7: Ekomixér Comfort fill se systémem plnění easyFlow
- Obrázek 8: Nerovnoměrný dopad kapiček na rostlinu při ošetření jednoštěrbínovou tryskou při pojezdové rychlosti 12 km/h
- Obrázek 9: Ošetření dvouštěrbínovou tryskou s asymetrickým rozložením směřů a symetrický dopad účinné látky
- Obrázek 10: Aplikační trubice AT 25
- Obrázek 11: Aplikační trubice AT 50
- Obrázek 12: Běžné čištění
- Obrázek 13: Kontinuální oplach
- Obrázek 14: Výpočet tuhosti pružiny
- Obrázek 15: Rezonanční kmitání
- Obrázek 16: Průběh tlumeného a netlumeného kmitání v čase
- Obrázek 17: Síla působící na krystalickou mřížku
- Obrázek 18: Závislost deformace pružiny na jejím zatížení: 1 – lineární, 2 – degresivní, 3 – progresivní
- Obrázek 19: Znázornění působení podélné setrvačné síly na postřikovač
- Obrázek 20: Znázornění působení setrvačné odstředivé síly
- Obrázek 21: Znázornění polohy těžiště prázdného a naplněného postřikovače

- Obrázek 22: Znázornění zvolené soustavy souřadnic včetně počátku
- Obrázek 23: Schéma měření změny polohy značky v čase pomocí sekvence
- Obrázek 24: Schéma měření amplitud prázdného a naplněného postřikovače
- Obrázek 25: Kompaktnost LEM znázorněná na umístění na podvozku vozidla
- Obrázek 26: Schématické znázornění částí vícerežimového stabilizátoru
- Obrázek 27: Znázornění umístění aktivního stabilizátoru na zadní nápravě postřikovače
- Obrázek 28: Náklon zadní nápravy na protilehlých dorazech – maximální provozní krut stabilizátoru (vlevo – pohled z boku, vpravo – pohled zezadu)
- Obrázek 29: Znázornění reakcí v rotačních vazbách
- Obrázek 30: Obecné schéma propojení polovin aktivního zkrutného stabilizátoru – přenos M_k
- Obrázek 31: Schéma řezu mechanismu přenosu momentu zubovou spojkou
- Obrázek 32: Schéma ovládacího mechanismu přenosu momentu zubovou spojkou
- Obrázek 33: Schéma mechanismu aktivace stabilizátoru objímkou s vnitřním ozubením
- Obrázek 34: Schéma mechanismu přenosu momentu torzní tyče s pomocí spojky s třecími lamelami
- Obrázek 35: Schématické znázornění rozložení komor v hydraulické variantě zajištění stabilizátoru