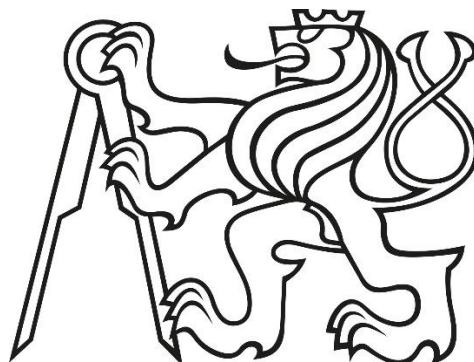


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
12113 ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ A ČÁSTÍ STROJŮ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**NÁVRH A OPTIMALIZACE HYDRAULICKÉHO OKRUHU
ZEMĚDĚLSKÉHO STROJE**
DESIGN AND OPTIMALIZATION OF A HYDRAULIC CIRCUIT OF A FARMING
MACHINE

Autor: Martin Kovář
Vedoucí práce: Ing. Martin Janda
Praha, 2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kovář** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **439131**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh a optimalizace hydraulického okruhu zemědělského stroje

Název bakalářské práce anglicky:

Design and Optimization of a Hydraulic Circuit of a Tillage Machine

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte vlastní a optimalizujte současný hydraulický okruh zemědělského stroje SWIFTERDISc XE14000. Berte v úvahu všechny pracovní pohyby stroje a zadané vstupní parametry.

1. Rešerše problematiky hydrauliky zemědělského stroje a jeho hydraulických prvků.
2. Návrh hydraulického okruhu včetně potřebných výpočtů a jeho srovnání se současným řešením.
3. Návrh optimalizace současného řešení.

Seznam doporučené literatury:

PAVLOK, Bohuslav. Hydraulické prvky a systémy. Díl 1. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1999.
PAVLOK, Bohuslav. Hydraulické prvky a systémy. Díl 2. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008.
HELLER, Josef. Pohony a přenosy. Praha: Editační středisko Českého vysokého učení technického, 1988.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

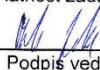
Ing. Martin Janda, ústav konstruování a částí strojů FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **24.03.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **09.06.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: _____


Podpis vedoucí(ho) práce



Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

25.4.2017
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a uvedl jsem v ní veškerou použitou literaturu a jiné použité prameny.

V Praze 5. 6. 2017

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinovi Jandovi za ochotu, čas a podnětné rady při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval především panu Ing. Pavlovi Syrovátkovi za cenné připomínky při tvorbě bakalářské práce a zajištění grafického materiálu. Dále děkuji paní Ing. Marii Martináskové, Ph.D. za rady týkající se simulačního programu. V neposlední řadě také děkuji zaměstnancům firmy BEDNAR FMT s.r.o. za reálnou ukázkou diskového podmiřáče a za jejich připomínky k návrhu.

Také bych rád poděkoval své rodině za velkou podporu během celého studia, obzvláště pak při psaní bakalářské práce.

Anotační list

Jméno autora: **Martin Kovář**

Název BP: **Návrh a optimalizace hydraulického okruhu zemědělského stroje**

Anglický název: Design and Optimization of a Hydraulic Circuit of a farming machine

Rok: 2017

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojího inženýrství

Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Ústav: 12113 Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí BP: Ing. Martin Janda

Bibliografické údaje: počet stran: 52

počet obrázků: 58

počet tabulek: 5

počet příloh: 4

Klíčová slova: Hydraulika, hydraulický okruh, diskový podmítač

Keywords: Hydraulics, hydraulic circuit, compact disc harrow

Anotace:

Cílem této bakalářské práce je vlastní návrh, srovnání se současným a následná optimalizace hydraulického okruhu zemědělského stroje. Práce dále obsahuje stručný popis zemědělského stroje a obecné seznámení s hydraulickými obvody.

Abstract:

The goal of this bachelor work is design, comparison with current and resulting optimization of a hydraulic circuit of a farming machine. Work also includes a brief description of a farming machine and general explanation of hydraulic circuits.

Obsah

1	Úvod	1
2	Popis stroje a požadavky na vlastnosti hydraulického okruhu	2
2.1	Popis	2
2.2	Rozmístění hydraulických válců	2
2.3	Požadavky na vlastnosti hydraulického okruhu	4
2.3.1	Ovládání	4
2.3.2	Připojení/odpojení	6
2.3.3	Transport	6
2.3.4	Rozkládání stroje	7
2.3.5	Skládání stroje	11
2.3.6	Zpracování půdy	11
2.3.7	Otáčení na úvrati	13
2.3.8	Couvání	13
2.4	Problémy současného řešení	13
3	Prvky hydraulického okruhu	14
3.1	Zdroje hydraulické energie	14
3.2	Prvky řídicí a regulační	15
3.2.1	Prvky pro hrazení průtoku	15
3.2.2	Prvky pro řízení průtoku	17
3.2.3	Prvky pro řízení tlaku	19
3.3	Spotřebiče hydraulické energie	20
3.4	Hydraulické prvky pomocné	20
4	Návrh hydraulického okruhu	22
4.1	Shrnutí požadavků na návrh hydraulického okruhu	22

4.2	Návrh umístění hydraulických válců v okruzích.....	23
4.3	Vysvětlivky ke schématu hydraulického okruhu.....	23
4.4	Okruh 1 – oj a hlavní válce.....	26
4.5	Okruh 2 – regulace hloubky a zablokování natáčení.....	28
4.6	Okruh 3 – přední páskový smyk a podpěrná kola	30
4.7	Okruh 4 – transportní háky a ovládání bočních ráků	32
4.8	Simulace hydraulického okruhu	34
4.9	Základní výpočty hydraulického okruhu	34
4.9.1	Silové výpočty	34
4.9.2	Časové výpočty.....	39
4.10	Zapojení elektromagnetických rozváděčů	41
5	Optimalizace	42
5.1	Srovnání návrhu se stávajícím řešením	42
5.2	Orientační ekonomické srovnání	44
5.3	Klady nového návrhu.....	45
5.4	Zápory nového návrhu.....	45
6	Závěr	46
	Seznam použité literatury	47
	Seznam zkratk a symbolů	48
	Seznam obrázků.....	50
	Seznam tabulek.....	52
	Seznam příloh.....	52

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je návrh nového a optimalizace současného hydraulického okruhu diskového podmítače SWIFTERDISC XE 14000 (Obr. 1) firmy BEDNAR FMT s.r.o. Jedná se o tažený zemědělský stroj určený k obdělávání půdy, jehož úkolem je vytvořit vhodné podmínky pro další zemědělské úkony, zejména setí. [1]



Obr. 1 Diskový podmítač SWIFTERDISC XE 14000 [2]

Pro orientaci v tématu bude provedena rešerše zaměřená na pohyby stroje ovládané hydraulikou a také na popis prvků hydraulického okruhu, kterými současný stroj disponuje. Rešerše zde tedy bude sloužit jako ucelený seznam požadavků pro návrh nového hydraulického okruhu.

Hydraulika sloužící k ovládání stroje se v současné době potýká s několika problémy, jako je například nesprávná sekvence pohybů při rozkládání stroje za ztížených podmínek či obtížné seřízení tlakových ventilů při montáži. Tyto komplikace obsluze zneprůjemňují ovládání stroje.

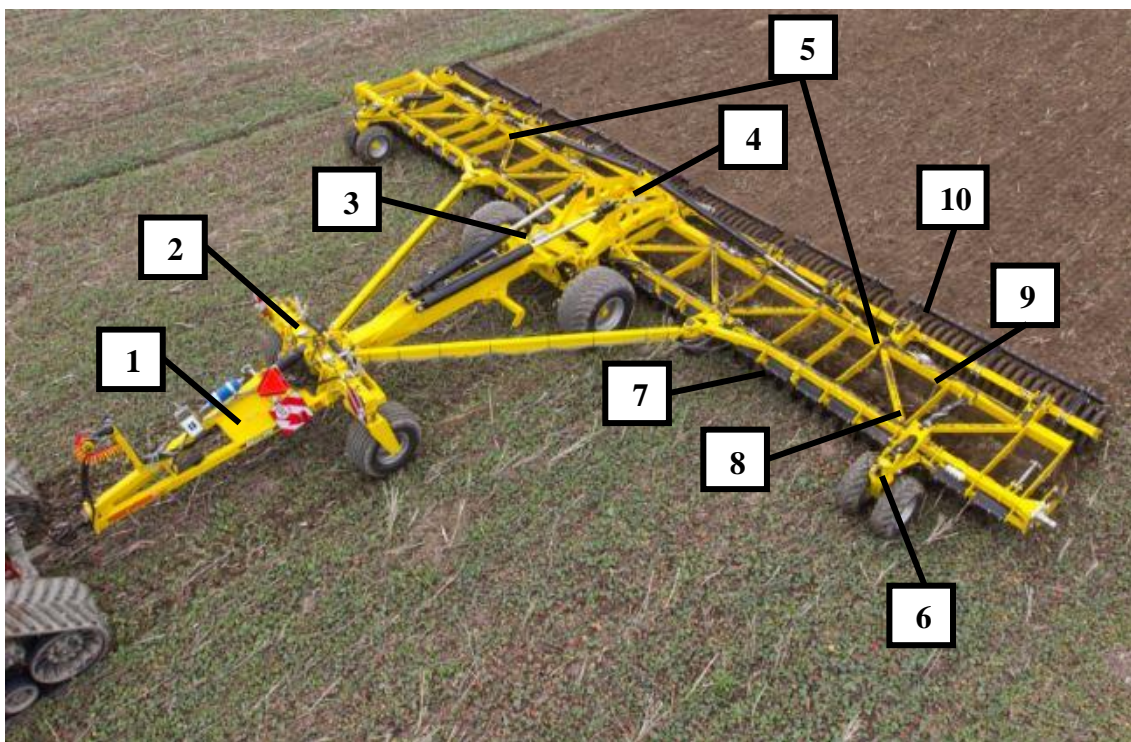
Hlavním cílem práce by tedy měl být návrh kompletně nového hydraulického okruhu, který odstraní současné problémy stroje. Vedlejším cílem práce by měla být optimalizace okruhu stávajícího na základě okruhu nového. Optimalizací se zde rozumí možnost jednoduché úpravy stávajícího okruhu, tedy například náhrady některých problematických hydraulických prvků. Optimalizace tak bude provedena pouze za předpokladu, že jí nově navržený okruh dovolí.

2 Popis stroje a požadavky na vlastnosti hydraulického okruhu

V následující kapitole je stručně shrnut popis diskového podmiáče a jsou definovány požadavky na hydraulický okruh. Požadavky jsou znázorněny formou myšlenkové mapy v příloze (Příloha č.3).

2.1 Popis

Diskový podmiáč se skládá z několika montážních celků, které jsou znázorněny na Obr. 2.

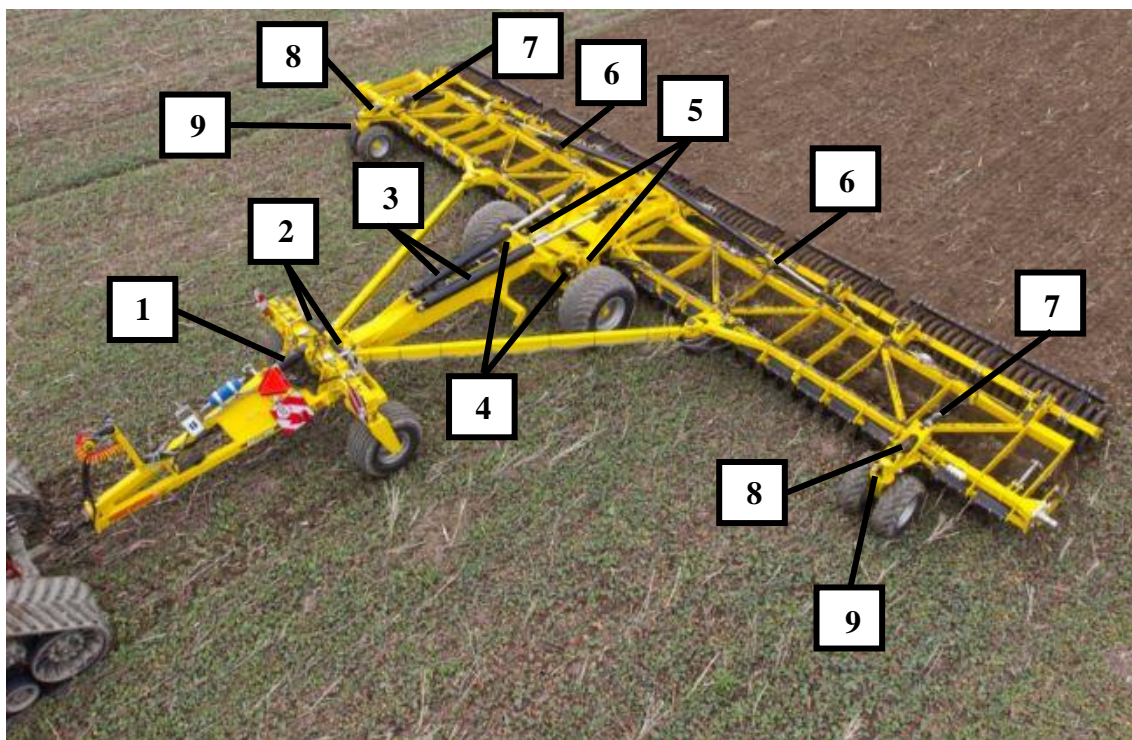


Obr. 2 Popis diskového podmiáče

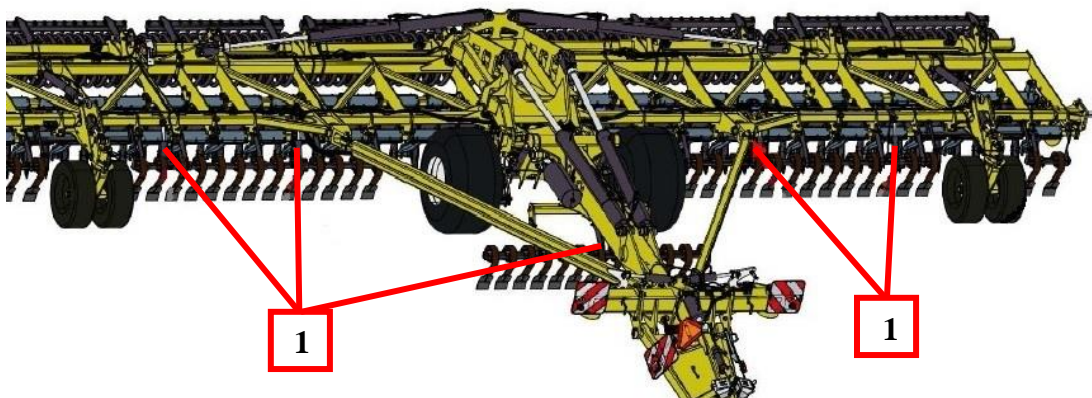
1 – oj, 2 – přední teleskopická oj, 3 – zadní teleskopická oj, 4 – zadní rám, 5 – boční rámy, 6 – podpěrné kolo, 7 – přední páskový smyk (pracovní orgán), 8 – přední disková sekce (pracovní orgán), 9 – zadní disková sekce (pracovní orgán), 10 – zadní drobicí (utužovací) válec [2]

2.2 Rozmístění hydraulických válců

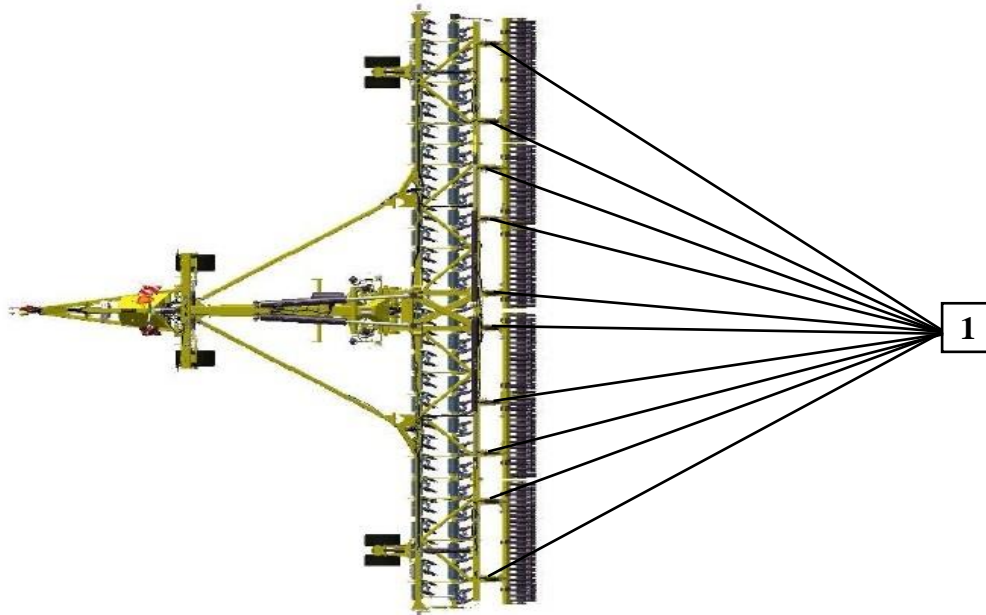
Na diskovém podmiáči SWIFTERDISC XE 14000 se nachází celkem 32 hydraulických válců. Na Obr. 3 je znázorněno rozmístění hydraulických válců na stroji (krom hydraulických válců předního páskového smyku a zadních drobicích válců), na Obr. 4 je znázorněno rozmístění hydraulických válců předního páskového smyku, na Obr. 5 je znázorněno rozmístění hydraulických válců pro ovládání drobicích válců.



Obr. 3 Rozmístění hydraulických válců: (krom páskového smyku a zadních drobicích válců)
1 – hydraulický válec oje, 2 – hyd. válec transportních háků, 3 – hlavní hyd. válec (sklápění bočních rámu), 4 – hyd. válec pro zablokování natáčení zadní nápravy, 5 – hyd. válec zadní nápravy, 6 – hyd. válec pro rozkládání bočních rámu, 7 – hyd. válec spojující boční rámy a podpěrná kola, 8 – hyd. válec podpěrného kola, 9 – hyd. válec pro zablokování natáčení podpěrného kola [2]



Obr. 4 Rozmístění hydraulických válců (1) předního páskového smyku [3]



Obr. 5 Rozmístění hydraulických válců (1) zadních drobících válců při pohledu shora [3]

2.3 Požadavky na vlastnosti hydraulického okruhu

Požadavky na hydraulický okruh diskového podmítače SWIFTERDISC XE 14000 vychází ze současného řešení. Hydraulika stroje tedy musí zajistit:

- bezpečný transport stroje po pozemní komunikaci
- rychlé rozložení stroje
- přesné nastavení hloubky všech pracovních orgánů
- jednoduché otočení stroje na úvrati (otočení na konci pole)
- nenáročné couvání
- rychlé složení stroje

2.3.1 Ovládání

Diskový podmítač je ovládán obsluhou přímo z kabiny. Dle typu traktoru má obsluha k dispozici vedle sedadla různé typy ovládacích pák. Jimi určuje směr proudění tlakové kapaliny skrze rozváděč, který je umístěný v traktoru. Z rozváděče proudí tlaková kapalina do vývodů hydrauliky umístěných v zadní části traktoru, do kterých se pomocí rychlospojkek připojují hydraulické okruhy diskového podmítače. Stroj je stejně jako většina dnešních traktorů vybaven čtyřmi hydraulickými okruhy.

Další možností ovládání stroje je tzv. ovládací panel, na kterém si obsluha opět přímo v kabině traktoru může nastavit, v jakém režimu bude pracovat. Ovládací panel je od firmy BEDNAR FMT dodáván spolu s diskovým podmítačem. Současné řešení umožňuje režimy: „práce“, „couvání“, „rozkládání/skládání“, „transport“ a „připojení/odpojení“ (Obr. 6). Ovládací panel mění vlastnosti hydraulického okruhu

pomocí elektromagnetických rozváděčů umístěných na diskovém podmítači. Díky těmto rozváděčům může být jeden hydraulický okruh rozdělen na více větví.



Obr. 6 Ovládací panel režimů umístěný v kabině traktoru

COUVÁNÍ – couvání rozloženého stroje

PRÁCE – zpracovávání půdy

ROZKLÁDÁNÍ/SKLÁDÁNÍ – přeměna stroje z/do transportní polohy

TRANSPORT – jízda po pozemní komunikaci

PŘIPOJENÍ/ODPOJENÍ – spojení/rozpojení rychlospojek mezi strojem a traktorem

Tabulka 1 Nastavení oje, natáčení zadní nápravy a podpěrných kol v jednotlivých režimech

Režim	Požadavky na oj, zadní nápravu a podpěrná kola
„práce“	<ul style="list-style-type: none"> - natáčení zadní nápravy a podpěrných kol zablokované (kromě otáčení na úvrati) - oj v plovoucí poloze
„couvání“	<ul style="list-style-type: none"> - natáčení zadní nápravy a podpěrných kol zablokované - oj v plovoucí poloze
„rozkládání/skládání“	<ul style="list-style-type: none"> - natáčení zadní nápravy a podpěrných kol zablokované - oj v plovoucí poloze
„transport“	<ul style="list-style-type: none"> - natáčení zadní nápravy a podpěrných kol zablokované - oj v plovoucí poloze
„připojení/odpojení“	<ul style="list-style-type: none"> - natáčení zadní nápravy a podpěrných kol zablokované - oj libovolně ovladatelná

2.3.2 Připojení/odpojení

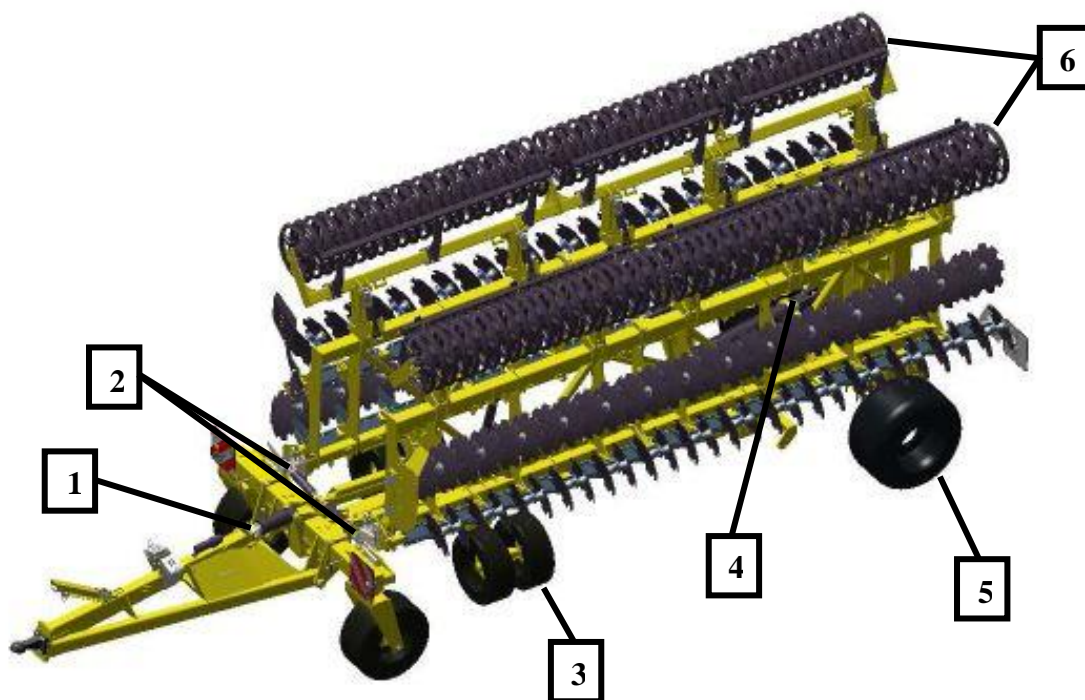
Režim připojení/odpojení je používán pouze při připojování, resp. odpojování stroje k/traktoru. V tomto režimu je na hydrauliku kladen jediný požadavek, a to ten, aby bylo možné při připojování stroje zvednout jeho oj pomocí hydraulického válce k závěsu traktoru. Oj stroje, která je vlastní vahou skloněná k zemi, je příliš těžká na to, aby ji bylo možné zvednout ručně. Při odpojování stroje je pak potřeba pro jeho pohodlné a bezpečné odpojení, aby byla oj držena válcem ve výšce závěsu.

2.3.3 Transport

Při jízdě po pozemních komunikacích je stroj v transportní poloze (Obr. 7).

Na ovládacím panelu je nastaven režim „transport“.

- hydraulické válce pro rozkládání bočních rámců zatažené (boční rámy složené k sobě)
- transportní háky v pozici zavřeno
- hydraulické válce zadních drobných válců jsou zasunuté na maximum (drobné válce tedy zasunuty hluboko do stroje kvůli maximální přípustné šířce 3,00 m povolené pro zemědělské pracovní stroje)
- hydraulický válec oje v plovoucí poloze
- hydraulické válce zadní nápravy zasunuté (snížené těžiště stroje)
- hydraulické válce pro zablokování natáčení zadní nápravy vysunuté (zablokované natáčení zadní nápravy)
- hydraulické válce pro zablokování natáčení podpěrných kol vysunuté (zablokované natáčení podpěrných kol)
- hlavní válce pro sklápění bočních rámců natlakované (nejsou plovoucí)



Obr. 7 Požadavky na hydrauliku při transportu

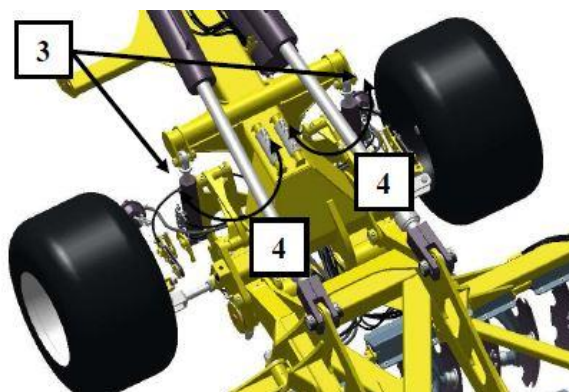
1 – plovoucí oj, 2 – transportní háky v poloze zavřeno, 3 – podpěrná kola zvednutá a zablokováná proti natočení, 4 – hlavní válce zatažené, 5 – natáčení zadní nápravy zablokováné a stroj snížen na zadní nápravě, 6 – zadní drobní válce zasunuty do stroje [3]

2.3.4 Rozkládání stroje

Na počátku procesu se stroj nachází v poloze zobrazené na Obr. 7.

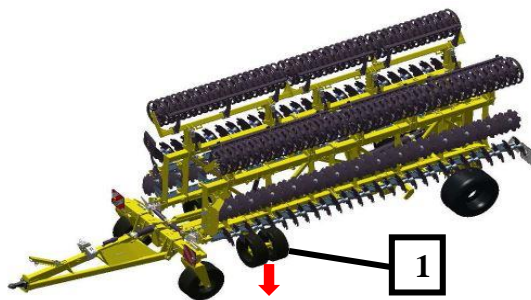
Nejprve se přepínač na ovládacím panelu v traktoru přepne do polohy „rozkládání/skládání“.

Poté se začíná pomocí dvou hydraulických válců vysouvat zadní náprava, což způsobuje zvednutí celého stroje vůči zemi (Obr. 8). Současně se vysouvají zadní drobní válce na maximum pomocí celkem deseti hydraulických válců. Při jízdě po silnici jsou zatažené, aby byl stroj co nejužší a nepřesahoval šířku 3 m.



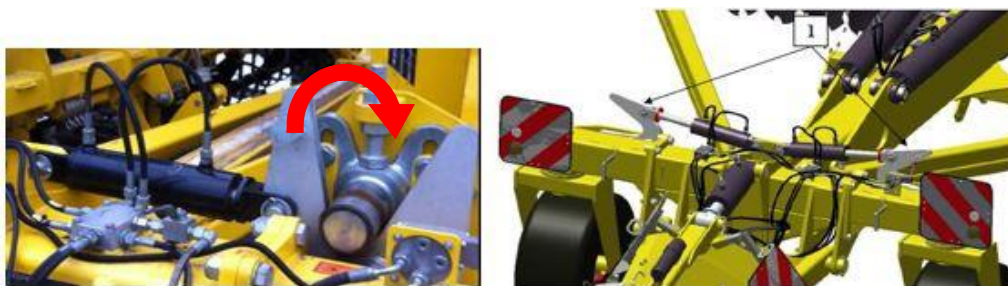
Obr. 8 Hydraulické válce zadní nápravy (3) a hydroclipsy (4) pro nastavení zdvihu [3]

Poté se spustí podpěrná kola na zem (Obr. 9).



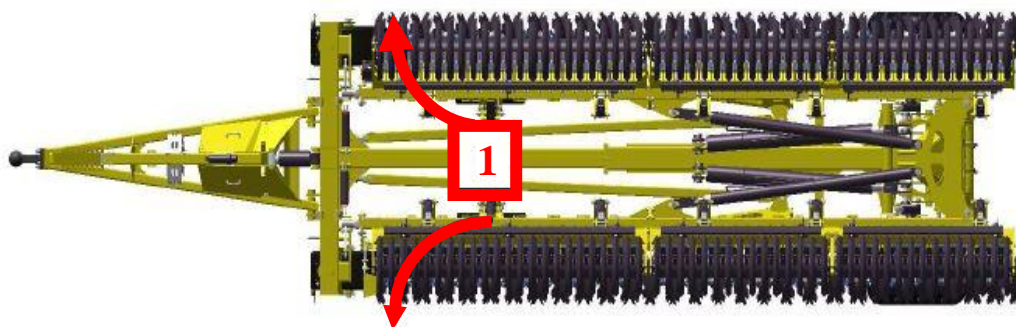
Obr. 9 Spuštění podpěrného kola (1) na zem [3]

Následně dochází pomocí dvou hydraulických válců k odjištění bočních rámců z transportních háků (Obr. 10). Odjištění probíhá rotací transportních háků z vertikální polohy do horizontální. Pokud by nastala situace, že by se transportní háky začaly otvírat dříve, než by byla podpěrná kola plně vysunuta na zem, hrozilo by poškození stroje.



Obr. 10 Vlevo jeden z transportních háků v pozici zavřeno [foto autor]. Vpravo transportní háky (1) v pozici otevřeno [3]

Jakmile se transportní háky otočí do koncové polohy, dojde k rozkládání bočních rámců (Obr. 11).



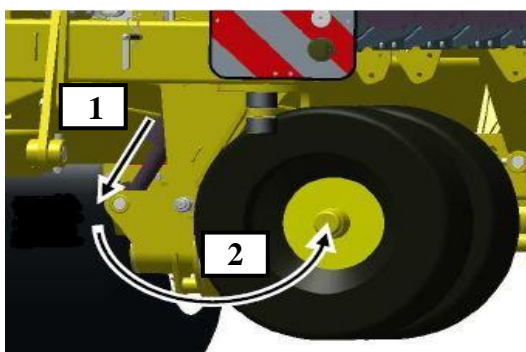
Obr. 11 Směr rozevírání bočních rámců (1) při pohledu shora [3]

Nyní jsou boční rámy v plně rozložené vertikální pozici (Obr. 12).



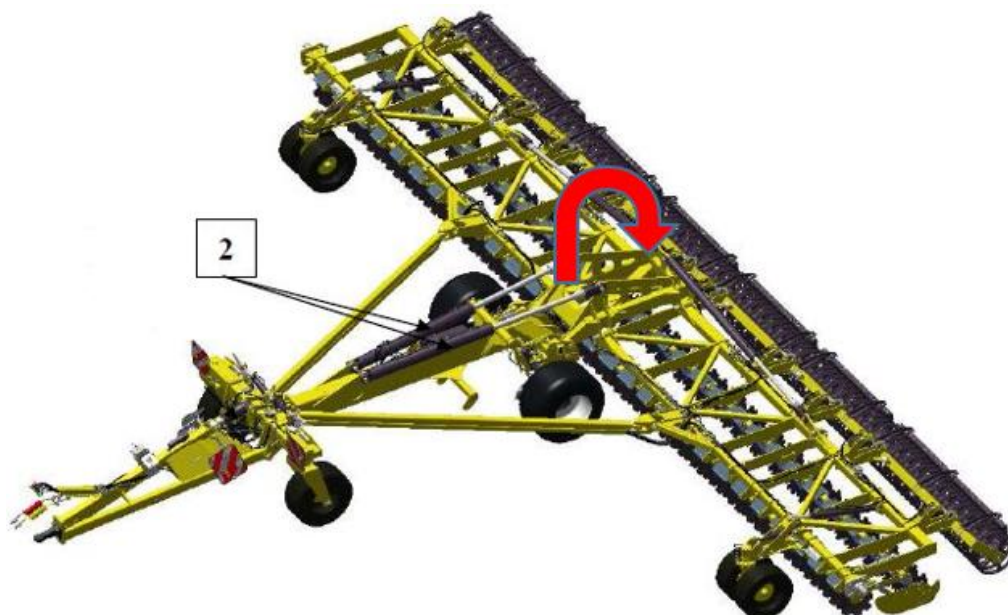
Obr. 12 Ukázka rozložených bočních ráků [foto autor]

Před položením ráků ještě dochází ke zvednutí podpěrných kol (Obr. 13). Tím pádem ztrácí podpěrná kola svojí funkci a boční ráky drží pouze v čepích nacházejících se za zadní nápravou. Zvednutí podpěrných kol se provádí proto, aby se při pokládání bočních ráků na zem tato kola nezaryla do země.



Obr. 13 Vysunutím pístu hydraulického válce (1) se zvedá podpěrné kolo (2) [3]

Po zvednutí podpěrných kol se začnou boční ráky pokládat na zem (Obr. 14). Tento pohyb uskutečňují dva hlavní hydraulické válce, které propojují zadní teleskopickou oj se zadním rámem, na který jsou přes čepy uchycené boční ráky.



Obr. 14 Hlavní hydraulické válce (2) pro sklopení bočních rámu z vertikální polohy [3]

Diskový podmítač je v pozici znázorněné na Obr. 14 plně rozložen a připraven ke zpracování půdy.

Tabulka 2 Sled operací při rozkládání stroje z pohledu hydrauliky

Číslo operace	Název operace	Počet hyd. válců
1	nastavit režim „rokládání/skládání“	
2	zvednout stroj na zadní nápravě	2
	vysunout zadní drobní válce	10
3	spustit podpěrná kola	2
	otevřít transportní háky	2
4	rozložit boční rámy	2
5	zvednout podpěrná kola	2
6	položít rámy na zem	2
7	nastavit režim „práce“	

2.3.5 Skládání stroje

Při skládání diskového podmiřáče do transportní polohy platí stejné principy jako při rozkládání s tím, že jsou operace vykonány v opačném pořadí.

Tabulka 3 Sled operací při skládání stroje z pohledu hydrauliky

Číslo operace	Název operace	Počet hyd. válců
1	nastavit režim „rozkládání/skládání“	
2	zvednout boční rámy	2
3	spustit podpěrná kola	2
	otevřít transportní háky	2
4	složit boční rámy	2
6	zavřít transportní háky (zajistit rámy)	2
	zvednout podpěrná kola	2
7	nastavit režim „transport“	
9	spustit stroj na zadní nápravě	2
	zasunout zadní dorbíčí válce	10

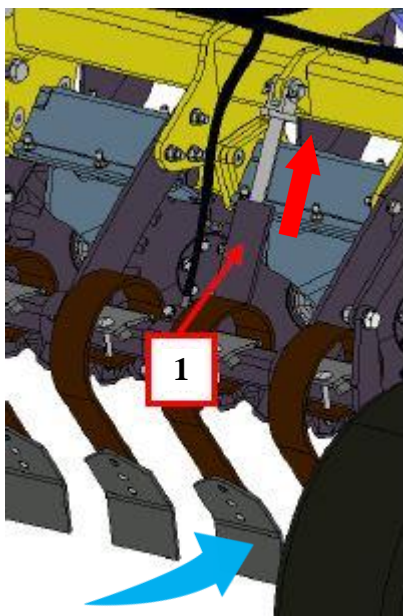
2.3.6 Zpracování půdy

Ovládací panel je nastaven v režimu „práce“. To znamená, že hydraulický válec oje i hlavní hydraulické válce pro sklápěné bočních rámu jsou plovoucí. Natáčení zadní nápravy i zadních podpěrných kol je zablokované.

- **Ovládání předního páskového smyku**

Přední páskový smyk je pracovní orgán, který slouží k prvotnímu urovnání půdy. Pracovní hloubku lze regulovat pomocí sklonu vůči zemi. Pokud je páskový smyk nastaven kolmo k zemi, jeho pracovní hloubka je největší.

K jeho ovládání je potřeba nastavit na ovládacím panelu režim „práce“. Rotaci páskového smyku poté uskuteční celkem pět hydraulických válců (Obr. 15).

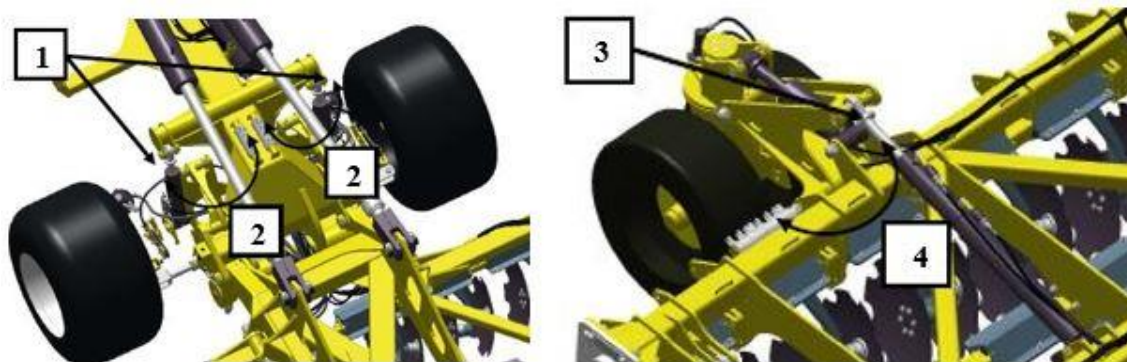


Obr. 15 Ovládání předního páskového smyku. Zasunutí pístu (1) ve směru červené šipky způsobí rotaci páskového smyku ve směru modré šipky [3]

- Ovládání přední a zadní diskové sekce

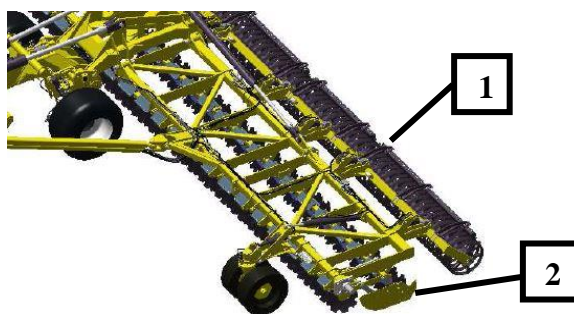
Diskové sekce jsou hlavní pracovní orgány a slouží k prokypření půdy, srovnání hrubých nerovností a zpracování (promíchání) posklizňových zbytků. Ačkoliv jsou sekce rozděleny na přední a zadní diskovou sekci, jejich zahloubení, resp. vyhloubení probíhá současně. Obsluha tedy celý tento proces ovládá jednou pákou v traktoru.

Pracovní hloubka přední diskové sekce se nastavuje pomocí hydraulických válců zadní nápravy a hydraulických válců spojujících boční rámy s podpěr. koly (Obr. 16).



Obr. 16 Nastavení hloubky přední diskové sekce. Vlevo hydraulické válce zadní nápravy (1) s hydroclipsy (2). Vpravo hydraulický válec spojující boční rám s podpěrným kolem (3) a hydroclipsy (4) pro nastavení zdvihu [3]

Pracovní hloubka zadní diskové sekce se nastavuje pomocí zadních drobicích (utuzovacích) válců, které se při zpracovávání půdy odvalují po půdě (Obr. 17).



Obr. 17 Zadní drobící válec (1) pro nastavení hloubky zadní diskové sekce (2) [3]

2.3.7 Otáčení na úvrati

Při otáčení musí být stroj v režimu „práce“ a pracovní orgány nesmí být zahloubeny v půdě. Přední a zadní disková sekce se tedy vyhloubí ze země. Zároveň se také odblokuje natáčení zadní nápravy a podpěrných kol. Poté se vyhloubí ze země přední páskový smyk.

Po otočení na úvrati se přední a zadní disková sekce zahloubí do půdy. Zároveň se zablokuje natáčení zadní nápravy a podpěrných kol. Následně se zahloubí přední páskový smyk.

2.3.8 Couvání

Před samotným couváním je nutné (obdobně jako při otáčení na úvrati) v režimu „práce“ vyhloubit stroj a zablokovat natáčení zadní nápravy a podpěrných kol. Poté se vyhloubí přední páskový smyk.

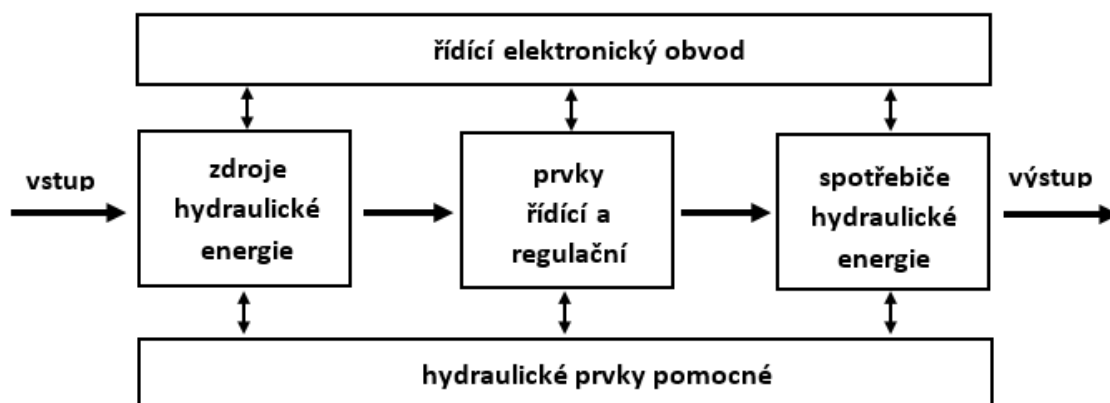
2.4 Problémy současného řešení

Současná hydraulika na stroji se potýká zejména s těmito problémy:

- Podpěrná kola se někdy nespustí včas na zem.
- Natáčení podpěrných kol se občas při režimu couvání nezablokuje.
- Sekvence několika pohybů je řízena tlakem, což je náročné na seřízení.
- Tlakové řízení působí problémy při připojení traktoru s jinými parametry čerpadla, než na které byl stroj seřízen.

3 Prvky hydraulického okruhu

Hydraulické prvky tvoří základ každého hydraulického okruhu. Rozdělení hydraulických prvků je v této bakalářské práci přizpůsobeno funkčnímu začlenění dle Obr. 18.



Obr. 18 Obecné blokové schéma hydraulického okruhu [4]

První skupina, zdroje hydraulické energie, je tvořena prvky, které fungují jako zdroje tlakové energie (hydrogenerátory, akumulátory).

Druhá skupina, prvky řídicí a regulační, je tvořena prvky řídicími průtok a tlak (ventily, rozvaděče).

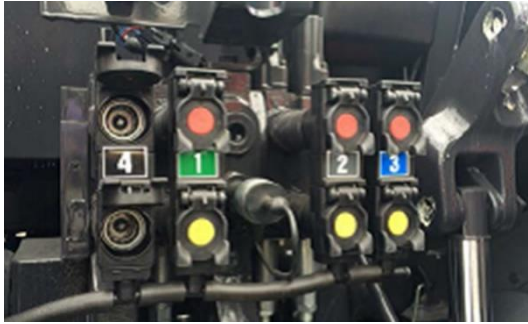
Třetí skupina, spotřebiče hydraulické energie, je tvořena prvky, které spotřebovávají tlakovou energii a přeměňují ji v mechanickou práci (hydromotory).

Hydraulické prvky pomocné tvoří další skupinu nezbytnou pro správné fungování hydraulického systému. Řadí se sem prvky jako například filtry, hadice, potrubí či nádrže.

Řídící elektronický obvod tvoří poslední skupinu prvků. Tvoří ho buď elektrické a elektronické obvody, nebo jeho uzly mohou být částečně integrovány k elektrohydraulickým prvkům. [4]

3.1 Zdroje hydraulické energie

Tato bakalářská práce se zabývá hydraulikou na diskovém podmítači, který není vybaven vlastním primárním zdrojem hydraulické energie (hydrogenerátoru). Tlaková kapalina je tedy do stroje dodávána z traktoru, který může být v rámci doporučených výkonů libovolný. Většina traktorů disponuje vývody čtyř hydraulických okruhů, do kterých lze pomocí hydraulických rychlospojek připojit hydraulické okruhy diskového podmítače (Obr. 19).



Obr. 19 Vývody hydraulických okruhů traktoru MCCORMICK TTX 230 [5]

3.2 Prvky řídicí a regulační

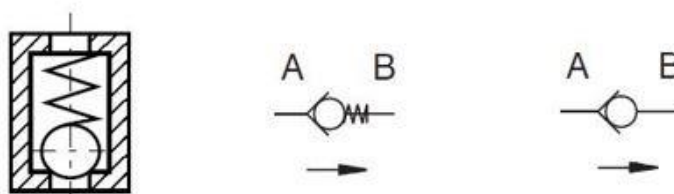
Tyto různorodé prvky hradí, řídí a regulují tlakovou kapalinu v hydraulickém okruhu. Obvykle se dále rozdělují podle toho, jakým způsobem (hrazení, regulování) a jakou fyzikální veličinu (průtok, tlak) přímo ovlivňují.

3.2.1 Prvky pro hrazení průtoku

Prvky pro hrazení průtoku mají za úkol buď úplně zamezit průtoku, nebo umožnit propojení s jinou cestou.

- **Jednosměrný (zpětný) ventil**

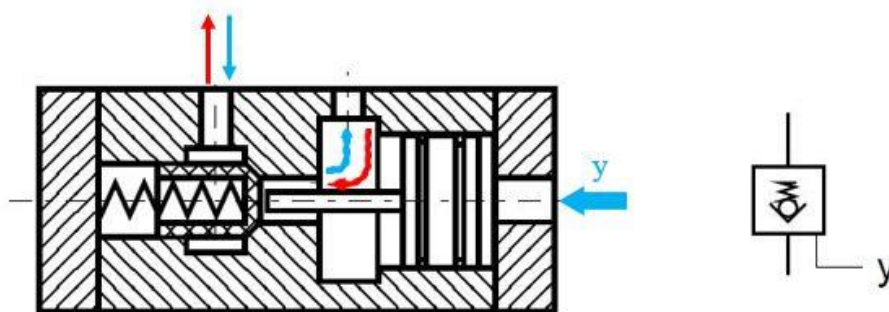
Jednosměrný ventil (Obr. 20) umožňuje průtok tlakové kapaliny pouze jedním směrem. Při změně směru průtoku se ventil samočinně přehradí a kapalina skrze ventil neprojde.



Obr. 20 Vlevo řez jednosměrným ventilem s kuličkou a pružinou [6]. Uprostřed schématická značka jednosměrného ventilu s pružinou a vpravo jednosměrného ventilu bez pružiny [7]

- **Jednostranný hydraulický zámek**

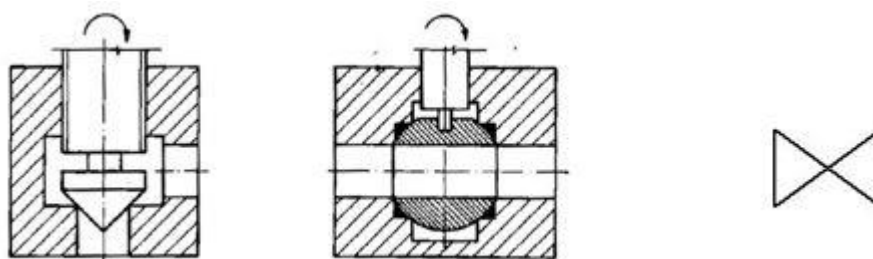
Jednostranný hydraulický zámek je vlastně řízený jednosměrný ventil (Obr. 21) a umožňuje stejně jako jednosměrný ventil průtok pouze jedním směrem, avšak přivedením vnějšího tlakového signálu y (řídícího tlaku) lze umožnit průtok v obou směrech tak, že tlakový signál y posune píst, který vytláčí kuželku ze sedla. Na diskovém podmiťáče se hydraulické zámky používají tam, kde je potřeba držet zatížený hydraulický válec v neměnné poloze. [8]



*Obr. 21 Vlevo řez řízeným jednosměrným ventilem. Vpravo schématická značka [6]
Tlakový signál ve směru y umožní proudění tlakové kapaliny ve směru modrých šipek*

- **Uzavírací ventil a uzavírací kohout**

Uzavírací ventil i uzavírací kohout (Obr. 22) jsou obousměrné hradící prvky, slouží tedy k zavírání (hrazení) průtoku. Disponují pouze dvěma funkčními polohami *otevřeno* a *zavřeno* (mezipolohy se nevyužívají). Kulový uzavírací kohout je v uzavřeném stavu velmi těsný a v otevřeném stavu klade proudící tlakové kapalině minimální odpor. Většina uzavíracích ventilů i kohoutů je ovládána ručně. [8]



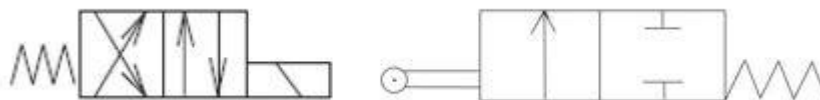
*Obr. 22 Vlevo řez uzavíracím ventilem s kuželkou. Uprostřed řez uzavíracím kulovým kohoutem.
Vpravo schématická značka uzavíracího ventilu [9]*

- **Rozváděč**

Rozváděč je nezbytný prvek většiny hydraulických okruhů sloužící k hrazení průtoku či změně směru průtoku tlakové kapaliny. U přímočarých hydromotorů tedy určuje vysouvání a zasouvání pístní tyče.

Počet poloh (tzn. počet možných poloh ovládací páky) znázorňuje počet čtverečků ve schématické značce. Obvykle jsou rozváděče dvoupolohové nebo třípolohové. Druhý důležitý parametr je počet cest (výstupů a vstupů), které propojují. Obvykle jsou dvoucestný až pěticestý. Rozváděče se dělí podle konstrukčního řešení na šoupátkové a sedlové. U mobilních strojů se ovšem nejčastěji vyskytují šoupátkové rozváděče.

Na stroji SWIFTERDISC XE 14000 jsou použity například tyto rozváděče: První typ je dvoupolohový čtyřcestný rozváděč ovládaný elektricky pomocí elektromagnetu a pružiny (Obr. 23 vlevo). Druhý typ je dvoupolohový dvoucestný rozváděč ovládaný mechanicky pomocí páky a pružiny (Obr. 23 vpravo).

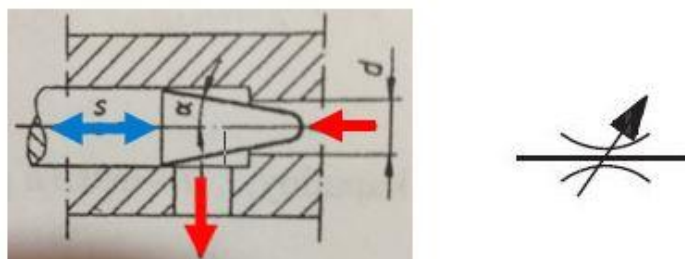


Obr. 23 Vlevo schématická značka elektromagnetického dvoupolohového čtyřcestného rozváděče. Vpravo schématická značka mechanicky ovládaného dvoupolohového dvoucestného rozváděče

3.2.2 Prvky pro řízení průtoku

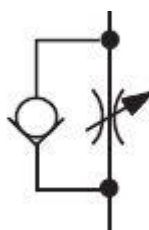
- Škrtící ventil

Škrtící ventil (Obr. 24) je součástka s proměnným hydraulickým odporem umožňující řídit velikost průtoku změnou průtočného průřezu. Typické využití je řízení rychlosti pístu hydromotoru. Závislost průtoku na průtočném průřezu je lineární. Čím větší je průtočný průřez, tím větší je průtok tlakové kapaliny. [8]



Obr. 24 Vlevo řez škrtícím jehlovým ventilem[8]. Vpravo schématická značka škrtícího ventilu [7]

Pro řízení rychlosti přímočarých hydromotorů se škrtící ventily velmi často doplňují jednosměrným ventilem, který funguje jako obtok (Obr. 25).

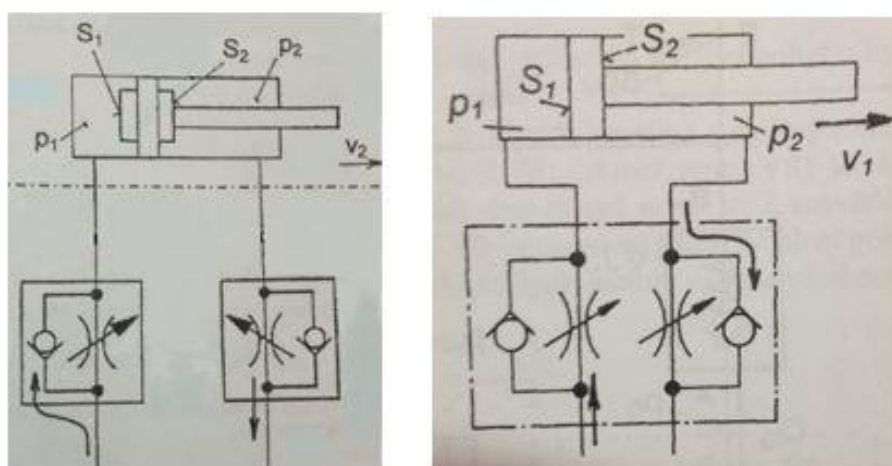


Obr. 25 Schématická značka škrtícího ventilu s obtokem [7]

Škrtící ventil s obtokem lze zapojit dvěma způsoby (Obr. 26). První způsob zapojení (Obr. 26 vlevo) spočívá v tom, že při proudění tlakové kapaliny směrem do hydromotoru je škrtící ventil obtékán přes jednosměrný ventil. Z hydromotoru proudí kapalina pouze škrtícím ventilem, protože jednosměrný ventil zahradí průtok. Dochází k růstu tlaku kapaliny na vstupní části hydromotoru, což se musí řešit pojistným ventilem umístěným většinou poblíž čerpadla.

Při tomto procesu se mění tlaková energie kapaliny na tepelnou, což má za následek značný ztrátový výkon. Dále je třeba dát pozor na skutečnost, že ve vstupní části hydromotoru s větší plochou pístu je mnohem vyšší tlak (tzv. multiplikace tlaku), což může vést například k protržení hadice či rychlému opotřebením těsnících prvků.

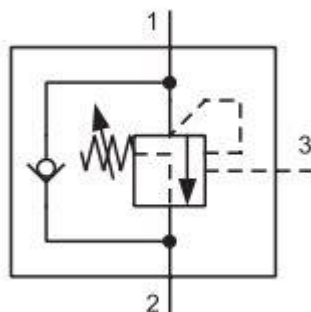
Druhý způsob zapojení (Obr. 26 vpravo) se odlišuje tím, že jednosměrné ventily jsou natočené obráceně. Tlak se hromadí ještě před škrťicím ventilem a tím pádem nedochází k multiplikaci tlaku v hydraulickém válci. Toto řešení ovšem není vhodné pro hydromotor s velkou zátěží na pístnici v dynamické zátěži, protože není v obou komorách válce tak vysoký tlak jako u prvního způsobu zapojení. [8]



Obr. 26 Vlevo zapojení škrťicího ventilu s obtokem s hrozbou multiplikace tlaku. Vpravo zapojení bez hrozby multiplikace tlaku [8]

- **Brzdící ventil**

Brzdící ventil (Obr. 27) je prvek hydraulického okruhu, který se používá ke kontrolovanému zvedání, spouštění a překlápění břemen. Zabraňuje „přebíhání“ spotřebiče, slouží k držení zátěže bez objemových ztrát, chrání okruh proti přetížení a v případě protržení hadice jistí břemeno proti pádu. Brzdící ventil se na stroji používá k plynulému spouštění stroje na zadní nápravě.



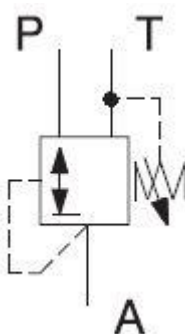
Obr. 27 Schématická značka brzdícího ventilu [10]

3.2.3 Prvky pro řízení tlaku

Prvky pro řízení tlaku zajišťují v hydraulickém okruhu konstantní tlak, omezují tlak v okruhu na nastavenou maximální hodnotu, redukují tlak a připojují nebo odpojují ostatní hydraulické prvky k systému.

- **Třicestný redukční ventil**

Třicestný redukční ventil (Obr. 28) slouží k redukcí vstupního tlaku na nižší výstupní tlak. Toho lze využít například v aplikacích, kde je žádoucí, aby hydraulický válec nezávisle na vnějších podmínkách působil stále stejnou silou. Na diskovém podmítači lze tento ventil použít pro tlakování hydraulického válce podpěrných kol. Na schématické značce ventilu značí *P* přívod tlaku, *A* odvod tlaku a *T* přepuštění tlaku zpět do hydraulické nádrže.



Obr. 28 Schématická značka třicestného redukčního ventilu [7]

3.3 Spotřebiče hydraulické energie

Spotřebiče hydraulické energie přeměňují tlakovou energii kapaliny v mechanickou práci. Mají tedy reverzní funkci k hydrogenerátorům. Lze je rozdělit na přímočaré hydromotory (Obr. 29) a rotační hydromotory.



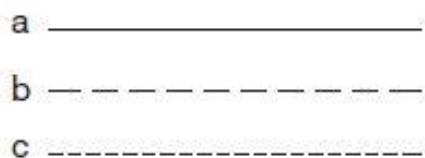
Obr. 29 Vlevo přímočarý dvojčinný hydromotor s jednostrannou pístnicí [12]. Vpravo schématická značka [7]

Na diskovém podmítači SWIFTERDISC XE 14000 se vyskytují pouze přímočaré dvojčinné hydromotory, v praxi též nazývané hydraulické válce. V našem případě je zdvih hydraulických válců pevně stanoven konstrukcí stroje a nelze ho měnit.

3.4 Hydraulické prvky pomocné

Ačkoliv do této skupiny patří mnoho hydraulických prvků, mnoho z nich (hydraulické nádrže, filtry, chladiče, ohřívače) není v této práci popsáno. Tyto prvky jsou součástí hydrauliky traktoru a nejsou umístěné přímo na stroji.

Diskový podmítač disponuje pouze prvky, které slouží pro vedení tlakové kapaliny (hadice, koncovky, bloky, rychlospojky). Na Obr. 30 jsou znázorněny různé typy hydraulického vedení rozdělené podle jejich funkce.



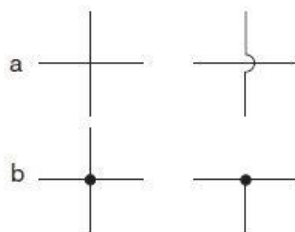
Obr. 30 Schématické značky pro vedení tlakové kapaliny [7]

a – hlavní, vedlejší nebo zpětné vedení

b – řídicí vedení (slouží k přenosu informace)

c – svodové vedení (k vedení kapaliny unikající vlivem propustnosti prvku)

Pro snadné rozlišení, která vedení jsou spolu propojená a která nikoliv, jsou zavedena pravidla znázorněná na Obr. 31.



Obr. 31 Schématické značky pro křížení vedení [7]

a – křížení vzájemně nepropojených vedení

b – spojení několika vedení

- **Rychlospojka**

Rychlospojka (Obr. 32) je prvek hydraulického okruhu sloužící k rychlému spojení dvou hadic nebo spojení hadice s jiným hydraulickým prvkem bez použití jakéhokoliv nářadí. Při rozpojování a spojování nesmí být ani jedna strana rychlospojky zatížena tlakem.



Obr. 32 Vlevo schématická značka spojené rychlospojky. Vpravo rozpojené rychlospojky [7]

4 Návrh hydraulického okruhu

V této kapitole je uveden popis jednotlivých částí navrženého hydraulického okruhu s potřebnými výpočty. Celkové schéma hydraulického okruhu je v příloze (Příloha č.2).

4.1 Shrnutí požadavků na návrh hydraulického okruhu

Hydraulický okruh diskového podmítače SWIFTERDISC XE 14000 je navržen tak, aby nebyl opomenut žádný požadavek na funkci či ovládání. Seznam požadavků, dle kterých je hydraulika navržena, je sepsán níže:

- Minimální parametry hydrogenerátoru (čerpadla): tlak 150 barů, průtok 60 l/min.
- Stroj musí být schopen konat 11 různých pohybů pomocí celkem 32 hydraulických válců. Počet pohybů se liší podle toho, v jakém režimu obsluha stroj ovládá (tato problematika je podrobně sepsána v řešeršní části).
- Stroj může disponovat nejvýše čtyřmi hydraulickými okruhy.
- Konstrukce stroje nesmí být změněna.
- Ovládání diskového podmítače, zejména v režimu „PRÁCE“ a „COUVÁNÍ“, musí být co nejjednodušší. Zahloubení či vyhloubení stroje by mělo být ovládáno ideálně jednou pákou v traktoru a nemělo by trvat déle než 10 s.
- Nové řešení by mělo odstranit problémy stávajícího řešení, které jsou sepsány v kapitole 2.4 Problémy současného řešení.
- Hydraulický okruh musí být schopen zamezit poškození stroje v případě, že obsluha nedodrží správný postup při rozkládání nebo skládání stroje.
- V případě poruchy elektrického vedení musí být stroj schopen složení do transportní polohy i bez možnosti ovládání elektrických prvků.
- Hydraulický okruh musí být vybaven bezpečnostními prvky, které zabrání nekontrolovatelnému pádu těžkých břemen či nechtěnému rozložení stroje na pozemní komunikaci.

4.2 Návrh umístění hydraulických válců v okruzích

Existuje mnoho kombinací, jak lze všech 32 hydraulických válců umístit do čtyř hydraulických okruhů. Pomocí myšlenkové mapy (Příloha č.3) jsou eliminovány nefunkční či nevhodné kombinace, který by vedly ke složitému návrhu.

- **Okruh 1** - hydraulický válec oje, hlavní válec.
- **Okruh 2** – regulace hloubky, zablokování natáčení zadní nápravy a podpěrných kol.
- **Okruh 3** – přední páskový smyk, ovládání podpěrných kol.
- **Okruh 4** – transportní háky, rozkládání/skládání bočních rámců.

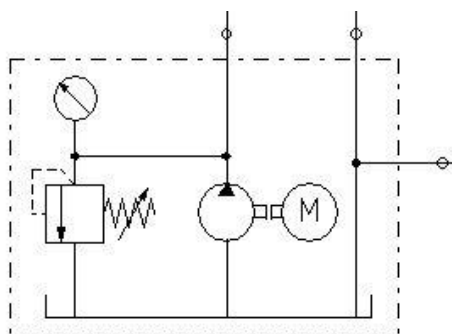
4.3 Vysvětlivky ke schématu hydraulického okruhu

Hydraulický okruh je nakreslen a simulován v programu FluidSIM4 od firmy FESTO.

• Traktor

Hydraulika traktoru je na schématu zjednodušeně reprezentována prvky umístěnými v čárkovaném rámečku, ve kterém je také umístěn pojem „HYDRAULIKA TRAKTORU“. V této podkapitole je funkce všech těchto prvků vysvětlena.

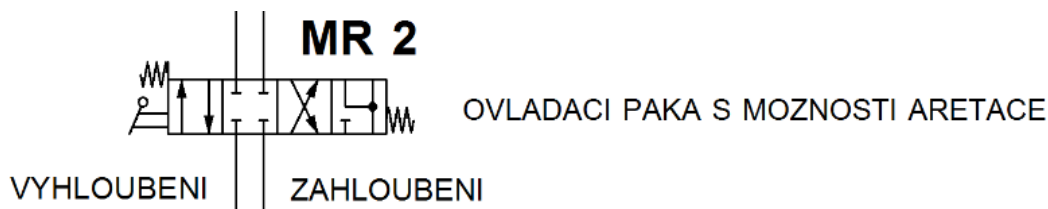
Skupina prvků: motor, čerpadlo, nádrž, pojistný ventil a manometr představuje zdroj tlaku umístěný v traktoru (Obr. 33). Hydrogenerátor je v simulaci nastaven tak, aby jeho tlak a průtok odpovídal reálným podmínkám.



Obr. 33 Skupina prvků reprezentující zdroj tlaku

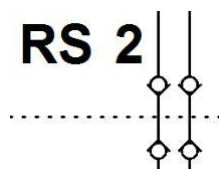
Od čerpadla je vedena tlaková kapalina do čtyř manuálních rozváděčů (Obr. 34), které představují ruční ovládání v kabině traktoru. Pro lepší ovládání okruhů při simulaci jsou u každého z těchto rozváděčů připsány pohyby, které jsou vykonány, pokud je rozváděč (páka v traktoru) přenastaven do dané polohy. U tří rozváděčů je také definováno, jaké musí mít páka v traktoru vlastnosti. Například, jestli musí disponovat plovoucí polohou či jestli by měla mít možnost aretace v určité poloze.

Diskový podmítač SWIFTERDISC XE 14000 je navržen pro moderní traktory s velkým výkonem, které jsou vybaveny ovládací pákou s možností plovoucí polohy a s možností aretace ovládací páky. Je tedy možné stroj připojit k jakémukoliv traktoru, který splňuje výkonovou podmínku.



Obr. 34 Manuální třípolohový rozváděč reprezentující ovládací páku v kabině traktoru

Za manuálními rozváděči se nachází rychlospojky (Obr. 35). Hranice mezi hydraulickými okruhy traktoru a stroje je vyznačena čárkovanou čarou.

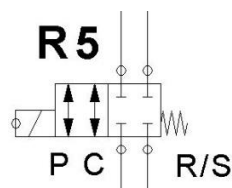


Obr. 35 Rychlospojky s vyznačenou hranicí mezi traktorem a diskovým podmítačem

• Diskový podmítač

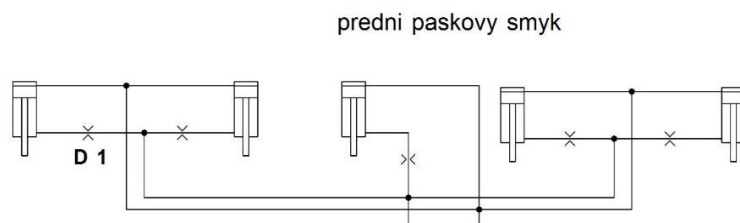
V hydraulickém okruhu diskového podmítače je umístěno celkem sedm elektromagnetických rozváděčů (Obr. 36), které jsou přepnuty do přesné polohy podle toho, v jakém režimu stroj zrovna pracuje. Pro lepší ovládání elektromagnetů při simulaci jsou u každého z nich připsány zkratky. Tyto zkratky značí, v jaké pozici se rozváděč v daném režimu nachází. Význam zkratk je následující: „P = PRÁCE“, „C = COUVÁNÍ“, „R/S = ROZKLÁDÁNÍ/SKLÁDÁNÍ“, „T = TRANSPORT“, „P/O = PŘIPOJENÍ/ODPOJENÍ“. Každý elektromagnetický rozváděč je pojmenován tučným písmenem „R“ a číslem (např. „R1“) a každý mechanický rozváděč je pojmenován tučným písmenem „R“ a písmenem (např. „RA“).

Na schématu jsou všechny elektromagnetické rozváděče zobrazeny v základní poloze (Obr. 36), tzn. v režimu „rozkládání/skládání“. Při poruše na elektrickém vedení se všechny elektromagnetické rozváděče pomocí pružin automaticky přenastaví do této základní polohy. Stroj může být složen do transportní polohy i v případě selhání elektroinstalace. Při poslední fázi složení stroje je nutné manuálně přenastavit čtyři elektromagnetické rozváděče, které jsou součástí diskového podmítače.



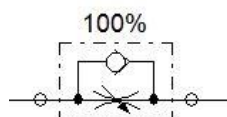
Obr. 36 Elektromagnetický rozváděč „R5“

Pro snadnou orientaci ve schématu jsou hydraulické válce pojmenovány a znázorněny ve stejném počtu jako v reálném provedení (Obr. 37). Pozice hydraulických válců kvůli přehlednosti výkresu ovšem neodpovídají skutečnému umístění na stroji. Ačkoliv je v programu každý válec definován skutečnými parametry (průměr pístní tyče, průměr válce, zdvih, zatížení), přesto jsou všechny válce zobrazeny ve stejné velikosti.



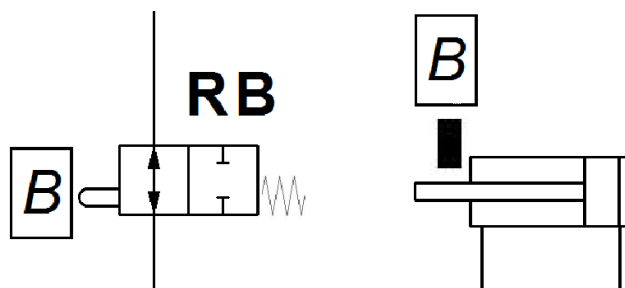
Obr. 37 Hydraulické válce s pojmenováním a ve skutečném počtu

U škrtících prvků je zobrazeno (Obr. 38), na kolik procent je daný ventil otevřen. 100 % znamená plné otevření daného prvku.



Obr. 38 Škrtící ventil s procentuálním označení otevření

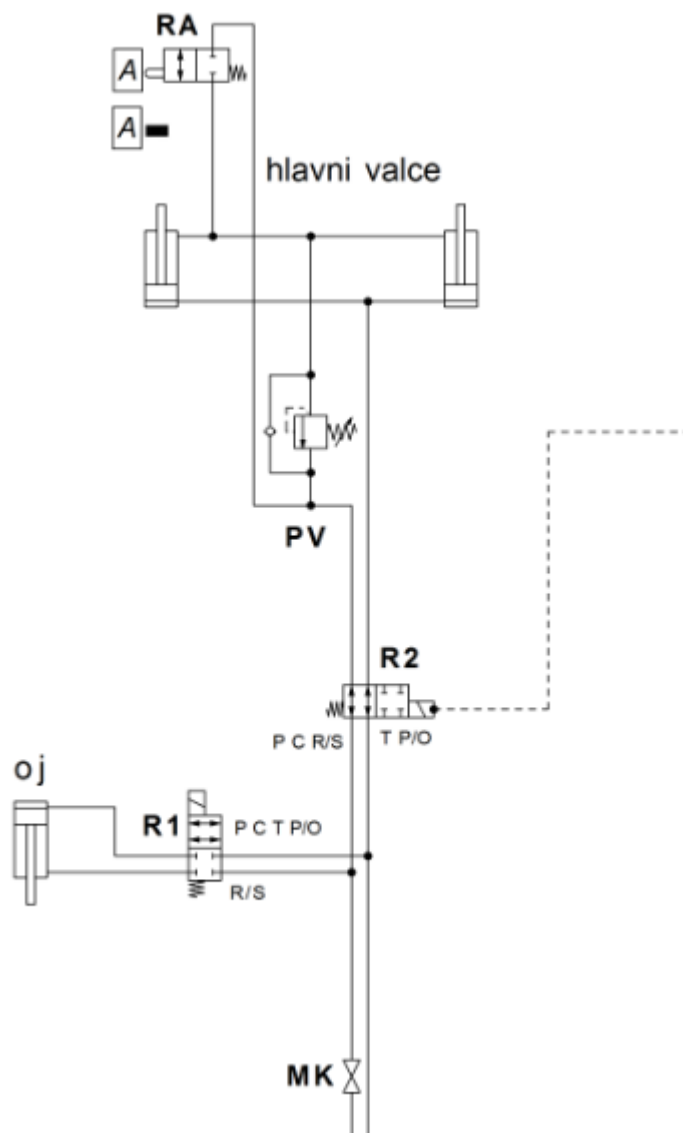
V hydraulickém okruhu jsou umístěny čtyři mechanické rozváděče „RA“, „RB“, „RC“ a „RD“, které zde zajišťují požadovanou sekvenci pohybů (Obr. 39). Rozmístění mechanických rozváděčů je voleno tak, aby se při montáži nezasahovalo do konstrukce stroje.



Obr. 39 Mechanický rozváděč „RB“ umístěný u koncové polohy bočních rámců

4.4 Okruh 1 – oj a hlavní válce

Tento hydraulický okruh (Obr. 40) slouží k ovládní oje a spouštění, resp. zvedání bočních rámců pomocí hlavních válců.

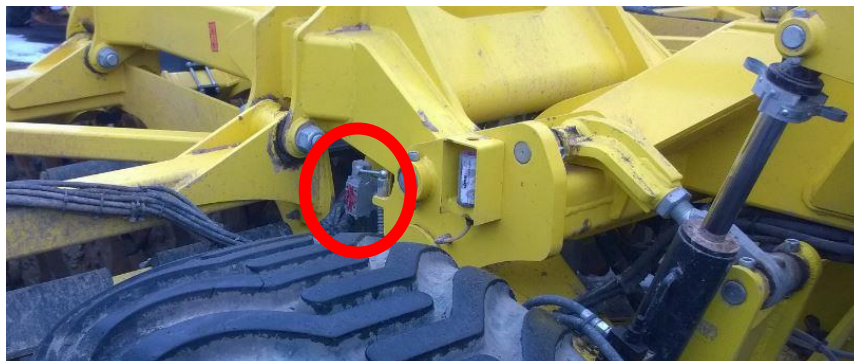


Obr. 40 Hydraulický okruh 1

Okruh 1 musí být připojen do okruhu v traktoru, jehož rozváděč má možnost plovoucí polohy. Okruh je tvořen třemi hydraulickými válci a dvěma dvoupolohovými elektromagnetickými rozváděči.

U hlavních válců je umístěn pojistný ventil s obtokem „PV“, který zde plní dvě funkce. Funkci bezpečnostní, kdy jistí rámy proti pádu v případě protržení hydraulických hadic a funkci pro plynulé spouštění rámců. Pojistný ventil musí být nastaven tak, aby boční rámy udržel zatížené jen vlastní vahou v jakékoliv poloze. Ventil umožní průtok pouze v případě, kdy se v systému zvýší tlak nad hodnotu, která odpovídá vlastní hmotnosti rámců.

Pro umožnění plovoucí polohy hlavních válců je za zadní nápravou umístěn mechanický rozváděč „RA“ (Obr. 41), který umožní obtok pojistného ventilu v případě, že jsou boční rámy položeny na zem. Zde je navržen stejný princip jako v současném řešení.



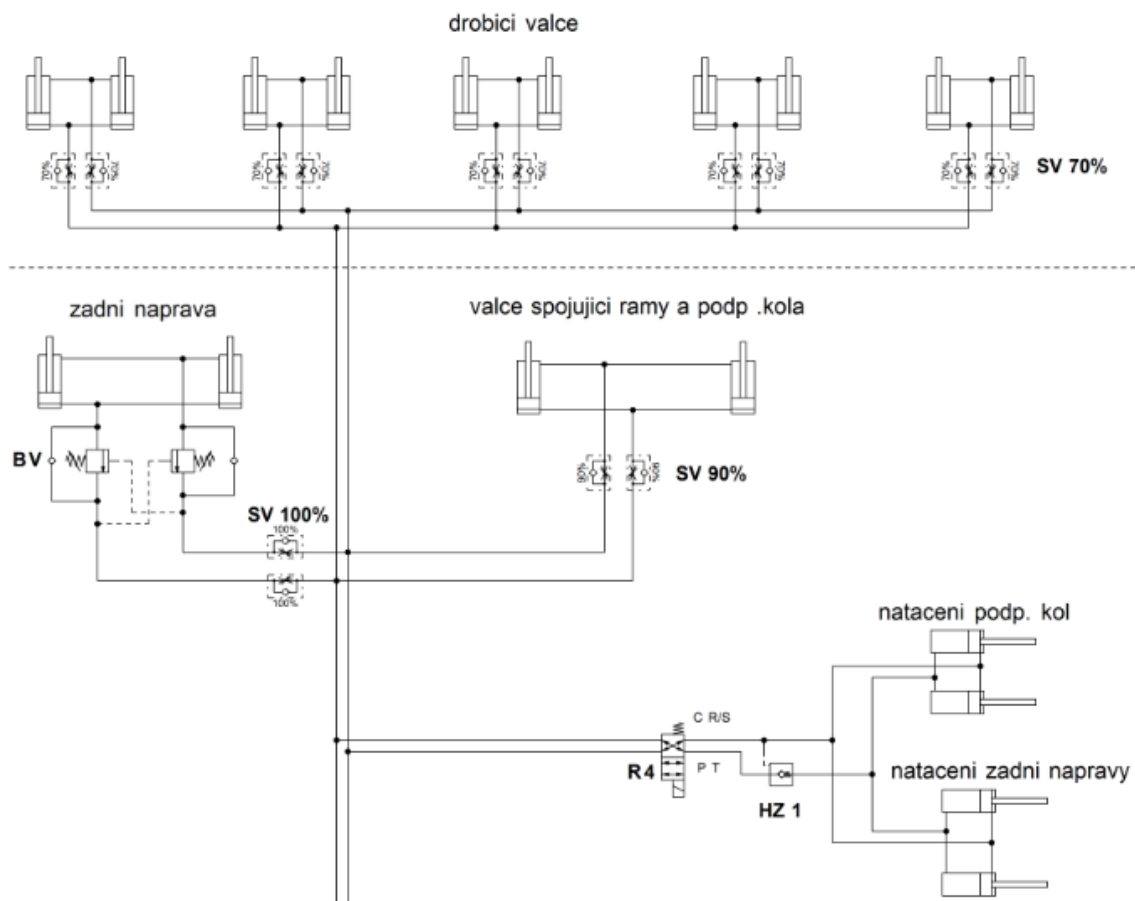
Obr. 41 Mechanický ventil „RA“ u zadní nápravy [foto autor]

Výstup (pozici) elektromagnetického rozváděče „R2“ ovlivňují vstupy ovládacích režimů („P“, „C“, „R/S“, „T“, „P/O“) a vstupy elektrických signálů z čidel „F“ a „G“ (poloha podpěrných kol). V reálném provedení to znamená, že lze boční rámy sklopit pouze v případě, že je nastaven režim „rozkládání/skládání“ a zároveň jsou obě podpěrná kola plně zvednuta. Diskový podmítač je vybaven inteligentním řízením, které tuto podmínku umožňuje naprogramovat. Z pohledu obsluhy je tento návrh přínosný, protože rozváděč nedovolí poškození stroje při nedodržení správného postupu během rozkládání stroje. Realizace spojení spínače a elektromagnetického rozváděče je nastíněna v kapitole 4.6 Okruh 3 – přední páskový smyk a podpěrná kola.

V okruhu 1 je dále umístěn manuální kohout „MK“, který má význam při odpojení/připojení diskového podmítače od/ k traktoru.

4.5 Okruh 2 – regulace hloubky a zablokování natáčení

Tento hydraulický okruh (Obr. 42) slouží k zahloubení, resp. vyhloubení stroje při práci na poli a také k zablokování natáčení zadní nápravy a podpěrných kol.



Obr. 42 Hydraulický okruh 2

Z důvodu usnadnění ovládání stroje je vhodné, aby byl okruh 2 připojen do okruhu v traktoru, který má možnost aretace ovládací páky.

Okruh 2 je tvořen celkem 18 hydraulickými válci se 14 škrtícími ventily, které zajišťují rovnoměrné zahloubení, resp. vyhloubení stroje.

U hydraulických válců zadní nápravy je použita dvojice takzvaných brzdících ventilů „BV“, které v okruhu plní bezpečnostní funkci. Praskne-li hydraulické vedení kdekoli za těmito ventily, brzdící ventily se uzavřou a pád stroje se ihned zastaví.

Vyhloubení a zahloubení stroje jsou nejčastěji prováděnou operací, proto musí brzdící ventily představovat pro tlakovou kapalinu co nejmenší hydraulický odpor. Z tohoto důvodu je každý z brzdících ventilů spojen ovládacím vedením s protějším vedením, které při průchodu tlakové kapaliny otevře brzdící ventil a nedochází k tepelným ztrátám. Stejné řešení je zvoleno i na současném stroji.

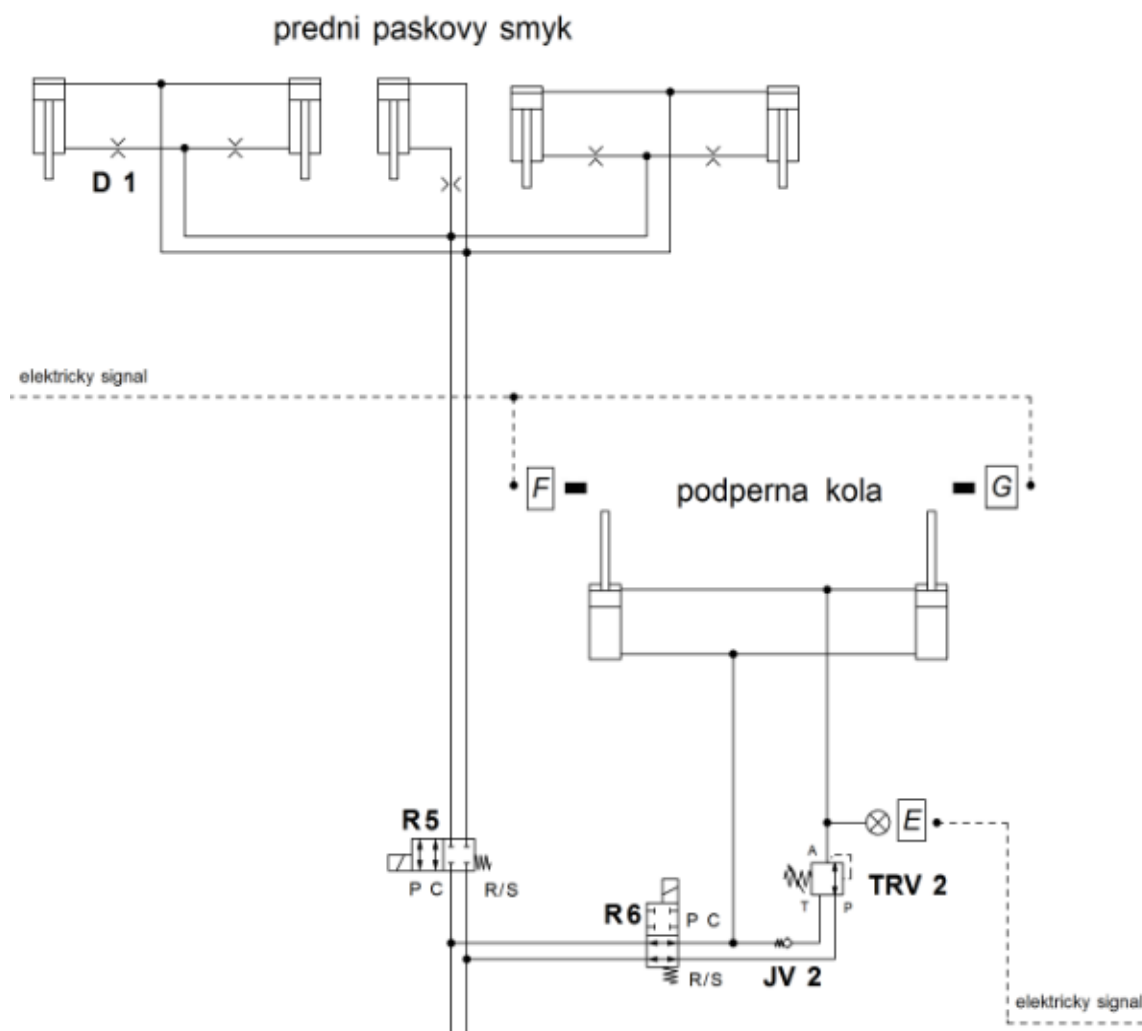
Návrh hydraulického okruhu

V okruhu je použit jeden elektromagnetický dvoupolohový rozváděč „R4“, který podle nastaveného režimu určuje, zda průtok tlakové kapaliny odblokuje nebo zablokuje natáčení všech kol.

V okruhu je také umístěn hydraulický zámek „HZ 1“, který zajistí, že i v náročných půdních podmínkách nedojde k natočení jakéhokoliv kola.

4.6 Okruh 3 – přední páskový smyk a podpěrná kola

Tento hydraulický okruh (Obr. 43) slouží v režimu „PRÁCE“ k ovládní předního páskového smyku a v režimu „ROZKLÁDÁNÍ/SKLÁDÁNÍ“ slouží k zvedání a spouštění podpěrných kol.



Obr. 43 Hydraulický okruh 3

Z důvodu usnadnění ovládní stroje je vhodné, aby byl okruh 3 připojen do okruhu v traktoru, který má možnost aretace ovládní páky.

Okruh je tvořen sedmi hydraulickými válci, pěti dýzami „D 1“ (škrťící prvek) pro plynulé zahloubení a vyhloubení páskového smyku a dvěma elektromagnetickými rozváděči „R5“ a „R6“.

Dále je zde umístěn třicestný redukční ventil „TRV 2“, který udržuje ve válci vypočítaný konstantní tlak a při najetí podpěrného kola na překážku funguje hydraulický válec jako tlumič. Při práci na poli je hydraulický válec plně vysunut a tuto funkci tlumiče tak ztrácí.

- **Koncové spínače „F“ a „G“**

Koncové spínače „F“ a „G“ se v současné době na stroji nenachází. Spínač „F“ by mohl být umístěn například na pravém podpěrném kole, spínač „G“ na levém (Obr. 44).

Pokud se obě podpěrná kola při rozkládání stroje zvednou do koncové polohy (tzn. hydraulické válce vysunou na maximum), spínače se sepnou a vyšlou elektrický signál řídicí jednotce. Po vyhodnocení vstupů řídicí jednotkou je přerušeno napájení cívky elektromagnetického rozváděče „R2“. Ten se pomocí pružiny přenastaví do své základní polohy, která umožňuje průtok tlakové kapaliny.

Lze konstatovat, že koncové spínače „F“ a „G“ spolu s rozváděčem „R2“ plní bezpečnostní funkci (boční rámy lze sklopit nebo zvednout pouze za podmínky, jsou-li obě podpěrná kola zvednutá). V případě poruchy elektrického vedení na stroji se elektromagnetický rozváděč „R2“ pomocí pružiny sám přenastaví do polohy „otevřeno“ a je tak umožněno nouzovému složení stroje bez ohledu na polohu podpěrných kol.



Obr. 44 Vlevo návrh umístění jednoho z koncových spínačů „F“ a „G“, vpravo tlakového spínače „E“

- **Tlakový spínač „E“**

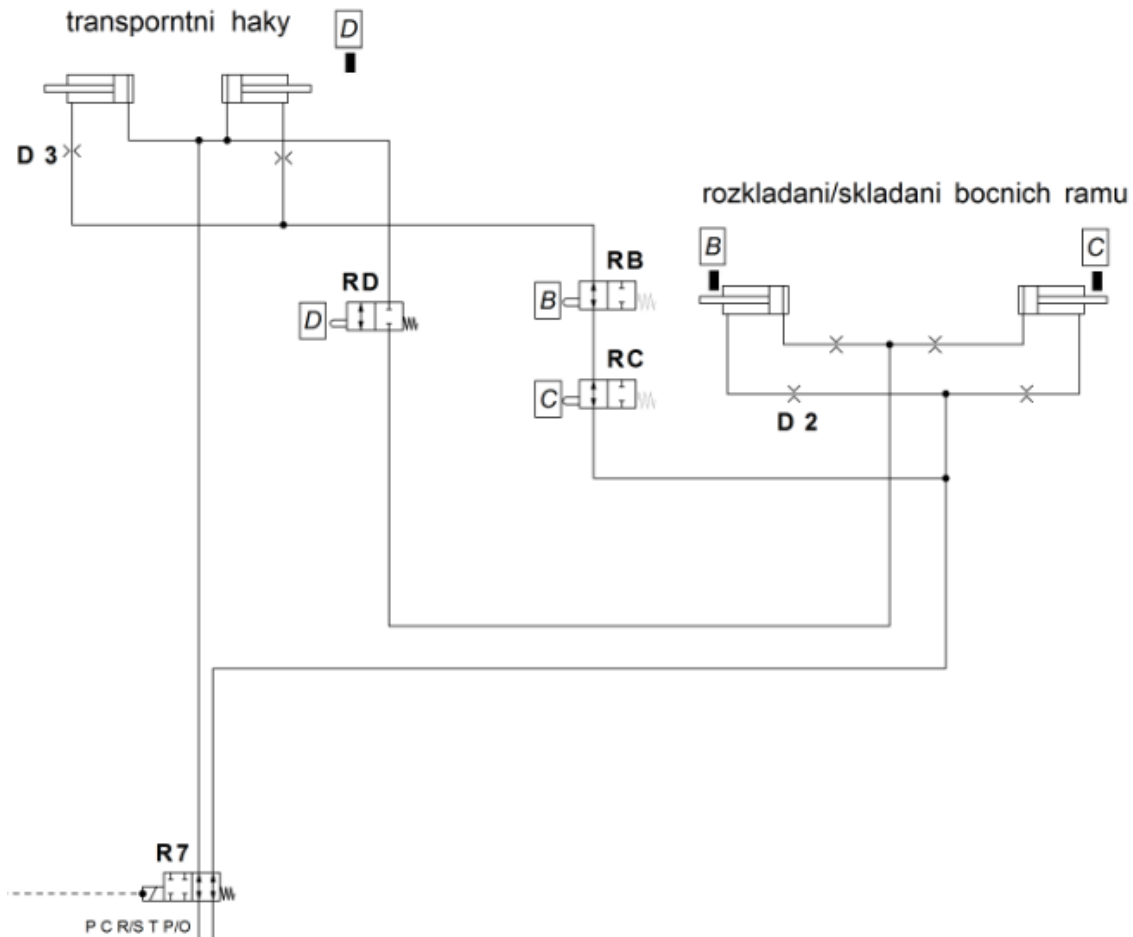
Tlakový spínač „E“ se v současné době na stroji také nenachází. Umístění tlakového spínače je navrženo kdekoliv za třícestným redukčním ventilem „TRV 2“ v krytu oje (Obr. 44).

Funkce tlakového spínače je obdobná jako funkce koncového spínače. Pokud se podpěrné kolo při rozkládání, resp. skládání stroje spustí na zem (tzn. hydraulický válec zasune), tlakový spínač zaznamená dosažení potřebného tlaku a vyšle elektrický signál řídicí jednotce. Po vyhodnocení vstupů řídicí jednotkou je přerušeno napájení cívky elektromagnetického rozváděče „R7“. Ten se pomocí pružiny přenastaví do své základní polohy, která umožňuje průtok tlakové kapaliny.

Tlakový spínač „E“ spolu s rozváděčem plní bezpečnostní funkci (boční rámy lze rozložit nebo složit pouze za podmínky, jsou-li podpěrná kola spuštěna na zem). V případě poruchy elektrického vedení lze stroj nouzově složit. Nefunkčnost tlakového nebo koncového spínače by se projevila tím, že by stroj nešel rozložit, resp. složit. Nouzové složení by se provedlo odpojením stroje od zdroje elektrické energie.

4.7 Okruh 4 – transportní háky a ovládání bočních rámů

Tento hydraulický okruh (Obr. 45) slouží k ovládání transportních háků a také k rozkládání, resp. skládání bočních rámů. Okruh je používán výhradně při rozkládání/skládání stroje z/do transportní polohy.



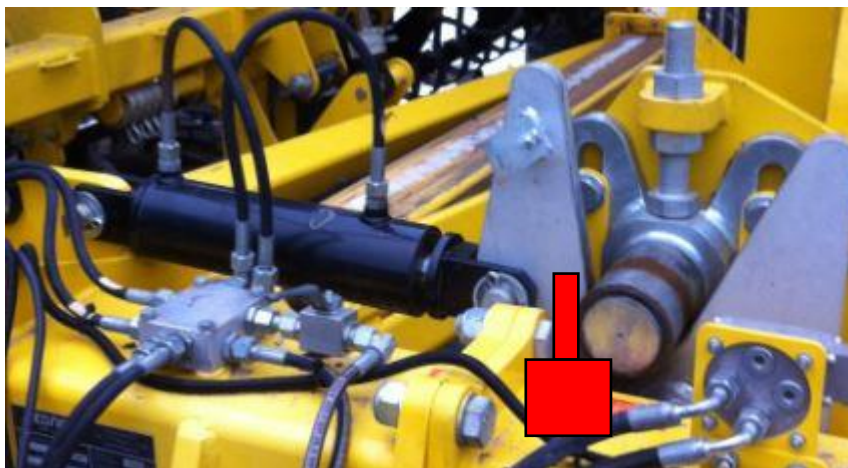
Obr. 45 Hydraulický okruh 4

Okruh 4 tvoří čtyři hydraulické válce, čtyři dýzy „D 2“ pro rovnoměrné rozkládání, resp. skládání bočních rámů a dvě dýzy „D 3“ pro plynulé otvírání transportních háků.

V okruhu je umístěn elektromagnetický dvupolohový rozváděč „R7“, který plní bezpečnostní funkci (viz kapitola 4.6 Okruh 3 – přední páskový smyk a podpěrná kola)

- **Mechanické rozváděče „RB“ a „RC“**

Mechanické rozváděče „RB“ a „RC“ se na stávajícím stroji nenachází. Umístění rozváděčů je navrženo na rámu stroje v blízkosti transportních háků (Obr. 46).



Obr. 46 Návrh umístění mechanického rozváděče "RB"

Tyto sériově (za sebou) zapojené rozváděče zajišťují správnou sekvenci pohybů při skládání stroje. Jakmile se oba boční rámy složí k sobě, mechanicky se otevřou rozváděče „RB“ a „RC“, které vpustí tlakovou kapalinu do hydraulických válců, které zavřou transportní háky. Jelikož se v reálných podmínkách vždy jeden z bočních rámu složí dříve než druhý, jsou použity právě dva mechanické rozváděče zařazené v sérii.

- **Mechanický rozváděč „RD“**

Mechanický rozváděč „RD“ je na stávajícím stroji umístěn (Obr. 47) a jeho použití je tedy podobné současnému řešení.



Obr. 47 Mechanický rozváděč „RD“

Tento rozváděč zajišťuje správnou sekvenci pohybů při rozkládání stroje. Jakmile se transportní háky otevřou do koncové polohy, rozváděč „RD“ se mechanicky otevře a umožní tak rozložení bočních rámu.

4.8 Simulace hydraulického okruhu

Všechny navržené okruhy jsou simulovány dohromady v programu FluidSIM4. Při simulaci hydraulický okruh dodržuje v požadavcích stanovenou sekvenci pohybů.

4.9 Základní výpočty hydraulického okruhu

Diskový podmiřák SWIFTERDISC XE 14000 je již vyroben a návrhové výpočty hydrauliky byly provedeny. V následující kapitole jsou nastíněny základní výpočty hydraulického okruhu a také výpočty potřebné pro přibližné nastavení tlakových ventilů a výpočty pro určení doby zahloubení, resp. vyhloubení stroje.

4.9.1 Silové výpočty

- **Silová kontrola hydraulického válce**

Silový výpočet slouží ke kontrole, jsou-li zvolené parametry hydraulického válce dostačující. Síla, která musí být vyvozena hydraulickým válcem, může být spočítána například dle rovnice (1), resp. (2). Aplikace obou rovnic je závislá pouze na směru zatěžovací síly. Obě situace jsou znázorněny na Obr. 48.

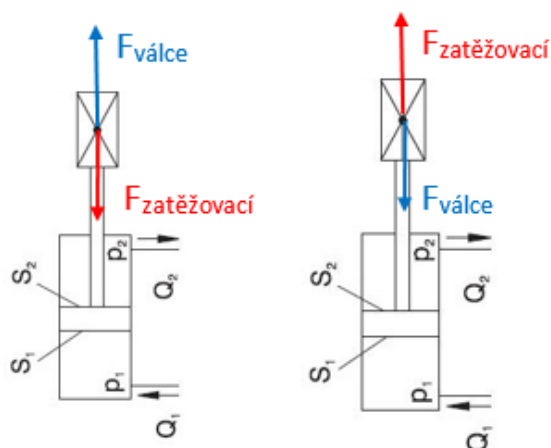
Síla potřebná pro zvednutí břemene může být spočítána dle vztahu:

$$F_{v\acute{a}lce} = \frac{p_1 \cdot S_1}{10} > F_{zat\acute{e}žov\acute{a}c\acute{\i}} \quad (N, bar, mm^2), \quad (1)$$

kde p_1 je tlak ve válci, S_1 je plocha pístu, $F_{zat\acute{e}žov\acute{a}c\acute{\i}}$ je síla, která zatěžuje hydraulický válec a konstanta umožňující dosadit do rovnice parametry v uvedených jednotkách. Výpočet síly působící opačným směrem než v předchozím případě, pak může být proveden například dle vztahu:

$$F_{v\acute{a}lce} = \frac{p_2 \cdot S_2}{10} > F_{zat\acute{e}žov\acute{a}c\acute{\i}} \quad (N, bar, mm^2), \quad (2)$$

kde p_2 je tlak ve válci, S_2 je plocha pístu; v tomto případě mezikruží, $F_{zat\acute{e}žov\acute{a}c\acute{\i}}$ je síla, která zatěžuje hydraulický válec a konstanta umožňující dosazení parametrů do vztahu v uvedených jednotkách.



Obr. 48 Schématický obrázek pro silový výpočet s různými směry zatěžovací síly

Pokud tato silová podmínka není splněna, je potřeba zvětšit průměr hydraulického válce.

Předchozí výpočet může být aplikován na každý z 32 hydraulických válců diskového podmítače, známe-li jejich parametry a sílu, která je zatěžuje.

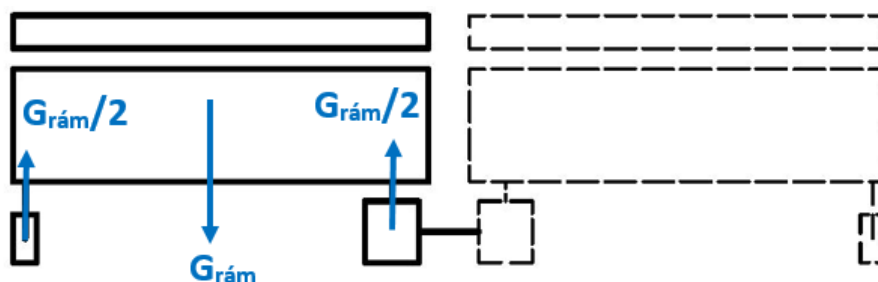
- **Výpočet tlaku v hydraulickém válci podpěrného kola**

Při rozkládání/skládání jsou podpěrná kola spuštěna na zem a podepírají boční rámy (Obr. 49). Pokud najede podpěrné kolo na překážku, hydraulický válec zafunguje jako tlumič a kolo se při přejíždění překážky nadzvedne. V této kapitole je uveden postup pro výpočet potřebného tlaku v hydraulickém válci podpěrného kola.



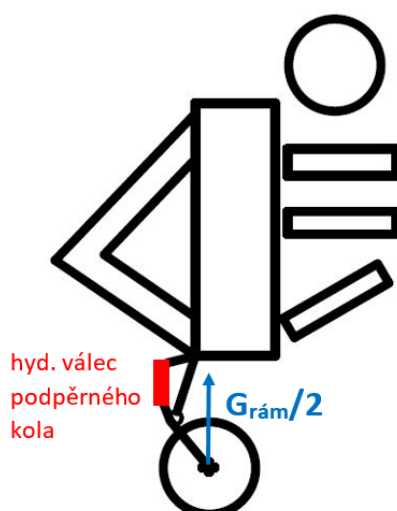
Obr. 49 Podpěrné kolo při rozkládání, resp. skládání stroje

Na Obr. 50 je znázorněna tíhová síla $G_{rám}$ od jednoho bočního rámu, která je zachycena zadní nápravou a jedním podpěrným kolem.



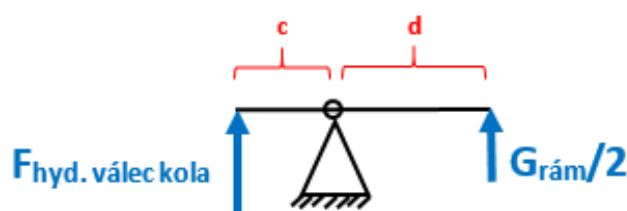
Obr. 50 Rozklad sil působících na rozvěřený boční rám (pohled na stroj zezadu)

Pro lepší představu o kinematice podpěrného kola je situace schématicky znázorněna na Obr. 51, kde síla $\frac{G_{rám}}{2}$ je reakce v podpěrném kole.



Obr. 51 Schématický obrázek kinematiky podpěrného kola

Pro výpočet síly vyvozené hydraulickým válcem je zvolen následující výpočtový model (Obr. 52).



Obr. 52 Výpočtový model pro zjištění síly potřebné k podepření bočních rámu

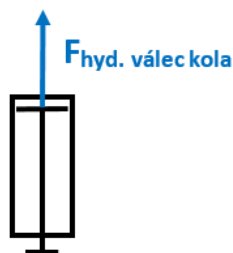
Z momentové rovnice je vyjádřena síla $F_{hyd.válec kola}$ podepírající boční rámy:

$$-F_{hyd.válec kola} \cdot c + \frac{G_{rám}}{2} \cdot d = 0, \quad (3)$$

$$F_{hyd.válec kola} = \frac{G_{rám} \cdot d}{2 \cdot c} \quad (N, m), \quad (4)$$

kde $G_{rám}$ je tíhová síla od jednoho bočního rámu, d je horizontální vzdálenost těžiště bočního rámu od čepu podpěrného kola (osa rotace) a c je horizontální vzdálenost, na které přes páku působí hydraulický válec.

Na Obr. 53 je znázorněn hydraulický válec podpěrného kola ve své skutečné pozici při rozkládání, resp. skládání stroje.



Obr. 53 Síla vyvozená hydr. válcem podpěrného kola zobrazeném ve skutečné poloze

Potřebný tlak p_{kolo} v hydraulickém válci podpěrného kola může být spočítán například dle vztahu:

$$p_{kolo} = \frac{10 \cdot F_{hyd.válec\ kola}}{S} = \frac{20 \cdot G_{rám} \cdot d}{c \cdot \pi \cdot (D_b^2 - d_b^2)} \quad (\text{bar}, N, mm), \quad (5)$$

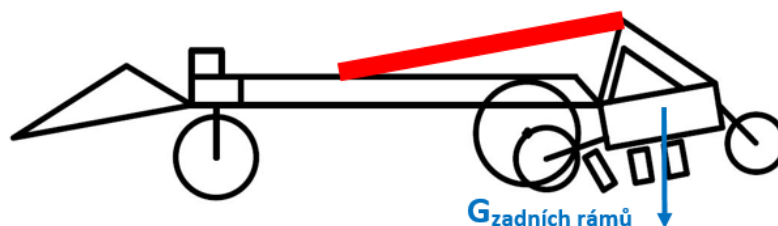
kde $G_{rám}$ je tíhová síla od jednoho bočního rámu, d je horizontální vzdálenost těžiště bočního rámu od čepu podpěrného kola (osa rotace), c je horizontální vzdálenost, na které přes páku působí hydraulický válec, D_b je průměr hydraulického válce podpěrného kola, d_b je průměr pístní tyče hydraulického válce podpěrného kola a konstanta umožňující dosazení parametrů do vztahu v uvedených jednotkách.

Vypočítaný tlak p_{kolo} je nastaven na třicestném redukčním ventilu „TRV 2“.

• Výpočet tlaku v hlavních (hydraulických) válcích

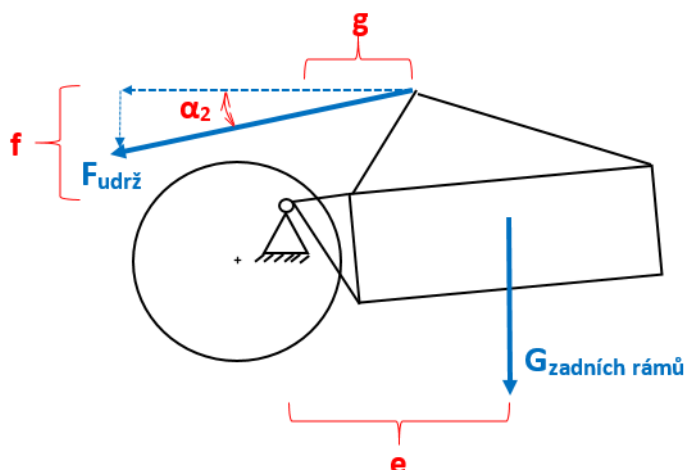
Při sklápění bočních rámu plní pojistný ventil umístěný u hlavních válců bezpečnostní funkci. Ventil je nastaven na takovou hodnotu tlaku, aby udržel boční rámy zatížené pouze vlastní tíhou v jakékoliv pozici. Postup pro výpočet této hodnoty tlaku je uveden v této kapitole. Pouze pokud se k vlastní tíze bočních rámu přidá ještě síla vyvozená hydraulickým válcem, překročí se tlaková hranice nastavená na ventilu a rámy se začnou kontrolovaně spouštět.

Kritická je poslední fáze spouštění bočních rámu, kdy se těžiště bočních rámu nachází nejdále od zadní nápravy a tíhová síla bočních rámu tím pádem působí na největším rameni. Situace je znázorněna na Obr. 54.



Obr. 54 Schématický obrázek sklápění bočních rámu

Pro výpočet sil je zvolen výpočtový model na Obr. 55.



Obr. 55 Výpočtový model pro zjištění síly potřebné k udržení bočních rámu

Z momentové rovnice je vyjádřena celková síla $F_{udrž}$ potřebná k udržení bočních rámu:

$$F_{udrž} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot f - F_{udrž} \cdot \sin(\alpha_2) \cdot g - G_{zadních\ rámu} \cdot e = 0, \quad (6)$$

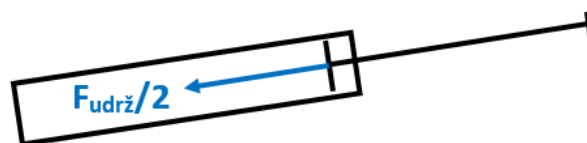
$$F_{udrž} = \frac{G_{zadních\ rámu} \cdot e}{f \cdot \cos(\alpha_2) - g \cdot \sin(\alpha_2)} \quad (N, m), \quad (7)$$

kde $G_{zadních\ rámu}$ je celková tíhová síla od bočních rámu a zadního rámu, e je horizontální vzdálenost těžiště bočních rámu od osy sklápění (čep spojující zadní rám s teleskopickým rámem), f je svislá vzdálenost čepů hlavních válců od osy sklápění, g je horizontální vzdálenost čepů hlavních válců od osy sklápění a α_2 je úhel, který svírají hlavní válce a horizontální rovina.

Jelikož sklápění bočních rámu vykonávají celkem dva hydraulické válce, síla v jednom hydraulickém válci je rovna:

$$F_{udrž\ pro\ 1\ válec} = \frac{F_{udrž}}{2}, \quad (8)$$

Na Obr. 56 je znázorněn jeden ze dvou hlavních válců ve skutečné poloze, konkrétně v poslední fázi sklápění bočních rámu.



Obr. 56 Síla vyvozená jedním hlavním válcem potřebná k udržení bočních rámu nad zemí

Potřebný tlak v hlavním válci $p_{hlavní\ válec}$ pro udržení bočních rámu může být spočítán například podle vztahu:

$$p_{\text{hlavní válec}} = \frac{10 \cdot \frac{F_{\text{udrž}}}{2}}{S} = \frac{10 \cdot \frac{G_{\text{zadních rámů}} \cdot e}{f \cdot \cos(\alpha_2) - g \cdot \sin(\alpha_2)}}{\frac{\pi \cdot (D_c^2 - d_c^2)}{4}} \quad (\text{bar}, N, \text{mm}), \quad (9)$$

$$p_{\text{hlavní válec}} = \frac{20 \cdot G_{\text{zadních rámů}} \cdot e}{[f \cdot \cos(\alpha_2) - g \cdot \sin(\alpha_2)] \cdot \pi \cdot (D_c^2 - d_c^2)} \quad (\text{bar}, N, \text{mm}), \quad (10)$$

kde $G_{\text{zadních rámů}}$ je celková tíhová síla od bočních rámů a zadního rámu, e je horizontální vzdálenost těžiště bočních rámů od osy sklápění (čep spojující zadní rám s teleskopickým rámem), f je svislá vzdálenost čepů hlavních válců od osy sklápění, g je horizontální vzdálenost čepů hlavních válců od osy sklápění, α_2 je úhel, který svírají hlavní válce a horizontální rovina, D_c je průměr hlavního hydraulického válce, d_c je průměr pístní tyče hlavního hydraulického válce a konstanta umožňující dosazení parametrů do vztahu v uvedených jednotkách.

Tlak $p_{\text{hlavní válec}}$ je nastaven na pojistném ventilu „PV“, který v případě protržení hydraulického vedení udrží boční rámy v současné poloze a zároveň za normálních okolností slouží k plynulému spouštění bočních rámů.

Při dosazování tíhové síly je potřeba k vlastní tíze bočních rámů a zadního rámu přičíst nezanedbatelnou tíhu bahna, které se při podmítání přilepí k pracovním orgánům. Na pojistném ventilu by nakonec měl být nastaven 1,3násobek spočtené hodnoty tlaku.

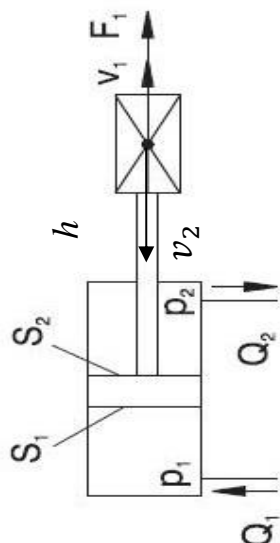
4.9.2 Časové výpočty

- Časová kontrola

Z časového výpočtu vyplývá, kolik času zabere zasunutí, resp. vysunutí pístu a jestli je tato doba přijatelná. Na Obr. 57 je tato situace znázorněna. Dobu potřebnou pro zvednutí břemene lze vypočítat například dle následujícího vztahu:

$$t = \frac{h}{v_1} = \frac{h}{\frac{Q_1}{S_1}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{S_1 \cdot h}{Q_1} < t_{\text{požadovaný}} \quad \left(s, \text{mm}^2, m, \frac{l}{\text{min}} \right), \quad (11)$$

kde t je čas potřebný pro vysunutí pístu, h je zdvih hydraulického válce, v_1 je rychlost vysouvání pístu, S_1 je plocha pístu, Q_1 je průtok, $t_{\text{požadovaný}}$ je stanovený čas určující, jaká je maximální přijatelná doba této operace a konstanta umožňuje dosazení parametrů do vztahu v uvedených jednotkách.



Obr. 57 Schématický obrázek pro výpočet času potřebného pro zvednutí břemene [7]

Pokud tato časová podmínka není splněna, je potřeba, s ohledem na silový výpočet, upravit rozměry hydraulických válců nebo snížit jejich počet.

Pro výpočet doby potřebné k zasunutí pístu může být použit vztah:

$$t = \frac{h}{v_2} = \frac{h}{\frac{Q_2}{S_2}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{S_2 \cdot h}{Q_2} < t_{\text{požadovaný}} \quad \left(s, \text{mm}^2, \text{m}, \frac{\text{l}}{\text{min}} \right). \quad (12)$$

• Výpočet času pro vyhloubení stroje

Vyhloubení diskového podmiče je nejčastější operace, která je od stroje požadována, jelikož je prováděna na každé úvrati. Čas potřebný pro vyhloubení by tedy měl být co nejkratší, nejlépe do 10 s.

Vyhloubení stroje zajišťují tyto hydraulické válce:

- 10x hydraulický válec zadních drobných válců (D_1, h_1)
- 2x hydraulický válec zadní nápravy (D_2, h_2)
- 2x hydraulický válec spojovací boční rámy a podpěrná kola (D_3, h_3)
- 2x hydraulický válec pro zablokování natáčení zadní nápravy (D_4, h_4)
- 2x hydraulický válec pro zablokování natáčení podpěrných kol (D_5, h_5).

Při vyhloubení je potřeba tlakovou kapalinou naplnit tento objem:

$$V_{\text{celkový}} = 10 \cdot \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot h_1 + 2 \cdot \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot h_2 + 2 \cdot \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot h_3 + 2 \cdot \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} \cdot h_4 + 2 \cdot \frac{\pi \cdot D_5^2}{4} \cdot h_5 = 11\,528\,474,8 \text{ mm}^3, \quad (13)$$

kde D_i je průměr hydraulického válce a h_i je zdvih.

Traktory určené pro SWIFTERDISC XE 14000 disponují čerpadly s průtoky Q_t obvykle kolem 100 l/min . Stroj se vyhloubí za čas:

$$t_{\text{vyhloubení}} \left(Q_t = 100 \frac{\text{l}}{\text{min}} \right) = \frac{60 \cdot V_{\text{celkový}}}{1 \cdot 10^6 \cdot Q_t} = \frac{60 \cdot 11\,527\,474,8}{1 \cdot 10^6 \cdot 100} = \mathbf{6,9 \text{ s}}, \quad (14)$$

kde Q_t je průtok tlakové kapaliny dodaný traktorem a konstanta umožňuje dosazení parametrů do vztahu v uvedených jednotkách.

Při minimálním průtoku 60 l/min , na který je stroj dimenzovaný, se stroj vyhloubí za čas:

$$t_{\text{vyhloubení}} \left(Q_t = 60 \frac{\text{l}}{\text{min}} \right) = \frac{60 \cdot V_{\text{celkový}}}{1 \cdot 10^6 \cdot Q_t} = \frac{60 \cdot 11\,527\,474,8}{1 \cdot 10^6 \cdot 60} = 11,5 \text{ s}, \quad (15)$$

kde Q_t je průtok tlakové kapaliny dodaný traktorem a konstanta umožňuje dosazení parametrů do vztahu v uvedených jednotkách.

Za běžných podmínek se tedy stroj vyhloubí za $6,9 \text{ s}$, což je považováno za přijatelnou dobu.

4.10 Zapojení elektromagnetických rozváděčů

Spínání jednotlivých elektromagnetických rozváděčů je dáno stavovou tabulkou (Tabulka 4), kde „0“ znamená rozváděč v základní poloze (tedy bez proudu) a „1“ znamená rozváděč sepnutý (tedy pod proudem). Zapojení rozváděčů je navrženo tak, aby se při poruše elektroinstalace všechny rozváděče samy přenastavily do své základní polohy a stroj tak bylo možné složit.

Tabulka 4 Zapojení elektromagnetických rozváděčů

STAVOVÁ TABULKA								
	R1	R2		R4	R5	R6	R7	
PRÁCE	1	0		1	1	1	1	
COUVÁNÍ	0	0		0	1	1	1	
ROZKLÁDÁNÍ/ SKLÁDÁNÍ	0	KONCOVÉ SPÍNAČE F, G		0	0	0	TLAKOVÝ SPÍNAČ E	
		oba sepnuty	alespoň 1 nesepnut				tlak	není tlak
		0	1				0	1
TRANSPORT	1	1		1	0	1	1	
PŘIPOJENÍ/ ODPOJENÍ	1	1		1	0	1	1	
Poznámky:								
0 - žádný proud, 1 - proud								
Stroj lze složit bez elektrického proudu s tím, že bezpečnostní prvky D a E nejsou funkční.								

5 Optimalizace

Vedlejším cílem této bakalářské práce je optimalizace stávajícího řešení hydraulického okruhu na základě nového návrhu. Nový návrh je ale natolik odlišný od řešení současného, že na jeho základě není možné současné řešení jednoduše optimalizovat. Po konzultaci s odborníky z firmy BEDNAR FMT bylo rozhodnuto, že ačkoliv se náš návrh potýká s několika menšími nedostatky, tak splňuje všechny požadavky zadání a řeší problémy stávajícího řešení a optimalizace okruhu není požadována.

5.1 Srovnání návrhu se stávajícím řešením

Protože se náš návrh od současného řešení odlišuje v mnoha částech hydraulického okruhu, jsou níže sepsány pouze nejvýznamnější odlišnosti. Stávající hydraulický okruh je znázorněn na Obr. 58.

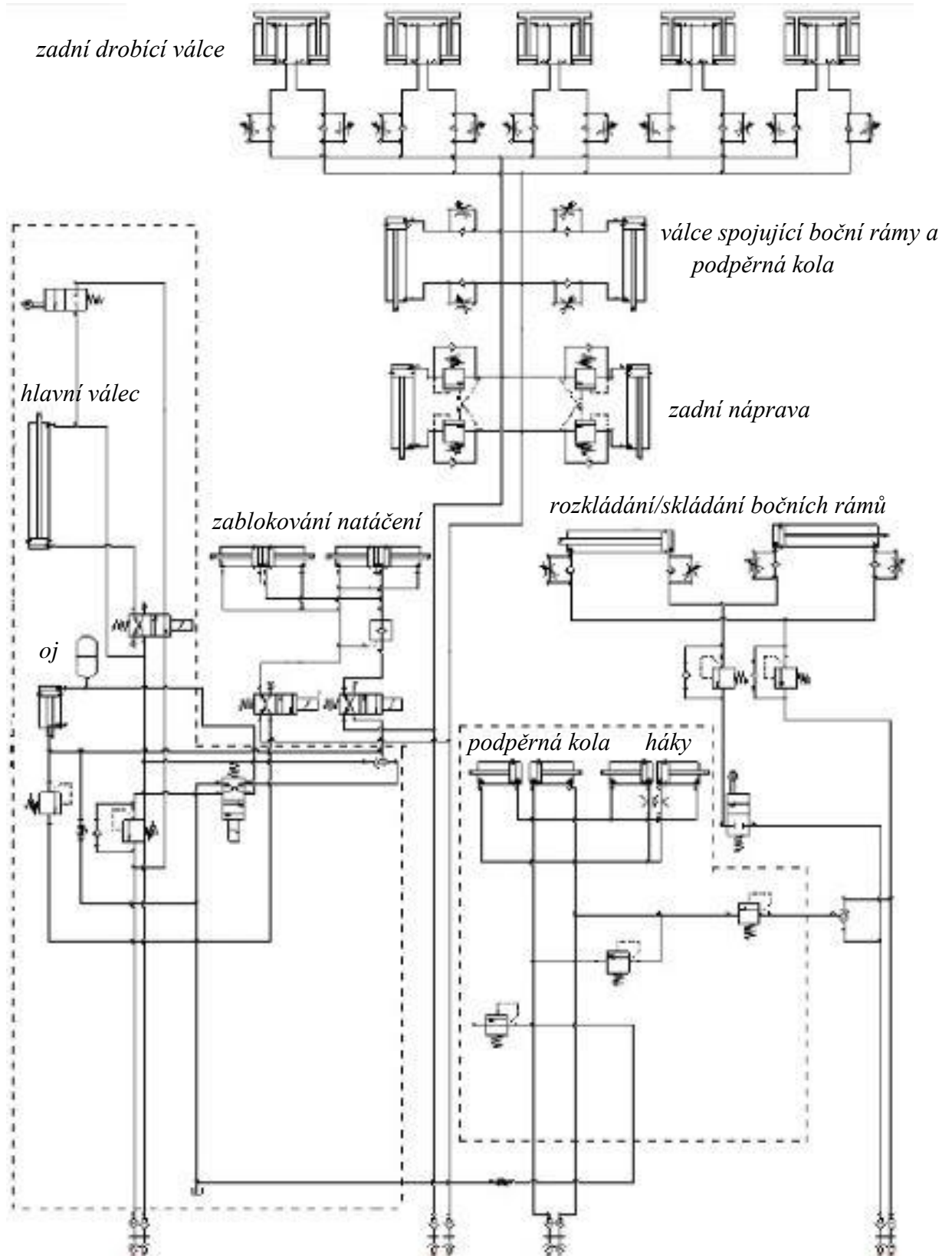
Začlenění válců do jednotlivých okruhů je téměř shodné. Pouze je změněno umístění dvou hydraulických válců ovládajících podpěrná kola s dvěma hydraulickými válci pro rozkládání/skládání bočních rámů.

V současném řešení se nachází několik tlakových ventilů umožňujících sekvenci pohybů. V našem návrhu je místo těchto ventilů umístěno několik mechanických rozváděčů.

V současném řešení není umístěn žádný tlakový ani koncový spínač ovládající elektromagnetické rozváděče. Jsou zde pouze dva mechanické rozváděče.

Plovoucí poloha oje a hlavních válců je řešena použitím jiných typů elektromagnetických rozváděčů.

Bezpečnostní tlakové ventily a škrťací prvky jsou použity v současném řešení stejně jako v našem návrhu.



Obr. 58 Stávající řešení hydraulického okruhu [3]

5.2 Orientační ekonomické srovnání

Pro orientační ekonomické porovnání obou řešení je vytvořena tabulka, ve které je porovnána přibližná cena nového návrhu s přibližnou cenou současného řešení.

Tabulka 5 Orientační ekonomické srovnání našeho návrhu se současným řešením

Název hydraulického prvku	Cena/kus [Kč/ks]	Cena - nový návrh [Kč]	Cena - souč. řešení [Kč]
elektromagnetický dvoupolohový rozváděč	1 500	9 000	10 500
škrtkový ventil	700	9 800	14 000
dýza	500	5 500	3 500
brzdící ventil	3 000	6 000	6 000
mechanický rozváděč	2 800	11 200	5 600
pojistný ventil s obtokem	1 500	1 500	3 000
hydraulický zámek	1 000	1 000	1 000
manuální kohout	500	500	1 000
pojistný ventil	1 000		4 000
logický OR ventil	500		1 000
koncový spínač	1 000	2 000	
tlakový spínač	4 000	4 000	
třícestný redukční ventil	3 500	3 500	
jednosměrný ventil	600	600	

	Nový návrh:	Současné řešení:
Celková cena hydraulických prvků:	54 600	49 600

Nový návrh je dražší o:	5 000 Kč
Nový návrh je procentuálně dražší o: (oproti současnému řešení)	10 %

Z orientačního ekonomického srovnání vyplývá, že pořizovací cena hydraulických prvků potřebných pro nový návrh je přibližně o 10 % vyšší oproti stávající koncepci.

5.3 Klady nového návrhu

- + Okruh je navržen bez tlakového řízení sekvence pohybů a z toho plyne několik předností:
 - + Náročné půdní podmínky (nerovnosti, podmáčená půda) nemají vliv na sekvenci pohybů při rozkládání/skládání stroje. Problém s opožděným spuštěním podpěrných kol je tedy odstraněn.
 - + Odstraněn problém s nastavením tlakových ventilů při zabíhání stroje.
 - + K diskovému podmítači může být připojen traktor s různými parametry čerpadla a stroj tak není závislý na jednom typu traktoru.
- + Koncové spínače „F“ a „G“ spolu s elektromagnetickým rozváděčem „R2“ umožní spuštění bočních rámů pouze, pokud jsou podpěrná kola plně zvednuta. Tímto mechanismem je zabráněno poškození stroje vlivem špatného postupu obsluhy, což stávající řešení nenabízí.
- + Tlakový spínač „E“ spolu s elektromagnetickým rozváděčem „R7“ umožní rozkládání, resp. skládání bočních rámů pouze, pokud jsou podpěrná kola spuštěna na zem. Tímto mechanismem je zabráněno poškození stroje vlivem špatného postupu obsluhy (tato bezpečnostní funkce je u současného řešení zajištěna zcela odlišným mechanismem).

5.4 Zápory nového návrhu

- Při rozkládání, resp. skládání je třeba v požadované sekvenci ovládat tři hydraulické okruhy (oj, podpěrná kola, rozkládání, resp. skládání bočních rámů), což zvyšuje nároky na obsluhu stroje. Řešením je tvorba krátkého přehledného manuálu, který by měla obsluha v kabině stále k dispozici (Příloha č.4).
- V případě poruchy na elektroinstalaci je nutné manuálně přenastavit celkem čtyři elektromagnetické rozváděče „R1-R4“, což klade důraz na dobrou přístupnost a rozeznatelnost těchto rozváděčů.
- Cena hydraulických prvků je o 10 % vyšší.

6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byl návrh hydraulického okruhu pro zemědělský tažený stroj SWIFTERDISC XE 14000 firmy BEDNAR FMT. Vedlejším cílem pak byla optimalizace současného hydraulického okruhu.

Dle zadaných požadavků uvedených v rešerši a shrnutých v kapitole 4.1 je navržen nový hydraulický okruh, který všechny tyto požadavky splňuje a zároveň odstraňuje problémy, se kterými se současná hydraulika na stroji potýká. Z těchto důvodů překonává náš návrh stávající řešení, a tudíž bylo po konzultaci s odborníky ze společnosti BEDNAR FMT rozhodnuto, že optimalizace současné koncepce není nutná.

Z pohledu praktické aplikace nového návrhu je jeho největším přínosem sekvence pohybů zajištěná mechanickými rozváděči „RB“, „RC“ a „RD“, která je na současném stroji řešena pomocí tlakových ventilů. Dalším přínosem je bezpečnostní funkce koncových spínačů „F“ a „G“ a tlakového spínače „E“, které ve spojení s elektromagnetickými rozváděči nedovolí mechanické poškození stroje při rozkládání či skládání v případě, kdy by obsluha stroje postupovala v rozporu s návodem.

Dále je v kapitole 4.9 uvedeno několik návrhových a kontrolních výpočtů. Návrhové výpočty slouží pro výpočet velikostí tlaků, které je třeba nastavit na tlakových ventilech „TRV 2“, a „PV“ při montáži stroje, aby byla zajištěna jeho správná funkce. V kapitole 4.9 je také uveden kontrolní výpočet pro stanovení doby potřebné pro vyhloubení stroje na souvrati při otáčení. Vzhledem k tomu, že rozměry hydraulických válců na stroji jsou obchodním tajemstvím firmy BEDNAR FMT, jsou všechny výpočty uvedeny pouze teoreticky a slouží pro budoucí použití při montáži či modifikaci rozměrů konstrukce stroje.

Dalším postupem by mělo být osazení prototypu stroje novým hydraulickým okruhem a jeho testování v reálných podmínkách.

Seznam použité literatury

- [1] BEDNAR FMT s.r.o. *Produktový katalog* [online]. 2016. [cit. 2017-01-31].
Dostupné z: <http://www.bednar-machinery.com/upload/catalogs/264b588b6ddda16d1d8ae5045d6fbfae.pdf>
- [2] FARMTECH MACHINERY PTy Ltd. *Swifterdisc XE*. [online]. [cit. 2017-02-07].
Dostupné z:
http://www.farmtech.com.au/Portals/0/_Products/TillageSowingSystems/Swifterdisc_XE14000_MG_0454.jpg
- [3] BEDNAR FMT s.r.o. *Diskový podmítač SWIFTERDISC XE 14000*. 2016. Původní návod k použití. [cit. 2017-01-31].
- [4] PEŇÁZ, Václav. *Strojní soustavy oboru Hydraulické mechanismy*. Vyd. 1. Brno: Ediční středisko Vysokého učení technického, 1991. [cit. 2017-02-01]. ISBN 978-80-248-1827-6.
- [5] MCCORMICK TRACTORS INTERNATIONAL Ltd. *TTX Series* [online]. [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: http://www.mccormick.it/mccormick/serie_pages/en-US/25279/TTX_Series.aspx
- [6] ŠKOPÁN, Miroslav. *Hydraulické pohony strojů*. Elektronická skripta. Brno, 2004. [cit. 2017-02-24].
- [7] ARGO-HYTOS s.r.o. *Návod k zabudování neúplného strojního zařízení, všeobecné pokyny pro montáž, provoz a údržbu hydraulických agregátů, bloků a ventilů*. Vyd. 15. [cit. 2017-02-15].
- [8] PAVLOK, Bohuslav. *Hydraulické prvky a systémy. Díl 2*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. [cit. 2017-02-24]. ISBN 978-80-248-1827-6.
- [9] HELLER, Josef. *Pohony a přenosy 2*. Vyd. 1. Praha: Editační středisko Českého vysokého učení technického, 1988. [cit. 2017-02-24].
- [10] ARGO-HYTOS s.r.o. *Spouštěcí brzdící ventil SO5A-Q3/I*. [cit. 2017-03-03].
Dostupné z: http://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/Katalog_SO5A-Q3_I_hc5200_CZ.pdf
- [11] VALVEHYDRAULIC. *Hydraulic Counterbalance Valve Application*. [cit. 2017-03-03].
Dostupné z: <http://www.valvehydraulic.info/hydraulic-pressure-control/hydraulic-counterbalance-valve-application.html>
- [12] HYDRAULICS s.r.o. *Výrobní katalog přímočarých hydromotorů*. [cit. 2017-03-05].
Dostupné z:
http://www.hydraulics.cz/Vyrobní_katalog_primocarych_hydromotoru.pdf

Seznam zkratk a symbolů

symbol	význam	jednotka
a	vzdálenost těžiště od zadní nápravy	m
b	vzdálenost hydraulického válce oje od zadní nápravy	m
c	horizontální vzdálenost, na které přes páku působí hyd. válec	m
d	horizontální vzdálenost těžiště bočního rámu od čepu podp. kola	m
d _a	průměr pístní tyče hydraulického válce oje	mm
d _b	průměr pístní tyče hydraulického válce podp. kola	mm
d _c	průměr pístní tyče hlavního hydraulického válce	mm
D _a	průměr hydraulického válce oje	mm
D _b	průměr hydraulického válce podpěrného kola	mm
D _c	průměr hlavního hydraulického válce	mm
D ₁	průměr hydraulického válce zadních drobicích válců	mm
D ₂	průměr hydraulického válce zadní nápravy	mm
D ₃	průměr hyd. válce spojovacího boční rámy a podp. kola	mm
D ₄	průměr hyd. válce pro zablokování natáčení zadní nápravy	mm
D ₅	průměr hyd. válce pro zablokování natáčení podpěrných kol	mm
e	horizontální vzdálenost těžiště bočních rámu od osy sklápění	m
f	svislá vzdálenost čepů hlavních válců od osy sklápění	m
F _{hyd. válec kola}	síla vyvozená hydraulickým válcem podpěrného kola	N
F _{udrž}	síla potřebná pro udržení bočních rámu	N
F _{válce}	síla vyvozená hydraulickým válcem	N
F _{zatěžovací}	síla, která zatěžuje hydraulický válec	N
g	horizontální vzdálenost čepů hlavních válců od osy sklápění	m
G _{rám}	tíhová síla od jednoho bočního rámu	N
G _{rám/2}	reakce v podpěrném kole	N
G _{stroj}	tíhová síla celého stroje	N
G _{zadních rámu}	celková tíhová síla bočních rámu a zadního rámu	N
h	zdvih hydraulického válce	m
h ₁	zdvih hydraulického válce zadních drobicích válců	mm

Seznam zkratk a symbolů

h_2	zdvih hydraulického válce zadní nápravy	mm
h_3	zdvih hyd. válce spojujícího boční rámy a podpěrná kola	mm
h_4	zdvih hydr. válce pro zablokování natáčení zadní nápravy	mm
h_5	zdvih hydr. válce pro zablokování natáčení podpěrných kol	mm
$p_{\text{hlavní válec}}$	tlak v hlavním válci potřebný pro udržení bočních rámů	bar
p_{kolo}	tlak hydraulickém válci podpěrného kola	bar
p_1	tlak v hydraulickém válci v komoře 1	bar
p_2	tlak v hydraulickém válci v komoře 2	bar
Q_1	průtok 1	l/min
Q_2	průtok 2	l/min
Q_t	průtok vyvozený čerpadlem traktoru	l/min
S	plocha, na kterou působí tlaková energie	mm ²
S_1	plocha pístu	mm ²
S_2	plocha mezikruží	mm ²
t	doba potřebná pro pohyb pístu	s
$t_{\text{požadovaný}}$	maximální přijatelná doba jedné operace	s
$t_{\text{vyhloubení}}$	doba potřebná pro vyhloubení stroje	s
$V_{\text{celkový}}$	objem hydraulických válců zajišťujících vyhloubení stroje	mm ³
α_1	úhel, který svírá hydraulický válec oje a svislá rovina	°
α_2	úhel, který svírají hlavní válce a horizontální rovina	°
π	Ludolfovo číslo	-

Seznam obrázků

OBR. 1 DISKOVÝ PODMÍTAČ SWIFTERDISC XE 14000 [2]	1
OBR. 2 POPIS DISKOVÉHO PODMÍTAČE	2
OBR. 3 ROZMÍSTĚNÍ HYDRAULICKÝCH VÁLČŮ: (KROM PÁSKOVÉHO SMYKU A ZADNÍCH DROBÍČÍCH VÁLČŮ)	3
OBR. 4 ROZMÍSTĚNÍ HYDRAULICKÝCH VÁLČŮ (1) PŘEDNÍHO PÁSKOVÉHO SMYKU [3]	3
OBR. 5 ROZMÍSTĚNÍ HYDRAULICKÝCH VÁLČŮ (1) ZADNÍCH DROBÍČÍCH VÁLČŮ PŘI POHLEDU SHORA [3]	4
OBR. 6 OVLÁDACÍ PANEL REŽIMŮ UMÍSTĚNÝ V KABINĚ TRAKTORU	5
OBR. 7 POŽADAVKY NA HYDRAULIKU PŘI TRANSPORTU	7
OBR. 8 HYDRAULICKÉ VÁLCE ZADNÍ NÁPRAVY (3) A HYDROCLIPSY (4) PRO NASTAVENÍ ZDVIHU [3]	7
OBR. 9 SPUŠTĚNÍ PODPĚRNÉHO KOLA (1) NA ZEM [3]	8
OBR. 10 VLEVO JEDEN Z TRANSPORTNÍCH HÁKŮ V POZICI ZAVŘENO [FOTO AUTOR]. VPRAVO TRANSPORTNÍ HÁKY (1) V POZICI OTEVŘENO [3]	8
OBR. 11 SMĚR ROZEVÍRÁNÍ BOČNÍCH RÁMŮ (1) PŘI POHLEDU SHORA [3]	8
OBR. 12 UKÁZKA ROZLOŽENÝCH BOČNÍCH RÁMŮ [FOTO AUTOR]	9
OBR. 13 VYSUNUTÍM PÍSTU HYDRAULICKÉHO VÁLCE (1) SE ZVEDÁ PODPĚRNÉ KOLO (2) [3]	9
OBR. 14 HLAVNÍ HYDRAULICKÉ VÁLCE (2) PRO SKLOPENÍ BOČNÍCH RÁMŮ Z VERTIKÁLNÍ POLOHY [3]	10
OBR. 15 OVLÁDÁNÍ PŘEDNÍHO PÁSKOVÉHO SMYKU. ZASUNUTÍ PÍSTU (1) VE SMĚRU ČERVENÉ ŠÍPKY ZPŮSOBÍ ROTACI PÁSKOVÉHO SMYKU VE SMĚRU MODRÉ ŠÍPKY [3]	12
OBR. 16 NASTAVENÍ HLOUBKY PŘEDNÍ DISKOVÉ SEKCE. VLEVO HYDRAULICKÉ VÁLCE ZADNÍ NÁPRAVY (1) S HYDROCLIPSY (2). VPRAVO HYDRAULICKÝ VÁLEC SPOJUJÍCÍ BOČNÍ RÁM S PODPĚRNÝM KOLEM (3) A HYDROCLIPSY (4) PRO NASTAVENÍ ZDVIHU [3]	12
OBR. 17 ZADNÍ DROBÍČÍ VÁLEC (1) PRO NASTAVENÍ HLOUBKY ZADNÍ DISKOVÉ SEKCE (2) [3]	13
OBR. 18 OBECNÉ BLOKOVÉ SCHÉMA HYDRAULICKÉHO OKRUHU [4]	14
OBR. 19 VÝVODY HYDRAULICKÝCH OKRUHŮ TRAKTORU MCCORMICK TTX 230 [5]	15
OBR. 20 VLEVO ŘEZ JEDNOSMĚRNÝM VENTILEM S KULIČKOU A PRUŽINOU [6]. UPROSTŘED SCHÉMATICKÁ ZNAČKA JEDNOSMĚRNÉHO VENTILU S PRUŽINOU A VPRAVO JEDNOSMĚRNÉHO VENTILU BEZ PRUŽINY [7]	15
OBR. 21 VLEVO ŘEZ ŘÍZENÝM JEDNOSMĚRNÝM VENTILEM. VPRAVO SCHÉMATICKÁ ZNAČKA [6]	16
OBR. 22 VLEVO ŘEZ UZAVÍRACÍM VENTILEM S KUŽELKOU. UPROSTŘED ŘEZ UZAVÍRACÍM KULOVÝM KOHOUTEM. VPRAVO SCHÉMATICKÁ ZNAČKA UZAVÍRACÍHO VENTILU [9]	16
OBR. 23 VLEVO SCHÉMATICKÁ ZNAČKA ELEKTROMAGNETICKÉHO DVOUPOLOHOVÉHO ČTYŘCESTNÉHO ROZVÁDĚČE	17
OBR. 24 VLEVO ŘEZ ŠKRTÍCÍM JEHLOVÝM VENTILEM [8]. VPRAVO SCHÉMATICKÁ ZNAČKA ŠKRTÍCÍHO VENTILU [7]	17
OBR. 25 SCHÉMATICKÁ ZNAČKA ŠKRTÍCÍHO VENTILU S OBTOKEM [7]	17
OBR. 26 VLEVO ZAPOJENÍ ŠKRTÍCÍHO VENTILU S OBTOKEM S HROZBOU MULTIPLIKACE TLAKU. VPRAVO ZAPOJENÍ BEZ HROZBY MULTIPLIKACE TLAKU [8]	18
OBR. 27 SCHÉMATICKÁ ZNAČKA BRZDÍCÍHO VENTILU [10]	18
OBR. 28 SCHÉMATICKÁ ZNAČKA TŘÍCESTNÉHO REDUKČNÍHO VENTILU [7]	19
OBR. 29 VLEVO PŘÍMOČARÝ DVOJČINNÝ HYDROMOTOR S JEDNOSTRANNOU PÍSTNICÍ [12]. VPRAVO SCHÉMATICKÁ ZNAČKA [7]	20
OBR. 30 SCHÉMATICKÉ ZNAČKY PRO VEDENÍ TLAKOVÉ KAPALINY [7]	20
OBR. 31 SCHÉMATICKÉ ZNAČKY PRO KŘÍŽENÍ VEDENÍ [7]	21
OBR. 32 VLEVO SCHÉMATICKÁ ZNAČKA SPOJENÉ RYCHLOSPOJKY. VPRAVO ROZPOJENÉ RYCHLOSPOJKY [7]	21
OBR. 33 SKUPINA PRVKŮ REPREZENTUJÍCÍ ZDROJ TLAKU	23
OBR. 34 MANUÁLNÍ TŘÍPOLOHOVÝ ROZVÁDĚČ REPREZENTUJÍCÍ OVLÁDACÍ PÁKU V KABINĚ TRAKTORU	24
OBR. 35 RYCHLOSPOJKY S VYZNAČENOU HRANICÍ MEZI TRAKTOREM A DISKOVÝM PODMÍTAČEM	24
OBR. 36 ELEKTROMAGNETICKÝ ROZVÁDĚČ „R5“ SE ZKRATKAMI PRO POHODLNÉ OVLÁDÁNÍ SIMULACE	24
OBR. 37 HYDRAULICKÉ VÁLCE S POJMENOVÁNÍM A VE SKUTEČNÉM POČTU	25
OBR. 38 ŠKRTÍCÍ VENTIL S PROCENTUÁLNÍM OZNAČENÍM OTEVŘENÍ	25

Seznam obrázků

OBR. 39 MECHANICKÝ ROZVÁDĚČ „RB“ UMÍSTĚNÝ U KONCOVÉ POLOHY BOČNÍCH RÁMŮ	25
OBR. 40 HYDRAULICKÝ OKRUH 1	26
OBR. 41 MECHANICKÝ VENTIL „RA“ U ZADNÍ NÁPRAVY [FOTO AUTOR]	27
OBR. 42 HYDRAULICKÝ OKRUH 2	28
OBR. 43 HYDRAULICKÝ OKRUH 3	30
OBR. 44 VLEVO NÁVRH UMÍSTĚNÍ JEDNOHO Z KONCOVÝCH SPÍNAČŮ „F“ A „G“, VPRAVO TLAKOVÉHO SPÍNAČE „E“	31
OBR. 45 HYDRAULICKÝ OKRUH 4	32
OBR. 46 NÁVRH UMÍSTĚNÍ MECHANICKÉHO ROZVÁDĚČE "RB"	33
OBR. 47 MECHANICKÝ ROZVÁDĚČ „RD“	33
OBR. 48 SCHÉMATICKÝ OBRÁZEK PRO SILOVÝ VÝPOČET S RŮZNÝMI SMĚRY ZATĚŽOVACÍ SÍLY.....	35
OBR. 49 PODPĚRNÉ KOLO PŘI ROZKLÁDÁNÍ, RESP. SKLÁDÁNÍ STROJE	35
OBR. 50 ROZKLAD SIL PŮSOBÍCÍCH NA ROZEVŘENÝ BOČNÍ RÁM (POHLED NA STROJ ZE ZADU)	36
OBR. 51 SCHÉMATICKÝ OBRÁZEK KINEMATIKY PODPĚRNÉHO KOLA	36
OBR. 52 VÝPOČTOVÝ MODEL PRO ZJIŠTĚNÍ SÍLY POTŘEBNÉ K PODEPŘENÍ BOČNÍCH RÁMŮ	36
OBR. 53 SÍLA VYVOZENÁ HYDR. VÁLCEM PODPĚRNÉHO KOLA ZOBRAZENÉM VE SKUTEČNÉ POLOZE	37
OBR. 54 SCHÉMATICKÝ OBRÁZEK SKLÁPĚNÍ BOČNÍCH RÁMŮ	37
OBR. 55 VÝPOČTOVÝ MODEL PRO ZJIŠTĚNÍ SÍLY POTŘEBNÉ K UDRŽENÍ BOČNÍCH RÁMŮ	38
OBR. 56 SÍLA VYVOZENÁ JEDNÍM HLAVNÍM VÁLCEM POTŘEBNÁ K UDRŽENÍ BOČNÍCH RÁMŮ NAD ZEMÍ.....	38
OBR. 57 SCHÉMATICKÝ OBRÁZEK PRO VÝPOČET ČASU POTŘEBNÉHO PRO ZVEDNUTÍ BŘEMENE [7]	40
OBR. 58 STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ HYDRAULICKÉHO OKRUHU [3]	43

Seznam tabulek

TABULKA 1 NASTAVENÍ OJE, NATÁČENÍ ZADNÍ NÁPRAVY A PODPĚRNÝCH KOL V JEDNOTLIVÝCH REŽIMECH.....	5
TABULKA 2 SLED OPERACÍ PŘI ROZKLÁDÁNÍ STROJE Z POHLEDU HYDRAULIKY.....	10
TABULKA 3 SLED OPERACÍ PŘI SKLÁDÁNÍ STROJE Z POHLEDU HYDRAULIKY	11
TABULKA 4 ZAPOJENÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH ROZVÁDĚČŮ.....	41
TABULKA 5 ORIENTAČNÍ EKONOMICKÉ SROVNÁNÍ NAŠEHO NÁVRHU SE SOUČASNÝM ŘEŠENÍM	44

Seznam příloh

Příloha č.1: CD

- text bakalářské práce ve formátu *bakalarska_prace.docx* a *bakalarska_prace.pdf*,
- schéma hydraulického okruhu ve formátu *okruh_schema.pdf*,

Příloha č.2: Schéma hydraulického okruhu.

Příloha č.3: Myšlenková mapa pohybů.

Příloha č.4: Manuál.