

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Navrhňte metodický postup bezdemontážní diagnostiky hydraulické soustavy na nákladních automobilech pro odvoz dřeva.

Vedoucí práce: Ing. Josef Frolík, CSc.

Autor: Martin Přichystal

České Budějovice, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin PŘICHYSTAL**
Osobní číslo: **Z09566**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika, obchod, servis a služby**
Název tématu: **Navrhněte metodický postup bezdemontážní diagnostiky hydraulické soustavy na nákladních automobilech pro odvoz dřeva.**
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 :

Cílem práce je navrhnout metodický postup diagnostiky hydraulických soustav s důrazem na identifikaci opotřebení jednotlivých hlavních částí jako je hydrogenerátor, lineární i rotační hydromotory a rozvaděč.

1. Složení hydraulických okruhů a jejich vlastnosti.
2. Konstrukční varianty hlavních částí hydraulických soustav.
3. Základní technické parametry používaných systémů.
4. Výběr a charakteristika sledovaných parametrů.
5. Návrh metodického postupu měření zvolených veličin.
6. Možnosti bezdemontážní diagnostiky přímo na vozidle.
7. Vyhodnocení a analýza zvoleného postupu.

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Kopecký, Z.: Tekutinové mechanismy - část I. Hydrostatické prvky. VA, Brno, 1997, S - 2080;
Firemní literatura výrobců;
Prokeš, J.: Hydraulické mechanismy v automatizaci. Praha, SNTL, 1973. 230 s.;
Semetko, J. a kol.: Mobilné energetické prostriedky 2. Bratislava, Príroda, 1985. 386 s.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**


prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 22. března 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma: „Navrhněte metodický postup bezdemontážní diagnostiky hydraulické soustavy na nákladních automobilech pro odvoz dřeva“ vypracoval samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v plném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 12. dubna 2012

.....

Martin Přichystal

Poděkování:

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Josefu Frolíkovi, CSc. za cenné rady, připomínky, metodické vedení práce a za čas, který mi při zpracování práce věnoval.

Abstrakt

Přichystal M., 2012: Navrhňte metodický postup bezdemontážní diagnostiky hydraulické soustavy na nákladních automobilech pro odvoz dřeva. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky.

Anotace

Práce se zabývá problematikou metodického postupu bezdemontážní diagnostiky hydraulických soustav. Teoretická část obsahuje základní charakteristiku kapalin, popis částí hydraulické ruky a prvků hydraulického systému, charakter zvolených veličin a popis způsobu diagnostiky prvků hydraulického systému. Praktická část obsahuje metodický postup bezdemontážní diagnostiky hydraulické soustavy a ověření vhodnosti navrhnutého postupu bezdemontážní diagnostiky.

Klíčová sova

Diagnostika, hydraulická ruka, hydraulický systém, hydraulický okruh, hydrogenerátor, hydromotor, rozvaděč, ventil.

Abstract

Přichystal M., 2012: Design a methodology of disassembly-less diagnostics systems for timber-transport trucks. The bachelor work. University of South Bohemia in the České Budejovice, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural, transport and handling equipment.

Abstract

The work deals with the methodology of disassembly-less procedure of hydraulic systems. The theoretical part contains the basic characteristics of fluids, hydraulic

system parts description, hydraulic system elements description, characteristic of measured variables and description of diagnostic methods of the hydraulic system elements. The practical part includes the methodology of disassembly-less diagnostics of hydraulic system and verify the suitability of the proposed disassembly-less diagnostics.

Keywords

Diagnostics, crane, hydraulic system, hydraulic circuit, hydrogenerator, hydraulic motor, distributor, valve.

Obsah

1. ÚVOD	9
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1 KAPALINA HYDRAULICKÝCH SOUSTAV.....	10
2.1.1 STLAČITELNOST KAPALINY	10
2.1.2 VISKOZITA	10
2.2 HYDRAULICKÁ RUKA	13
2.2.1 NÁZVY ČÁSTÍ HYDRAULICKÉ RUKY	13
2.2.2 OVLÁDÁNÍ HYDRAULICKÉ RUKY	20
2.3 HYDRAULICKÉ OBVODY	21
2.3.1 ČÁSTI HYDRAULICKÝCH OBVODŮ	21
2.3.2 HYDROGENERÁTOR	22
2.3.3 HYDRAULICKÉ VENTILY	25
2.3.4 HYDRAULICKÉ ROZVADĚČE.....	28
2.3.5 ČISTIČE.....	30
2.3.6 HYDRAULICKÝ OBVOD OTEVŘENÝ.....	31
2.3.7 HYDRAULICKÝ OBVOD UZAVŘENÝ	32
3. CÍLE PRÁCE	34
3.1 DIAGNOSTIKA SUBJEKTIVNÍ	34
3.2 DIAGNOSTIKA OBJEKTIVNÍ	34
3.2.1 TLAK	35
3.2.2 PROUDĚNÍ TEKUTIN (PRŮTOK).....	37
4. DIAGNOSTIKA PRVKŮ SOUSTAVY	39
4.1 DIAGNOSTIKA HYDROGENERÁTORU	40
4.2 DIAGNOSTIKA REGULAČNÍHO VENTILU.....	41
4.3 DIAGNOSTIKA HYDRAULICKÉHO ROZVADĚČE.....	42
4.4 DIAGNOSTIKA LINEÁRNÍHO HYDROMORU	43
5. METODICKÝ POSTUP DIAGNOSTIKY	44
6. ZKOUŠKA A OVĚŘENÍ METODICKÉHO POSTUPU	46
6.1 VIZUÁLNÍ KONTROLA	48

6.2 PROVOZNÍ FUNKČNOST	50
6.3 ZÁTĚŽOVÁ ZKOUŠKA.....	51
6.4 POKLES VÝLOŽNÍKU	52
6.5 DIAGNOSTIKA JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ SOUSTAVY.....	53
7. ZÁVĚR.....	55
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
8.1 KNIHY	56
8.2 INTERNETOVÉ ZDROJE	56
8.3 FIREMNÍ LITERATURA.....	57
9. SEZNAM OBRÁZKŮ	58
10. SEZNAM TABULEK.....	59

1. ÚVOD

Hydraulické ruky jsou složitým mechanismem, který vyžaduje kvalifikovanou údržbu a obsluhu. Základním předpokladem dokonalé funkce hydraulické ruky je spolehlivá činnost jednotlivých částí a prvků celého mechanického a hydraulického systému.

(Drápal et al., 1984)

Pro odvoz dřeva se používají různé typy odvozních souprav. Odvozní soupravou rozumíme speciálně upravené nákladní automobily se speciálním přívěsem nebo speciálně upraveným nebo speciálním návěsem. Podle druhu sortimentu přepravovaného dřeva také volíme typ konstrukce a velikost zvedacího momentu. Od toho se odvíjí zvolení parametrů jednotlivých částí hydraulické soustavy. Například tlak dodávaný hydrogenerátorem, průměr lineárních hydromotorů (hydraulických válců).

Pro odvoz dlouhého dřeva se používají oplenové soupravy s přívěsy s teleskopickou ojí nebo přívěs řízený hydraulickým systémem nebo soupravy s návěsem – pevné návěsy s klanicemi nebo s mechanicky nebo hydraulicky roztažitelným nosným rámem návěsu. U těchto souprav je hydraulická ruka umístěna na nosném rámu vozidla za kabinou.

Pro odvoz sortimentového dřeva se používají stejné návěsové soupravy jako na odvoz dlouhého dřeva nebo sortimentová souprava, kdy hydraulická ruka je na nosném rámu vozidla umístěna v zadní části. K vozidlu je připojen klanicový přívěs.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 KAPALINA HYDRAULICKÝCH SOUSTAV

Médiem, které uskutečňuje přenos energie v hydraulických okruzích, je kapalina. Výhody jejích vlastností vyplývají ze samotné fyzikální podstaty kapalin. Především se kapalina snadno přizpůsobuje změnám tvaru prostoru, v němž se nachází. Touto vlastností se kapaliny velmi podobají plynům. Další vlastností významnou pro její použití je relativní nestlačitelnost. Nestlačitelnost je vlastností typickou pro pevné látky a kapaliny.

Různá hydraulická zařízení kladou různé nároky na použité kapaliny. Hydraulická zařízení mobilních strojů používají téměř výlučně olejů, a to olejů minerálních. V menší míře se uplatňují oleje syntetické.

(Bauer, Ryšavý, 1985)

2.1.1 STLAČITELNOST KAPALINY

Z praktického hlediska jsou kapaliny nestlačitelné. Ovšem olej obsahující vzduch již stlačitelný je. Nerozpuštěný vzduch vytváří v kombinaci oleje a vzduchových bublinek olejopneumatickou pružinu. Tento stav se nepříznivě projevuje například nepravidelným chodem lineárních hydromotorů, změnou polohy pístnice v závislosti na vnějším zatížení silou, hlukem hydrogenerátorů a hydromotorů. Pokud je vzduch v oleji rozpuštěn, potom platí, že množství rozpuštěného vzduchu stoupá s rostoucím tlakem. Při náhlém poklesu dochází k vylučování vzduchu, což je zvláště nepříznivé v sací části. Pohlcování vzduchu lze zabránit používáním tlakového oleje, který má sníženou schopnost pěnění, především je však nutno upravit hydraulický okruh, aby k pěnění nedocházelo, a znemožnit přisávání vzduchu netěsnostmi v sací větvi.

(Bauer, Ryšavý, 1985)

2.1.2 VISKOZITA

Viskozita je vlastnost kapaliny projevující se třecími silami uvnitř kapaliny při jejím proudění. Se stoupající viskozitou rostou tlakové ztráty a klesají průtokové ztráty. Velikost viskozity ovlivňuje tloušťku mazacího filmu u vzájemně se

pohybujících částí. Viskozita kapalin závisí na teplotě a tlaku. Viskozita kapalin klesá s růstem teploty, a to zejména výrazně u olejů. Závislost viskozity na teplotě pracovních kapalin udávají jejich výrobci a distributoři formou tabulky nebo grafu.

U minerálních olejů, kde je tato závislost výrazná, dochází při nízkých teplotách k takovému zvýšení viskozity, že látkové ztráty ve vedení významně rostou. To se projeví nejprve v prodloužení doby rozběhu mechanismu, jeho pomalejším chodu a nakonec může dojít k úplnému zastavení chodu.

Při vysokých provozních teplotách dochází ke snížení viskozity na úroveň, kdy hrozí zadření hydrogenerátorů. Současně klesá průtoková účinnost hydrogenerátorů a hydromotorů a zvyšuje se jejich opotřebení.

Viskózní index je jeden ze způsobů vyjadřování závislosti viskozity na teplotě. Kapalína se srovnává s porovnávacími oleji s viskózními indexy 0 a 100. Čím je viskózní index vyšší, tím je viskózní křivka plošší. Dnes se žádá u minerálních olejů viskózní index minimálně 90.

(Pavlok, 2001)

V praxi rozlišujeme dynamickou a kinematickou viskozitu. Dynamická je součinitel úměrnosti mezi smykovým napětím v tekutině a gradientem rychlosti „ v “ tekutiny ve směru kolmém k ploše, na níž napětí sledujeme. Pro jednoduché znázornění si představme, že kapalína proudí ve směru osy „ x “ a velikost její rychlosti závisí jen na souřadnici „ y “. Pak smykové napětí „ τ “, působící v tekutině na plochu kolmou k ose „ y “, splňuje vztah.

(Balon)

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dy} \quad (2.1)$$

τ ... smykové napětí [Pa.s]

η ... dynamická viskozita [Pa.s = kg.m⁻¹.s⁻¹]

$\frac{dv}{dy}$... gradient rychlosti ve směru kolmém na směr pohybu

Kde dynamická viskozita „ η “, nezávisle na charakteru pohybu závisí pouze na fyzikálních vlastnostech tekutiny a její teplotě $\frac{dv}{dy}$ je gradient rychlosti ve směru kolmém na směr pohybu.

(Lojczanskij, 1954)

Kinematická viskozita „ ν “ je definována jako poměr dynamické viskozity „ η “ a měrné hmotnosti tekutiny „ ρ “.

(Janalík, Štřáva, 2002)

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (2.2)$$

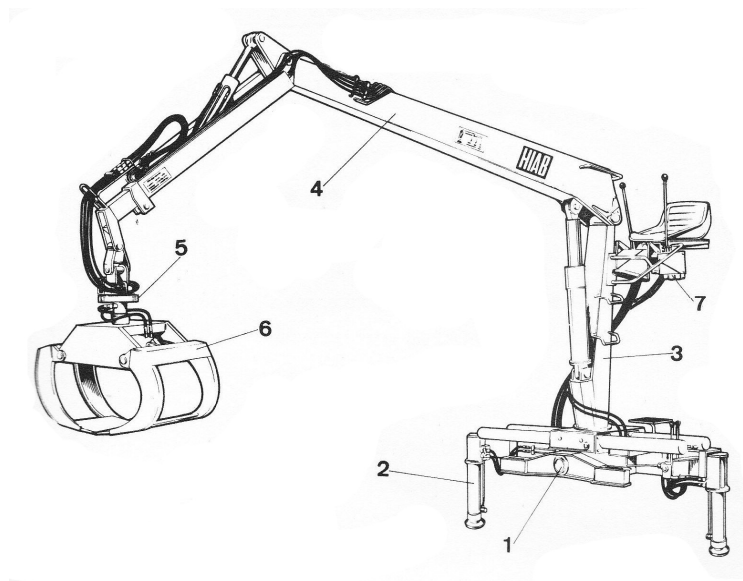
ν ... kinematická viskozita [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

ρ ... měrná hmotnost tekutiny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Tabulka 2.1: Přehled hydraulických olejů firmy ESSO. (Lubstar)

Název produktu	ISO VG	Kinematická viskozita $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$		Viskozní index	Hustota při 15°C $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	Bod tuhnutí °C	Bod vzplanutí °C
		40°C	100°C				
Nuto H 22	22	22	4,4	95	0,865	-24	206
Nuto H 32	32	32	5,4	95	0,872	-24	212
Nuto H 46	46	46	6,7	95	0,876	-21	226
Nuto H 68	68	68	8,5	95	0,882	-18	234
Nuto H 100	100	100	11,1	95	0,884	-15	242
Nuto H 150	150	150	14,6	95	0,887	-15	258
Univis N 32	32	32	6,4	151	0,873	-48	208
Univis N 46	46	48	8,2	152	0,875	-45	216
Univis N 68	68	68	11	152	0,883	-42	222
Univis HVI 13	-	14	5,3	384	0,872	-60	101
Univis HVI 26	-	26	9,3	360	0,878	-60	103
Hydraulic Oil HPL 32	32	32	5,3	96	0,875	-24	220
Hydraulic Oil HPL 46	46	46	6,5	97	0,878	-24	230
Hydraulic Oil HPL 68	68	68	8,6	97	0,882	-24	250

2.2 HYDRAULICKÁ RUKA



Obrázek 2.1:Části hydraulické ruky. 1-rám, 2-podpěry, 3-sloup, 4-výložník, 5-rotátor, 6-drapák, 7-ovládací zařízení. (HIAB, 1985)

Hydraulická ruka je zdvihací zařízení s výložníkovým ramenem, na němž je na konci zavěšen rotátor s drapákem. Všechny pohyby hydraulické ruky jsou ovládány hydraulicky.

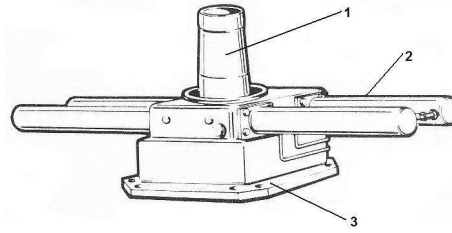
(Drápal et al., 1984)

2.2.1 NÁZVY ČÁSTÍ HYDRAULICKÉ RUKY

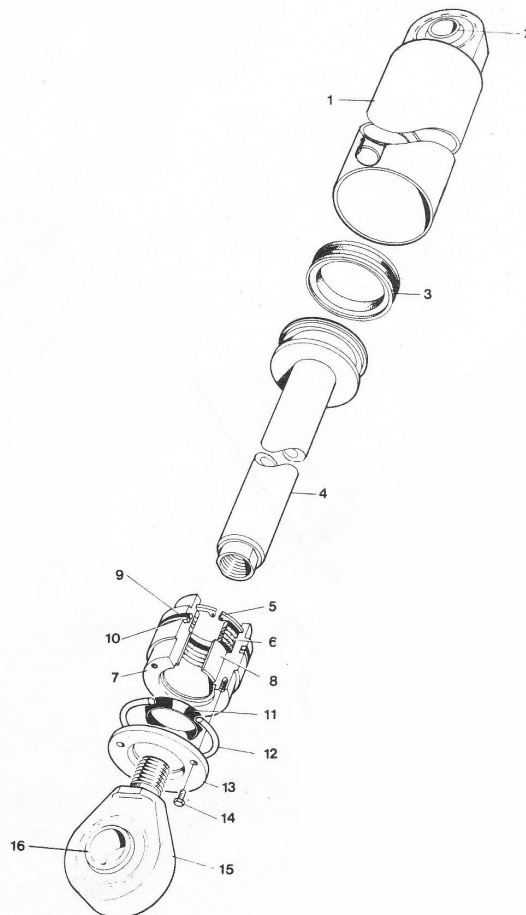
Zdvihací zařízení je soubor konstrukčních prvků a mechanismů určitých břemen ke zdvihání a přemístování břemen.

Rám je základní nosná a montážní část hydraulické ruky, kterou se připojuje k pevné základně (k nástavbovému a nosnému rámu vozidla). U některých typů slouží jako nádrž pracovní kapaliny.

(Drápal et al., 1984)



Obrázek 2.2: Rám. 1-uložení sloupu, 2-lineární hydromotor s hřebenovou tyčí (slouží pro otáčení sloupu kolem své osy), 3-spodní deska (slouží pro přišroubování podstavce k rámu podpěr) (HIAB, 1985)



Obrázek 2.3: Lineární hydromotor. 1-trubka válce, 2-ložisko, 3-těsnění, 4-pístnice s pístem, 5-drážkový kroužek, 6-těsnění, 7-hlava pístu, 8-uložení, 9-„O“kroužek, 10-podpěrný kroužek, 11-stěrka, 12-zajišťovací kroužek, 13-víko, 14-šroub, 15-hlava pístnice, 16-ložisko. (HARA 80, 1985)

Používáme dva základní druhy lineárních hydromotorů. Jsou to hydromotory jednočinné a dvojčinné.

Na jednočinný lineární hydromotor působí pracovní kapalina na píst pouze z jedné strany. Vracení pístu do původní polohy pak zajišťuje působení břemene, nebo jiného zařízení jako je jiný axiální hydromotor, nebo vratné pružiny apod. Při návratu pístu do původní polohy se pracovní kapalina vrací přívodním potrubím zpět do nádrže.

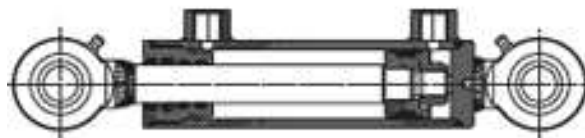


Obrázek 2.4: Jednočinný lineární hydromotor. (Hydraulics)

U hydraulických ruk se používají pouze lineární hydromotory dvojčinné.

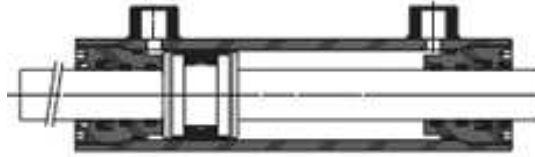
U dvojčinných lineárních hydromotorů působí pracovní kapalina z obou stran pístu. Tím je píst z původní a zpět do původní polohy posunován pracovní kapalinou. Dvojčinné axiální hydromotory dělíme na jednostranné a dvoustranné.

Jednostranný lineární hydromotor nemá obě pracovní plochy pístu stejné. Pracovní plocha před pístem je větší, než za pístem, kde prochází pístnice. Při působení pracovní kapaliny před pístem, má píst větší sílu, ale rychlost pohybu je menší oproti působení za pístem.



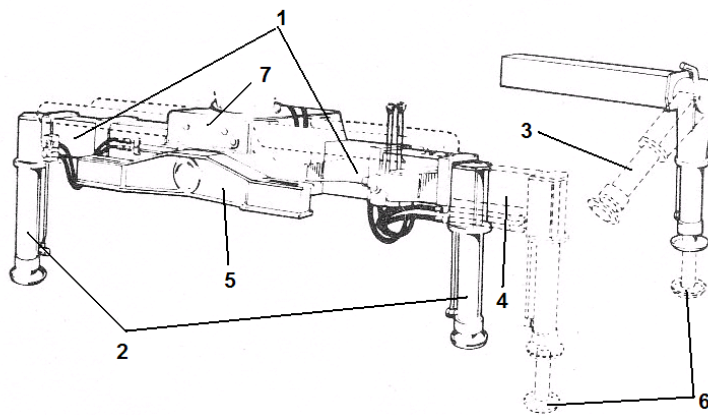
Obrázek 2.5: Dvojčinný lineární hydromotor jednostranný. (Hydraulics)

Dvojčinný lineární hydromotor dvoustranný. Pracovní plocha před i za pístem je shodná, neboť pístnice prochází na obě strany. Díky tomu, že má píst stejnou pracovní plochu na obou stranách, je síla i rychlost v obou směrech pohybu shodná.



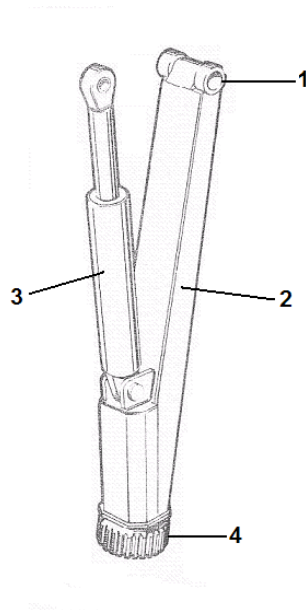
Obrázek 2.6: Dvojčinný lineární hydromotor oboustranný. (Hydraulics)

Podpěry jsou tvořeny příčným nosníkem s axiálními hydromotory, které zajišťují příčnou stabilitu při práci s hydraulickou rukou.



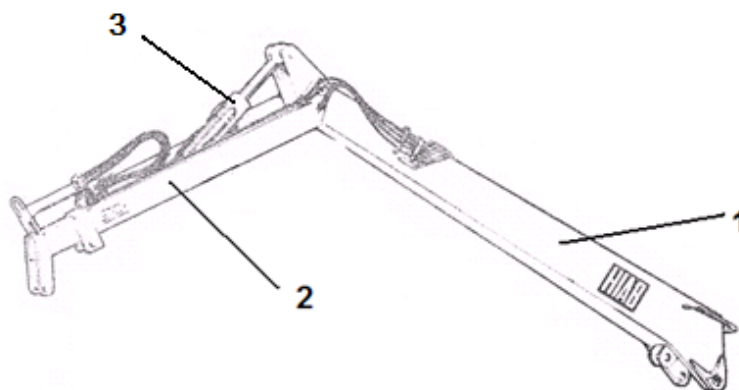
Obrázek 2.7: Podpěry. 1-rám podpěr, 2-podpěry tvořené lineárními hydromotory, 3-podpěra ve vykývnuté poloze (podpěry jsou na příčném rámu uloženy výkyvně), 4-vysunutá poloha (příčný rám podpěr je výsuvný pro větší stabilitu během činnosti), 5-držák podpěr, za který je hydraulická ruka přišroubována na rám vozidla, 6-vysunuté podpěry (pracovní poloha), 7-podstavec (HIAB, 1985)

Sloup je svislá nosná konstrukce výložníku. Sloup zajišťuje jeho otáčení. Tvoří jej nejčastěji pevná, tlustostěnná skříň nebo ocelový svařený výlisek uložený otočně v podstavci. Na sloupu je upevněn výložník.



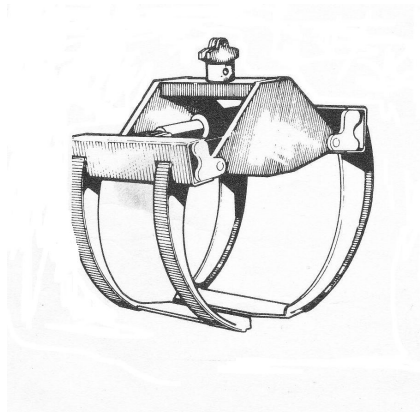
Obrázek 2.8: Sloup. 1-hlava sloupu (uložení výložníku), 2-rám sloupu, 3-hlavní zvedací lineární hydromotor, 4-věnc sloupu (slouží pro otoč sloupu kolem své osy) (HIAB, 1985)

Výložník je nosné rameno hydraulické ruky, které umožňuje její prostorový dosah. Nejčastěji je tvořen zvedacím ramenem, zlamovacím ramenem a výsuvným ramenem.



Obrázek 2.9: Výložník. 1-hlavní rameno, 2-zalamovací rameno s výsuvem, 3-lineární hydromotor zalamovacího ramene. (HIAB, 1985)

Drapák je klešťové zařízení určené k nabírání, uchopení a přemístování břemen (dříví).



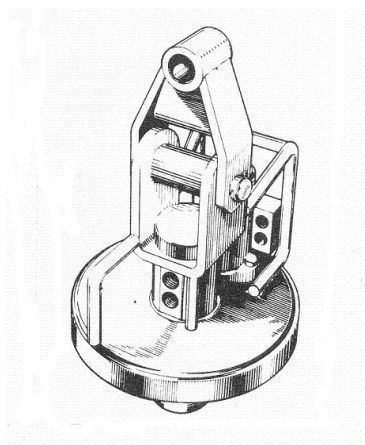
Obrázek 2.10: Drapák. (HARA 80, 1985)

Rotátor je zařízení umožňující horizontální otáčení drapáku zavěšeného na výložníku. Jedná se o rotační hydromotor.

(Drápal et al., 1984)

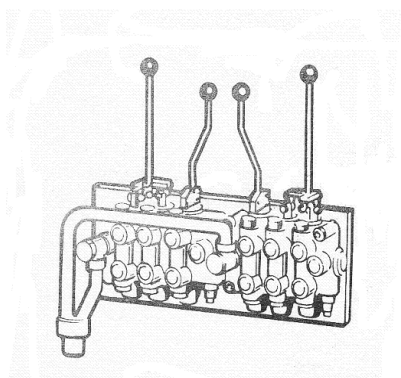
Dříve byly používané rotátory s dorazem. Úhel otočení se u dorazového rotátoru pohybuje okolo 300° , dle výrobce.

Nyní se u hydraulických ruk používají rotátory bez dorazu. Otáčení bezdorazových rotátorů není limitováno žádným úhlem, také se nazývají tzv. nekonečné. Z důvodu neomezeného otáčení, je potrubí pracovní kapaliny pro zařízení zavěšeno na rotátoru přiváděno do jeho stacionární části. Pracovní kapalina je dále vedena kanály procházející jeho konstrukci do rotující části, díky této konstrukci je rotátor zároveň rotačním rozvaděčem a z rotující části již přímo do zařízení zavěšeného na rotátoru. Díky této konstrukci nedochází při rotaci rotátoru o více jak 300° k poškození hadicového vedení pracovní kapaliny vedené k zařízení zavěšené na rotátoru.



Obrázek 2.11: Rotátor. (HIAB, 1985)

Ovládací zařízení je soustava pák a pedálů spojených s rozvaděči. Tato soustava s rozvaděči ovládá pohyby hydraulické ruky.

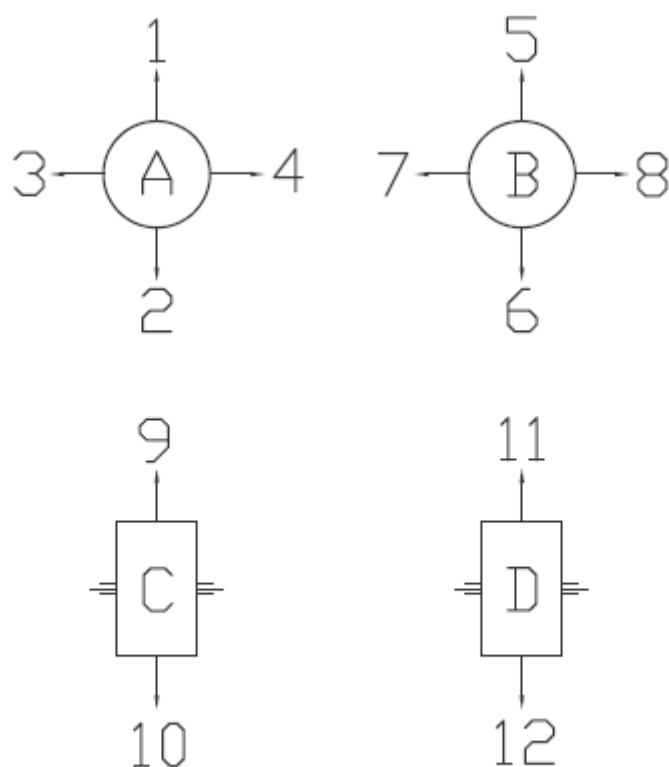


Obrázek 2.12: Ovládací zařízení (rozvaděč). (HIAB, 1985)

Otáčení je pohyb výložníku v horizontálním směru kolem osy sloupu. Děje se jak ve směru hodinových, tak v protisměru hodinových ručiček.

(Drápal et al., 1984)

2.2.2 OVLÁDÁNÍ HYDRAULICKÉ RUKY



Obrázek 2.13: Schéma ovládání hydraulické ruky.

Ovládač „A“ je ovládací páka pro ovládání levou rukou. Ovládač „B“ je ovládací páka pro ovládání pravou rukou. Ovládač „C“ je ovládací pedál pro ovládání levou nohou. Ovládač „D“ je ovládací pedál pro ovládání pravou nohou.

Poloha „1“ poloha zlamovacího ramena. Pohyb zlamovacího ramena je směrem nahoru (směrem od sloupu).

Poloha „2“ poloha zlamovacího ramena. Pohyb zlamovacího ramena je směrem dolů (směrem k sloupu).

Poloha „3“ poloha otáčení celé hydraulické ruky v protisměru hodinových ručiček. Osou rotace je sloup.

Poloha „4“ poloha otáčení celé hydraulické ruky ve směru hodinových ručiček. Osou rotace je sloup.

Poloha „5“ poloha pro spouštění celého výložníku směrem dolů.

Poloha „6“ poloha pro zvedání celého výložníku směrem nahoru.

Poloha „7“ poloha otáčení rotátoru v protisměru hodinových ručiček. Osa rotace rotátoru prochází jeho středem.

Poloha „8“ poloha otáčení rotátoru ve směru hodinových ručiček. Osa rotace rotátoru prochází jeho středem.

Poloha „9“ poloha pro otevření drapáku.

Poloha „10“ poloha pro zavření drapáku.

Poloha „11“ poloha pro vysunutí výsuvného ramena.

Poloha „12“ poloha pro zasunutí výsuvného ramena.

Pro plynulé ovládání a plynulé pohyby hydraulické ruky se mohou polohy kombinovat.

2.3 HYDRAULICKÉ OBVODY

Hydraulický obvod je soustava hydraulických prvků, které svou činností usměrňují přeměnu tlakové energie kapaliny na energii mechanickou. Základním uspořádáním hydraulických obvodů je hydraulický obvod otevřený a hydraulický obvod uzavřený.

2.3.1 ČÁSTI HYDRAULICKÝCH OBVODŮ

Hydrogenerátory jsou zdrojem tlakové energie v hydraulickém obvodu. Přeměňují mechanickou energii na energii tlakovou. U hydraulických ruk se používají axiální pístové hydrogenerátory.

Hydromotory jsou spotřebiče tlakové energie. Mění se v nich tlaková energie kapaliny dodávaná hydrogenerátory v energii mechanickou. U hydraulických ruk se používají hydromotory rotační a lineární.

Řídící prvky – rozvaděče a ventily řídí a usměrňují směr pohybu kapaliny v hydraulickém obvodu a regulují její rozvod, ochraňují obvod před přetížením a poškozením.

Hydraulický rozvod je soustava vysokotlakých trubek a hadic, kterými je kapalina rozváděná od zdroje energie ke spotřebičům a zpět.

Ostatní provozní zařízení – zásobníky, čističe, měřiče jsou prvky a části, které umožňují funkci a činnost hydraulického obvodu v určitém rozsahu.

2.3.2 HYDROGENERÁTOR

Pístové hydrogenerátory náleží k nejrozšířenějším hydrogenerátorům, které pracují za nejrozmanitějších pracovních podmínek, od nízkých do vysokých pracovních tlaků, přenášejí se jimi výkony od několika do několika desítek [kW] a co je nejdůležitější, lze s nimi tento přenos energie řídit podle technologických požadavků stroje či zařízení, jehož jsou nejdůležitější součástí. Lze prohlásit, že hydrogenerátory velkou měrou rozhodují o dosažitelnosti technologických parametrů hydraulické ruky a současně více či méně ovlivňují spolehlivost a životnost hydraulické ruky.

Pístové hydrogenerátory se dělí podle polohy pístu k ose rotace na radiální, axiální a řadové. Princip činnosti hydrogenerátorů je shodný, neboť používají stejný pracovní prvek tj. píst pohybující se přímočaře vratně ve válci.

$$Q = \pi \cdot \frac{D_i^2}{4} \cdot l_i \cdot i \cdot n \quad (2.3)$$

Q ... celkový průtok prvkem [$\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]

D_i ... průměr pracovního elementu [m]

l_i ... zdvih pracovního elementu [m]

i ... počet elementárních prvků [-]

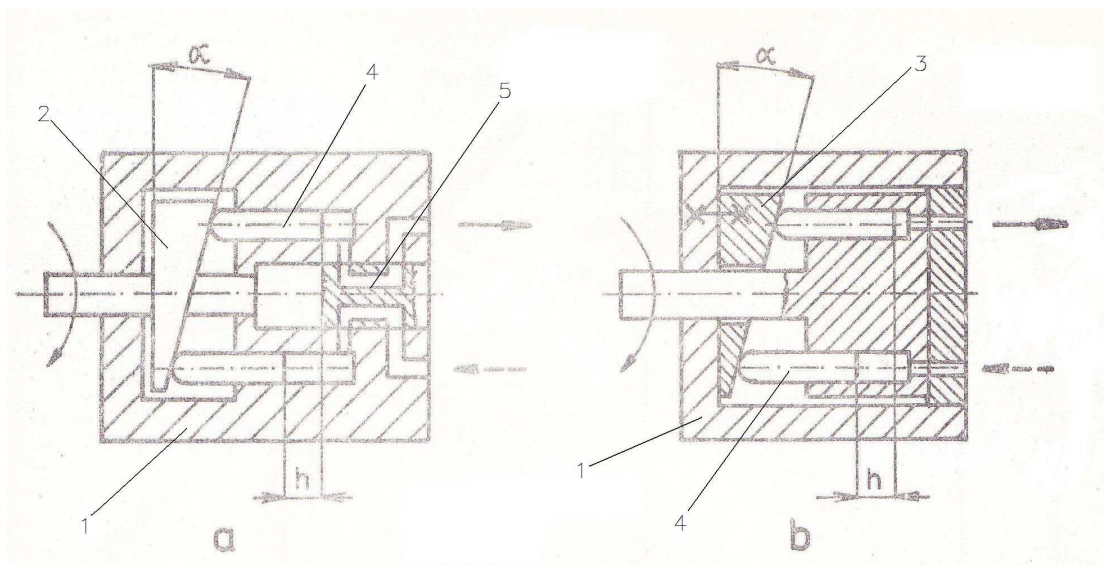
n ... počet dvojdvihů za čas tj. počet otáček hnacího hřídele [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$]

Na základě tohoto vztahu (2.3) lze ihned určit možnost řízení velikosti průtoku a to buď změnou „ l_i “, nebo „ n “. Hnací motory mají ve většině případů konstantní otáčky „ n “ a lze tedy měnit průtok pouze změnou zdvihu pracovního elementu „ l_i “. U hydraulických ruk se využívají hydrogenerátory, které mají pevně dán zdvih pracovních elementů „ l_i “ a otáčky „ n “.

U hydraulických ruk využíváme axiální hydrogenerátor. Uložení osy pístu je rovnoběžné s osou rotace, popř. je osa pístů o několik stupňů nakloněna k ose rotoru. Tato skupina hydrogenerátorů lze rozdělit do dvou podskupin a to podle způsobu vyvození vratného pohybu pístů. Do první skupiny patří typ s nakloněnou deskou, o kterou se opírají písty. Do druhé skupiny patří řešení s nakloněným bokem. Písty jsou u této skupiny spojeny nuceně s rotujícím hřídelem.

Skupinu s nakloněnou deskou rozdělujeme dále na další dvě skupiny. Rozdělujeme je podle toho, zda nakloněná deska stojí či rotuje.

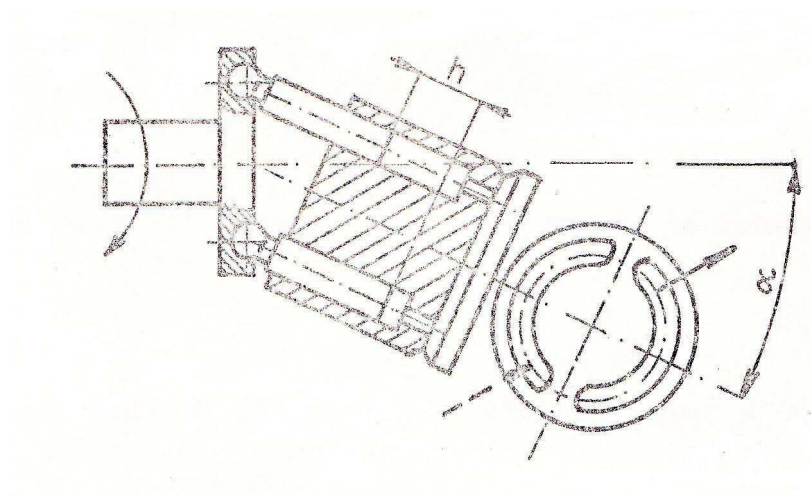
Konstrukční zpracování jednotlivých hydrogenerátorů podle výše vytčeného dělení se případ od případu liší, ale přesto lze nalézt další společné znaky jednotlivých řešení. Rozvod je pro nižší a střední tlaky proveden jako samočinný pomocí plochých či válcových rotačních šoupátek. Pro nejvyšší tlaky se používá téměř výlučně ventilový rozvod. Pro typ s rotující nakloněnou deskou se převážně používá válcové rotační šoupátko, zatímco ve zbývajících podskupinách se používají ploché (axiální) rozvody. Jak je patrné z obrázku číslo 2.14, na kterém jsou schematicky znázorněna řešení s nakloněnou deskou. Sklon nakloněné desky bývá v rozmezí od $\alpha=18^\circ$ do $\alpha=20^\circ$. U některých typech i více.



Obrázek 2.14: Hydrogenerátor s nakloněnou deskou. a-s rotující deskou, b-s deskou pevnou.

1-těleso hydrogenerátoru, 2-rotující deska, 3-pevná deska, 4-pístky, 5-rotační šoupátko (Janouš, 1983)

Jak již bylo uvedeno, je styk pístů s prvkem vyvozující pohyb pro skupinu s nakloněným bokem nucený a nejčastěji s čelním plochým rozvodem, schematicky znázorněno na obrázku číslo 2.15. Sklon nakloněného boku bývá běžně do $\alpha=25^\circ$. U zvláštních konstrukcí až $\alpha=45^\circ$.



Obrázek 2.15: Hydrogenerátor s nakloněným bokem, axiální rozvod. (Janouš, 1983)

Rozvody axiální mají uspořádání, jež je patrné na obrázku číslo 2.15 tj. ledvinovitá vybrání jsou vytvořena ve zvláštní desce, případně přímo v tělese a jsou spojena s tlakovým či sacím kanálem. Jednotlivý pracovní element (píst) je spojen v plnicím zdvihu se sacím kanálem a v druhém zdvihu s výtlakem. Obdobně je tomu tak u rotačních válcových rozvodů. Rovinné rozvody vykazují vyšší pasivní odpory, ale lepší opravitelnost. Válcové rozvody mají nízké pasivní odpory, ale při opotřebení jsou neopravitelné a jsou velmi choulostivé na tepelný ráz.

Styk pístů se šikmou deskou může být buď přímý, nebo pomocí kluzátek. Přímý styk se používá jen při nižších pracovních tlacích. Toto uspořádání vykazuje velmi nízké pasivní odpory.

Kluzátka jsou konstruována jako hydrostatická ložiska a lze je požívat i pro nejvyšší pracovní tlaky 32 až 45 MPa. Kluzátka mají velké pasivní odpory.

Použití ojníc u hydrogenerátorů s nakloněným bokem je výhodné, protože zaručuje nucený pohyb pístů, ale vyžaduje mohutná ložiska hřídele pro zachycení radiálních a zejména axiálních sil vznikajících jako důsledek pracovního tlaku na čele pístu.

Axiální hydrogenerátory jsou používány pro otevřené i uzavřené hydraulické obvody. Použití v uzavřených obvodech nepřináší žádné větší obtíže. Použití v otevřených obvodech tj. použití samonasávacích hydrogenerátorů kluzátkové konstrukce klade určitá omezení ve výši přípustného tlaku v sacím hrdle hydrogenerátoru. Tlak by se neměl příliš lišit od atmosférického tlaku, neboť velikost podtlaku je jedním z rozhodujících činitelů, ovlivňující životnost spojení pístu s kluzátkem.

(Janouš, 1983)

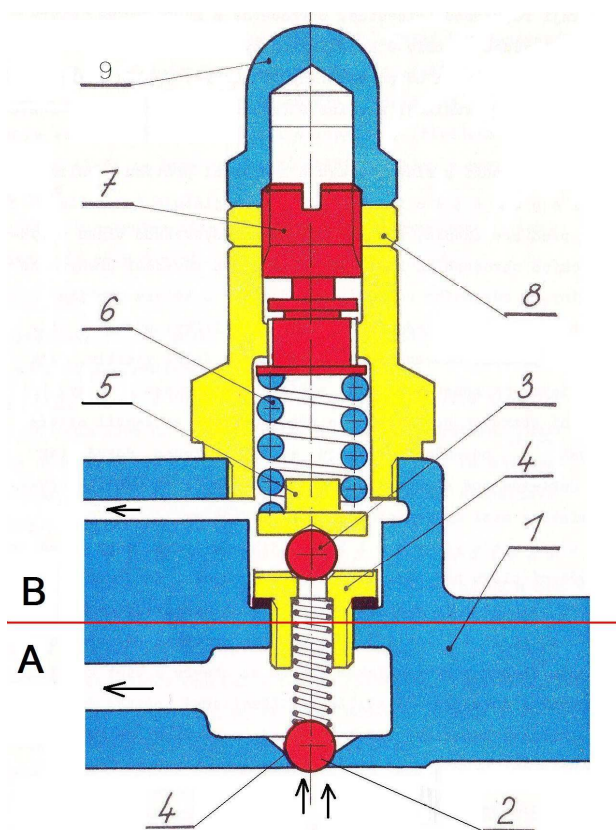
2.3.3 HYDRAULICKÉ VENTILY

Slouží k řízení tlaku a k hrazení průtoku kapaliny.

Regulační ventil zajišťuje hydraulický obvod přetížením, slouží k udržení nastaveného tlaku v hydraulických obvodech na konstantní hodnotě a odvádí přebytečnou kapalinu do odpadního potrubí. Skládá se z tělesa ventilu s kanálky

a uzavírací jednotky - kuželky, kuličky, pístku a tlačných pružin. Tlak je nastaven na konstantní výši seřizovacím šroubem pružiny. Při dosažení stanoveného tlaku nebo při přetížení se ventil otevře a kapalina je odváděna do vratného potrubí, a to tak dlouho, dokud tlak opět neklesne pod stanovenou hodnotu. Přepouštěcí ventily bývají umístěny mezi hydrogenerátorem a rozvaděčem.

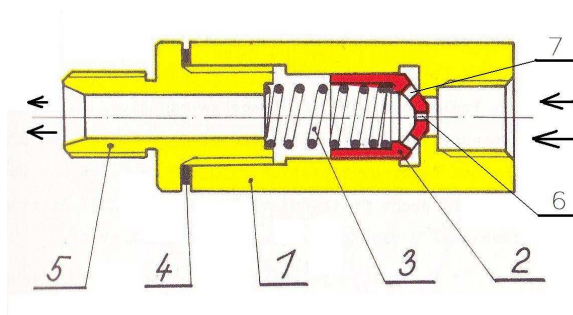
Pojistný ventil zajišťuje hydraulický obvod proti zvýšení tlaku nad nejvyšší provozní hodnotu. Konstrukčně je obdobný přepouštěcím ventilům, bývá však nastaven na vyšší tlak o 10 až 15%. Ventil je při provozu uzavřen, při přetížení zvýšeným tlakem v hydraulickém obvodu se otevře a část kapaliny je odváděna do odpadního potrubí. Jestliže přetížení trvá, odtéká do odpadního potrubí celé množství kapaliny, stroj nepracuje a zatížení je nutné snížit. Umístěn bývá mezi rozvaděčem a hydromotorem.



Obrázek 2.16: Združený regulační a pojistný ventil. A-regulační část, B-pojistná část.

1-těleso ventilu, 2-kulička regulačního ventilu, 3-kulička pojistného ventilu, 4-sedlo kuličky, 5-tlačný čep, 6-tlačná pružina, 7-seřizovací šroub, 8-zajišťovací matice, 9-uzavírací matice. (Drápal et al., 1984)

Škartící ventil slouží ke škrcení toku kapaliny proudícího do hydromotoru a tím k řízení rychlosti jeho pohybu. Oboustranné škartící ventily škrtí tok kapaliny v obou směrech, jednostranný škartící ventil v jednom směru. Umístěny bývají mezi hydromotorem a odpadním potrubím.



Obrázek 2.17: Škartící ventil. 1-těleso ventilu, 2-kuželka, 3-tlačná pružina, 4-těsnění, 5-šroubení, 6-hlavní škartící otvor, 7-škartící otvory (jsou otevřeny pouze při posunutí kuželky). (Drápal et al., 1984)

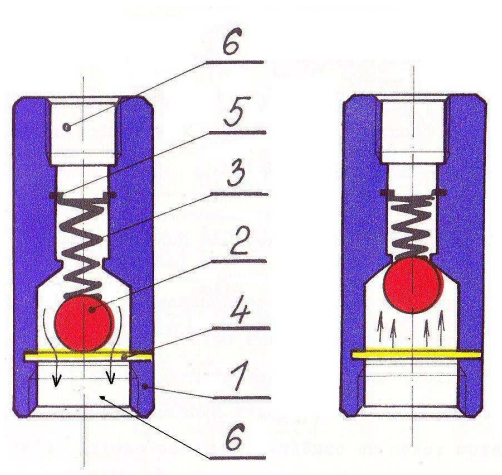
Uzavírací ventil zajišťuje samočinné uzavření potrubí při náhlé změně rychlosti průtoku kapaliny, např. při poškození hadice. Umístěny bývají na hydromotorech.

Jednosměrný ventil tzv. zpětný umožňuje průtok kapaliny pouze jedním směrem. Slouží k zajištění proti poškození hydraulických prvků tlakovou kapalinou. Umístěny bývají za prvkem, který mají chránit. Spojením dvou jednosměrných ventilů vznikají hydraulické zámky.

(Drápal et al., 1984)

Hydraulické zámky jsou určeny k aretaci poloh a stavů hydraulických přístrojů (hydromotorů) při přerušení dodávky pracovní kapaliny. Pracují také jako havarijní pojistka při poruše hydraulického systému, jako například při poškození vysokotlakého potrubí s náhlým únikem pracovní kapaliny. Tato součást je z bezpečnostních důvodů nutnou součástí hydraulického okruhu především u zvedacích zařízení. U hydraulických se používají u hlavního zvedacího lineárního hydromotoru, lineárního hydromotoru zalamovacího ramene a lineárních hydromotorů podpěr.

(Jihlavan, 2011)



Obrázek 2.18: Jednosměrný ventil. 1-tělo ventilu, 2-kulička, 3-tlačná pružina, 4-kolík, 5-pojistný kroužek, 6-šroubení. (Drápal et al., 1984)



Obrázek 2.19: Hydraulické zámky. (Jihlavan, 2011)

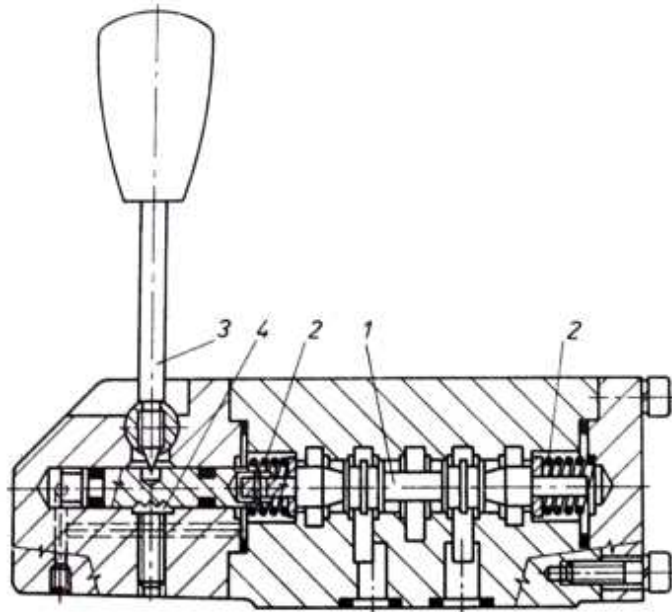
2.3.4 HYDRAULICKÉ ROZVADĚČE

Hydraulické rozvaděče můžeme rozdělit dle následujících provedení a parametrů.

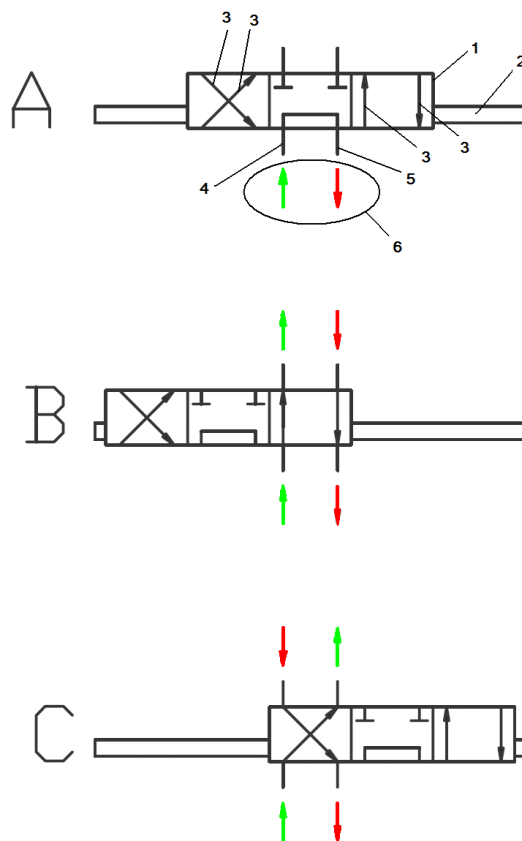
Tabulka 2.2: Rozdělení hydraulických rozvaděčů. (Veselý, 2010)

podle řídicího elementu	podle ovládání	podle způsobu připojení
šoupátkové	elektromagneticky ovládané	modulové
sedlové	ruční a mechanicky ovládané	sekční
	hydraulicky a pneumaticky ovládané	vestavné

Šoupátkové rozvaděče jsou nejrozšířenějším prvkem pro hrazení průtoku v hydraulických obvodech, neboť umožňují jednoduché řízení směru toku pracovní kapaliny jedním konstrukčním prvkem, kterým je šoupátko.



Obrázek 2.20: Šoupátkový mechanicky ovládaný hydraulický rozvaděč.
1-šoupátko, 2-vratné pružiny, 3-ovládací páka, 4-ovládací mechanismus šoupátka
(Hydrocontrol, 2011)



Obrázek 2.21: Schématické znázornění poloh hydraulického rozvaděče. A-neutrální poloha, B-poloha jednoho směru toku kapaliny, C-poloha druhého směru toku kapaliny.

1-těleso rozvaděče, 2-šoupátko, 3-rozváděcí kanály, 4-přívodní potrubí, 5-zpětné potrubí, 6-směr toku kapaliny.

U hydraulických ruk jsou používány především mechanicky ovládané šoupátkové hydraulické rozvaděče.

2.3.5 ČISTIČE

Čističe slouží pro zachycení nečistot v provozní kapalině. V hydraulických obvodech používáme nejčastěji kombinaci hrubého a jemného čističe.

Hrubý čistič bývá umístěn na sacím potrubí před hydrogenerátorem. Je schopen zachycovat hrubé nečistoty o velikosti 20 až 40 μm .

Jemný čistič bývá umístěn na vratném potrubí a díky tomu, že proudění kapaliny přes jemný čistič má velký odpor, snadněji zachytává jemné nečistoty a můžeme použít čistič s menší čistící plochou. Jemný čistič zachytává nečistoty o velikosti 2 až 4 μm .

2.3.6 HYDRAULICKÝ OBVOD OTEVŘENÝ

V otevřeném hydraulickém obvodu se tlaková kapalina po vykonání práce vrací zpět do nádrže. Práci vykonává jen část kapaliny. Větší část zůstává v nádrži, proto otevřené hydraulické obvody vyžadují větší množství kapaliny.

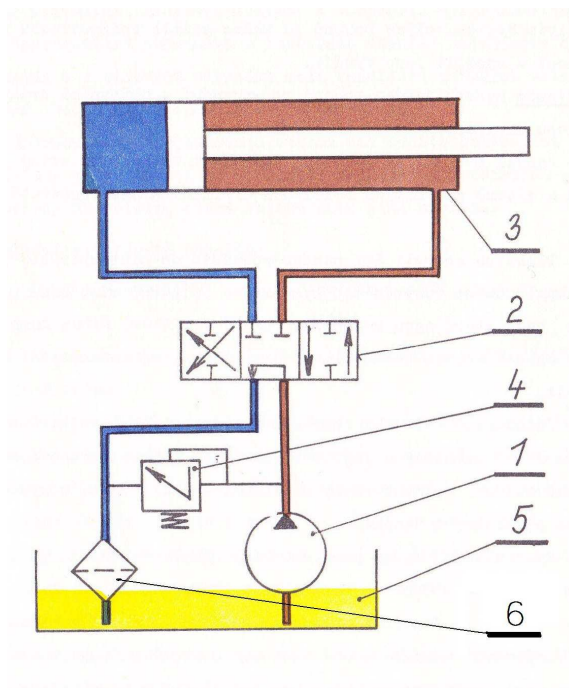
Hydrogenerátor nasává kapalinu sacím potrubím z nádrže a svou činností ji pod tlakem vhání do tlakové větve obvodu. Kapalina proudí do rozvaděče a přes otevřený rozvaděč do hydromotoru, při uzavřeném rozvaděči proudí kapalina zpět vratnou větví do nádrže. Tlaková kapalina, která prošla otevřeným rozvaděčem, proudí do hydromotoru, kde se mění energie tlaková v energii mechanickou.

Regulační ventil umístěný mezi hydrogenerátorem a rozvaděčem udržuje nastavený tlak a chrání hydraulický obvod před přetížením. Mezi rozvaděč a hydromotor se vkládá pojistný ventil, který zajišťuje obvod proti zvýšení tlaku nad nejvyšší provozní hodnotu při přetížení.

Výhodou otevřeného hydraulického obvodu je jeho jednoduchá konstrukce, menší nároky na provoz, údržbu a opravy. Dochází v něm k menšímu namáhání kapaliny. Kapalina se po průtoku obvodem vrací do nádrže, kde se promísí se zbývající kapalinou a dochází k ochlazení, ustálení, usazení nečistot, odloučení vodních pár a vzduch. V nádrži ve styku se vzduchem dochází také k jejímu znehodnocování, oxidaci a přijímání vzduchu a vodních par, proto by kapalina v nádrži měla mít co nejmenší plochu hladiny, stýkající se s atmosférou.

Otevřené hydraulické obvody pro svou méně náročnou konstrukci, vysokou spolehlivost a životnost jsou vhodné pro použití u většiny strojů v lesnictví.

(Drápal et al., 1984)



Obrázek 2.22: Hydraulický obvod otevřený. 1-hydrogenerátor, 2-rozvaděč, 3-dvojčinný lineární hydromotor, 4-regulační ventil, 5-nádrž, 6-čistič (Drápal et al., 1984)

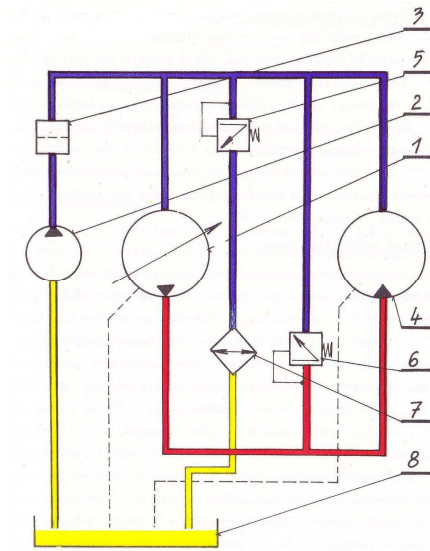
2.3.7 HYDRAULICKÝ OBVOD UZAVŘENÝ

V uzavřeném hydraulickém obvodu obíhá větší část kapaliny v obvodu mimo nádrž. Tlaková kapalina z hydrogenerátoru proudí přes rozvaděč do hydromotoru, po vykonání práce je vedena zpět z hydromotoru přes čistič k sacímu otvoru hydrogenerátoru. Hydromotor je tedy přímo spojen s hydrogenerátorem a kapalina obíhá v uzavřeném obvodu. Část kapaliny však uniká vnitřními netěsnostmi prvků soustavy a vrací se zpět do nádrže. Ztráty je nutné v obvodu nahradit a doplnit kapalinou z nádrže, která je navíc ochlazována a přefiltrována.

Z tohoto důvodu bývá k uzavřenému obvodu připojen otevřený obvod s pomocným hydrogenerátorem. Z otevřeného obvodu je do obvodu uzavřeného dodávána kapalina přes zpětný ventil, který propouští kapalinu jen ve směru z nádrže k hydrogenerátoru. K otevření zpětného ventilu dochází samočinně, jakmile úbytkem kapaliny vznikne na výstupu z hydrogenerátoru podtlak. V případě, že nastane přetížení obvodu, odchází kapalina přes pojistný ventil zpět do nádrže.

Výhodou uzavřeného hydraulického obvodu je neustálý oběh kapaliny a spolehlivá funkce přenosu energie. Nevýhodou je velká náročnost na těsnost všech prvků a v přehřívání kapaliny. Uzavřené hydraulické obvody jsou vhodné pro krátkodobé pracovní zatížení s většími přestávkami, proto jsou v lesnictví využívány jen výjimečně.

(Drápal et al., 1984)



Obrázek 2.23: Hydraulický obvod uzavřený. 1-hydrogenerátor, 2-pomocný hydrogenerátor, 3-hrubý čistič, 4-hydromotor, 5-regulační ventil, 6-přepouštěcí ventil, 7-jemný čistič, 8-nádrž (Drápal et al., 1984)

3. CÍLE PRÁCE

Důležitým krokem při identifikaci a odstraňování poruch na hydraulických zařízeních je snadné a časově co nejméně náročné určení, ve které z hlavních částí v hydraulické soustavě došlo k závadě. Proto bylo cílem práce navrhnout metodický postup diagnostiky hydraulických soustav s důrazem na identifikaci opotřebených jednotlivých hlavních částí jako je hydrogenerátor, lineární i rotační hydromotory a rozvaděč.

3.1 DIAGNOSTIKA SUBJEKTIVNÍ

Před prováděním diagnostiky jakýmkoliv způsobem, by mělo předcházet odstranění nečistot. Především očištění té části stroje nebo soustavy, kterou chceme kontrolovat.

Základním postupem při stanovení závady je diagnostika subjektivní. Tuto diagnostiku provádíme pohledem, poslechem a kontrolujeme stav celého zařízení.

Při subjektivní diagnostice zjišťujeme především vnější těsnost prvku, jeho upevnění, hlučnost a teplotu.

3.2 DIAGNOSTIKA OBJEKTIVNÍ

Objektivní diagnostiku provádíme především měřením technických veličin. Po změření všech potřebných hodnot, přistoupíme k porovnání parametrů stanovených výrobcem a k následnému stanovení diagnózy.

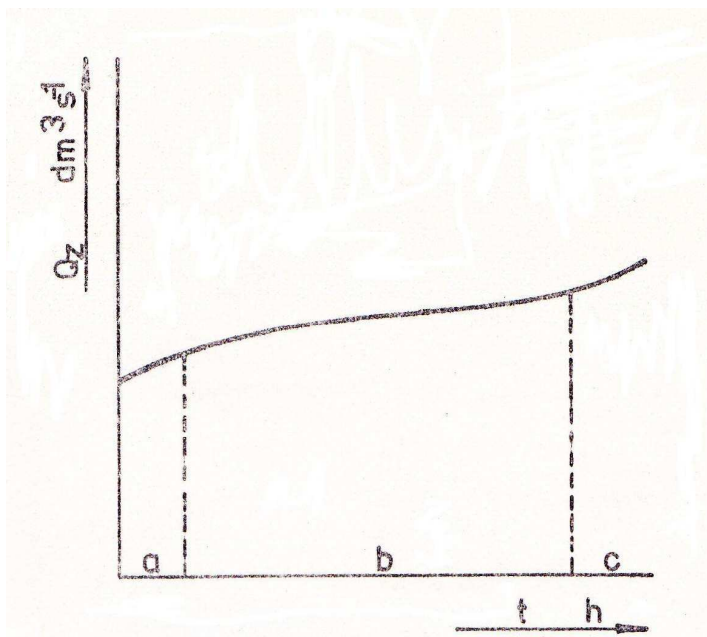
Objektivní kontrola musí ukázat současný stav v nastavení a říditelnosti jednotlivých parametrů obvodu.

Po zahájení provozu bychom měli změřit provozní parametry pod zatížením, které se bude vyskytovat po celou předpokládanou životnost stroje a nebo jej můžeme snadno vyvolat. Je důležité naměřené hodnoty zapsat a dále porovnávat s nově naměřenými.

Vyneseme-li takto určené hodnoty v závislosti na počtu odpracovaných hodin, dostaneme průběh, který je naznačen na obrázku číslo 3.1. Vnější ztráty nejprve výrazně rostou oblast „a“ oblast záběhu, následně se ustálí a rostou jen zvolna oblast „b“ oblast provozu. Na tuto oblast navazuje následný vzrůst, který má

velmi progresivní charakter oblast „c“ oblast nadměrného opotřebení. Přiblíží-li se měřené hodnoty vnějších ztrát kontrolovaného prvku v průběhu práce charakteru podobnému v oblasti „c“ oblastí nadměrného opotřebení, je nutno prvek odstranit a nahradit novým. Tento způsob kontroly umožní předejít haváriím zařízení z důvodu nadměrného opotřebení jednotlivých částí hydraulické soustavy.

(Janouš, 1983)



Obrázek 3.1: Časový průběh objemových ztrát jednotlivých částí hydraulické soustavy. Oblast „a“ - oblast záběhu, oblast „b“ - oblast provozu (běžné životnosti), oblast „c“ - oblast nadměrného opotřebení. (Janouš, 1983)

3.2.1 TLAK

Tlak je fyzikální veličina, vyjadřující poměr velikosti síly, působící kolmo na rovinnou plochu a rovnoměrně spojitě rozloženou po této ploše a obsahu této plochy.

$$p = \frac{F}{S} \quad (3.1)$$

p ... tlak [Pa]

F ... síla [N]

S ... plocha kolmá k působící síle [m^2]

Pokud je tlak v nějaké uzavřené nádobě větší než tlak v jejím okolí, je v nádobě přetlak. Pokud je v ní naopak tlak nižší, je v nádobě podtlak. Přetlaku a podtlaku lze dosáhnout přesunem části hmoty do anebo z uzavřené nádoby, teploty jejího obsahu nebo změnou její vnitřní velikosti.

Tlak v plynech je vyvoláván tepelným pohybem částic plynu, atomů nebo molekul. Nárazy těchto částic na stěny nádoby se projevují tlakem na ně působícím. Podobně tomu je i v kapalinách. Tlak působí i v pevných tělesech, kde se přenáší interakcí mezi částicemi pevně vázanými v krystalové struktuře látky.

(Wikipedie, 2012)

Pro měření tlaku, podtlaku při diagnostice hydraulických soustav používáme především běžné manometry. Při měření maximálního tlaku, podtlaku, je nutné zvolit správný rozsah stupnice manometru. Zvolený manometr by měl mít minimálně větší rozsah o 25% než je maximální měřený tlak, podtlak. Tento větší rozsah volíme z důvodu přesnějšího měření, kdy při měření do krajních hodnot manometru by mohlo dojít k nepřesnostem. Dále také zamezíme poškození manometru při překročení maximálních hodnot.



Obrázek 3.2: Analogový manometr.

3.2.2 PROUDĚNÍ TEKUTIN (PRŮTOK)

Proudící tekutinu lze mimo jiné charakterizovat rychlostí proudění. Na rychlosti proudění v daném průřezu potrubí má vliv celá řada prvků. V technické praxi uvažujeme a pracujeme s tzv. střední rychlostí proudění „ v_s “, pro kterou platí, že objem tekutiny, který daným průřezem skutečné trubice za určitou dobu proteče, musí být roven objemu, který by tímto průřezem protekl, když by rychlost proudění v průřezu byla všude stejná a rovna „ v_s “.

Objem tekutiny, který proteče daným průřezem potrubí za jednotku času za jednu sekundu, nazýváme vteřinový průtok „ q_s “.

(Frolík, Svatoš, 1997)

$$q_s = S \cdot v_s \quad (3.2)$$

q_s ... vteřinový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]

S ... průřez potrubí [m^2]

v_s ... rychlost proudění tekutiny [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Pro diagnostické účely jsou nejrozšířenější snímače na objemovém a rychlostním principu.

Objemová měřidla

Jsou to v podstatě nádoby známého objemu. V těchto nádobách se tekutina odměřuje střídavým naplňováním a vyprazdňováním. Objemové množství odečítáme z polohy hladiny.

(Slepička, 1965)

Diagnostická objemová měřidla vycházejí z principu, že každý prvek, u kterého dochází k periodické změně vnitřních pracovních prostorů protékáných kapalinou z důvodu pracovní činnosti, tím jsou na mysli ozubená kola, píсты

a lamely, mohou být použita k měření průtoku. Toto platí, je-li pracovní objem dán geometrickými rozměry za jednu otáčku.

Rychlostní měřidla

Pro diagnostiku hydraulických systémů jsou nejvíce používány turbínové průtokoměry.

Turbínový průtokoměr je v podstatě malá turbínka, jejíž oběžné kolo je poháněno měřenou tekutinou. Podle tvaru oběžného kola a úpravy vtoku rozdělujeme měřidla na měřidla s axiálním vtokem a na měřidla s tangenciálním vtokem.

(Slepička, 1965)

Turbínové průtokoměry také mohou být konstruovány v kombinaci se snímači teploty a snímači tlaku (manometry). Toto upořádání nazýváme sdružené diagnostické zařízení.



Obrázek 3.2: Digitální turbínový průtokoměr.

4. DIAGNOSTIKA PRVKŮ SOUSTAVY

Kontrola provozního stavu prvků má zjistit jejich celkový stav a podle něho rozhodnout o pokračování užívání daného prvku či jeho výměně.

(Janouš, 1983)

Jako diagnostická metoda byla zlovena parametrická metoda. Při této metodě jsou sledovány parametry, jako jsou hodnoty tlaků, průtoků, teplot, otáček a rychlosti.

Každý projekt hydraulické soustavy obsahuje i dílčí projekty diagnostikování jednotlivých částí systému. Dílčí metody diagnostikování bývají prováděny v posloupnosti:

1. hydrogenerátor,
2. tlakový ventil,
3. rozvaděč,
4. hydromotor.

Dlouhodobé zkušenosti provozu hydraulických soustav ukazují, že pokud vyloučíme poruchy z titulu znečištěné kapaliny a poruchy filtrace, je podstatná většina poruch a nedobré práce hydraulické soustavy způsobena netěsnostmi, při průtoku kapaliny z jednoho pracovního prostoru prvku do druhého, nebo z jedné části soustavy do druhé, tak i vnějšími, kdy uniká kapalina z prvku či vedení.

Vznikající podtlak v soustavě umožňuje vnikání vzduchu s nečistotami z okolního vzduchu do hydraulických prvků. Tím také postupně narůstá opotřebení pohybujících se součástí.

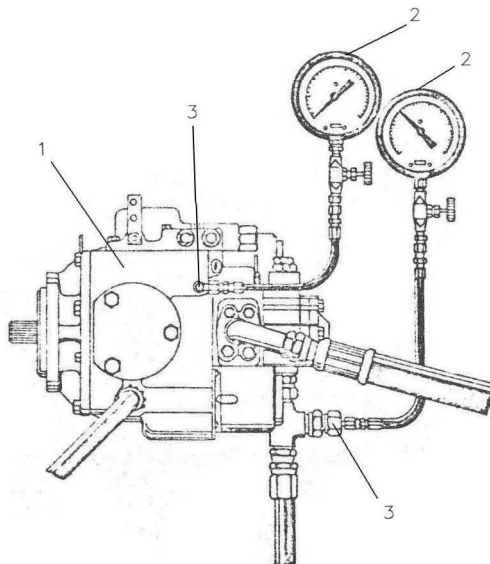
(Kopáček, 1989)

V následujících podkapitolách je řešena diagnostika jednotlivých částí otevřeného hydraulického okruhu.

Naměřené hodnoty porovnáváme s hodnotami předcházejících měření, nebo hodnotami udanými výrobcem a na základě porovnání stanovíme diagnózu.

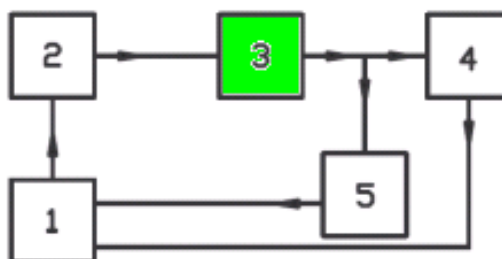
4.1 DIAGNOSTIKA HYDROGENERÁTORU

Diagnostika hydrogenerátoru se provádí měřením tlaku na určitých místech, které jsou v běžném provozu uzavřeny zátkami.



Obrázek 4.1: Časový průběh objemových ztrát jednotlivých částí hydraulické soustavy. Oblast „a“ - oblast záběhu, oblast „b“ - oblast provozu (běžné životnosti), oblast „c“ - oblast nadměrného opotřebení. (Janouš, 1983)

Při diagnostice hydrogenerátoru se diagnostický přístroj vřazuje do hydraulického okruhu mezi hydrogenerátor a regulační ventil. Hydraulický rozvaděč musí být ve středové poloze, kdy umožňuje průtok do nádrže.



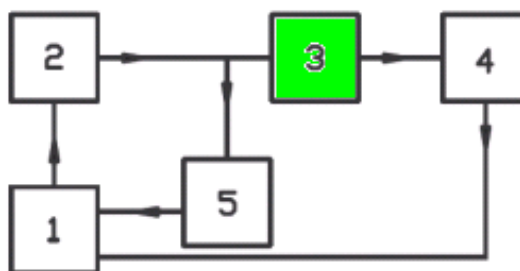
Obrázek 4.2: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice hydrogenerátoru. 1-nádrž, 2-hydrogenerátor, 3-diagnostické zařízení, 4-rozvaděč, 5-regulační ventil

Zatěžovací tlakový ventil diagnostického přístroje se otevře na plný průtok, spustí se hydrogenerátor ve jmenovitých otáčkách stanovených výrobcem. Zatěžování tlakovým ventilem se nastaví cca 50% jmenovitého tlaku a celý zkoušený systém se nechá zahřát na provozní teplotu. Potom se tlak opět sníží na minimální hodnotu, zkontrolují se otáčky hydrogenerátoru a odečte se hodnota průtoku. Postupně se zatěžující tlak zvyšuje a při všech jeho kontrolních hodnotách, až do jmenovité či maximální hodnoty, se zapisuje hodnota průtoku. Po vykonání měření se hydrogenerátor odlehčí a vypne.

(Kopáček, 1989)

4.2 DIAGNOSTIKA REGULAČNÍHO VENTILU

Při diagnostice regulačního ventilu se diagnostický přístroj vřazuje do hydraulického okruhu mezi regulační ventil a rozvaděč.



Obrázek 4.3: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice regulačního ventilu. 1-nádrž, 2-hydrogenerátor, 3-diagnostické zařízení, 4-rozvaděč, 5-regulační ventil

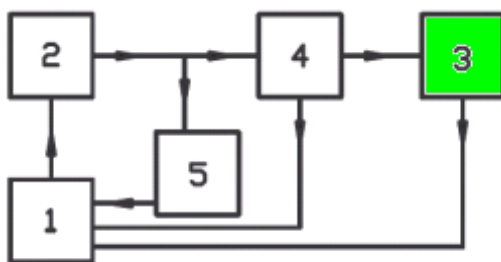
Po spuštění hydrogenerátoru, nastavení a udržení jeho otáček a prohřátí na provozní teplotu se při netlumeném momentu postupně zvyšuje tlak zatěžovacího ventilu až do hodnoty maximálního tlaku a současně se kontroluje průtok. Tlak, při kterém průtok klesne na nulu, je regulační tlak.

(Kopáček, 1989)

4.3 DIAGNOSTIKA HYDRAULICKÉHO ROZVADĚČE

Hydraulický rozvaděč nemá konstrukčně upravená diagnostická místa, jako tomu bývá u hydrogenerátorů. Je to způsobeno tím, že umístění rozvaděče v hydraulickém systému bývá v často prostorově stísněných a špatně přístupných místech. Toto umístění neumožňuje bezprostřední připojení diagnostického přístroje. Předpokládá se proto pro diagnostikování tohoto rozvaděče uzpůsobit vstupy a výstupy pro možnost připojení diagnostického přístroje.

Při diagnostice hydraulického rozvaděče se diagnostické zařízení vřazuje do hydraulického okruhu, kdy diagnostický přístroj je připojen na výstup z hydraulického rozvaděče na místo spotřebiče tlakové pracovní kapaliny (hydromotoru). Výstup z diagnostického zařízení je veden přímo do nádrže hydraulického okruhu.



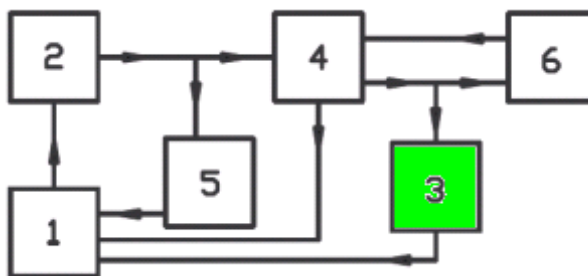
Obrázek 4.4: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice hydraulického rozvaděče. 1-nádrž, 2-hydrogenerátor, 3-diagnostické zařízení, 4-rozvaděč, 5-regulační ventil

Po spuštění hydrogenerátoru, nastavení a udržení jeho otáček a prohřátí na provozní teplotu, přestaví se rozvaděč ze středové neutrální polohy do pracovní, aby kapalina protékala diagnostickým zařízením. Zvyšuje se postupně tlak, sleduje se průtok při udržované hodnotě jmenovitých otáček hydrogenerátoru.

(Kopáček, 1989)

4.4 DIAGNOSTIKA LINEÁRNÍHO HYDROMORU

Při diagnostikování lineárního hydromotoru, vřazujeme mezi hydraulický rozvaděč a lineární hydromotor tvarové šroubení „T“, na které je připojen vstup do diagnostického zařízení. Výstup z diagnostického zařízení je veden přímo do nádrže hydraulického okruhu.



Obrázek 4.5: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice hydromotoru. 1-nádrž, 2-hydrogenerátor, 3-diagnostické zařízení, 4-rozvaděč, 5-regulační ventil, 6-hydromotor

Zátěžový tlakový ventil se otevře, spustí se hydrogenerátor, nastaví se jmenovité otáčky a hydraulický systém se zahřeje na provozní teplotu. Po zahřátí se přestaví hydraulický rozvaděč ze středové neutrální polohy do pracovní, která umožní vysunutí pístnice. Zátěžovací ventil diagnostického přístroje se částečně uzavře, aby pístnice hydromotoru mohla dosáhnout krajní vysunuté polohy. Při následném odečtení se odečte průtok při nulovém zatížení. Po odečtení se hydraulický systém postupně zatěžuje, udržují se jmenovité otáčky hydrogenerátoru a kontroluje se průtok.

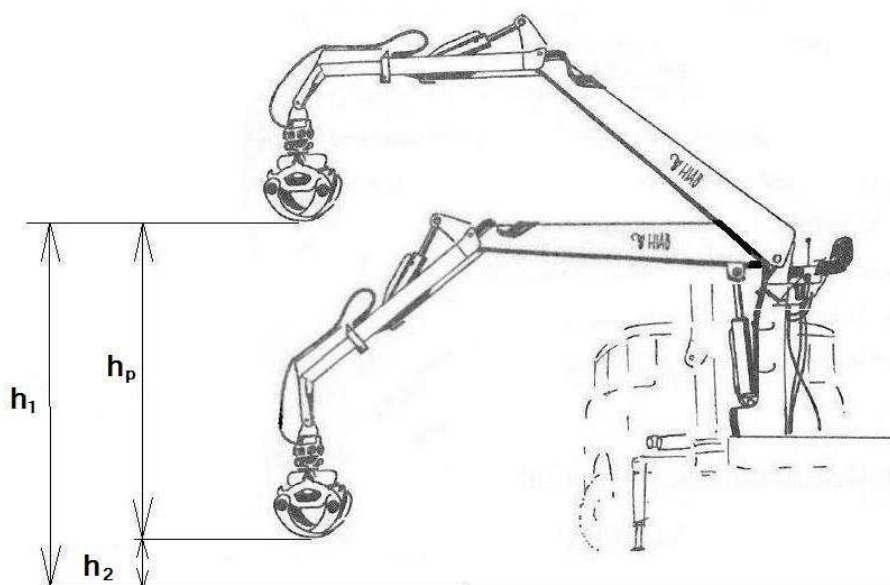
(Kopáček, 1989)

5. METODICKÝ POSTUP DIAGNOSTIKY

Jako první provádíme diagnostiku subjektivní popsanou v kapitole 3.1. Je to důležité z důvodu zabránění poškození částí zařízení nebo částí hydraulické soustavy během zkoušení.

Po vizuální kontrole, pokud není zařízení poškozené, přejdeme ke zkoušce zátěžové a provozní funkčnosti. Během provozní funkčnosti ověřujeme správný a plynulý chod všech poloh a funkcí zařízení. Při zátěžové zkoušce zatížíme zařízení maximální přípustnou hmotností a ověřujeme, zda je zařízení schopno pracovat a jaký je průběh a plynulost této činnosti. Měříme rychlost zvedání pod maximálním zatížením a hodnotu porovnáme s hodnotou nového zařízení.

Dalším krokem je měření poklesu výložníku. Kdy výložník zatížíme zátěží předepsanou výrobcem tzv. zkušební zátěží, nebo jej zatížíme maximální přípustnou zátěží a břemeno je zvednuto. Zařízení se ponechá v klidu a sledujeme pokles výložníku během času. Výšku poklesu „ h_p “ za určitý čas porovnáme s hodnotami nového zařízení, předešlého měření nebo hodnotami určenými výrobcem.



Obrázek 5.1: Pokles výložníku hydraulické ruky za čas. h_p -výška poklesu výložníku hydraulické ruky, h_1 -výška výložníku od podložky s břemenem, h_2 -výška výložníku od podložky s břemenem po poklesu za čas měření.

$$h_p = h_1 - h_2 \quad (5.1)$$

h_p ... výška poklesu [m]

h_1 ... výška výložníku od podložky s břemenem [m]

h_2 ... výška výložníku od podložky s břemenem po poklesu za čas měření [m]

$$v_p = \frac{h_p}{t_p} \quad (5.2)$$

v_p ... rychlost poklesu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

t_p ... čas měření poklesu [s]

V případě, že během uvedených zkoušek jsou zjištěné a naměřené hodnoty odlišné od hodnot udaných výrobcem, nebo hodnot zjištěných a naměřených u nového zařízení, přistoupíme k diagnostice jednotlivých prvků soustavy, jak je popsáno v kapitole 4.

6. ZKOUŠKA A OVĚŘENÍ METODICKÉHO POSTUPU

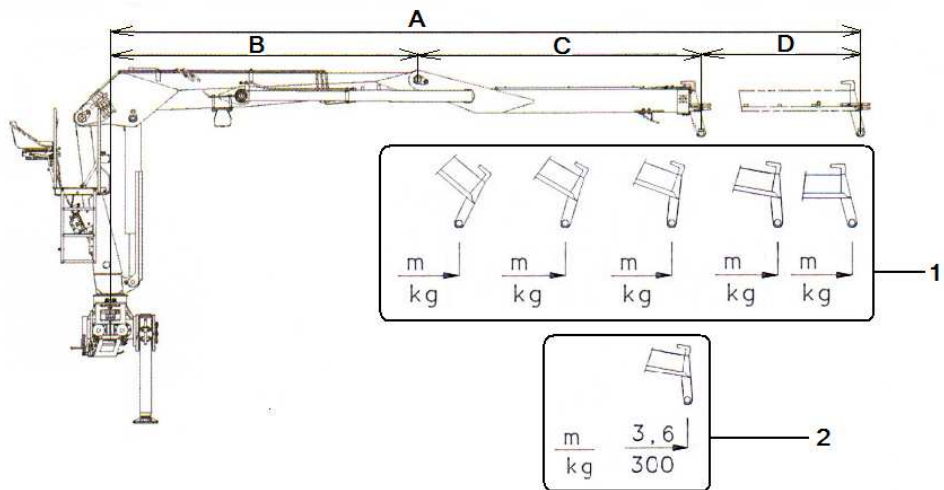
Pro zkoušku metodického postupu byl použit stroj vyvážecí souprava VIMEK 606 TT.

Tabulka 6.1: Technická data VIMEK 606 TT. (VIMEK)

HYDROGENERÁTOR	
výrobce	Parker PMD-Chemnitz
maximální dodávka kapaliny při 3600 ot.min ⁻¹	32 l.min ⁻¹
provozní tlak	17,5 MPa
kontrolní ventil	8 sekcí
čistič	10 μm
MOTOR	
výrobce	Kubota
objem	898 cm ³
maximální výkon	17,5 kW při 3600 ot.min ⁻¹
maximální točivý moment	44 Nm při 2600 ot.min ⁻¹

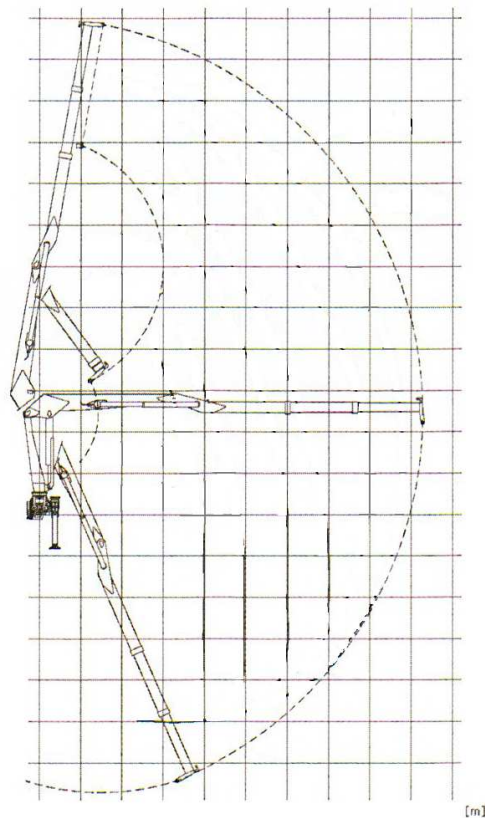
Tabulka 6.2: Technická data hydraulické ruky. (VIMEK)

A - maximální dosah	4200 mm
B - délka hlavního ramene	2300 mm
C - délka zalamovacího ramene	1300 mm
D - délka výsuvu zalamovacího ramene	600 mm
úhel otočení sloupu	270°
maximální zatížení při vyložení 3600 mm	300 kg
pracovní tlak	17,5 MPa
průřez drapáku	0,15 m ²
hmotnost drapáku	34 kg
šíře drapáku	870 mm
hmotnost hydraulické ruky	390 kg



Obrázek 6.1: Hydraulická ruka. A-maximální dosah výložníku, B-délka hlavního ramene, C-délka zalamovacího ramene, D-délka výsuvu zalamovacího ramene.

1-maximální zatížení v závislosti na vyložení výložníku, 2-maximální zatížení hydraulické ruky vyvážecí soupravy VIMEK 606 TT.



Obrázek 6.2: Rozsah pohybů hydraulické ruky.

6.1 VIZUÁLNÍ KONTROLA

Před zahájením kontroly bylo zařízení očištěno za pomoci tlakového mycího přístroje. Pro snazší a dostatečné odstranění nečistot bylo použito tlakové mycí zařízení s ohřevem tlakové vody a chemické prostředky pro odstranění nečistot z olejů a maziv.

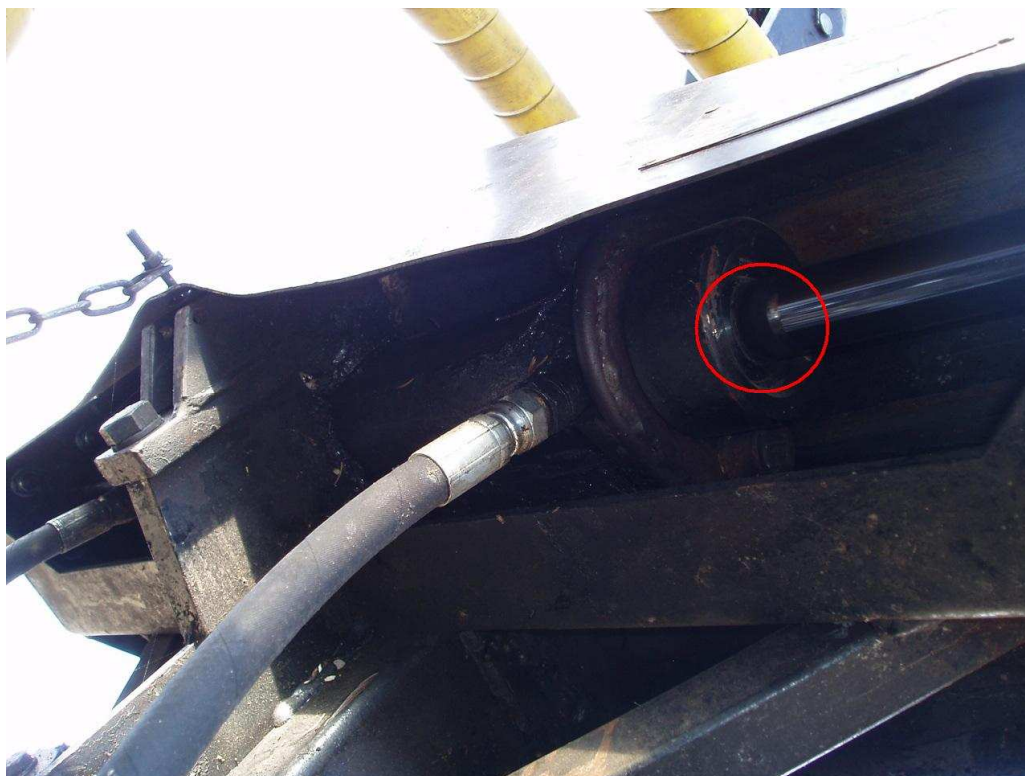


Obrázek 6.3: Očištěná hydraulická ruka, připravena k vizuální kontrole.

Vizuální kontrolu provádíme především pohledem a pohmatem.

Při této kontrole byly na zařízení zjištěny závady. Jako vnější netěsnost dvojčinného lineárního hydromotoru, viz obrázek číslo 6.4, který slouží pro otáčení sloupu hydraulické ruky. Praskliny na místě již neoborně opravovaného zalamovacího ramene, viz obrázek číslo 6.5. Netěsné šroubové spojení tlakové hadice, viz obrázek číslo 6.6.

Tato vizuální kontrola není příliš časově a technicky náročná. A díky ní byly odhaleny závady, kdy po jejich odstranění můžeme zabránit rozsáhlému poškození zařízení.



Obrázek 6.4: Vnější netěsnost dvojčinného lineárního hydromotoru.



Obrázek 6.5: Praskliny zalamovacího ramene.



Obrázek 6.6: Netěsné tlakové šroubení.

6.2 PROVOZNÍ FUNKČNOST

Provozní funkčnost provádíme u zařízení, které je zahřáté na provozní teplotu. Dále u zařízení, u kterého nebyly během vizuální kontroly odhaleny závady, které mohou během provozní funkčnosti zařízení více poškodit nebo jakkoli ohrozit bezpečnost obsluhy.

U sledovaného stroje VIMEK 606 TT byla provedením provozní funkčnosti odhalena závada otáčení sloupu. Tato závada spočívá v nadměrné vůli hřebenové tyče dvojčinného lineárního hydromotoru a věnce sloupu. Tato vůle zapříčiňuje volné otáčení sloupu hydraulické ruky o úhel $\pm 6^\circ$.

Pro provozní funkčnost je důležité především dostatek prostoru, neboť zkusíme veškeré funkce a plynulost jejich průběhu do krajních poloh jako např. maximální a minimální dosah hydraulické ruky, úhel a průběh otáčení sloupu při maximální a minimální délce výložníku. Dále musíme dbát na bezpečnostní zóny pro přihlízející osoby okolo zkoušeného stroje.

6.3 ZÁTĚŽOVÁ ZKOUŠKA

U sledovaného stroje VIMEK 606 TT bylo pro simulaci maximálního zatížení použito závaží (ocelový sud naplněný pískem) o hmotnosti 300 kg. Tato hmotnost odpovídá maximálnímu zatížení při délce výložníku 3600 mm.

Na základě měření byla zjištěna rychlost zvedání výložníku za plného zatížení $v_z = 0,51 \text{ m.s}^{-1}$ a pro porovnání rychlost zvedání výložníku bez zatížení $v_z = 0,79 \text{ m.s}^{-1}$. Tyto rychlosti byly vypočítány dle vztahu 6.1.

$$v_z = \frac{h_z}{t_z} \quad (6.1)$$

v_z ... rychlost zvedání [m.s^{-1}]

h_z ... výška zvedání [m]

t_z ... čas zvedání [s]

Tabulka 6.3: Naměřené a vypočítané hodnoty zátěžové zkoušky hydraulické ruky.

měření	na prázdko			se zatížením		
	t_z [s]	h_z [m]	v_z [m.s^{-1}]	t_z [s]	h_z [m]	v_z [m.s^{-1}]
1	3	2,4	0,80	3	1,6	0,53
2	3	2,2	0,73	3	1,55	0,52
3	3	2,7	0,90	3	1,57	0,52
4	3	2,1	0,70	3	1,54	0,51
5	3	2,5	0,83	3	1,56	0,52
průměr		2,38	0,79		1,56	0,52

Takto rozdílné rychlosti zvedání za plného zatížení a bez zatížení poukazuje, že je některý z prvků hydraulické soustavy opotřebený.



Obrázek 6.7: Maximální zdvih výložníku při měření rychlosti zvedání (bez zatížení).

6.4 POKLES VÝLOŽNÍKU

Při měření rychlosti poklesu výložníku je použito stejné závaží jako u zátěžové zkoušky, které simuluje maximální zatížení.

Závaží bylo zvednuto do určité výšky, hydrogenerátor byl vypnut a stroj ponechán v klidu po celou dobu měření poklesu. Výšku poklesu vypočítáme pomocí vztahu 5.1. Rychlost poklesu vypočteme pomocí vztahu 5.2. Na základě změřených hodnot byla vypočítána rychlost poklesu $v_p = 3 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabulka 6.4: Naměřené a vypočítané hodnoty poklesu výložníku hydraulické ruky.

měření	t_p [s]	h_1 [mm]	h_2 [mm]	h_p [mm]	v_p [mm.s ⁻¹]
1	300	2150	1250	900	3
2	300	2350	1360	990	3,3
3	300	2200	1360	840	2,8
4	300	2100	1170	930	3,1
5	300	2170	1210	960	3,2
průměr				924	3,08



Obrázek 6.8: Měření rychlosti poklesu výložníku.

6.5 DIAGNOSTIKA JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ SOUSTAVY

Na základě negativních výsledků předešlých způsobů zkoušek bylo pro přesnější určení vadného prvku přistoupeno k diagnostice jednotlivých prvků soustavy, vykonané postupem popsáním v kapitole 4.

Tato diagnostika odhalila nadměrné vnitřní netěsnosti pístu hlavního a zalamovacího lineárního hydromotoru. Tyto lineární hydromotory je nutno přetěsnit, neboť provozování je nadále příliš neekonomické z důvodu vysokého snižování výkonnosti celého zařízení.

7. ZÁVĚR

Cílem práce bylo popsání částí hydraulické ruky, prvků hydraulických systémů a popis konstrukční varianty hlavních částí hydraulického systému. Dále charakteristika zvolených veličin a sledovaných parametrů.

V práci byl navrhnout a popsán metodický postup bezdemontážní diagnostiky hydraulického systému. Metodický postup, ověřen zkušebními měřeními, byl shledán jako vyhovující pro své určení. Vyhovuje identifikaci poškozené části zařízení jako celku, následně i identifikaci jednotlivých poškozených nebo nadměrně opotřebovaných prvků hydraulického systému.

V současné době je trendem rozvoj půjčoven strojů a zařízení, jejichž součástí konstrukce jsou hydraulické systémy. Z důvodu potřeb snadné a co nejméně ekonomicky náročné diagnostiky strojů a zařízení v těchto provozech, zde nalezne navržený metodický postup po individuálních úpravách, dle konstrukce zařízení a hydraulického systému, své uplatnění.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

8.1 KNIHY

1. BAUER, F.; RYŠAVÝ, I.. *Hydraulické systémy mechanizačních prostředků*. Brno : Vysoká škola zemědělská, 1985, 140 s. ISBN 55-950e-85.
2. DRÁPAL, D., et al. *Hydraulická ruka v lesním hospodářství*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1984, 212 s. ISBN 07-009-84.
3. FROLÍK, Josef; SVATOŠ Josef. *Základy zemědělské techniky II*. Jihočeská univerzita Zemědělská fakulta České Budějovice: JU ZF České Budějovice, 1997. ISBN 80-7040-243-1.
4. JANALÍK, Jaroslav; ŠTÁVA, Pavel. *Mechanika tekutin*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2002, 128 s. ISBN 80-248-0038-1.
5. JANOUŠ. *Hydrogenerátory a hydromotory*. Ústí nad Labem: DT ČSVTS Ústí nad Labem, 1983, 53 s.
6. KOPÁČEK, J. Diagnostikování prvků a systémů vyrobených v kombinátu ZTS. In: JANOUŠ, Josef. *DIAGNOSTIKA HYDRAULICKÝCH PRVKŮ A SYSTÉMŮ*. Dům techniky ČSVTS Ostrava: Dům techniky ČSVTS Ostrava, 1989, s. 67-87. 352C. ISBN 80-02-99695-X.
7. LOJCJANSKIJ, L.G. *Mechanika kapalin a plynů II*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1954, 320 s.
8. PAVLOK, B.. *Hydraulické prvky a systémy : Díl 1. Kapaliny v hydraulických mechanismech, Hydraulické převodníky*. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2001, 156 s. ISBN 80-7078-620-5.
9. SLEPIČKA, F. *Příručka měřící techniky: Pro strojírenství a energetiku*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965, s. 452-531.

8.2 INTERNETOVÉ ZDROJE

1. Balon: Vazkost kapalin [online]. 2008 [cit. 2011-12-09]. Dostupné z: <http://www.balon.cz/img/dokumenty/vazkost.pdf>

2. Jihlavan: Hydraulické zámky [online]. 2011 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.jihlavan.cz/vseobecna-hydraulika-hydraulicke-zamky.html>
3. Lubstar: Katalog ESSO [online]. 2012 [cit. 2012-01-09]. Dostupné z: <http://www.lubstar.info/katalogy/katalog-esso.pdf>
4. VESELÝ, Martin. Návrh hydraulického rozváděče a jeho numerické řešení proudění. In: Sborník konference studentské tvůrčí činnosti 2010 [online]. Praha: ČVUT, Fakulta strojní, 2010 [cit. 2012-02-27]. ISBN 978-80-01-04796-5. Dostupné z: <http://stc.fs.cvut.cz/History/2010/Sbornik/papers/pdf/VeselyMartin-345921.pdf>
5. Wikipedie: Tlak [online]. 10.2.2012 [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tlak>
6. Hydraulics: Výroba katalogových hydromotorů [online]. 2011 [cit. 2011-12-09]. Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/cz/vyroba/vyroba-katalogovych-hydromotoru>

8.3 FIREMNÍ LITERATURA

1. HIAB-FOCO
2. HYDROCONTROL S.P.A.
3. Katalóg náhradných dielov
4. VIMEK 606 TT - NÁVOD K POUŽITÍ

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1: Části hydraulické ruky.....	13
Obrázek 2.2: Rám.....	14
Obrázek 2.3: Lineární hydromotor.....	14
Obrázek 2.4: Jednočinný lineární hydromotor.....	15
Obrázek 2.5: Dvojčinný lineární hydromotor jednostranný	15
Obrázek 2.6: Dvojčinný lineární hydromotor oboustranný	16
Obrázek 2.7: Podpěry	16
Obrázek 2.8: Sloup.....	17
Obrázek 2.9: Výložník	17
Obrázek 2.10: Drapák	18
Obrázek 2.11: Rotátor	19
Obrázek 2.12: Ovládací zařízení (rozvaděč).....	19
Obrázek 2.13: Schéma ovládání hydraulické ruky.	20
Obrázek 2.14: Hydrogenerátor s nakloněnou deskou.	24
Obrázek 2.15: Hydrogenerátor s nakloněným bokem, axiální rozvod.....	24
Obrázek 2.16: Združený regulační a pojistný ventil	26
Obrázek 2.17: Škrtící ventil	27
Obrázek 2.18: Jednosměrný ventil.....	28
Obrázek 19: Hydraulické zámky.....	28
Obrázek 2.20: Šoupátkový mechanicky ovládaný hydraulický rozvaděč	29
Obrázek 2.21: Schématické znázornění poloh hydraulického rozvaděče.....	30
Obrázek 2.22: Hydraulický obvod otevřený.	32
Obrázek 2.23: Hydraulický obvod uzavřený	33
Obrázek 3.1: Časový průběh objemových ztrát jednotlivých částí hydraulické soustavy.....	35
Obrázek 3.2: Analogový manometr	36
Obrázek 3.2: Digitální turbínový průtokoměr.....	38
Obrázek 4.1: Časový průběh objemových ztrát jednotlivých částí hydraulické soustavy.....	40
Obrázek 4.2: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice hydrogenerátoru	40

Obrázek 4.3: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice regulačního ventilu.....	41
Obrázek 4.4: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice hydraulického rozvaděče.....	42
Obrázek 4.5: Schematické znázornění vřazení diagnostického zařízení do hydraulického okruhu, při diagnostice hydromotoru	43
Obrázek 5.1: Pokles výložníku hydraulické ruky za čas.....	44
Obrázek 6.1: Hydraulická ruka	47
Obrázek 6.2: Rozsah pohybů hydraulické ruky	47
Obrázek 6.3: Očištěná hydraulická ruka, připravena k vizuální kontrole.....	48
Obrázek 6.4: Vnější netěsnost dvojčinného lineárního hydromotoru	49
Obrázek 6.5: Praskliny zalamovacího ramene	49
Obrázek 6.6: Netěsné tlakové šroubení.....	50
Obrázek 6.7: Maximální zdvih výložníku při měření rychlosti zvedání.....	52
Obrázek 6.8: Měření rychlosti poklesu výložníku	53

10. SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1: Přehled hydraulických olejů firmy ESSO.....	12
Tabulka 2.2: Rozdělení hydraulických rozvaděčů	28
Tabulka 6.1: Technická data VIMEK 606 TT	46
Tabulka 6.2: Technická data hydraulické ruky	46
Tabulka 6.3: Naměřené a vypočítané hodnoty zátěžové zkoušky hydraulické ruky .	51
Tabulka 6.4: Naměřené a vypočítané hodnoty poklesu výložníku hydraulické ruky.	53