



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Generální oprava motoru traktoru John Deere

Autorka práce: Bc. Natálie Prokopcová

Vedoucí práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na generální opravu motoru u traktoru John Deere 8320. Je zde popsána závada, která se u tohoto traktoru objevila a také detailní popis postupu celé opravy a montáže motoru. Na závěr je zde i ekonomické porovnání cen opravy zvoleným postupem v této diplomové práci s postupem, kdyby se dával nový polomotor.

Klíčová slova: generální oprava, motor

Abstract

This thesis focuses on the engine overhaul of a John Deere 8320 tractor. It describes the fault that occurred on this tractor and also details the procedure of the entire repair and installation of the engine. Finally, there is an economic comparison of the cost of the repair by the procedure chosen in this thesis with the procedure if a new semi-engine had been put in.

Keywords: overhaul, engine

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a také za cenné rady a věcné připomínky.

Dále bych chtěla poděkovat Miroslavu Šustrovi, že mi umožnit pracovat na mé diplomové práci u firmy STROM Praha, a. s. Také Miroslavu Fialovi, že jsem s ním mohla pracovat na této opravě a také za to, že mi dal cenné rady, když jsem něco nevěděla, neznala. A ještě bych chtěla poděkovat Jaroslavu Jonákovi, že mi také pomohl s mou diplomovou prací.

Na závěr bych chtěla poděkovat svým rodičům a rodině, že mě podporovali v průběhu celého mého studia.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární přehled.....	8
1.1 Historie John Deere	8
1.2 Motory	10
1.3 Blok motoru a kliková skříň	10
1.4 Hlava válců.....	10
1.5 Klikové ústrojí.....	11
1.5.1 Klikový hřídel	12
1.5.2 Ojnice	12
1.5.3 Píst.....	12
1.6 Rozvodové ústrojí.....	13
1.6.1 Druhy rozvodů	14
1.6.2 Vačkový hřídel.....	15
1.6.3 Ventily.....	16
1.7 Mazací soustava	17
1.8 Chladicí soustava.....	17
1.9 Palivová soustava	18
1.9.1 Řadové vstříkovací čerpadlo	18
1.9.2 Rotační vstříkovací čerpadlo.....	18
1.9.3 Common Rail	19
1.9.4 Pumpe – Düse	20
1.9.5 Vstřikovače	20
1.10 Sací potrubí.....	20
1.11 Výfukové potrubí.....	20
1.12 Elektropříslušenství	21

1.12.1	Akumulátorová baterie	21
1.12.2	Spouštěč	22
1.12.3	Alternátor	22
2	Cíl práce	23
3	Metodika	24
4	Výsledky	25
4.1	Výsledky testů elektronické komprese válce	25
4.2	Zjištění závad po demontáži	25
4.3	Montáž motoru	27
4.4	Ekonomické zhodnocení	39
4.4.1	Cena generální opravy motoru při postupu popsaném v diplomové práci 39	
4.4.2	Cena generální opravy motoru při použití nového polomotoru	39
5	Diskuse	40
5.1	Je zvolený postup dostačující pro další provoz?	40
5.2	Je použitý postup vhodný z ekonomického pohledu?	40
5.3	Vyhodnocení výsledků	40
5.4	Prognóza	41
	Závěr	42
	Seznam použité literatury	43
	Seznam obrázků	45
	Seznam tabulek	47

Úvod

Traktory značky John Deere jsou vybaveny motory John Deere o objemu od 4,5 l do 13,6 l. Vyrábí se čtyř nebo šesti válcové s dvěma či čtyřmi ventily na válec. Využívají vysokotlaký vstříkovací systémem Common Rail. Novější modely jsou již vybaveny i filtrem pevných částic a systémem AdBlue kvůli snížení emisí. Traktory od této značky jsou u nás celkem rozšířené, protože nabízí mnoho možností, ať už co se týče typu převodovek, či celkové výbavy traktoru, jako například mechanické nebo elektronické ovládání pracovního nářadí a tak dále. Zároveň nejnovější modely se už i více zaměřili na větší pohodlí obsluhy, takže kabina je mnohem lépe a komfortněji vybavena.

Závady na motorech jsou odvozeny hned z několika různých důvodů. Například zvolený typ používané nafty, typ motorového oleje, dodržování servisních intervalů, ale také samotné chování obsluhy a další. Pokud se již zmíněná obsluha bude chovat nepřiměřeně, je jasné, že dříve nebo později dojde k nějaké závadě na motoru. Samozřejmě i v opačných případech, kdy obsluha může zacházet svědomitě a správně se strojem, tak se může také stát, že dojde k nějaké závadě, ale ty bývají většinou způsobeny stářím dané součástky, či opotřebením, které daná obsluha nijak nemůže ovlivnit a ani tomu nijak předejít.

1 Literární přehled

1.1 Historie John Deere

Zakladatelem byl John Deere, který se narodil 7. února 1804 v Middlebury ve státě Vermont v USA a zemřel 17. května 1886 v Moline. Od svých sedmnácti let začal pracovat jako kovář. V roce 1837 sestrojil první samočistící ocelový pluh na světě a tím odstartoval svou kariéru.

V roce 1918 firma Deere & Company koupila továrnu na výrobu traktorů ve Waterloo a traktor se tak stal jednou ze základních položek výrobního portfolia. Společnost Deere se rozhodla dále pokračovat ve výrobě traktorů Waterloo Boy N. Tento traktor byl vybaven dvouválcovým motorem a spaloval benzín i petrolej. Výkon tohoto motoru byl 25 koňských sil [18 kW] v tahu 12 koňských sil [9 kW] (Pánek, 2007).

Jelikož koncové pohony, byly vystaveny prachu, blátu a příliš rychle se opotřebovávaly, rozhodli se konstruktéři uzavřít to do olejové vany.

Dalším úspěšným modelem byl model D, který byl charakteristický tím, že měl žebrovaný chladič a montovanou přední nápravu. S každým novým modelem přicházela další nová vylepšení (Macmillan, 2011).

V roce 1949 přišel Deere s novým modelem R, prvním traktorem se vznětovým motorem. Tento model zaznamenal velký úspěch. Byl vybaven pětistupňovou převodovkou a výkon motoru byl 51 koňských sil [38 kW]. Ležatý motor boxer se roztáčel elektricky startovaným pomocným benzinovým motorem. Do základní výbavy patřily například nezávislé brzdy na zadních kolech a pohodlná sedačka, na přání se dodával nezávislý vývodový hřídel spínaný samostatnou spojkou a okruh vnější hydrauliky pro ovládání připojeného náradí (Pánek, 2007).

V roce 1952 se Deere rozhodl pro jiné označování nových modelů, kde nahradil označení písmeny za číselná označení. Prvním číselným označením byly traktory série 40, které byly vybaveny třibodovým závěsem s výjimečnou nosností a ovládáním zahloubení (Macmillan, 2011).

V letech 1972 – 1987 přišli traktory John Deere II. generace. Ty už byly vybaveny kabinou Sound – Guard, která byla prostorná, komfortní a tlumila vibrace i hluk hnací soustavy. Kromě nové kabiny měly tyto traktory i nový design. Do traktorů, které měly výkon 100 koňských sil [74 kW] a více se začaly dávat turbomotory. Standardní výbavou traktorů II. generace byly převodovky Synchron – Range a velmi

spolehlivé hydraulicky ovládané spojky Perma – Clutch s dlouhou životností, pracující v olejové lázni. Do výbavy na přání se dávala 16-ti stupňová převodovka Quad - Range, což byla synchronní převodovka s vestavěným dvoustupňovým násobičem Hi – Lo, měnícím převod pod zatížením bez rozpojení spojky. U tří výkonnějších modelů se mohla objednat převodovka Power – Shift, řadící pod zatížením v celém rozsahu.

V roce 1982 přišel Deere s mnoha novinkami jako například mechanicky poháněná náprava Caste/Action její konstrukce s odklonem svislého čepu 13 stupňů umožňovala velmi malý poloměr otáčení. Dále se začaly používat nové píсты s menším třením, viskózně spínaný ventilátor a nové palivové čerpadla, díky tomu se snížila měrná spotřeba paliva. Od roku 1984 byly všechny traktory již vybaveny kabinou, jejíž konstrukci tvořil bezpečnostní rám chránící posádku při převrácení traktoru (Pánek, 2007).

V roce 1993 uzavřel John Deere spolupráci se Zetorem Brno, díky které oživila nabídka John Deere brněnská produkce prodávaná v zeleno-žlutém barevném provedení jako řada 2000. Šlo o tříválcový model s výkonem 49 koňských sil [36 kW] a čtyřválcové modely s výkony 65, 68, 74 a 81 koňských sil [48, 50, 55, a 60 kW], tyto traktory vycházely ze Zetorů unifikované řady I. (Macmillan, 2011).

Unifikovaná řada III. tvořila základ pro výkonnější typy John Deere 2700 [89 HP, 65 kW], 2800 [100 HP, 74 kW] a 2900 [106 HP, 78 kW]. Všechny typy byly nabízeny s bezpečnostním rámem nebo s bezpečnostní kabinou a s pohonem dvou nebo čtyř kol. V druhé polovině devadesátých let však byla tato spolupráce přerušena pro rozdílné pohledy na vzájemnou budoucnost.

Nejen, že John Deere postupně přišel s řadou 5000, 6000, 7000 a postupně je vylepšoval, v roce 2001 přišel s řadou 8020, u kterých byly motory poprvé vybaveny čtyřmi ventily na válec, vysokotlakým vstříkáváním Common Rail, přední poháněnou nápravou s odpruženými lichoběžníkovými rameny a aktivně odpružené sedadlo.

Traktory John Deere se do Československa dostaly po roce 1989 pomocí individuálních zprostředkovatelů. Později získala neoficiální zastoupení slovenská firma Agroservis. Po rozdělení Československa v roce 1993 se zaměřila na slovenský trh a značka John Deere vypsala výběrové řízení na výhradního dovozce pro Českou republiku, které vyhrála společnost STROM Praha (Pánek, 2007).

1.2 Motory

Spalovací motory jsou tepelné hnací stroje, ze kterých se odebírá mechanická energie získaná termochemickým uvolněním tepelné energie z paliva tak, že se zvýší teplota a tlak ve spalovacím prostoru. Jednotlivé části spalovacích motorů se dělí do několika skupin a to: pevné části, pohyblivé části a příslušenství motoru. Mezi pevné části patří blok motoru, kliková skříň a hlava válců. Pohyblivé části jsou klikový mechanismus a rozvodové ústrojí. Do skupiny příslušenství motoru patří: mazací, chladicí a palivová soustava, sací a výfukové potrubí, elektropříslušenství (Frolík a Svatoš, 1997).

1.3 Blok motoru a kliková skříň

V bloku motoru a klikové skříni je uložen klikový mechanismus a část rozvodového ústrojí. Je důležité, aby obě části motoru byly velmi tuhé a nedeformovaly se účinkem velkých setrvačných sil od klikového mechanismu. Tuhost má vliv nejen na životnost ložisek a celého klikového mechanismu, ale také na tichost chodu motoru. Nedostatečná tuhost může způsobit vznik různých vibrací, které činí motor nepříjemně hlučným.

Konstrukce bloku motoru závisí za způsobu chlazení. U motorů chlazených kapalinou jsou v bloku dutiny, kterými proudí chladicí kapalina a odebírá teplo stěnám válců. U vzduchem chlazených motorů se válce odlévají jednotlivě a přišroubovávají se na klikovou skříň. Na vnější straně jsou žebra, díky kterým se zvětšuje styčná plocha s chladícím vzduchem.

Klikové skříně traktorových motorů jsou převážně vyráběny litím ze šedé litiny. Pro samostatný blok válců, kde jsou válce odlity ze stejného materiálu, je potřeba použít šedou litinu. Musí mít dobré kluzné vlastnosti a nízké opotřebení, což splňuje perlitická litina.

Horní plocha bloku válců musí být přesně opracována, jsou v ní zavrtané šrouby pro připevnění hlavy válců. K přední části klikové skříně je připojena skříň rozvodových kol, které slouží pro pohon vačkového hřídele, olejového čerpadla u motoru vznětového pro pohon vstřikovacího čerpadla včetně kompresoru. K zadní části klikové skříně je připevněna skříň setrvačníku a spojka motoru (Gscheidle et al., 2015).

1.4 Hlava válců

Uzavírá spalovací prostor, k bloku válců je připevněna šrouby nebo svorníky hlavy válců a je utěsněna vloženým těsněním hlavy válců. U čtyřdobých motorů konstrukce

hlavy zabezpečuje i výměnu náplně válců motoru. Jsou v ní umístěny sací a výfukové kanály, ventily a části rozvodového mechanismu ovládající otevírání ventilů. U zážehových motorů jsou umístěny v hlavě zapalovací svíčky, u vznětových motorů pak žhavicí svíčky a také jsou zde umístěny vstřikovače (Vlk, 2003).

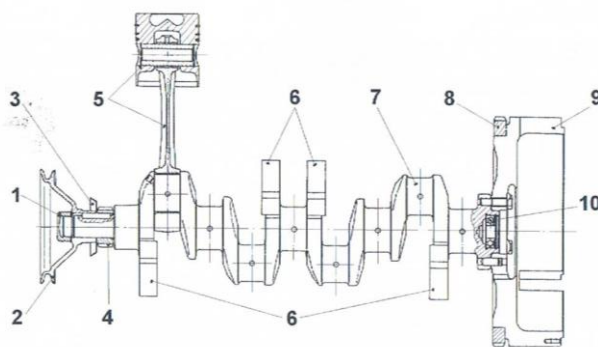
Hlava válců může být buď dělená pro jeden, nebo dva válce, anebo společná pro všechny válce. Nevýhodou společné víceválcové hlavy je možnost tepelné deformace při provozu, která je způsobena místním rozdílem teplot. Toto řešení způsobuje problémy provozní při utěsnění stykových ploch mezi hlavou a blokem válců. K poškození hlavy válců může v provozu dojít špatným chlazením, způsobeným nedostatkem chladicí kapaliny, usazenými nečistotami v chladících prostorách zejména s nejmenším průřezem. Při vzniku trhlinky v hlavě nebo poškození těsnění může vniknout chladicí kapalina do spalovacího motoru, což může způsobit vodní ráz a tím prasknutí hlavy nebo poškození ojnice.

Hlavy válců jsou z šedé jemnozrné nebo legované litiny, lité nízkouhlíkové litiny nebo z lehkých slitin (Gscheidle et al., 2015).

1.5 Klikové ústrojí

Klikové ústrojí je hlavním hnacím ústrojím motoru. Pomocí ojnice přeměňuje posuvnou sílu vyvinutou expandujícími spaliny ve spalovacím prostoru na píst, na otáčivý pohyb klikového hřídele a tím na točivý moment, který je zdrojem pohybu traktoru, jelikož se přenáší spojkou, převodovkou a koncovými převody až na hnací kola.

Klikové ústrojí se skládá z pístu s příslušenstvím, ojnice a klikového hřídele (viz obrázek 1.1), (Frolík a Svatoš, 1997).



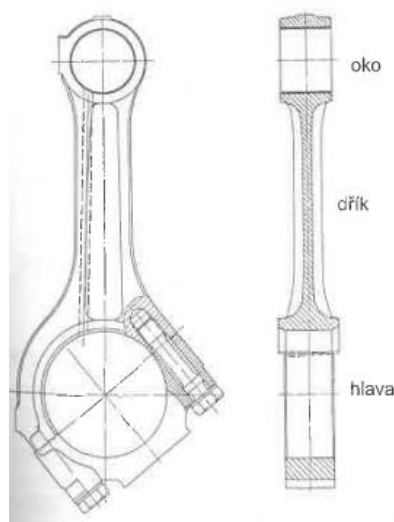
Obrázek 1.1: Klikové ústrojí čtyřválcového motoru: 1 – matice, 2 – řemenice motoru, 3 – odstříkací kroužek, 4 – rozvodové kolo, 5 – ojnice s pístem, 6 – protizávaží, 7 – klikový hřídel, 8 – věnec setrvačnicku, 9 – setrvačnicku, 10 – ložisko (Lupoměch, 2010)

1.5.1 Klikový hřídel

Převádí přímočarý pohyb na otáčivý pohyb a přeměnu hnací síly motoru na točivý moment. Je namáhán proměnlivým tlakovým, tahovým a smykovým napětím. Skládá se z hlavních čepů uložených v pánvích nebo valivých ložiscích, klikové čepy pro uložení hlavy ojnice, ramena kliky jako spojení hlavních a klikových čepů a na nich mohou být i protizávaží. Na zadní části je připojen setrvačník a v přední části je upevněna řemenice ventilátoru chlazení, alternátoru a ozubeného kola pro pohon rozvodového ústrojí, vstřikovacího čerpadla, kompresoru a olejového čerpadla (Frolík a Svatoš, 1997).

1.5.2 Ojnice

Spojuje píst s klikovým hřídelem motoru. Skládá se z oka ojnice pro spojení s pístním čepem, hlavy ojnice pro spojení s klikovým čepem a z dřívku spojujícího oko a hlavu ojnice (viz obrázek 1.2). V oku ojnice je zalisováno pouzdro pro uložení pístního čepu (Vlk, 2003).



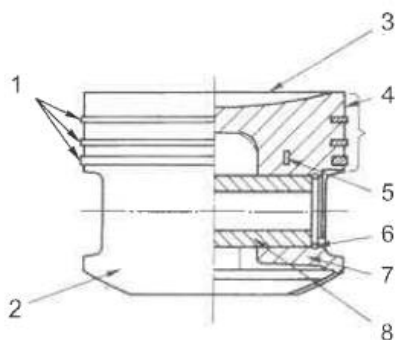
Obrázek 1.2: Ojnice (Vlk, 2003)

Protože se ojnice spojuje s pístem tak, že se pístní čep provleče současně pístem i ojnící, oko ojnice se dělá nedělené. Hlava ojnice má různý tvar dle způsobu montáže. Když je klikový hřídel nedělený, musí být hlava ojnice dělená, aby se dala uchytit na klikový čep. Vlastní hlava i víko jsou spojeny ojničnými šrouby (Vlk, 2003).

1.5.3 Píst

Píst utěsňuje spalovací prostor, nasává zápalnou směs u zážehových a vzduch u vznětových motorů, vytlačuje spaliny a odvádí část tepla do stěn válců. Hlavní části

pístu jsou: dno pístu, žárový můstek, drážky pro pístní kroužky, oka pro pístní čep a plášť pístu (viz obrázek 1.3), (Vlk, 2003).



Obrázek 1.3: Základní části pístu: 1 – drážky s pístními kroužky, 2 – plášť pístu, 3 – dno pístu, 4 – horní můstek, 5 – ocelový pásek, 6 – pojistný kroužek pístního čepu, 7 – náliček pro pístní čep, 8 – pístní čep (Vlk, 2003)

Samotný píst nedokáže zajistit dokonalé utěsnění spalovacího prostoru a klikové skříně, proto má mezi dnem pístu a otvorem pro pístní čep uloženo několik těsnících a stíracích kroužků, které jsou v drážkách pístu. První kroužek musí především těsnit, úkolem dalších je těsnit i stírat přebytečný olej ze stěn do klikové skříně. Poslední kroužek je hlavně stírací. Současně brání pronikání oleje do spalovacího prostoru.

Písty jsou vyrobeny z litiny nebo z lehkých slitin. Litina má dobré třecí vlastnosti, poměrně malou tepelnou roztažnost i vodivost, ale velkou měrnou hmotnost. Písty z lehkých hliníkových slitin mají velkou tepelnou roztažnost a horší třecí vlastnosti. Proto musí mít velkou montážní vůli, která způsobuje klepání pístu při chodu studeného motoru, jelikož mají malou měrnou hmotnost (Gscheidle et al., 2015).

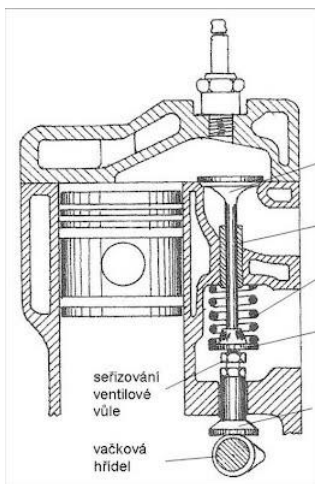
1.6 Rozvodové ústrojí

Jeho účelem je zajistit dokonalé naplnění pracovního prostoru spalovacího motoru zápalnou směsí (zážehové motory) nebo vzduchem (vznětové motory nebo motory zážehové se vstřikováním paliva do spalovacího prostoru) a vypouštět zplodiny hoření ze spalovacího prostoru. To vše musí proběhnout v přesně stanovené době v závislosti na poloze pístu ve válci. K rozvodu patří všechna zařízení, která ovládají vstup a výstup pracovních látek do válce a z válce. U čtyřdobých motorů je to ventilový rozvod, ke kterému patří vačkový hřídel, zdvihátka, vahadla, ventily s příslušenstvím a pohon vačkového hřídele (Frolík a Svatoš, 1997).

1.6.1 Druhy rozvodů

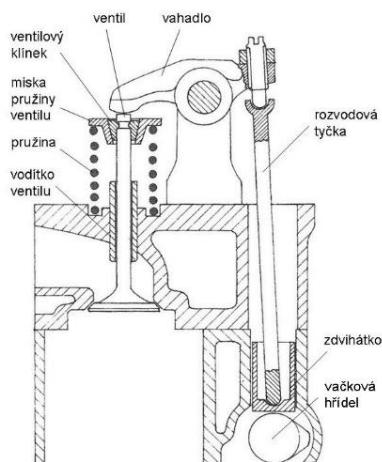
Každé konstrukční řešení rozvodového mechanismu se skládá z určitých součástí, které jsou různě uspořádány a uloženy buď v bloku válců, nebo hlavě motoru. Podle toho rozlišujeme různé ventilové rozvody.

SV (side valve) – postranní ventily – ventily jsou umístěny po straně válce, vačkový hřídel je v bloku motoru (viz obrázek 1.4). Ovládání ventilů je přes zdvihátko od vačky. Součástí zdvihátka je šroub pro seřízení ventilové vůle (Vlk, 2003).



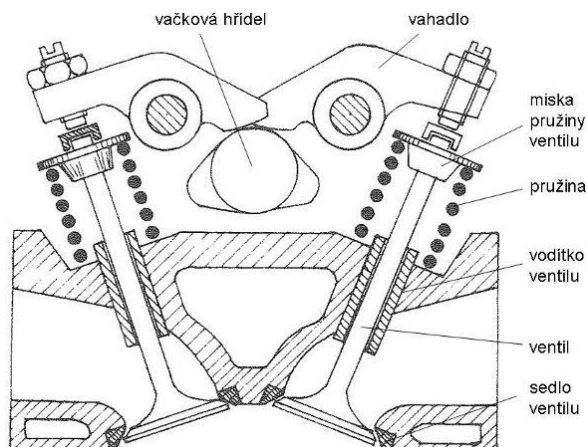
Obrázek 1.4: Schéma SV rozvodu (sites.google.com, 2022)

OHV (over head valve) – ventily jsou umístěny v hlavě válců a vačkový hřídel je v horní části klikové skříně. Vačky nadzvedávají pomocí zdvihátek rozvodové tyčky. Na hlavě válců jsou vahadla, která ovládají pohyb jednotlivých ventilů. Vahadla dosedají jedním koncem na rozvodové tyče, kde se pomocí seřizovacího šroubu seřizuje vůle ventilů (viz obrázek 1.5), (Frolík a Svatoš, 1997).



Obrázek 1.5: Schéma OHV rozvodu (Šika, 2015)

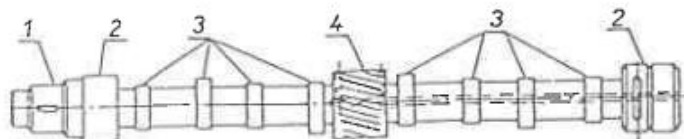
OHC (over head camshaft) – vačkový hřídel je umístěn nad hlavou válců, ventily jsou umístěny v hlavě válce motoru (viz obrázek 1.6). Odstranění zvedacích tyček ventilů a v některých případech i vahadel se dosáhlo snížení počtu součástí. Tím se snížila hlučnost a zpřesnila a zrychlila doba ovládání ventilů (Vlk, 2003).



Obrázek 1.6: Schéma OHC rozvodu (Šika, 2015)

1.6.2 Vačkový hřídel

Slouží ke změně otáčivého pohybu získaného od klikové hřídele na posuvný pohyb ventilů. Hlavním elementem plnícím tuto funkci jsou vačky. Jedna vačka přísluší jednomu nebo dvěma stejnojmenným ventilům. Pro uložení v pevných částech motoru slouží čepy ložisek vačkového hřídele. Jeden konec vačkového hřídele je upraven pro upevnění hnaného kola rozvodového ústrojí. Mezi čepy, vačkami a koncem vačkového hřídele jsou spojovací úseky (viz obrázek 1.7). Vačkový hřídel bývá dutý z důvodu odlehčení, dutina může sloužit k rozvodu mazacího oleje k vačkám a ložiskům (Vlk, 2003).

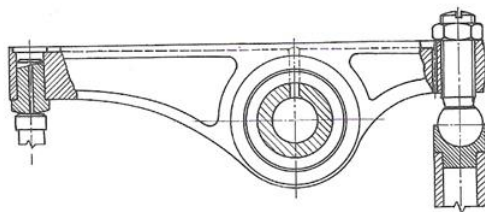


Obrázek 1.7: Vačkový hřídel: 1 – uložení rozvodového kola, 2 – čepy, 3 – vačky, 4 – hnací kola pohonu rozdělovače a olejového čerpadla (Frolík a Svatoš, 1997)

Pohyb a sílu z vačky na ventil přenáší u rozvodu SV zdvihátka, u OHV zdvihátko, rozvodová tyčka a vahadlo a u OHC vahadlo. Zdvihátko má válcový tvar a pohybuje se ve vedení klikové skříně. V celém rozvodu musí být ponechána určitá vůle pro tepelnou roztažnost, která se vymezuje u zdvihátka stavěcím šroubem.

Rozvodová tyčka přenáší pohyb od zdvihátka na vahadlo ventilů. Ve spodní části je kulový čep, který dosedá na zdvihátko a na horní části je kulová miska pro kulový čep seřizovacího šroubu vahadla.

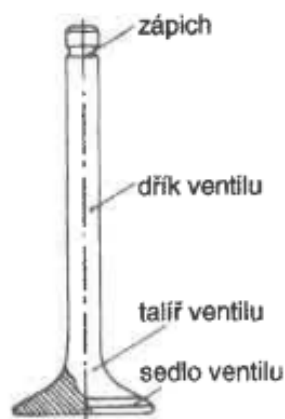
Vahadla ventilů (viz obrázek 1.8) u rozvodu OHV přenáší pohyb z rozvodové tyčky na ventil a u rozvodu OHC z vačky na ventil. Vahadlo je uloženo otočně na hřídeli vahadel. Kanálky se přivádí olej z mazací soupravy na jednotlivá třecí místa (Gscheidle et al., 2015).



Obrázek 1.8: Vahadlo (publi.cz, 2019)

1.6.3 Ventily

Ventil se skládá z hlavy, dříku a stopky (viz obrázek 1.9). Hlava ventilu musí být dostatečně tuhá, aby odolávala mechanickému namáhání při vysokých teplotách a nedeformovala se. Zároveň musí být i poddajná, aby se přizpůsobila mírně deformovanému sedlu. Na stopce je drážka pro upevnění misky pomocí klínek. Do misky je zasazena jedna až dvě vratné pružiny, které ventil táhnou do sedla v hlavě válce. Dřík ventilu je vodící částí. Vodítko ventilu je v hlavě válce a může být i výměnné. Kuželovité sedlo musí ve spojení s dosedací plochou v hlavě válce uzavírat a utěšňovat spalovací prostor (Vlk, 2003).



Obrázek 1.9: Hlavní části ventilu (Vlk, 2003)

1.7 Mazací soustava

Všechna třecí místa i s ložisky spalovacích motorů musí být mazána a současně chlazena cirkulujícím olejem. Mazání má za hlavní úkol oddělit tenkou vrstvou oleje třecí plochy a tím zmenšit jejich tření na minimum a snížit mechanické opotřebení pracovních částí (Čupera a Štěrbá, 2020).

Mazací soustava začíná u zubového olejového čerpadla, které saje olej přes sací koš ze spodní části klikové skříně a vytlačuje jej přes čistič oleje trubkou, která je připojena na hlavní olejový kanál. Z tohoto kanálu jsou mazána všechna ložiska klikové hřídele, ojniční ložiska, čepy vačkové hřídele, zdvihátka, čep mezikola rozvodu a vstřikovací čerpadla. Dále se olej dostává přes zdvihátka a rozvodové tyčky z pouzdrům vahadel ventilů. Rozvodová kola, pístní čepy, písty a stěny válců, ventily a náhon kompresoru i vstřikovacího čerpadla jsou mazány ostřikem nebo stékajícím olejem (Lupoměch, 2010).

1.8 Chladicí soustava

Má za úkol umožnit rychlé zahřátí motoru na optimální provozní teplotu a odvádět přebytečné teplo. Přibližně třetina tepelné energie vyrobené při spalování je pohlcována částmi motoru např. ventily, písty atd. Tepelná energie nevzniká pouze spalováním paliva ve válcích, ale vzniká také třením pohyblivých částí motoru.

Rozlišujeme chlazení vzduchem a kapalinou. U chladicích soustav se většinou kvůli zvýšeným otáčkám motoru, zvyšujícímu se výkonu a umístěním motoru do uzavřenějšího prostoru používá nucené oběhové chlazení. Chlazení vzduchem se dnes používá jen ojediněle a většinou spíše u motocyklových motorů (Štanc, 2012).

U vzduchového chlazení je přebytečné teplo odváděno okolnímu prostředí. Válce i hlavy motoru jsou opatřeny velkým žebrováním, čímž zvětšíme plochu pro odvod tepla. Intenzita odvodu tepla je závislá na okolní teplotě a rychlosti pohybujícího se motocyklu.

U kapalinového chlazení se používá chladicí kapalina, která cirkuluje mezi hlavou, válci a chladičem. Je rozdělena na dva okruhy a to malý a velký. V malém okruhu kapalina cirkuluje jen v bloku motoru přes topení, tím se rychleji ohřívá motor. Velký okruh otevírá termostat a kapalina proudí přes chladič, kde se odvádí teplo do okolí (Němec, 2013).

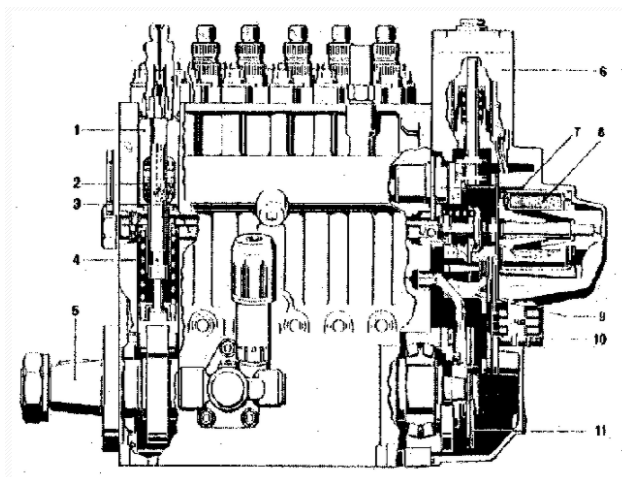
1.9 Palivová soustava

Palivová soustava má za úkol zajistit vstříknutí paliva do válce motoru v přesně stanovený okamžik a ve stanoveném množství. Palivo je dopravováno z palivové nádrže pomocí podávacího čerpadla do hrubého a jemného čističe paliva, dále do vstřikovacího čerpadla, odkud jde vstřikovacími trubkami do vstřikovačů. Přebytečné palivo se odvádí odpadovým potrubím zpět do nádrže.

Vstřikovací čerpadla rozdělujeme do čtyř skupin: řadové vstřikovací čerpadlo, rotační vstřikovací čerpadlo, Common Rail, Pumpe – Düse (Lupoměch, 2009).

1.9.1 Řadové vstřikovací čerpadlo

Pro každý válec motoru je určena jedna vstřikovací jednotka složená z válce vstřikovací jednotky a pístku. Pístek se pohybuje ve směru dodávky působením vačkové hřídele umístěné ve vstřikovacím čerpadle, poháněné motorem. Pístek se pak vrací zpět pomocí pístové pružiny (viz obrázek 1.10), (Autonorma.cz, 2021).



Obrázek 1.10: Řadové vstřikovací čerpadlo: 1 – válec čerpadla, 2 – šoupátko, 3 – regulační tyč, 4 - píst čerpadla, 5 – vačková hřídel, 6 – stavěcí elektromagnet, 7 – stavěcí hřídel šoupátka, 8 – stavěcí elektromagnet reg. tyče, 9 – snímač dráhy regulační tyče, 10 – přípojovací konektor, 11 – disk blokování začátku dodávky (mjauto.cz, 2022)

Čerpadla s vlastním pohonem mají vačkovou hřídel umístěnou ve spodní části čerpadla. Naopak čerpadla s cizím pohonem jsou poháněna vačkovou hřídelí motoru. Starší typy mají mechanický regulátor využívající regulační tyč a táhla, modernější typy jsou řízeny elektronicky řídicí jednotkou a mají lepší emise (Autonorma.cz, 2021).

1.9.2 Rotační vstřikovací čerpadlo

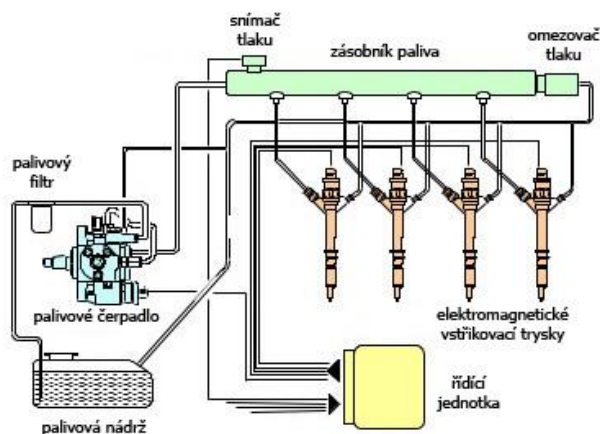
Skládá se z palivového vedení s čističem, rotačního vstřikovacího čerpadla s integrovaným podávacím čerpadlem, vysokotlakého vstřikovacího potrubí

a vstřikovačů se vstřikovacími tryskami. Čerpadlo je poháněno rozvodovým mechanismem motoru, zpravidla řemenovým převodem. Pro všechny válce motoru má společný výtlačný element. Nasazuje se především u spalovacích motorů nižší objemové a výkonové třídy a to kvůli omezenému množství vstřikovací dávky do spalovacího prostoru.

Dělí se podle pístu na axiální (stlačuje palivo jedním pístem, pohybujícím se axiálně vůči hnací hřídeli čerpadla) radiální (stlačuje palivo více písty, uspořádanými radiálně vůči hnací hřídeli čerpadla). S radiálními písty lze vytvářet vyšší tlaky než s axiálním pístem (Autonorma.cz, 2021).

1.9.3 Common Rail

Pro vstřikování paliva se využívá vysokotlaký zásobník paliva, tzv. Rail, který je společný pro vstřikovací ventily všech válců. Vytváření vysokého tlaku a samotné vstřikování paliva je řešeno odděleně. Vysoký tlak paliva, který je potřebný ke vstřikování, vytváří oddělené vysokotlaké palivové čerpadlo. Takto vytvořený vysoký tlak paliva se akumuluje ve vysokotlakém zásobníku paliva (Railu) a poté je krátkým vstřikovacím potrubím přiváděn ke vstřikovacím ventilům jednotlivých válců (viz obrázek 1.11). Vysokotlaké palivové čerpadlo bývá poháněno rozvodovým mechanismem motoru (eluc.kr-olomoucky.cz, 2022b).



Obrázek 1.11: Schéma systému Common Rail (Sajdl, 2022)

Vstřikovací systém Common Rail umožňuje vysokou flexibilitu pro přizpůsobení vstřikování danému motoru. To je umožněno díky vysokým vstřikovacím tlakům (eluc.kr-olomoucky.cz, 2022b).

1.9.4 Pumpe – Düse

Má hydraulické pístové vstřikování nafty. Vstřikovací tryska a vstřikovací čerpadlo tvoří jednu jednotku. Oproti ostatním nemá tento systém sdružené vstřikovací čerpadlo ani vysokotlaké potrubí. Vstřikovací jednotky jsou u každého válce v hlavě motoru. Vstřik ovládá řídicí jednotka motoru prostřednictvím vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Čerpadla jsou poháněna od vačkové hřídele nebo přes zdvihátko (Autonorma.cz, 2021).

1.9.5 Vstřikovače

Jsou koncovou součástí palivové soustavy vznětových motorů. Standardní vstřikovač se používá u motorů se vstřikovacím čerpadlem. Hlavní části vstřikovače tvoří těleso, pružina, tlačný čep, tryska, přívodní kanál paliva a odpad paliva. Vstřikovací tryska je částí vstřikovače a rozprašuje palivo ve spalovacím prostoru. Díky seřizovacímu šroubu se mění předpětí pružiny umístěné v tělese vstřikovače, která přes čep tlačí jehlu vstřikovací trysky do sedla. Tím se nastavuje vstřikovací tlak paliva. Vstřikovač je umístěn do otvoru v hlavě válců a vstřikovací tryska ústí do spalovacího prostoru (Bauer et al., 2006).

1.10 Sací potrubí

Zajišťuje přívod nové náplně vzduchu. Čističe vzduchu mají kromě vlastního čištění za úkol předehřívát nasávaný vzduch a regulovat teplotu nasávaného vzduchu a tlumit hluk sání. Regulace teploty nasávaného vzduchu je důležitá pro provozní chování vozidla a pro složení výfukových plynů. U přeplňovaných motorů je do sacího systému dále začleněno dmychadlo a chladič plnicího vzduchu.

Standardní sací potrubí vícebodových vstřikovacích systémů se skládají ze samostatných sacích potrubí a sběrného sacího potrubí se škrticí klapkou. Krátké potrubí umožňuje vysoký jmenovitý výkon se současnými ztrátami kroutícího momentu v nízkých otáčkách, u dlouhého sacího potrubí je to naopak.

Kromě škrcení proudu čerstvého vzduchu nasávaného motorem pomocí škrticí klapky existují další možnosti k ovlivňování plnění válců. Variabilním časováním ventilů se dá ovlivňovat jak podíl čerstvé směsi, tak i podíl zbytkových plynů zůstávajících ve válci (Vlk, 2003).

1.11 Výfukové potrubí

Odvádí výfukové plyny do ovzduší tak, aby nemohlo dojít k jejich vniknutí do vnitřního prostoru vozidla. Dále tlumí hluk odcházejících spalin, včetně hluku

vznikajícího rázy při nepravidelném proudění výfukových plynů. Také musí snižovat obsah škodlivých látek ve spalinách na předepsané legislativní limity.

Sběrné výfukové potrubí odvádí výfukové plyny z hlavy válců a vyrábí se většinou z litiny. K hlavě válců je upevněno nasazením na závrtné šrouby a přitaženo samojisticími maticemi s měděným povlakem. Mezi hlavu válců a sběrné potrubí se vkládá těsnění. K druhému konci výfukového sběrného potrubí se připojuje přední výfukové potrubí nebo katalyzátory (Vlk, 2003).

1.12 Elektropříslušenství

Mezi elektropříslušenství patří akumulátorová baterie, spouštěč, točivý zdroj elektrické energie (alternátor) s regulací a zapalování.

1.12.1 Akumulátorová baterie

Je zdrojem elektrické energie zejména při startování a v době, kdy je motor v klidu. Akumulátor funguje na principu vytváření elektrického napětí z chemické reakce, která vzniká, pokud se dva nestejné materiály ponoří do elektrolytu, tedy do roztoku kyseliny sírové a vody. U olovných elektrolytových baterií je napětí zhruba 2 V na článek, celkové napětí je tedy 12 V (Mulac.cz, 2022).

Rozeznáváme dva základní druhy akumulátorů a to údržbové a bezúdržbové. U klasických údržbových akumulátorů se zaplavenou elektrodou jsou olovené elektrody ponořeny v elektrolytu a elektrody jsou vzájemně odděleny pro elektrolyt propustnými separátory. Proto se nazývají akumulátory se zaplavenou elektrodou. Na horní části jsou vybaveny inspekčními zátkami, které slouží ke kontrole hladiny elektrolytu a případnému doplňování destilované vody, proto se jim říká údržbové. Do akumulátoru se musí dolévat jen destilovaná voda, která je zbavena iontů, protože ionty ve vodě způsobují elektrickou vodivost vody a použitím vody s obsahem iontů by akumulátor zkratoval.

U bezúdržbových akumulátorů jsou elektrody usazeny v křemičitém gelu, proto jsou označovány jako gelové. Jsou hermeticky uzavřené obalem, který nesmí být narušen, a proto jsou řešeny tak, aby nevyžadovaly jakýkoli zásah do vnitřních částí a tudíž žádnou údržbu ve smyslu údržby akumulátorů se zaplavenou elektrodou, tj. žádná kontrola hladiny elektrolytu či dolévání destilované vody (svarecky obchod.cz, 2022).

1.12.2 Spouštěč

Jeho úkolem je roztočit klikovou hřídel z klidu na spouštěcí otáčky motoru. Elektrický spouštěč s elektromagnetickým vysouváním pastorku je sériový stejnosměrný elektromotor, konstruovaný pro krátkodobý provoz. Pastorek roztáčí motor při spouštění pomocí ozubeného věnce setrvačnicku. Do záběru je posouván dvouramennou pákou, která zabírá na jedné straně do objímky na volnoběžce a na druhé straně je napojena na táhlo elektromagnetu spínače. Pastorek je součástí volnoběžky, která je nasazena suvně na strmém závitu hřídele spouštěče. Po stlačení tlačítka spouštěče je uzavřen obvod cívky elektromagnetu spínače. Kotva spínače je vtažena do cívky a současně dvouramenná páka svým druhým koncem zasune pastorek do záběhu. Na konci zdvihu, když je pastorek zasunut do ozubení věnce setrvačnicku, spojí kontaktní můstek spínače spouštěč s baterií a pastorek začne roztáčet motor (Lupoměch, 2009).

1.12.3 Alternátor

Alternátor je točivý elektrický stroj, který přeměňuje mechanickou energii na energii elektrickou. Je zdrojem střídavého elektrického napětí a pracuje na principu elektromagnetické indukce. Skládá se ze statoru, rotoru a budiče.

Stator je nehybná část, která má tvar dutého válce a je svařen ze speciálních plechů a vyztužen žebry. Uvnitř pláště je upevněn magnetický obvod složený z elektrotechnických plechů, které jsou od sebe izolovány lakem, aby se omezily ztráty v železe. Na vnitřním obvodu statorových plechů jsou drážky, ve kterých je uloženo vinutí z měděných vodičů s izolací. Konce vinutí jsou spojeny do uzlu a začátky jsou vyvedeny na svorky alternátoru.

Uvnitř statoru se otáčí rotor s vyniklými póly. Vzduchová mezera mezi rotorem a statorem je malá, protože vzduch klade velký magnetický odpor. Pólové nástavce mají takový tvar, aby ve vzduchové mezeře vzniklo magnetické pole sinusového průběhu. Póly jsou nejčastěji složeny z vystřižených plechů a staženy nýty.

Na pólových nástavcích jsou umístěny budící cívky obvykle spojeny do série tak, aby vznikl střídavě severní a jižní pól. Stejnosměrný proud se k nim přivádí z budiče přes dva kroužky (eluc.kr-olomoucky.cz, 2022a).

2 Cíl práce

Cílem práce je popsat provedení generální opravy a odpovědět na otázky:

1. Je zvolený postup dostačující pro další provoz?
2. Je použitý postup vhodný z ekonomického pohledu?

Dílčí cíle práce:

1. Popsat používaný postup.
2. Provést konkrétní diagnostiku.
3. Odpovědět na otázky z cíle této práce.
4. Výsledky zhodnotit a uvést závěry pro praxi.

3 Metodika

Generální oprava motoru bude provedena u firmy STROM Praha, a. s. na středisku v Milíně. Pro tuto opravu bude vybrán traktor John Deere 8320 (viz obrázek 3.1), který je vyroben v roce 2006 a má 19 899 Mth. Tento model je vybaven šestiválcovým motorem s dvěma ventily na válec o objemu 8,1 l, s výkonem 182 kW. Dále je tento traktor vybaven vysokotlakým vstřikovacím systémem Common Rail.



Obrázek 3.1: John Deere 8320

Stroj bude přivezen se závadou, že začal černě kouřit a při jízdě se ztrácel výkon motoru. Při bližší diagnostice bude také zjištěno, že se začal ztrácet i motorový olej. Dále proběhnou dva testy elektronické komprese válce, které budou provedeny pomocí připojení diagnostického programu Service Advisor, proto se tedy nazývají elektronické. Díky těmto testům bude zjištěno, že nejnižší procento komprese je na třetím válci (viz tabulky 4.1 a 4.2). Poté bude provedena demontáž celého motoru a následně zjištěny další poškozené díly. Montáž bude provedena podle manuálů, které se nachází v programu Service Advisor. Na závěr této práce bude provedeno porovnání ceny této opravy s cenou, když by se dal nový polomotor.

4 Výsledky

4.1 Výsledky testů elektronické komprese válce

Tabulka 4.1: Výsledky prvního testu elektronické komprese válce

Válec č.	Relativní komprese [%]
1	100
2	93
3	66
4	97
5	96
6	97

Tabulka 4.2: Výsledky druhého testu elektronické komprese válce

Válec č.	Relativní komprese [%]
1	87
2	87
3	65
4	96
5	91
6	100

4.2 Zjištění závad po demontáži

Po demontáži motoru bylo zjištěno, že pístní kroužky byly vypálené a zničené, některé byly dokonce i přelomené (viz obrázek 4.1). Nejvíce poškozené pístní kroužky byly na 3. válci.



Obrázek 4.1: Poškozené pístní kroužky, vlevo na 4. válci, vpravo na 3. válci

Následně díky zničeným pístním kroužkům došlo i k poničení vložek válce (viz obrázek 4.2). V levé části obrázku je vidět, že původní honování tam již téměř není a jsou tam vidět nové rýhy od již zmíněných zničených pístních kroužků. Pro porovnání v pravé části obrázku je vidět nová vložka válce, která je neponičena a je na ní vidět i původní honování.



Obrázek 4.2: Vložky válce

Dále bylo také zjištěno, že pouzdra na klikové hřídeli byla poničena (viz obrázek 4.3). Na obrázku můžeme vidět, že nejvíce byla zničena pouzdra opět na 3. válci, je na nich značná hluboká rýha, která tam být nemá. Také pouzdra na ojnicích byla poničena (viz obrázek 4.4).



Obrázek 4.3: Poškozená pouzdra klikové hřídele, vlevo na 3. válci, vpravo na 4. válci



Obrázek 4.4: Poškozená pouzdra z ojníc

Po celkové demontáži a zjištění škod, byla kliková hřídel, hlava válců, vstřikovače a palivové čerpadlo posláno na přezkoušení a přetěsnění.

4.3 Montáž motoru

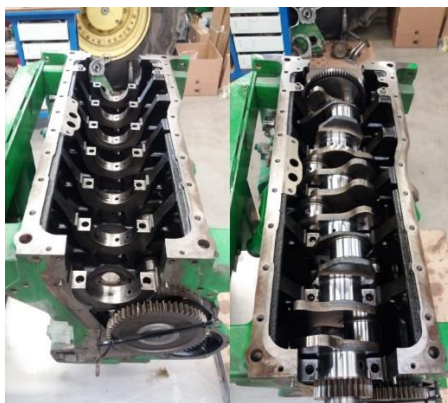
Po demontáži byl blok motoru upevněn do speciálního držáku na motory, který usnadňuje manipulaci s motorem (viz obrázek 4.5).



Obrázek 4.5: Držák motoru

Nejprve byla montáž započata usazením vložených válců a jejich seřízením takzvaně nasucho. Vložené válce byly umístěny do bloku motoru a dále byly upevněny pomocí přípevňovacích šroubů a plochých podložek. Ty byly utaženy na moment 68 Nm. Dále byly změřeny přesahy vložených válců pomocí číselníkového odchytkoměru. U každého válce byly měřeny přesahy na čtyřech polohách odpovídajících přibližně 1, 5, 7 a 11 hodinám a všechny hodnoty byly zaznamenány. Tyto přesahy by se měly pohybovat v rozmezí 0,051 – 0,127 mm. Po změření byly vložené válce demontovány.

Poté následovala montáž klikové hřídele (viz obrázek 4.6). Nejprve byly namazány motorovým olejem montážní místa ložiskových pánví v bloku válců, poté do nich byly namontovány ložiskové pánve hlavních ložisek a i pánev axiálního ložiska, obě strany těchto pánví byly také namazány motorovým olejem. Musí se dbát také na to, aby montážní výstupky na ložiskových pánvích byly správně usazeny v drážkách výztuh bloku a také na to, aby otvory pro olej ve výřezu pro hlavní ložisko byly správně vyrovnány s otvory v ložiskových pánvích. Následně byla samotná kliková hřídel uložena zpět do bloku motoru. Namontovala se postupně jednotlivá víka a ložiska, které se připevnilo přípevňovacími šrouby s podložkami, které byly předtím namočeny v motorovém oleji, před dotažením šroubů proběhla kontrola, zda sedí polohy výstupků a výřezů u ložiskových pánví. U hlavních ložisek č. 1, 2, 3, 4, 6 a 7 byly přípevňovací šrouby dotaženy na počáteční moment 68 Nm. Šrouby u axiálního ložiska č. 5 byly dotaženy rukou. Mírným páčením proti klikovému hřídeli směrem vpřed a vzad byly vyrovnány přítlačné podložky axiálního ložiska č. 5. Poté se přípevňovací šrouby u axiálního ložiska č. 5 dotáhly také na počáteční moment 68 Nm. Na závěr byly dotaženy všechny přípevňovací šrouby na konečný moment 230 Nm.



Obrázek 4.6: Montáž klikového hřídele

Následně se pokračovalo s montáží vložených válců, pístů a ojníc. Nejprve byly usazeny dva O-kroužky do bloku válců. Tyto O-kroužky byly namazány pomocí mýdlového mazacího prostředku a poté byly umístěny do bloku válců, nejprve se dal modrý O-kroužek a následně nad něj červený. Poté bylo umístěno těsnění na vnější plochu vloženého válce a také bylo namazáno pomocí mýdlového mazacího prostředku.

Byla použita nová sada vložených válců, ve kterých už jsou vloženy i nové písty s pístními kroužky, proto pro montáž ojníc, museli být písty povytáhnuty ze spodní strany vložených válců. Písty se nesmí vytáhnout celé, kvůli tomu, aby nevyskočily již namontované pístní kroužky, tedy píst byl povytáhnut jen o kousek, aby bylo možno provést montáž ojnice. Ta probíhala tak, že ojnice byla vložena do spodní části pístu a následně tam byla upevněna pomocí pístního čepu, který byl namazán čistým motorovým olejem (viz obrázek 4.7). Přední strana ojnice musí být zarovnána s přední stranou pístu. Následně byl čep zajištěn pomocí pojistných kroužků, které byly umístěny do drážek. Pak byly písty zasunuty zpět do vloženého válce. Do ojníc byla ještě vložena pouzdra, která byla namazána motorovým olejem.



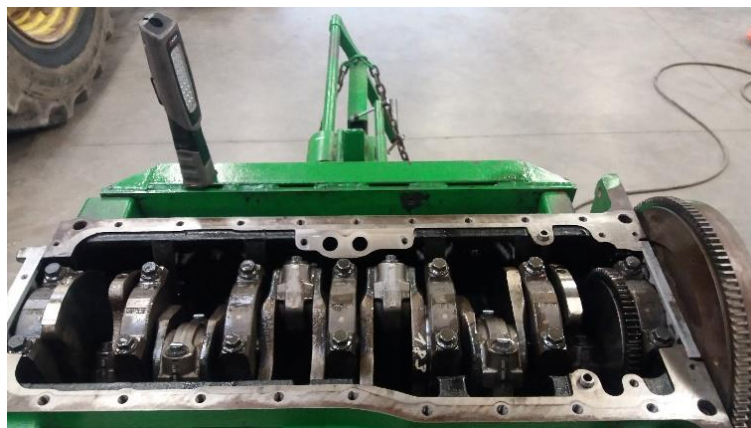
Obrázek 4.7: Montáž ojníc

Takto připravené soustavy byly postupně namontovány do bloku motoru. Každý vložený válec byl opatrně usazen do otvoru v bloku motoru tak, aby výrobní kód (který je vyznačený na přírubě) byl otočen k přední části motoru. Působením tlaku oběma dlaněmi vložený válec zapadl do polohy, ve které byla horní příruba téměř v rovině s blokem motoru. Poté byly vložené válce opět přichyceny pomocí šroubů s podložkami (viz obrázek 4.8).



Obrázek 4.8: Uchycení vložených válců pomocí šroubů s podložkami

Ze spodní části motoru byly namontovány víka ojnice, tato víka se nesmí pomíchat, byly připevněny pomocí šroubů, které se nejprve namazaly motorovým olejem (viz obrázek 4.9). Všechny šrouby byly nejprve dotaženy na utahovací moment 60 Nm, poté byla na každý šroub nakreslena čára, která byla rovnoběžná s klikovým hřídelem, tato čára sloužila jako referenční značka. Na závěr byly šrouby dotaženy ještě o 90°, tím pádem byly čáry, které jsme si nakreslily kolmé na klikový hřídel.



Obrázek 4.9: Montáž vík ojníc

Po montáži ojníc byly znovu přeměřeny přesahy vložených válců pomocí číselníkového odchylkoměru jako předtím (viz obrázek 4.10).



Obrázek 4.10: Měření přesahů pomocí číselníkového odchytkoměru

Dalším krokem bylo seřízení klikové a vačkové hřídele, pomocí šipek, které jsou na ozubených kolech na koncích obou hřídelí (viz obrázek 4.11).



Obrázek 4.11: Seřízení klikové hřídele a vačkové hřídele

Dále proběhla montáž vysokotlakého zásobníku paliva Common Rail a vysokotlakého palivového čerpadla. Vysokotlaký zásobník paliva byl namontován na blok válců a přípeňovací šrouby byly utaženy podle předepsaného momentu 61 Nm. Před montáží palivového čerpadla byl motor nastaven na první válec. Čerpadlo bylo nasazeno na tři šrouby a utaženo maticemi na utahovací moment 48 Nm. Na montážní náboj čerpadla byl namontován nový O-kroužek a dále bylo namontováno ozubené

kolo vysokotlakého palivového čerpadla (viz obrázek 4.12). Šrouby víka byly utaženy na utahovací moment 61 Nm.



Obrázek 4.12: Montáž ozubeného kola vysokotlakého vstříkovacího čerpadla

Po montáži vstříkovacího čerpadla byla celá tato strana motoru zakryta (viz obrázek 4.13). Utahovací moment šroubů držících tento kryt je 27 Nm. Také bylo namontováno vodní čerpadlo. Na druhou stranu byl namontován setrvačnick.



Obrázek 4.13: Vlevo montáž vodního čerpadla, vpravo montáž setrvačnicku

Dalším krokem byla montáž olejového čerpadla motoru (viz obrázek 4.14). Na olejové čerpadlo bylo nejprve namontováno ozubené kolo, které bylo volně dotáhnuto maticí s podložkou. Dále bylo namontováno sací potrubí s novým těsněním, připevňovací

šrouby byly dotaženy momentem 47 Nm. Nový O-kroužek byl také nasazen do drážky skříně čerpadla, byl namazán čistým motorovým olejem a poté bylo namontováno výstupní potrubí do skříně čerpadla oleje. Čerpadlo bylo přemístěno a usazeno na středící čepy. Hnací ozubené kolo muselo být nastaveno správně, aby bylo v záběru s ozubeným kolem klikového hřídele a výstupní potrubí čerpadla bylo ve správné poloze v otvorech pro O-kroužky. Připevňovací šrouby skříně čerpadla oleje byly utaženy k bloku válců na moment 42 Nm. Připevňovací matice hnacího ozubeného kola čerpadla oleje byla dotažena momentem 54 Nm.



Obrázek 4.14: Montáž olejového čerpadla motoru

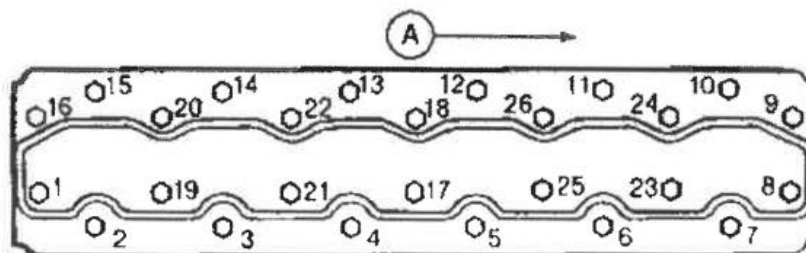
Po dokončení montáže olejového čerpadla, byl takto připravený blok vrácen zpět na traktor (viz obrázek 4.15).



Obrázek 4.15: Vlevo olejová vana motoru, vpravo usazený motor zpět na traktor

Před montáží hlavy válců byly demontovány šrouby s podložkami, které držely vložky válců. Nejprve bylo zkontrolováno nové těsnění hlavy válců, zda nejsou někde nějaké nežádoucí otvory, či jiné vady. Pak bylo toto těsnění usazeno na blok válců. Pomocí zdvihacího zařízení proběhlo usazení hlavy válců na montážní čepy, které jsou

na bloku válců. Dále byly namontovány přípevňovací šrouby, které byly nejprve namočeny v motorovém oleji. Tyto šrouby byly utaženy v daném pořadí (viz obrázek 4.16), nejprve byl utažen šroub číslo 17 a poté šrouby 1 až 26.



Obrázek 4.16: Postup utahování šroubů u hlavy válců

Utahovací moment byl 80 Nm. Po utažení byly na šrouby pomocí bílého značkovače nakresleny referenční čáry, které nám pak pomáhaly při dalším dotahování. Postupně (počínaje šroubem č. 1, konče šroubem č. 26) bylo otočeno s každým šroubem o 90°. Tento postup byl proveden třikrát.

Dalším krokem byla montáž elektronických vstřikovačů. Na špičku vstřikovače byla namontována těsnící podložka pomocí mazacího tuku a také byl na něj namontován nový O-kroužek, který byl pak také namazán mazacím tukem (viz obrázek 4.17).



Obrázek 4.17: Elektronické vstřikovače

Dále byly nasunuty vidlicové nohy svorky na vstřikovače kolem jeho ploché části. Kónický otvor byl nasměrován na stranu vstřikovače směrem od svorky. Takto připravený vstřikovač byl zasunut do otvorů hlavy válců (viz obrázek 4.18). Přípevňovací šroub byl dotažen na moment 10 Nm a pak byl povolen o 60°.



Obrázek 4.18: Montáž vstříkovače do hlavy válců

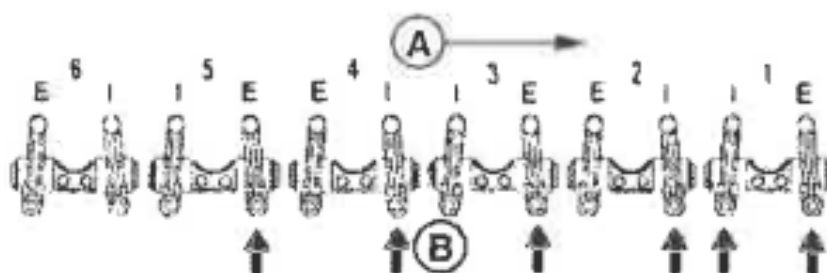
Na konektor přívodu paliva byl namontován O-kroužek, který byl namazán mazacím tukem. Takto připravený konektor byl zasunut z boku do hlavy válců k elektronickému vstříkovači. Do stejných otvorů byly nasazeny šroubení, které udržují konektor přívodu paliva na správném místě. Šroubení byla dotažena na moment 15 Nm. Pak byly dotaženy šrouby u elektronického vstříkovače na moment 10 Nm plus byly ještě doutaženy o 90°. Také proběhla montáž vysokotlakého palivového potrubí.

Před montáží vahadel byly nejprve vloženy rozvodové tyčky zpět do původních otvorů, ze kterých byly demontovány. Nová obrusná víka byla vložena na hroty dřívků ventilů. Pak byla namontována vahadla (viz obrázek 4.19) a šrouby, které je přichycují k hlavě válců, byla dotažena na utahovací moment 30 Nm.



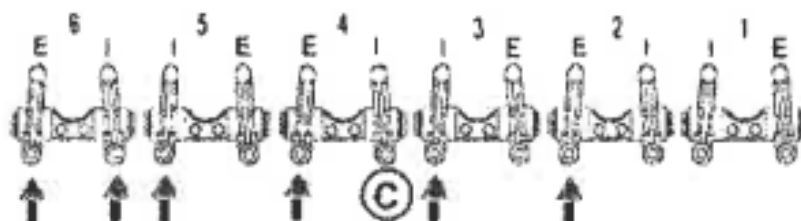
Obrázek 4.19: Montáž vahadel

Když byla namontována vahadla, proběhlo seřízení vůle ventilů. Zde se postupovalo tak, že pomocí rozvodového kolíku a protačeče, který otáčí setrvačником, byl motor nastaven na první válec. To se pozná tak, že vahadla ventilů na válci číslo 1 jsou volná, motor je v horní úvrati kompresního zdvihu pístu válce číslo 1. Když byl motor nastaven v této poloze, byly seřizeny tyto ventily (viz obrázek 4.20).



Obrázek 4.20: Seřízení vůle ventilů při nastavení na prvním válci

Nejprve se povolila pojistná matice na polohovacím šroubu vahadla. Pak se otáčelo seřizovacím šroubem, dokud spárová měrka šla vytahovat s mírným třecím odporem. Poté se zpátky utáhla pojistná matice a znovu překontrolovala vůle ventilu pomocí spárové měrky. Vůle sacího ventilu je 0,46 mm, výfukového ventilu 0,71 mm. Po seřízení vůle všech ventilů v této poloze, byl motor protočen o 360° pomocí protačeče, tím došlo k tomu, že píst válce číslo 6 se dostal do horní úvrati svého kompresního zdvihu a tím pádem vahadla u tohoto válce byla uvolněna a mohlo se pokračovat v seřizování vůle zbylých ventilů, které jsou vyznačeny na obrázku (viz obrázek 4.21). Postup seřizování této řady byl stejný jako u té první.



Obrázek 4.21: Seřízení vůle ventilů při nastavení na šestém válci

Následnými kroky po seřízení vůle ventilů byla montáž svodové kabeláže vstříkovače, montáž krytu vahadel a odvětrávacího potrubí (viz obrázek 4.22). Přípevňovací šrouby na krytu vahadel byly utaženy na moment 8 Nm.



Obrázek 4.22: Vlevo montáž svodové kabeláže vstříkovače, vpravo montáž krytu vahadel

Montáž sacího a výfukového (viz obrázek 4.23) potrubí probíhala tak, že se nejprve namontovalo sací potrubí, pod které se daly nová těsnění a připevňovací šrouby byly dotaženy předepsaným momentem 47 Nm. Pak bylo namontováno výfukové potrubí, pod které se také dala nová těsnění. Na připevňovací šrouby byla nejprve nanесena měděná pasta, poté byly šrouby namontovány a dotaženy na moment 47 Nm. Dotahování šroubů probíhalo od středu výfukového potrubí, tedy od 3 a 4 válce křížem až do stran.



Obrázek 4.23: Montáž sacího a výfukového potrubí

Následně proběhlo nastrojení zbytku motoru (viz obrázek 4.24). Po dokončení montáže celého motoru byl dolit motorový olej. Byl zvolen záběhový motorový olej John Deere BREAK-IN-PLUS, který má řidší konzistenci než klasický motorový olej. Po 100 Mth byl tento záběhový olej vypuštěn a nalil se tam nový motorový olej John Deere PLUS-50, který se běžně dává do motorů. Do tohoto motoru bylo dolito 26 l oleje.



Obrázek 4.24: Dokompletace motoru

Po nastartování motoru byl proveden jeho záběh, nejprve po dobu 2 minut byl motor nastaven na 850 ot.min^{-1} , poté na dalších alespoň minimálně 15 minut byly nastaveny otáčky motoru na $2\,000 \text{ ot.min}^{-1}$. Během záběhu byl motor kontrolován, zda někde něco neuniká. Na závěr byly ještě provedeny testy elektronické komprese válce (viz tabulka 4.3). V porovnání s testy elektronické komprese válce, které se dělali před opravou je vidět, mnohem lepších výsledků, hlavně u válce číslo 3 již nejsou tak nízké hodnoty, jako byly předtím.

Tabulka 4.3: Výsledky testu elektronické komprese válce po opravě

Válec č.	Relativní komprese [%]
1	94
2	93
3	92
4	91
5	94
6	100

4.4 Ekonomické zhodnocení

4.4.1 Cena generální opravy motoru při postupu popsaném v diplomové práci

V této tabulce je znázorněna cena generální opravy motoru, která byla popsána v této diplomové práci (viz tabulka 4.4). Ceny jsou uváděny bez DPH. Cena za jednu hodinu práce činí 920 Kč.hod⁻¹.

Tabulka 4.4: Cena generální opravy motoru podle popsaného postupu

Položka	Množství [hod]	Cena [Kč]
Subdodávka – oprava hlavy motoru		4 235,00
Subdodávka – oprava čerpadla a vstřikovačů		48 782,23
Subdodávka – oprava ojnice a klikové hřídele		41 252,00
Náhradní díly		170 975,77
Diagnostika	4	4 000,00
Počet hodin práce	96	88 320,00
Celkem		357 565,00

4.4.2 Cena generální opravy motoru při použití nového polomotoru

V tabulce 4.5 je znázorněna přibližná orientační cena generální opravy motoru, pokud by se použil nový polomotor. U tohoto traktoru nelze objednat úplně celý nový motor, ale jen polomotor. Ten není úplně zcela kompletní, chybí na něm kryt ventilů, sací a výfukové potrubí, olejová vana, pouzdro olejového filtru a filtr, vodní čerpadlo, kryt přední desky a tlumič torzních kmitů. Všechny tyto věci se musí přenastrojít ze starého motoru na tento nový. Plus se ještě vždy dává nová palivová soustava. Cena za hodinu práce činí 920 Kč.hod⁻¹ bez DPH. Další ceny jsou také bez DPH.

Tabulka 4.5: Cena generální opravy motoru s novým polomotorem

Položka	Množství [hod]	Cena [Kč]
Polomotor		448 458,00
Palivová soustava		110 000,00
Počet hodin práce	70 - 80	64 400,00 – 73 600,00
Celkem		622 858,00 – 632 058,00

5 Diskuse

5.1 Je zvolený postup dostačující pro další provoz?

Ano, je. Zvolený postup opravy je dostačující pro další provoz. Protože motor tohoto traktoru byl kompletně rozebrán, zkontrolován, veškeré poškozené díly byly vyměněny za nové. Kompletace motoru proběhla podle přesně daných manuálů, které se nachází v programu Service Advisor, který slouží mechanikům pro diagnostiku traktorů, ale také se v něm nacházejí manuály pro demontáže a montáže daných částí stroje.

5.2 Je použitý postup vhodný z ekonomického pohledu?

Ano, je. Při porovnání tohoto postupu s tím, když by se dával nový polomotor, tak náš zvolený postup byl z ekonomického hlediska výhodnější. Jak je znázorněno v tabulce 4.2, tak generální oprava motoru podle našeho postupu stála 357 565 Kč bez DPH. Oproti tomu v tabulce 4.3 je znázorněna cena opravy, pokud by se dával nový polomotor, která tedy činí 622 858 – 632 058 Kč bez DPH. Tato cena je orientační, protože záleží také na počtu hodin, které se na této opravě stráví. Přibližně by tento postup opravy měl trvat 70 – 80 hodin.

Při porovnání těchto dvou cen můžeme vidět značný rozdíl, který je způsoben tím, že při zvoleném postupu opravy číslo dvě, tedy verze s polomotorem, tak tento daný polomotor nepříjde zcela nastrojen, chybí na něm kryt ventilů, sací a výfukové potrubí, olejová vana, pouzdro olejového filtru a filtr, vodní čerpadlo, kryt přední desky a tlumič torzních kmitů. Všechny tyto díly se musí přenastrojít ze starého motoru na ten nový a tím pádem se zvýší počet odpracovaných hodin. Zároveň se cena navýší ještě o cenu palivové soustavy, protože ta se vždy dává nová.

5.3 Vyhodnocení výsledků

U traktoru John Deere 8320 byla provedena nejprve diagnostika závady, také elektronické testy komprese válce, které ukázaly, že bude nejspíše největší závada na třetím válci. Po demontáži byly odhaleny všechny závady, jako například zničené a popraskané pístní kroužky, vydřená pouzdra na klikové hřídeli, obě dvě tyto závady byly nejvíce vidět na již předpokládaném třetím válci, dále byly odhaleny zničené vložky válců a zničené ojnicní pouzdra. Vzhledem k těmto závadám byla zvolena generální oprava motoru. Svou diplomovou práci jsem chtěla porovnat i s jinými autory, kteří by se zabývali stejnou problematikou, ale bohužel jsem žádný takový článek nenašla.

5.4 Prognóza

Po provedení generální opravy motoru by se dalo předpokládat, že motor by měl teď vydržet fungovat několik let bez závad. Samozřejmě musíme počítat s tím, že některé součásti jako například vstřikovače, či tlumič torzních kmitů a další, mají svoji danou životnost a udává se, že by se po určitém počtu motohodin měly vyměnit. Stává se, že některé díly vydrží déle, než je jejich životnost, či naopak kratší dobu, ale s tímto se musí počítat a je to věc, kterou takto dopředu nedovedeme přesně odhadnout (nahodilost poruch).

Předpokladem pro delší životnost motoru je dodržování pravidelných intervalů údržeb a také záleží na chování obsluhy k danému stroji. Pokud se bude obsluha chovat ke stroji neohleduplně a například ho hned po startu bude vytáčet do vysokých otáček aniž by motor byl zahřátý, tak se dá předpovídat, že životnost motoru bude kratší a dříve dojde k nějaké poruše ať už menšího či většího rázu. Naopak pokud bude zvolen šetrnější přístup, tak se dá předpovídat, že motor vydrží bez této závady, která byla zmíněna v této práci, stejnou nebo i možná delší dobu.

Závěr

Tato diplomová práce se zabývá generální opravou motoru u traktoru John Deere 8320. Na začátku literární části je krátké seznámení s historií traktorů John Deere, v druhé jsou popsány jednotlivé části motoru, jak vypadají, kde se nacházejí a jak fungují.

Dále následuje uvedení cílů práce a metodika. V metodice je seznámení s tím, kde se tato oprava uskuteční, na jakém stroji bude provedena a také pár technických údajů o daném stroji. Je zde také popsána závada, která byla na tomto traktoru nalezena a také jak se projevovala. Dále je zde popsán postup diagnostiky závady a jsou zde také uvedeny výsledky elektronických testů komprese válce, které byly provedeny.

Na začátku praktické části této práce jsou popsány závady na motoru, které byly odhaleny při jeho demontáži. Dále je zde popsán detailní postup, jak byla oprava provedena, jak probíhala montáž všech dílů a je k tomu připojena i fotodokumentáž daných kroků. V závěru praktické části je znázorněno ekonomické vyčíslení této opravy, které je pak porovnáno s orientační cenou opravy, pokud by byl zvolen postup, kde by byl dán nový polomotor. Výsledné porovnání obou cen těchto oprav jsou celkem zajímavé, zvláště ten vysoký rozdíl.

Přínos této diplomové práce pro praxi vidím v tom, že ti kteří ještě nikdy neviděli naživo takto rozebraný motor, tak to zde mohou vidět a udělat si nějakou představu, jak motor vlastně uvnitř vypadá a jak by mohl fungovat. Dalším přínosem, který vidím je to, že tato práce může i například sloužit jako takový návod, jak provést generální opravu pro ty, kteří se do toho chtějí pustit sami. A v neposlední řadě může tato práce sloužit také jako taková cenová představa pro ty, které zajímají ceny oprav.

Seznam použité literatury

Autonorma.cz, (2021). *Technologie vstřikování nafty – druhy vstřikovacích čerpadel*. [online] [23. 1. 2022]. Dostupné z: [Technologie vstřikování nafty - druhy vstřikovacích čerpadel \(autonorma.cz\)](https://www.autonorma.cz/technologie-vstrikovani-nafty-druhy-vstrikovacich-čerpadel)

Bauer, F. et al. (2006). *Traktory*. Profi Press s. r. o., Praha. ISBN 8086726150.

Čupera, J. a Štěrbá, P. (2020): *Automobily 4: Příslušenství*. Brno: Avid, Brno. ISBN 978-80-87143-44-5.

eluc.kr-olomoucky.cz, (2022a). *Princip alternátoru*. [online] [25. 1. 2022]. Dostupné z: [ELUC \(kr-olomoucky.cz\)](https://www.eluc.kr-olomoucky.cz/princip-alternatoru)

eluc.kr-olomoucky.cz, (2022b). *Vstřikovací systém Common Rail*. [online] [25. 1. 2022]. Dostupné z: [ELUC \(kr-olomoucky.cz\)](https://www.eluc.kr-olomoucky.cz/vstrikovaci-system-common-rail)

Frolík, J. a Svatoš, J. (1997). *Základy zemědělské techniky II*. Jihočeská univerzita, České Budějovice. ISBN 8070402431.

Gscheidle, R. et al. (2015): *Příručka pro automechanika*. Europa Sobotales, Praha. ISBN 978-3-8085-2163-2.

Lupoměch, F. (2009). *Opravy traktorů Zetor: praktická příručka pro modely traktorů Z 2011 – Z 6945*. Computer Press, Brno. ISBN 9788025124222.

Lupoměch, F. (2010). *Traktory Zetor: modelové řady Z 5011 – Z 7341 (r. v. 1980 – 2004): konstrukce, údržba, seřizování a zaměnitelnost dílů*. Computer Press, Brno. ISBN 9788025126400.

Macmillan, D. (2011). *Velká kniha traktorů John Deere: encyklopedie model po modelu, klasické modely, prospekty*. Vladimír Pícha, Praha. ISBN 9788090487901.

Mulac.cz, (2022). *Jak funguje baterie?*. [online] [24. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.mulac.cz/faq/jak-funguje-baterie.htm>

Němec, V. (2013). *Chlazení motoru*. [online] [22. 1. 2022]. Dostupné z: [Microsoft Word - chlazení motoru.doc \(spszengrova.cz\)](https://www.microsoft.com/word/chlazenimotoru.doc)

Pánek, P. (2007). *Po stopách jelena: historie zemědělské techniky John Deere*. Žentour, Slaný. ISBN 9788023992052.

svarecky-obchod.cz, (2022). *Průvodce světem olověných akumulátorů*. [online] [25. 1. 2022]. Dostupné z: <https://www.svarecky-obchod.cz/dokumenty/document252.pdf>

Štanc, P. (2012). *Účel chlazení, popis jednotlivých částí chlazení motoru*. [online] [22. 1. 2022]. Dostupné z: [CHLAZENÍ MOTORU \(dubno.cz\)](https://www.dubno.cz/chlazenimotoru)

Vlk, F. (2003). *Vozidlové spalovací motory*. František Vlk, Brno. ISBN 8023887564.

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Klikové ústrojí čtyřválcového motoru.....	11
Obrázek 1.2: Ojnice	12
Obrázek 1.3: Základní části pístu	13
Obrázek 1.4: Schéma SV rozvodu	14
Obrázek 1.5: Schéma OHV rozvodu	14
Obrázek 1.6: Schéma OHC rozvodu	15
Obrázek 1.7: Vačkový hřídel	15
Obrázek 1.8: Vahadlo	16
Obrázek 1.9: Hlavní části ventilu	16
Obrázek 1.10: Řadové vstříkovací čerpadlo	18
Obrázek 1.11: Schéma systému Common Rail	19
Obrázek 3.1: John Deere 8320	24
Obrázek 4.1: Poškozené pístní kroužky	26
Obrázek 4.2: Vložky válce	26
Obrázek 4.3: Poškozená pouzdra klikové hřídele	27
Obrázek 4.4: Poškozená pouzdra z ojnic	27
Obrázek 4.5: Držák motoru	27
Obrázek 4.6: Montáž klikové hřídele	28
Obrázek 4.7: Montáž ojnic	29
Obrázek 4.8: Uchycení vložených válců pomocí šroubů s podložkami	30
Obrázek 4.9: Montáž vík ojnic	30
Obrázek 4.10: Měření přesahů pomocí číselníkového odchytkoměru	31
Obrázek 4.11: Seřízení klikového a vačkového hřídele	31
Obrázek 4.12: Montáž ozubeného kola vysokotlakého vstříkovacího čerpadla	32
Obrázek 4.13: Montáž vodní pumpy, montáž setrvačnicku	32
Obrázek 4.14: Montáž olejového čerpadla motoru	33
Obrázek 4.15: Olejová vana, usazení motoru zpět na traktor	33
Obrázek 4.16: Postup utahování šroubů u hlavy válců	34
Obrázek 4.17: Elektronické vstříkovače	34
Obrázek 4.18: Montáž vstříkovače do hlavy válců	35
Obrázek 4.19: Montáž vahadel	35
Obrázek 4.20: Seřízení vůle ventilů při natavení na prvním válci	36

Obrázek 4.21: Seřízení vůle ventilů při nastavení na šestém válci.....	36
Obrázek 4.22: Montáž svodové kabeláže vstřikovače, montáž krytu vahadel	37
Obrázek 4.23: Montáž sacího a výfukového potrubí	37
Obrázek 4.24: Dokompletace motoru.....	38

Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Výsledky prvního testu elektronické komprese válce	25
Tabulka 4.2: Výsledky druhého testu elektronické komprese válce	25
Tabulka 4.3: Výsledku testu elektronické komprese válce po opravě	38
Tabulka 4.4: Cena generální opravy motoru podle popsaného postupu	39
Tabulka 4.5: Cena generální opravy motoru s novým polomotorem	39