



## **Středoškolská technika 2011**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na  
ČVUT**

### **MOTOR TATRA 613**

**Pavel Bukva**

Střední průmyslová škola strojnická

Třída 17. listopadu, Olomouc

#### **Anotace:**

Práce pojednává o konstrukci motoru z vozu Tatra 613. V 3D modelu jsem se zabýval jeho konstrukčním řešením, v textové části práce pak rozdělením jednotlivých dílů, popisu jejich funkce a jich samotných, pevnostní analýzou pístu a ojnice, výpočtem dráhy, rychlosti a zrychlení pístu a v samotném závěru jsem stručně popsal komplikovanou historii vozu tatra 613.

Tuto práci by nebylo možné vypracovat bez pomoci pana Ing. Vladimíra Houště a Ing. Borise Šmárika. Velké díky jim patří za konzultace problémů, které se během práce vyskytly. Obrovské pomoci se mi také dostalo z podniku Tatra a.s., kde mi pan Ing. Ondřej Skácel zajistil technickou dokumentaci k motoru Tatra 613. Touto formou jim chci tedy poděkovat za pomoc, které si velmi vážím.

# Obsah

Obsah.....	3
1 Úvod.....	5
2 Motor automobilu Tatra 613.....	6
3 Části motoru.....	7
3.1 Pohyblivé části.....	9
3.1.1 Klikový mechanismus.....	9
3.1.2 Rozvodové ústrojí.....	13
3.1.3 Chlazení motoru.....	16
3.1.4 Rozvodovka.....	18
3.2 Nepohyblivé části.....	20
3.2.1 Kliková skříň.....	20
3.2.2 Válec.....	21
3.2.3 Hlava válce.....	22
3.2.4 Vačková skříň.....	23
3.2.5 Víka a kryty.....	24
3.3 Příslušenství a výstroj.....	25
4 Pevnostní analýza.....	28
4.1 Pístu.....	28
4.2 Ojnice.....	30
5 Výpočet dráhy, rychlosti a zrychlení.....	32
5.1 Výpočet dráhy.....	32
5.2 Výpočet rychlosti.....	33
5.3 Zrychlení pístu.....	34
6 Historie automobilu Tatra 613.....	35

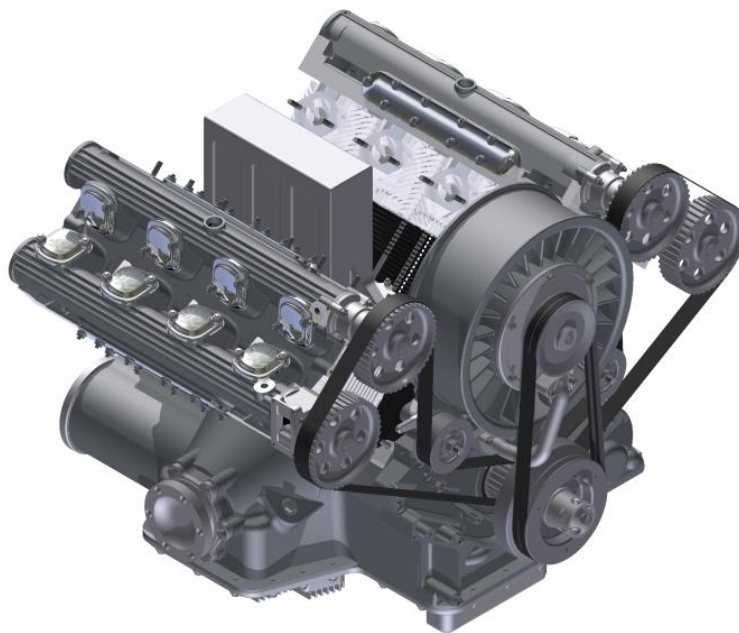
7 Závěr .....	38
Anotace .....	39
Resumé .....	40
Cizojazyčný slovník .....	41
Seznam literatury a dalších zdrojů .....	42
Seznam obrázků a grafů .....	43
Přílohy .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

# 1 Úvod

Téma ročníkové práce motor z vozu tatra 613 jsem si vybral, protože je mi toto téma velmi blízké, jelikož se zajímám o vozy všeho druhu, především tuzemské. Při vybírání tématu hrál neodmyslitelnou roli fakt, že zmíněný motor vlastním, což do jisté míry bylo výhodou při realizaci 3D modelu. 3D model jsem vytvořil v programu Autodesk Inventor Professional 2011. Textovou část jsem zpracoval v programu Microsoft Office Word a výpočty v programu Microsoft Office Excel. Cílem mé ročníkové práce bylo vytvoření 3D modelu, popis jeho dílčích součástí, pevnostní analýza pístu, ojnice a výpočet dráhy, rychlosti a zrychlení pístu. Jelikož motor z vozu Tatra 613 je dnes již historickou záležitostí, přímo se nabízí, abych na závěr práce stručně nastínil historii vozu a zvláštních modifikací jeho motorů.

## 2 Motor automobilu Tatra 613

Dle základních rozdělení pístových spalovacích motorů zjistíme, že se jedná o čtyřdobý, vznětový, benzínový osmiválec chlazený vzduchem s válci uspořádanými do V. Konstrukčně tento motor vychází z osvědčené verze Tatra 603. Zvětšením celkového obsahu a rekonstrukcí rozvodů z OHV na DOHC se podařilo zvýšit otáčky a docílit tím zvětšení litrového výkonu z 30,4 na 34,8 kW. Když se podíváme na podrobnější konstrukci, zjistíme, že válce svírají úhel 90 stupňů a chlazení válců je prováděno axiálním tlačným ventilátorem s kapalinovou spojkou vestavěným v zadním víku motoru mezi válci. Tato konstrukce motoru se u osobních vozidel dnes již nepoužívá. Základem je motorová skříň, ve které je s klikovou hřídelí uložen i diferenciál. Z toho vyplývá, že krouticí moment je z klikové hřídele přiveden na spojku, následně do převodového ústrojí a zase zpět do motorové skříně, přesněji do diferenciálu. Z diferenciálu je krouticí moment rozveden na obě zadní kola. Tato konstrukce má ve výsledku motor uložený přímo nad zadní nápravou. Tímto má i dobré rozložení váhy na přední a zadní nápravu. K motorové skříni jsou pak připevněny všechny další komponenty. Každý válec má svou ventilovou hlavu přímo sešroubovanou s válcem ke skříni. Vačková hlava je samostatná pro každou řadu válců a je poháněna samostatným řemenem. Chladič oleje je na konci rozvidlení válců, naproti kterému je víko s vestavěným ventilátorem. Motor s převodovkou propojuje jednokotoučová suchá spojka. Součástí spojky je setrvačník, který je přímo sešroubovaný s klikovou hřídelí. Za spojkou je čtyřstupňová převodovka, která během vývoje byla nahrazena pětistupňovou.



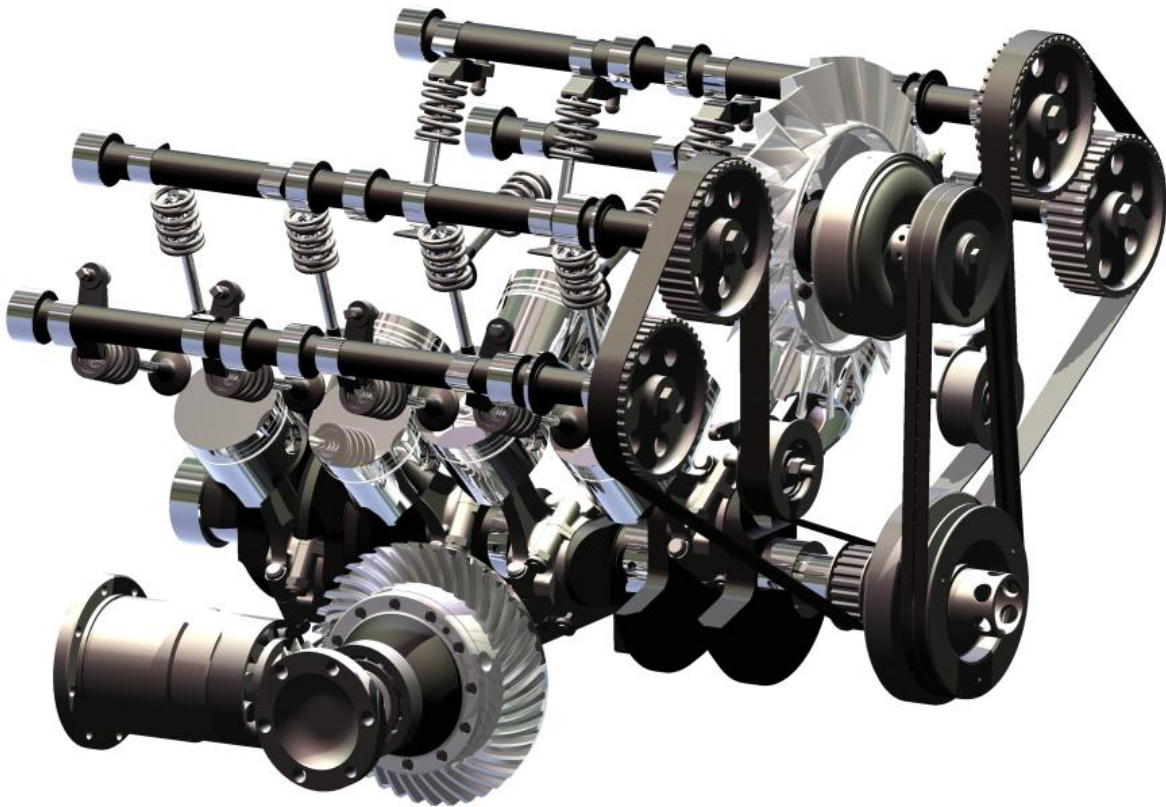
Obrázek 1: Motor Tatra 613

### 3 Části motoru

Obecně se všechny části motorů rozdělují do následujících bodů:

- 1) pohyblivé části
- 2) nepohyblivé části
- 3) příslušenství a výstroj motoru

Rozdělení pohyblivých součástí motoru z Tatra 613



Obrázek 2: Pohyblivé části motoru Tatra 613

Klikový mechanismus -píst s pístními kroužky, pojistkami a pístním čepem  
-ojnice  
-kliková hřídel

Rozvodové ústrojí -vačková hřídel  
- rozvodová kola s rozvodovým řemenem a napínací kladkou  
- vahadlo se seřizovacím šroubem

- ventily sací a výfukové s ventilovými pružinami

Chlazení motoru - oběžné kolo ventilátoru

- hydraulická spojka

- řemenice hnací, hnaná a řemen

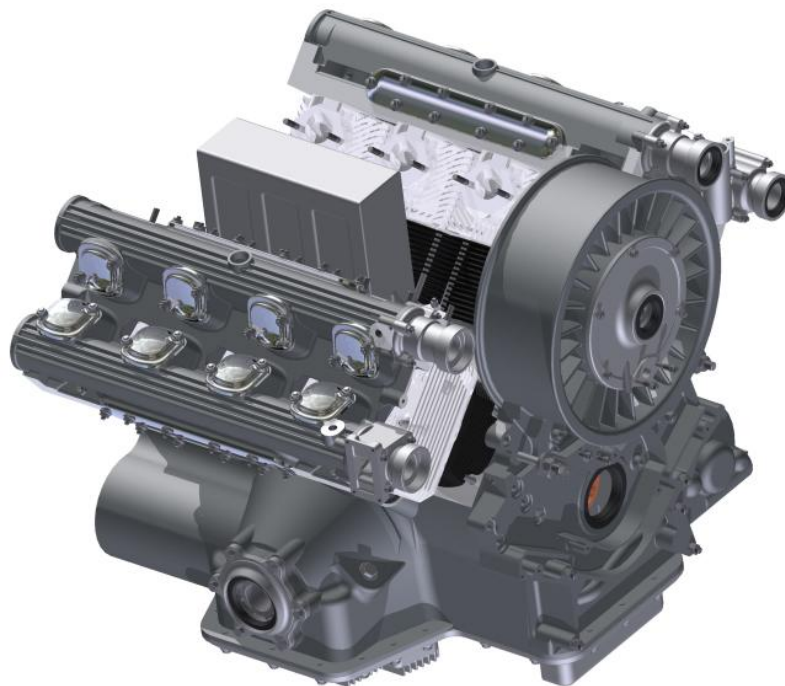
Rozvodovka - pastorek

- skříň diferenciálu levá, pravá s talířovým kolem

- satelity, planetová kola

- hřídele diferenciálu levá, pravá

Rozdělení nepohyblivých částí motoru z Tatra 613



**Obrázek 3: Nepohyblivé části motoru**

- kliková skříň

- válce

- hlavy válců

- vačková skříň

- víka a kryty: - olejová vana



- kryty ložisek rozvodovky

- víko motoru s vestavěnými rozváděcími lopatkami ventilátoru

Za příslušenství motoru považujeme zařízení a pomůcky důležité pro chod motoru. Zatím co výstroj tvoří zařízení a pomůcky, které pro chod motoru důležité nejsou.

- přívod paliva a vzduchu
- čistič paliva, vzduchu a oleje
- karburátor
- odvod spalin
- zapalování
- olejové mazací čerpadlo
- dynamo
- alternátor
- měrka oleje
- chladič oleje

## 3.1 Pohyblivé části

### 3.1.1 Klikový mechanismus

Klikový mechanismus je soustava klikové hřídele, pístů, pístních čepů a ojnic.



Obrázek 4: Klikový mechanismus

Díky excentricky uloženému čepu na klikové hřídeli se převádí posuvný pohyb na rotační. Hlavní děj se uskutečňuje v pracovním prostoru. Ten tvoří hlava válce, válec a pohyblivý píst. Pracovní prostor musí být co nejlépe utěsněn, aby vznikalo minimum ztrát. Utěsnění je provedeno za pomoci pístních kroužků, které se vloží do drážek k tomu určených v horní polovině pístu. Pístní kroužek musí odolávat velkým teplotám a tření, proto je vyroben z velmi tvrdých materiálů nejčastěji s povrchovou úpravou. Je vyroben tak, aby se rozpínal a tím řádně utěsňoval pracovní prostor. Pístní kroužky se dělí na dva druhy:

- a) těsnící - zamezují pronikání spalín nebo stlačené směsi do prostoru klikové skříně
- b) stírací – zamezují pronikání oleje z prostoru klikové skříně do pracovního prostoru, propouští jen malé množství oleje k mazání kluzné plochy válců

Další velmi namáhanou součástí je píst. Hlavním úkolem pístu je přenesení energie. Tlak vzniklý rozpínáním zažehnuté stlačené směsi tlačí na píst, který vykonává přímočarý vratný pohyb a přenáší jej na další členy klikového mechanismu. Nejvíce namáhanou částí je dno pístu, které je oproti stěnám značně zesílené. Dno pístu také nejvíce podléhá



Obrázek 5: Píst s pístními kroužky, čepem a pojistkami

tepelné roztažnosti, proto je píst opracován do kužele s nejužší částí u dna pístu. Píst je k ojnici připevněn volně pomocí pístního čepu, který je v okách pístu nalisován a zajištěn pojistnými kroužky. Pístní čep přenáší sílu vznikající vlivem tlaku média na píst, ale také setrvačné síly, které vznikají vlivem funkce klikového mechanismu.

Na píst jsou kladeny velké požadavky v pracovním oběhu i při výrobě. Píst musí splňovat všechna tyto kritéria:

- a) velká pevnost a odolnost proti korozi
- b) dobré kluzné vlastnosti i při ztížených mazacích podmínkách a odolnost proti otěru a opotřebení
- c) přiměřená tvrdost a přitom uspokojivá vrubová houževnatost
- d) malá hustota, zejména u rychloběžných strojů lehký píst zmenšuje velikost setrvačných sil se všemi důsledky pro vyvážení, zatížení ložisek, ojnice a klikového hřídele
- e) malá tepelná roztažnost, pokud možno stejná nebo menší než roztažnost materiálu válce a dobrá tepelná vodivost, pro zamezení místního přehřátí
- f) dobrá slévateľnost, snadná obrobiteľnost, nízká cena a chemické složení bez deficitních kovů

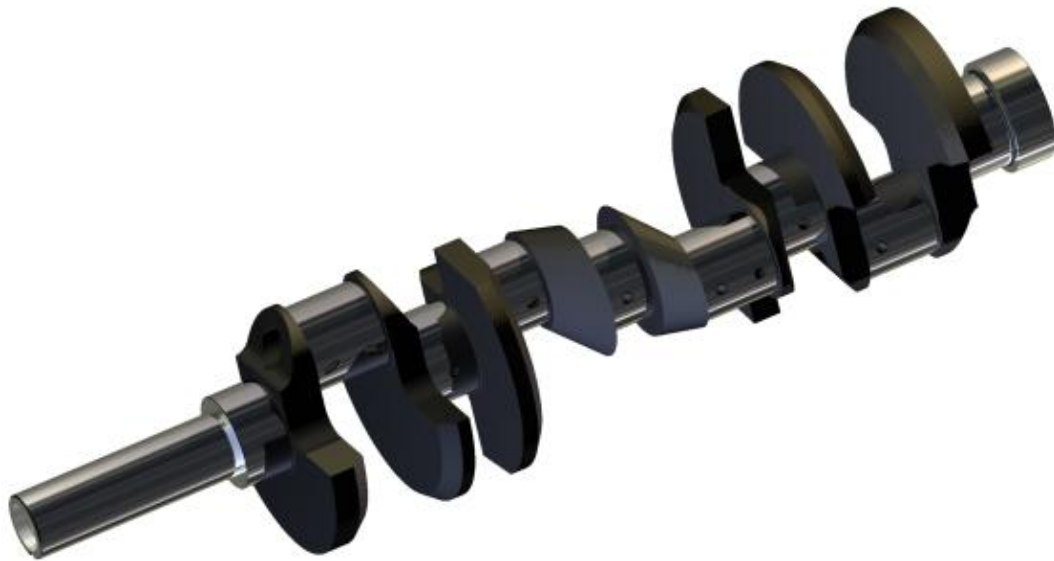
(1)



Obrázek 6: Ojnice s ložisky a šrouby

Další součástí klikového mechanismu je ojnice, která propojuje pístní čep s excentricky uloženým čepem na klikové hřídeli. Skládá se ze dvou hlav klikové, pístní a dřívku, který je spojuje. Kliková hlava je dělená kvůli montáži na klikovou hřídel a je spojena dvěma šrouby. „Ojnice je namáhaná tlakem plynů ve válci, setrvačnou silou na tah, tlakem plynů na vzpěr a odstředivou silou na ohyb.“ (2) K ojnici také patří kluzná ložiska, ojniční a dělené klikové.

Poslední součástí klikového mechanismu je kliková hřídel. Je to zalomená hřídel uložená v pěti ložiscích na hlavních čepch, které tvoří osu rotace klikového mechanismu. Uložení je formou kluzných ložisek. Mezi každým hlavní čepem je excentricky uložený ojniční čep. U motoru z vozu Tatra 613 je ojniční čep sdružený pro dvojici ojnic, přičemž ojnice svírají úhel 90°. Všechny ojniční čepy jsou od sebe pootočený o 90°. Vzdálenost mezi osou hlavního a ojničního čepu se rovná polovině zdvihu a je spojena ramenem. Jelikož klikový hřídel nemá zcela rotační tvar jsou ramena kliky vybavena vyvažujícími protikusy, které

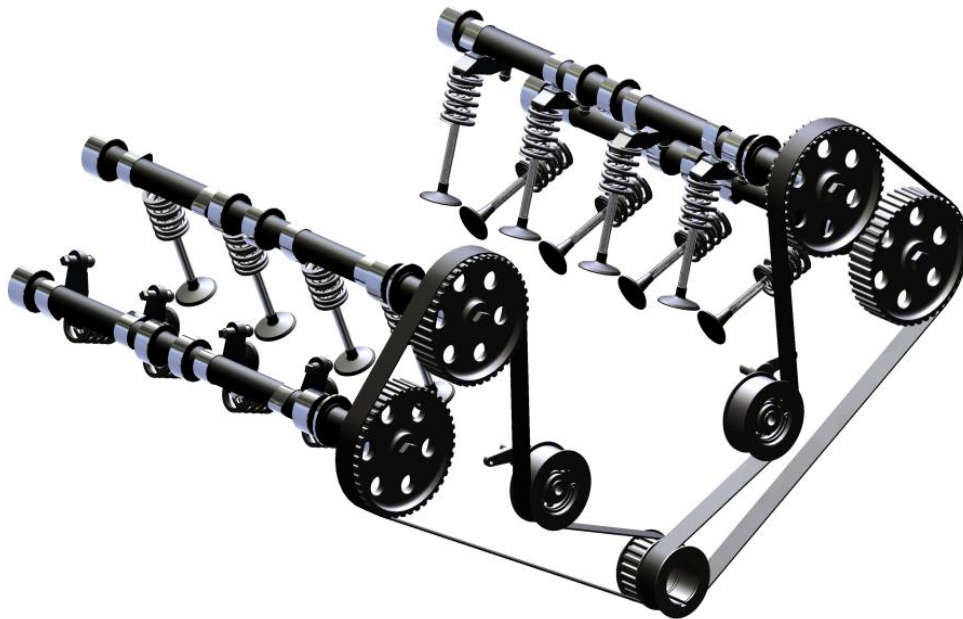


Obrázek 7: Klikový hřídel

zajišťují téměř plynulý chod s minimem setrvačných sil. Celý klikový hřídel je provrtán pro přívod maziva a jeho rozvod na ojnicí čepy. Přívod maziva je v místech hlavních čepů. Jeden konec hřídele je prodloužen a vybaven drážkou pro pero kvůli hnacím kolům rozvodů, olejového čerpadla a chladicího ventilátoru. Druhý konec hřídele je rozšířen a vybaven osmi otvory pro uchycení setrvačníku.

### 3.1.2 Rozvodové ústrojí

„Rozvodové ústrojí motoru rozvádí zápalnou směs a vypouští splodiny hoření v přesně stanovený časový úsek“. (1) Zajišťuje tím správnou výměnu látek ve válcích. Motor z vozu Tatra 613 je vybaven rozvodem 2xOHC neboli DOHC. Tato zkratka v anglickém jazyce představuje double over head camshaft což v překladu znamená, že rozvod je zajištěn dvěma vačkovými hřídelemi nad hlavou válce. V případě Tatty 613 je sací i výfukový



**Obrázek 8: Rozvodový mechanismu**

ventil poháněn samostatnou vačkovou hřídelí, která je uložena nad hlavou válce ve vačkové skříni. Vahadla v sobě mají otvor pro seřizovací šroub, který je zakončen půlkulovou plochou. Šroub slouží k seřízení ventilové vůle a zároveň plní funkci úložného čepu. Vahadlo se tedy dotýká ve třech bodech a to s vačkovou hřídelí, ventilem a přes šroub a jeho půlkulovou plochu v pouzdře. Toto vše při otáčení vačkového hřídele způsobí posuvný pohyb a otevření ventilu. Otáčení vačkových hřídelů je



**Obrázek 9: Pohon rozvodů**

prováděno pomocí drážkového řemenového převodu. Hnací kolo je uloženo přímo na klikové hřídeli a kroutící moment je přenesen pomocí pera. Protože pracovní oběh čtyřdobého motoru probíhá během dvou otáček klikové hřídele, musí se vačková hřídel otáčet poloviční rychlostí

než kliková hřídel. Stálé napnutí řemene zajišťují napínací kladky. Na rozvodové ústrojí jsou vyvíjeny následující požadavky:

- a) Zabezpečení požadovaného otvírání a zavírání obou ventilů: sacího i výfukového(váčkou)
- b) zajištění dosednutí ventilů do sedel v periodě, kdy mají být uzavřeny za všech provozních podmínek
- c) dosažení trvalého styku mezi vačkou a ventilem (zajišťují ventilové pružiny)
- d) možnost seřízení vůlí v důsledku opotřebování stykových ploch rozvodu (seřizovací šrouby)



Obrázek 10: Ventily s pružinami

Ventily otevírají a zavírají sací a výfukový kanál. U rozvodu 2xOHC je pro sací a výfukový kanál samostatná vačková hřídel. Sací ventil má větší průměr kvůli lepšímu plnění válců. K jejich rychlému zavření kanálu slouží válcové tlačné pružiny. Spojení ventilu s pružinami je pomocí dvou půlkruhových kuželových pojistek, které se vloží do drážky ve ventilu a do kuželového otvoru v horním talířku.



Obrázek 11: Vačková hřídel

(1 str. 32)

Poslední součástí rozvodového ústrojí je vačková hřídel, která má na starosti správné načasování otevření ventilů. Zároveň jedna z vaček pohání rozdělovač a druhá benzinovou pumpu. Další dvě vačky slouží pouze pro zavírání a otevírání ventilů. Vačky jsou velmi namáhány na otěr. Vačková hřídel je ve vačkové skříně uložena ve čtyřech kluzných ložiskách a jejich mazání je provedeno z motorové skříně. Doprava oleje do vačkové skříně je pomocí dvou hadic.

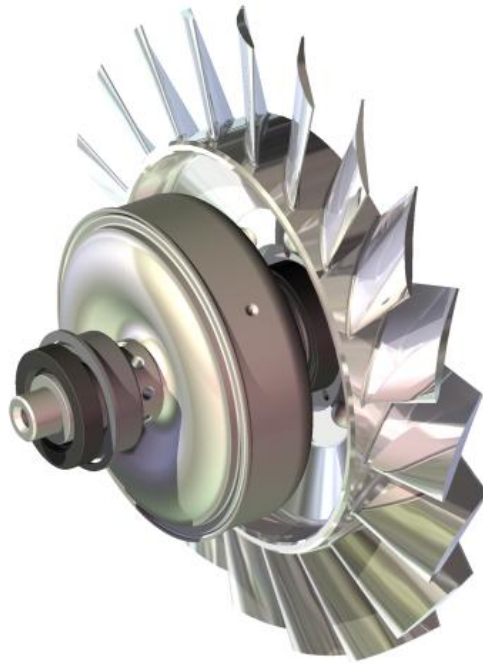
### 3.1.3 Chlazení motoru

„Chlazením motoru rozumíme odvádění části tepla vznikajícího při spalování paliva v motoru a to ke snížení teploty stěn pracovních prostorů a jiných částí motoru na přípustnou mez. Vzduchové chlazení je přímé chlazení, při němž jsou stěny pracovních prostorů chlazeny vzduchem“. (1 str. 39)

Požadavky na chladicí soustavu:

- a) udržet v přijatelných mezích kolísání průměrných teplot chlazených částí (válce, hlavy, pístu a mazacího oleje) při všech pracovních režimech motoru
- b) zabezpečit, aby nebyly překročeny nejvyšší přípustné teploty stěn





**Obrázek 12: Oběžné kolo ventilátoru s hydraulickou spojkou**

Jak jsem z literatury zjistil, chlazení tohoto motoru je jeho velkou slabinou. Ovšem i s takovou to slabinou, se šikovným motorářům podařilo výkon motoru zvýši z původních 165 koní (121 kW) na 410 koní (294 kW). Chladicí vzduch dodává axiální tlačný ventilátor s rozváděcím kolem, který je dominantou celého motoru, možná i všech motorů značky Tatra. Ventilátor vytlačuje vzduch do prostoru mezi válci, čímž je chladí. Je poháněn pomocí hnaného rotoru kapalinové spojky a jeho otáčky závisí na prokluzových otáčkách kapalinové spojky. Kapalinová spojka se skládá ze dvou rotorů, které mají radiální lopatky: hnacího a hnaného. „Do spojky je přiváděn olej od ventilu regulace chlazení. Čím je jeho množství větší, tím je i větší jeho množství ve spojce a tím menší prokluzové otáčky. Při nulovém množství se hnaný rotor zastaví. Jelikož při prokluzu vzniká poměrně značné množství tepla, musí se olej vyměňovat - uníká mezerou mezi oběma rotory.“ (1 str. 42) Hnací rotor pohání dva klínové řemeny z klikové hřídele.



Obrázek 13: Hydraulická spojka

### 3.1.4 Rozvodovka

U motoru z Tatry 613 je rozvodová skříň součástí klikové skříně, pouze je oddělena přepážkou a utěsněna kvůli odlišnému mazacímu oleji. Rozvodové ústrojí zastává funkci jednostupňové převodovky, ve které je kroučící moment přiveden jednou hřídelí a rozveden na dvě hřídele, které pohánějí poloosy automobilu. Součástí rozvodovky je diferenciál. Rozvodové ústrojí se skládá ze tří částí:

- a) stálého převodu
- b) diferenciálu
- c) pohonu hřídelů nápravy



Obrázek 14: Rozvodovka

Stálý převod hnací nápravy je kuželové soukolí s neproměnným převodovým poměrem. V motoru je za účelem zvětšení kroutícího momentu, snižování otáček a pro rozvod kroutícího momentu na obě kola zadní nápravy. Soukolí svírá úhel  $90^\circ$  s převodovým poměrem 3,9. V průběhu vývoje se převodový poměr kvůli snižování spotřeby změnil na 3,15. Pastorek převodu pohání výstupní hřídel z převodovky. Pro předání kroutícího momentu je pastorek opatřen vnitřním drážkováním a hřídel vnějším. Talířové kolo je šrouby pevně spojeno se skříní diferenciálu, čímž je zajištěno jeho otáčení.



Obrázek 15: Diferenciál s talířovým kolem

Dalším prvkem rozvodového ústrojí je diferenciál. „Diferenciál je druhem převodového ústrojí pro rozdělování točivého momentu. Diferenciál umožňuje samočinně rozdílné otáčky levého a pravého hnacího kola současně s pohonem obou polonáprav, když tato kola konají nestejnou dráhu. Nestejnou dráhu konají kola zejména při projíždění zatáček, kdy kola opisují kruh o různém poloměru a mají tím různou úhlovou rychlost. To znamená, že diferenciál nepracuje trvale, ale přetržitě ve speciálních podmínkách provozu.“ (1 str. 99) Z toho vyplývá, že diferenciál velmi přispívá ke zlepšení ovladatelnosti, stability, a přilnavosti vozidla k vozovce. Výrazně se také podepisuje na snížení opotřebení pneumatik vozidla. Diferenciál s sebou také nese velkou nevýhodu. Například, když jedno z kol zadní nápravy zůstane ve vzduchu, začne se otáčet plnou rychlostí. Zatím co druhé kolo je ve styku s vozovkou a otáčky nemá žádné. Podobná situace může také nastat například při přejíždění vozovky s různými povrchy. Přesněji povrchy s různými koeficienty tření (asfalt a led). Diferenciál se kládá z následujících částí:

- a) skříně diferenciálu
- b) čep diferenciálu se satelity

### c) planetová kola



Obrázek 16: planetová kola, satelity a čepy

Skříň diferenciálu se skládá z pravé a levé půlky. Obě půlky jsou pevně spojeny s talířovým kolem stálého převodu šrouby a jsou z každé strany uloženy na válečkových ložiscích s kosoúhlým stykem. Čtyři ozubená kola s názvem satelity, jsou otočně uložena na dvou čepech, které se vzájemně kříží. Čepy jsou zajištěny kolíkem ve skříni proti posunutí. Satelity se opírají o kulovou plochu ve skříni. Z každé strany s nimi zabírají dvě planetová kola. Planetová kola jsou uložena v kluzných ložiscích ve skříni diferenciálu a jsou opatřena vnitřním ozubením, ve kterém jsou zasunuté hřídele nápravy.

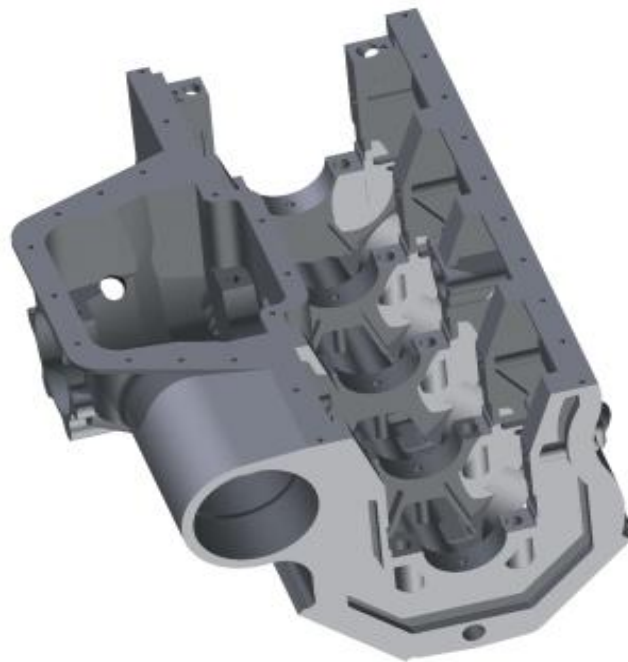
Činnost diferenciálu se nejdříve pokusím popsat za stavu, kdy automobil jede po rovině, tudíž obě kola mají stejnou úhlovou rychlost. Z převodového ústrojí je kroutící moment přiveden přes soukolí stálého převodu na skříň diferenciálu, která jak jsem již řekl je pevně spojena s talířovým kolem, tudíž se otáčí stejnou rychlostí. V diferenciálu se obě planetová kola otáčí stejnou rychlostí jako skříň a všechna čtyři satelitová kola stojí. Nutno dodat, že pravé kolo vozidla je na stejné hřídeli jako pravé planetové kolo a vždy se otáčí stejnou rychlostí. Stějně je tomu tak i s levým planetovým kolem a levým kolem vozidla. Pokud jsou otáčky pravého a levého planetového kola různé, například při průjezdu zatáčkou, začnou se otáčet i satelitová kola. Čím méně se jedna strana otáčí, tím více se otáčí druhá strana. Při úplném zastavení jedné strany se druhá strana otáčí dvojnásobnou rychlostí.

## 3.2 Nepohyblivé části

### 3.2.1 Kliková skříň

Je základní a nosnou částí motoru a tvoří jeho konstrukční základ. Celá skříň je odlita z jednoho kusu ze slitiny hliníku. Skříň je takzvané tunelové konstrukce s pěti uloženími pro

ložiska klikové hřídele a po straně se zabudovanou skříní diferenciálu. Jak jsem se již zmínil, kliková skřín je od skříně diferenciálu oddělena přepážkou kvůli odlišnosti maziv. Prostředním uložením ložiska prochází hřídel polonápravy. Každým víkem ložiska prochází šroub o délce 208 mm, který přispívá k tuhosti skříně. Právě tuhost skříně je velmi důležitá, zejména kvůli uložení klikové hřídele. Mazání jednotlivých ložisek je zajištěno otvorem skrze celou délku skříně a její následné rozvětvení na každé uložení ložiska. Dalšími dvěma otvory je zajištěn přívod ohřátého oleje do chladiče a odvod ochlazeného. Skřín je poměrně hluboká, jelikož její spodek tvoří současně shromaždiště oleje, takzvanou olejovou vanu, odkud je olej znovu přiváděn do mazacího okruhu. Spodek skříně je utěsněn víkem s chladícími žebry a vypouštěcími otvory pro klikovou skřín a zvlášť skřín diferenciálu. Ze zadní strany klikové skříně je přišroubovaná spojková skřín, která zabraňuje pronikání oleje do suché spojky. Z přední strany je přišroubováno víko s věstaveným chladícím ventilátorem a do zešikmených částí s otvory jsou vloženy válce. Válce jsou od sebe vzdáleny 120 mm a levá strana od pravé je oproti sobě přesazena o 50 mm.



Obrázek 17: Kliková skřín

### 3.2.2 Válec

U vzduchem chlazeného motoru je každý válec ke klikové skříní připevněn samostatně. Válec se skládá ze dvou částí: - vložky válce

- obalu válce

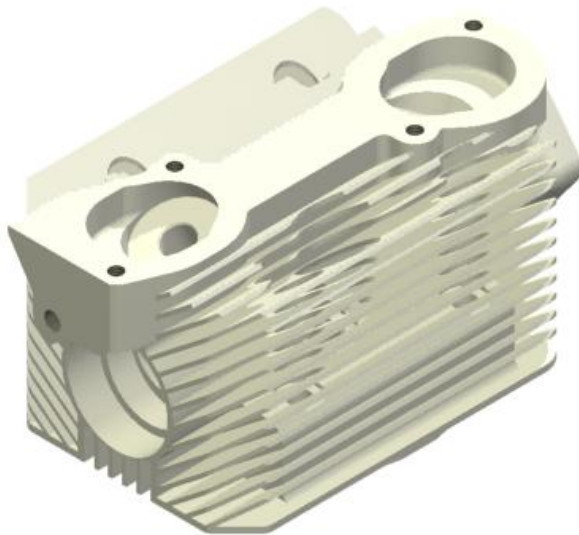


Obrázek 18: Válec

Vložka válce musí být vyrobena z materiálu s dobrou tepelnou roztažností, aby se maximálně snížilo riziko zadírání. Pro zlepšení drsnosti povrchu je vnitřní plocha vložky honována. Vložka je následně zalita do litinového obalu. Hlavní funkcí obalu je co nejlépe odvádět teplo z pracovního prostoru. Literatura říká, že povrch obalu při chlazení vzduchem by měl být až stonásobně větší než při chlazení vodou. Kvůli tomuto požadavku je obal tvořen zejména žebry. „Účinný povrch žebor má ale své funkční maximum, dané schopností žebor odvádět teplo do vzduchu tloušťkou, tvarem, roztečí a materiálem, z něhož byla zhotovena“. (3 str. 214)

### 3.2.3 Hlava válce

Pracovní prostor je uzavřen a utěsněn hlavou válce. Motor z Tatra 613 má pro každý valec samostatnou hlavu, která je šoubem spojena s válcem ke klikové skříni. Hlava válce je vyrobena z hliníkové slitiny opět s chladicími žebry. V hlavě je téměř polokruhový



Obrázek 19: Hlava válce

spalovací prostor s šikmo uloženými ventily, ke kterým vede sací a výfukový kanál. Mezi nimi je otvor pro zapalovací svíčku. U závodních verzí motoru a verzí, kde byla potřebná maximální spolehlivost byla hlava opatřena dvěma zapalovacími svíčkami, z nichž každá byla připojena na zvláštní zapalovací okruh. Horní plocha hlavy válce je opracovaná do roviny a opatřena čtyřmi šrouby pro uchycení vačkové skříňe.

### 3.2.4 Vačková skříň

Vačková skříň je vyrobena litím z hliníkové slitiny. Je pro každou řadu válců samostatná. Na motoru tedy najdete dvě. Ve vačkové skříni jsou uloženy dvě vačkové hřídele, ve čtyřech kluzných ložiscích. Mazací olej je do skříňe přiveden hadicí s rozdvojeným koncem tak, že každý konec ostříkuje jednu vačkovou hřídel. Z vačkové skříňe je mazací olej přiváděn zpět do klikové skříňe takzvaným odpadním potrubím, jež tvoří dvě zahnuté trubky pro každou vačkovou skříň. Z vrchu jsou čtyři otvory pro každou hřídel na seřizování vůlí. Ze spodní strany je osm otvorů pro průchod ventilů s ventilovými pružinami.



Obrázek 20: Hlava vačkových hřídelů

### 3.2.5 Víka a kryty

Hlavní funkce vík a krytů motoru je utěšňování prostorů, zlepšení přístupnosti, zabránění průniku nečistot z okolí a prolínání kapaliny především z klikové skříně do okolí. Jelikož dosedací plochy nejsou nikdy dokonale rovné, je prakticky nemožné zabránit úniku kapaliny. Proto je vždy mezi dosedacími plochami těsnění, které může být papírové nebo silikonové. Motor z Tatry 613 má tyto víka:

- Olejová vana
- víko s vestavěnými rozváděcími lopatkami (zadní)
- víko motoru (zadní)
- kryty ložisek rozvodovky
- víko náboje ventilátoru
- víka seřizovacích šroubů ventilů

Olejová vana utěšňuje shromaždiště oleje ve spodní části klikové skříně. Víko je společné jak pro klikovou skříň, tak i pro skříň diferenciálu. Každá část má otvor pro vypouštění oleje. Víko je vybaveno chladíci žebry, takže zároveň částečně chladí olej.

Víko s vestavěnými rozváděcími lopatkami ventilátoru utěšňuje zadní část motoru. Ve víku jsou kanály pro rozvod oleje do všech částí motoru, také do olejového filtru, který je k víku přišroubován. Kromě těsnící funkce jsou na víku šrouby pro uchycení napínavých kladek a vestavěná skříň ventilátoru. V náboji skříně ventilátoru je zabudovaná hydraulická



spojka. Náboj ventilátoru utěsňuje víko, které zároveň přívodním potrubím přivádí olej do hydraulické spojky. Ve víku je uložení pro ložisko hřídele ventilátoru.

Zadní část motoru je utěsněna víkem, ve kterém pracuje suchá spojka motoru. Současně spojuje motor s převodovkou. Víko má po bocích ramena, která slouží pro uchycení motoru ke karoserii vozu.

### 3.3 Příslušenství a výstroj

- Do příslušenství motoru patří zařízení a pomůcky, které jsou důležité pro chod motoru. Jsou to zejména tyto:
  - karburátor
  - čistič paliva, vzduchu a oleje
  - olejové mazací čerpadlo
  - chladič oleje
  - zapalování

Karburátor je hlavní součástí palivového systému. Slouží k přípravě zápalné směsi vzduchu a benzínu. Tatra 613 má dva dvoustupňové karburátory. Během vývoje byla dodávána i s elektronickým vstřikováním. Na karburátor jsou kladeny velké požadavky:

- udržet stálý směšovací poměr za všech režimů zatížení motoru
- připravit směs paliva a vzduchu optimálně pro všechny provozní podmínky (zatížení, otáčky, atmosférické podmínky)
- zabezpečit plynulý rozjezd vozidla, a to jak při pozvolném, tak i při rychlém přidávání plynu
- chránit motor při stavech blízko maximálního výkonu přísávaním většího množství paliva (bohatší směs-obohacovač)
- uvedení motoru do chodu jak za snížených teplot, tak i při teplém motoru
- zabezpečit uspokojivou životnost karburátoru (více jak 100 000km), bezporuchový provoz a nízké nároky na údržbu.
- ve spolupráci s motorem zabezpečit snížení škodlivin ve výfukových plynech

Aby se do motoru nedostal prach a nečistoty z okolí, je sací potrubí vybaveno čističem vzduchu. Dle literatury musí čistič vzduchu zabránit průchodu nečistotám větším než 8 až 10 tisícim milimetru. Čistič musí být snadno přístupný a klást co nejmenší průtokový

odpor. V palivovém okruhu je také čistič, který je umístěn za nádrží. Má za úkol zabránit průchodu nečistot a snížit nebo zamezit riziko ucpání některé z trysek karburátoru. Čistič je dvoustupňový. První stupeň má zabránit průchodu nečistotám o velikosti větší než 10 až 15 tisícín milimetru, druhý stupeň má zabránit průchodu nečistotám o velikosti větší než 3 tisíciny milimetru.

Bezporuchový chod motoru vyžaduje neustálé přivádění oleje mezi třecí plochy. Dodávku oleje zajišťuje zubové čerpadlo. Čerpadlo se skládá ze dvou stejných čelních ozubených kol s rovnými zuby. Jedno z kol je poháněno řetězovým převodem od klikové hřídele. Při otáčení je olej nasáván ze sacího hrdla do mezery mezi zuby a je vháněn znovu do mazacího okruhu. Obě ozubená kola jsou uložena ve skříní. Olej současně s mazáním odvádí teplo. Aby olej neztrácel své mazací vlastnosti, musí být chlazen, což je prováděno v olejovém chladiči umístěném mezi válci naproti ventilátoru.

Dalším mechanismem, bez kterého by motor nemohl být uveden v chod je zapalování. Motor je vybaven bezkontaktním elektronickým zapalováním s rozdělovačem. Rozdělovač je vybaven podtlakovým regulátorem předstihu s impulzem ze sacího potrubí. Regulátor zajišťuje dřívější zapálení směsi při vysokých otáčkách.

- Do výstroje motoru patří zařízení a pomůcky, které pro chod motoru důležité nejsou.
  - přívod paliva a vzduchu
  - odvod spalin
  - alternátor
  - měrka oleje

Přívod paliva zajišťuje palivové čerpadlo. Přívod vzduchu zajišťuje sací potrubí, které by mělo mít co nejjednodušší tvar, aby prouděnému vzduchu uděloval co nejmenší odpor. Sací potrubí částečně tlumí hluk vydávaný při nasávání. Výfukové potrubí odvádí spaliny z válce do takzvané výfukové trouby neboli tlumiče. Ta zajišťuje výrazné snížení hluku a částečně snižuje množství škodlivých látek vypouštěných do ovzduší.

Poslední součástí zajišťující chod motoru je alternátor. Alternátor dobíjí baterii, čímž dodává elektrický proud do obvodu. Je poháněn z dvojice klínových řemenů pohánějící ventilátor. Při poruše alternátoru je možný dojezd pouze pár desítek kilometrů. Alternátor se

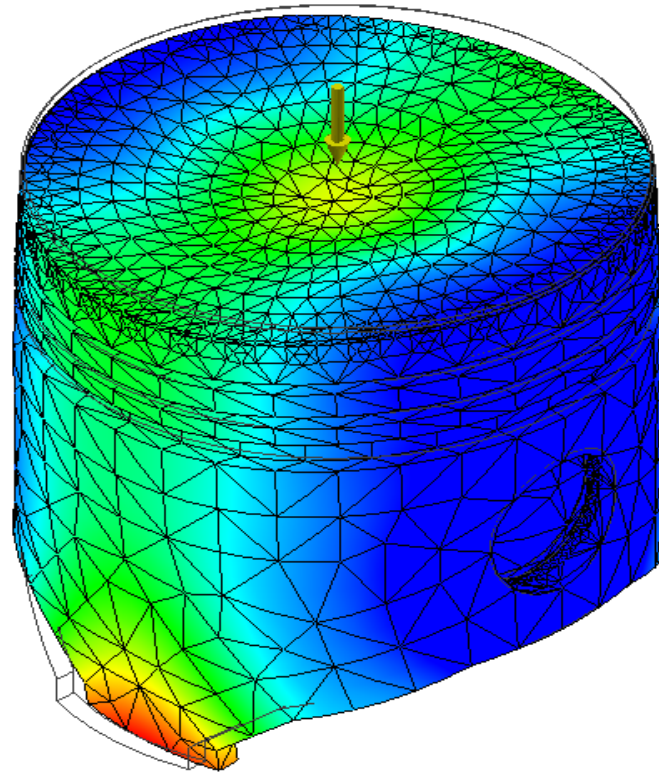
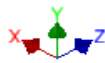
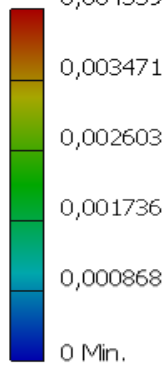
skládá ze tří částí: rotoru, statoru a předního a zadního víka. Proud vyrábí pouze při otáčení, kdy v budící cívce prochází proud a indukuje se ve vinutí statoru. Požadavky na alternátor:

- vyrábět elektrický proud s malým kolísáním napětí
- při proměnných otáčkách rotoru udržovat napětí i proud v určitém rozmezí
- vysoká účinnost
- bezporuchovost včetně ložisek a kolektoru s kartáči
- nízké vibrace a malý hluk

## 4 Pevnostní analýza

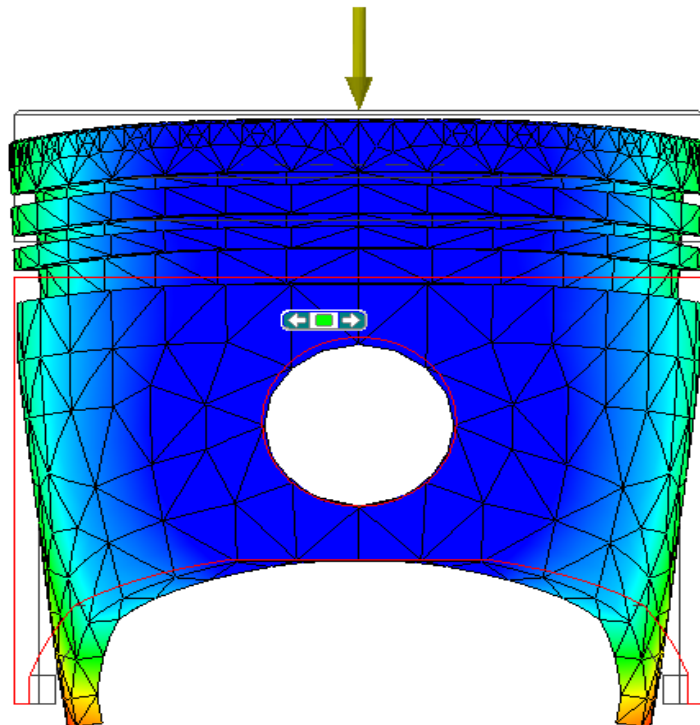
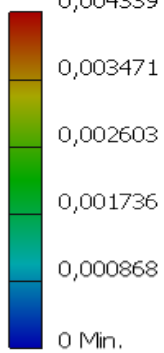
### 4.1 Pístu

Uzly:65256  
Prvky:40817  
Typ: Posunutí  
Jednotka: mm  
2.4.2011, 13:41:28  
0,004339 Max.



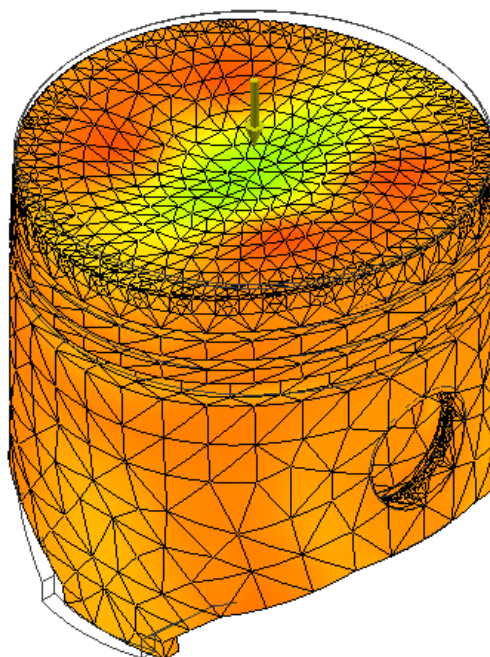
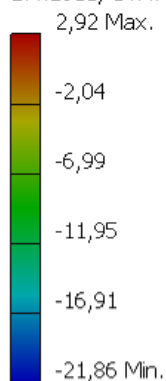
Obrázek 21 Deformace pístu – posunutí, pohled 1

Uzly:65256  
Prvky:40817  
Typ: Posunutí  
Jednotka: mm  
2.4.2011, 13:41:28  
0,004339 Max.



Obrázek 22 Deformace pístu – posunutí, pohled 2

Uzly:65256  
Prvky:40817  
Typ: Napětí XX  
Jednotka: MPa  
2.4.2011, 14:47:59



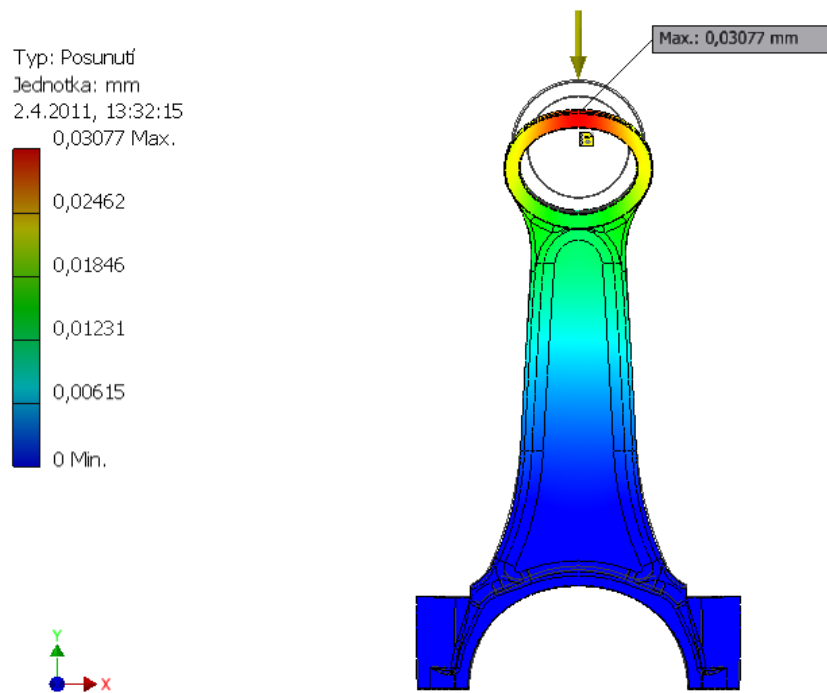
Obrázek 23 Deformace pístu - napětí

Píst je zatížen silou 4650N, kterou jsem spočítal ze vzorce tlaku. Při čemž jsem použil střední užitečný tlak  $p_{\text{stř}}=0,8\text{MPa}$  uvedený ve skriptech.

$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = p \cdot S$$

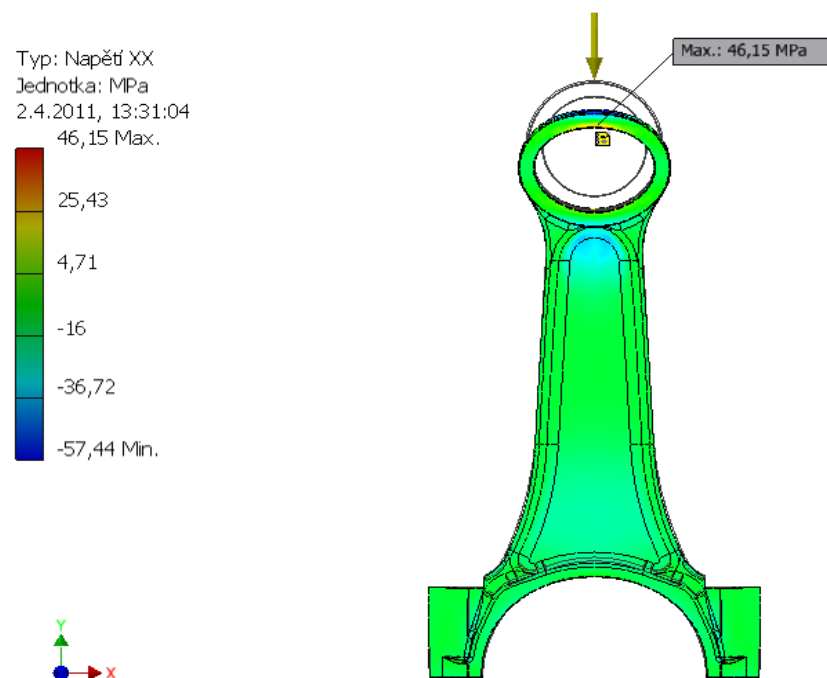
Na obrázku 21 je dno pístu zatížené silou 4650 N. Z analýzy je zřejmé, že nejvíce namáhanou oblastí je přímo působiště síly. Posun materiálu je v daném místě přibližně 0,0035 mm. Na obrázku 22 vidíme píst z pohledu na otvor ojničního čepu. Z obrázku je patrné, že při zatížení silou 4650 N nejvíce podléhají deformaci zúžené části, které mají napomáhat k souososti pístu a válce. Tato deformace je maximální a dosahuje hodnoty 0,0043 mm. Na obrázku 23 je znázorněno napětí v pístu při zatížení stejnou silou. Napětí v pístu je poměrně rovnoměrné, kromě dna pístu, kde maximální napětí dosahuje hodnoty 2,5 MPa. Z analýzy vyplývá, že nejvíce namáhaným místem pístu je dno, což je v souladu s literaturou.

## 4.2 Ojnice



Obrázek 24 Deformace ojnice - posunutí

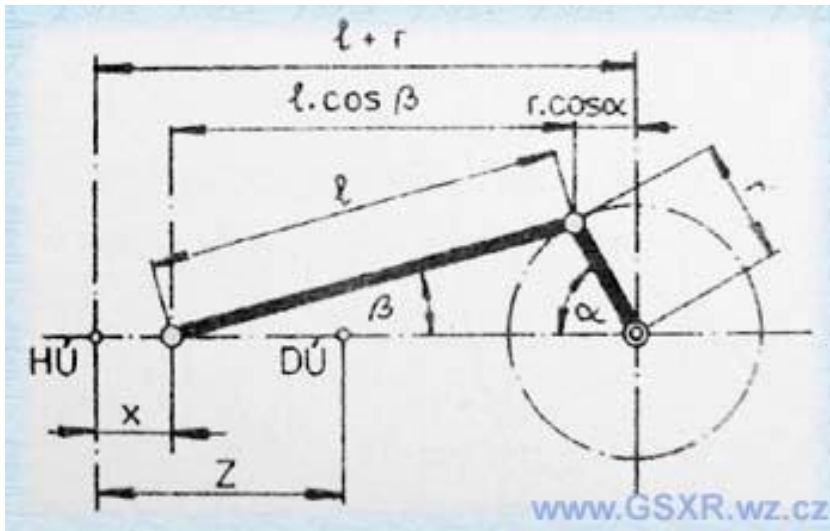
Obrázek 24 ukazuje deformaci materiálu při zatížení opět silou 4650 N. Z obrázku je jednoznačné, že nejvíce namáhanou oblastí ojnice je pístní oko, které podléhá maximální deformaci až 0,03 mm. Tato hodnota je ovšem zkreslená, jelikož v praxi je v pístním oku zasazen pístní čep, který částečně zabraňuje deformacím.



Obrázek 25 Deformace ojnice – napětí

Na obrázku 25 je vidět napětí v ojnici při zatížení stejnou silou 4650 N. Napětí je rovnoměrné po celé délce ojnice. Opět je nejvíce namáhanou částí Pístní oko, kde se maximální hodnota vyšplhala na 46 MPa.

## 5 Výpočet dráhy, rychlosti a zrychlení



Obrázek 26: Schéma klikového mechanismu

(2)

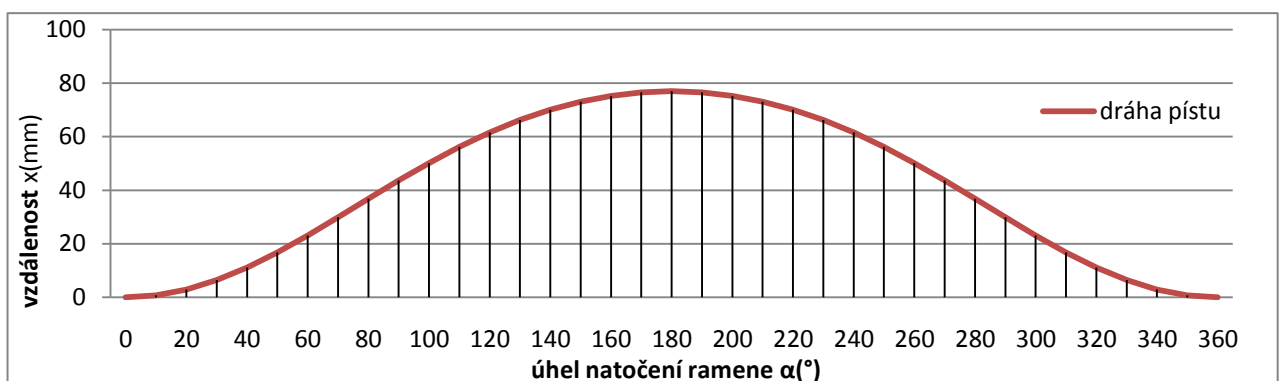
### 5.1 Výpočet dráhy

Pro výpočet dráhy pístu jsem použil následujících hodnot:

$r = 38,5$  rameno kliky (mm)  
 $l = 145$  délka ojnice (mm)  
 $\lambda = 0,265517$  poměr rameno/ojnice (-)

$$x = r \cdot \left[ 1 + \frac{1}{4} \lambda - \cos \alpha - \frac{1}{4} \lambda \cdot \cos(2\alpha) \right] \quad (\text{mm})$$

Po dosazení do vzorce pro výpočet dráhy mi vyšly hodnoty, které jsou v grafu 1



V místech 0 a 180 stupňů natočení ramene klikové hřídele je horní úvrať HÚ a dolní úvrať DÚ, vzdálenost mezi těmito body se rovná zdvihu. Z grafu jde vidět, že pokud je píst v polovině své dráhy, natočení ramene klikové hřídele je přibližně 80°. Což znamená, že



pohyb pístu v závislosti na natočení klikové hřídele neopisuje přesně tvar funkce sinus. Dráha pístu není závislá na otáčkách, tudíž píst tuto dráhu vykonává za jakéhokoliv zatížení motoru.

## 5.2 Výpočet rychlosti

Pro výpočet rychlosti pístu jsem použil následujících hodnot:

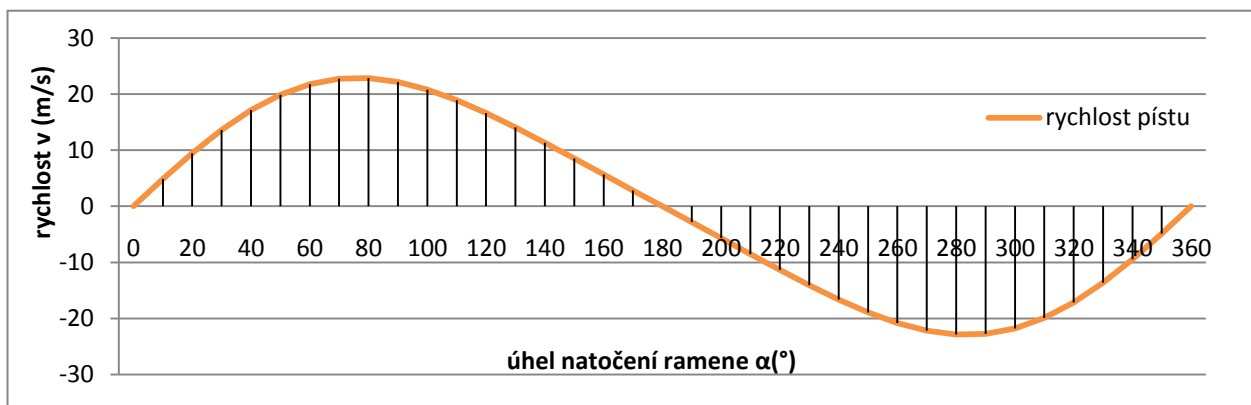
$r = 38,5$  rameno kliky (mm)  
 $l = 145$  délka ojnice (mm)  
 $\lambda = 0,265517$  poměr rameno/ojnice (-)  
 $n = 5500$  otáčky ( $1 \cdot \text{min}^{-1}$ ) Po dosazení do vzorce jsem spočítal úhlovou rychlost  $\omega$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

$\omega = 575,9587$  úhlová rychlost ( $\text{m} \cdot \text{s}$ )

Po dosazení do vzorce jsem spočítal hodnoty rychlosti pístu v závislosti na natočení klikové hřídele, které jsou vidět v grafu 2

$$v = r \cdot \omega \cdot \left( \sin \alpha + \frac{1}{2} \lambda \cdot \sin (2\alpha) \right)$$



Graf 2 potvrzuje tvrzení z výpočtu dráhy pístu, že píst v závislosti na natočení klikové hřídele neopisuje přesně tvar funkce sinus. Když je píst přesně v polovině zdvihu, je natočení klikové hřídele zhruba  $80^\circ$ , což znamená, že druhou polovinu zdvihu píst vykoná s nižší rychlostí. Je tomu tak i v grafu 2, kdy píst má nejvyšší rychlost  $23 \text{ (m/s}^{-1}\text{)}$ , když je natočení klikové hřídele  $80^\circ$ . Rychlost pístu je závislá na zdvihu a otáčkách motoru. Já jsem pro výpočet použil otáčky maximálního výkonu, což je  $5500 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ . Z rychlosti pístu se určuje opotřebení povrchu pístu, pístních kroužků a třecí plochy válce.

### 5.3 Zrychlení pístu

Pro výpočet zrychlení pístu jsem použil následujících hodnot:

$r = 38,5$  rameno kliky (mm)

$l = 145$  délka ojnice (mm)

$\lambda = 0,265517$  poměr rameno/ojnice (-)

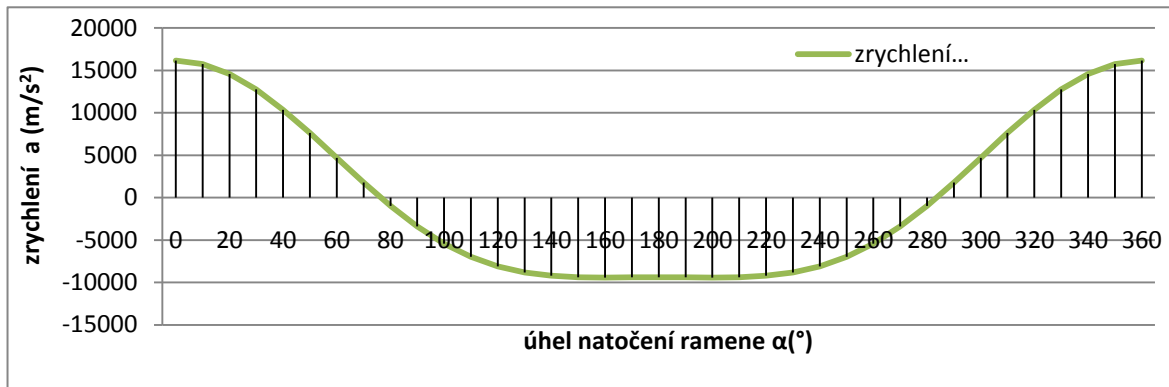
$n = 5500$  otáčky ( $1.\text{min}^{-1}$ ) Po dosazení do vzorce jsem spočítal úhlovou rychlost  $\omega$

$$\omega = 2.\pi.n$$

$\omega = 575,9587$  úhlová rychlost (m.s)

Po dosazení do vzorce jsem spočítal hodnoty zrychlení pístu v závislosti na natočení klikové hřídele, které jsou vidět v grafu 3

$$a = r.\omega^2 .(\cos \alpha + \lambda.\cos .2\alpha)$$



Z grafu 3 lze vidět zrychlení a zpomalení pístu. Opět při porovnání s grafem 2 lze logicky vyvodit, že při nulové rychlosti v HÚ působí na píst maximální zrychlení. Čím více se píst přibližuje maximální rychlosti, tím se snižuje jeho zrychlení. Při dosažení maximální rychlosti, která je přibližně při 80° natočení klikové hřídele je zrychlení pístu nulové. Zhruba od 80° do 180° píst zpomaluje, což je v grafu 2 naznačeno pozvolnější křivkou rychlosti pístu a v grafu 3 klesající křivkou se zápornými hodnotami. Z grafu zrychlení lze také vyvodit namáhání ojnice pístem. V HÚ musí ojnice pístu udělit maximální zrychlení, tudíž ho „táhne“. Ojnice je tedy namáhána na tah, až do poloviny zdvihu. Od poloviny zdvihu ojnice píst brzdí a je tedy namáhána na tlak. Od DÚ začne píst s ojnici znovu stoupat a zvětšovat tím zrychlení. Ojnice tlačí píst vzhůru, tudíž je stále namáhána na tlak. Od poloviny zdvihu dostane píst dostatečnou rychlost, tím i setrvačnost a namáhání ojnice se změní tah.

## 6 Historie automobilu Tatra 613

V následující kapitole vám chci alespoň stručně nastínit historii vozu Tatra 613. V tuzemsku bez pochyb neexistuje automobil s komplikovanější historií, než má Tatra 613. První sériově vyrobený automobil opustil výrobu v létě 1975, kdy ji místo na lince uvolnila Tatra 603. Zadání pro vývoj nového vozu vycházelo z nedotknutelné koncepce již minulých vozů, a to „vzduchem chlazený motor uložený vzadu s komfortní karoserií zhruba pětimetrové délky.



Obrázek 27 Tatra 613

Zdroj: <http://mari.blog.auto.cz/2007-03/tatra-613-nenavidena-i-milovana/>

Nový vůz měl být lepší, než Tatra 603, měl mít lepší jízdní i dynamické vlastnosti, poskytovat posádce více pohodlí a bezpečnosti a v neposlední řadě jeho moderně, ale nikoliv módně střížená karoserie měla nejméně deset let udržet krok s dobou“. Do vozu bylo několik návrhů na typ motoru. Ovšem dle tehdejšího tvrzení si tradice žádala motor s osmi válci do V, který vznikl v konstrukční kanceláři Tatry v Praze. Problém byl s výrobou karoserie. V Kopřivnici dlouhá léta žádnou karoserii nenavrhli a tak se v Tatře rozhodli, pro spolupráci s italskou karosárnou Vignale. V květnu roku 1969 přišly do Kopřivnice první tři prototypy s karoseriemi Vignale, dvě limuzíny a jedno dvoudveřové kupé. Z počátku byly prototypy osazeny motory z Tatry 603, ovšem po pár měsících byly motory nahrazeny již nově vyvinutými a mohly začít testovací zkoušky. Roky 1976 a 1977 byly pro Tatra 613 nejméně úspěšnými, kdy produkce vozu překročila nejdříve 1000 pak i 1100 vozů ročně. V lednu

1978 bylo z usnesení federální vlády nařízeno ministerstvu všeobecného strojírenství zhodnotit společenskou efektivnost a vypracovat postup při výrobě, přidělování a vývozu Tatry 613. Z nevině vypadající formulace se vyklubalo okamžité snížení výroby vozů Tatra 613 na polovinu z plánovaných tisíce kusů ročně. Vedení Tatry se toto nařízení snažilo odvrátit, což se povedlo jen částečně. V roce 1978 opustilo montážní linku 871 automobilů. V následujících letech vůz podlehl několika omlazovacím kúrám, snižování spotřeby a zvyšování výkonu. Tatra 613-2 s motorem Ekonomik obhájila ve státní zkušebně první stupeň jakosti. V osmdesátých letech byla pro nejvyšší státní představitelé zkonstruována Tatra 613 Long s prodlouženým rozvorem o 150mm. Tato luxusní verze měla ve své výbavě klimatizaci, elektricky ovládané okna, radiopřijímač, televizor s video přehrávačem, ale i minibar mezi zadními sedadly nebo automatickou převodovku. Při pořizování tovární fotografické dokumentace si v minibaru našla své místo brandy z NDR. Tatra 613 se ukázala i v podobě kabrioletu určeného pro přehlídky. V roce 1995 dostala Tatra 613 kompletní přepracování karoserie. V rekordním čase necelého roku vznikl kompletní návrh, zpracování a výroba prvního vozu s pozmeněným názvem Tatra 700. Nová Tatra měla už oblé tvary, přesto stále na první pohled připomínala Tatra 613. Motor zůstal nezměněn a tak jako poslední modely dosahoval výkonu 200 k (147 kW). Jediný model, postavený na zakázku s označením Tatra 700 GT měl objem válců zvětšený na 4,5l, který dosahoval výkonu 410 k (302 kW). Za zmínku také stojí projekt s označením supertatra, ze kterého vzešel sportovní vůz s označením Tatra MTX V8.



**Obrázek 28 Tatra MTX V8**

*Zdroj: <http://www.talosa.info/photos/TATRA-MTX-V8-1299429516.jpg>*

Vůz navržený Václavem Králem vznikl ve firmě Metalex s podvozkem a poháněcím ústrojím z Tatry 613 s původním objemem 3,5l a výkonem zvýšeným na 305 k (225 kW), později na 327 k (240 kW). Takto upravený vůz získal titul nejrychlejšího českého vozu, když 8. května 1997 jel rekordní rychlostí 260 km/h. Dalším velkým úspěchem motoru z Tatry 613 je rychlostní rekord ve voze Tatra Ecorra sport V8 (pře 300km/h), který do dnes nikdo nepřekonal. Tento vůz dnes vlastní bratři Hajduškové a dodnes na závodních tratích trápí známé značky jako například Ferrari, BMW, Lamborghini nebo třeba Porsche.



Obrázek 29: Tatra Ecorra sport V8

Zdroj: <http://en.tatra-club.com/model/tatra-ecorra-sport-v8-83>

## 7 Závěr

Cílem mé maturitní práce bylo vytvoření 3D modelu a zpracování textové části k motoru z Tatra 613. Vytvoření 3D modelu bylo velmi náročné jak z hlediska času, tak i na nároky výpočetní techniky. Problémy při vytváření 3D modelu vznikaly v nepřesnostech některých vlastnoručně změřených součástí, jelikož jsem neměl k dispozici celou výkresovou dokumentaci, kterou by bylo obtížné zajistit kvůli její obsáhlosti. Při vytváření textové části práce mi velice pomohla zapůjčená kniha o Tatra 613, ve které byla do detailu rozepsána bujná historie vozu a uvedla mě tím do obrazu. Poznatky z knihy jsem následně použil v šesté kapitole. K sepsání kapitoly 3 jsem využil svých poznatků a zkušeností a doplnil jsem je o informace z knih Moderní automobil v obrazech a Spalovací motory 1. Pevnostní analýzu v kapitole 4 bylo možné provést díky programu Autodesk Inventor Professional 2011, který je vybaven touto aplikací. Úplnou novinkou pro mne byl výpočet dráhy, rychlosti a zrychlení v kapitole 5. Tyto výpočty jsem mohl provést díky internetovému odkazu uvedeném v seznamu literatury, na kterém je výpočet popsán. Celkově pro mne tato práce byla přínosem, jelikož jsem zdokonalil své vědomosti v 3D modelování, psaní závěrečných prací a obohatil je o výpočty kinematiky pístu a historii automobilu Tatra 613.

## Anotace

Příjmení a jméno: Bukva Pavel

Název Školy: Střední průmyslová škola strojnická

Název maturitní práce: Motor Tatra 613

Vedoucí maturitní práce: Ing. Boris Šmárik

Počet stran: 43

Počet příloh: 4

Počet použitých titulů literatury a internetových zdrojů: 5

Klíčová slova:     - Motor  
                          - Tatra 613  
                          - Osmiválec s válci uloženými do V  
                          - Čtyřdobý motor  
                          - Vzduchem chlazený motor  
                          - Pevnostní analýza  
                          - výpočet dráhy, rychlosti a zrychlení

Práce pojednává o konstrukci motoru z vozu Tatra 613. V 3D modelu jsem se zabýval jeho konstrukčním řešením, v textové části práce pak rozdělením jednotlivých dílů, popisu jejich funkce a jich samotných, pevnostní analýzou pístu a ojnice, výpočtem dráhy, rychlosti a zrychlení pístu a v samotném závěru jsem stručně popsal komplikovanou historii vozu tatra 613.

## **Resumé**

In my coursework deals with the construction of the engine from Tatra 613. Part of this work is to create a 3D model in Autodesk Inventor 2011. To model I made in Microsoft Office Word part of the text and basic calculations in Microsoft Office Excel. The aim of my coursework was to create a 3D model, a description of its components, strength analysis of the piston, connecting rod and the calculation of the trajectory, speed and acceleration of the piston. At the end my coursework I briefly tell the history of the car Tatra 613.



## Cizojazyčný slovník

Ročníková práce

Coursework

Konstrukce

Construction

Model

Model

Popis

Description

Pevnostní analýza

Strength Analysis

Dráha

Track

Rychlost

Speed

Zrychlení

Acceleration

Píst

Piston

Ojnice

Connecting rod

Jednotlivý

Individual

Motor

Engine

## Seznam literatury a dalších zdrojů

1. **Křen, Karel a Košťál, Jiří.** *Moderní automobil v obrazech.* Praha : Naše vojsko, 1972. str. 178. ISBN neudáno.
2. **Rollinger, Mirek.** [Online] [Citace: 4. Duben 2011.] <http://www.gsxr.wz.cz>.
3. **Suk, Bohuslav.** *Spalovací motory 1.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1982. str. 305. ISBN neudáno.
4. **Leinveber, Jan a Vávra, Pavel.** *Strojnické tabulky.* Úvaly : Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. str. 866. ISBN 80-86490-74-2.
5. **Tuček, Jan.** *Tatra 613.* Praha : Grada Publishing, a. s., 2011. str. 221. ISBN 978-80-247-2584-0.

## Seznam obrázků a grafů

Obrázek 1: Motor Tatra 613 .....	6
Obrázek 2: Pohyblivé části motoru Tatra 613 .....	7
Obrázek 3: Nepohyblivé části motoru .....	8
Obrázek 4: Klikový mechanismus.....	10
Obrázek 5: Píst s pístními kroužky, čepem a pojistkami.....	10
Obrázek 6: Ojnice s ložisky a šrouby .....	12
Obrázek 7: Kliková hřídel .....	13
Obrázek 8: Rozvodový mechanismu.....	14
Obrázek 9: Pohon rozvodů .....	14
Obrázek 10: Ventily s pružinami.....	15
Obrázek 11: Vačková hřídel.....	16
Obrázek 12: Oběžné kolo ventilátoru s hydraulickou spojkou .....	17
Obrázek 13: Hydraulická spojka .....	18
Obrázek 14: Rozvodovka .....	18
Obrázek 15: Diferenciál s talířovým kolem .....	19
Obrázek 16: planetová kola, satelity a čepy .....	20
Obrázek 17: Kliková skříň.....	21
Obrázek 18: Válec .....	22
Obrázek 19: Hlava válce .....	23
Obrázek 20: Hlava vačkových hřídelů .....	24
Obrázek 21 Deformace pístu – posunutí, pohled 1 .....	28
Obrázek 22 Deformace pístu – posunutí, pohled 2 .....	28
Obrázek 23 Deformace pístu - napětí .....	29
Obrázek 24 Deformace ojnice - posunutí .....	30
Obrázek 25 Deformace ojnice – napětí .....	30
Obrázek 26: Schéma klikového mechanismu.....	32
Obrázek 27 Tatra 613 .....	35
Obrázek 28 Tatra MTX V8 .....	36
Obrázek 29: Tatra Ecorra sport V8 .....	37