



**Středoškolská technika 2009**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **Wankelův motor**

Autor:  
**Martin Vondruška**

Vyšší odborná škola, Střední škola, COP  
Budějovická 421  
391 02 Sezimovo Ústí

### **Anotace**

Cílem projektu je 3D model wankelova motoru. Obsahem pak vlastní vizualizace mechanismu, konstrukční dokumentace a animace činnosti s popisky pracovních dob. Úvodem je zpracován historický vývoj motorů s rotačním pístem, jeho výhody a nevýhody. Následně je uvedeno reálné využití u osobních i nákladních automobilů. Ve vlastním zpracování je využito podkladových materiálů z webových stránek i odborné literatury zabývající se touto problematikou. V závěru jsou řešeny dosažené cíle projektu.

### **Annotation**

The goal of my project is 3D model of Wankel engine. The subject of project is both visualisation of its mechanism, construction documentation and animation with description of engine's strokes. Introduction describes the historic development of rotary engine, followed by description of its advantages and disadvantages. Thereinafter is explained real utilisation at the field of both cars and trucks. My elaboration uses technical bases from web pages as well as from specialised publications, attended to this issue. The epilogue resolves achievements of projects.

Anotace.....	1
ÚVOD .....	3
1. TEORETICKÁ ČÁST.....	3
1.1. Historie problému.....	3
1.2. Co je to vlastně wankelův motor? .....	7
2. VÝZKUMNÁ /PRAKTICKÁ/ ČÁST .....	8
2.1. Rozbor vlastního zadání – praktického problému.....	8
2.2. Stanovení postupných kroků řešení /dílčích cílů/.....	9
2.3. Použitá metodika .....	9
2.4. Popis použitých technických zařízení .....	9
2.5. Výsledky projektu – vlastní řešení problému.....	9
3. ANALÝZA VÝSLEDKŮ A DISKUSE .....	10
3.1. Porovnání výsledků výzkumu s cíli /hypotézami/.....	10
4. Diskuze a širší interpretace získaných údajů.....	11
4.1. Křivosti.....	11
4.2. Ekologické hledisko .....	11
4.3. Automobilky.....	11
4.4. Problémy wankelů.....	12
5. ZÁVĚR.....	12
5.1. Shrnutí a zhodnocení výsledků .....	12
5.2. Doporučení pro další využití v praxi.....	12
6. SEZNAM LITERATURY .....	12

# ÚVOD

## *Téma a širší vymezení problematiky*

**Tématem práce** je vizualizace a animace wankelova motoru.

**V širším vymezení problematiky** se práce zabývá historií a vznikem motoru.

**Vymezení základních pojmů a klíčových slov**, se kterými projekt operuje:

*Wankelův motor* - Spalovací motor s rotačním pístem, používaný převážně v závodních autech.

## 1. TEORETICKÁ ČÁST

### *1.1. Historie problému*

Felix Heinrich Wankel – narodil se 13. srpna 1902 v německém Lahru jako jediné dítě Rudolfa Wankela, lesnického úředníka. Po dokončení střední školy roku 1921 začal pracovat a živit se samostatně tiskem, pletením a prodejem vědeckých knih. To mu však dlouho nevydrželo a po ztrátě zaměstnání si založil v roce 1924 vlastní dílnu. V roce 1927 zhotovil výkres "drehkolbenmaschine", motoru s rotujícím pístem a utěsněnými sekcemi. Patent na tento motor obdržel v roce 1929 (DRP 507 584).

Přestože pan Wankel nebyl vyučen v tomto oboru, stal se z něj všemi uznávaný odborník. Dokonce nikdy nevlastnil ani řidičský průkaz! Po dlouhé nemoci umírá 9. října roku 1988 v Lindau.

### **Něco málo geometrie**

Úsečky vycházejí ze středu kružnice a jsou s ní pevně spojené. Při odvalování této kružnice po menší, v ní ležící kružnici, opisují svými vnějšími koncovými body shodnou křivku, nazvanou epitrochoida, přičemž spojnice těchto koncových bodů úseček se plynule a cyklicky přibližují a vzdalují vůči opsané křivce. Tím spolu s obloukem opsané křivky, ležícím mezi koncovými body úseček, vymezují plochu s měnící se velikostí.

Spojnice koncových bodů jsou tvořeny oblouky. Opsaná křivka tvoří vnitřní obrys válce, zatímco obloukové spojnice koncových bodů jest vnější obrys pístu. Větší, vnější kružnice je tvořena roztečnou kružnicí kola s vnitřním ozubením a menší, vnitřní kružnici zastupuje roztečná kružnice kola s vnějším ozubením. Jestliže jsou úsečky dvě, uspořádány na jedné přímce, pak má rotor dva vrcholy a poměr průměrů kružnic činí 2:1. Při třech úsečkách vycházejících z jednoho středu a pootočených vůči sobě o 120° má rotor tři vrcholy a tři jejich spojnice s poměrem průměrů kružnic 3:2. Při čtyřech úsečkách pootočených vůči sobě o 90°

pak má rotor čtyři vrcholy s čtyřmi spojnicemi a poměr průměrů kružnic 4:3. V průběhu vývoje se motor Wankel ustálil na provedení se třemi vrcholy s poměrem průměrů 3:2. Toto uspořádání umožňuje, aby vždy během 90° otočení pístu došlo ke změně objemu pracovního prostoru z minima na maximum a při dalším otočení o 90° opět z maxima na minimum. Při jednom otočení pístu o 360° pak postupně proběhnou nad každým obloukem pístu samostatně všechny čtyři fáze čtyřdobého cyklu.

Z kinematického principu Wankelova motoru plyne, že opsaná křivka nabývá v každém bodě jiné hodnoty křivosti, plynule přecházející nejdříve uvnitř křivky od maxima křivosti do limity s nulovou křivostí a v tomto bodě pak skokem do limity s nulovou křivostí na vnější straně křivky. Na této vnější straně křivky se zase plynule zvětšuje do druhého maxima křivosti a pak opět klesá k limitě v dalším bodě, kde se stejně skokem vrací dovnitř křivky. Tím křivka vytváří nejméně jedno sedlo směřující dovnitř opsané křivky. Stroj s poměrem kružnic 2:1 má jedno sedlo, stroj s poměrem kružnic 3:2 má čtyři sedla. Oblouky spojující koncové body úseček musí být proto vedeny tak, aby v žádné poloze úseček neprotínaly opsanou křivku v místě sedla, a tedy i při poloze, kdy obloukové spojnice jsou opsané křivce nejbližší, zůstávají po obou stranách sedla prázdné plochy.

U Wankelova motoru s rotorem se dvěma vrcholy je možné za určitých podmínek dosáhnout toho, že střed křivosti zůstává uvnitř křivky a netvoří se tak popsané sedlo. Takto lze vytvořit dobrý spalovací prostor i žádoucí kompresní poměr. Avšak z principu pohybu je u Wanklových strojů průměr hřídele procházejícího kolem s vnějším ozubením přímo úměrný vzdálenosti mezi vrcholy pístu. Tato úměra je taková, že v úvahu přicházejících velikostí strojů s dvouvrcholovým pístem neunesou hřídel větší tlaky na píst než přibližně 1 MPa. Proto nelze s dvouvrcholovým rotorem vytvořit vhodný spalovací motor nebo kompresor. Toto je jedou z příčin, proč se tvůrci Wankelova motoru po prvních pokusech soustředili jen na provedení s třívrcholovým pístem. Druhým z důvodů je i to, že třívrcholové provedení nevyžaduje ventily.

### **Princip:**

Od začátku 20. století se objevují pokusy využívat rozpínání plynů mechanismem, který by zaujímal menší prostor než mechanismus s ojnící a klikou a který by bylo možno zcela vyvážit. Tyto stroje jsou založeny na tom, že otáčející se díly jsou uspořádány tak, aby plynulé a cyklické zvětšování a zmenšování prostoru mezi válcem a pístem bylo vyvoláno výhradně částmi, jejichž těžiště se rovnoměrně otáčejí, takže jejich odstředivou sílu je možno zcela kompenzovat. Takovéto stroje jsou zahrnuty pod společný název rotační.

### **Uspořádání:**

Jediné uspořádání rotačních strojů, které bylo dosud možno používat jako tepelné, zejména spalovací motory, je uspořádání, které ve dvacátých až padesátých letech 20. století vyvinul Felix Wankel. V principu je Wankelovo uspořádání rotačního stroje založeno na tom, že úsečky, vycházející ze středu kružnice a s ní pevně spojené, při odvalování této kružnice po menší, v ní ležící kružnici, opisují svými vnějšími koncovými body shodnou křivku, zvanou epitrochoida, přičemž spojnice těchto koncových bodů úseček se plynule a cyklicky přibližují a vzdalují vůči opsané křivce a tak spolu s obloukem opsané křivky, ležícím mezi koncovými body úseček, vymezují plochu s měnící se velikostí.

### **Použití:**

Poté, co byl Wankelův motor uveden na veřejnost, zakoupila licenci a zahájila jeho vývoj řada známých světových firem. Motor skutečně splnil všechna očekávání: byl podstatně menší a lehčí než motory stejného výkonu a zejména ho bylo možno dokonale vyvážit. Později se však ukázaly také jeho nedostatky, jako nadměrná spotřeba oleje a zejména již z principu, vinou sedel, vyplývající nevýhodný spalovací prostor a nemožnost většího kompresního poměru. U Wankelova motoru s pístem se dvěma vrcholy lze za určitých okolností dosáhnout toho, že střed křivosti zůstává uvnitř křivky a netvoří se tak popsané sedlo, takže je možno vytvořit dobrý spalovací prostor i žádoucí kompresní poměr. Avšak z principu pohybu je u Wankelových strojů průměr hřídele, procházejícího kolem s vnějším ozubením, přímo úměrný vzdálenosti mezi vrcholy pístu a tato úměra je taková, že v úvahu přicházejících velikostí strojů s dvouvrcholovým pístem neunesou hřídel větší tlaky na píst než přibližně 1 MPa. Proto nelze s dvouvrcholovým pístem vytvořit potřebný spalovací motor nebo kompresor. Toto je jedním z důvodů, proč se tvůrci Wankelova motoru, po prvních pokusech, soustředili jen na provedení s třívrcholovým pístem. Druhým z důvodů je, že toto třívrcholové provedení nevyžaduje ventily.

V šedesátých letech minulého století se stal konkurencí klasickým pístovým motorům. Klidný chod a malé celkové rozměry byly příslibem, které stály za trochu vyšší spotřebu benzínu a oleje při cenách ropy před ropnou krizí sedmdesátých let. Wankelův motor má totiž nekompaktní spalovací prostor s velmi špatným poměrem mezi povrchem a objemem. To má za následek ztrátu tepla a zvýšenou spotřebu.

### **Problémy wankelů :**

Wankelovy motory jsou právě od dob NSU RO80 spojeny s poměrně výraznými problémy. Již po 50 000 kilometrech si některé motory vyžádaly generální opravu, což je jistě velmi malá životnost. Problémem bylo především těsnění vrcholů rotoru, které se velmi rychle opotřebovávalo. Když ztratilo svou těsnící schopnost, motor ztrácel kompresi a docházelo k profukům mezi jednotlivými komorami. Tyto potíže jsou paradoxně způsobeny zjednodušením konstrukce motoru z původní DKM na KKM. Hlavním problémem není ani tak tření těsnění rotoru o stěnu bloku, ale právě nerovnoměrný tlak, který je na tuto plochu vyvíjen díky excentrické rotaci rotoru. Právě původní typ DKM tento problém neměl. Postupem času se ale problémy s těsněním povedlo Mazdě vyřešit. Wankelův motor ale přesto bez nevýhod nezůstal. Jeho hlavními nedostatky zůstala vysoká spotřeba paliva a vysoké hodnoty emisí. I na těchto problémech Mazda silně zapracovala a poslední generace wankelu na tom je v těchto ohledech poměrně dobře. Wankel však stále nedosahuje takové efektivnosti provozu jako výkonově odpovídající pístový motor. Důvodem je nižší termodynamická účinnost wankelu. Ta má hned několik příčin. První je tvar spalovacího prostoru, který má rozhodně hodně daleko do ideální koule. V dlouhém a úzkém spalovacím prostoru je hoření směsi podstatně složitější než ve válcovém prostoru pístového motoru. Specifický tvar částí motoru také relativně omezuje možný kompresní poměr, který se díky svým nízkým hodnotám také podílí na nižší účinnosti motoru. V neposlední řadě pak má na účinnost vliv i problematické chlazení wankelu – část motoru kolem sání je totiž prakticky neustále chlazená přicházející čerstvou směsí (nebo jen vzduchem), zatímco prostor kolem svíčky a výfukového kanálu je neustále vystaven vysokým teplotám. Spalovací prostor není možné u wankelu ochladit vnitřní výměnou plynů jako u motoru pístového. Jednoduše k ní zde nedochází a ani docházet nemůže. Proto je potřeba tyto části intenzivně chladit zevnějšku, což ovšem není tak účinný způsob jako výplachem. Wankelův motor má také vyšší spotřebu oleje než běžný pístový motor. Všechny výše zmíněné potíže lze částečně eliminovat, a tak se wankel v praxi může svou efektivitou klasickým pístovým motorům vyrovnat. Jenže

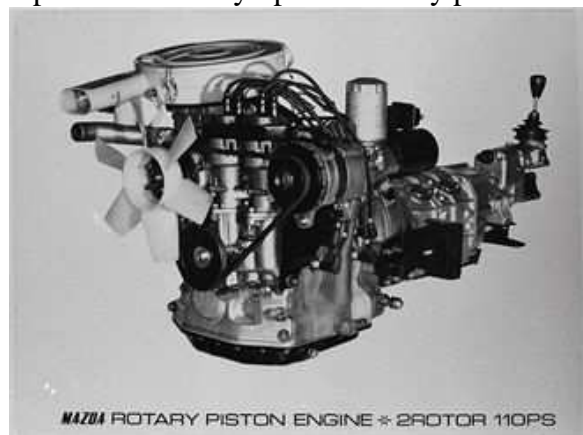
problémem je, že to vyžaduje poměrně náročný a specifický vývoj, který je hodně drahý. A vzhledem k nízkým produkčním objemům wankelů se prostě tak intenzivní vývoj nevyplácí. Wankelův motor je tak v současnosti tak trochu v bludném kruhu. Má nevýhody, které mu brání ve větším rozšíření, jenže právě jeho malé rozšíření je důvodem pro to, že nikdo neinvestuje do odstranění těchto nevýhod.

### **Wankel a jeho přednosti :**

Wankelův motor má ale i řadu předností. Těmi hlavními jsou především jednoduchá konstrukce a hladkost chodu. Motor nepotřebuje žádné ventily, kliky, vačkové hřídele a spoustu dalších částí, které nalezneme v běžném pístovém motoru. To vede k nižším nárokům na údržbu a větší spolehlivosti než u pístových motorů. Navíc nehrozí zničení motoru v případě selhání některé jeho části. Při přehřátí se wankel nezadře, protože blok je většinou hliníkový a rotor ocelový – větší teplotní roztažnost hliníku zadření nedovolí. Motor je také díky své kompaktní konstrukci menší a lehčí než pístové motory. Vzhledem k tomu, že v motoru nedochází k vratnému pohybu, ale pouze pohybu rotačnímu, je jeho chod nesrovnatelně hladší než u pístového motoru. Díky excentrické rotaci je ale přeci jenom potřeba jej mírně dovyvážit. Vyvažování by nepotřeboval původní typ DKM, kde k excentrické rotaci nedocházelo. Díky hladšímu chodu a absenci vratného pohybu může wankel dosahovat podstatně vyšších otáček než běžné motory. Původní DKM točil až 17 000 otáček za minutu, což bylo vzhledem k tehdejšímu použitým materiálům téměř neuvěřitelné. Současné wankely, vycházející z typu KKM, dosahují rychlosti 9 000 otáček za minutu, což je sice méně než letitý prototyp, ale stále je to výrazně více než běžné pístové motory.



V neposlední řadě je Wankelův motor poměrně vhodný pro přímé vstříkávání paliva. Jednotlivé fáze spalovacího cyklu totiž paradoxně u wankelu trvají déle než u klasického pístového čtyřtaktu, což znamená, že je zde více času na vstříknutí i několika dávek paliva. Zatím ale žádný sériový wankel pod kapotou automobilu přímé vstříkávání neměl. Setkali jsme se s ním pouze pod kapotou konceptu Taiki. Ze stejných důvodů se zdá být wankel poměrně vhodný i pro vodíkový pohon.



V tomto případě by navíc neměl nijak vadit nižší kompresní poměr, který se stejně musí u vodíkových motorů snížit.

## Současnost a budoucnost wankelu :



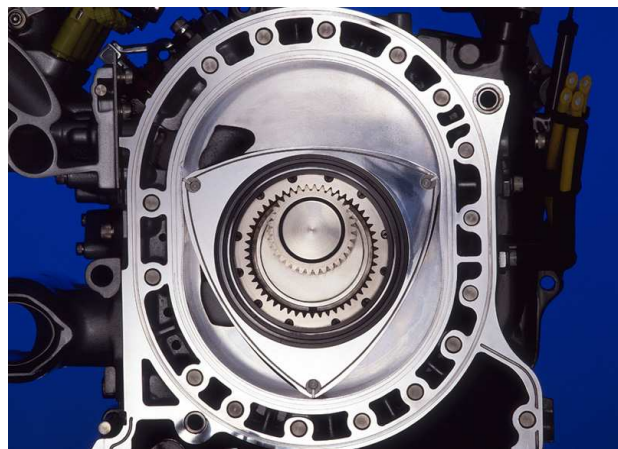
V současné době je jediným výrobcem automobilu s Wankelovým motorem Mazda. Její RX-8 nedávno prošla faceliftem a ještě tu s námi pár let bude. Vzhledem k tomu, že jsme již mezi tím viděli i několik konceptů s různou aplikací wankelu, nemusíme se o jeho budoucnost u Mazdy zas až tak strachovat. Vypadá to, že tento prazvláštní způsob pohonu zůstane pro Mazdu typický i s další generací sportovního vozu, která přijde na trh asi někdy v roce 2012. Ovšem právě

tato generace asi rozhodne o celkovém osudu wankelu. V současném světě sílí konkurence mohou totiž náklady na vývoj takového exotického pohonu být poměrně výraznou přítěží. Proto bude muset nový wankel od Mazdy prokázat, že je schopen se vyrovnat svým pístovým kolegům v jejich nejšípičkovější a nejmodernější podobě, či ještě lépe je porazit. A třeba právě snadnější možnost úpravy a provozu wankelu na alternativní paliva by mohla tomuto druhu pohonu vlít novou krev do žil. Uvidíme, co předvede Mazda v praxi.

### 1.2. Co je to vlastně wankelův motor?

#### Základní princip

Wankelův motor je rotační motor (píst nekoná pohyb nahoru a dolů, ale otáčí se ve své komoře) spalující směs benzínu a vzduchu, má stejný počet pracovních dob jako čtyřtakt s rozdílem, že všechny 4 doby zvládá jeden píst za jednu otočku kolem své osy. V komoře oválného tvaru se pohybuje trojúhelníkový zaoblený píst a koná dvojitý pohyb, jednak se pohybuje po excentrické dráze a tak, se otáčí kolem vlastní osy, takže postupně vytváří prostor sací, kompresní, spalovací a výfukový. Rotor má soustavu vnitřního ozubení,



ktoré je vyfrézované ve středu jedné strany pístu. Toto ozubení zapadá do převodu, který je připevněn ke komoře. Tento ozubený převod určuje dráhu a směr pohybu rotoru v komoře. Poměr ozubení bývá 2 : 3 (kliková hřídel vs. píst) a poměr otáček 1: 3 (píst vs. kliková hřídel).



## Princip činnosti v obrázcích:



Sání



Komprese



Expanze



Výfuk

## **2. VÝZKUMNÁ /PRAKTICKÁ/ ČÁST**

### ***2.1. Rozbor vlastního zadání – praktického problému***

Koncept praktického řešení – empirického výzkumu se opírá zejména o následující východiska:

1. Před zahájením sehnání si podkladů pro samotnou práci.
2. Promyšlení, co vlastně chci udělat, na co chci v práci upozornit .
3. Když vyslovím pojem wanklův motor, každému se určitě vybaví představa rotačního motoru, ale někomu se vybaví také jména výrobců Commander , F1 Suzuki a Mazda.
4. Práce si klade za cíl vytvořit s pomocí počítače animovaný 3D model.
5. Vlastní řešení může přinést nové a nečekané výsledky.



## 2.2. Stanovení postupných kroků řešení /dílčích cílů/

Žákovský projekt si pro praktickou část stanovil tyto dílčí cíle:

1. Vymodelovat 3D model wankelova motoru.
2. Vytvořit jeho animaci.
3. Složit videa do reprezentativního celku ve formátu avi.

## 2.3. Použitá metodika

### Jaké metody byly použity?

V práci byla užitá deduktivní metoda.

### Jak byly zaznamenávány získané informace a výstupy praktické činnosti?

Získané informace byly zaznamenány ve výstupních pracích videa a tohoto dokumentu.

## 2.4. Popis použitých technických zařízení

Při vlastní praktické části byla použita následující technická zařízení:

- Počítač ASUS F5Nseries, 32-bit, MS Office 2007 v průběhu celého projektu;
- Software Cinema 4D ⇒ pro 3D modely a renderování;
- Software Adobe Photoshop CS ⇒ pro tvorbu plakátů;
- Software Windows Movie Maker ⇒ pro vytvoření videa.

## 2.5. Výsledky projektu – vlastní řešení problému

**Rotor :**



**Excentrická hřídel :**



**Kryty na rotor a vnější kryty :**



**Pastorek:**



**Celý sestavený wankel:**



### **3. ANALÝZA VÝSLEDKŮ A DISKUSE**

#### ***3.1. Porovnání výsledků výzkumu s cíli /hypotézami/***

- 3.1.1. Jeden z prvních kroků bylo sehnání si podkladů na uskutečnění projektu. Jako hlavní zdroje k čerpání informací mi posloužil internet a odborná literatura.
- 3.1.2. Za cíl jsem si zadal vytvoření 3D modelu a následně animace wankelova motoru.
- 3.1.3. Dalším cílem bylo poukázání, že pod pojmem „wankelův motor“ se neskrývá pouze obyčejný motor ale vyjímečný rotační motor s dlouholetou tradicí a obrovskou oblíbeností u předních výrobců automobilů.

## 4. Diskuze a širší interpretace získaných údajů

### 4.1. Křivosti

Z kinematického principu Wankelova stroje vyplývá, že opsaná křivka má v každém bodě jinou hodnotu křivosti, plynule přecházející nejdříve uvnitř křivky od maxima křivosti do limity s nulovou křivostí a v tomto bodě pak skokem do limity s nulovou křivostí na vnější straně křivky. Na této vnější straně křivky se zase plynule zvětšuje do druhého maxima křivosti a pak opět klesá k limitě v dalším bodě, kde se stejně skokem vrací dovnitř křivky. Tím křivka vytváří nejméně jedno sedlo směřující dovnitř opsané křivky. Stroj s poměrem kružnic 2 : 1 má jedno sedlo, stroj s poměrem kružnic 3 : 2 má čtyři sedla atd. Oblouky spojující koncové body úseček musí být proto vedeny tak, aby v žádné poloze úseček neprotínaly opsanou křivku v místě sedla a proto i při poloze, kdy obloukové spojnice jsou opsané křivce nejbližší, zůstávají po obou stranách sedla prázdné plochy.

### 4.2. Ekologické hledisko

Čistota výfukových plynů se na přelomu 60. a 70. let minulého století teprve začínala sledovat a byla ještě značně liberální. Navíc nižší spalovací teploty ve Wankelově motoru byly příslibem nižších emisí NOx, které se jinak daly odstranit jen recirkulací výfukových zplodin a tedy snížením výkonu. O karcinogenitě produktů vzniklých spalováním oleje se tehdy ještě nevědělo, a proto byl Wankelův motor příslibem i pro ekology.

### 4.3. Automobilky

Wankelův motor vyvíjelo pro použití ve svých automobilech mnoho automobilek. NSU a Citroen pro jejich výrobu založily i společný podnik pod názvem Comotor v Luxemburku.

Po růstu cen ropy v roce 1973 a zjištění karcinogenity spalovaného oleje pak firmy, které také vsadily na Wankelův motor (NSU a Citroen) krachovaly.

Ve světě si výrobu Wankelova motoru pro automobily udržela japonská Mazda a ruská Lada. Mazda ho používá ve sportovních automobilech (momentálně Mazda RX8) a Lada ve vozidlech ozbrojených složek Ruska. Ve sportovních automobilech vyšší spotřeba nehraje takovou roli a Rusko nemělo nikdy nedostatek ropy.

Karcinogenní emise je v případě Mazdy možné udržet pod požadovanou úroveň danou předpisy díky oxidačním katalyzátorům a v Rusku nejsou tak přísné emisní předpisy.

#### **4.4. Problémy wankelů**

Wankelův motor je od dob NSU spojen s poměrně výraznými problémy. Některé motory si vyžádaly generální opravu již po 50 tisících kilometrech kvůli problémům těsnění vrcholů rotoru. To se velmi rychle opotřebovávalo. Po ztrátě těsnící schopnosti motor ztrácel kompresi a docházelo k profukům mezi jednotlivými komorami. Tyto potíže jsou způsobeny zjednodušením konstrukce motoru z původní DKM na KKM. Hlavním problémem není ani tak tření těsnění rotoru o stěnu bloku, ale nerovnoměrný tlak, který je na tuto plochu vyvíjen kvůli excentrické rotaci rotoru. Původní typ DKM tento problém neměl. Mazda ale postupem času tento problém s těsněním vyřešila.

Wankel však stále nedosahuje takové efektivnosti provozu jako výkonově odpovídající pístový motor. Důvodem je nižší termodynamická účinnost. První příčinou je tvar spalovacího prostoru, který je značně vzdálen od ideální koule. V dlouhém a úzkém spalovacím prostoru je hoření směsi složitější než ve válcovém prostoru pístového motoru. Specifický tvar částí motoru také relativně omezuje možný kompresní poměr, který se díky svým nízkým hodnotám podílí na nižší účinnosti.

## **5. ZÁVĚR**

### **5.1. Shrnutí a zhodnocení výsledků**

Snažil jsem se, aby byly cíle splněny, ale ne u všeho se mi to povedlo. Někde splněný cíl nedosáhl mých představ, něco jsem nezvládl po technické stránce z oblasti vlastní animace rotujícího pístu, či z časových důvodů.

### **5.2. Doporučení pro další využití v praxi**

Pro další využití v praxi by bylo třeba lépe vystihnout design motoru a vytvořit video s popisky.

## **6. SEZNAM LITERATURY**

- DERAQSHANI, D. Maya průvodce 3D grafikou. USA: Sybex, 2004. ISBN 80-247-1253-9
- <http://www.wikipedia.cz>
- [www.srautogroup.com](http://www.srautogroup.com)
- <<http://www.space.adam.cz/view.php?cisloclanku=2006090301>>.