



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

EMISNÍ NORMY EURO 6

EURO 6 EMISSION STANDARDS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ALEŠ VELEŠÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Aleš Velešik

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Emisní normy EURO 6

v anglickém jazyce:

EURO 6 Emission Standards

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadané problematiky. Zamyšlení nad budoucností a smyslem snižování limitů škodlivých sloučenin ve výfukových plynech spalovacích motorů.

Cíle bakalářské práce:

Vytvoření popisu nařízení. Škodlivé látky ve výfukových plynech a způsoby jejich snížení. Omezení daná normou Euro 6. Přehled konstrukčních řešení jednotlivých světových výrobců.

Seznam odborné literatury:

- [1] Exhaust Systems for Motor Vehicles : Catalytic Converters for Otto Cycle Engines.
Landsberg/Lech : Verlag Moderne Industrie, 2001. 70 s.
- [2] Internet

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 19.11.2012



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan



ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na přiblížení problematiky emisní normy EURO 6. Nachází se zde obecný popis jednotlivých zkoušek, které musí výrobce absolvovat a úspěšně splnit, aby mohl vyrábět automobily na této emisní úrovni. Dále se zde nachází popis škodlivých látek produkovaných z výfukového systému automobilu a přehled používaných konstrukčních prvků k jejich redukci. V závěru je zamyšlení nad problematikou emisních norem a jejich neustálým zpřísnováním.

KLÍČOVÁ SLOVA

EURO 6, emisní norma, výfukové plyny, OBD, katalyzátor, filtr

ABSTRACT

Bachelor's thesis is focused on the approach the issue of Euro 6 emission standards. There is a general description of the tests, which the manufacturer must undertake and successfully complete to produce cars at this emission level. There is also a description of the harmful substances produced from the exhaust system of a car and an overview of the structural elements to reduce them. In conclusion, the reflection on the issue of emission standards and their constant tightening.

KEYWORDS

EURO 6, emission standards, exhaust gases, OBD, catalytic converter, filter



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VELEŠÍK, A. *Emisní normy EURO 6*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 34 s., 1 příloha. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 22. května 2013

.....

Aleš Velešík



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Radimovi Dundálkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Poděkování také patří Ing. Jiřímu Vavřinovi, Ing. Milanovi Woitschovi a Ing. Petrovi Říhovi z DEKRA Automobile a. s. za odborné rady a poskytnuté informace.



OBSAH

Úvod	10
1 Historie	11
2 Norma EURO 6	12
2.1 Zkouška typu I	12
2.1.1 Městský cyklus	13
2.1.2 Mimoměstský cyklus	14
2.2 Zkouška typu II	15
2.3 Zkouška typu III	15
2.4 Zkouška typu IV	16
2.5 Zkouška typu V	16
2.6 Zkouška typu VI	19
2.7 Zkouška OBD	19
2.8 Emisní limity	20
3 Škodlivé látky ve výfukových plynech	21
3.1 Oxidy dusíku NO _x	21
3.2 Oxid uhelnatý CO	21
3.3 Uhlovodíky HC	21
3.4 Pevné částice	22
4 Konstrukční prvky výfukového systému	23
4.1 OBD systém	23
4.1.1 Funkce OBD (vozidel se zážehovými motory)	23
4.2 Katalyzátor	25
4.2.1 Oxidační katalyzátor	25
4.2.2 Katalyzátor se dvěma loži	26
4.2.3 Třicestný katalyzátor	26
4.3 SCR (selective catalytic reduction)	27
4.4 Filtr pevných částic	28
4.5 Recirkulace spalín (EGR)	29
Použité informační zdroje	31
Seznam použitých zkratk a symbolů	32
Seznam obrázků	33
Seznam tabulek	33
Seznam příloh	34



ÚVOD

V této práci jsou popsány zkoušky, které je nutno podstoupit k plnění emisní normy EURO 6. Zejména zaměřené na zážehové a vznětové motory osobních automobilů. Vozidla jsou rozdělena do kategorií a každá kategorie má různý počet zkoušek, které musí za přesně stanovených podmínek popsaných normou úspěšně absolvovat. Nesplní-li byť jen jednu zkoušku, znamená to, že vozidlo neuspělo.

Celý systém emisních EURO norem, je založený na přidávání nových vyhlášek a ustanovení, které specifikují a do jisté míry upravují základní normu, z níž se vychází.

Zpřísnování emisních limitů vedlo výrobce automobilů ke konstrukci nových prvků ve výfukovém systému, které napomáhají snižovat hodnoty škodlivých látek vypouštěných do ovzduší. To dalo za vznik například filtru pevných částic nebo katalyzátoru.



1 HISTORIE

První emisní normy začaly vznikat na konci 60. let 20. století a to v USA. Později se emisemi začali zabývat i v Evropě a na začátku 70. let 20. století vyšla norma EHK 15, která již kontrolovala emise výfukových plynů v automobilech, a výrobci se museli této normě přizpůsobit. Poté se začali tvořit další normy s označením EURO a k tomu číslo dané normy. Čím vyšší číslo, tím je norma novější a také přísnější. S každou další emisní normou EURO se množství škodlivých látek, ať už se jedná o plyny nebo pevné částice, které vycházejí z výfukového systému, snižuje. Právě tyto normy a zpřísnění vedly výrobce automobilů k vytváření více komplikovaného výfukového systému a dal tak vzniknout technickým řešením a součástí jako je například filtr pevných částic, systém common rail nebo také SCR. [1]

V roce 1992/93 na scénu vstupuje první norma z řady EURO a to emisní norma EURO 1, která legislativně stanovuje maximální obsah částic na ujetý kilometr u dieselových osobních automobilů na hodnotu 0,18 g/km. Dále pak omezuje množství oxidu uhelnatého (CO) na 3,16 g/km a uhlovodíků (HC) spolu s oxidy dusíku (NO_x) na 1,13g/km a to jak u benzínových, tak i naftových motorů.

Rok 1996/97 dal vzniknout emisní normě EURO 2, kde došlo k výraznému omezení škodlivých látek oproti EURO 1. A to zejména v množství pevných částic, které se snížilo u dieselových motorů o více jak polovinu, tzn. na hodnotu 0,08 g/km, avšak pro motory s přímým vstřikováním paliva na 0,10g/km. Zpřísnění proběhlo nejen u pevných částic, ale také u výfukových plynů, kde se limity pro dieselový a benzínový motor liší a již nejsou stejné, jak tomu bylo v předchozí normě. Pro benzínový motor jsou limity oxidu uhelnatého 2,2g/km, pro naftový dokonce 1g/km. A hodnoty uhlovodíků s oxidy dusíku pro benzínový motor 0,5 g/km a naftový 0,7 g/km, u motoru s přímým vstřikováním se dostaneme až na hodnotu 0,9 g/km. To vedlo k rozšíření systému přímého vysokotlakého vstřikování common rail.

U EURO 3 se setkáváme s další zásadní změnou a to, že automobily musí být vybavené systémem palubní diagnostiky OBD. Limity pro oxidy dusíku a uhlovodíku již nejsou brány dohromady, ale u benzínových motorů, jsou mezní hodnoty jednotlivých škodlivin nastaveny paralelně. Tato norma byla uvedena v platnost roku 2000/2001. Opět se dosáhlo snížení limitních hodnot oproti předchozím normám. Výjimkou zůstává hodnota u benzínových motorů, kde došlo ke zvýšení hodnoty oxidu uhelnatého na 2,30 g/km, tzn. nárůst o jednu desetinu.

Následovala norma EURO 4 vydaná v roce 2005/2006. Od tohoto roku se také zavádí OBD u naftových motorů, ale jen pro určité kategorie. Došlo ke snížení povolených limitů. Zásadnější byla spíše norma EURO 5, která vstoupila v platnost roku 2008/2009 na kterou navazuje právě norma EURO 6.



2 NORMA EURO 6

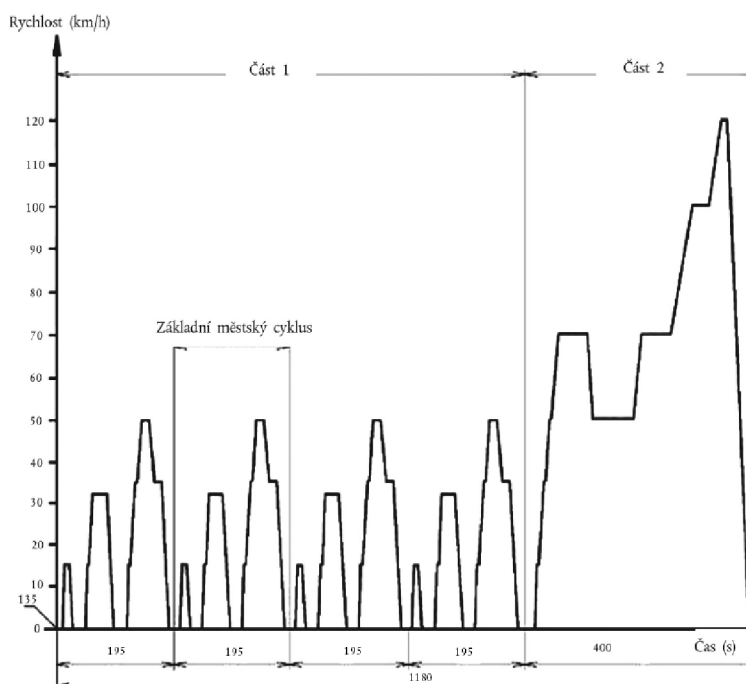
Abychom mohli odsouhlasit, že vozidlo splňuje normu EURO 6, musíme ho podrobit několika základním zkouškám. Těchto zkoušek je celkem šest s tím, že jako sedmá se bere zkouška OBD. Vztahují se na vozidla typu N a M. V této části budou popisovány konkrétní zkoušky na zážehové motory osobních automobilů. U jiných typů vozidel, např. nákladních nebo osobních vozidel se vznětovým motorem, zkoušky probíhají vesměs stejně, jen se liší v detailech a některé zkoušky se vynechávají. Konkrétně vozidla se vznětovým motorem se podrobují zkoušce typu I, V a zkoušce systému OBD. Každá z uvedených zkoušek je podrobně popsána v předpise č. 83 EHK/OSN – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavku na motorové palivo. Splnění nejnáročnějších emisních limitů jednotliví výrobci řeší konstrukčními prvky popsány v další kapitole. Ke správnému zhodnocení, zda vozidlo vyhovuje emisní normě EURO 6 je potřeba mít celou předpisovou základnu.

2.1 ZKOUŠKA TYPU I

Pojednává o ověření výfukových emisích po studeném startu. Patří mezi stěžejní zkoušky. Zkouška probíhá za přísně stanovených podmínek dle předpisu č. 83 EHK/OSN, mezi něž patří např. podmínky okolí, nároky na zkušební vozidlo, palivo, kterým je vozidlo poháněno a nastavení vozidla při zkoušce. Všechny tyto veličiny jsou měřeny a kontrolovány zkušebními přístroji během zkoušky. Mezi stěžejní přístroje pro měření patří vozidlový dynamometr, zařízení ke zjišťování hmotnosti emisí částic (PM) nebo počtu emitovaných částic (PN). [6]

Samotný postup zkoušky emisí je rozdělen do dvou základních cyklů, které jsou vymezeny časovým intervalem. Jedná se o cyklus městský a mimoměstský.

Pracovní cyklus pro zkoušku typu I



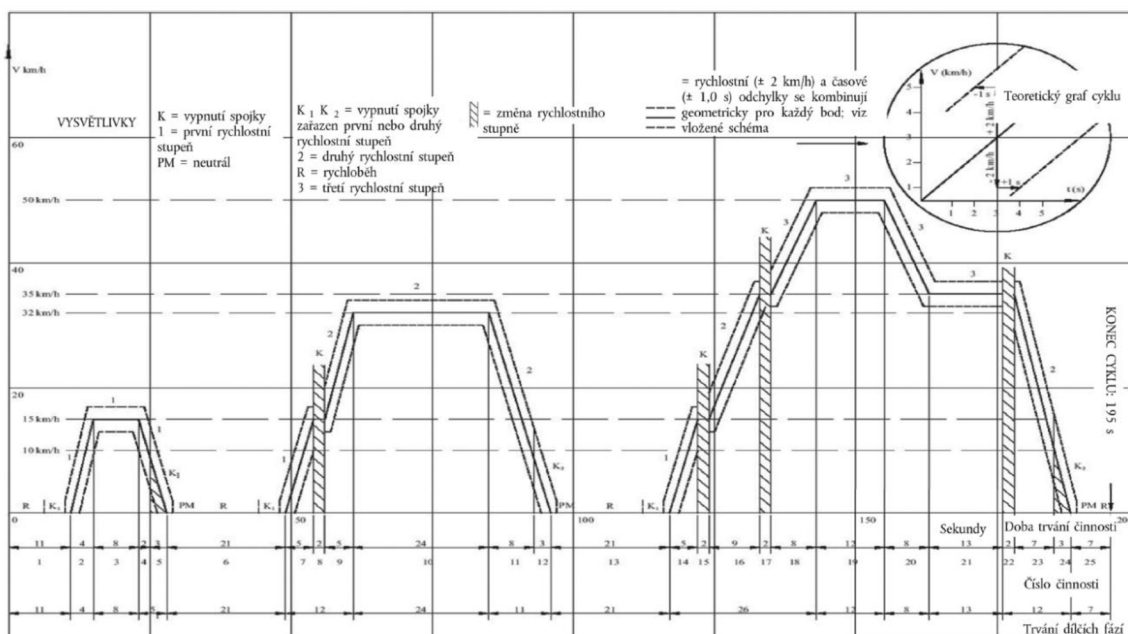
Obr. 2-1 Pracovní cyklus pro zkoušku typu I [6]



2.1.1 MĚSTSKÝ CYKLUS

První část zkoušky typu I zahrnuje čtyři základní městské cykly, jejichž celkový čas je 780 s. Základní městský cyklus je tvořen třemi fázemi. V první fázi z klidu vozidla konstantně zrychlujeme vozidlo na hodnotu 15 km/h, při zařazeném prvním rychlostním stupni. Následuje setrvání na hodnotě a následné konstantní zpomalování vozidla. Druhá fáze probíhá také z klidového stavu vozidla, tzn. počáteční rychlost je nula. Konstantně zrychlujeme vozidlo, při určité rychlosti dané normou přerazujeme na druhý rychlostní stupeň, setrvání na hodnotě 32 km/h a konstantní zpomalování. Ve třetí fázi je postup stejný, ale využíváme zde i třetí rychlostní stupeň do rychlosti 50 km/h. Celý tento základní městský cyklus trvá 195 s a je přehledně popsán na obr.2-2 a časové intervaly jednotlivých úseků v tab.2-1 a tab.2-2. Průměrná rychlost v celém rozsahu cyklu je 19 km/h, tudíž teoretická ujetá vzdálenost je 1,013 km. [6]

Základní městský cyklus pro zkoušku typu I



Obr. 2-2 Základní městský cyklus pro zkoušku typu I [6]

Rozpis podle fází		
	čas [s]	%
Volnoběh	60	30,8 35,4
Zpomalení, spojka vypnuta	9	4,6
Řazení rychlostních stupňů	8	4,1
Zrychlení	36	18,5
Periody konstantní rychlosti	57	29,2
Zpomalování	25	12,8
Celkem	195	100

Tab. 2-1 Rozpis podle fází [6]



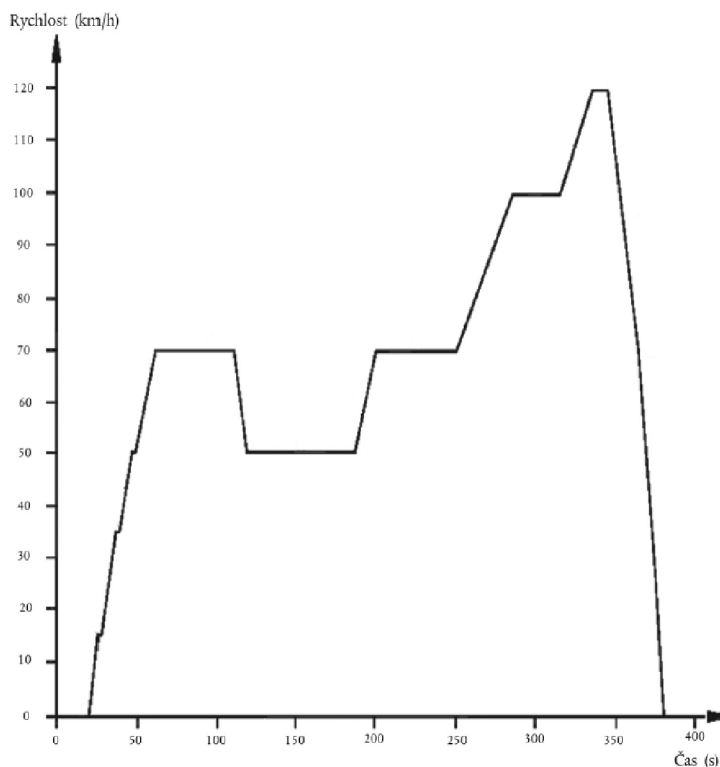
Rozpis podle použitých rychlostních stupňů		
	čas [s]	%
Volnoběh	60	30,8 35,4
Zpomalení, spojka vypnuta	9	4,6
Řazení rychlostních stupňů	8	4,1
První rychlostní stupeň	24	12,3
Druhý rychlostní stupeň	53	27,2
Třetí rychlostní stupeň	41	21
Celkem	195	100

Tab. 2-2 Rozpis podle použitých rychlostních stupňů [6]

2.1.2 MIMOMĚSTSKÝ CYKLUS

Druhá část zkoušky typu I obsahuje pouze jeden mimoměstský cyklus viz. obr.2-3, kde doba trvání je 400 s. Automobil s počáteční rychlostí 0 km/h zrychluje pokud možno konstantně na hodnotu 70 km/h, přičemž v této hodnotě má čtvrtý rychlostní stupeň. Následné zpomalení na hodnotu 50 km/h a opětovné zrychlení na 120 km/h, kde se využívá pátého rychlostního stupně. Po určité době automobil zpomaluje do klidu. Přehled hodnot nalezneme v tab.2-3 a tab.2-4. Průměrná rychlost testovaného vozu by se měla pohybovat kolem hodnoty 62,6 km/h a teoretická ujetá vzdálenost 6,955 km.

Cyklus mimo město (část 2) pro zkoušku typu I



Obr. 2-3 Cyklus mimo město pro zkoušku typu I [6]



Rozpis podle fází		
	čas [s]	%
Volnoběh	20	5
Zpomalení, spojka vypnuta	20	5
Řazení rychlostních stupňů	6	1,5
Zrychlení	103	25,8
Periody konstantní rychlosti	209	52,2
Zpomalování	42	10,5
Celkem	400	100

Tab. 2-3 Rozpis podle fází [6]

Rozpis podle použitých rychlostních stupňů		
	čas [s]	%
Volnoběh	20	5
Zpomalení, spojka vypnuta	20	5
Řazení rychlostních stupňů	6	1,5
První rychlostní stupeň	5	1,3
Druhý rychlostní stupeň	9	2,2
Třetí rychlostní stupeň	8	2
Čtvrtý rychlostní stupeň	99	24,8
Pátý rychlostní stupeň	233	58,2
Celkem	400	100

Tab. 2-4 Rozpis podle použitých rychlostních stupňů [6]

2.2 ZKOUŠKA TYPU II

Zkouška emisí oxidu uhelnatého při volnoběžných otáčkách. Provádí se při teplotě okolí 20°C – 30°C na zahřátém motoru, kde teplota motoru, provozních kapalin a všech hodnot s tím souvisejících jsou ustálené. Měření probíhá pomocí sondy, která je přiložena k výfuku a hodnoty CO a CO₂ jsou pak vyhodnocovány dle kalibračních křivek nebo záznamů měřicího přístroje. Maximální obsah oxidu uhelnatého při volnoběhu nesmí překročit hodnotu udávanou výrobcem, většinou by však neměl překročit 0,3 % obj. [6]

2.3 ZKOUŠKA TYPU III

Ověření emisí plynů z klikové skříně. Měří se tlak klikové skříně ve vhodném místě za pomoci manometru při provozních podmínkách uvedených v tab.2-5. Vyhovující vozidlo je takové vozidlo, které splnilo hodnotu tlaku menší jak atmosférický tlak u každé z uvedených podmínek. [6]



Tři provozní podmínky motoru	
Číslo podmínky	Rychlost vozidla v (km/h)
1	Volnoběh
2	50 ± 2 (třetí rychlostní stupeň nebo "drive")
3	50 ± 2 (třetí rychlostní stupeň nebo "drive")
Číslo podmínky	Rychlost vozidla v (km/h)
1	Žádný
2	Výkon odpovídající seřízení pro zkoušku typu I při 50 km/h
3	týž jako pro podmínku č. 2, násobený faktorem 1,7

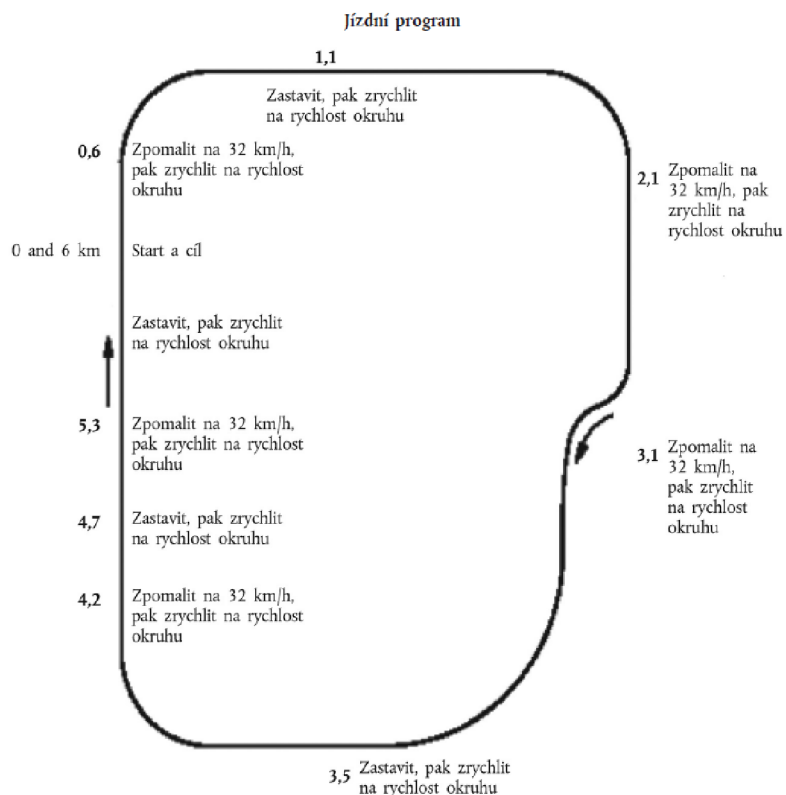
Tab. 2-5 Provozní podmínky motoru [6]

2.4 ZKOUŠKA TYPU IV

Stanovení emisí způsobených vypařováním z vozidel se zážehovými motory. Tato zkouška kontroluje vypařování uhlovodíků během jízdy a po odstavení vozidla za tepla. Jednou z podmínek je, že vozidlo musí mít před zkouškou najeto minimálně 3000 km, musí být zaběhnuto. Výsledky se získají sečtením hmotností vypařovaných uhlovodíků při 24-hodinové zkoušce ztrát způsobených vypařováním a zkoušce odstavení vozidla za tepla. [6]

2.5 ZKOUŠKA TYPU V

Popis zkoušky stárnutí pro ověření životnosti zařízení proti znečišťování. Požadavky na životnost se určují pomocí jedné ze tří možností. Jedná se o zkoušku stárnutí najetím 160 000 km ujetých na zkušební dráze, silnici nebo vozidlovém dynamometru, která probíhá podle jízdního programu na obr.2-4 a skládá se z 11 cyklů každý dlouhý 6km dle tab.2- 6. [6]



Obr. 2-4 Jízdní program [6]

Maximální rychlost v každém cyklu	
Cyklus	Rychlost cyklu v km/h
1	64
2	48
3	64
4	64
5	56
6	48
7	56
8	72
9	56
10	89
11	113

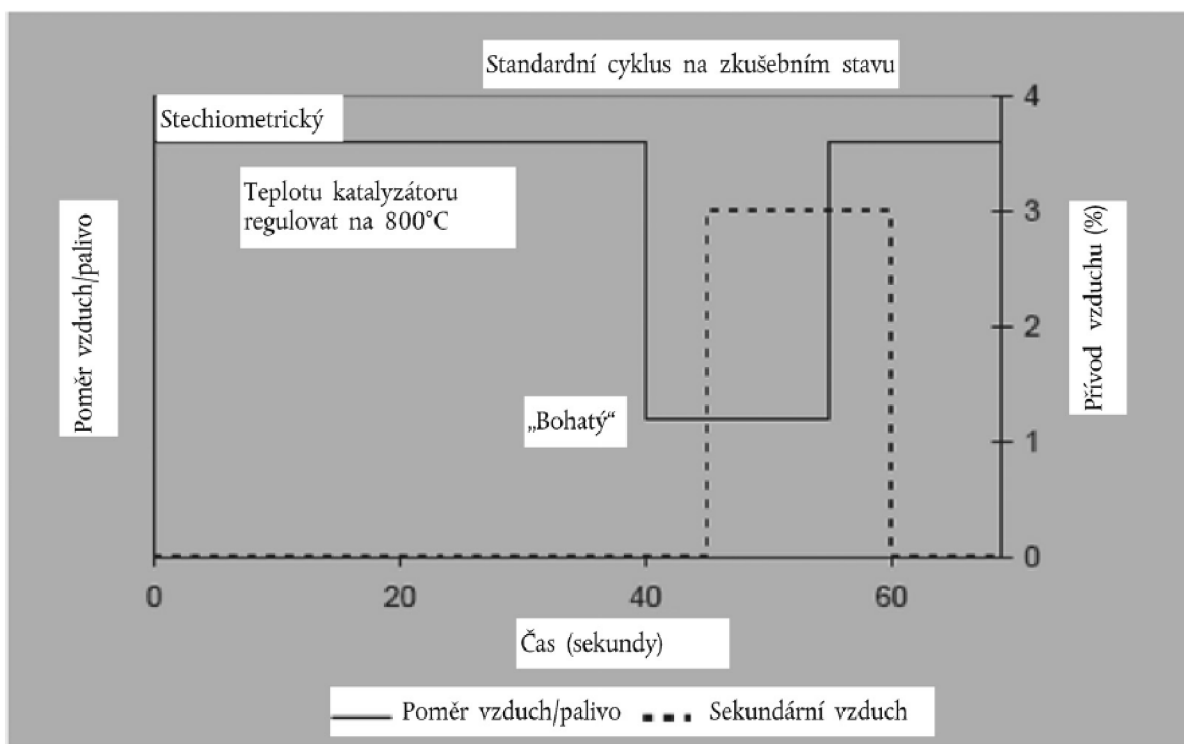
Tab. 2-6 Maximální rychlost v každém cyklu [6]

Výrobce může zvolit i zkoušku stárnutím na zkušebním stavu, kde se využívá standardního cyklu na zkušebním stavu (SBC) rozepsaný v tab.2-7 a graficky znázorněn na obr.2-5.



Standardní cyklus na zkušebním stavu		
čas [s]	poměr vzduch/palivo v motoru	Přívod sekundárního vzduchu
1-40	Stechiometrický s regulací zatížení, časování zážehu a otáček motoru tak, aby se dosáhlo teploty katalyzátoru nejméně 800 °C	žádný
41-45	"Bohatý" (poměr A/F zvolený tak aby se dosáhlo v průběhu celého cyklu maximální teploty katalyzátoru 890 °C nebo teploty o 90°C vyšší než spodní teplota regulace)	žádný
46-55	"Bohatý" (poměr A/F zvolený tak aby se dosáhlo v průběhu celého cyklu maximální teploty katalyzátoru 890 °C nebo teploty o 90°C vyšší než spodní teplota regulace)	3 % (± 1 %)
56-60	Stechiometrický s regulací zatížení, časování zážehu a otáček motoru tak, aby se dosáhlo teploty katalyzátoru nejméně 800 °C	3 % (± 1 %)

Tab. 2-7 Standardní cyklus na zkušebním stavu [6]



Obr. 2-5 Standardní cyklus na zkušebním stavu [6]

Výrobce se může rozhodnout, že použije faktory zhoršení, které se stanoví prostřednictvím předešlých zkoušek nebo přidělených hodnot z tab.2-8. Pomocí faktorů se stanovuje emisní způsobilost.



Kategorie motorů	Přiřazené faktory zhoršení						
	CO	THC	NMHC	NO _x	HC + NO _x	Pevné částice	částice
zážehový	1,5	1,3	1,3	1,6	-	1,0	1,0
vznětový	1,5	-	-	1,1	1,1	1,0	1,0

Tab. 2-8 Faktory zhoršení [6]

2.6 ZKOUŠKA TYPU VI

Ověření průměrných výfukových emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků po studeném startu za nízké okolní teploty. Zkouška je založena na části 1 zkoušky typu I a probíhá při nízké teplotě okolí 266 K (-7 °C). Před zahájením se vozidlo stabilizuje, aby byla zajištěna reprodukovatelnost zkoušky. Výfukové plyny se ředí a analyzuje se množství oxidu uhelnatého a uhlovodíků. Mezní hodnoty emisí jsou zaznamenány v tab.2- 9. [6]

Mezní hodnoty emisí CO a HC			
Kategorie	Třída	Hmotnost oxidu uhelnatého (CO) L ₁ [g/km]	Hmotnost uhlovodíků (HC) L ₂ [g/km]
M ₁ ⁽¹⁾	-	15	1,8
N ₁	I	15	1,8
N ₁ ⁽²⁾	II	24	2,7
	III	30	3,2
⁽¹⁾ Kromě vozidel určených k přepravě více než 6 osob a vozidel, jejichž maximální hmotnost přesahuje 2500 kg ⁽²⁾ A vozidla kategorie M ₁ uvedená v poznámce 1)			

Tab. 2-9 Mezní hodnoty emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků [6]

2.7 ZKOUŠKA OBD

Zkouška je založená na základě simulací chybné funkce součásti řídicí jednotky motoru nebo systému regulace emisí na základě cyklu zkoušky typu I. Vozidlo musí být řádně stabilizováno a systém OBD musí reagovat odpovídajícím způsobem na chybnou funkci. OBD systém bude podrobněji popsán v další kapitole. [6]



2.8 EMISNÍ LIMITY

Emisní limity u EURO 6 jsou již tak nízké, že uvedené hodnoty se udávají v mg/km. V tabulce jsou uvedeny mezní hodnoty pro vznětové a zážehové osobní automobily typu M.

Zážehový motor			Vznětový motor		
Emise	Jednotky	EURO 6	Emise	Jednotky	EURO 6
THC	mg/km	100	NOx	mg/km	80
NMHC		68	HC+NOx		170
NOx		60	CO		500
CO		1000	PM		4.5
PM		4.5	PN	Nb/km	6.0×10^{11}
PN	Nb/km	TBD			

Tab. 2-10 Emisní limity EURO 6 [3]



3 ŠKODLIVÉ LÁTKY VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH

Komponenty emisí vznikají ve spalovacích motorech přeměnou chemické energie na tepelnou energii. Paliva jsou složena z různých sloučenin uhlovodíků a při spalování se štěpí na uhlík a vodík a spojují se s kyslíkem. V reálném procesu jsou výfukové plyny složeny z oxidu uhličitého (CO_2), dusíku (N_2), vodní páry (H_2O), oxidu uhelnatého (CO), oxidů dusíku (NO_x), částečně nespálených uhlovodíků (HC), ale i oxidu siřičitého a pevných částic. [5]

3.1 OXIDY DUSÍKU NO_x

Vznikají v tepelných motorech oxidací dusíku kyslíkem za vysokých teplot. Vedle oxidu dusnatého (NO) vzniká i v menší míře oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusný (N_2O). V ovzduší patří k plynům, které způsobují kyselé deště. V přírodě nejvíce vznikají bakteriální a sopečnou činností. V automobilové dopravě navíc ještě vzniká oxid dusný, který se řadí mezi skleníkové plyny. Oxid dusnatý je bezbarvý plyn a při reakci se vzduchem oxiduje na oxid dusičitý. Emise NO_x mají maximum ve spalovacím prostoru při $\lambda = 1,05..1,1$ a klesají jak u bohaté, tak i chudé směsi. [2] [5]

3.2 OXID UHELNATÝ CO

Je to plyn bez barvy a zápachu. Vzniká hlavně u bohaté palivové směsi ($\lambda < 1$), tzn. při nedostatku vzduchu. Hodnota emisí CO klesá přibližně lineárně se stoupající hodnotou λ . V oblasti chudé směsi jsou emise CO velice nízké. Přesnou přípravou směsi, se u moderních automobilů, podařilo snížit emise oxidu uhelnatého na hodnotu menší jak 1,5 obj. %. [5]

Příliš velký podíl CO :

- chybné vstřikování
- nastavení karburátoru
- nastavení stavu plováku
- znečištěný vzduchový filtr
- vysoký tlak paliva

3.3 UHLOVODÍKY HC

Jsou to binární organické sloučeniny, jejichž molekuly obsahují pouze atomy uhlíku a vodíku. Emise HC jsou minimální v oblasti $\lambda = 1$. K neúplnému spalování dochází u bohaté palivové směsi ($\lambda < 1$) a ani v oblasti chudé směsi neprobíhá spalování optimálně. [5]

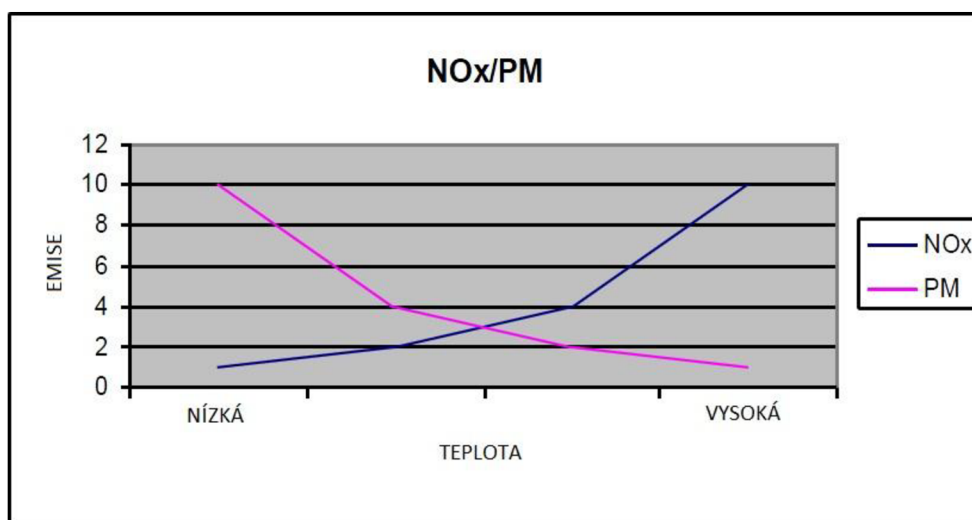
Příčiny nespálených uhlovodíků:

- znečištěné vstřikovací ventily
- netěsný systém sání
- zakarbonované zapalovací svíčky
- netěsnost válců



3.4 PEVNÉ ČÁSTICE

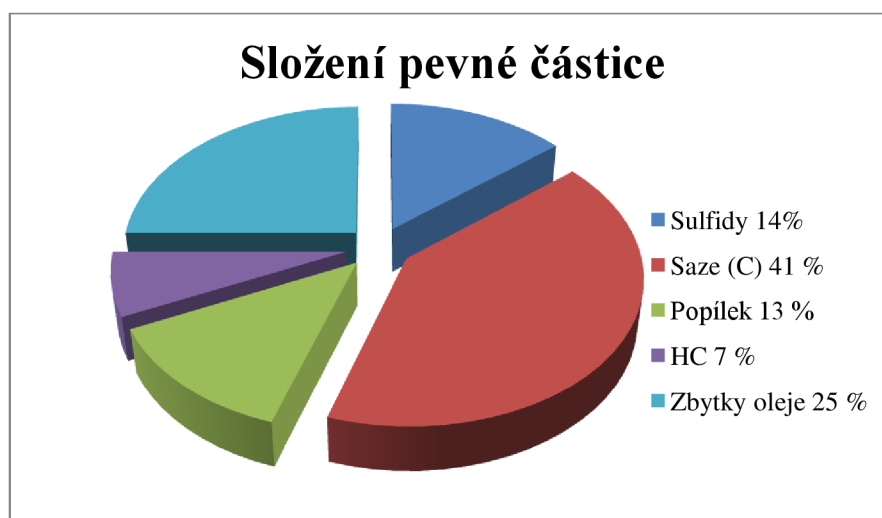
Vznikají zvláště při spalování u vznětových motorů, avšak evropská norma EURO 6 kontroluje i počty těchto částic u zážehových motorů. Základem je částice uhlíku, na kterou jsou nabalovány další nečistoty (obr.3-2). Veškeré pevné částice pak vytvářejí kouř. Vznik pevných částic závisí přímo úměrně na množství emisí NO_x podle obr.3-1.



Obr. 3-1 Závislost emisí NO_x na množství pevných částic [8]

Hlavní příčiny vzniku sazí:

- Vstřík studeného kapalného paliva do čela plamene
- Nedostatek kyslíku a lokální nepříznivé podmínky tvorby směsi
- Náhlý pokles teploty nebo tlaku ve spalovacím prostoru [8]



Obr. 3-2 Složení pevné částice [8]



4 KONSTRUKČNÍ PRVKY VÝFUKOVÉHO SYSTÉMU

Ke správnému plnění emisních norem EURO 6 je zapotřebí jistých konstrukčních řešení, která si popíšeme v této kapitole. Rozebereme jejich funkci, popřípadě umístění ve výfukovém systému vozidla. Ne každé vozidlo musí mít zabudováno všechny prvky, aby plnilo normu. Jedná se o přehled nejpoužívanějších řešení.

4.1 OBD SYSTÉM

Z anglického On Board Diagnostic, je elektronický systém kontrolující správnou funkci všech prvků relevantními s emisemi vozidla. Mezi další funkce OBD patří sledování účinnosti katalyzátoru, výpadky spalování, funkce lambda sond, systém recirkulace výfukových plynů, systém sekundárního vzduchu a systém odpařování paliva a jiné. Pokud je OBD porušeno nebo neplní správně svou funkci, rozsvítí se chybová kontrolka MIL (Malfunction Indicator Light). [9]

Od roku 1988 se v USA začalo zavádět OBD I. Později v roce 1994 bylo OBD I nahrazeno systémem OBD II, který se používá dodnes a vztahuje se jak na motory zážehové, tak i od roku 1996 na motory vznětové. V evropské unii se také můžeme setkat s pojmem EOBD, což je vlastně systém OBD upravený tak, aby splňoval požadavky EURO norem. EOBD je v nejdůležitějším definována v následujících normách :

- ISO 9141-2
Komunikace s diagnostickým přístrojem
- ISO 15031-3
Konektory, popis normované diagnostické přípojky DLC (Data Link Connector)
- ISO 15031-4
Diagnostické testování zařízení (externí)
- ISO 15031-5
Popis obsahu protokolu (Mód 1...7, obecně 8 a 9)
- ISO 15031-2
Standardizované označení komponentů/systémů
- ISO 15031-6
Struktura a formát indikačních textů pro výstup chybových kódů. [9]

4.1.1 FUNKCE OBD (VOZIDEL SE ZÁŽEHOVÝMI MOTORY)

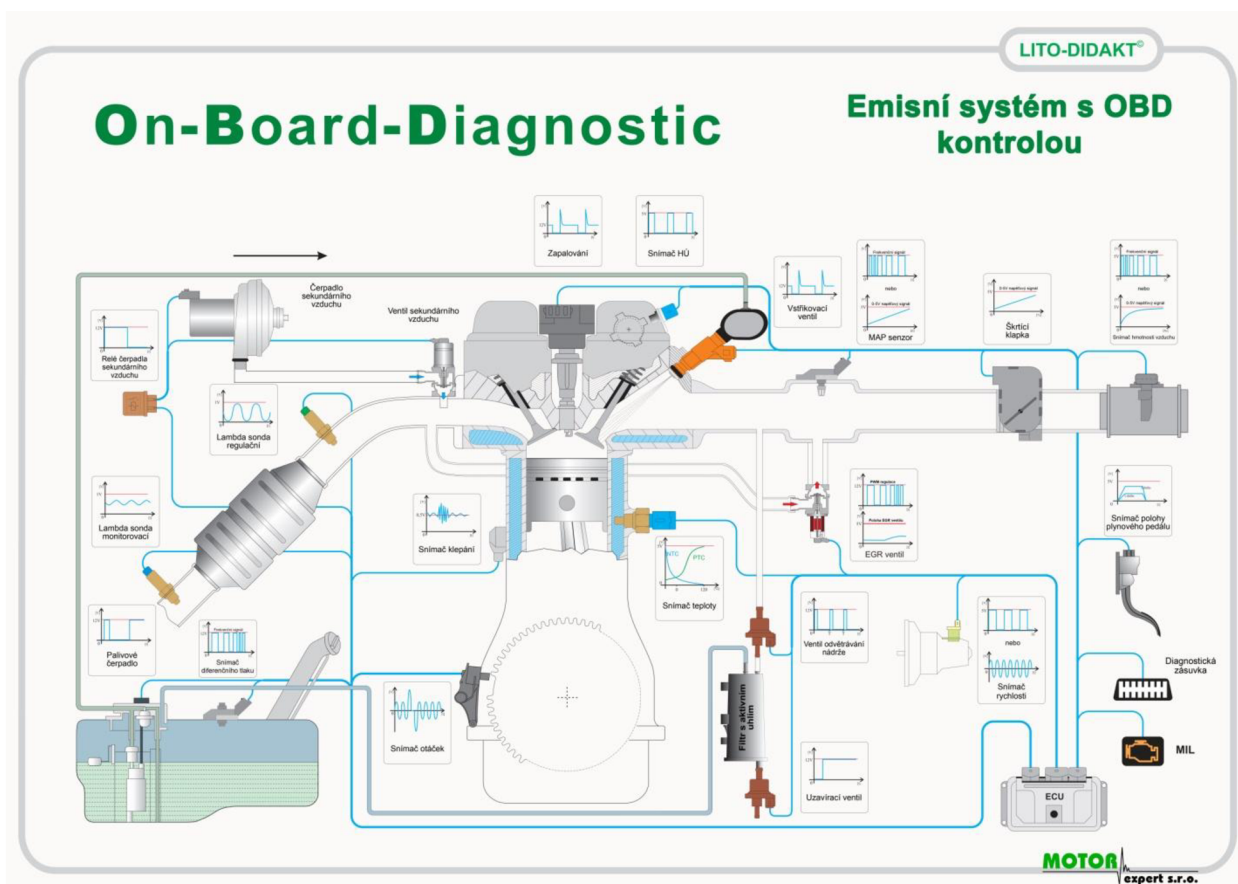
Trvale monitoruje, tj. vícekrát během jízdy, vždy při splnění stanovených podmínek :

- výpadky spalování,
- systém přípravy směsi,
- ostatní komponenty relevantní pro emise, sem patří všechny snímače a akční členy (s vyloučením komponentů monitorovaných periodicky) [9]



Periodicky monitoruje, tj. jedenkrát během jízdního cyklu, při splnění stanovených podmínek:

- zpětné vedení výfukových plynů
- vyhřívání lambda sond
- lambda sondy
- těsnost klimatizace
- vhánění sekundárního vzduchu
- odvětrání palivové nádrže (OBD II včetně těsnosti systému odvětrání)
- vyhřívání katalyzátoru
- účinnost katalyzátoru [9]



Obr. 4-1 OBD systém [Motor expert s r.o.]



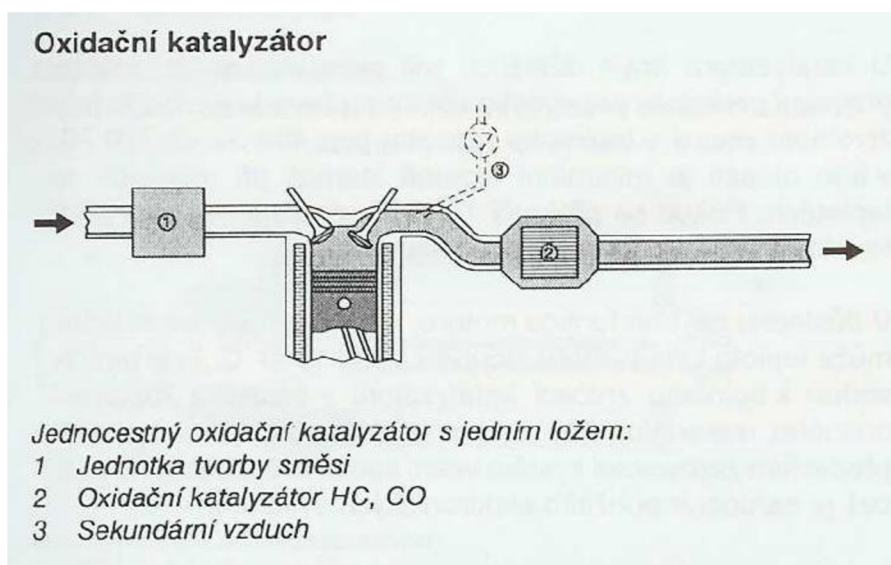
4.2 KATALYZÁTOR

Katalyzátory ve vozidlech jsou využívány díky svým schopnostem urychlovat chemické reakce a odstraňovat nežádoucí prvky ve výfukových plynech, aniž by se v procesu spotřebovali. Evropská norma se zaměřuje na redukci plynů zejména uhlovodíků, oxidů dusíku nebo oxidu uhelnatého. Z hlediska konstrukce katalyzátoru se jedná o plechový kryt vytvářející celkové tělo katalyzátoru, ve kterém je umístěn nosič odolávající vysokým teplotám. Nosiče rozlišujeme podle druhu materiálu na nosiče sypkého materiálu, keramické monolity a kovové monolity. Každý z nich má specifické vlastnosti zejména v oblasti mechanické a chemické odolnosti. [7]

Pro správné požívání katalyzátoru existují dvě zásadní podmínky. Automobil musí pracovat na bezolovnatý benzín, protože olovo reaguje s vrstvou nosiče ze vzácných kovů a dochází k trvalému poškození. Druhá podmínka je založena na optimálním poměru vzduchu, který je zásadní pro správný průběh chemické reakce. Toho je dosaženo lambda sondou. Ta reguluje poměr palivo/vzduch na tzv. stechiometrickou hodnotu $\lambda=1$. Dalším faktorem pro dlouhou životnost katalyzátoru je teplota. Ta by se měla ideálně pohybovat v rozmezí 400 °C až 700 °C. Teploty nad 1000 °C velmi silně ovlivňují teplotní stárnutí katalyzátoru až do úplného zničení. [7]

4.2.1 OXIDAČNÍ KATALYZÁTOR

Katalyzátor pracující s přebytkem vzduchu, který přeměňuje oxid uhelnatý a uhlovodíky na vodní páru a oxid uhličitý. Množství snížení emisí oxidů dusíku je zde zanedbatelné. U vstříkovacích motorů je potřebný kyslík získáván chudším nastavením směsi, u karburátorových motorů se před katalyzátor přidává tzv. sekundární vzduch. Oxidační katalyzátory využívají i vznětové motory. [5]

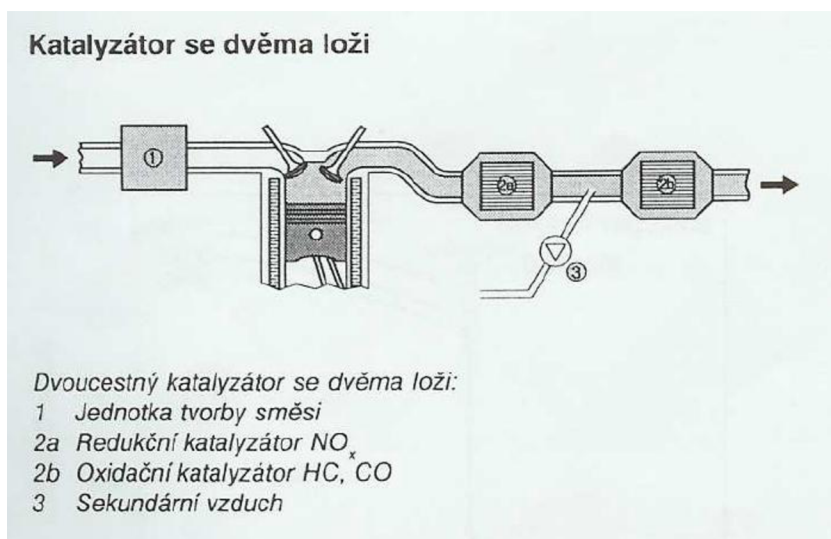


Obr. 4-2 Jednocestný oxidační katalyzátor s jedním ložem[5]



4.2.2 KATALYZÁTOR SE DVĚMA LOŽI

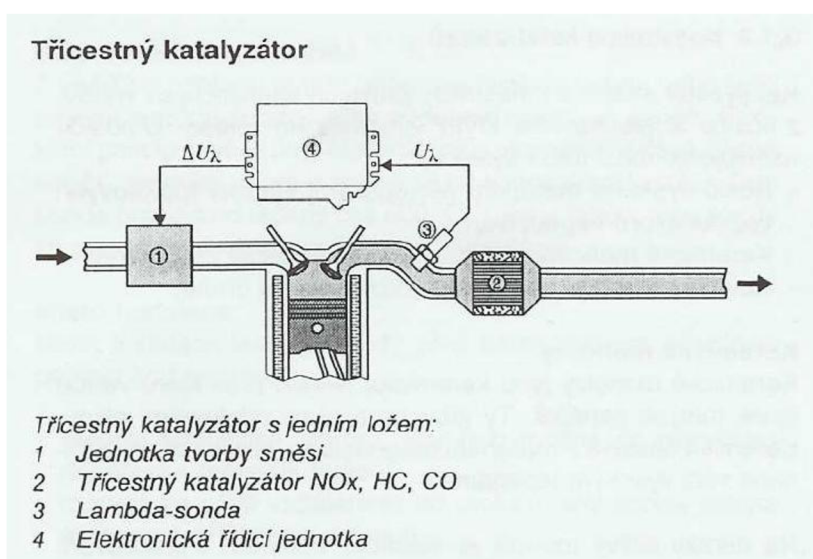
V systému je zabudován kromě oxidačního katalyzátoru také redukční katalyzátor, který chemickou reakcí štěpí oxidy dusíku na dusík a kyslík. Motor pracuje s bohatou směsí a před oxidační katalyzátor se přidává sekundární vzduch. [5]



Obr. 4-3 Dvoucestný katalyzátor se dvěma loži [5]

4.2.3 TŘÍCESTNÝ KATALYZÁTOR

Třícestný katalyzátor je výkonný systém ke zpracování výfukových plynů u zážehových motorů. Využívá se k plnění přísných emisních hodnot. Stejně jako u dvoucestného katalyzátoru redukuje množství oxidu uhelnatého CO a uhlovodíků HC , ale navíc redukuje i množství oxidů dusíku NO_x . Třícestný katalyzátor funguje pouze v určité oblasti poměru paliva a vzduchu. To je zajištěno lambda sondou. Jedná se tedy o řízený katalyzátor. [5]



Obr. 4-4 Třícestný katalyzátor s jedním ložem [5]

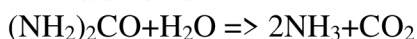


4.3 SCR (SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION)

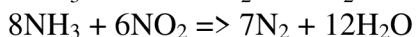
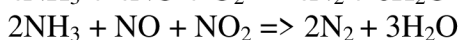
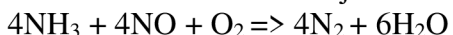
System katalytické redukce se používá ke snižování množství NO_x ve výfukových plynech. Tato koncepce funguje za pomoci aditiva na bázi močoviny, což při smíchání s emisními plyny vytváří chemickou reakci. Konečným důsledkem této reakce je vznik vody a dusíku. Účinnost katalyzátoru na proměnu NO_x je 85-90%, přičemž spotřeba aditiva se pohybuje kolem 6% spotřeby paliva. [10]

Princip činnosti:

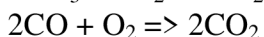
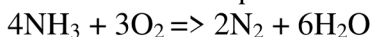
Vstříkovaná redukční látka AdBlue prochází chemickým procesem, výsledkem kterého vzniká amoniak:



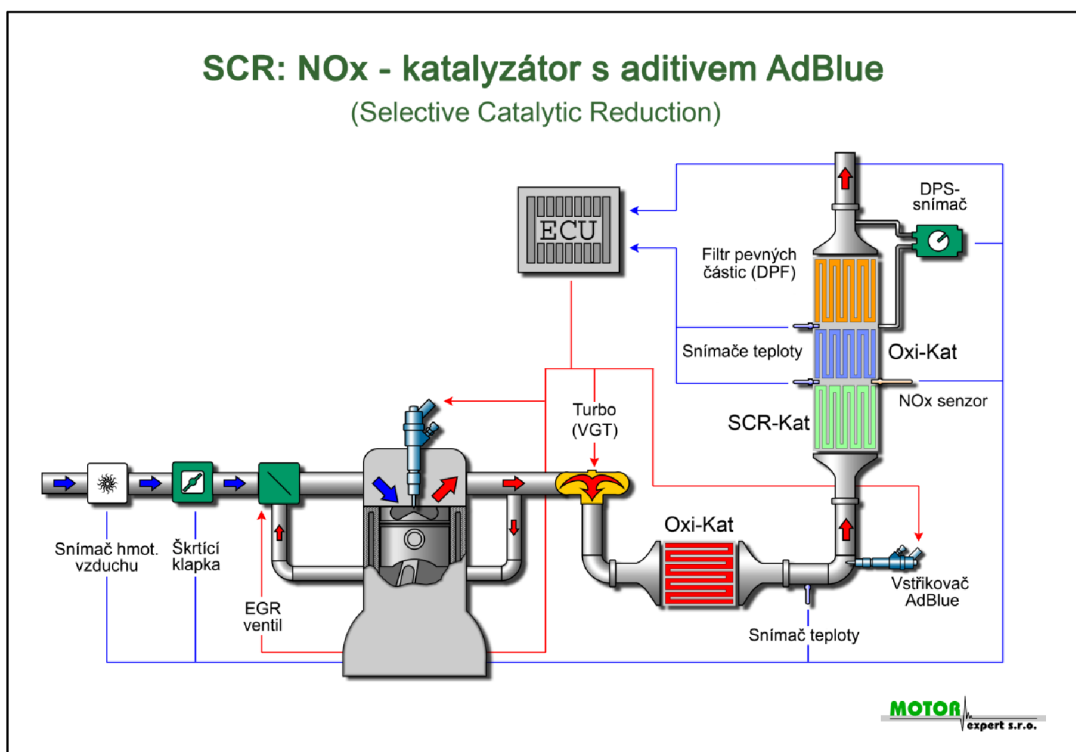
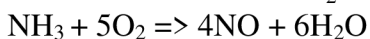
Následně amoniak redukuje NO a NO_2 podle vzorců



Jelikož dochází k předávkování, po redukcí následuje fáze oxidace



Teplota po dobu oxidace nesmí být příliš vysoká, protože NH_3 se samovolně zoxiduje a vznikne znovu NO a NO_2

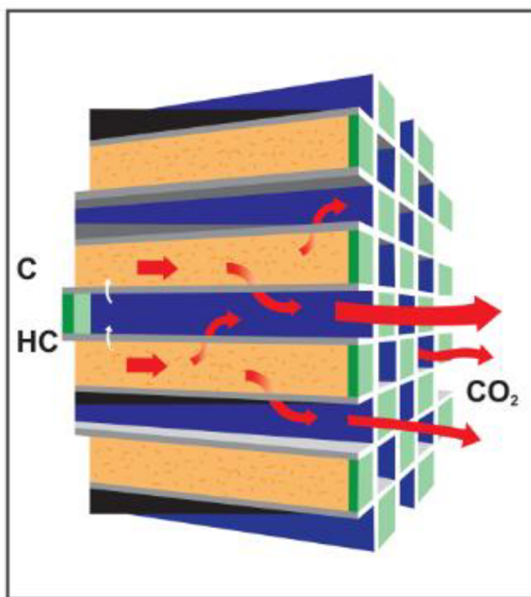


Obr. 4-5 SCR systém [Motor expert s r.o.]



4.4 FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC

Diesellové motory produkují poměrně vysoké množství pevných částic. Takto vzniklé částice nelze odbourat katalyzátorem. Proto byl vyvinut filtr pevných částic označován jako DPF (Diesel particulate filter) nebo také FAP (Filtre a Particules). Toto zařízení využívají vznětové motory k odbourání pevných částic tak, aby plnily danou emisní normu. Základ těchto částic tvoří hlavně částice uhlíku, na které jsou nabalovány uhlovodíky, voda, sulfidy, zbytky oleje a další. [4]



Obr. 4-6 Schéma filtru pevných částic [Motor expert s r.o.]

Prostředky na zvýšení teploty výfukových plynů:

- Vstřík paliva
- Oxidační katalyzátor DOC
- Aditivum
- Vyhřívací spirála
- Katalytický povrch (DPF) [8]

Životnost filtru:

- První generace cca 80 000 km
- Druhá generace cca 120 000 km
- Bezúdržbové – bez nutnosti výměny [8]

Způsoby regenerace filtru:

- Automatická pasivní regenerace – zvýšení teploty výfukových plynů přidáním katalyzátoru
- Aktivní regenerace – RJ motoru dodatečně vstříkne palivo do výfuku, v případě že teplota výfukových plynů nedosahuje požadované teploty na spálení částic
- Manuální regenerace – vykonává se na stojícím vozidle a to v případě, že vozidlo není schopné vykonávat aktivní regeneraci
- Regenerace během jízdy – vykonává se obsluhou za jízdy při dodržení stanovených podmínek [8]

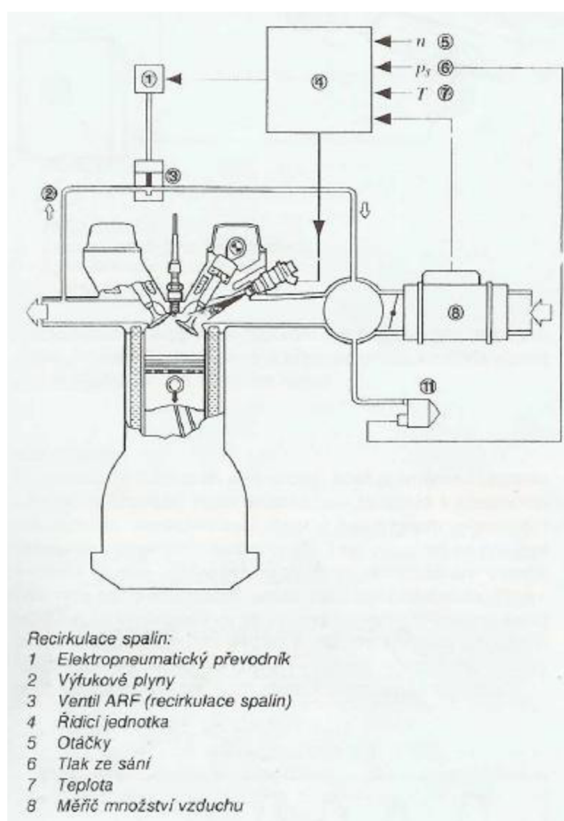


Dochází i k poškození filtru a to zejména nesprávným zacházením s vozidlem. Hlavních příčin je hned několik:

- Používání nekvalitního paliva
- Přehlížení servisních intervalů
- Krátké jízdy po městě
- Častá jízda „brzda, plyn“
- Úprava výfukového systému
- Odstranění katalyzátoru
- Chip tuning, úpravy vstřikování [8]

4.5 RECIRKULACE SPALIN (EGR)

System recirkulace spalin se využívá jen v určitých provozních stavech. Slouží zejména ke snižování špičkové teploty spalování, tím že se výfukové plyny přimíchávají do směsi vzduch-palivo a to vede k redukci emisí NO_x . Recyklace se provádí zejména v oblasti středního výkonu. Množství recirkulovaných plynů tvoří u zážehových motorů cca 10 %, u vznětových až 20 %. Nejčastěji je využíván tzv. EGR-ventil (ARF), který má za úlohu přidávat do směsi vzduch-palivo výfukové plyny jen, když to vyžaduje provoz. [5]



Obr. 4-7 Recirkulace spalin [5]



ZÁVĚR

Při tvorbě bakalářské práce jsem pochopil složitost celé problematiky ohledně emisních norem EURO 6. Norma musí brát v potaz různé typy vozidel, které se pohybují po komunikacích a to nejen z pohledu velikosti a funkce automobilu, ale i jaký využívá pohon a palivo. To je důvod, proč je celé téma tak obsáhlé. Na každý typ vozidla jsou detailně definované požadavky popsané v normě. Základem jsou zkoušky, jenž musí vozidlo splnit a mají pro každý typ vozidla jiný rozsah. Mezi stěžejní zkoušku patří zkouška typu I. Pokud výrobce chce vyrábět vozidla vyhovující emisní normě EURO 6 je potřeba mít přístup k celé předpisové základně, bez které se neobejde.

Jedním z nejvýznamnějších prvků EURO norem je systém palubní diagnostiky OBD, bez kterého by automobil v dnešní době nemohl správně fungovat. Jedná se o systém, který upozorní řidiče, že se vozidlo chová emisně špatně. Proto je ve vozidlech instalována kontrolka MIL. Kdyby výrobci dokázali vyrobit automobil, kde by nebylo zapotřebí ke snížení emisí použít přídatné prvky ve výfukovém systému a i přesto splňovalo normu EURO 6, systém OBD musí být vždy součástí vozidla.

V důsledku toho, že se ve výfukovém systému částice dělí na čím dál tím menší, je zapotřebí zdokonalovat i zařízení k jejich zadržování a to výrobce vede ke zdokonalování řídicích systémů spalovacích motorů, přípravě palivové směsi a jejich kontrole. Pro výrobce je to nevýhodné jak z ekonomického hlediska tak i konstrukčního a je čím dál tím těžší splnit požadavek na životnost komponentů. Systém se stává komplikovanějším a v tom případě poruchovějším. Tyto změny se odrazí i na konečném spotřebiteli v podobě servisu automobilu.

Ze všech poznatků a informací co jsem získal si myslím, že tato norma EURO 6 je velice přísná, co se týče snižování emisních limitů. Pokud tento trend bude postupovat i nadále, výrobci vozidel se budou muset zaměřit na tvorbu nových konstrukčních prvků a řešení výfukového systému, nebo se orientovat na alternativní pohony, které nebudou zatěžovat životní prostředí. Výrobci se tedy budou muset zaměřit na elektromobily a automobily poháněné alternativním palivem např. sloučeniny na bázi alkoholu, plynné médium jako LPG a CNG, které je dostupnější, snáze se převáží a skladuje nebo také vodík, se kterým je manipulace a přeprava složitější. Při použití těchto alternativních paliv nesmí být překročeny emisní limity stanovené pro konkrétní vozidlo poháněné spalovacím motorem.

Evropská komise si je vědoma skutečnosti, že tlačí na výrobce a donekonečna nemůže nařídit další směrnici zpřísňující emisní limity blížící se k nule. Vědoma si těchto silících názorů pod tlakem předních automobilových výrobců spalovacích motorů a vozidel, vydala směrnici pro motory se spalováním vodíkem, ale doposud nejsou stanoveny mezní hodnoty pro tento druh paliva, protože v laboratorních podmínkách měření škodlivin ve výfukových plynech s tímto palivem nebylo dosaženo očekávané emisní hodnoty „0,“. Z ekonomického hlediska není jednoznačně rozhodnuto, jestli jej využívat jako palivo ve spalovacích motorech nebo jej využít jako palivové články pro výrobu elektrické energie k pohonu vozidel. Dále se ozývají hlasy a upozornění na nebezpečnost zmenšování částic, které opouštějí výfukový systém spalovacího motoru protože, jsou tak malé, že jejich odbourání a filtrace je dosti technologicky problémové a jejich striktní dodržování by vedlo k neúměrným nákladům. V současné době však není plánována žádná drastičtější norma EURO 7.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SAJDL, Jan. Emisní norma EURO. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>
- [2] Oxidy dusíku. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: [3] http://www.csa.cz/cs/portal/quicklinks/about-us/emise/oxidy_dusiku.htm
- [3] DELPHI. *Woldwide emission standards: Passenger cars and light duty vehicles* [pdf]. 2011/2012. 2011 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://delphi.com/emissions-pc>
- [4] SAJDL, Jan. DPF (Diesel Particulate Filter). [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/dpf-diesel-particulate-filter/>
- [5] BOSCH. *Automobilová diagnostika: Diagnostika elektronických systémů motorových vozidel prostřednictvím rozhraní CARB*.
- [6] Evropská unie. Úřední věstník Evropské unie: Předpis č.83 EHK/OSN – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavku na motorové palivo. In: 2011. Dostupné z: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>
- [7] SAJDL, Jan. Katalyzátor. In: [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/katalyzator/>
- [8] MOTOR EXPERT S R.O. [pdf] Filtr pevných částic. 2013.
- [9] VAVŘINA, Jiří. DEKRA AUTOMOBIL A.S. *Funkce OBD*. 2003.
- [10] SAJDL, Jan. SCR (Selective Catalytic Reduction). [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/scr-selective-catalytic-reduction/>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A/F	Poměr vzduchu a paliva air/fuel
ARF	Recirkulace výfukových plynů
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
DFP	Filtr pevných částic
DOC	Oxidační katalyzátor
EGR	Recirkulace výfukových plynů
EHK	Evropská hospodářská komise
EOBD	Evropský palubní diagnostický systém
FAP	Filtr pevných částic
H ₂ O	Vodní páry
HC	Uhlovodíky
MIL	Diagnostická kontrolka
N ₂ O	Oxid dusný
NH ₃	Amoniak
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	Oxidy dusíku
OBD	Palubní diagnostický systém
OSN	Organizace spojených národů
PM	Pevné částice
PN	Počet částic
RJ	Vstřikovací jednotka
SBC	Standardní jízdní cyklus
SCR	Selektivní katalytická redukce
λ	Vzdušný součinitel



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Pracovní cyklus pro zkoušku typu I [6]	12
Obr. 2-2 Základní městský cyklus pro zkoušku typu 1 [6]	13
Obr. 2-3 Cyklus mimo město pro zkoušku typu I [6]	14
Obr. 2-4 Jízdní program [6]	17
Obr. 2-5 Standardní cyklus na zkušebním stavu [6]	18
Obr. 3-1 Závislost emisí NO _x na množství pevných částic [8]	22
Obr. 3-2 Složení pevné částice [8]	22
Obr. 4-1 OBD systém [Motor expert s r.o.]	24
Obr. 4-2 Jednocestný oxidační katalyzátor s jedním ložem [5]	25
Obr. 4-3 Dvoucestný katalyzátor se dvěma loži [5]	26
Obr. 4-4 Třícestný katalyzátor s jedním ložem [5]	26
Obr. 4-5 SCR systém [Motor expert s r.o.]	27
Obr. 4-6 Schéma filtru pevných částic [Motor expert s r.o.]	28
Obr. 4-7 Recirkulace spalin [5]	29

SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 Rozpis podle fází [6]	13
Tab. 2-2 Rozpis podle použitých rychlostních stupňů [6]	14
Tab. 2-3 Rozpis podle fází [6]	15
Tab. 2-4 Rozpis podle použitých rychlostních stupňů [6]	15
Tab. 2-5 Provozní podmínky motoru [6]	16
Tab. 2-6 Maximální rychlost v každém cyklu [6]	17
Tab. 2-7 Standardní cyklus na zkušebním stavu [6]	18
Tab. 2-8 Faktory zhoršení [6]	19
Tab. 2-9 Mezní hodnoty emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků [6]	19
Tab. 2-10 Emisní limity EURO 6 [3]	20



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – CD s bakalářskou prací