

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: **Машинско инжењерство**

Ниво студија: **Мастер академске студије**

Студијски програм: **Машинско инжењерство**

Модул: **Друмски саобраћај**

Предмет: **Испитивање моторних возила и мотора 2**

Број индекса: **312/2011**

Бранимир Ж. Ђурић

**Мерење садржаја издувних гасова ОТО
мотора**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Данијела Милорадовић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- истакне еколошке аспекте дејства издувних гасова моторних возила на окружење,
- прикаже прописе о дозвољеној емисији издувних гасова моторних возила,
- опише савремене методе за мерење садржаја издувних гасова ОТО мотора,
- развије методологију мерења издувних гасова ОТО мотора,
- прикаже резултате мерења и изврши њихову анализу.

Препоручена литература:

- [1] Тодоровић Ј.: „Испитивање моторних возила“, Машински факултет Београд, Београд, 1995.
- [2] Живковић М., Трифуновић Р.: „Испитивање мотора са унутрашњим сагоревањем“, Машински факултет, Београд, 1987.
- [3] Пешић Р., Петковић С., Веиновић С.: „Моторна возила и мотори - опрема“, Универзитет у Бања Луци и Крагујевцу, Бања Лука – Крагујевац, 2008.

Крагујевац, 16.10.2013.

Ментор:

Доц. др Данијела Милорадовић

РЕЗИМЕ

Порастом броја возила из године у годину, повећава се и аеро загађење од коришћења моторних возила и друмског саобраћаја, које негативно утиче на здравље људи и загађење човекове околине, као и на уништавање озонског омотача, што утиче на глобално загревање целе планете Земље. Због тога су донети закони и прописи не само на нивоу држава, већ на нивоу континената и Уједињених Нација.

Због штетног дејства токсичних материја које се налазе у издувним гасовима мотора на околину и живи свет неопходно је ограничити њихове максималне количине. У том циљу су уведени законски прописи који, осим прописивања максималног садржаја токсичних материја, дефинишу поступке, методе мерења и потребну мерну опрему. Због сталног повећања броја возила, неопходно је из године у годину пооштровати законске прописе да би се задржао укупан ниво токсичних материја који се избацује у околину са издувним гасовима возила.

У експерименталном делу мастер рада мерене су штетне компоненте (угљен-моноксид, угљен-диоксид и угљоводоници) у издувним гасовима возила помоћу анализатора издувних гасова типа IPEX D PROTECH. Огледна возила, чији су издувни гасови анализирани су *Застава 101* са погоном на течни нафтни гас и безоловни моторни бензин и *Škoda Citigo* са погоном на безоловни моторни бензин.

Резултати мерења компоненти издувних гасова оба опитна возила су приказани табеларно и упоређени са важећим Европским прописима.

ABSTRACT

As the number of cars has been increasing over the years, the air pollution from the use of motor vehicles and road traffic also has been increased, which adversely affects the human health and the environment as well as destructs the ozone layer affecting the global warming of the entire planet. Therefore, the laws and regulations are adopted, not only at national levels but at the level of the continents and the United Nations.

Due to the harmful effects of toxic substances that are found in engine exhaust gases on the environment and wildlife, it is necessary to limit their maximum levels. Thus, legislation is introduced which, besides prescribing the maximum content of toxic substances, defines the procedures and methods of measurement and the necessary measuring equipment. Due to the ever increasing number of vehicles, it is necessary to tighten the legislation in order to maintain the overall level of toxic substances that are discharged into the environment from emissions of vehicles.

Experimental part of this master thesis contains the measurements of hazardous components (carbon-monoxide, carbon-dioxide, hydrocarbons) in the exhaust gases, measured using D IPEX PROTECH exhaust gas analyzers. The test vehicles which exhaust gases were analyzed are Zastava 101 powered by liquefied petroleum gas and unleaded gasoline and Skoda Citigo powered by unleaded gasoline.

The results of measurement of the exhaust emissions of both vehicles are presented in tables and compared with the current European regulations.

Садржај	
Резиме	
1. Увод	1
2. Еколошки аспекти дејства издувних гасова моторних возила на окружење	4
2.1 Продукти сагоревања у моторима СУС који штетно делују на здравље људи	4
2.2 Потреба за ограничењем максимално дозвољене количине штетних компонената у издувним гасовима мотора СУС на глобалном и локалном нивоу	6
2.3 Утицај ограничења количине штетних материја у издувним гасовима возила на развој његових компонената и система	10
2.3.1 Развој аутодијагностичких система	10
2.3.2 Концепција дијагностике возила	13
2.3.3 Употреба катализатора	14
2.3.4 Технолошка решења која доводе до смањења токсичне емисије издувних гасова ОТО мотора	16
2.3.5 Технолошка решења мотора која доводе до смањења токсичне емисије издувних гасова дизел мотора	18
3. Прописи у вези емисије издувних гасова моторних возила	20
3.1 Постојећи прописи о саставу издувних гасова и њихова примена на мотор уграђен у возило	20
3.2 Прописи у САД о саставу издувних гасова мотора СУС	21
3.3 Јапански прописи о саставу издувних гасова мотора СУС	25
3.4 Европски прописи о саставу издувних гасова	27
3.4.1 Европски прописи о емисији путничких и лаких теретних возила	28
3.4.2 Европски прописи о емисији теретних возила	30
4. Савремене методе за мерење садржаја издувних гасова ОТО мотора	32
4.1 Савремени мобилни системи за мерење садржаја токсичних компоненти издувних гасова моторних возила у друмском саобраћају	32
4.1.1 Мобилни систем OEM-2100	32
4.1.2 Мобилни систем SEMTECH-G фирме Sensors, Inc.	35
4.1.3 Преносни систем Flux-2000 за мерење садржаја издувних гасова	36
4.2 Мерење емисије издувних гасова помоћу уређаја AVL DICOM 4000	37
4.3 Анализатор издувних гасова ACTIGAS Compact 505	38
4.4 Ручни преносни анализатор издувних гасова SCANGAS	39
4.5 Пример мерења садржаја издувних гасова помоћу возних тестова	40
5. Методологија мерења садржаја издувних гасова ОТО мотора	44
5.1 Контрола издувних гасова моторних возила на линијама техничког прегледа	44
5.2 Поступање при контроли издувних гасова моторних возила на техничком прегледу	47
5.3 Контрола издувне емисије ОТО мотора	49
5.4 Ток испитивања на моторима са регулисаним катализатором (REG-KAT)	54
5.5 Предмет мерења	56
5.6 Мерне величине и начин њиховог мерења	56

5.7	Опис експерименталне инсталације	56
5.7.1	Карактеристике коришћеног анализатора издувних гасова	56
5.8	Мерење и испитивање издувних гасова помоћу анализатора издувних гасова	60
5.9	Поступак рада	62
6.	Приказ и анализа резултата мерења	64
6.1	Резултати мерења концентрације издувних гасова на огледном возилу Застава 101	64
6.1.1	Резултати мерења садржаја издувних гасова када је за погонско гориво коришћен течни нафтни гас	64
6.1.2	Резултати мерења садржаја издувних гасова када је за погонско гориво коришћен безоловни моторни бензин	65
6.2	Резултати мерење концентрације издувних гасова на огледном возилу Škoda Citigo	66
6.3	Анализа добијених резултата	67
7.	Закључак	68
	Литература	70

1. Увод

Истраживања су показала да је од укупног аерозагађења које настаје у градовима, поред димњака фабрика, топлана и домаћинства која за огрев користе чврста горива, 50% потиче од коришћења моторних возила и друмског саобраћаја.

На ниво загађења ваздуха од стране моторних возила и друмског саобраћаја утичу следећи параметри:

- старост возила и њихова техничка исправност,
- квалитет и врста погонског горива,
- пропусна моћ улица,
- начин организовања и управљања градским саобраћајем,
- географски положај града. [1]

При експлоатацији моторних возила, мотори као њихови погонски агрегати, избацују у атмосферу продукте сагоревања, који садрже и до 280 различитих материја, од којих неке имају токсична, па и канцерогена својства. За све време постојања, мотори СУС су прошли кроз сложени еволуциони процес и данас су достигли високи степен савршенства. Последњих 40 година, садржај токсичних компоненти у продуктима сагоревања умањио се за 70%, а многи произвођачи мотора и возила маштају о нултој токсичности продукта сагоревања и о „еколошки чистом возилу“. Постојали су покушаји да се мотор СУС замени неким другим мотором, који не би емитовао токсичне компоненте, али су ти покушаји имали ограничен успех. До данас није произведен други мотор, који би обезбедио моторном возилу тај квалитет и те могућности које оно данас поседује. Зато је, на почетку XXI века, мотор СУС и даље остао доминантан погонски агрегат моторних возила. Све ово је произвођаче и кориснике моторних возила довело у стање да често себи поставе питања: „Каква судбина очекује моторна возила?“, „Да ли ће се свет одрећи мотора СУС као погонских агрегата за возила или течних нафтних деривата као горива за моторе СУС?“. Тачни одговори на наметнута питања још нису познати, али је познато да се нафтни извори исцрпљују, смањују се резерве нафте и повећавају цене и да се све више поштравају законски прописи о садржају токсичних компоненти у продуктима сагоревања. Дакле, моторно возило је за нешто више од 120 година донело човечанству два велика проблема (не рачунајући саобраћајне удесе, где број жртава може да се пореди са жртвама ратних дејстава): ресурсни и еколошки. Радикалан начин решавања ових проблема је да се човек одрекне коришћења моторних возила.

Међутим, без њих се живот данас не може ни замислити. Моторно возило је мерило личног стандарда, сапутник у животу и незаменљиви помоћник, тако да недостатак и висока цена течних горива, загађење околине, бука и вибрације нису довољни разлози за умањење његове примене.

Већ неколико десетина година уназад, а нарочито последњих година, светски стручњаци изводе опсежна истраживања да би пронашли јефтино и еколошки чисто алтернативно гориво за моторе СУС. Практичном применом и испитивањем више алтернативних горива, показало се да је природни гас одмах применљиво и најбоље решење када је у питању блиска будућност.

У нашој држави је примена природног гаса у моторним возилима у самом зачетку, али у свету оправдано поприма све веће размере, како са аспекта заштите животне средине, тако и из угла економске оправданости, експлоатације и расположивих ресурса. На улицама већих светских и европских градова све чешће се сусрећу градски аутобуси са натписима: „Природни гас – гориво будућности“, „Природни гас – гориво XXI века“, „Еколошки аутобус“ и сл. Статистички подаци из октобра 2004. године говоре да у свету има око 4 милиона возила на природни гас. Светски лидери су Аргентина (1.300.000 возила) и Бразил (800.000 возила), а европски - Италија (400.000 возила). Број возила на природни гас непрестано се повећава и сматра се да је средњи прираст на годишњем нивоу 20%. Неке процене говоре да се данас у свету користи око 10 милиона возила са погоном на природни гас.

Европска економска комисија је 12. децембра 2001. године донела резолуцију којом се предвиђа да се до 2020. године преведе на природни гас око 10% транспортних средстава Европе, што би чинило популацију од око 23 милиона моторних возила и захтевало експлоатацију око 47 милијарди кубних метара природног гаса на годишњем нивоу.

Смањењем степена пуњења и подпритиска усисавања радне смеше смањује се концентрација азотних оксида $[NO_x]$, јер се повећава количина заосталих продуката сагоревања у цилиндру, која изазива пад температуре циклуса. Ефикасан начин за смањење количине No_x у издувним гасовима је рецикулација дела издувних гасова у усисни систем, од[носно цилиндар. Све мере којима се остварује пад максималних температура циклуса обезбеђују смањење концентрације $[NO_x]$. Структура горива такође утиче на концентрацију оксида азота - најмању количину азотних оксида у издувним гасовима дају горива парафинске базе.

Постоје два начина за смањење количине токсичних компонената у издувним гасовима ОТО мотора и то:

1. Разарање токсичних компонената у издувном систему после напуштања цилиндра, довело је до стварања решења којима су постојећи мотори задовољили законске прописе о загађивању атмосфере. Овај начин смањења не може се сматрати дефинитивним и инжењерски оправданим решењем.
2. Спречавање настанка токсичних компоненти у самом цилиндру мотора, за шта је потребно познавање свих фактора који утичу на њихово стварање: систем образовања радне смеше, радног процеса, конструктивних и радних параметара, горива итд.

Са порастом броја моторних возила и интензивирањем саобраћаја, појачао се и утицај издувних гасова на животну средину. Западно индустријско друштво је од 1968. године почело са ограничавањем емисије штетних гасова моторних возила. У том законском процесу водећу улогу су имале САД. Законске границе емисије штетних материја су се непрестано поштравале.

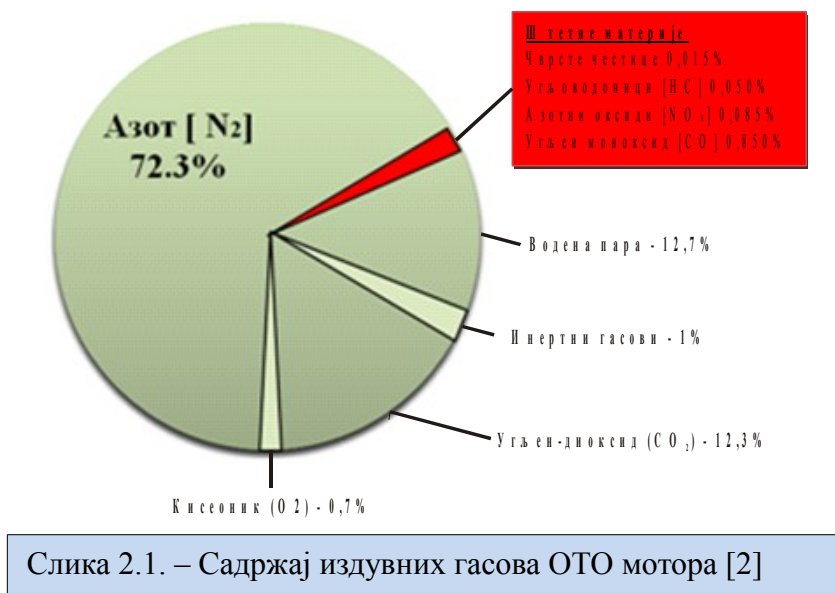
Да би се захтеви законских ограничења емисије штетних материја могли задовољити у свакодневним условима експлоатације возила, постао је неопходан дијагностички систем за надгледање рада компоненти и система у целини одговорних за састав издувних гасова возила. Из тих разлога су сва новија возила опремљена системима који детектују, меморишу и приказују грешке. Познатија као OBD (*On-Board Diagnostic*), ауто-дијагностика је постала међународни термин. Задатак OBD је праћење рада мотора и контрола емисије издувних гасова.

На тај начин се благовремено могу уочити неисправности које би могле оштетити мотор или имати негативне последице по околину, пре него што изазову већа оштећења.

2. Еколошки аспекти дејства издувних гасова моторних возила на окружење

2.1 Продукти сагоревања у моторима СУС који штетно делују на здравље људи

Издувни гасови путничких возила садрже, примарно, безопасне компоненте, као што су: азот, угљен-диоксид, водена пара и нешкодљиви гасови (кисеоник и инертни гасови) које чине ваздух, слика 2.1. Преостале компоненте су типични производи реакција непотпуног сагоревања горива или производи настали реакцијама између почетних супстанци. Поред угљен-диоксида и водене паре, који су природни и коначни производи сагоревања, код возила са контролисаним тро-компонентним катализаторима, само приближно милионити део издувних гасова у издувној цеви су стварни загађивачи. Исти ниво величина важи и за возила са дизел моторима.



Дизел и бензински мотори емитују групу опасних хемикалија од којих су најзначајније [2]:

- бензен,
- формалдехид,
- ацеталдехид,
- бутадиен.

Како још није утврђен ниво концентрације ових отрова опасан по здравље, ниво њиховог ограничења још увек није дефинисан. Загађивачи у овој категорији емитују се у врло малим количинама, али њихова токсичност ипак забрињава.

Азотни оксиди [NO_x] укључују неколико гасних једињења азота и кисеоника која се емитују у процесу сагоревања дизел горива и бензина.

Оксиди азота иритирају плућа и повећавају вероватноћу настанка болести респираторних органа (нарочито астме). Њихов утицај је значајан и у настанку смога.

Смог често иритира слузокожу носа и грла што доводи до кашљања, кијања, па и до гушења. Такође, утиче на рад плућа и дуга изложеност може узроковати трајна оштећења.

Несагорели угљоводоници [НС] су органска једињења у гасовитом стању која настају као продукти сагоревања дизел горива, бензина и алтернативних горива. Угљоводоници се емитују у атмосферу како из издувних цеви возила, тако и приликом пуњења резервоара - испаравањем просутог горива. Системи са течним нафтним гасом и компримованим нафтним гасом су херметички изоловани тако да нема испаравања приликом стандардне операције пуњења.

Угљен-моноксид [СО] је токсичан гас без боје и мириса који се генерише услед непотпуног сагоревања због недостатка кисеоника. Када се удише пола сата, концентрација од само 0.3% угљен-моноксида у ваздуху може довести до смрти гушењем. Пошто се угљен-моноксид претвара у угљен-диоксид у року од неколико часова у присуству довољне количине кисеоника, овај гас има локални утицај на квалитет ваздуха.

Дизел мотори имају знатно већу емисију чврстих честица од ОТО мотора. Ове честице су састављене од тешких угљоводоника и честица сулфата. Имају канцерогени ефекат тако да је потребно да се ограничи људска изложеност овом загађивачу. Величина

ових честица је око 10 [μm] што им омогућава да заобиђу одбрамбени механизам људског тела и да се таложе у плућима.

Величина чврстих честица код модерних дизел агрегата вишеструко је мања (0,05-0,15 μm) што их чини опаснијим, иако је њихов број у односу на моторе старије генерације мањи. Честицама ове величине је лакше да дођу у додир са најосетљивијим ткивом у плућима где могу нанети највише штете. Стандардни метод за мерење емисије чврстих честица заснива се на мерењу масе честица које се таложе на филтеру у односу на познату запремину издувног узрока.

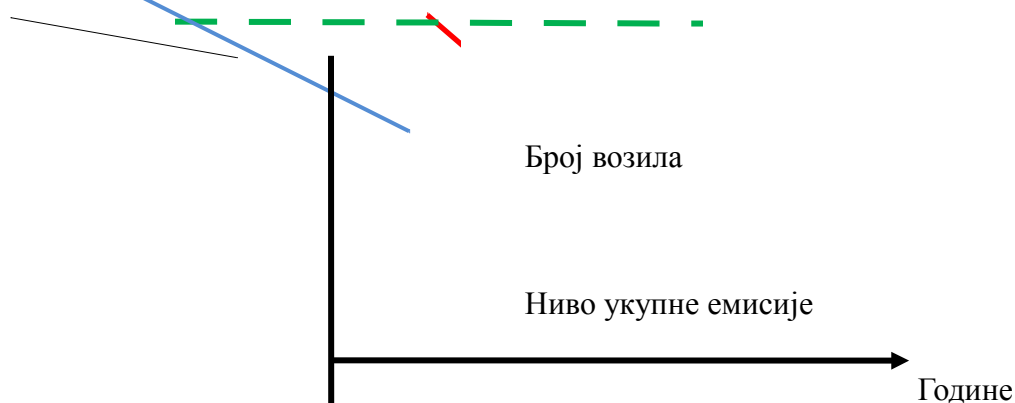
Испитивањима у овлашћеним лабораторијама за моторе и возила утврђене су минималне и максималне количине штетних материја у издувним гасовима возила. Све штетне материје које се ослобађају при сагоревању горива поседују одговарајући степен отровности. Ако се усвоји да је фактор отровности угљоводоника [НС] једнак 1, може се табеларно приказати отровност других материја на основу лабораторијских испитивања, табела 2.1.

Штетне материје	Фактор еколошке опасности
Оксиди угљеника СО	1
Угљоводоници НС	2
Азотни оксиди NOx	70
Оксиди олова PbO	10.000
Тетраетил олова	1.000.000
Бензинопирин	3.000.000

Табела 2.1.- Поређење релативне отровности загађивача [2]

2.2 Потреба за ограничењем максимално дозвољене количине штетних компонената у издувним гасовима мотора СУС на глобалном и локалном нивоу

Због штетног дејства токсичних материја које се налазе у издувним гасовима мотора на околину и живи свет, неопходно је ограничити њихове максималне количине. У том циљу су уведени законски прописи који, осим прописивања максималног садржаја токсичних материја, дефинишу поступке, методе мерења и потребну мерну опрему. Због сталног повећања броја возила, неопходно је из године у годину пооштравати законске прописе да би се задржао укупан ниво токсичних материја који се избацује у околину са издувним гасовима возила. Ти трендови су приказани графички на слици 2.1.



Слика 2.1 - Зависност између пораста броја возила и пооштравања законских прописа [3]

Свет се суочава са озбиљним еколошким проблемима изазваним издувним гасовима моторних возила. Свесне чињенице каква опасност прети свету, многе земље уводе строге прописе ограничавајући садржај штетних материја у издувним гасовима. Загађење ваздуха није само локални или регионални већ и глобални проблем, па се у складу са тим ове мере координирају и спроводе у целом свету. Циљ је смањити емисију штетних гасова, а поготово оних гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Због тога су произвођачи мотора и моторних возила принуђени да улажу огромна средства у истраживање и уградњу додатне опреме која задовољава прописе [3].

Поред свих ових друштвених напора, свет је одлучио и да закрнски уоквири тенденцију за сопственим очувањем тако што ће донети низ аката. Заједничка акција на међународном нивоу би била економичнија, ефикаснија и продуктивнија без обзира што се поједине земље саме одлучују на строге законске прописе по питању емисије штетних гасова и, уопште, очување животне средине.

Најновији акт и уједно најобухватнији је Кјото протокол. Кјото протокол је усвојен на трећој Конференцији чланица оквирне конвенције УН о промени климе, која је одржана у децембру 1997. године у Кјоту у Јапану.

Протокол је ступио на снагу 16. 02. 2005. године. Досада је Кјото протокол ратификовало 144 земаља, укључујући Европску Унију [4].

Задатак Кјото протокола је да:

- промовише, подстиче истраживање, развој и употребу нових и обновљивих извора енергије,
- промовише и подстиче технологије за контролу емисије угљен-диоксида и напредних и иновативних еколошки здравих технологија,
- промовише одрживе облике пољопривреде у светлу разматрања климатских промена,
- ограничава или смањује емисију гасова стаклене баште које не контролише Монреалски протокол.

Највећи успех Кјото протокола је било утврђивање обавеза, ограничења и смањивања емисије шест гасова који стварају ефекат стаклене баште [4]. Ти гасови су:

- угљен-диоксид [CO_2],
- метан [CH_4],
- азот субоксид [N_2O],
- хидрофлуороугљеник [HFC],
- перфлуороугљеник [PFC] и
- сумпорхексафлуорид [SF_6].

На глобалном нивоу, угљен диоксид је највећи узрочник ефекта стаклене баште са око 64%. У последњих 200 година, концентрација угљен диоксида се повећала за 30%, табела 2.2 [4]. Основни извор угљен диоксида је сагоревање фосилних горива.

ВЕК	КОНЦЕНТРАЦИЈА CO_2
XIX	0,0250%
XX	0,0355%
XXI	0,0500%

Табела 2.2.- Пораст концентрације угљен диоксида у задњих 200 година [4]

Други узрочник ефекта стаклене баште, са уделом од 20%, је метан који у саобраћају може настати у секундарној емисији, али не и приликом сагоревања у моторима.

У Кјото протоколу је прогнозиран раст глобалне температуре у наредном периоду од 1 до 6°C, уколико се споразум (протокол) не буде примењивао [4]. Уколико се испоштују све одредбе овог споразума и предвиђеним темпом буду реализовале све утврђене акције, тј. уколико се највећом могућом брзином пређе са фосилних горива на обновљиве изворе енергије (климатске ресурсе, биомаса, ветар, сунце), којих има сасвим довољно, тако да можемо да заборавимо на фосилна горива и нуклеарне електране, пораст температуре ће бити много мањи.

Са становишта наше земље, Република Србија је сукцесор Монреалског протокола, Оквирне конвенције УН о климатским променама и Бечке конвенције. Република Србија је ратификовала и сва четири амандмана Монреалског протокола и Кјото протокол [4]. Овим наша земља прихвата обавезе, али истовремено користи приступ флексибилних механизма у смислу лакшег доношења закона и подзаконских аката на државном нивоу [4]. С тим у вези је и донета Национална стратегија одрживог развоја у којој се истиче:

- приоритет за спровођењем националног програма заштите животне средине,

- одрживо коришћење ресурса и добара,
- подршка коришћењу одрживих извора енергије,
- смањење притиска на природне ресурсе.

Национална стратегија одрживог развоја тежи ка интеграцији и усаглашавању циљева и мера свих секторских политика, хармонизацију националних прописа са законодавством Европске Уније и њихову пуну примену. Као акт управљања животном средином и природним ресурсима у стратегији се наводи утицај економских сектора на животну средину. У те секторе спадају: индустрија, пољопривреда, рударство, енергетика, шумарство, лов, рибарство, туризам увођење чистије производње и наравно саобраћај и транспорт. Поред саобраћаја, извори гасова стаклене баште могу бити и домаћинства, отпад, пољопривреда, шумарство, енергетика, индустрија, сагоревање у индивидуалним котларницама, сагоревање из различитих комерцијалних услова итд, слика 2.2.

У стратегији је констатовано да је наша земља једна од последњих која и даље користи оловни бензин и истакнута је хитност забране ове врсте горива.

Према томе, може се слободно закључити да течни нафтни гас и метан, као горива која су позитивно оцењена са аспекта безбедности употребе, с обзиром на погодност њихове емисије штетних гасова, могу бити озбиљни партнери овој стратегији.

Без обзира на то што спадају у фосилна горива, неоспориве су њихове предности у односу на друга фосилна горива.

Употребом природног гаса, као моторног горива, врло лако се обезбеђују захтеви који се односе на количину и врсте штетних материја које возила емитују у атмосферу. Основни разлози за овакву предност леже у хемијском саставу природног гаса, бољем и лакшем образовању хомогеније смеше са ваздухом као и њено комплетније сагоревање у мотору.

Смањење количине штетних материја у издувним материјама при коришћењу гаса као погонског горива за моторе СУС зависи од врсте мотора који се прилагођава гасном погону, примењене опреме, технологије прилагођавања као и услова експлоатације. Стручњаци се споре да ли је бука загађивач средине или само технички и здравствени проблем што није спречило да се донесу и прописи о дозвољеним нивоима буке која долази од моторних возила са тежњом да ово прописи буду у будућности пооштрени. Сагоревањем гаса у мотору ниво буке смањује се за 5-7 [dB], што је посебног значаја за

Слика 2.2.- Произвођачи ефекта стаклене баште [2]

температура околине има важан утицај на вредност емисије штетних материја које потичу од сагоревања погонског горива. При хладном старту мотора и његовом раду на ниским температурама долази до значајног повећања емисије штетних материја. Коришћење природног гаса умањује ефекте ниских температура на емисију. У табели 2.3 дати су подаци о максимално дозвољеним количинама штетних материја у издувним гасовима моторних возила по EURO стандардима.

Штетне материје	EURO-2 [gr/KWh]	EURO-3 [gr/KWh]	EURO-4 [gr/KWh]	EURO-5 [gr/KWh]
	1996.	2000.	2005.	2008.
Азотни оксиди NOx	7	5,5	3,5	2
Угљен моноксид CO	4	0,66	0,46	0,46
Несагорели угљоводоници	0,15	0,10	0,02	0,02

Табела 2.3. - Дозвољене емисије по EURO стандардима [5]

2.3 Утицај ограничења количине штетних материја у издувним гасовима возила на развој његових компонената и система

Емисија штетних материја у издувним гасовима моторних возила се могу контролисати, најчешће, на два основна начина:

- побољшањем квалитета сагоревања смеше и
- додатним прочишћавањем издувних гасова.

Остали начини су, на пример: обезбеђивање додатног простора за оксидацију, који се назива каталитички конвертор (катализатор), сакупљање бензинских и дизелских пара и њихово враћање у усисну грану, селективна редукција (SCR) и друго. То су, ипак, конструктивна решења која служе основним.

Од увођења EURO II емисионих стандарда средином 1990-их, регулисани катализатор је постао стандард за аутомобиле произведене у Европи. Сходно наведеном може се закључити да концентрација штетних издувних гасова зависи од читавог низа конструктивних детаља. Са једне стране, морају се задовољити строги захтеви хомологације који дефинишу граничне вредности емисије издувних гасова, а са друге стране је захтев за што мањом потрошњом горива, што већом снагом и обртним моментом, одговарајућом трајношћу и гаранцијом.

2.3.1 Развој аутодијагностичких система [4]

Са сталним поопштравањем дозвољених вредности емисије издувних гасова од седамдесетих година прошлог века, повећао се и број механичких и електричних компоненти на моторима. Неисправности тих нових компоненти су биле почеле да сервисима представљају проблем приликом дијагностицирања. У циљу превазилажења таквих проблема, крајем седамдесетих су се јавили први, мада веома једноставни, дијагностички системи интегрисани са возилом. Њихову појаву је омогућио развој сложенијих електронских управљачких јединица. Истовремено, повећавао се и број нових или унапређених сензора и актуатора, тиме и више електричних система у возилу и њихових прикључака. Последица таквог развоја било је несигурно дијагностицирање

грешке у случају отказа или неисправности. Да би се ситуација поправила, од 1984. године се све већи број возила опрема побољшаним системом детекције грешака, са меморијом кодова грешака и ауто-дијагностичким системом. У погледу примене таквих ауто-дијагностичких система постојали су различити приступи. То је за резултат дало велик број различитих варијанти система, интерфејса, адаптера, скенера и кодова грешака. Због тога је у много случајева дијагностика грешака била могућа само у боље опремљеним овлашћеним сервисима.

OBD

Наведени проблем је најпре уочен у САД, где је од 1984. године донета одговарајућа законска регулатива. Тим законским одредбама су аутодијагностички системи били прописани у Калифорнији од 1988. године, а од 1989. и у остатку САД. У питању је био једноставан аутодијагностички систем („On-Board Diagnostics” - OBD). Од таквог система се тражило да региструје, меморише и приказује грешке на компонентама од утицаја на емисију издувних гасова. У првој верзији се могао пратити само рад компоненти које су биле у директној вези са управљачком јединицом. Грешке су биле пријављиване путем лампице – индикатора грешке. Очитавање је вршено тумачењем кодова добијених трептањем лампице.

OBD II

OBD II је од 1. јануара 1996. године у САД постао обавезан за путничка и лака теретна возила. У употребу је ушао дијагностички систем који поседује много више функција. Поред компоненти за регулисање емисије издувних гасова, сада се користе и неке друге функције и системи. Откази и одступања су смештани у трајну меморију. Осим тога, у циљу помоћи при дијагностицирању, били су меморисани и радни услови при којима је дошло до неке грешке.

EOBD

У Европи се истовремено са EURO III стандардом за емисију издувних гасова, од 1. јануара 2000. појавила европска верзија OBD система - EOBD. EOBD се односи на путничка и лака теретна возила са бензинским мотором. Од 2003. године EOBD је обухватио путничка и лака теретна возила са дизел мотором.

У основи, EOBD одговара америчком OBD II. Ипак, „ублажен“ је по неколико основа:

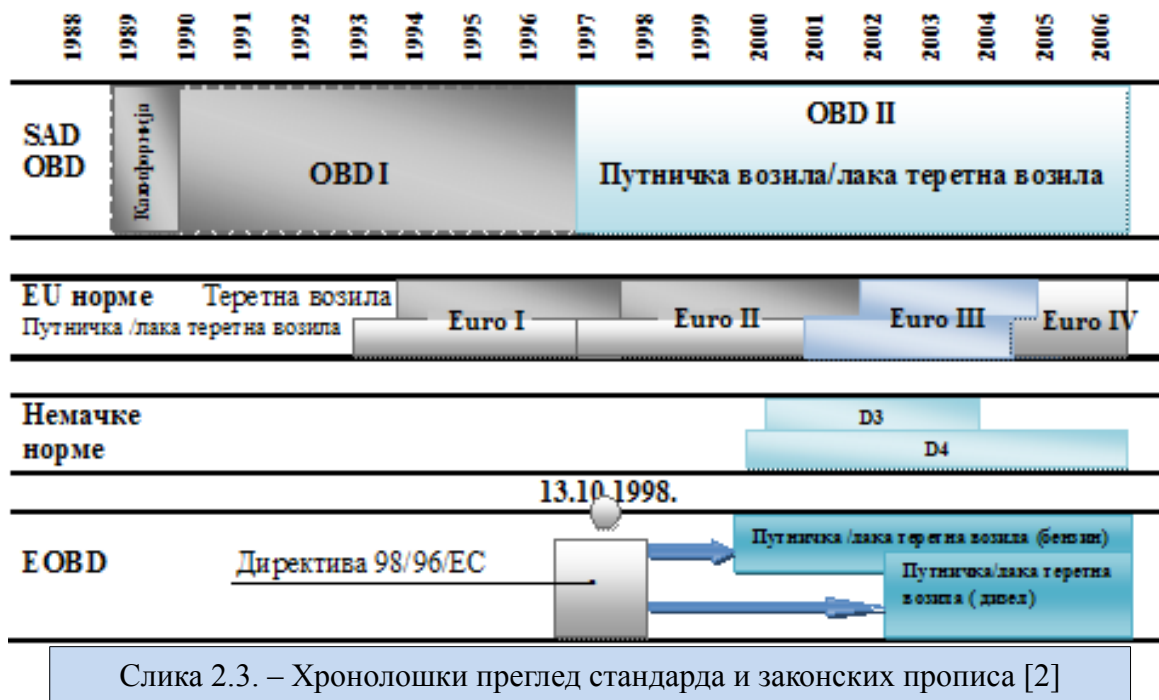
- Не тражи се тест заптивености система за напајање горивом.
- За рецикулацију издувних гасова, систем за додатни ваздух и систем вентилације резервоара за гориво се тражи само исправност рада и електрична повезаност појединачних елемената. Тест ефикасности тих компоненти није потребан код EOBD. Међутим, постоје произвођачи чија возила задовољавају OBD II стандарде широм света.

У литератури и у свакодневном разговору често постоје забуне око употребе различитих израза, као што су OBD, EOBD, EU и EURO [2]. Разлике између одређених норми везаних за састав издувних гасова и закона у вези OBD су:

- EURO I, EURO II и EURO III стандарди за емисију издувних гасова (EU I, EU II, EU III) представљају законске прописе за контролу емисије издувних гасова у ЕУ;
- Немачки прописи за емисију издувних гасова (на пример, D3 и D4) су уведени због пореских олакшица;
- OBD I и OBD II се односе на америчке прописе у вези аутодијагностичких система у возилима.

- EOBD је европска верзија америчког OBD II прописа.

Увођење EOBD није у директној вези са стандардима за емисију издувних гасова у Европској Унији. Због тога се поједини рокови за увођење морају разматрати независно једни од других. На слици 2.3 приказан је хронолошки преглед стандарда и законских прописа [4].

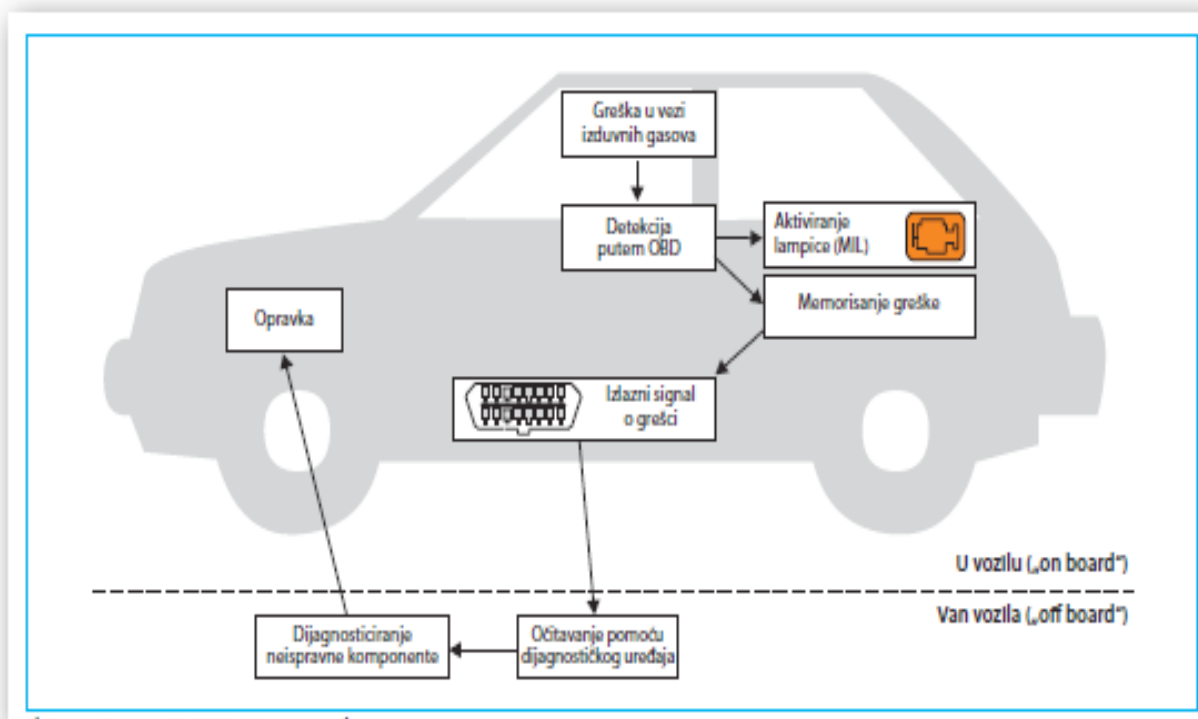


Законска основа за EOBD је директива Европског парламента 98/69/EC [6]. Та директива се односи на ограничења и захтеве прописане EURO III нормама. Стандард за емисију издувних гасова EURO III предвиђа увођење аутодијагностичког система EOBD. EOBD је обавезан:

- Од 1. јануара 2000. г. за сва нова сертифицивана путничка и лака теретна возила са бензинским мотором,
- Од 1. јануара 2001. г. за сва нова регистрована путничка и лака теретна возила са бензинским мотором,
- Од 1. јануара 2003. г. за сва нова сертифицивана путничка и лака теретна возила са дизел мотором.
- Од 1. јануара 2004. г. за сва нова регистрована путничка и лака теретна возила са дизел мотором [6].

2.3.2 Концепција дијагностике возила

OBD систем не контролише сам квалитет издувних гасова, већ се његов рад заснива на провери исправности функционисања компонената које утичу на састав издувних гасова. На слици 2.4 је приказан принцип рада аутодијагностичке функције [7].



Слика 2.4. – Концепција OBD система у возилу [7]

Управљачка јединица мотора је проширена функцијама које обухватају OBD. У зависности од компоненте, дијагностика се врши стално или циклично. Статус извршене дијагностике се представља преко кода спремности. Грешке које утичу на емисију издувних гасова се региструју и меморишу као грешке које нису прихваћене (одбачене грешке). Ако се иста грешка јави у наредном циклусу вожње под истим условима или се понавља током неког временског периода, биће означена као потврђена грешка и меморисана у OBD. Лампица индикатор грешке ће се активирати.

Поред тих грешака, биће меморисани и остали подаци о радним условима и условима околине који су владали када су се те грешке појавиле тзв. „Freeze frames“. Ако се током надзора система установе одступања која ће изазвати прекорачења дозвољене вредности емисије издувних гасова или због којих може доћи до оштећења катализатора, активираће се лампица - индикатор грешке. Меморисани подаци се могу очитати помоћу дијагностичког уређаја повезаног преко дијагностичког прикључка - интерфејса [7].

2.3.3 Употреба катализатора

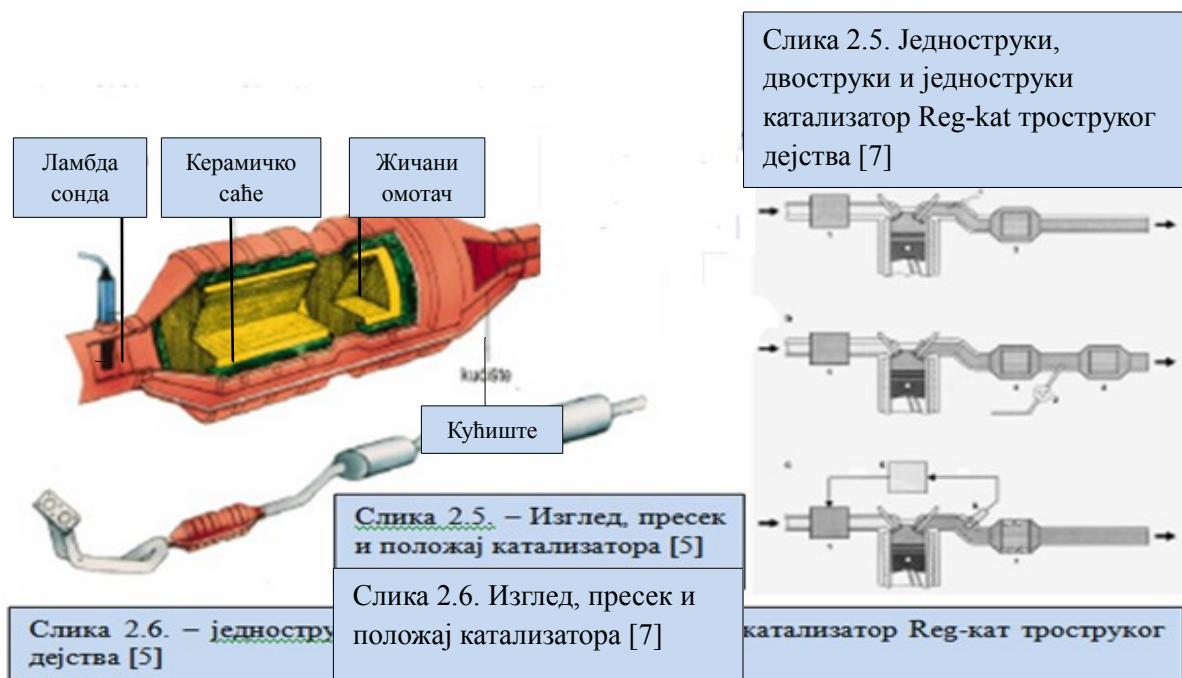
Катализатори су хемијске супстанце које утичу на хемијску реакцију, а да при томе саме остану непромењене. Код возила катализатори, слике 2.5 и 2.6, се користе за пречишћавање издувних гасова :

- азотови оксиди се претварају у угљен-диоксид и азот,
- угљен-моноксид оксидацијом прелази у угљендиоксид,
- угљоводоници оксидацијом прелазе у угљен-диоксид и воду [7].

Због тога је катализатор једна од најважнијих компоненти у смислу контроле емисије издувних гасова.

Садашња технологија подразумева примену регулисаних катализатора. У том систему се мотор напаја контролисаном смешом горива и ваздуха чији састав варира око вредности коефицијента вишка ваздуха, $\lambda=1$. Састав смеше регулише управљачка јединица мотора. Ламбда сонда постављена испред катализатора мери заостали кисеоник у издувним гасовима. Одговарајући напонски сигнал служи као контролна вредност за управљачку јединицу мотора.

Катализатор своју пуну радну способност постиже у распону температура од 350 до 750°C. Гориво које садржи олово и температуре преко 1000°C могу уништити катализатор. Због тога што катализатор има велик утицај на контролу емисије штетних гасова, OBD систем надзире његов рад.



Да би се пратило стање катализатора, друга ламбда сонда која се налази иза катализатора, мери садржај заосталог кисеоника у издувним гасовима.

Напонски сигнал са прве ламбда сонде се пореди са сигналом који даје секундарна ламбда сонда иза катализатора [7].

Катализатори су увек постављени у првом издувном лонцу до мотора и захваљујући материјалу од ког су направљени у њима се одвија хемијско претварање штетних издувних гасова [CO], [HC], [NOx] у [CO₂], [H₂O] и [H₂]. Наравно да се применом ових уређаја то не дешава у потпуности, али итекако доприноси смањењу штетне емисије.

Једноструки (оксидацијски) катализатори који су редуковали само [CO] и [HC] више се не уграђују у савремена возила. Исто важи и за двоструке (оксидацијске и редукцијске) који су се састојали од два кућишта - лонца. Катализатор троструког дејства се састоји од саћасте носиве структуре кроз коју струји издувни гас.

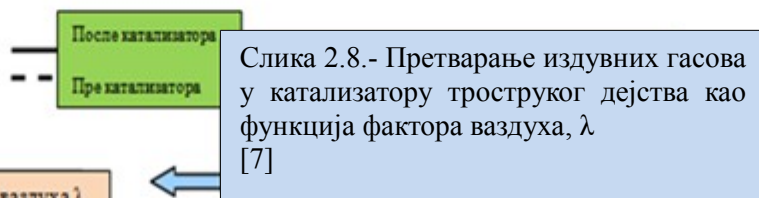
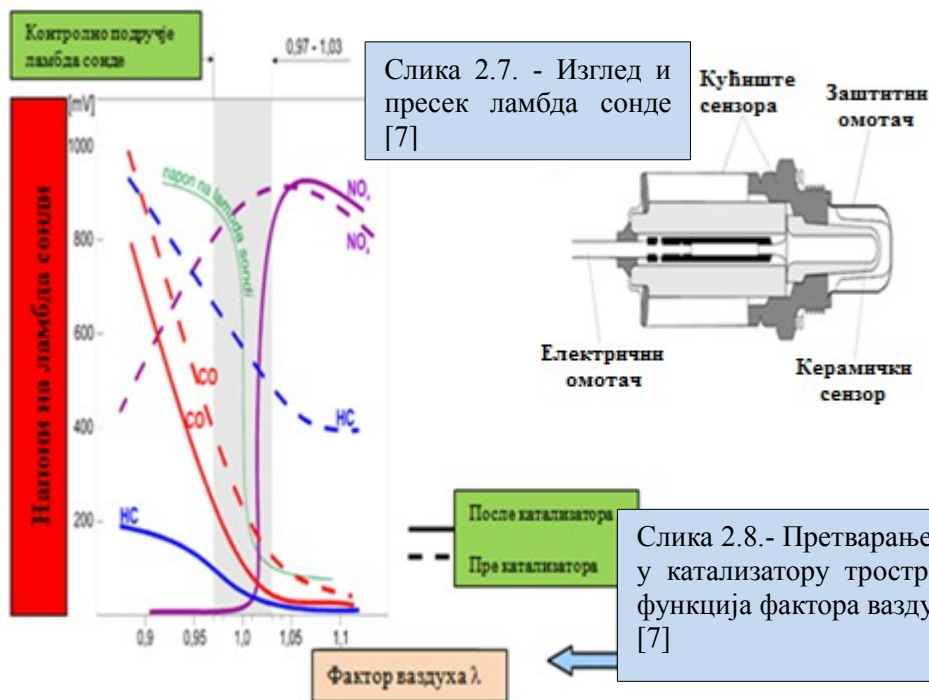
На керамику или метал обавезно се наноси слој алуминијског оксида чији је задатак да повећа активну површину преко које струји издувни гас [7].

На такав начин се повећава активна површина катализатора за приближно 7000 пута. На крају се поставља каталитички слој, код обичних оксидацијских катализатора за каталитички слој су се употребљавали племенити материјали платина или паладијум. Код катализатора с троструким деловањем још се употребљава и родијум. Количина племенитих метала у једном катализатору износи од 1 до 3 грама, зависно од радне запремине мотора, односно запремине катализатора [7].

Између кућишта - лонца и саћасте структуре је постављен компензацијски слој (жичано или полимерно плетиво) који придржава саћасту структуру у лонцу и има задатак да преузме на себе евентуалне механичке ударце у кућиште катализатора и компензује различита температурна растезања кућишта и самог катализатора. Осим катализатора троструког дејства на бензинским моторима с директним убризгавањем бензина обвезно се користе и тзв. [NOx] акумулаторски катализатори.

Бензински мотори с директним убризгавањем горива у доњем радном подручју броја обртаја раде са сиромашном смешом, па није могуће квалитетно претварање [NOx] у обичном катализатору троструког дејства [7]. Због тога се користе посебни катализатори код којих се [NOx] прво акумулира, те накнадно претвара у мање штетне гасове.

Ако се катализатор загреје на веће температуре од 800°C или 1000°C долази до уништења катализатора. До прегревања катализатора најчешће долази услед лошег паљења или изостанка паљења на неком од цилиндара мотора, када већа количина несагорелог горива доспева у катализатор у коме се онда одвија секундарно сагоревање. Потребно је напоменути да мотори који су опремљени катализатором морају радити са безоловним бензином. Олово из бензина трајно уништава племените метале у катализатору тако да он више не врши своју функцију [7].



2.3.4 Технолошка решења која доводе до смањења токсичне емисије издувних гасова ОТО мотора

Све строжији законски прописи из области дозвољене емисије токсичних компонената у издувним гасовима возила са ОТО моторима могу се задовољити на следеће начине:

- конструктивним мерама, новим каталитичким технологијама и
- реформулацијом горива и мазива [4].

Ове мере захтевају нова конструктивна и технолошка решења, чија је динамика увођења приказана на слици 2.9. Конструктори мотора су прве интервенције урадили на систему за припрему смеше и на систему паљења са циљем да се на самом извору смањи настајање отровних продуката. Како је квалитет смеше од битног значаја за потпуност сагоревања горива у цилиндру и самим тим за стварање отровних продуката сагоревања, том систему се и данас посвећује посебна пажња. У систему за напајање горивом ОТО мотора данас су возила са карбуратором права реткост. Практично је појединачно убризгавање у уисни вод постало стандардна варијанта за савремене моторе, а онда је уведено директно убризгавање бензина (ДУБ) у цилиндар.

Прописи	ECE R 15					Евро норме	EU 93	EU 96 Euro 2	Euro 3	Euro 4
	00	01	02	03	04					
Мере за смањење емисије										
	Оптимизирање квалитета и састава смеше									
	Оптимизирање система за паљење									

1970 10/75 10/77 10/79 10/84 10/91 7/92 1996 2000 2005

Слика 2.9. – Развој опреме ОТО мотора [4]

Убризгавање бензина директно у цилиндар први пут је примењено 1938. године у шпанском грађанском рату, на моторима авиона ловаца Messerschmit 109. Тај систем за убризгавање бензина развио је Robert Bosch и његова компанија и носио је ознаку Me 109. Данашњи системи Bosch-а имају ознаку Motronic MED7.

Шездесет година касније, директно убризгавање бензина је поново актуелно јер је постало технолошки доступно, а његова примена омогућава смањење потрошње горива, емисије [CO₂] и токсичне емисије. Наиме, мотор са директним убризгавањем бензина емитује исту количину [CO₂] као и данас усавршени дизел мотор са директним убризгавањем.

Предности директног убризгавања бензина су видљиве само ако мотор ради са сиромашном смешом. Тада стандардни трокомпонентни катализатор не може ефикасно да редукује емисију [NOx]. Због тога се данас интензивно ради и на развоју катализатора за [NOx] при раду са сиромашним смешама [4].

Паралелно са интервенцијама на систему за припрему смеше, вршено је усавршавање и оптимизирање система за паљење у смислу појачања енергије варнице, због сигурног упаљења и сиромашне смеше, јер неколико изостајања упаљења смеше у цилиндру може уништити катализатор, као и оптималне промене угла претпаљења у читавом опсегу рада мотора.

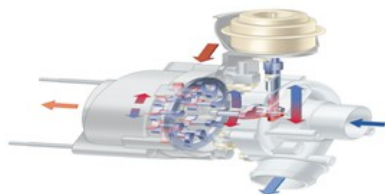
2.3.5 Технолошка решења мотора која доводе до смањења токсичне емисије издувних гасова дизел мотора

Нека од конструктивних решења за побољшање сагоревања смеше код дизел мотора у циљу смањене штетне емисије издувних гасова су:

- обликовање компресионог простора у коме се дешава процес сагоревања смеше;
- преднабијање и хлађење сабијеног ваздуха;
- повраћај издувних гасова у усисну грану (EGR);
- одређивање тренутка почетка и завршетка убризгавања горива;
- накнадна обрада издувних гасова (катализатор и филтер);
- опремање мотора бољим системима за напајање горива.

Једно од највише коришћених конструктивних решења, које се врло често користи код дизел мотора, је преднабијање усисаног ваздуха. Са преднабијањем усисаног ваздуха се, осим смањења садржаја азотних оксида и смањења зацрњења издувних гасова, постиже повећана снага мотора, уз исту радну запремину. Преднабијањем се у мотор убацује већа количина ваздуха од оне коју би сам мотор усисао.

Најчешће извођење преднабијања је помоћу турбине коју покреће кинетичка енергија издувних гасова. Да би се ограничио притисак преднабијања на оптимални и при томе заштитила сама турбина и мотор, у овакве системе обавезно се поставља регулаторни (растеретни) вентил који има задатак да у случају повећања притиска у усисној грани омогући пролаз издувним гасовима поред турбине. Регулација притиска преднабијања може се извести и без растеретног вентила, али се тада уграђује турбина променљивог положаја статорских лопатица ("турбина променљиве геометрије"), слика 2.10 [7].



Слика 3.2. – Турбина променљиве геометрије [7]

Потребно је напоменути да, због тога што дизел мотори раде са великим фактором вишка ваздуха, код њих није била могућа примена регулисаних катализатора троструког дејства, већ су се примењивали само нерегулисани катализатори који редукују угљен моноксид и несагореле угљоводонике, тзв. оксидациони катализатори.

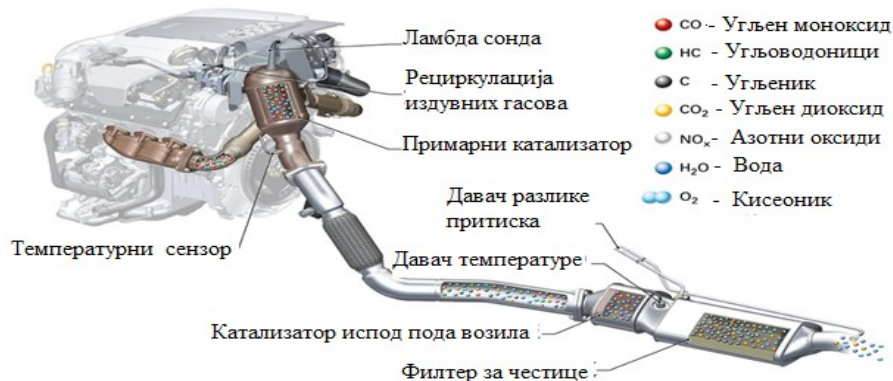
Данас се на савремене дизел моторе (Еуро IV) уграђују катализатори троструког дејства. Угљоводоници се могу појављивати у облику чврстих честица, па ови катализатори донекле редукују те чврсте честице у издувном гасу.

На дизел моторима новије генерације поставља се и широкопојасна ламбда сонда чија је улога да управља радом EGR вентила. Поред свега наведеног, основни проблем дизел мотора је чађ - чврсте честице, и тај проблем није решен употребом катализатора.

Најновије решење које се примењује на савременим лаким и тешким возилима је уградња селективних каталитичких редуктора - SCR катализатора. Испред њих се убризгава уреа и у њима настаје редукција честица и азот-оксида.

Због наведеног се код „лаких“ возила у издувном систему, после катализатора, постављају филтери честица чађи. Њихов задатак је да прикупљају чађ која у поступку сагоревања излази из мотора, а када сензори пада притиска који су постављени испред и иза ових филтера, „осете“ да је филтер чађи напуњен, програм који управља радом мотора (ECU), додатно укључује секундарно убризгавање горива које се одвија док је издувни вентил на глави мотора већ отворен тако да у издувном систему порасте температура издувних гасова. Порастом температуре издувних гасова долази до самосагоревања честица чађи у филтеру. Ови филтери су по облику, димензијама и начину уградње у издувном систему врло слични катализатору, па се не могу разликовати на први поглед [7].

На слици 2.11 је приказан филтер честица који је уграђен у издувну цев дизел мотора. Издувни систем овог мотора опремљен је са два катализатора, ламбда сендом за управљање радом EGR вентила, температурним сензорима за управљање радом система за убризгавање и сензорима пада притиска испред и иза филтера честица.



Слика 2.11. – Филтер честица уграђен у издувну цев дизел мотора [7]

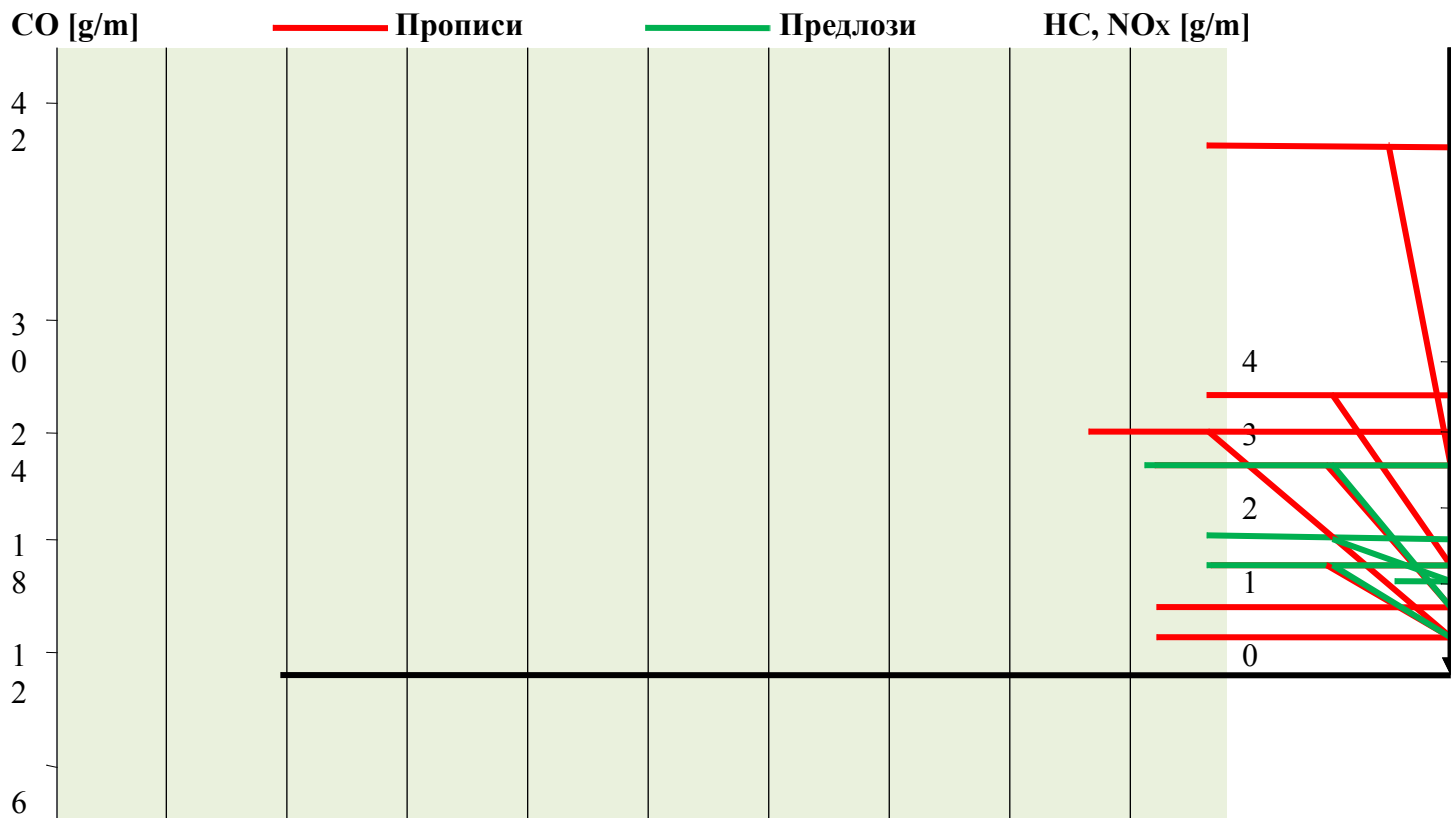
3. Прописи у вези емисије издувних гасова моторних возила

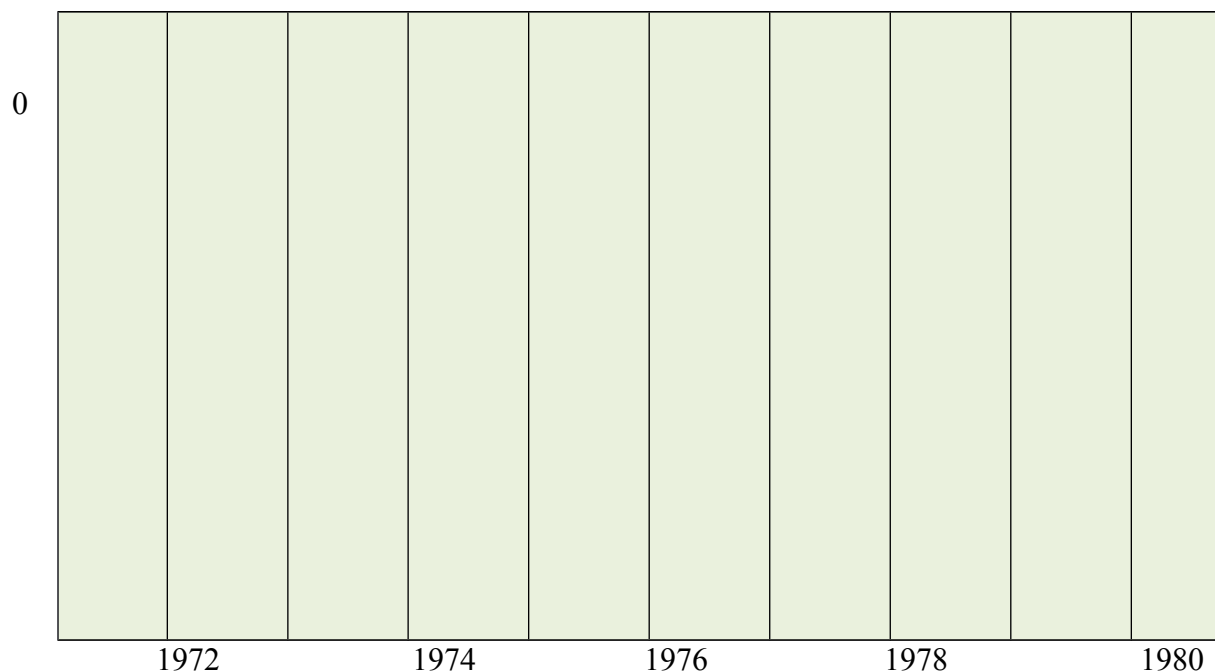
3.1 Постојећи прописи о саставу издувних гасова и њихова примена на мотор уграђен у возило

Интезиван развој аутомобилске индустрије и пораст броја возила, посебно у великим градовима, учинио је да возила постану један од најопаснијих загађивача атмосфере. Једина мера која се у таквој ситуацији могла предузети у циљу заштите животне средине била је ограничавање садржаја токсичних компонената у издувним гасовима мотора. Стање је било доста забрињавајуће, тако да су многе државе донеле прописе о саставу издувних гасова као законске прописе са обавезом поштовања од стране произвођача и корисника аутомобила [3].

Прописи су из године у годину пооштравани. Како многи произвођачи мотора нису могли да их прате, долазило је до њиховог одлагања за наредни период. Дијаграм на слици 3.1 приказује такво стање у периоду од 1972. – 1980. године [3].

Како би се контролисао састав издувних гасова, било је неопходно развити методе и уређаје за њихову анализу. Постојећи мерни уређаји нису погодни за мерење састава издувних гасова у току експлоатације возила (у условима градске вожње, нпр.). Због тога су уведени еквивалентни циклуси вожње (возни тестови) чијим коришћењем је било могуће симулирати у лабораторијским условима стварне режиме кретања возила и за њих измерити састав издувних гасова.



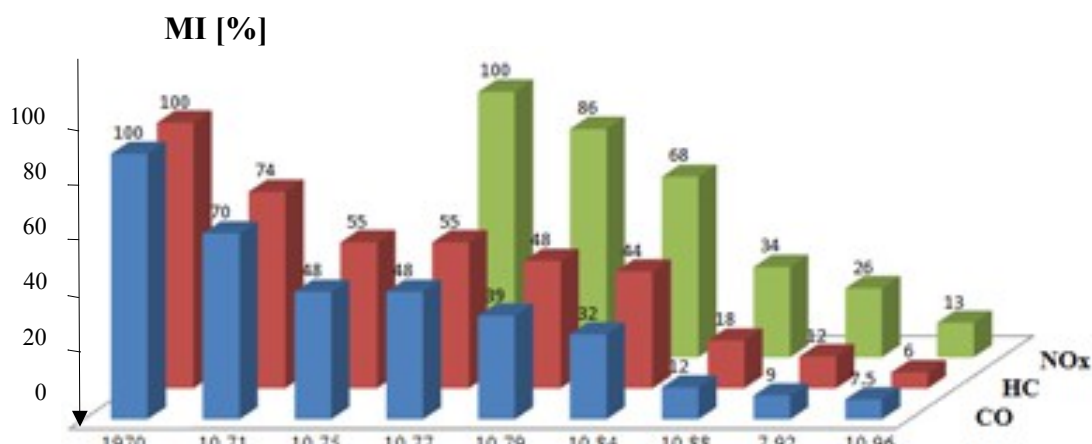


Слика 3.1. Прописи о саставу издувних гасова у САД-у и предлози за њихово одлагање [3]

3.2 Прописи у САД о саставу издувних гасова мотора СУС

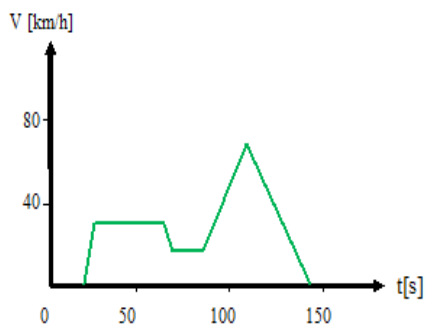
У САД, као водећем светском произвођачу аутомобила и државом са највећим степеном моторизације, први прописи су се појавили још 1961. године, да би ступили на снагу у држави Калифорнији 1966. године. У САД, савезне прописе доноси ЕРА (Environmental Protecting Agency), док прописе за Калифорнију доноси CARB (Californian Air Resources Board).

Прва уредба о чистом ваздуху, “Clean Air Act”, је усвојена у Конгресу САД, 1970. године. Данас је емисија из путничких моторних возила смањена за више од 95% у односу на те почетне вредности, слика 3.2.



Слика 3.2 – Смањење граница дозвољене емисије штетних гасова код моторних возила [3]

Дијаграм 3.2 приказује возну криву теста по „Калифорнија” циклусу [3].



Слика 3.2. – Режим вожње по Калифорнија циклусу [3]

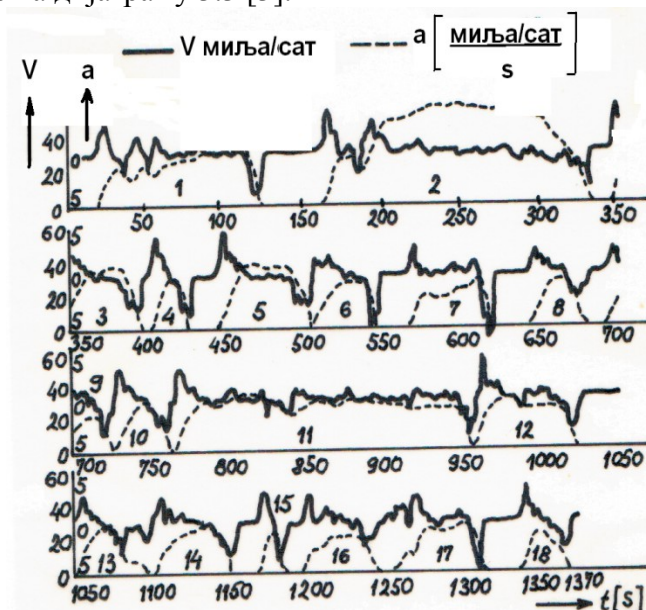
Услови за извођење теста по „Калифорнија” циклусу су: хладан старт (најмање 12 сати кондиционирања), понавља се 7 пута, узорци се узимају континуално, континуална мерења и обрада фаза, посебно се узимају у обзир радна стања и количина гасова се израчунава.

При извођењу теста по „Калифорнија” циклусу потребна је континуална анализа, утицај радних услова је познат, протоци гасова се не мере већ се рачунају, обрада резултата је сложена и возни програм је идеализован. Граничне вредности емисије токсичних материја у издувним гасовима возила у САД до 1972. године приказане су у табели 3.1.

Година производње	Гас [g/m]	Серија [g/m]	Прототип [g/m]
1971.	CO	23.0	19.0
	HC	2.2	2.0
	NO _x	4.0	3.5
1972.	CO	23.0	19.0
	HC	1.5	1.4
	NO _x	3.2	3.0

Табела 3.1 – 1973. године замењен са CVS - тестом [3]

Од 1972 .године уведен је федерални циклус, CVS – тест (Constant Volume Sample) који од 1973. године важи за све државе САД (укључујући и Калифорнију). Режим вожње по овом тесту дат је на дијаграму 3.3 [3].



Слика 3.3 – Режим вожње по CVS тесту [3]

Услови за извођење циклуса по CVS тесту су: хладан старт (најмање 12 сати кондиционирања, вози се једном, континуално се узима проба у једну кесу, мерење је интегрално, без узимања у обзир појединих фаза, одређује се количина гаса у смеши (као помоћна вредност за проток) и мери се количина испареног горива из система за напајање.

При извођењу циклуса по CVS тесту врши се интегрална анализа без могућности раздвајања утицаја појединих фаза, трајање теста је око 25 минута, утврђује се проток гасова, а стварни режим вожње у Лос Анђелесу и мерни инструменти су компликованији него код „Калифорнија” теста.

Граничне вредности код CVS теста су приказане у табели 3.2

Година производње	Гас [g/m]	САД	Калифорнија
1973.	CO	39.0	39.0
	HC	3.4	3.2
	NO _x	3.0	3.0
1974.	CO	39.0	39.0
	HC	3.4	3.2
	NO _x	3.0	2.0

Табела 3.2 – Граничне вредности код CVS теста (количина испареног горива за возила до 1977. године – 2 g/тесту) [3]

У међувремену су уведене и модификације CVS теста као што су [3]:

- CVS – C који се вози по CVS – 72. процедури, скупљање узорака по сталној запремини, а ознака C је за хладан старт;
- CVS – CH све исто као код CVS – 72. стим што се првих 505 s вози још једном

Тест CVS – 72. је замењен тестом CVS – 75. и услови за његово извођење су следећи: хладан старт (најмање 12 сати кондиционирања), вози се једном па се мотор искључи и остави да мирује 10 минута, затим се поново стартује (топао мотор) и још једном вози до истека 505 [s], узорци се скупљају у три кесе на следећи начин: у прву кесу од 0 – 505 [s], у другу кесу од 505 – 1370 [s] и у трећу кесу се скупљају узорци из друге возње од 0 – 505 [s], резултати се добијају после интегралног мерења у све три кесе, могу да се добију међурезултати за „загревање” и „стабилну” фазу теста, одређује се запремина гаса у смеши (као помоћна вредност за проток) и мери се количина испареног горива из система за напајање.

При извођењу теста CVS – 75, трајање теста је око 40 минута и мере се врло мале количине узорака.

Граничне вредности по CVS тесту су дате у табели 3.2

Година производње	Гас	Путничка возила, g/m	Лака теретна возила, g/m
----------------------	-----	-------------------------	-----------------------------

		САД	Калифорнија	САД	Калифорнија
	CO	19.0	9.0	20.0	20.0
1975/76	HC	1.5	0.9	2.0	2.0
	NO _x	3.1	2.0	3.1	2.0
	CO	15.0	9.0	-	-
1977/78	HC	1.5	0.41	-	-
	NO _x	2.0	2.0	-	-
	CO	4	-	-	-
1980.	HC	0.41	-	-	-
	NO _x	1.0	-	-	-

Табела 3.2 Граничне вредности по тесту CVS [3]

Од 1994. године, уведен је пропис за контролу емисије на ниским температурама. Климатизација и испитивање возила врши се на -7°C, возни тест је хладна фаза FTP теста, а дозвољена емисија [CO] износи 10 [g/mi].

Стандарди Tier 1 су увођени прогресивно између 1994. и 1997, док су стандарди Tier 2 фазно увођени у периоду 2004. до 2009. Године

Предлог LEV II прописа за Калифорнију је дат у Табели 3.3. Граничне вредности су исте за путничка возила са дизел и бензинским моторима, и то у току читавог века возила. Од 2004. године, сва возила у Калифорнији морају да задовољавају LEV и ULEV стандарде са 0.05 [gpm] [NO_x].

КАТЕГОРИЈА ЕМИСИЈЕ	ВЕК ВОЗИЛА (миља)	NMOG gpm	CO gpm	NO _x gpm	ЧЕСТИЦ Е gpm
TLEV	50.000	0.125	3.4	0.4	---
	120.000	0.156	4.2	0.6	0.04
LEV	50.000	0.075	3.4	0.05	---
	120.000	0.09	4.2	0.07	0.01
ULEV	50.000	0.04	1.7	0.05	---
	120.000	0.055	2.1	0.07	0.01
SULEV	120.000	0.01	1	0.02	0.01

Табела 3.3 – Предлог LEV II за емисију путничких возила у Калифорнији [3]

Легенда : TLEV - возила прелазно малих емисија; LEV - возила малих емисија; ULEV - возила ултра малих емисија; SULEV - супер ултра мала емисија ; NMOG- неметански органски гасови

3.3 Јапански прописи о саставу издувних гасова мотора СУС

У Јапану се 1968. године уводи „7 mode” циклус, чија је возна крива приказана на слици 3.4а [3]. Услови за извођење теста „7 mode” су следећи: топао старт (мотор припремљен за вожњу), два пута се понавља, стално узимање пробе, стално мерење и дорада фаза и не тражи се количина издувних гасова [3]. При извођењу теста „7 mode”, врши се стално анализирање са обрадом радних услова, возна крива се састоји само од једног степенастог режима, а испрекидана линија је додата од стране BMW; трајање теста је око 7 минута, тест се вози после топлог старта и овакав режим вожње није одговарајући за начин вожње у Европи [3].

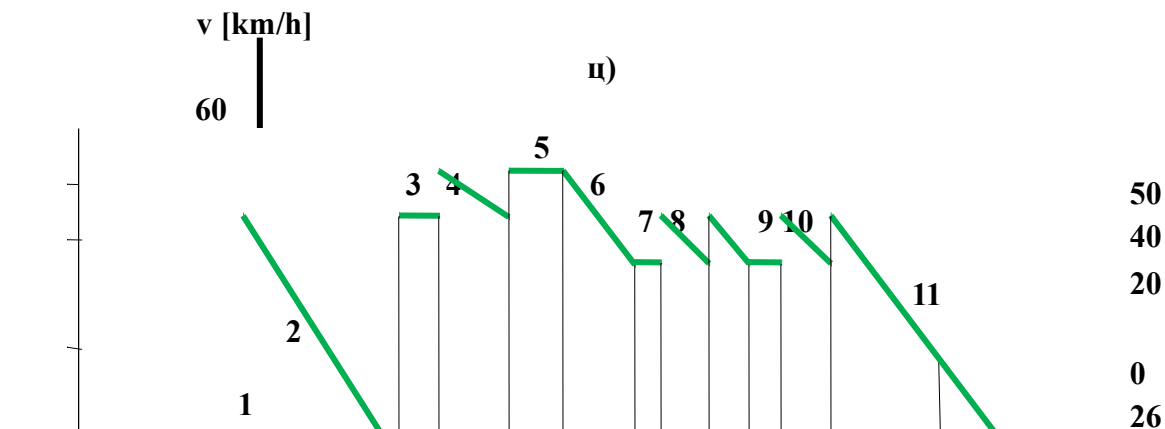
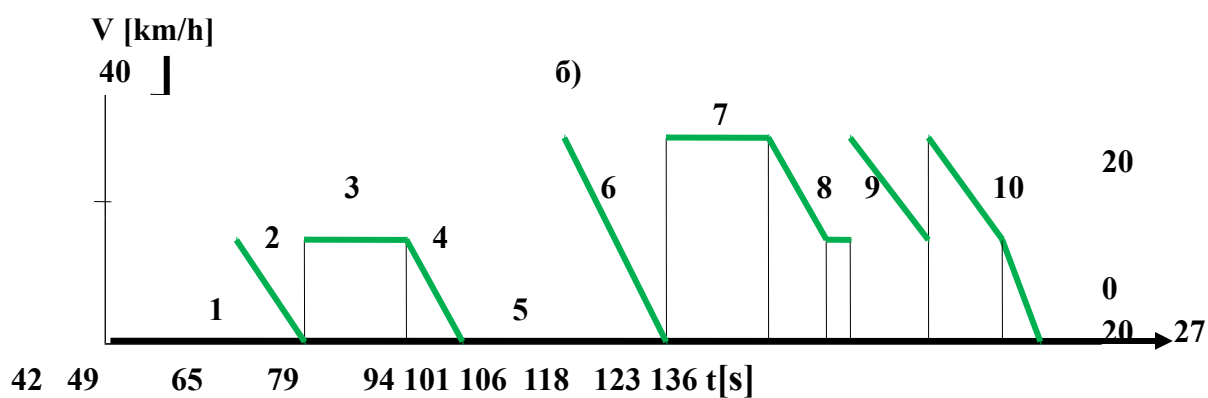
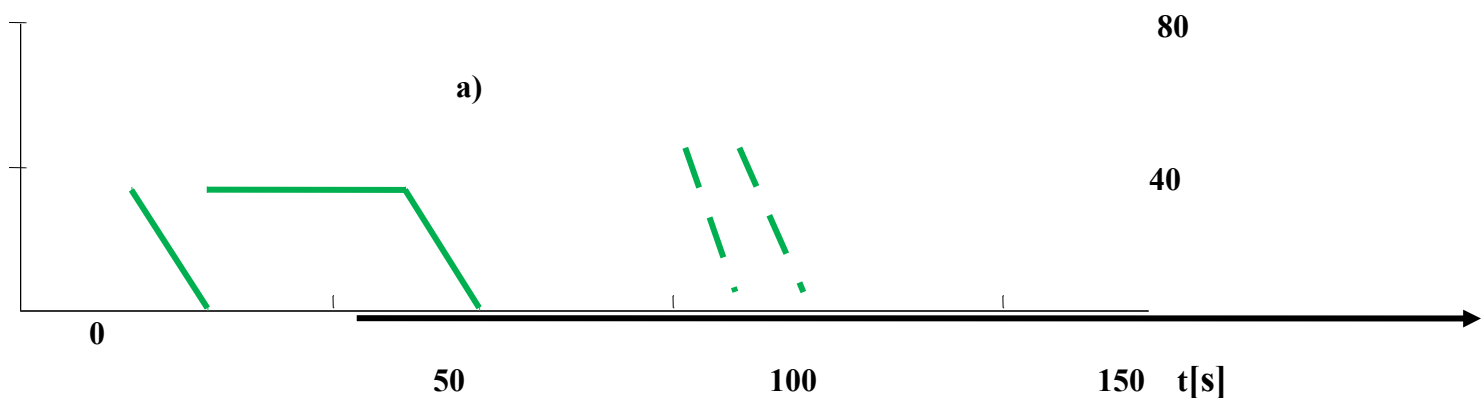
Граничне вредности тест „7 mode” су дате у Табели 3.4:

Година производње	Гас	Количина у процентима
1970/72	СО	2.5%
	НС	-

Табела 3.4 Граничне вредности за тест „7 mode” [3]

Од 01. 04. 1973. године уводи се "10 mode" циклус, чија је возна крива дата на дијаграму 3.4 б [3]. Услови за извођење теста „10 mode” су следећи: топао старт (мотор припремљен за вожњу), вози се шест пута, узорци се скупљају стално у једну кесу, интегрално мерење је интегрално, не могу се одвојено анализирати услови вожње, мери се запремина гасова у кеси и мери се количина испареног горива из система за напајање горивом [3]. При извођењу се врши интегрална анализа као по САД 72, трајање теста је око 14 минута, запремина гасова се одређује као код САД 72, возни програм је по идеализованом циклусу и тест се вози након топлог старта [3].

V [km/h]



Слика 3.4.- Режији вожње по јапанским тестовима:
а - „7 mode”, б - „10 mode” и ц - „11 mode” [3]

Граничне и највеће дозвољене вредности за возило из серије за тест „10 mode” су дате у табели 3.5:

Година производње	CO	HC	NO _x
од 1973.	26	3.8	1.0
од 01.04.1976.	2.7	0.39	1.6
од 01.05.1978.	2.7	0.39	1.2

Табела 3.5.- Граничне вредности за серијска возила за тест „10 mode” [3]

Од 01. 04. 1976. године уведен је циклус "11 mode", чија је возна крива приказана на дијаграму 3.4-ц [3]. Услови за извођење теста „11 mode” су следећи: хладан старт, понавља се два пута, узорци гаса се узимају стално у једну кесу, интегрално мерење, не могу се одвојено анализирати услови вожње, одређује се запремина гасова у смеши и мери се количина испареног горива из система за напајање. При извођењу теста важе исте напомене као и код теста „11 mode”, осим хладног старта и већег оптерећења мотора [3]. Граничне и највеће дозвољене вредности у појединачном мерењу су дате у табели 3.6.

Година производње	CO	HC	NO _x
од 1.04.1976.	85	9.5	11
од 1.03.1978.	85	9.5	9
Прототипска возила	CO	HC	NO _x
од 1.04.1976.	60	7.0	9
од 1.03.1978.	60	7.0	7

Табела 3.6.- Граничне вредности за серијска и прототипска возила за тест „11 mode” [3]

3.4 Европски прописи о саставу издувних гасова

На свом заседању од 20. 03.1 958. године, Економска комисија УН за Европу (ЕСЕ) донела је „Споразум о усвајању једнообразних услова за хомологацију и реципрочно признавање хомологација опреме и делова моторних возила". Овај Споразум ратификовала је и наша држава 1962. године. Као прилог Споразума, донет је правилник R15 , који обрађује проблем ограничења отровних компонената у издувним гасовима ОТО мотора. Према овом правилнику, возило које се испитује подвргава се хомологационим пробама типа I, II и III.

Проба типа I обухвата контролу просечне емисије отровних гасова у градској зони са интензивним саобраћајем после покретања на хладно. Проба типа II обухвата контролу емисије угљенмооксида на празном ходу, без оптерећења. Проба типа III обухвата контролу емисије гасова из корита мотора.

Услови за извођење хомологационих проба су: хладан старт (најмање 6 сати кондиционирања), циклус се понавља четири пута, узорак се узима континуално (сав гас у једну кесу), интегрално мерење, без узимања у обзир појединих фаза и количина гаса се директно мери. При извођењу хомологационих проба анализа азот-оксида [NO_x] из кесе је несигурна, тест траје око 13 минута, фаза старта мотора није обухваћена и програм вожње је идеализован у циклусу.

3.4.1 Европски прописи о емисији путничких и лаких теретних возила

У Европи су регулативе за емисију из возила донете нешто касније него у САД. Тако је за путничка и лака теретна возила регулатива ЕСЕ 15.00 донета 1971. године од стране Европске комисије за Уједињене нације. Амандман 01 (ЕСЕ 15.01) је донет 1975. године и његове границе су износиле 32 [g/kg] за [CO] и 11 [g/kg] за [HC] + [NO_x]. Временом су увођени нови амандмани (све до ЕСЕ 15.04 и ЕСЕ R 83/03) и границе постојале све оштрије [4].

Данас прописе о емисији доноси Европска унија. За путничка и доставна возила прописи су дефинисани Директивом 70/220/ЕЕС, табела 3.7. Ово је базна Директива која је често мењана. Неке од важнијих измена су:

- ❖ Еуро 1 стандард (познат као ЕС93) – Директива 91/441/ЕЕС (само за путничка возила) или 93/59/ЕЕС (путничка и доставна возила),
- ❖ Еуро 2 стандард (познат као ЕС 96) – Директива 94/12/ЕС или 96/69/ЕС,
- ❖ Еуро ³/₄ стандард (2000/2005) – Директива 98/69/ЕС, каснији амандмани су у 2002/80/ЕС,
- ❖ Еуро 5/6 стандард (2009/2014) – Еуро 5/6 уводи регулативе (Regulation 715/2007) од 20. јуна 2007. године, тако да се прописи поједностављују и претходне "директиве" – које морају да буду уграђене у све националне законе – на даље ће бити замењене „регулативама“ које се примењују непосредно после доношења [4].

g/km	CO		HC+NO _x		HC		NO _x		PM	
Год.	В	Д	В	Д	В	Д	В	Д	В	Д
2000 . Euro 3	2.3	0.64	-	0.56	0.2	-	0.15	0.5	-	0.05
2005 . Euro 4	1.0	0.50	-	0.30	0.10	-	0.08	0.25	-	0.025
2009 . Euro 5	1.0	0.50	-	0.23	0.10	-	0.06	0.18	0.005	0.005
2014 . Euro	1.0	0.50	-	0.17	0.10	-	0.06	0.08	0.005	0.005

6										
Легенда: <i>B</i> - бензински мотор, <i>D</i> -дизел мотор, <i>PM</i> -честице										

Табела 3.7. – Границе за емисију путничких возила у Европи [4]

Увођењем регулативе Euro III промењена је и техника узорковања гасова. Сада узорковање почиње одмах након стартовања мотора, а не 40 [s] после старта, како је то до тада било прописано. Ови тестови подразумевају:

- I проба – мерење емисије издувних гасова по возном тесту,
- II проба – мерење емисије [CO] на празном ходу и изнад 2000 [o/min],
- III проба – мерење емисије из корита мотора (картера),
- IV проба – мерење испаравања из возила по SCHED тесту (нова граница 2 g/тесту),
- V проба – трајност система за контролу емисије возила у току 80.000 [km] са фактором погоршања за [CO] и [HC]+[NOx] од 1,2.

Од 2002. године у европску регулативу додаје се и проба VI која се односи на контролу емисије током хладног старта при -7°C за возила са ОТО моторима. Граница за [HC] износи 1.8 [g/km], а за [CO] - 15 [g/km]. Као возни тест се користи модификовани циклус ECE R15 са узорковањем гасова одмах након старта. Такође је уведена и још једна тест проба VII, испитивања EOBД система. Овим изменама прописа написани су пројектни задаци колегама инжењерима. Пројектанти се морају ослободити класичних ограничења и решења тражити и у озбиљним реконструкцијама система за контролу емисије из возила [4]. Динамика увођења појединих прописа, који се, поред возила, односе и на горива, дефинисаних директивама 98/69/EC, дата је у табели 3.8.

Примена 01. јануар	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Путничка возила до 2.5 t, лаки теретни аутомобили класе I														
Еуро 3 емисија	*													
Еуро 4 емисија			*											
Еуро 5 емисија														
Enh. EVAP														
EOBD бензин														
EOBD дизел														
Ниске темп. Бензин														
Век	80.000 km							100.000 km				160.000 km		
Већа путничка возила > 2.5 t, лаки теретни аутомобили класе II, III														
Еуро 3			*****											
Еуро 4			*											
Еуро 5														
Enh.EVAP.														
EOBD бензин														
EOBD дизел														
Ниске темп. Бензин									*****		*			
Век	80.000 km							100.000 km				160.000 km		
Референтна горива – Сумпор (бензин / дизел)														
Еуро 1, 2	400/300 ppm													
			100/300 ppm											
Еуро 3			*						50/50 ppm					
Еуро 4									*				10/10 ppm	
Еуро 5														
Горива на тржишту – Сумпор (бензин / дизел)														
Еуро 1, 2	500/500 ppm		**											
Еуро 3			150/350 ppm						*****					
Еуро 4			*						50/50 ppm					
Еуро 5									*				10/10 ppm	

Табела 3.8. – Увођење регулатива Еуро 3, 4 и 5 [4]

*Ранија примена се стимулише пореском политиком

**Одобрава се одговарајуће каишење у примени нових граница чланицама ЕУ код којих би ранија примена могла да доведе социјалних и економских проблема.

Лака комерцијална возила (<3500 kg) у Европи имају посебне границе. Према маси, возила су сврстана у 3 класе: I класа (<1250 kg), II класа (1251<m<1700 kg) и III класа (>1700 kg). Возила из класе I имају исте границе као путничка возила, док возила из осталих класа имају сразмерно веће границе.

3.4.2 Европски прописи о емисији теретних возила

Регулатива за теретна возила је уведена Директивом 88/77/ЕЕС и након ње су донети бројни амандмани. Прописи су 2005. године измењени и утврђени директивом 05/05/ЕС, табела 3.9. Од Еуро IV нивоа, прописи се поједностављују и досадашње "директиве" – које морају да буду уграђене у све националне законе – биће замењене са "регулативама", које су примењиве непосредно [4].

Неке најважније европске регулативе о емисији код теретних возила су:

- Еуро I стандард је уведен 1992. године, а одмах затим уведен је Еуро II стандард, 1996. године. Ови стандарди су се односили и на теретна возила и на аутобусе, мада је стандард за градске аутобусе био необавезан.
- У 1999. години ЕУ је усвојила Директиву 1999/96/ЕС, која уводи Еуро III стандард (2000.), а такође и Еуро IV/V стандарде (2005./2008.). Тада су извршене и промене у тесту за мерење емисије: стари моторски тест ECE R49 је замењен са два циклуса: стационарни циклус ESC и транзитни циклус ESC. Опацитет издувних гасова се мери у у ELR тесту. Од 2000. године произвођачи дизел мотора могу да бирају на ком тесту желе хомологијацију. Тада је уведено необавезно поопштравање граница за емисију за возила са изузетно ниском емисијом ("extra low emission vehicles"), која се називају још и "напредна возила пријатељски оријентисана на окружењу".
- У 2011. Години, Европска Комисија прихватила је Директиву 2001/27/ЕС која забрањује коришћење посебних уређаја који доводе до смањења ефикасности система за накнадну обраду издувних гасова у нормалним режимима експлоатације, а задржавају максималну ефикасност само у режимима теста за мерење емисије.
- Директива 2005/55/ЕС прихваћена од стране ЕУ Парламента у 2005.-ој години, уводи захтеве за век и за OBD дијагностиком. Такође су усвојене и границе емисије за еуро IV и Еуро V, које су публиковане у 1999/96/ЕС.
- У децембру 2007. године Комисија је публиковала прописе за Еуро VI стандард за емисију [COM(2007) 851]. Нове границе за емисију, упоредиве са US2010 стандардом, ступиће на снагу 2013/2014 [4].

У табели 3.9 приказани су европски прописи за теретна возила.

Циљ	Датум и категорија	Тест	CO	HC	NOx	PM	Дим
			$g\ KW^{-1} h^{-1}$				
Euro 3	X 2000.	ESC&ELR	2.1	0.66	5.0	0.1 0.13*	0.8
	X 1999. EEVs	ESC&ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
Euro 4	X 2005.		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro 5	X 2008.		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro 6	X 2013.		1.5	0.13	0.4	0.01	-
Стандарди за емисију дизел моторе према ETS тесту $gKW^{-1} h^{-1}$							
		Тест	CO	NMHC	CH_4^a	NOx	PM^b
Euro 3	X1999. EEVs	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
	X 2000.	ETC	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 0.21*
Euro 4	X 2005.		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro 5	X 2008.		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03
Euro 6	X 2013.		4.0	0.16 ^C	0.5	0.4	0.01

Табела 3.9. – Европски прописи за теретна возила [4]

Табела 3.9. – Европски прописи за теретна возила [4]

*Мотори са запремином по цилиндру испод 0,7 [dm³], а бројевима обртаја изнад $3000\min^{-1}$],

a – само за моторе на природни гас,

b – не примењује се за гасне моторе у 2000. и 2005. години,

c – THC (укупни угљоводоници – Total Hydro Carbon) за дизел моторе,

EEVs - Enhanced Environmentally Friendly Vehicles (возила веома ниске емисије)

ESC - European Steady-state Cycle (нови европски циклус са устаљеним режимима, на предлог OICA/ACEA),

ELR - European Load Response (нови европски тест прихватања оптерећења, на предлог OICA/ACEA),

ETC - European transient Cycle (нови европски циклус са прелазним режимима, на предлог FIGE) [3]

4. Савремене методе за мерење садржаја издувних гасова ОТО мотора

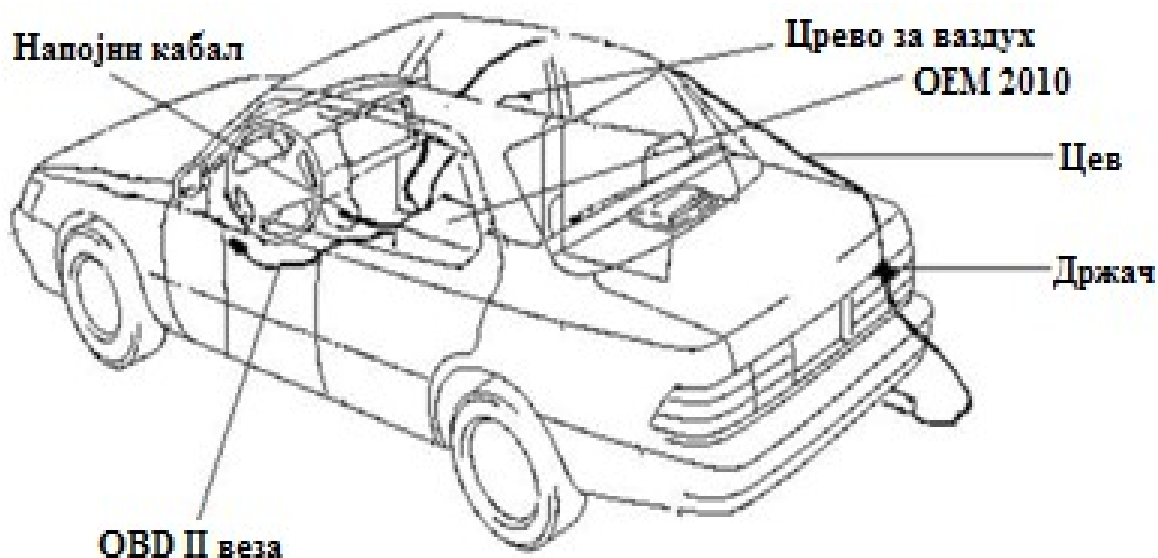
Испитивање и мерење токсичних компоненти издувних гасова моторних возила се, осим друмских возила, врше и код радних машина (возила повећане проходности, моторних возила која се користе у грађевинарству, као и моторних возила у шумарству и пољопривреди).

4.1. Савремени мобилни системи за мерење садржаја токсичних компоненти издувних гасова моторних возила у друмском саобраћају

4.1.1 Мобилни систем OEM-2100 [8]

На сликама 4.1, 4.2 и 4.3 су представљени шематски приказ и начини постављања на моторно возило, мобилног система за мерење емисије издувних гасова **OEM – 2100** фирме „Clean Air Technologies International, Inc“. Овај систем се може инсталирати на возило за око 15 минута. Он комуницира са возилом на три начина: добија погон од упаљача за цигарете, сакупља податке о мотору са OBD система који постоји на већини возила произведених после 1990. године и узима мали узорак из издувног система користећи сонду за узимање узорака. Уређај истовремено записује податке о мотору и мери концентрацију неколико гасова из издувног система возила, укључујући: угљен-моноксид, угљеводонике, азот оксид, угљен-диоксид и кисеоник. Узорковање података се врши једном у секунди, а подаци су на располагању за накнадне анализе .

Слика 4.1 приказује инсталацију система OEM 1000 на возилу.



Слика 4.1 – Преносни (“on-board”) систем за мерење емисије издувних гасова, „OEM - 2100” [8]

На слици 4.2 је приказан начин постављања мобилног система OEM - 2100 за мерење емисије издувних гасова на моторном возилу “Toyota Camry”.



Начин постављања мобилног система за мерење емисије издувних гасова **ОЕМ – 2100** на различита моторна возила је приказан на слици 4.3



Слика 4.3 – Примери постављања **ОЕМ – 2100** система на моторна возила [8]

4.1.2 Мобилни систем SEMTECH-G фирме Sensors, Inc. [8]

Мерење компоненти издувних гасова бензинских мотора може се вршити помоћу мобилног анализатора издувних гасова, типа *SEMTECH-G*®, фирме Sensors, Inc., приказаног на слици 4.4.

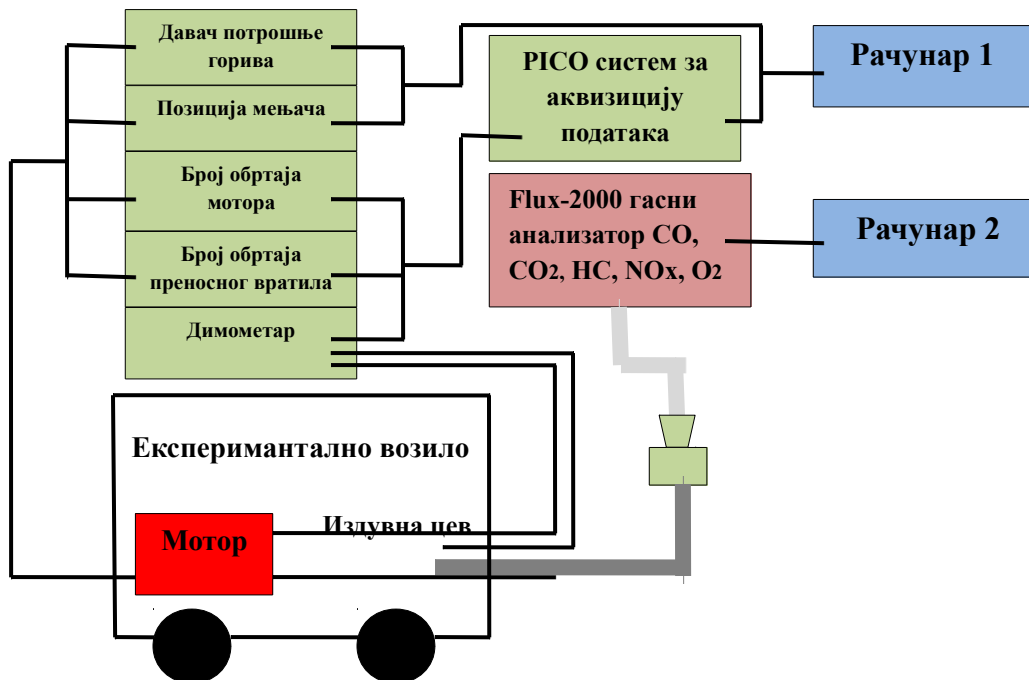


Слика 4.4 – Анализатор издувних гасова бензинских мотора „*SEMTECH-G*” [8]

Систем мери садржај издувних гасова и истовремено записује излазе са електронске контролне јединице за време вожње возила на путу. Мере се нивои емисије азотних оксида, угљен-монооксида, угљен диоксида и несагорелих угљоводоника. Код возила која нису опремљена са електронски контролисаним системима, укључена је и додатна инструментација са основним пакетом за анализу, да би се обезбедила неопходна мерења за прорачун емисије у [g/m] или [g/km].

4.1.3 Преносни систем Flux-2000 за мерење садржаја издувних гасова [9]

На Политехничком универзитету у Хонг Конгу развијен је преносни систем за мерење садржаја издувних гасова, приказан на слици 4.5.



Слика 4.5 - *On-board* мерни систем за мерење емисије издувних гасова развијен на Политехничком универзитету у Хонг Конгу [9]

Мерна инсталација садржи гасни анализатор Flux-2000 који истовремено мери тренутне концентрације [CO], [CO₂], [NO_x], [HC] и [O₂]. У гасном анализатору, концентрације [CO], [CO₂] и [HC] врши се коришћењем NDIR (Non-Dispersive Infrared) методе, док се концентрације [O₂] и [NO_x] записују уз помоћ електрохемијских давача. Анализатор садржаја издувних гасова се калибрише уз помоћ стандардних гасова пре сваког мерења. Грешка и одзив гасног анализатора биле су мање од 2% и 0,5 [s], респективно за све мерене компоненте издувних гасова.

4.2 Мерење емисије издувних гасова помоћу уређаја AVL DICOM 4000 [10]

Анализатор издувних гасова AVL DICOM 4000 представља савремен апарат за мерење издувне емисије бензинских и дизел мотора. Овај анализатор је првенствено намењен за контролу и мерење емисије издувних гасова на линијама техничког прегледа. Такође, анализатори попут AVL DICOM 4000 су веома ефикасни за дијагностику отказа система мотора који утичу на повећање емисије издувних гасова. Због релативно ниске набавне цене и компактне конструкције, овај анализатор се може користити и као лабораторијски анализатор издувних гасова. [10]

Уређај садржи гасни гасни анализатор, AVL DiGas 4000 за мерење и анализу следећих гасова:

- **O₂** – кисеоника (0...4% vol или 4...20% vol),
- **CO** – угљен монооксида (0...10% vol),
- **CO₂** – угљен диоксида (0...20% vol),
- **HC** – угљоводоника (0...20000 ppm vol),
- **NO_x** – азотних оксиди (0...4000 ppm vol),

као и опациметар издувних гасова дизел мотора AVL DiSmoke 4000 слика 4.6, који заједно чине комбиновани уређај AVL DICOM 4000.

AVL DiGas 4000

—

AVL DiSmoke 4000

—



Слика 4.6 – Уређај AVL DiCOM 4000 [10]

Додатне могућности уређаја AVL DiCOM 4000 су и мерења:

- Броја обртаја мотора,
- Времена убрзавања,
- Температуре уља,
- Угла претпаљења и
- Периода протока струје кроз индукциони калем.

Уређајем AVL DiCOM 4000 управља интегрисани рачунар, тако да постоји могућност прикључивања следећих компонената:

- Спољне стандардне тастатуре,
- Спољног стандардног штампача,
- Спољне меморијске картице са базом података о корисницима услуга и
- Спољњег рачунара ради даљинског управљања.

Након стартовања уређај аутоматски постиже радну температуру, врши проверу техничке исправности свих сензора и прикључене додатне опреме, спроводи тест заптивености инсталације и припрема се за рад. када сви услови буду испуњени, тада се на екрану појављује главни мени, који нуди следеће опције:

1. **PETROL**, за мерење гасне емисије ОТО мотора, при коришћењу погонских горива за рад мотора на бензин или течни нафтни гас (O_2 , CO_2 , CO , HC и NOx),
2. **DIESEL**, за мерење опациитета издувних гасова дизел мотора,
3. **SERVICE**, за калибрацију гасних сензора, проверу и калибрацију опациметра, унос података о власнику уређаја и конфигурацији система.

4.3 Анализатор издувних гасова ACTIGAS Compact 505 [11]

ACTIGAS Compact 505 је компактан анализатор за анализу 4 (5) гасова и прорачун ламбда фактора, намењен за проверу рада бензинских мотора [11]. Уређај садржи следеће компоненте, слика 4.7 :



- РС модул,
- LCD 8,9” екран осетљив на додир,
- Модул анализатора 505 са сондом,
- Уграђен штампач,
- IR даљински управљач,
- Адаптер за напајање (100...240V/AC, 47...63Hz),
- Софтвер ACTIGAS Compact 505.

Слика 4.7. – ACTIGAS Compact 505 анализатор издувних гасова [11]

Техничке карактеристике анализатора ACTIGAS Compact 505 су приказане у табели 4.1.

Мерне величине	Подручје	Резолуција	Тачност	Напомена
CO	0 – 10 % vol	0.01 % vol	0.03 % vol или 5 % RV	- - -
CO ₂	0 – 20 % vol	1.1 % vol	0.5 % vol или 5 % RV	- - -
HC	12 – 2000 ppm vol	1 ppm vol	10 ppm vol или 5 % RV	- - -
	2001 – 9000 ppm vol	10 ppm vol	5 % RV	- - -
O ₂	0 – 4 % vol	1.1 % vol	0.1 % vol или 5 % RV	- - -
	4 – 21 % vol	0.1 % vol	5 % RV	- - -
CO	0 – 10 % vol	0.01 % vol	- - -	1
NO _x	1 – 5000 ppm vol	1 ppm vol	- - -	4
Ламбда	0.500 – 2.000	0.001	ISO 3929	2

Табела 4.1 – Карактеристике ACTIGAS Compact 505 анализатора [11]

4.4 Ручни преносни анализатор издувних гасова SCANGAS

Поред разних врста лабораторијских анализатора издувних гасова, у последње време је у употреби ручни преносни анализатор издувних гасова SCANGAS, слика 4.8. Овај анализатор издувних гасова је намењен и предвиђен за три врсте горива – бензин, течни нафтни гас и метан, за мерење концентрације [CO], [CO₂], [HC], [O₂] и [NO_x] у издувним гасовима возила. Овај анализатор је идеалан за дијагностику возила, као и за сервисе који уграђују уређаје за погон возила на течни нафтни гас - за подешавање смеше и односа гас – ваздух. Одликује га и веома брза самокалибрација, за свега 90 [s] [12]



Слика 4.8. – SCANGAS анализатор издувних гасова [12]

Као што је познато, кључне дијагностичке карактеристике стања возила помоћу издувних гасова су :

- Анализатор омогућава преглед тренутног стања мотора и функционисање каталитичког конвертора,
- Без анализе издувних гасова се не може спровести комплетна и ефективна дијагностика,
- Тестирање и испитивање издувних гасова би требало да буде **први**, а не последњи тест [13].

Анализатор издувних гасова SCANGAS може бити коришћен било где, а коришћењем преклопника врло брзо се подешава и лако и једноставно користи. Испитивање у вожњи омогућава и тестирање азотних оксида.

4.5 Пример мерења садржаја издувних гасова помоћу возних тестова [3]

Основни проблем који би требало решити у току мерења садржаја издувних гасова моторних возила помоћу возних тестова, било би дефинисање методологије за мерење количине и састава издувних гасова које емитују моторна возила у стварним условима експлоатације. Постојећи мерни уређаји (анализатори) су углавном лабораторијског типа и нису погодни за овакав тип мерења. Возни тестови представљају метод симулирања стварних режима кретања возила у лабораторији. Коришћењем овог метода могуће је снимити, а затим у лабораторији репродуковати било који стварни режим кретања возила уз повољност коришћења лабораторијских уређаја за анализу издувних гасова.

Мерење састава издувних гасова може се извршити на потенцијално изабраним деоницама за неколико карактеристичних режима кретања возила:

- Одлазак и повратак са посла,
- Одлазак и повратак из града,

- У временским периодима у току дана који одговарају највећој густини саобраћаја (саобраћајни шпицеви).

У циљу поређења, мерења могу бити поновљена при истим условима, али са возилом које се креће константном брзином. Добијени резултати могу корисно да послуже за оптимизирање саобраћајног тока по критеријумима токсичности и економичности.

Концентрације појединих гасова очитавају се на показаним инструментима анализатора и то $[\text{CO}_2]$, $[\text{CO}]$ и $[\text{O}_2]$ у %, а $[\text{NO}_x]$ и $[\text{HC}]$ у [ppm]. Да би се одредили месни садржаји појединих компоненти у g, потребно је измерити температуру и притисак издувних гасова на почетку и крају пражњења кесе (по завршеној анализи) и запремину гаса који се налази у кеси. Притисак и температура се мере помоћу одговарајућих инструмената, који су уграђени у уређај за анализу, а запремина бројачем протока.

Снимљени режими кретања возила могу се репродуковати у лабораторији уз коришћење динамометарских ваљака. Исто возило са којим је сниман режим кретања возила, опремљено са уређајима за мерење брзине кретања и подпритиска у усисном воду, поставља се на динамометарске ваљке. Помоћу динамометарских ваљака могуће је симулирати све компоненте отпора кретања возила и на тај начин остварити услове блиске стварним.

Снимање емисије токсичних компонената возила у реалним условима саобраћаја могуће је извести на два начина:

- скупљање узорка издувних гасова у току вожње,
- снимање режима кретања возила и њихово репродуковање у лабораторији (одређивање масеног удела гасова у издувним гасовима возила).

Први начин је непрактичан јер захтева додатно возило које вуче кесу (резервоар) за скупљање издувних гасова, које емитује огледно возило у току вожње. Недостаци овог метода су следећи: возило у пратњи омета нормално одвијање режима кретања возила и у узорку гаса може доћи до хемијских реакција пре обављања анализе у лабораторији што се негативно одражава на тачност резултата.

При одређивању садржаја штетних материја које се са издувним гасовима мотора избацују у атмосферу, користи се метод репродуковања снимљених режима кретања возила у лабораторији. У ту сврху претходно се снимају:

- Брзина возила,
- Одговарајући степен преноса у коме се возило креће и
- Карактеристике подлоге које су одређене преко вредности подпритиска у усисном воду мотора.

Огледно возило је опремљено BOSCH вакумометром за мерење подпритиска у усисном воду. Брзина возила се мери помоћу тахогенератора, који је повезан са вратилом брзинометра. Електрични сигнал са тахогенератора је пропорционалан брзини возила и записује се континуално на писачу постављеном на возилу.

Пример једног записа брзине у условима кретања возила у градској возњи дат је на слици 4.10.

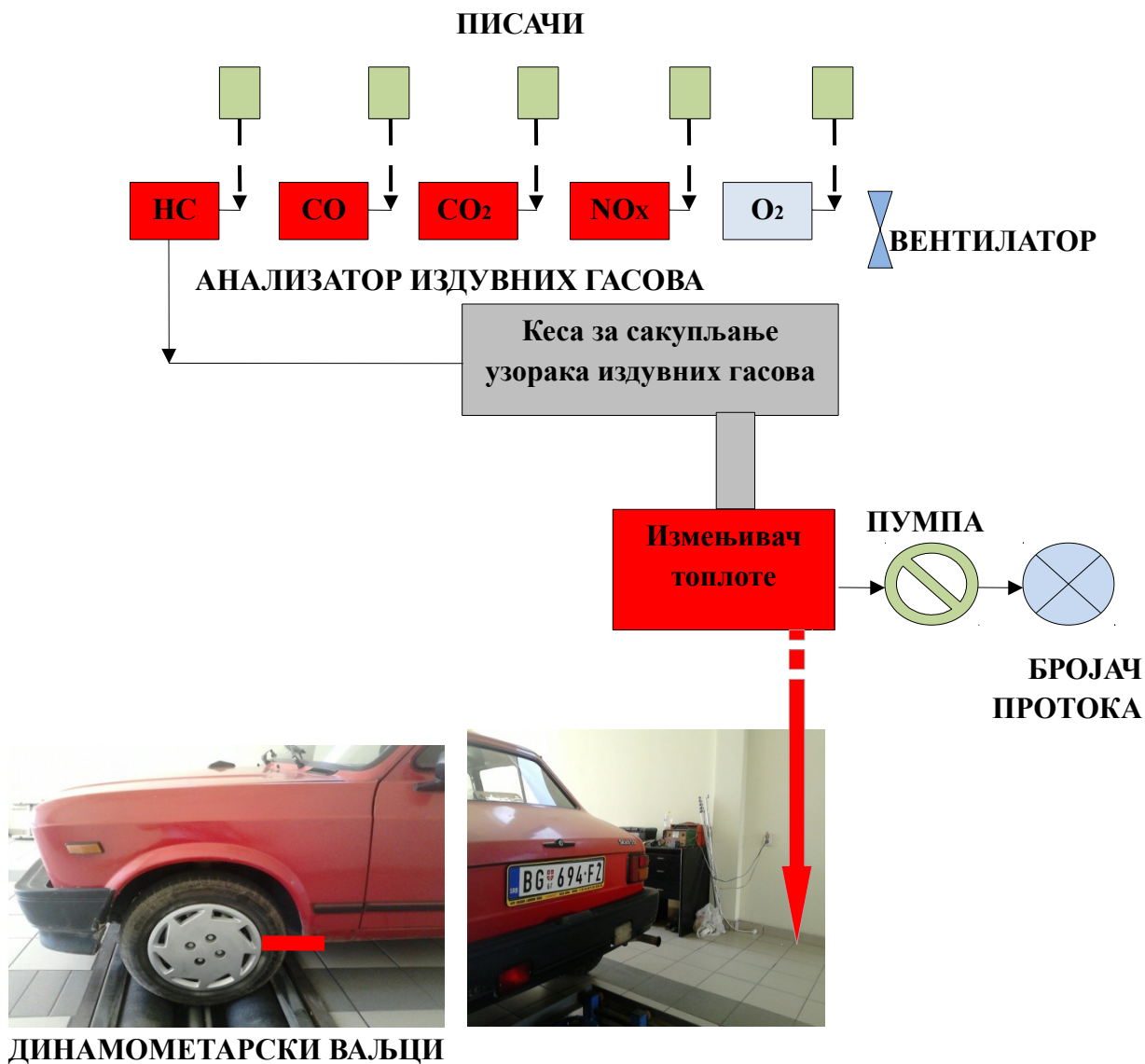


Слика 4.10 – Пример записа у градској возњи и симулација возње [3]

- стварна промена брзине
- симулирани ток брзине

Помоћу динамометарских ваљака могуће је симулирати све компоненте отпора кретања возила и на тај начин остварити услове блиске стварним. Поступак "вожње" је следећи: возач "вози" тако да што потпуније прати снимљени ток брзине на траци писача, који је постављен на сталак поред возила.

На слици 4.11 је приказана шема целог система за анализу издувних гасова и симулирање возних тестова у лабораторији.



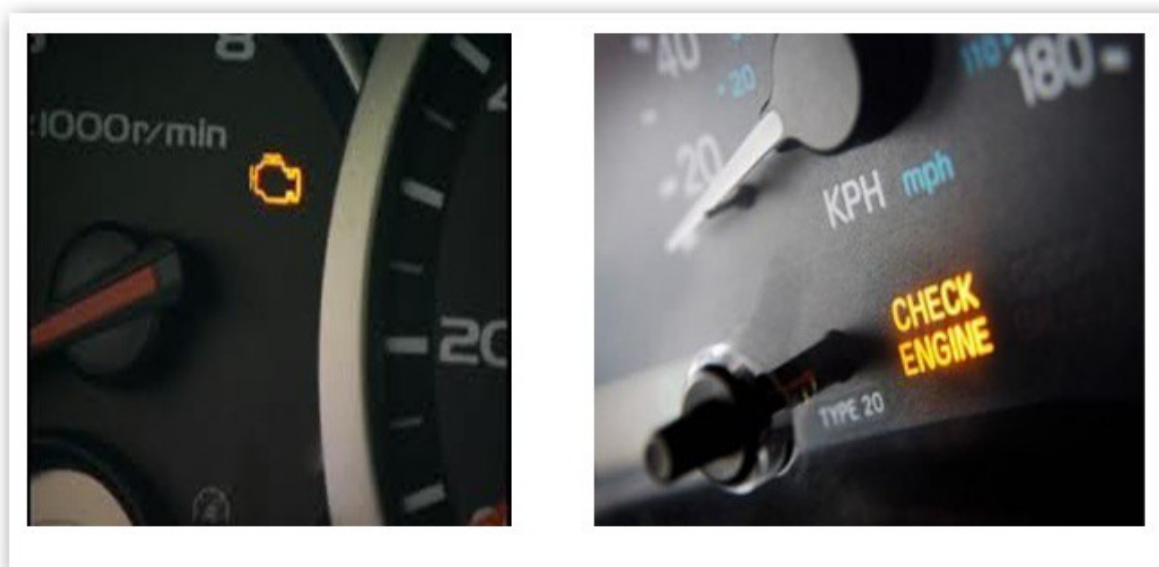
Слика 4.11. – Шема целог система за анализу издувних гасова

5. Методологија мерења садржаја издувних гасова ОТО мотора

5.1 Контрола издувних гасова моторних возила на линијама техничког прегледа

При контроли састава издувних гасова на техничком прегледу контролор најлакше може да уочи могућност постојања отказа система за надзор издувне емисије, једноставно погледом на контролну таблу возила када мотор ради а укључена је жута „MIL“ лампица, слика 5.1. (Напомена: неки од произвођача возила уграђују посебну лампицу за EOBD).

Савремени анализатори издувних гасова опремљени су интегрисаним EOBD дијагностичким уређајем, те њиховом употребом контролори могу на возилу уједно прочитати грешку у систему и дијагностиковати отказ, уколико постоји. EOBD подразумева да се, у циљу помоћи при дијагностиковању, из меморије рачунара возила, осим грешака, могу прочитати и радни услови при којима је дошло до неке грешке. Контролор на техничком прегледу никако не треба да врши брисање грешака из меморије (ECU), већ то треба да препусти овлашћеном сервису [13].



Слика 5.1. – Приказ лампице „MIL“ на инструмент табли возила [13]

При испитивању састава издувног гаса анализаторима на техничком прегледу се мери садржај следећих гасова:

- CO₂ - угљен-диоксид,
- CO - угљен-моноксид,
- HC - угљоводоници,
- O₂ - кисеоник.

Анализа четири набројане компоненте издувних гасова (мерење њиховог запреминског удела у укупној запремини издувних гасова), мерење неких од параметара рада мотора (температуре уља и броја обртаја мотора), као и прорачун ламбда фактора (λ -представља однос између стварно усисане количине ваздуха и теоретски потребне 1:14,7 кг), довољни су за процену оптималности сагоревања, а самим тим и процену техничке исправности возила.

Угљен-моноксид, [CO], је гас без боје и мириса, али је врло отрован. Смањује способност преношења кисеоника у крви, па присуство релативно мале концентрације изазива губитак свести, тровање и смрт након неког времена. Настаје као продукт непотпуног сагоревања, па због тога у зони богате смеше (када има вишка горива) постоји зависност [CO] од ламбда фактора, λ - што је смеша богатија, то је концентрација [CO] већа. У зони сиромашне смеше не постоји значајан утицај смеше на процену концентрације [CO], увек је релативно мала. Овом гасу се посвећује највећа пажња и његова концентрација изнад дозвољене границе директан је разлог непроласка возила на техничком прегледу.

Садржај азотових оксида, [NOx], директно је зависан од ламбда фактора, [λ]. Највећи садржај се постиже у подручју благо сиромашне смеше $\lambda = 1,05 \dots 1,1$. У подручју богате смеше, скоро сав кисеоник из ваздуха учествује у процесу сагоревања па се тек мали део веже уз азот. У подручју сиромашне смеше опада концентрација [NOx]. Азотни оксиди су, такођештетни за људско здравље јер надражују и оштећују дисајне органе. Њихов садржај утиче и на смањење видљивости, стварање фотохемијског смога, разарања озона у вишим слојевима атмосфере, стварање штетног озона у нижим слојевима атмосфере, као и стварање киселих киша.

Угљоводоници [HC] би у потпуности требало сагорети у цилиндрима, али у реалним условима сагоревања то није могуће. [HC] у издувним гасовима може настати и услед повећане потрошње уља у мотору. [HC] су отровни за биљни свет, а у већим концентрацијама штетни су и по здравље људи. Најмања концентрација [HC] се постиже у

зони благо сиромашне смеше $\lambda \cong 1,1$. У зони богате смеше, [HC] се понашају слично као

[CO], односно што је смеша богатија, то је концентрација [HC] већа (горива има више од ваздуха па не може све да сагори), али пораст се догађа и у зони сиромашне смеше. Разлог за повећани удео [HC] у сиромашној смеси је раније гашење гориве смеше у цилиндрима, те несагоревање укупне масе горива. [HC] се не изражава у % као код осталих гасова, већ у мањој бездимензијској математичкој величини – [ppm].

У издувним гасовима увек има кисеоника, [O₂], који је последица непотпуног сагоревања. У зони богате смеше његова концентрација је минимална, али преласком у зону сиромашне смеше његова концентрација расте.

Увођењем EURO норми, издувни систем и сви његови елементи последњих година су постали важнији него икад, захваљујући његовом директном утицају на потрошњу горива и подешавање рада мотора [13].

За контролу састава издувних гасова моторних возила на техничком прегледу битно је разликовати бензинске motore без катализатора или са нерегулисаним катализатором

(БЕЗ-КАТ), бензинске моторе са регулисаним катализатором (РЕГ-КАТ), као и дизел моторе са или без преднабијања [13].

Стандардна опрема једног техничког прегледа је дата на слици 5.2.



Слика 5.3. - Повратак издувних гасова у усисну грану [5]

Слика 5.2. – Опрема за технички преглед возила [13]

Извод из чл. 82 „Правилника о техничким условима“ који је почео да се примењује у Србији од септембра 2010.године гласи: „Возила са мотором са компресионим паљењем

(дизел), након што је мотор постигао радну температуру прописану од стране произвођача возила, не смеју имати средњи коефицијент зацрњења издувног гаса већи од вредности прописане од стране произвођача и декларисане према једнообразним техничким условима.

Ако подаци произвођача возила нису познати, тада за:

- возила без надпуњења, вредност средњег зацрњења не сме бити већа од 2,5 $[m^{-1}]$
- возила са надпуњењем, вредност средњег зацрњења не сме бити већа од 3,0 $[m^{-1}]$,

5.2 Поступање при контроли издувних гасова моторних возила на техничком прегледу

Пре контроле издувних гасова помоћу анализатора и опреме, потребно је при прегледу доњег построја возила проверити комплетност, учвршћеност, непропусност и стање елемената издувног система. Контролор треба да користи радне рукавице и да провери на више места по целом издувном систему, повлачи га у разним смеровима. Евентуално постојање попуцаности носача система, видљива прогорења издувних цеви, недостатак оригиналне фабричке топлотне изолације према поду каросерије возила, раздвојеност сензора (ламбда, температурни сензор и сл.), додиривање издувног система са каросеријом при повлачењу и др. се не толерише. Нарочито се не толерише појава која се често налази у пракси, а то је замена издувног система на начин да се из њега изгради катализатор или ламбда сонда, те да се на тај начин наруше фабричке карактеристике возила [13].

Сваки издувни лонац, катализатор или филтер честица треба руком ударити како би контролор могао осетити да ли је у кућишту дошло до распадања саћа, да ли су се распале преграде унутар издувног лонца, слика 5.3, итд. Технички исправан издувни систем обезбеђује да мотор увек ради с исправним односом ваздуха и горива, увек пружа максималну снагу, а истовремено одржава минималну потрошњу горива. Он ће помоћи у продужавању радног века других важних делова мотора – вентила, пригушивача, катализатора, итд [13].



Слика 5.3. – Провера преграда унутар издувног лонца [13]

На крају, треба руком затворити излаз издувне цеви и констатовати да ли издувни гас на неком споју или рупи услед корозије излази ван система, слика 5.4.

Ове појеве врло малог пропуштања издувног гаса на спојевима цев у цев, могу да утичу на измерене резултате при контроли издувних гасова.



Слика 17

Na kraju treba zatvoriti ruku i konstatovati da li izduvni gas na nekom spoju ili rupi usled korozije izlazi iz sistema. Ove pojave vrlo malog propustanja izduvnog gasa na spojevima ceva u cev, mogu da uticu na izmerene rezultate pri kontroli izduvnih gasova!

Слика 5.4

Провера заптивености издувне гране на линији техничког прегледа [13]

U motornom prostoru prilikom vizuelnog pregleda potrebno je posebno prekontrolisati ispravnost oduska iz kućišta motora na usisnu granu. Odusak ne sme biti odspojen sa usisne grane a gasovi iz kućišta motora se

Слика 6.1. – Провера преграда унутар издувног лонца

grane i odspojne grane izlaze direktno u okolinu, tako uoziro je tehnicka bezbednost.

У моторном простору, приликом визуелног прегледа, потребно је посебно преконтролисати исправност одушка из кућишта мотора на усисну грану. Одушак не сме

бити одвојен са усисне гране, а гасови из кућишта мотора се не смеју слободно пуштати у атмосферу. Ако је одушак одвојен од усисне гране и уљне паре излазе директно у атмосферу - такво возило није технички исправно.

5.3 Контрола издувне емисије ОТО мотора

Пре почетка вршења контроле издувне емисије, потребно је спојити цев за одвођење издувних гасова на издувну цев возила како се током мерења издувни гасови не би задржавали у затвореном простору линије техничког прегледа, слика 5.5. Мотор треба стартовати и пустити га да се загреје до постизања своје радне температуре. Радну температуру треба пратити на контролној табли у кабини возила [13].



Слика 5.5. -- Постављање цеви за одвођење издувних гасова са издувне цеви возила[13]

Убрзано загревање мотора се може изводити само на константном повишеном броју обртаја брзине (приближно 60 [s] на 3000 обртаја), а не непрекидним убрзавањем мотора притискањем и отпуштањем папучице акцелератора. Након овог, прикључује се сензор броја обртаја и сензор температуре уља мотора. Мерна сонда се поставља уместо шипке за мерење нивоа уља, са тим да се мора обратити пажња да дужина мерне сонде одговара дужини шипке мерача уља. За то постоји помични граничник на сонди, што је важно због спречавања ударања коленастог вратила о мерну сонду, њеног оштећења или намотавања сонде око коленастог вратила. Потребно је проверити да ли анализатор добија сигнал температуре уља и да ли мери број обртаја, слика 5.6.



Слика 5.6. – Екран анализатора издувних гасова [14]

Ако анализатор не показује број обртаја или ако је приказани број обртаја нереалан, потребно је помицањем индукционих клешта по високонапонском каблу покушати добити сигнал или извршити програмско прилагођавање анализатора према упутствима које је дао произвођач анализатора, слика 5.7.

Поставља се сонда мерног уређаја у издувну цев, па се врши мерење садржаја издувних гасова према поступку који одговара врсти мотора уграђеног у возило, с тим да је потребно причекати да се вредност [CO] на екрану анализатора стабилизује, па се резултати мерења штампају и остају у архиви уз записник о вршењу техничког прегледа.

До тренутка док се мотор не загреје на потребну температуру, није потребно поставити сонду за мерење састава издувних гасова у издувну цев. Након исписивања резултата мерења, мотор треба угасити и са возила скинути све мерне прикључке (индукцијска клешта, мерач температуре уља и сонду из издувне цеви) и на своје место вратити шипку мерача нивоа уља у кориту мотора.



Слика 5.7. – Положај индукционих клешта по високонапонском каблу [14]

У табели 5.1 приказани су очекивани резултати мерења садржаја издувних гасова за моторе без уграђених катализатора.

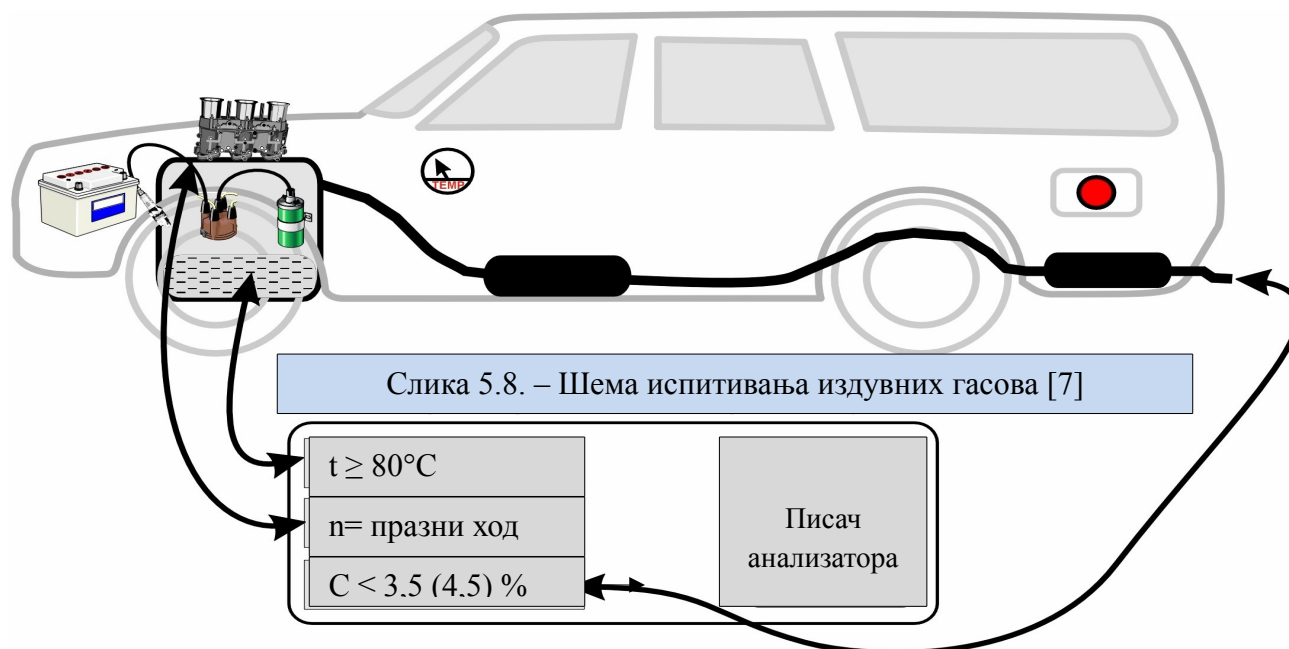
CO=0,5 . . . 3,0%	CO<0,5%
HC=100 . . . 300 ppm	HC<100 ppm
CO ₂ =13 . . . 16%	CO ₂ =14 . . . 16%
O ₂ =0,5 . . . 2,0%	O ₂ =0,1 . . . 0,5%

Табела 5.1. - Очекивани интервал резултата мерења за моторе БЕЗ-КАТ (лево без катализатора, десно са нерегулисаним катализатором [14]

Слика 5.8 приказује шематски приказ испитивања издувних гасова на линијама техничког прегледа.

Резултати мерења се упоређују са референтним подацима произвођача возила који је декларисао минималне и максималне потребне вредности, а ако ови подаци нису доступни, онда као меродавне узимамо прописане законске граничне вредности [14].

Резултати мерења, када се посматра само садржај [CO] (богата смеша) могу бити лоши из више разлога: 1. елементарне грешке (незагрејан мотор - проверити уређај за хладан старт), 2. проверити филтер ваздуха (прљав, мастан.), 3. веће или потрошене дизне горива у карбуратору, 4. неподешена висина пловка, 5. неподешена смеша гориво-ваздух.



Код возила која немају уграђен карбуратор, већ се ради о убризгавању гориве смеше, могући су, између осталих, следећи узроци богате смеше: 1. неисправан рад регулатора празног хода мотора, 2. неисправан сензор температуре усисаног ваздуха, 3. неисправан протокомер, 4. превелик притисак горива.

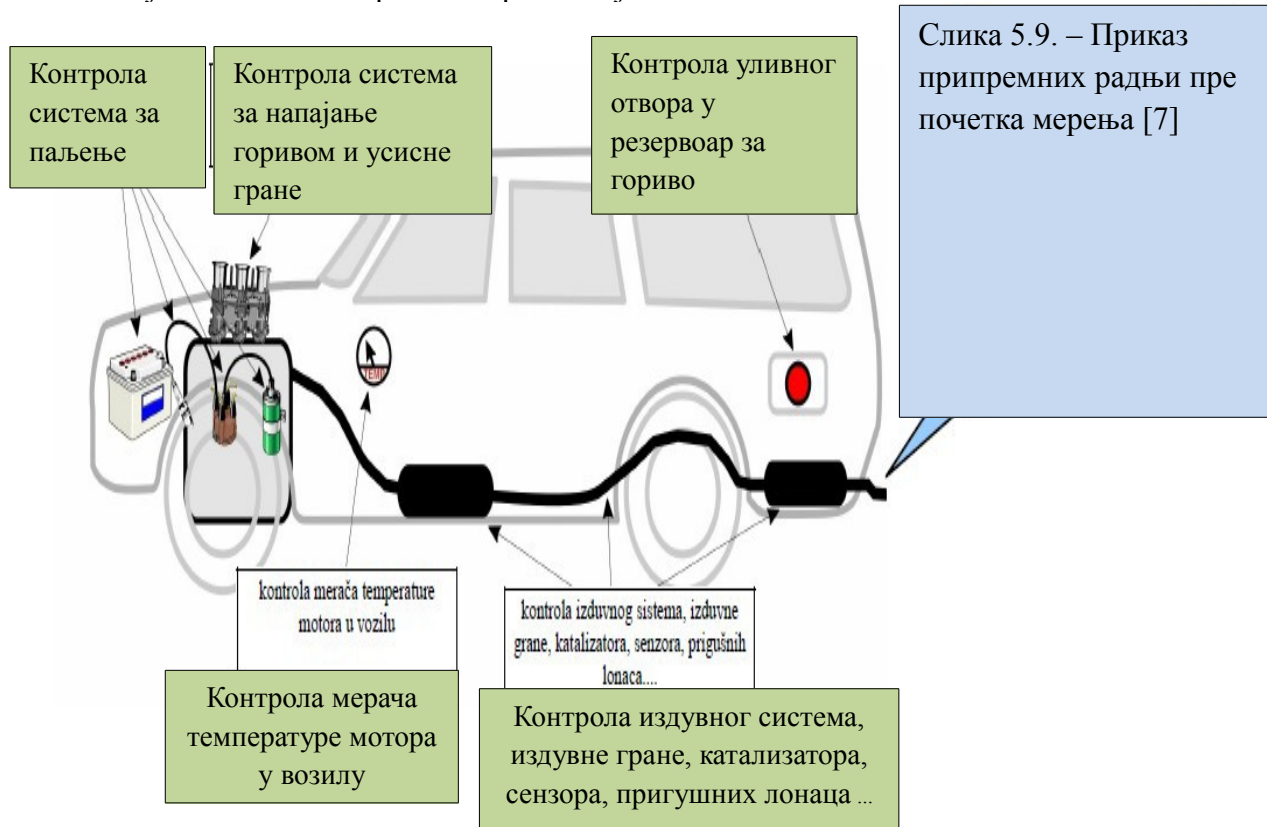
Садржај $[\text{CO}]$ (сиромашна смеша) такође може бити из више разлога од којих су могући: 1. усисна грана негде не заптива правилно, 2. пробушен издувни систем на возилу. Ако је у питању возило са карбуратором, могући разлози сиромашне смеше су: 1. филтер ваздуха, 2. зачепљене дизне, 3. неподешена висина пловка, 4. неподешена смеша гориво ваздух. Такође, ако је у питању мотор са убризгавањем, могући разлози су: 1. неисправан регулатор рада на празном ходу, 2. пренизак притисак убризгавања горива, 3. зачепљене бризгалке [7].

Измерена концентрације $[\text{CO}]$, $[\text{HC}]$ и $[\text{CO}_2]$ у издувним гасовима возила може послужити као индикатор оцене стања мотора, табела 5.2.

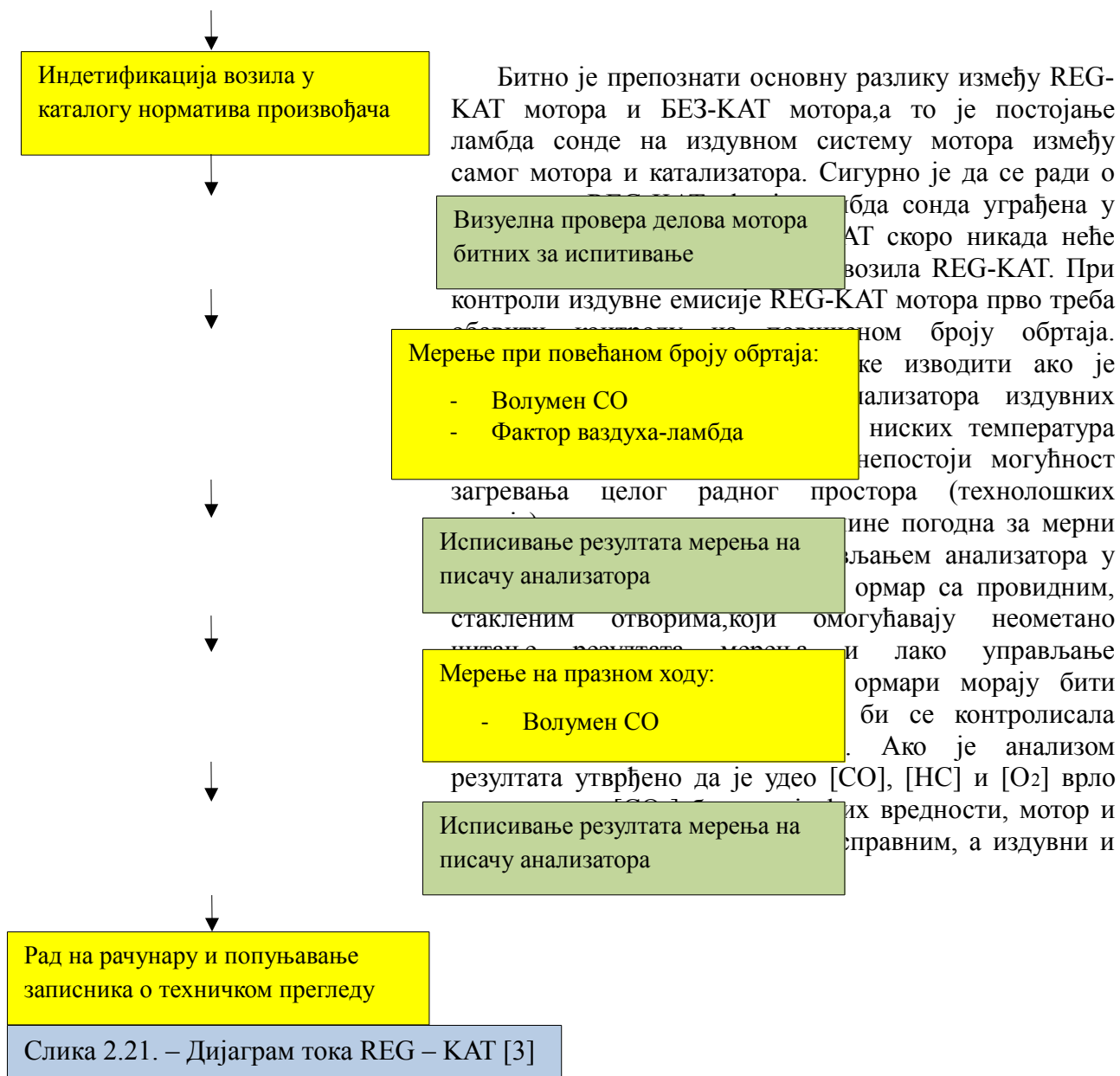
Концентрација			Оцена стања мотора
CO	HC	CO ₂	
Ниска	Врло висока	Врло висока	Оптимално сагоревање
Ниска	Ниска	Ниска	Оптимално сагоревање али издувни систем пропушта
Висока	Висока	Ниска	Лоше сагоревање – смеша богата
Врло ниска	Висока	Ниска	Лоше сагоревање – смеша сиромашна

Табела 5.2. – Утицај концентрације CO, HC и CO₂ на стање мотора [7]

Шематски приказ припремних радњи пре почетка мерења садржаја издувних гасова на линијама техничког прегледа приказан је на слици 5.9.



3.8 Ток испитивања на моторима са регулисаним катализатором (REG-KAT)



Возила опремљена регулисаним катализатором (РЕГ-КАТ), ако произвођач својим упутствима није другачије назначио, имају нормалан удео гасова и фактора ваздуха у следећим границама:

$$\text{CO} < 0.5 \%$$

$$\text{HC} < 100 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 = 14 \dots 16 \%$$

$$\text{O}_2 = 0.1 \dots 0.5 \%$$

$$\lambda = 1 \pm 0.003$$

У пракси није неуобичајено да се на анализаторима издувних гасова не могу приметити “чудне” вредности за [CO], односно да се на екрану анализатора испише да је CO = 0,0 %, а да је вредност [HC] врло ниска (HC = 10 ... 30 ppm), O₂ = 0,0 %, а CO₂ = 17%. Поједине вредности на неким возилима се могу појављивати и нижим [HC] или вишим износима [CO₂], а да то не значи да је сагоревање ван оптималног подручја. Због овога се при оцени резултата мерења, пре свега, треба придржавати упутстава произвођача возила, односно најбитније је успоставити у јединственом информационом систему ажурну базу података о референтним вредностима садржаја издувне емисије, како би технички прегледи имали све битне информације у поступку оцене исправности возила [2].

У табели 5.3 дата је могућност брзе оцене стања катализатора, подешености мотора и стања издувног система упоређивањем измерених резултата емисије издувних гасова и израчунатог фактора ваздуха [2].

Концентрација				Оцена стања мотора и катализатора
CO	HC	CO ₂	λ	
Врло ниска или нула	Врло ниска	Врло висока	$\lambda=1$ при било ком броју обр.мотора	Мотор механички исправан, оптимално сагоревање и катализатор исправан
Врло ниска	Врло ниска	Врло ниска	Већи од 1	Катализатор исправан али издувни систем незаптива (можда пропушта усисно црево анализатор издувних гасова)
Нормална	Висока	Врло ниска	Мањи од 1	Неисправан катализатор, неисправна ламбда регулација, лоше сагоревање у мотору

Табела 5.3. – Утицај концентрације CO, HC и CO₂ у издувним гасовима возила на стање мотора и катализатора [2]

5.5 Предмет мерења

Мерење компоненти издувних гасова је вршено на два огледна возила, Škoda Citigo и Застава 101. Мерење и упоређивање компоненти издувних гасова вршено је када је огледно возило Застава 101 користило два различита погонска горива и то: безоловни моторни бензин и течни нафтни гас, као и упоређивање са измереним компонентама издувних гасова возила Škoda Citigo које има Euro V мотор са уграђеним мехатроничким системом. Такође су измерене компоненте издувних гасова на оба огледна возила упоређене са важећим Европским прописима за емисију издувних гасова моторних возила.

Иначе, мерење издувних гасова моторних возила се врши из два разлога:

- Утврђивања техничке исправности мехатроничких система мотора (при дијагностиковању мотора испитивање издувних гасова треба да буде први технолошки поступак, а не последњи) и
- Утврђивања количине штетних компоненти у издувним гасовима које негативно утичу на човека и околину.

5.6 Мерење величине и начин њиховог мерења

Мерење садржаја компоненти издувних гасова моторних возила на поменутиим огледним возилима обављено је на линији техничког прегледа МКВТ Милошевић у Крагујевцу, помоћу анализатора издувних гасова типа **IPEx-D**, намењеног за мерење и анализу издувних гасова мотора који као погонска горива користе моторни бензин и течни нафтни гас.

Компоненте издувних гасова чија се концентрација може мерити овим анализатором су: угљен моноксид, [CO], угљен диоксид [CO₂], угљоводоници [HC] и азот оксиди, [NO_x].

5.7 Опис експерименталне инсталације

5.7.1 Карактеристике коришћеног анализатора издувних гасова

Мерење садржаја издувних гасова на огледним возилима, на линијама техничког прегледа МКВТ Милошевић у Крагујевцу је вршено помоћу радионичког анализатора, типа **IPEx D Protech**, произведеног у Италији и приказаног на слици 5.11.

IPEx D Protech је инфра-црвени, фотометријски процесорски анализатор издувног гаса ОТО мотора, пројектован да мери емисију:

- CO – угљен моноксида,
- CO₂ – угљен диоксида,
- HC – несагорелих угљоводоника и
- O₂ – кисеоника.



Слика 5.11. – Анализатор издувних гасова типа IPEX D Protech

IPEX D Protech је комплетан тестер читаве издувне гране возила јер поседује још и мерења:

- Броја обртаја мотора, RPM (опционо),
- Однос протока гориво-ваздух AFR, Ламбда фактор,
- Температуру уља (опционо) и
- NO/NOx концентracије (опционо).

IPEX D Protech користи унутрашњу оптичку комору, која ради по NDIR (недисперзивна црвена светлост) технологији анализе издувног гаса. Интерни микропроцесор је одговоран за рад и управљање, као и контролу свих програмских функција, као што су:

- Аутоматска контрола протока,
- Аутоматско подешавање на „0”,
- Аутоматско дренирање кондензата,
- Аутоматска самокалибрација,
- Интерполација гасних кривих,
- Обрачун вредности из гасова изведених компонената и
- Итерфејс између човека и машине.

Тастатура IPEX D Protech анализатора се састоји од три тастера којима одговара тачно дефинисана намена. Након укључења анализатора и протицања времена загревања, анализатор почиње да ради и тада тастери имају следеће функције:

- **MEASURE (МЕРЕЊЕ)** тастер уводи уређај у ново мерење кроз иницијалну фазу аутоматског подешавања „0”. Када се притисне, тастер укључује унутрашњи вентил који прочишћава комору ваздухом из окружења у трајању од 30 секунди и за то време на дисплејима може се прочитати „Cal”. Током ове фазе поновни притисак на тастер MEASURE ће изазвати прекид фазе аутоматског подешавања „0”. По истеку фазе аутоматског подешавања „0” порука „Cal” нестаје са дисплеја и анализатор аутоматски почиње да чисти мерну комору и да усисава издувни гас из сонде и да га под константним притиском и протоком анализира. Пумпа остаје укључена све док се тастер поново не притисне или док непрође 30 минута, како би заштитио пумпу безпотребног трошења и хабања.
- **FUNC (ФУНКЦИЈСКИ)** тастер омогућава да се изабере жељено мерење или величина прикаже на FUNC дисплеју. Сваки притисак на тастер FUNC мења величину приказану на дисплеју. На дисплеју се приказује и мали карактер, који показује која се мерена величина тренутно посматра.
- **PRINT** тастер, када се притисне, ако лампа поред светли, укључује штампач који штампа све измерене и израчунате вредности.
- Тастер PRINT се притиска једанпут полако и штампање почиње за око две секунде од притиска на тастер. PRINT тастер није у функцији када је пумпа искључена и када апарат не анализира гас.

Дисплеји и светиљке анализатора су следећи:

- **PUMP LED** лапица показује и даје информацију да пумпа ради,
- **CO % VOL** дисплеј приказује концентрацију угљен монооксида као запремински %, док пумпа ради. Када пумпа престане са радом појављују се „цртице”.
- **CO₂ VOL** дисплеј приказује концентрацију угљен диоксида као запремински % док пумпа ради. Када пумпа престане са радом појављују се „цртице”.
- **HC ppm** дисплеј приказује концентрацију угљеводоника као ppm, делове по милиону запремине у х – хексан јединицама док пумпа ради. Када пумпа престане са радом појављују се „цртице”.
- **O₂ OL FUNC** дисплеј приказује концентрацију кисеоника као запремински %, уколико се нека друга опција не изабере помоћу FUNC тастера.

Поред петог дисплеја, постоји и шести **LED** индикатор, који дефинише његову функцију и приказ, на следеће начине:

- **NOx** – опционо приказ величине азотних оксида,
- **TOIL/AFR** – приказ температуре уља (опционо) или AFR односа,
- **LAMBDA** – приказ ламбда фактора (опционо) и
- **CO cor** – кориговани.

При коришћењу анализатора треба проверити да ли је прикључни кабл добро прикључен и укључити анализатор на прекидач. Анализатор ради на напону 220-240 [V].

Инструмент штампа заглавље, затим почиње загревање – постизање радне температуре анализатора од око 3 [min].

За то време, на дисплеју се приказује **warm up run lng 0000**. Одмах након укључивања, пумпа за издувавање се аутоматски укључује и ради до истека времена за загревање.

Када анализатор постигне радну температуру, [CO] дисплеј ће показати **Protech** време **0000 Pet/Propan** еквивалент фактор. По истеку тог времена апарат је спреман за рад.

Мерење се врши на следећи начин:

- Потребно је притиснути тастер **MEASURE** како би почела процедура аутоматског подешавања „0”. Када се порука „**Cal**” појави на дисплеју, апарат почиње са мерењем.
- Затим се ставља сонда у издувну цев ауспуха.
- Док пумпа још ради и врши се мерење, потребно је притиснути тастер **PRINT** и одштампати резултате мерења. Очитавање на дисплејима мора бити стабилно.
- Када се заврши са мерењем поново се притисне тастер **MEASURE** и пумпа ће после извесног времена престати са радом, а у међувремену на дисплеју ће писати **PURG STD BY 0000**, самим тим процес мерења је завршен. Уколико се ово не уради, пумпа ће се сама аутоматски искључити након 30 минута.
- Уколико је улаз издувног гаса блокиран, на дисплеју ће се појавити порука „**ER1**”.
- **ЛАМБДА** параметар се израчунава из Brettssneider-ове формуле и користи се за проверу рада и стања катализатора,
- **CO „коригован”** показује да ли постоји отицање издувног гаса-механичких оштећења на издувном систему, а израчунава се на следећи начин:

$$\text{CO „коригован” \%} = \frac{(15 * CO)}{CO + CO_2} \quad , \text{ уколико постоји отицање издувних гасова и}$$

механичких оштећења на издувном систему, вредност ће бити значајно различита у односу на вредност [CO%] , у противном нема отицања издувних гасова,

- **AFR** (однос протока ваздуха и горива) се рачуна на следећи начин:

$$\text{AFR} = \text{LAMBDA} * 14.7$$

- **NOx** се рачуна на следећи начин (опционо само са давачем):

$$\text{NOx} = \text{NO} * 1.1$$

Уколико нека од величина није уреду, потребно је проверити техничку исправност погонског агрегата – мотора.

5.8 Мерење и испитивање издувних гасова помоћу анализатора издувних гасова

Мерење издувних гасова, вршено на линији техничког прегледа МКВТ Милошевић у Крагујевцу. Огледно возило је путнички аутомобил марке Škoda Citigo, које је прешло укупно 3900 [km] и произведено 2013. године, слика 5.12.

Перформансе	
Максимална брзина	171 [km/h]
Убрзање од 0 – 100[km/h]	13,2 [s]



Слика 5.12. – Огледни аутомобил Škoda Citigo [5]

Огледни путнички аутомобил Škoda citigo има следеће перформансе, табела 5.4:

Мотор и пренос	
Број цилиндара	3
Распоред цилиндара	Линијски-редни
Број вентила по цилиндру	4
Пречник x ход клипа	74.5x76.4 [mm]
Тип убризгавања	Multipoint убризгавање
Систем отварања вентила	DOHC
Радна запремина мотора	cm 999 [1.6]
Максимална снага	55kw [75ks]
Максимални број обртаја	6200 [o/min]
Максимални обртни момент	95 [Nm]
Степен компресије	10,5 : 1
Тип мењача	Мануелни
Број степени преноса	5
Катализатор	Стандардни
Погон	FWD



Потрошња и екологија	
Просечна потрошња у граду	5,1 [l/100km]
Просечна потрошња ван града	3,7 [l/100km]
Комбинована потрошња	4,2 [l/100km]
Емисија [CO ₂]	96 [g/km]
Катализатор	Стандардни

Тежина и димензије	
Дужина	3563 [mm]
Ширина	1645 [mm]
Висина	1463 [mm]
Међуосовинско растојање	2420 [mm]
Тежина празног возила	840 [kg]
Максимална дозвољена тежина	1290 [kg]

Табела 5.4. – Перформансе аутомобила Škoda Citigo [5]

Škoda citigo је на **Euro NCAP (*****)** добила максималних 5 звездица за активну и пасивну безбедност. [5]

5.9 Поступак рада

Поступак мерења садржаја издувних гасова је следећи:

- из канала се проверава причвршћеност и исправност издувног лонца и цеви, као и катализатора, што је то приказано на слици 5.13,



Слика 5.13. - Проверавање причвршћености и исправност издувног лонца и цеви, као и катализатора из канала

- мотор на огледном возилу мора да постигне радну температуру,
- мотор ради на празном ходу са што мањим бројем обртаја,
- анализатор је потребно ресетовати на нулу,
- просторија где се врши испитивање издувних гасова мора да буде затворена, како ваздух из околине неби утицао на тачност и резултате мерења,

- сонда анализатора се поставља на издувну цев ауспуха, која остаје у издувној цеви све док бројне вредности на анализатору мењају своју вредност, као на слици 5.14



Слика 5.14. - Постављање сонде у издувну цев огледног возила

- након тога се приступа читавању измерених вредности.

6. Приказ и анализа резултата мерења

6.1 Резултати мерења концентрације издувних гасова на огледном возилу Застава 101

Испитивања и анализа издувних гасова на огледном возилу Застава 101 су вршена на оба погонска горива :

- Течни нафтни гас (ТНГ),
- Безоловни моторни бензин (БМБ 98).

6.1.1 Резултати мерења садржаја издувних гасова када је за погонско гориво коришћен течни нафтни гас

„LOVATO” уређај, који је уграђен у огледно возило Застава 101 је механичког типа, што значи да сам корисник и возач возила пребацује и одлучује које ће погонско гориво да користи, као и томе да на температурама испод 0°C возило стартује на бензин, јер у противном може доћи до тога да се ТНГ заледи и на тај начин би било онемогућено напајање мотора са горивом и дошло би до оштећења мембране распршивача. Код аутоматизованих система то није случај, јер електронска управљачка јединица, на основу сигнала са давача температуре расхладне течности, искључује једно и укључује друго погонско гориво, слика 6.1.



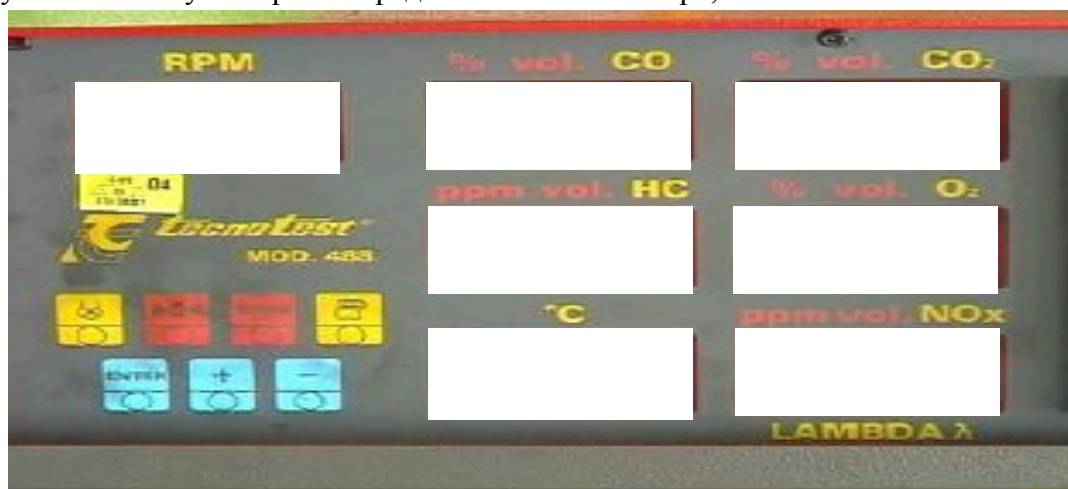
Слика 6.1. – Огледно возило Застава 101 са „Lovato” уграђеним ТНГ уређајем

Пре почетка мерења садржаја издувних гасова потребно је из канала проверити издувни систем и његову техничку исправност.

Након утврђивања тренутног стања издувног система и његове техничке исправности, приступа се стартовању мотора, јер мотор мора да постигне радну температуру како би резултати мерења тачни. Ако је мотор хладан тада ради са укљученим уређајем за хладан старт мотора (саухом) и том приликом је смеша богата, тако да резултати мерења неће бити валидни и тачни. Провера издувног система је неопходна из тог разлога што, ако је дошло до механичког оштећења истог, целокупан садржај издувних гасова неће излазити на крају из издувне цеви, што такође може утицати на тачност мерења.

Када је мотор постигао радну температуру и анализатор ресетован и самокалибрисан на почетну позицију за мерење на „нулу”, сонда анализатора се поставља у излаз издувне цеви – ауспуха. Поступак мерења је завршен онда када се бројни подаци на анализатору више не мењају.

Када престане мењање бројних вредности на анализатору издувних гасова, тада се приступа читавању измерених вредности са анализатора, слика 6.4.

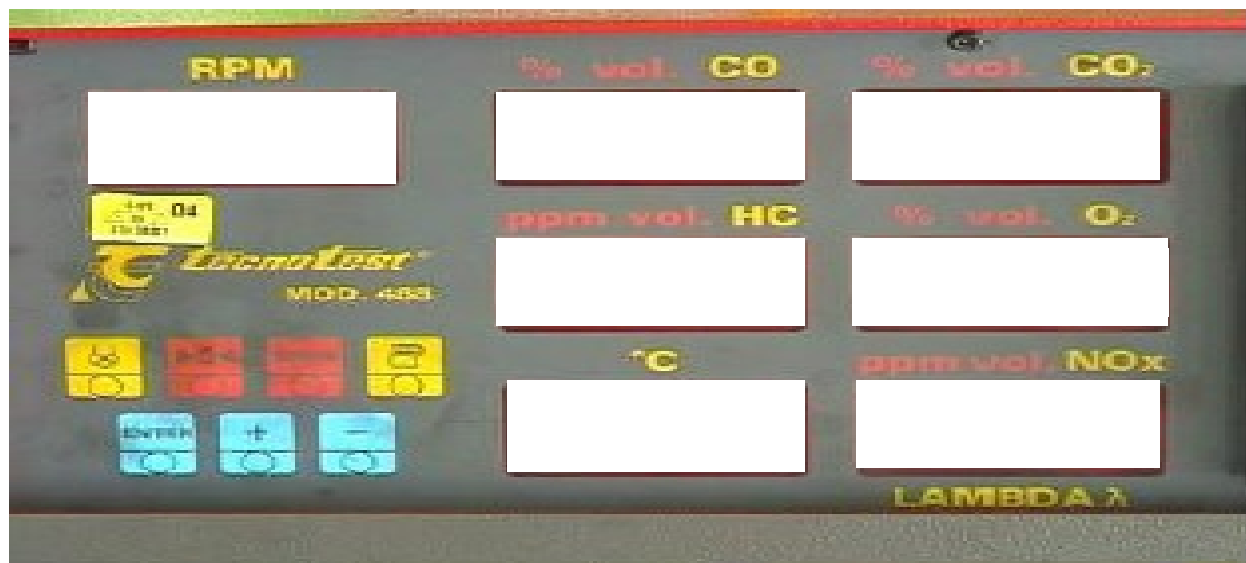


Слика 6.4 – Анализатор издувних гасова са имереним подацима када је огледно возило као погонско гориво користио ТНГ

6.1.2 Резултати мерења садржаја издувних гасова када је за погонско гориво коришћен безоловни моторни бензин

Поступак припремних радњи и поступак мерења исти као што је то вршено и при поступку мерења и анализе издувних гасова на течни нафтни гас, само што се том приликом не проверава техничка исправност издувног система и постизање радне температуре мотора, јер је то већ извршено приликом анализе издувних гасова на ТНГ. Када престане мењање бројних вредности на анализатору, приступа се читавању измерених вредности, слика 6.5.

Слика 6.5. – Анализатор издувних гасова са имереним подацима када је огледно возило као погонско гориво користило бензин [БМБ 98]



Слика 6.5 – Анализатор издувних гасова са имереним подацима када је огледно возило као погонско гориво користило безоловни моторни бензин БМБ

6.2 Резултати мерење концентрације издувних гасова на огледном возилу Škoda Citigo



Слика 6.6 – Анализатор са измереним подацима издувних гасова на Škodi Citigo

Поступак припремних радњи и поступак мерења исти је као што је то вршено и при поступку мерења приказаном у претходном поглављу, а резултати мерења су приказани на слици 6.6.

6.3 Анализа добијених резултата

Добијени резултати запреминских маса појединих гасова, који су представљени у табели 6.5, могу се упоредити са важећим законским прописима Европске Уније, који су представљени у табели 6.6, на основу којих се могу и донети одговарајући закључци и мишљења о токсичности издувних гасова посматраних возила.

%VOL	Емисија издувних гасова огледног возила Застава 101								
CO		CO ₂		HC		NO _x		PM	
БМБ	ТНГ	БМБ	ТНГ	БМБ	ТНГ	БМБ	ТНГ	БМБ	ТНГ
7.42	6.23	11.30	11.10	3.99	4.52	0.20	0.15		
Емисија издувних гасова огледног возила Škoda Citigo									
0.03	---	0.70	---	1.50	---	0.07	---	---	---

Табела 6.5 – Емисија издувних гасова измерена на огледним возилим

g/km	CO		HC+NO _x		HC		NO _x		PM	
Година	Б	Д	Б	Д	Б	Д	Б	Д	Б	Д
2000. Еуро III	2.3	0.64	---	0.56	0.2	---	0.15	0.5	---	0.05
2005. Еуро IV	1.0	0.50	---	0.30	0.1	---	0.08	0.25	---	0.025
2009. Еуро V	1.0	0.50	---	0.23	0.10 ⁶		0.06	0.18	0.005	0.005
2014. Еуро VI	1.0	0.50	---	0.17	0.10 ⁶		0.06	0.08	0.005	0.005

Табела 6.6. – Границе за емисију путничких возила у Европи [4]

Б=бензински мотор Д=дизел мотор РМ=честице

На основу измерених вредности компоненти издувних гасова, може се донети закључак да, иако су оба огледна возила као гориво користила безоловни моторни бензин, разлике у концентрацији компоненти издувних гасова су више него очигледне. Разлог је примена савремених технолошких материјала, као и мехатроничких система на возилу Škoda Citigo, што је, у суштини и требало да се постигне пројектовањем Еуро V мотора који је уграђен у возило Škoda Citigo, у односу на моторно возило Застава 101, чији је мотор карбураторског типа и без мехатроничког система.

Из наведеног се може закључити да се емисија моторних возила у друмском саобраћају може смањити применом савремених технологија, као и побољшањем квалитета погонских горива.

7. Закључак

Због наглог повећања броја возила на путевима и у саобраћају свеукупно, долази и до веће потрошње погонских горива, а самим тим њиховим сагоревањем долази и до загађења ваздуха и уништавања озонског омотача. Као последица уништавања озонског омотача јавља се и промена климатских услова на планети Земљи у виду глобалног загревања и отопљења, тако да су зиме све хладније уз доста снежних падавина, лета су све топлија и без киша са снажним ветровима и олујама.

Инжењери могу да утичу на смањење ових појава, на тај начин што ће пројектовати погонске агрегате који ће да имају мању потрошњу горива, користећи нове и савремене материјале и технологије убризгавања горива (директно убризгавање), а такође и примена алтернативних погонских горива. У последње време све више се ради на развоју моторних возила на хибридни погон, користећи електро и класични погон, са тежњом да се ОТО мотори у потпуности замене са електромоторима.

У градским срединама степен аеро загађења са издувним гасовима моторних возила у тренутним условима и постојећим ситуацијама може да се смањи на следеће начине:

- Пројектовање обилазница ван ужег језгра града,
- Пројектовање саобраћајница са што више саобраћајних трака,
- Примена зеленог таласа на што ширем подручју града и
- Реконструкција “уских грла”, како би се што више избегло закрчење и загушење саобраћаја, а самим тим и избегавање рада мотора возила у месту чекајући нормално одвијање саобраћаја.

У граду Крагујевцу, обилазнице би могле да се изведу тако што би међуградски друмски саобраћај из правца Краљева и Чачка могао да буде преусмерен обилазницом од Грошничке станице, поред старе циглане до Белошевца, одакле би био омогућен транзит за Јагодину и Рековац, а преко насеља Пивара и Илићево до кружног тока за Баточину и аутопут. Такође, саобраћај из правца Горњег Милановца би могао бити преусмерен са Горњомилановачке улице на заобилазницу од Шумарица, преко насеља Аеродром и Петровац, поред Шумадија сајма, на кружни ток за Баточину и аутопут, као и кроз Петровац за Аранђеловац и Тополу. На овај начин би се избегла уска грла кроз улицу Краљевачког батаљона на деоници Звезда – Центар, као и на деоници Горњомилановачке улице од Медицинске школе до Хале „Језеро“.

Потребно је још напоменути да издувни гасови такође штетно утичу и на дисајне органе човека, са аспекта здравља људи, као и осталих обољења човековог организма, нарочито у градским срединама.

Имајући све ово наведено у виду, токсичност издувних гасова је веома комплексан проблем, који се мора озбиљно разумети, анализирати и решавати не само на нивоу општина, градова и државе, већ се то мора регулисати на нивоу УН и свих држава у свету, посебно оних држава које су економски најмоћније.

Контрола емисије издувних гасова моторних возила на техничком прегледу је комплексан посао и захтева да увођење обавезе овакве контроле подразумева припремну фазу - прелазни период у коме би се употребом савременије опреме, на описане начине изводила контрола и истовремено, кроз практичан рад, едукација контролора.

Нови прописи, који су усклађени са развојем савремене технологије водећих светских произвођача и са европским прописима, подразумевају корените измене у систему техничких прегледа, које морају постепено да се уведу. Контрола емисије издувних гасова на техничком прегледу врши се на већини линија техничког прегледа помоћу застареле опреме и технологије, а посебан проблем још увек представља недовољно знање и систем обуке контролора који још није успостављен у Србији.

Са друге стране, свест власника и корисника моторних возила у вези са значајем њихове техничке исправности, није у довољној мери развијена првенствено због економске ситуације у држави, што свакако није оправдање да се постепено не уведе ред у овој области и законском регулативом доведе рад техничких прегледа на организационом и у технолошком смислу на знатно виши ниво.

Обзиром на просечну старост моторних возила у Србији, свакако су уз примену строжијих прописа, потребне стратешке и стимулативне мере државе за куповину савременијих и модернијих возила, чијом употребом би се такође утицало на смањење штетне емисије издувних гасова. У припремној фази примене нових прописа је евидентно да ће се појављивати одређени проблеми у пракси на које стручне институције у држави морају да дају адекватне одговоре и смернице за јединствен начин поступања на техничком прегледу.

Литература:

- [1] Милорадовић, Д.: „Испитивање MBM 2 - Скрипта школске 2012/2013. године“, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2012.
- [2] GmbH, 2008. Bohn, D., Burgartz, H., Smith, D.: “Kontrola emisije izduvnih gasova i OBD”, MS Motor Service International
- [3] Радоњић, Д.: „Безбедност саобраћаја у светлу аеро загађења ваздуха возилима“, Пројекат, Крагујевац 1985.
- [4] Пешић, Р., Петковић, С., Веиновић, С.: „Моторна возила и мотори - опрема“, Машински факултет у Бањој луци, Машински факултет у Крагујевцу, Бања Лука – Крагујевац, 2008.
- [5] “Abgasuntersuchung (AU) Handbuch zur Vorbereitung auf den Prüfungslehrgang“, Technische Akademie des Kfz-Gewerbes GmbH, 1996., Bonn
- [6] Интернет адреса: www.svh.xp (Билтен ЕКО тест), приступљено: 08.03.2013.
- [7] Интернет адреса <http://www4.ncsu.edu/~frey/emissions/overview.html> (On-Board Emissions Measurement), приступљено: 08.03.2013
- [8] Sensors, Inc.: „SEMTECH-G On-Board, In-Use Gasoline Vehicle Emissions Analyzer“, USA, Germany, 2004.
- [9] H.Y. Tong and W.T. Hung, C.S. Cheung: „On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel Consumption in Urban Driving Conditions“, *Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 50, pp. 543-554, 2000.*
- [10] AVL DiTEST: “AVL Emission tester series 4000 for petrol and diesel engines - Future solutions for today“, 2007, Брошура расположива на Интернет адреси: http://www.avlditest.com/fileadmin/image/pdf_english/AVL_Abgastester_Serie4000_E_070329.pdf
- [11] Actia Atal: „Multi-Diag Actigas Compact - User Manual“, 2010, Упутство за кориснике расположиво на Интернет страници: http://www.atal.cz/data/docs-compact/actigas_compact_manual_en.pdf
- [12] „Automotive Electric/Electronic Systems“, Robert Bosch GmbH
- [13] “Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима“, Сл. гласник РС, бр.64/2010 и 69/2010, 2010.
- [14] Directive 2009/40/EC of 6 may 2009 of the European Parliament and of the council on roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers, Official Journal L 141