

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Погонски материјали транспортних средстава

Број индекса: 104/2015

Магдалена М. Маринковић
Мерење издувне емисије путничких и
лаких теретних аутомобила
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Александар Давинић ванр. проф - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

Прикаже основне информације о издувној емисији и еколошким проблемима

Прегледа постојеће норме везане за издувну емисију путничких и теретних возила

Прикаже методологију мерења издувне емисије током хомологационих испитивања

Изврши мерење издувне емисије на реалном мотору

Препоручена литература:

[1] А. Давинић, Р. Пешић :Погонски системи у транспорту, Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу , Крагујевац, 2018

Крагујевац, датум

Ментор:

Име, презиме и звање ментора

Др Александар Давинић ванр. проф

Садржај

1 Уводна разматрања	6
1.1 Возила и атмосфера	6
1.2 Штетне компоненте које емитује возило.....	7
2 Законска регулатива у области издувне емисије возила у експлоатацији	10
3 Методе мерења издувне емисије	13
3.1 Хомологациона испитивања	13
4 Експериментална истраживања.....	19
4.1 Кратак опис уређаја	19
4.2 Начин коришћења уређаја.....	21
4.3 Мерење издувне емисије ото мотора	24
4.4 Мерење издувне емисије дизел мотора	27
Закључак	29
Литература.....	31

Резиме

Транспорт представља свакодневну потребу људског друштва. Упркос неопходности, примена возила која користе моторе СУС, за собом повлачи загађење животне средине. У раду је извршена анализа норми које дефинишу максималне границе издувне емисије возила. Извршен је преглед метода за мерење издувне емисије током хомологационих испитивања. На самом крају извршено је мерење издувне емисије на реалном мотору путничког возила за различите бројеве обртаја.

Кључне речи

Транспорт, загађење животне средине, издувна емисија, хомологациона испитивања мерење.

Abstract

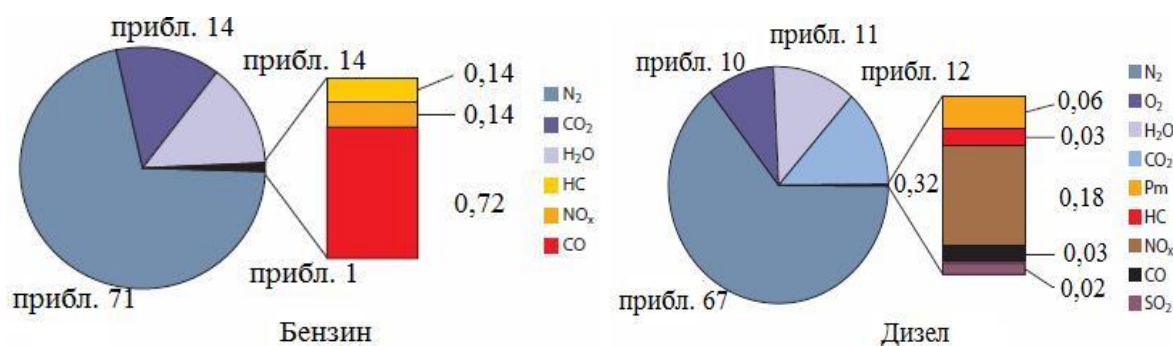
The transport represents the everyday necessity of people. However, the usage of the vehicles, which are using the IC engines, is followed by environment pollution. In this paper is conducted analysis of norms that are defining the maximal allowed values of the exhaust emission of vehicles. It was performed the review of methods emission measurements, durring the homologation tests. At the end of the paper, it was performed the measurement of the exhaust emission on the real engine of the passenger car, for different engine speeds.

Key words: Transportation, environment pollution, exhaust emission, homologation testing, measurement.

1 Уводна разматрања

Возила су у свакодневном животу врло значајна и неопходна за обављање свакодневних активности, али њихово убрзано ширење има и негативне утицаје на животну околину. Проблем који се јавља као последица сагоревања фосилних горива, је ослобађање гасовитих, течних и чврстих загађивача у околину. Ослобађа се сумпор, азот и водоник који са кисеоником стварају једињења који су нам познати, као оксиди. Сваки утрошен литар фосилног горива, сагоревањем настаје приближно 100 g угљен-моноксида, 20 g испарљивих органских једињења, 30 g азотних оксида, 2,5 kg угљен-диоксида и многих других штетних и отровних материја, као што су једињења олова, сумпора и чврстих честица. Вода која је испарила у атмосферу са оваквим њеним садржајем ствара тако зване „киселе кише“, које затим улазе у циклус кружења воде, које могу узроковати штетне последице на квалитет шума, земљишта, језера и водене токове. Такође, штетно утичу и на здравља људи.

Из оваквог еколошког проблема произишли су бројни правна акта, како на међународном, тако и на националном нивоу. Европске Унија је увела такозване EURO норме. EURO норме су уведене деведесетих година прошлог века, које су све строжије и строжије. Основна улога увођења оваквих норми, јесте регулисање количине издувне емисије, односно снижити на што мању могућу меру продукте сагоревања. Пре свега угљен-диоксид (CO_2), угљен-моноксид (CO), несгорели угљоводоник (C_mH_n), алдехида (HCO), формалдехида (HCHO) и азотних оксида (NO_x), код ото мотора. Док код дизел мотора, поред претходно побројаних, осим угљенмоноксида, потребно је још контролисати и емисију честице чађи. Поред наведених продуката сагоревања, оксиди олова и сумпора се такође сматрају продуктима сагоревања. Сликав приказ издувних гасова код бензинских и дизел мотора приказан је сликом 1.1, све вредности су дате у процентима (на пример 1% представља 10.000 ppm).



Слика 1.1. Састав издувних гасова код бензинских и дизел мотора [1]

1.1 Возила и атмосфера

Возила углавном као погонске агрегат користе мотор СУС. За остварење радног циклуса мотора неопходан је процес сагоревања који за собом повлачи формирање штетних компоненти које негативно могу утицати на људско здравље.

Штетне материје које се јављају током сагоревања представљају 1% од укупне емисије које емитује возило. Састав смеше продукта сагоревања је разноврстан, који се састоји од материја које могу бити и канцерогене.

Основни радни процес сваког мотора је сагоревање и при томе се хемијска енергија из горива претвара у топлотну, затим у механички рад мотора СУС. Процес сагоревања фосилних горива дефинисан је једначином (1).

$$G+V=HC+NO_x+CO_2+CO+H_2O+SO_2+PM+O_3+N_2+H_2O \quad (1)$$

где су:

G	- гориво
V	- ваздух
HC	- несагорели угљоводоници
NO_x	- оксиди азота
CO_2	- угљен-диоксид
CO	- угљен-моноксид
H_2O	- водена пара
SO_2	- сумпор-диоксид
PM	- честице
O_3	- озон
N_2	- азот

Поред горе побројаних штетних материја које приликом сагоревања доспевају у ваздух, доспевају и следеће супстанце као што су бензен, толуен и ксилен, који изазивају разна канцерогена обољења

1.2 Штетне компоненте које емитује возило

Несагорели угљоводоници (НС). Емисија несагорелих угљоводоника је последица непотпуног сагоревања молекула горива. Основни узрок је локални недостатак кисеоника и ниске температуре у зонама уз зидове коморе. Угљоводоници реагују у присуству оксида азота и сунчевог светла и доприносе формирању приземног озона, главне компоненте фотохемијског смога. Већина угљоводоника у издувним гасовима су такође и токсични, са могућим канцерогеним дејствима.

Оксиди азота (NO_x). Главни извори азота у ваздуху су природни извори, пре свега активности неких бактерија. Оксиди азота из природних извора равномерно су распоређени

у атмосфери, док се њихова концентрација у урбаним и индустријским зонама и поред већих саобраћајница повећава као последица разних активности људи. У условима високих температура и притисака у мотору, атоми азота и кисеоника из ваздуха реагују стварајући низ азотових оксида, које све заједно обележавамо са NO_x . Утврђено је токсично деловање азот-моноксида на човека и животиње. Азот-диоксид изазива едем плућа са смртоносним последицама. Оксиди азота, као и угљоводоници, су гласници формирања озона. Они такође доприносе формирању киселих киша.

Угљен-моноксид (CO). Он је отрован гас без боје и мириса. Угљен-моноксид је продукт непотпуног сагоревања и ствара се у случају рада мотора са богатом смешом. У тим условима угљеник из горива само делимично оксидише. Он смањује проток кисеоника кроз крвоток и ризичан је за људе са болесним срцем. Више од 90% угљен-моноксида у урбаним срединама потиче из издувних гасова возила и ложишта.

Честице (енгл. PM – particulate matter). У издувним гасовима возила честице најчешће потичу од несагорелих угљеника из горива. Такве честице би биле само механички загађивачи. Међутим, у комори мотора те честице упију разна једињења из горива и мазива, међу којима су и полициклични угљоводоници. Они су оптужени за изазивање рака плућа, па је тиме и емисија честица потенцијално канцерогена.

Угљен-диоксид (CO_2). ЕРА (Environmental Protection Agency) је од недавно почела да прати емисију CO_2 . Он не утиче директно на здравље људи, али је један од загушљивих гасова који доприносе повећању глобалног загревања наше планете. Тако је угљен-диоксид, као продукт потпуног сагоревања добио третман загађивача.

Водена пара (H_2O). По Међународној Унији за чисту и примењену хемију (енгл. International Union of Pure and Applied Chemistry UIPAC), једињење од два атома и једног кисеоника је једноставно вода. Најважнија особина воде је да је лед лакши од течности, па зато штити живи свет на Земљи. Зимом се леде површински слојеви водене масе. Даље, водене капљице имају висок површински напон који задржава воду у биљкама и олакшава транспорт воде од корена до листова. Питка и здрава вода је присутна у свим живим организмима. Атмосферска вода прекрива 71% глобуса; са 80% је присутна у људском организму; у атмосфери даје 0,3% по маси, од тога је 80% у гасовитој фази, а са 90% учествује у тзв. Загушљивим гасовима. Теоријски, топлоте испаравања и кондензовања су једнаке.

Оксиди сумпора. Процесом биолошке разградње у океанима и на копну настаје сумпор-водоник (H_2S) који се оксидише од сумпор-диоксида. Концентрације SO_2 у атмосфери се разликују у различитим подручјима. У урбаним и индустријским подручјима концентрација ове загађујуће материје је, по правилу, већа. Сумпор-диоксид и његови секундарни производи, могу изазвати озбиљне здравствене проблеме код људи (коњуктивитис, ефекти на респираторном систему), као и код биљака (појава киселих киша и сушења шума), а запажени су штетни ефекти на метале, кожу, папир и текстил.

Озон. Представља алотропску модификацију кисеоника. Молекули озона се састоје од три атома кисеоника. Лако се распада и представља снажно оксидационо средство. У

природи настаје приликом електричних пражњења и под дејством ултраљубичастих зрака. Озон иритира очи, оштећује плућа и доводи до проблема са дисањем. Озон који се ствара у приземним слојевима је посебан проблем загађења у урбаним зонама. На интензитет стварања озона утиче присутна концентрација угљоводоника и азотових оксида. Такође је интензитет стварања пропорционалан температури и зрачењу сунца, тако да су дуги и топло летњи дани, пре свега поподне, најпогоднији за стварање озона. Озон који се ствара у горњим слојевима атмосфере има позитивну заштитну улогу у филтрирању ултраљубичастог зрачења сунца.

2 Законска регулатива у области издувне емисије возила у експлоатацији

Тренутна регулатива која се тиче емисије штетних гасова се примењује на пет група штетних једињења: азотне оксиде, угљоводонике, угљен-моноксид, честице чађи, а последњих година је актуелан и угљен-диоксид. Од наведених једињења, угљен-моноксид је веома важан са здравственог и еколошког аспекта, док је главни загађивач, онај који је и главни кривац за климатске промене и ефекат "стаклене баште", а то је CO₂.

У односу на остале загађиваче, у смањењу емисије CO₂ се најмање напредовало. Логично, емисија угљен-диоксида зависи директно од количине сагореног горива. До средине осамдесетих година прошлог века просечна потрошња била је релативно константна, мада је број возила растао, уз укључивање, бројних, нових технологија. Међутим, у прошлој деценији, просечна потрошња је почела значајно да опада захваљујући консензусу произвођача аутомобила, који су се сложили у томе да је потребно редуковати емисију CO₂. Логика је сасвим једноставна - како се смањује потрошњу горива, тако смањује и количина угљен-диоксида који се производи кроз рад мотора.

Лака возила се тестирају у кратком циклусу који подразумева претходно предвиђену шему у коју су укључене вредности попут убрзања, успоравања, промене степена преноса, количине терета итд. У лака возила се убрајају возила масе испод 3,5 тоне, то јест путничка возила и лака комерцијална возила. Први стандарди за ову групу аутомобила су одређени у 70/220/ЕЕС директиви, али су током времена били пооштрени.

Еуро 1 захтеви (91/441/ ЕЕС), који су на снагу ступили у периоду од 1991. до 1993. присилили су произвођаче аутомобила да у своја возила са бензинским моторима инсталирају катализаторе са троструким дејством, који су за разлику од катализатора са двоструким дејством поред оксидације угљен-моноксида и оксидације несагорелих угљоводоника разбијали азотне оксиде на кисеоник и азот. Еуро 2 норме су ступиле на снагу између 1996. и 1997. (94/12/ ЕС), а 1998. су прихваћени будући Еуро 3 и Еуро 4 стандарди (98/69/ ЕС) који су званично узели ефекта у 2000. години, односно 2005. Стандарди су везани и за лака комерцијална возила, а граничне вредности за њих су за нијансу више у односу на путничка возила, и зависе од тежинске категорије - што је возило теже, дозвољена емисија је виша.

Стандарди из 2000. и 2005. су договорени након неколико година заједничког рада Европске комисије, аутомобилске индустрије и нафтне индустрије, да би се до 2010. квалитет ваздуха поправио уз што мање трошкове. Стандарди везани за квалитет горива су такође пооштрени, као последица овог пројекта. То се посебно односи на количину сумпора, односно његову што мању количину у погонским горивима. Највиша дозвољена количина сумпора за бензин је била 150 ppm (делова на милион) у 2000. и 50 ppm у 2005, док су за дизел те вредности биле 350 ppm 2000, и 50 ppm 2005. Као резултат нове одлуке из 2003. Лимит за обе врсте горива је редукован на 10 ppm у 2009. години, мада је у чланицама уније такво гориво било доступно од 2005.

Као што се види у табели 2.1 и 2.2, Еуро 2-4 стандарди се разликују када је реч о возилима са дизел или бензинским моторима. Дизел моторима је било дозвољено да емитују око три пута више азотних оксида него бензинским моторима. Емисија чађи из бензинских мотора није регулисана с обзиром да је изузетно мала у односу на дизел моторе, мада неки бензински мотори са директним убризгавањем горива могу емитовати исти ниво честица као и дизели.

Када је донета одлука за Еуро 4 нормама, веровало се да ће то присилити произвођаче да употребљавају филтере чађи на возилима са дизел моторима. Ипак, неки су развили моделе који поштују стандарде без додатног третирања издувних гасова, мада су филтери чађи постали неопходни, када је реч о већим моторима. Заједно са Еуро 3 и Еуро 4 нормама, произвођачи су били одговорни за путничке аутомобиле, односно њихову емисију штетних гасова у периоду од 5 година или 80.000 пређених километара (Еуро 3), односно 5 година и 100.000 km (Еуро 4). Иста директива је укључивала и одлуку да возила (између 2000. и 2005.) имају дијагностички систем (OBD) као и да се подвргну тесту емисије при ниским температурама (7 °C) за бензинске моторе (са ефектом од 2002.). Земљама чланицама ЕУ дато је право да уведу олакшице на порез аутомобила који су у складу са овим правилима.

Табела 2.1. *Еуро норме емисије за путничка возила са бензинским мотором* [2]

Стандард	CO [g/km]	HC [g/km]	HC+NO _x [g/km]	NO _x [g/km]	PM [g/km]
Euro 1 (01.07.1992)	3,16	-	1,13	-	-
Euro 2 (01.01.1996)	2,2	-	0,5	-	-
Euro 3 (01.01.2000)	2,3	0,2	-	0,15	-
Euro 4 (01.01.2005)	1,0	0,1	-	0,08	-
Euro 5 (01.09.2009)	1,0	0,1	-	0,06	0,005
Euro 6 (01.01.2014)	1,0	0,1	-	0,06	0,005

Табела 2.2. *Еуро норме емисије за путничка возила са дизел мотором* [2]

Стандард	CO [g/km]	HC [g/km]	HC+NO _x [g/km]	NO _x [g/km]	PM [g/km]
Euro 1 (01.07.1992)	3,16	-	1,13	-	0,18
Euro 2 (01.01.1996)	1,1	-	0,9	-	0,1
Euro 3 (01.01.2000)	0,64	-	0,56	0,5	0,05
Euro 4 (01.01.2005)	0,5	-	0,3	0,25	0,025
Euro 5 (01.09.2009)	0,5	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6 (01.01.2014)	0,5	-	0,17	0,08	0,005

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 05/55/ЕС, табела 2.3.

Табела 2.3. Euro норме емисије за за теретна возила [3]

Циљ	Датум и категорија	Тест	CO	HC	NO _x	PM	Dim
			gkW ⁻¹ h ⁻¹				m ⁻¹
Еуро III	X 2000.	ESC&ELR	2,1	0,66	5,0	0,1 0,13*	0,8
	X 1999. <i>EEVs</i>	ESC&ELR	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15
	X 2005.		1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
	X 2008.		1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
Еуро VI	X 2013.	WHSC	1,5	0,13	0,4	0,01	
		<i>Тест</i>	<i>CO</i>	<i>NMHC</i>	<i>CH₄^a</i>	<i>NO_x</i>	<i>PM^b</i>
Еуро III	X 1999. <i>EEVs</i>	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*
	X 2005.		4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
	X 2008.		4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
Еуро VI	X 2013./17	WHTC	4,0	0,16 ^c	0,46	0,4	0,01/-
*Мотори са запремином по цилиндру испод 0,7 dm³, а бројевима обртаја изнад 3000 min⁻¹; ^a-само за моторе на КПП и ТНГ, ^b-не примењује се за гасне моторе у 2000. и 2005. години ^c-ТНС (укупни угљоводоници – Total Hydro-Carbon) за дизел моторе ESC=European Steady-state Cycle (европски циклус са устаљеним режимима, на предлог OICA/ACEA), ELR=European Load Response (европски тест прихватања оптерећења, на предлог OICA/ACEA), ETC= European Transient Cycle (европски циклус са прелазним режимима, на предлог FIGE), WHSC=World-Harmonized Steady-State test Cycles WHTC= World-Harmonized Transient test Cycles OICA=Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, ACEA=Assotiation des Constructeurs Europeens d'Automobiles, FIGE=Forschungsinstitut für Geräusche und Erschutterungen							

3 Методе мерења издувне емисије

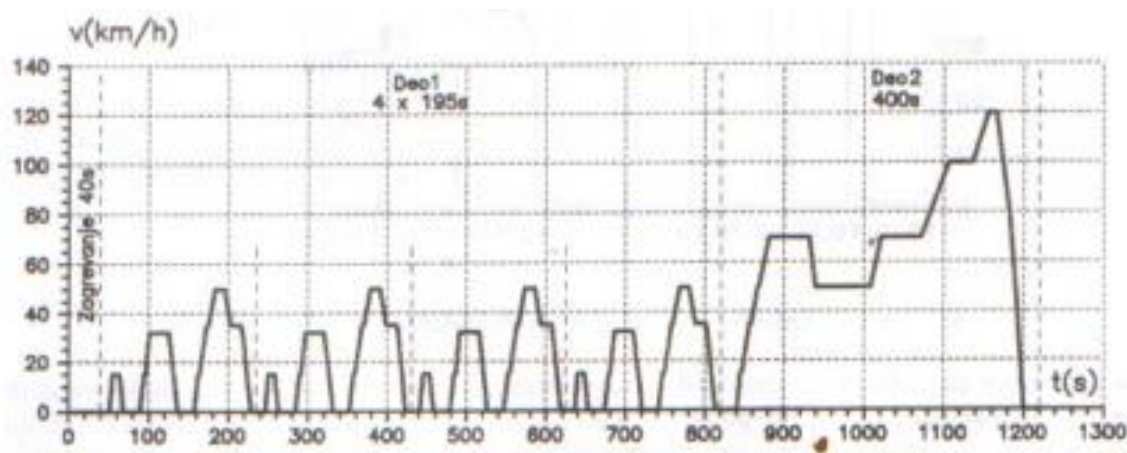
3.1 Хомологациона испитивања

Лабораторијске методе за мерење садржаја издувних гасова:

Све већи проблеми изазвани снажним порастом загађености човекове околине, наметнули су потребу да се и код моторних возила уведу ограничења и мере заштите у односу на састав издувних гасова. Код Ото мотора, углавном је меродаван садржај издувних гасова, а на дизел моторе – димност. Од компоненти утврђује се садржај: CO , CO_2 , NO^x .

У лабораторији, на пробном столу и при устаљеним режимима рада, контрола садржаја издувних гасова не представља већи проблем, јер се мерење врши помоћу анализатора. Али, таква контрола није верна, јер су реално, променљиви режими неповољнији са аспекта токсичности. Најбоље би било кад би се употребили портабл уређаји за контролу издувних гасова у експлоатацији. Међутим портабл уређаји не дају у потпуности тачне вредности (због времена кашњења за обраду).

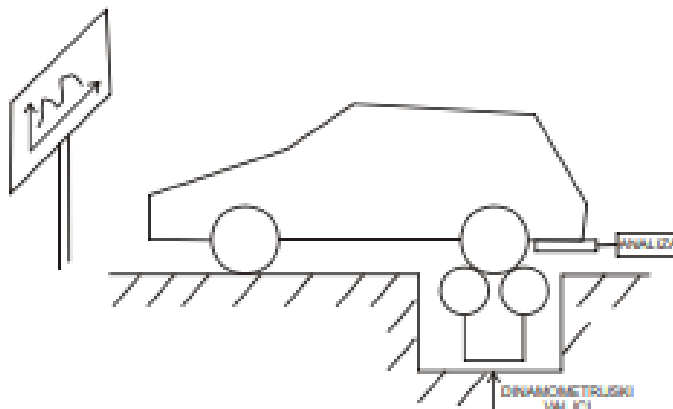
Сви напред наведени проблеми довели су до промене тзв. Возних циклуса у лабораторијским испитивањима. Возни циклуси – тестови, су дијаграмске зависности промене брзине возила у времену, слика 3.1, при чему се узимају у обзир одговарајући преносни односи мењача.



Слика 3.1. Европски возни циклус [4]

Возни тестови се формирају на бази статистичких података од многих снимљених тестова у експлоатацији, водећи рачуна о стази и периоду дана када су вожени. Тестови се касније репродукују у лабораторијским условима, за шта је потребна одговарајућа опрема. Мерни динамометарски ваљци постављају се под погонске точкове и они покрећу точкове, слика 3.2. Закон и промене оптерећења ваљака може се мењати тако да одговара кривој отпора пута за одређену брзину. Могуће је помоћу потенциометара симулирати одређене отпоре (R_f , R_v , P_w).

Ваљци имају и одговарајућу инерцију која одговара инерцији возила.



Слика 3.2. *Опрема за лабораторијско одређивање састава издувних гасова са динамометарским ваљцима [4]*

Од возача се очекује да што боље прати тестом задату брзину возила. Савремене методе подразумевају употребу екрана уместо писача, курсора уместо игле писача за праћење возне криве и употребу аутоматског возача уместо човека. За то време, издувни гасови се одводе у анализатор.

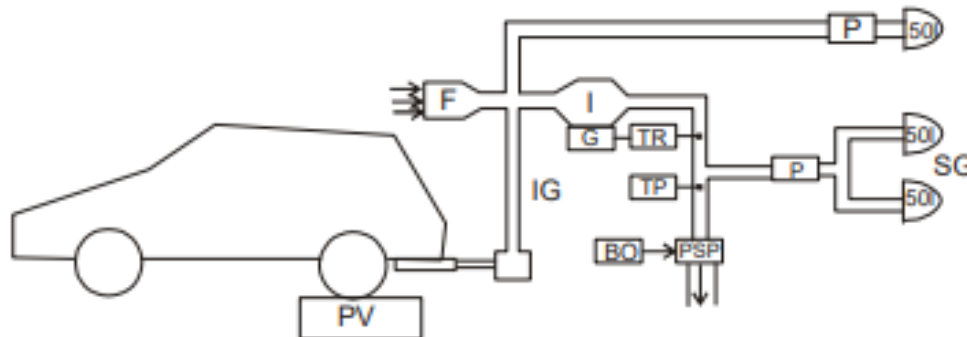
Код нас важи правилник ECE R15 о контроли токсичности издувних гасова, који садрже пробе типа I, II и III.

Проба типа I према ECE R15

Ова проба обухвата контролу издувних гасова по Европском возном циклусу. Услови извођења су:

- хладан старт (пре тога најмање бх кондиционирања)
- циклус се вози 4 пута
- узорак се узима континуално у једну кесу (укупна количина гасова)

Данас се не узимају сви гасови у једну кесу, већ се за сакупљање користи CVS процедура из Америчког возног теста, слика 3.3.



Слика 3.3. CVS процедура мерења садржаја издувних гасова [4]

Код CVS процедуре, издувни гасови се скупљају у посебним коморама пролазећи кроз измењивач топлоте који врши кондензовање воде из издувних гасова. Затим се доводе на одговарајућу температуру. Мерни узорак треба довести на услове спољашње средине, очишћен од опипака.

Проба типа II према ECE R15

Обухвата емисију CO при празном ходу. Потребан је уређај за анализу и мотор подешен на рад на празном ходу, што је стандардизовано. Ова проба се чак примењује и при техничким прегледима возила, а може је вршити и саобраћајна полиција.

Проба типа III према ECE R15

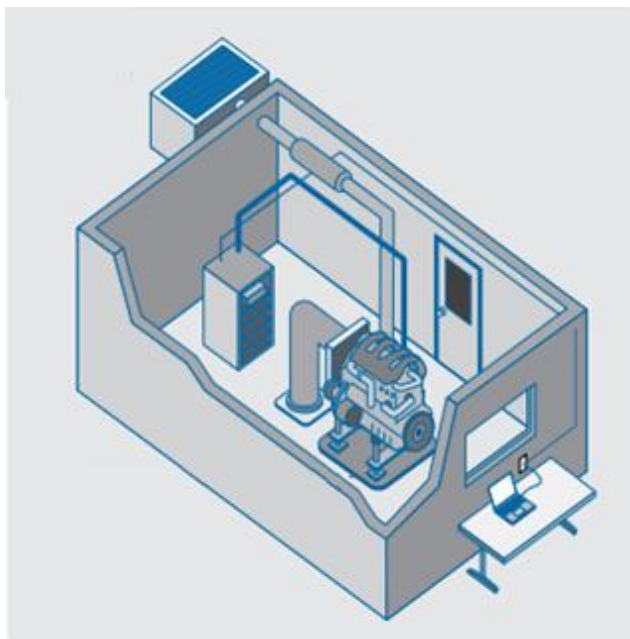
Обухвата контролу испарења из картера мотора. Код сваког ОТО мотора, постоји систем за оваздушење картера, помоћу кога се вода, гасови и уљане паре из картера уводе у усисни вод (уљне паре су штетне за околину). Циљ пробе је контрола испарења под условом да је систем за оваздушење прикључен, односно да ли нешто од гасова излази ван. Количина гасова који би евентуално изашли из картера не треба да пређе 0,15% од утрошене количине горива.

3.2 Ћелије за тестирање емисија

Са новим међународним фокусом на строго тестирање емисија, тржиште за тестирање мотора са сагоревањем је процветало. Како потреба за овим ћелијама расте, тако расте и потреба за напредном технологијом за обављање неопходних тестова. Ова технологија се често примењује због менталитета "ако није покварена, не поправљај је". Дино структура тестирања је релативно стабилна последњих неколико деценија, што значи да не постоји хитна потреба за извођењем пробног ремонта ћелија и надоградња инструментације. Инструментација је последњих година знатно напредовала. Сада методе

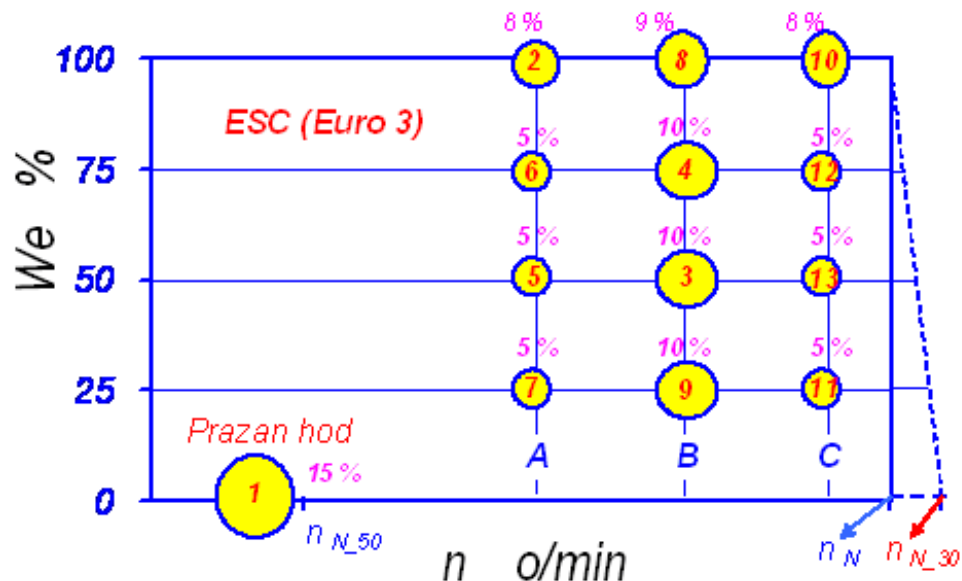
инструментације могу да изводе виталне тестове брже, са више прецизности и мање традиционалних метода тестирања. Савремени тестови ћелија издувних гасова користе најнапредније методе за прикупљање података за оптимизацију релевантности података, омогућавајућо да се добију потребне информације: резултати у реалном времену који приказују исправне податке за статистичке анализе.

Тест ћелија је изолована и контролисана соба у којој се могу безбедно анализирати и забележити својства сагоревања мотора. За тестове издувних гасова, мотор се монтира на колица у центру ћелије и унос и издувни гасови су пажљиво праћени коришћењем различитих инструмената за тестирање, како би се прецизно снимиле и сачувале податке о издувним гасовима. Затим инструменти обрађују податке или их пренесу на централну локацију, познату као кабину за даљу обраду. На слици 3.4 је приказано како изгледа ћелија.



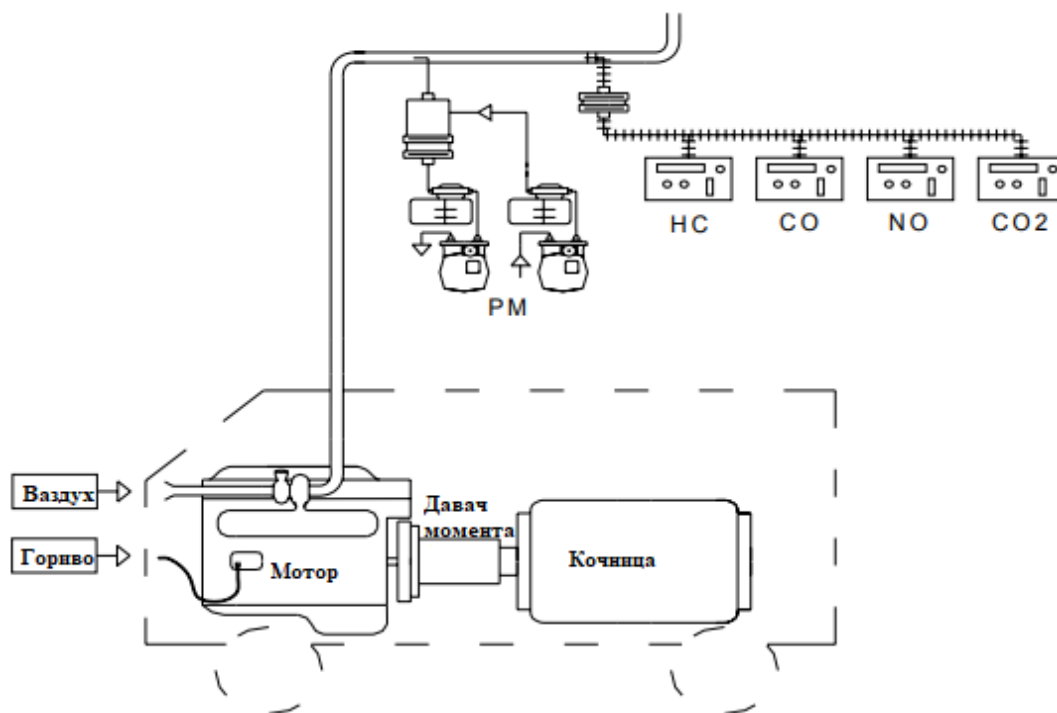
Слика 3.4. Ћелија за тестирање емисија са кабином оператера, колицима за тестирање мотора и издувни канал [5]

Тестирање мотора у ћелијама, уобичајено се врши према дефинисаним стационаним циклусима. На слици 3.5 приказан је такозвани Европски Стационарни Циклус, према коме се врши тестирање погонских агрегата.



Слика 3.5. Европски Стационарни Циклус [6]

Са слике 3.5 се може видети да се мотор тестира на 13 режима, где режим 1 представља празан ход мотора. Остали режими дефинисани су за 3 број обртаја и 4 различита оптерећења мотора. Оптерећење мотора врши се помоћу моторске кочнице, што је приказано сликом 3.6.



Слика 3.6. Испитивање мотора на моторској кочници [7]

3.3 Испитивање емисије возила у току експлоатације

У току експлоатације возила, издувна емисија контролише се на линијама техничког прегледа. Технички преглед возила врши се према правилнику о техничком прегледу. На линијама техничких прегледа користе се уређаји за мерење следећих компоненти:

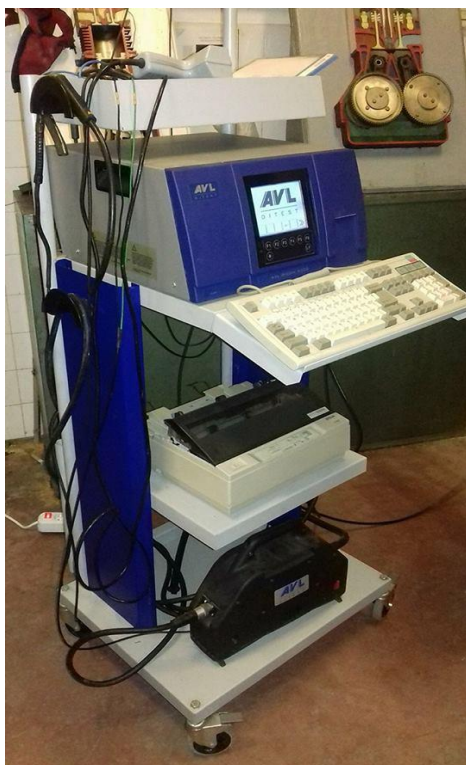
- уређај за мерење димности издувних гасова дизел мотора који омогућава и мерење броја обртаја и радне температуре мотора. Овај уређај мора имати могућност приказа и исписа измерених вредности и могућност повезивања са централним рачунаром,
- уређај за мерење емисије издувних гасова мотора са активним паљењем, који омогућава мерење нивоа СО, радне температуре мотора, броја обртаја и израчунавање фактора сагоревања (λ фактор). Овај уређај мора имати могућност приказа и исписа измерених вредности и могућност повезивања са централним рачунаром.

4 Експериментална истраживања

Факултет инжењерских наука у Крагујевцу поседује уређај за мерење издувне емисије AVL DICOM 4000, на овом уређају су одрађена мерења издувних емисија ОТО и дизел мотора која су описана у овом поглављу.

4.1 Кратак опис уређаја

Уређај AVL DiCom 4000, слика 4.1, је савремена апаратура за мерење издувне емисије бензинских и дизел мотора. Превасходно је намењен за контролу издувне емисије возила на линијама техничког прегледа. Ова и сличне конфигурације су веома корисне при дијагностици отказа система мотора који утичу на издувну емисију. Због релативно ниске цене и компактности конструкције, овај уређај може се успешно користити и као лабораторијски анализатор издувних гасова.



Слика 4.1. AVL DiCom 4000

У основи, уређај садржи гасни анализатор, AVL DiGas 4000, слика 4.2, за следеће гасове:

- O_2 – кисеоник (0...4% vol. или 4...20% vol.)
- CO – угљен-моноксид (0...10% vol.)

- CO₂ – угљен-диоксид (0...20% vol.)
- HC – угљоводонике (0...20000 ppm vol.)
- NO_x – азотне оксиде (0...4000 ppm vol.)

Такође, садржи и опациметар издувних гасова дизел мотора, AVL DiSmoke 4000 (0...100%, k-фактор 0...99.99 L/m), слика 4.3, који заједно чине комбиновани уређај AVL DiCom 4000.



Слика 4.2. AVL DiGas 4000



Слика 4.3. AVL DiSmoke 4000

Додатне могућности мерења су:

- броја обртаја мотора,
- времена убрзавања,
- температуре уља,
- угла предпаљења, и
- периода протока струје кроз индукциони калем.

Самим уређајем управља интегрисани рачунар, тако да постоји могућност прикључивања:

- спољне стандардне тастатуре,
- спољног стандардног штампача,
- спољне меморијске картице са базом података о корисницима услуга, и
- спољњег рачунара, ради даљинског управљања.

У састав уређаја улазе и:

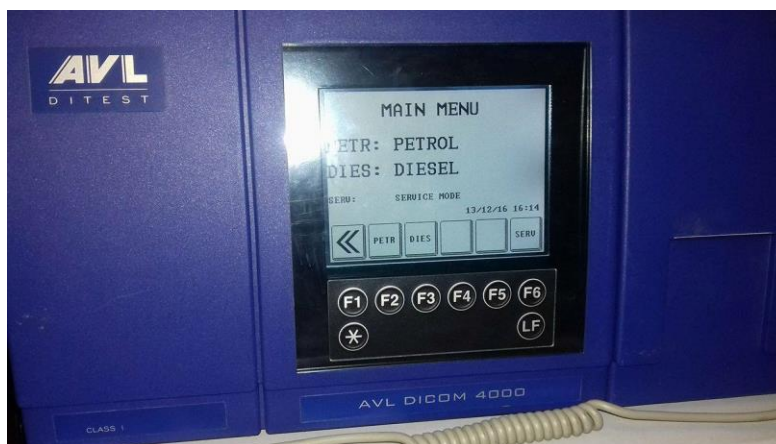
- мерна комора за опацитет (непрозрачност) издувних гасова,
- стробоскоп,
- штипаљка – давач импулса за мерење броја обртаја ОТО мотора,
- клема – давач почетка убризгавања (број обртаја дизел мотора),
- давач температуре уља,
- разни мерни каблови, и
- сонда за узорковање гасова.

4.2 Начин коришћења уређаја

Након укључивања, уређај се аутоматски загрева, врши проверу исправности свих сензора и прикључене додатне опреме, спроводи тест заптивености инсталације, односно припрема се за рад.

Када се испуне сви услови, на екрану се појављује главни мени (слика 4.4) који нуди следеће опције:

1. PETROL за мерење гасне емисије ото мотора, при раду на бензин или TNG (O_2 , CO_2 , CO , HC и NO_x)
2. DIESEL за мерење опацитета издувних гасова
3. SERVICE за калибрацију (баждарење) гасних сензора, проверу и калибрацију опациметра, унос података о власнику уређаја и конфигурацији система.



Слика 4.4. Главни мени уређаја AVL DiCom 4000

Бирајући PETROL или DIESEL опцију, уређај нуди могућност избора различитих нивоа мерења, слика 4.5, који су тако конципирани да углавном задовољавају потребе корисника.



Слика 4.5. Могућности мерења уређајем AVL DiCom 4000

1. Official Measurement (званично мерење) – подразумева процедуру мерења ради провере издувне емисије на линијама техничких прегледа, према важећим прописима. Обавезан је унос података о возилу, а резултати мерења се штампају и дају власнику као доказ ради регистравања возила.

- Код ОТО мотора (опција PETROL) мере се (O_2 , CO_2 , CO , CO_{cor} и HC), коефицијент вишка ваздуха у издувним гасовима (λ), температура уља (Toil) и број обртаја мотора (RPM).
- Код дизел мотора (опција DIESEL) даје се резултат средње вредности опациитета (OPAC.) и коефицијент апсорпције (Kvalue) за најмање 5 узастопних мерења при слободном убрзању.

2. Standard Measurement (стандардно мерење)

- Код ОТО мотора (опција PETROL) омогућава се мерење садржаја појединих гасова (O_2 , CO_2 , CO , HC и NO_x), коефицијента вишка ваздуха у издувним гасовима (λ), угла предпаљења (IGN), периода прекида струје кроз индукциони калем (DA), температуре уља (Toil) и броја обртаја мотора (RPM).
- Код дизел мотора (опција DIESEL) даје се резултат средње вредности опациитета (OPAC) и одговарајућег коефицијента апсорпције (Kvalue), угла пред-убризгавања (CA) и броја обртаја мотора (RPM).

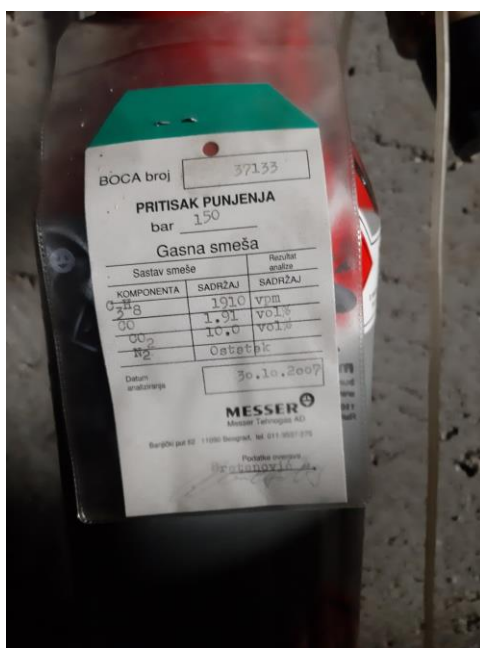
3. Diagnosis Plus (додатна дијагностика) је додатни програм мерења, који се може користити за дијагностику појединих компоненти и система на мотору.

- Код бензинских мотора: провера угла предпаљења у функцији броја обртаја (IGNITION ADV.), провера исправности λ – сонде (LAMBDA PROBE), провера функционалности каталитичког конвертора гасова - катализатора (CC ANALYSIS)
- Код дизел мотора могу се снимити зависности опациитета (OPACITY CURVE), или угла пред убризгавања (ADV. ANGLE CURVE) у функцији броја обртаја.

4. Emission Expert (експертиза емисије) је такође додатни програм који нуди критеријум за оцену измерених величина. Садржи обиље података о могућим узроцима евентуалних недостатака, тако да је, заправо, намењен сервисним радионицама.

Пре започињања мерења, треба проверити исправност уређаја AVL DiCom 4000 за мерење емисије издувних гасова ОТО и дизел мотора и то непосредно, пре сваког возила које се контролише. То се остварује пажљивим праћењем тока загревања уређаја, након његовог укључења, јер уређај сам врши нуловање, контролу и потребне тестове. Оператор мора пажљиво одговорити на сваки упит уређаја приказан на дисплеју. Пре почетка мерења, треба проверити дали је издувни систем на контролисаном возилу у коректном техничком стању и да нема неконтролисаног изласка издувних гасова кроз неке друге отворе осим отвора издувног система. Пробу урадити тако што се затвори излаз на издувном систему и констатује пораст притиска у њему током рада мотора. Уколико нема пораста притиска, када је излазни отвор затворен, а мотор ради, значи да издувни систем није у коректном техничком стању и да резултати мерења емисије издувних гасова неће бити коректни. Мерење емисије издувних гасова увек вршити на отвореном терену или поред отворених врата лабораторије у којој мора постојати добра вентилација.

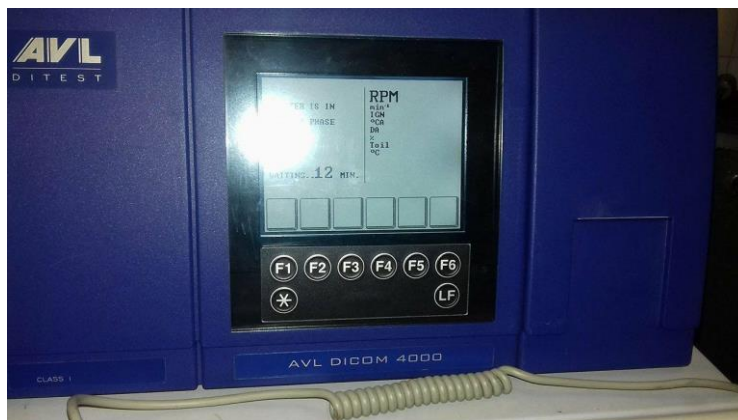
Такође треба напоменути, да се калибрација уређаја за мерење врши на сваких 6 месеци, уз помоћ калибрационих гасова, са познатим саставом. Састав калибрационих гасова је приказан на слици 4.6.



Слика 4.6. Калибрациони гасови

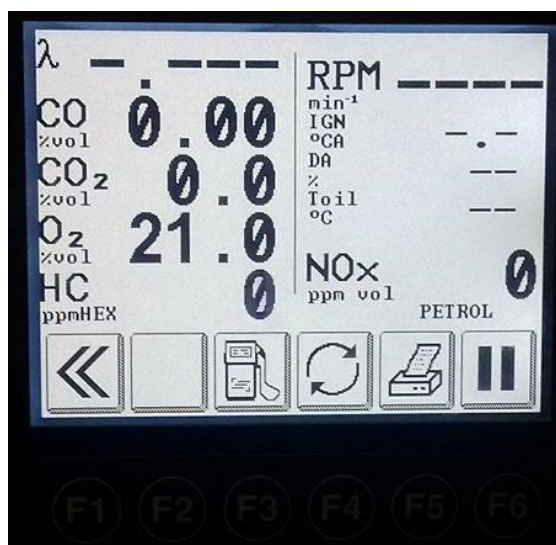
4.3 Мерење издувне емисије ото мотора

Након укључивања и провере исправности уређаја приступа се мерењу издувне емисије. Пре почетка мерења мора да се сачека да се уређај загреје, на екрану (слика 4.7) се појављује колико времена треба сачекати пре почетка мерења.



Слика 4.7. Припрема уређаја за мерење

Мерења припадају опцији стандардних мерења то значи да се након стабилизације уређаја, односно његове припреме за рад, са главног менија бира опција PETROL и стандардни ниво мерења Ова опција омогућава мерење садржаја појединих гасова (O_2 , CO_2 , CO , HC и NO_x), коефицијента вишка ваздуха у издувним гасовима (λ), угла предпаљења (IGN), периода прекида струје кроз индукциони калем (DA), температуре уља ($Toil$) и броја обртаја мотора (RPM) (слика 4.8).



Слика 4.8. Мерење садржаја појединих гасова

Након тога се врши постављање сонде за узорковање гаса ОТО мотора. Сонда се увлачи најмање 300 mm у издувну цев возила (слика 4.9). При томе, издувни систем мора

бити коректан, без отвора кроз које може улазити ваздух (ваздух који уђе у издувни систем утиче на резултате мерења). Мерење је извршено на возилу Opel Meriva B.

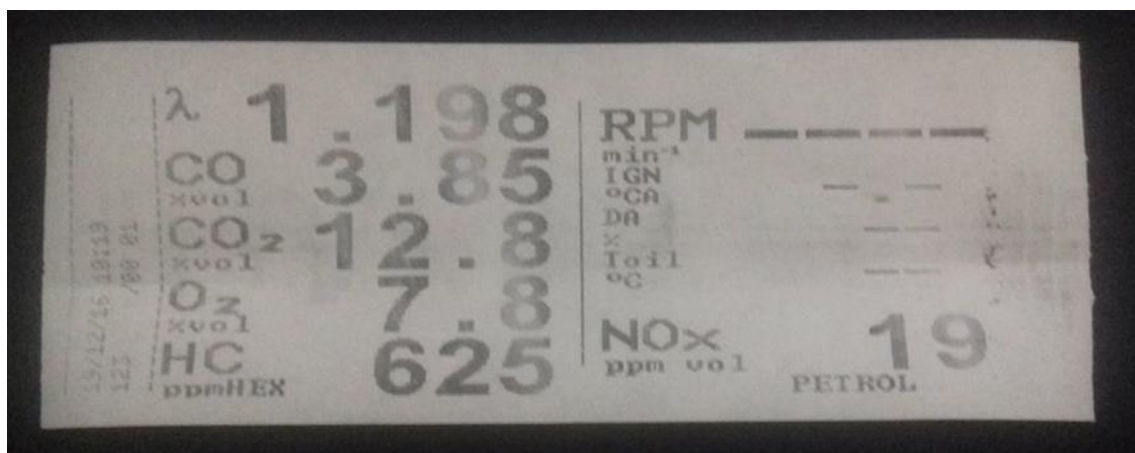


Слика 4.9. *Постављање сонде у издувну цев возила*

Када смо поставили сонду у издувну цев возила читавамо податке са уређаја при томе је мотор радио на празном ходу (слика 4.10). Када притиснемо тастер F6 одштампаћемо податке (слика 4.11).



Слика 4.10. *Подаци празна ход мотора и штампање података*



Слика 4.11. Одштампан подаци

Урађен је исти поступак и када је мотор радио на 3000 обртаја, подаци који су добијени приказани су на слици 4.12.



Слика 4.12. Одштампани подаци

4.4 Мерење издувне емисије дизел мотора

Исти је поступак и код дизел мотора. Мотор (слика 4.13) који смо користили је у просторијама Факултета. У питању је мотор за возило Fiat Punto. Мотор као систем за убризгавање има Common Rail систем.



Слика 4.13. *Дизел мотор*

Сонда се увлачи у издувну цев (слика 4.14), прво очитани подаци на празном ходу мотора (слика 4.15), а затим на 3000 о/мин (слика 4.16).



Слика 4.14. *Постављање сонде у издувни систем дизел мотора*



Слика 4.15. Одштампани подаци дизел мотора при стационарном режиму рада



Слика 4.16. Одштампани подаци дизел мотора при порасту броја обртаја

У табели 4.1 дати су подаци мерења ОТО и дизел на празном ходу док су у табели 4.2 резултати на 3000 о/min, која су извршена у лабораторији на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу.

Табела 4.1. Подаци мерења на празном ходу

Тип мотора	λ	CO	CO ₂	O ₂	HC
ОТО	1,198	3,85	12,8	7,8	625
Дизел	3,633	0,02	4,2	15,9	27

Табела 4.2. Подаци мерења на 3000 о/min

Тип мотора	λ	CO	CO ₂	O ₂	HC
ОТО	1,049	0,49	14,8	1,60	244
Дизел	3,965	0,04	4,0	17,0	25

Закључак

Саобраћај представља веома важан део људског друштва. Такорећи, савреман живот без возила је незамислив. Као погонски агрегат, готово сва возила користе моторе СУС. Сагоревање фосилних горива као енергент за погоњење мотора, ипак за собом повлачи одређене нуспојаве, попут емисије штетних компоненти које могу негативно утицати на животну средину.

Саобраћај узрокује 40-50% загађења, која угрожавају квалитет ваздуха у градовима. Ниво азотних оксида је у трећини градова у свету изнад прописаних граница, а више од половине има прекомерне нивое.

Загађење животне средине, које може узроковати различите здравствене проблеме људи, узроковало је довођење на снагу одређених законских норми, које би натерале произвођаче да производе модерније и еколошки чистије моторе за уградњу на возилима. Самим тим увођењем строжијих законских норми, произвођачи аутомобила су приморани да развијају нове или побољшавају постојеће мотор СУС.

Применом нових мотора и квалитетнијих горива, контролом емисија стање у свету постаће боље у наредних 10 година, али ће знатним повећањем броја моторних возила глобално загађивање ваздуха поново почети да расте.

Побољшања и развој која се примењују за смањење издувне емисије, углавном су везана за системе возила који су директној вези са издувном емисијом. Самим тим, на пример, са сваком новом Еуро нормом, возила си добијала неки модернији систем или неку нову компоненту у систему за пречишћавање издувних гасова, са циљем задовољавања строгих граница за издувну емисију.

Константна побољшања и иновације које се врше на возилима са циљем смањења издувне емисије, довела су до тога да цена возила годинама уназад вртоглаво расте. Разлог томе је све већа примена електронике, која је неопходна за управљање одређеним системима на возилима. Као најбољи пример може се узети Common rail систем за убризгавање горива код дизел мотора.

Осим система због којих су возила све скупља, још један проблем је гориво. Наиме годинама уназад може се приметити константан раст цене горива. На пример дизел гориво које је својевремено било два пута јефтиније од бензина, сада има већу цену од бензина. Разлог томе је примена савремених технологија за прераду сирове нафте, а које су неопходне за добијање горива одређеног квалитета.

Све претходно наведене ставке, неопходне су како би се испоштовали прописи о издувној емисији. Међутим логичан закључак је да ни цене возила и горива не могу ићи у недоглед. Самим тим потребно је радити на проналажењу јефтинијих и бољих решења за смањење издувне емисије возила.

Неки од начина за смањење издувне емисије су примена квалитетнијих извора енергије, тј. примена алтернативних горива која ће утицати на смањење издувне емисије. Такође могу се предузимати мере за ограничавање употребе аутомобила и коришћење масовног превоза путника. Квалитет организације јавног путничког превоза у граду и нивои услуге највише утичу на масовније коришћење јавног превоза, а тиме и на квалитет животне средине.

Литература

- [1] Р. Вукашиновић, Д. Јакшић, Редукција издувних гасова моторних возила, Зборник радова, Урошевац, 2012; Интернет адреса: <http://www.vtsurosevac.com/download/Zbornik%202012/Strucni%20radovi%20VTSSS%20Urosevac%202012/10.%20Vukasinovic,%20Jaksic/13.%20Redukcija%20izduvnih%20gasova%20motornih%20vozila.pdf>, приступљено 04.09.2020.
- [2] Пријатељи природе, VreleGume; Интернет адреса: <http://www.vrelegume.rs/ecofriendly/ECOFriendlypress1.pdf>, приступљено 04.09.2020.
- [3] А. Давинић, Р. Пешић :Погонски системи у транспорту, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу , Крагујевац, 2018
- [4] Факултет инжењерских наука, Интернет адреса: http://moodle.fink.rs/pluginfile.php/8066/mod_resource/content/1/PREDAVANJA/Predavanja - III nedelja 2013.pdf, приступљено 12.09.2020.
- [5] NATIONAL INSTRUMENTS; Интернет адреса: <http://www.ni.com/pdf/app-note/testing-automotive-exhaust-emissions.pdf>, приступљено 14.09.2020.
- [6] А. Давинић: Идентификација карактеристика мултипроцесног рада клипног мотора СУС, Докторска дисертација, Крагујевац, 2013.
- [7] МЕСА; Интернет адреса: <http://www.meca.org/galleries/files/ullman.pdf>, приступљено 14.09.2020.