

**КОНТРОЛА ИЗДУВНИХ ЕМИСИЈА ДИЗЕЛ МОТОРА У ПЕРИОДУ  
ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ ВОЗИЛА****TESTING DIESEL ENGINE EXHAUST EMISSIONS DURING VEHICLE  
EXPLOITATION**Стефан Радојковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – САОБРАЋАЈ**

**Кратак садржај** – У раду је анализиран поступак контроле издувних емисија возила са дизел мотором током експлоатације, односно на техничком прегледу возила. Постојећи начин тестирања на техничком прегледу, који подразумева мерење димности, није мењан деценијама и није у складу са савременим захтевима за смањење негативног дејства издувних емисија возила на здравље људи и животну средину. Та неусклађеност је почела да се постепено превазилази.

**Кључне речи:** Издувне емисије, друмска возила са дизел мотором, технички преглед, негативни утицај издувних емисија.

**Abstract** – Here is discussed diesel engine exhaust emissions testing during vehicle exploitation, i.e. on technical inspections. The existing testing procedure, which includes opacity measurement, has been used for decades. It is not in accordance with modern high requirements for reducing vehicle exhaust emissions with negative impacts on human health and environment. Most contemporary trends show the efforts to gradually bridge this gap.

**Keywords:** Exhaust emissions, road vehicles with diesel engine, technical inspection, negative impact of exhaust emissions.

**1. УВОД**

Саобраћај има значајне негативне ефекте на здравље људи и животну средину. При томе, посебан значај имају штетне емисије друмских возила са дизел мотором, који имају доминантну улогу у друмском саобраћају. У раду су приказане најважније издувне емисије возила са дизел мотором које имају негативне ефекте по здравље људи и животну средину, као и мере које се предузимају за њихово смањење. Затим је описана постојећа пракса и тенденције за унапређење контроле издувних емисија на техничком прегледу код нас и у земљама ЕУ.

**2. ЗНАЧАЈ ПРОБЛЕМАТИКЕ****2.1. Негативни утицај издувних емисија****друмских возила са дизел мотором**

Друмска возила која за свој погон користе дизел моторе имају издувне емисије са врло негативним утицајем на животну средину.

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Ђурђица Стојановић, ред. проф.

Са друге стране, дизел мотори имају доминантну улогу у друмском и водном теретном транспорту, посебно када је у питању комерцијални и теретни транспорт. Порастом броја моторних возила и интензивирањем саобраћаја, појачао се и негативан утицај издувних емисија на животну средину.

**2.2. Продукти сагоревања код дизел мотора**

Са становишта негативног утицаја на здравље људи и очување животне средине, пресудну улогу имају следећа хемијска једињења која се налазе у саставу издувних гасова код дизел мотора [1]:

✚ Угљен моноксид ( $CO$ ) - настаје као продукт непотпуне оксидације угљеника из горива при сагоревању смеше горива и ваздуха;

✚ Угљен диоксид ( $CO_2$ ) - продукт је потпуног сагоревања фосилних горива и настаје везивањем угљеника из горива са кисеоником из ваздуха;

✚ Азотни оксиди ( $NO_x$ ) - настају у процесу сагоревања горива у мотору, при високим притисцима и температурама у условима када постоји вишак кисеоника;

✚ Чврсте честице (*Particulate matters* –  $PM$ ) - настају у процесу сагоревања горива када нема довољне количине кисеоника у процесу сагоревања, па долази до издвајања виших угљоводоника. Главне загађујуће материје који се јављају приликом сагоревања дизел горива су чврсте честице и азотни оксиди.

**2.3 Мере за смањење негативног утицаја**

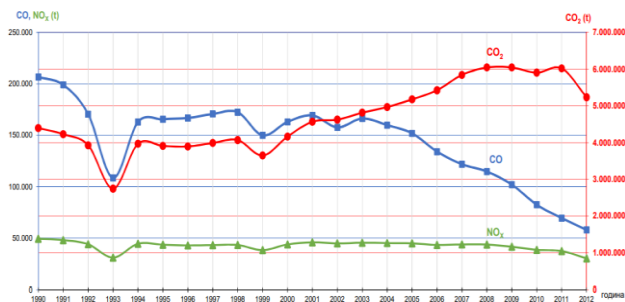
Најразвијеније земље су још у прошлом веку покренуле значајне кораке како би се ниво загађења ваздуха постепено смањивао. Пре свега, постављени су стратешки циљеви за смањење негативног утицаја транспорта на животну средину. Затим су дефинисане мере за смањење негативног утицаја.

Најважније области у којима се спроводе мере за смањење негативног утицаја возила са дизел мотором су:

✚ развој и примена еколошких стандарда и правне регулативе који имају улогу да смање загађење настало из саобраћаја;

✚ увођење економских инструмената који подстичу смањење издувних емисија; унапређење конструкције возила и мотора у погледу уградње додатне опреме која ће смањити загађење и прелазак на одрживе изворе енергије за погон возила.

Као резултат тих мера, дошло је до постепеног смањења издувних емисија са негативним дејством. На слици 1 дат је приказ резултата промене количина емисија  $NO_x$ ,  $CO$  и  $CO_2$  на основу анализе загађујућих материја на државним путевима I и II реда за период од 1990–2012. год.



Слика 1. Приказ промене количина  $NO_x$ ,  $CO$  и  $CO_2$  током периода посматрања од 1990 до 2012. год. [2]

### 3. ПОСТУПАК КОНТРОЛЕ ЕМИСИЈЕ ИЗДУВНИХ ГАСОВА ВОЗИЛА СА ДИЗЕЛ МОТОРОМ

#### 3.1. Захтеви везани за контролу издувних емисија дизел мотора за возила у експлоатацији у земљама ЕУ

Током експлоатације возила друмског транспорта врши се периодична контрола техничке исправности возила. Закони ЕУ дефинишу минималне захтеве за режим периодичних техничких прегледа. За друмска возила са дизел мотором, поступак испитавања емисије штетних гасова је веома сличан поступку дефинисаном нашим будућим правилником, чија примена почиње 2023. године. Поступак испитивања емисије  $PTI$  (*Periodical Technical Inspection*) код ове врсте мотора обухвата, као и код нас, само утврђивање коефицијента апсорпције. У овом тесту тренутна гранична вредност коефицијента апсорпције за мала оптерећења за већину модерних дизел аутомобила је  $0,7 m^{-1}$ . Мерење емисија штетних гасова и чврстих честица се не захтева [3]. Да би се превазишла ограничења које има постојећи поступак периодичног техничког прегледа, земље ЕУ су почеле да развијају нови поступак. Тај нови поступак је назван  $NPTI$  – (*European New Periodical Technical Inspection*), који узима у обзир емисије гасова и чврстих честица ( $PM$ ), како би се гарантовала стабилност издувних емисија у периоду експлоатације возила.

#### 3.2. Захтеви везани за контролу издувних емисија дизел мотора за возила у експлоатацији у Републици Србији

На техничком прегледу за возила у експлоатацији, прописима у Републици Србији је регулисано да се утврђује концентрација чађи у издувним гасовима. Степен зацрњења се израчунава након најмање три узастопна убрзања неоптерећеног мотора, од броја обртаја на празном ходу до највећег броја обртаја при којој довод горива искључује регулатор.

Према новом правилнику о техничким прегледима возила [4], основно правило је да емисије дизел возила не смеју имати чађавост већу од оне коју је прописао произвођач, или што је декларисано једнообразним техничким условима, сходно важећем Еуро стандарду. За свако возило које је произведено након 1. марта

2014. године, граница на овом испитивању износи  $k = 1,5 m^{-1}$ . Међутим, у случају да ти подаци нису познати, односно ако на техничком прегледу не постоји приступ бази са тим подацима, примењују се ограничења у зависности од снаге мотора [5]:

- ✚ за возила снаге до  $73,5 kW$  ( $100 KS$ ), вредност апсорпције светлости не сме бити већа од  $3,22 m^{-1}$ ;

- ✚ док за возила снаге преко  $73,5 kW$  ( $100 KS$ ), вредност апсорпције светлости не сме бити већа од  $2,44 m^{-1}$ .

Из овога се може закључити да се показатељи Еуро стандарда, по којима се возила производе, уопште не проверавају на линијама контроле техничке исправности.

### 3.3. Изазови везани за контролу емисије гасова

Као што је и у претходној тачки наглашено, нови прописи везани за контролу емисије на линијама техничких прегледа код нас и у земљама ЕУ постављају значајне препреке за експлоатацију старијих и неодржаваних возила, која имају већи негативни утицај на загађење ваздуха. Постојећи поступак тестирања издувних емисија возила са дизел мотором на техничком прегледу између ЕУ и Србије разликује се само у погледу дозвољених вредности коефицијента апсорпције. Када је у питању унапређење тог поступка и увођење  $NPTI$ , главни изазови са којима се Србија суочава су:

- ✚ разлика у просечној старости и квалитету одржавања возила код нас и у земљама ЕУ;

- ✚ упитна исправност дизел мотора и уређаја за накнадну обраду издувних гасова на возилима која се купују као половна;

- ✚ нижи економски стандард и куповна моћ становништва у нашој земљи за куповину нових возила и нових уређаја за обраду издувних емисија због њихових високих цена.

Из наведених разлога, у Србији је теже да се спроведе у пракси примена прописа који додатно поопштравају дозвољене вредности димности и увођење нових тестова који контролишу издувне емисије, у складу са најновијим прописима у ЕУ.

### 4. УРЕЂАЈИ ЗА КОНТРОЛУ ЕМИСИЈЕ ВОЗИЛА СА ДИЗЕЛ МОТОРОМ НА ТЕХНИЧКОМ ПРЕГЛЕДУ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Важећа регулатива у Европској унији и Републици Србији предвиђа да се за испитивање емисије штетних гасова дизел мотора у возилима друмског транспорта користе такозвани опациметри или димометри.

#### 4.1. Принцип рада опациметара

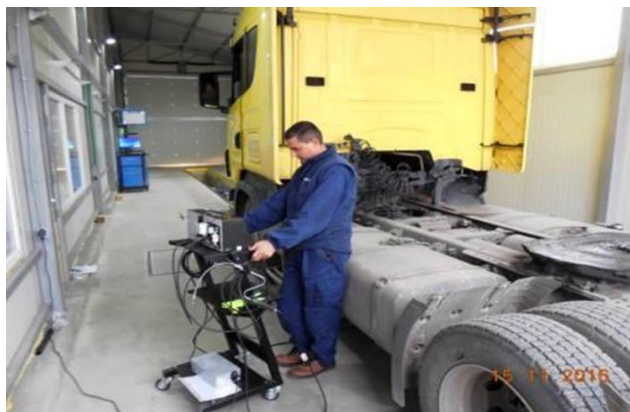
Опациметар свој рад заснива на мерењу апсорпције светлости на узорку издувног гаса који пролази кроз мерну комору, на чијој се једној страни налазе светлосни извор и детектор, а на другој огледало. Дим улази у мерну комору, где се анализира са рефлекционим примопредајником [6]. Анализирани дим пролази кроз вентилаторе на доњем делу уређаја и напушта комору. Пре спровођења мерења мора се водити рачуна о неколико битних детаља на возилу, а односе се на проверу нивоа расхладних течности и

уља који често могу бити нижи од прописаних од стране произвођача.

Сам процес мерења може да се изводи на више начина, у зависности од тога која се врста мерења одабере. Најчешће се мерење изводи преко [6]:

- ✚ броја обртаја мотора;
- ✚ преко лимита дима;
- ✚ преко тачно утврђених временских интервала и
- ✚ преко мануелног мода.

На слици 2 дат је приказ поступка контроле емисије издувних гасова код тешког теретног возила на техничком прегледу.



Слика 2. Приказ спровођења контроле емисије код тешког теретног возила [7]

#### 4.2. Емерсонов патент апаратуре за мерење густине дима

Идеја о мерењу густине дима у издувним емисијама стара је неколико деценија. *Reginald Stanley Emerson* је 1978. године успео да осмисли и конструише уређај за мерење густине дима. Уређај је базиран на принципу Вентуријевог пролаза кроз који пролази дим са уграђеним извором светлости и најмање једном површином која има улогу да одбија (рефлектује) светлост у близини пролаза. Улога тих површина је да попречно одбијају светлосни зрак кроз грло Вентуријеве цеви да би формирали *V* (лат.) сноп или вишеструки *V* сноп [8].

Уређај припада групи уређаја намењених за мерење димности код возила са дизел мотором. Развијен је првенствено ради потребе мерења густине дима код превозних средстава у аутомобилској индустрији, али његову примену је могуће спровести и за мерење дима из било које друге издувне цеви или неког другог отвора из ког излази делимично непровидан гас.

#### 4.3. Карактеристике и метод рада савремених опациметра који се користе у Републици Србији

Принцип рада данашњих опациметра се не разликује много од некадашњих патената као што је Емерсонов патент. Савремени опациметри су задржали готово исти принцип рада, мада су доста сложенији. У табели 1 дат је приказ свих типова опациметара које је Дирекција за мере и драгоцене метале Министарства привреде одобрила за коришћење у нашој земљи на линијама техничког прегледа. Постоји неколико

типова опациметара који се код нас могу примењивати за испитивање опацитивности код свих типова возила која за погон користе дизел мотор. Може се приметити да се поједини опациметри у табели 1 појављују више пута. То је из разлога што се ти уређаји производе од стране два или више произвођача.

Табела 1. Приказ одобрених типова опациметара за коришћење на линијама техничког прегледа [9]

Ознака типа	Произвођач
OPA-105.PCB	ASSEMBLAD CAMPI BISENZO (FIRENZE), ITALIJA
820	NEXION S.p.A., ITALIJA
820	TECHNOMOTORS S.p.A., ITALIJA
OPUS 100	OPUS PRODOX AB, ŠVEDSKA
CAP3201-4GAZOPA	CAPELEC, FRANCUSKA
LA-2 OBD	LASER DOO BEOGRAD
OPA 300	SNAM NT Srl, Italija
OPA BOX AUTOPOWER	TEXA S.P.S, Italija
OPA 300	MAHLE, Italija

## 5. ПОСТУПАК МЕРЕЊА ОПАЦИТИВНОСТИ

У оквиру практичног дела истраживања описана су два поступка мерења опацитивности различитим уређајима и на два различита возила.

### 5.1. Мерење опацитивности на путничком аутомобилу применом опациметра марке *Brain Bee OPA 300* на линији техничког прегледа

У првом примеру описан је поступак мерења емисија дизел мотора на техничком прегледу на возилу марке *Fiat Grande-punto*. Возило је произведено 2006. године и има дизел мотор радне запремине 1248 cm<sup>3</sup>, који испуњава Еуро 4 стандард. Пре почетка тестирања, возило и опациметар су загрејани на своје радне температуре. Приликом покушаја загревања, утврђено је да је дошло до запушења опациметра честицама чађи из претходних возила на којима је вршено мерење димности. Стога је поступак прекинут да би опациметар био очишћен. Након чишћења и поновног загревања опациметар је прикључен на возило и започет је процес мерења. Процес подразумева три узастопна мерења која се састоје од притиска папучице гаса до краја, одржавања таквог гаса око 5 секунди и након тога пуштања папучице у трајању од 5 секунди на леру. Након три мерења добијена је просечна вредност димности изражена коефицијентом апорпције која износи  $k = 1,36 m^{-1}$ . С обзиром да је возило произведено 2006. године, према правилнику за њега важи граница димности коју је дефинисао произвођач возила. Ако је дефинисана граница димности већа од добијене вредности, возило је прошло контролу емисије.

### 5.2. Мерење опацитивности на лакој теретној возилу применом опациметра марке *KANE Auto 600*

Други поступак мерења подразумевао је самостално мерење опацитивности издувних емисија возила на терену. Мерење је извршено на лакој теретној возилу, тачније комби возилу укупне масе до 3,5 t. За ово мерење коришћен је уређај Лабораторије за логистику и интермодални транспорт Факултета

техничких наука. У питању је модел британског произвођача *KANE Auto 600*, који служи за мерење опацитивности на свим возилима који имају као погон дизел агрегат.

Мерење коефицијента апсорпције извршено је на лакој теретној возилу марке *Fiat Ducato* произведеном 2008. године. Ово возило покреће дизел мотор радне запремине од  $2300 \text{ cm}^3$ , које развија  $88 \text{ kW}$ , односно 120 коњских снага (KS). Пре почетка мерења, опациметар је био укључен како би отпочео његов процес загревања. Време загревања је трајало око 10 минута. Када се опациметар загрејао, уређај је повезан са сондом преко екстензионе цеви, а затим је сонда стављена у саму издувну цев возила и започет је процес мерења исти као и у претходно описаној тачки. Након мерења, добијен је просечни коефицијент апсорпције који износи  $k = 0,24 \text{ m}^{-1}$ . Као и у претходном случају, граница димности је она коју је произвођач дефинисао. Сасвим је сигурно да је дефинисана граница знатно већа од овако мале добијене вредности, чиме се може закључити да би возило прошло контролу издувних емисија на техничком прегледу.

## 6. КРИТИЧКА АНАЛИЗА

Дизел мотори имају високу поузданост, ефикасност и век трајања, уз ниске трошкове експлоатације. Велику примену су нашли у друмским комерцијалним возилима, посебно теретним возилима. Међутим, ови мотори имају нежељене продукте сагоревања који доспевају у ваздух и утичу на здравље људи и животну средину. Најважније нежељене издувне емисије дизел мотора су гасови азотни оксиди ( $\text{NO}_x$ ), угљен диоксид ( $\text{CO}_2$ ), угљен моноксид ( $\text{CO}$ ) и чврсте честице. Најразвијеније земље су још у прошлом веку покренуле значајне кораке како би се загађење ваздуха узроковано возилима са дизел мотором постепено смањивало. Пре свега, постављени су циљеви за смањење загађења ваздуха и емисија гасова са ефектом стаклене баште. Постизање тих циљева врши се применом и унапређивањем различитих мера (еколошки стандарди, економски инструменти, правни извори, развој техничких карактеристика нових возила). Међутим, прописи за испитивање техничке исправности возила са дизел мотором у периоду експлоатације нису мењани деценијама. Према овим прописима, испитује се само димност (опацитивност) издувних емисија.

У најразвијенијим земљама ЕУ у току је увођење нових прописа (*NPTI*), који узимају у обзир емисије гасова и чврстих честица. У нашој земљи је такође у току поштравање прописа који се односе на технички преглед возила. Примена нових прописа мораће да се усклађује са специфичностима нашег окружења.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Проблематика обрађена у овом раду је врло актуелна како код нас, тако и у земљама ЕУ. Постојећи начин тестирања издувних емисија друмских возила са дизел мотором на техничком прегледу није мењан деценијама и није у складу са савременим захтевима за заштиту животне средине. Тестирање не укључује

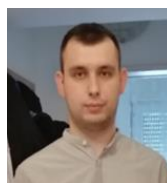
најважније показатеље негативног утицаја ових возила на животну средину и не проверава све карактеристике еуро стандарда возила у периоду експлоатације. Нови прописи ЕУ и Републике Србије предвиђају делимично превазилажење тог јаза. При томе, у Републици Србији се заостаје са увођењем регулативе у односу на државе Европске уније из више разлога, од којих су најважнији карактеристике постојећег возног парка, куповна моћ, привредна развијеност, али и свест становништва и други разлози.

У блиској будућности очекује се да ће се са једне стране регулатива која уређује контролу емисија возила са дизел мотором поштравати, а са друге стране ће се смањивати њихова производња и вршиће се постепено прелазак на возила са погоном на обновљиве изворе енергије.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Папић В. *Одређивање количине емитованих гасовитих загађујућих материја пореклом од друмског саобраћаја применом Коперт IV модела Европске агенције за животну средину*, Институт Саобраћајног факултета, Београд, 2010. год.
- [2] Момчиловић В., *Студија о процени емисија загађујућих материја у атмосферу од саобраћаја на државним путевима I и II реда*, Ј.Р. Путеви Србије и Саобраћајни факултет, Београд, 2014. год.
- [3] *EU: New Periodic Technical Inspections (NPTI)*, часопис: Dieselnet, датум: 2021. године, преузето са: <https://dieselnet.com/standards/eu/pti.php>
- [4] *Правилник о техничком прегледу возила*, (Сл. Гласник, бр. 31/2018 и 70/2018), часопис: Параграф, преузето са: <https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik-o-tehnickom-pregledu-vozila.html>(приступљено у јулу 2021.)
- [5] Ромчевић Д. *Половна возила увезена након 1. марта 2014. године, од јула 2021. године мораће да испуне строжије еколошке стандарде на техничком прегледу*, часопис: Прописи, датум: 2020. године, преузето са: <https://www.propisi.net/polovna-vozila-uvezena-nakon-1-3-2014-godine-od-jula-2021-morace-da-ispune-strojije-ekoloske-standarde-na-tehnickom-pregledu/>
- [6] Корисничко упутство за опациметар марке „Assemblad“, датум: 2020. године, преузето са: <https://www.assemblad.it/manuals/M105gb301.pdf>
- [7] *Технички преглед*, „Bitcom doo“, Аранђеловац, часопис: Регистрација возила, датум: 2021. године, <https://registracija-vozila.rs/38-opstine-srbije/opstine-srbije/1329-registracija-tehnicki-pregled-arandjelovcu>
- [8] Emerson, R. S. *Apparatus for measuring smoke density*, United States Patent, 1978. године.
- [9] Светлосне величине – одобрени типови мерила/сертификати о прегледу типа, Дирекција за мере и драгоцене метале, Минст. привреде, 2021. године.

### Кратка биографија:



Стефан Радоковић рођен је у Параћину 1994. године. Након завршене средње електротехничке школе у Параћину, своје образовање наставља на Високој железничкој школи у Београду а затим на Факултету техничких наука у Новом Саду, где је 2020. године стекао звање Дипломираног инжењера саобраћаја.

Контакт:  
stefanradokovic994@gmail.com