

Ruslans Šmigans

# ATGĀZU TOKSISKUMA NOVĒRTĒŠANA

**LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE**

**TEHNISKĀ FAKULTĀTE**

**SPĒKRATU INSTITŪTS**

**Ruslans Šmigins**

# **ATGĀZU TOKSISKUMA NOVĒRTĒŠANA**

**Jelgava 2008**



**Mācību līdzeklis sagatavots un izdots ESF projekta „Inženierzinātņu studiju satura modernizācija Latvijas Lauksaimniecības universitātē” ietvaros, projektu līdzfinansē Eiropas Savienība.**

**Šmigins R.** Atgāzu toksiskuma novērtēšana: lekciju materiāls. – Jelgava: LLU, 2008. – 40 lpp.

Mācību-metodiskais materiāls satur nepieciešamo pamatinformāciju par sadedzes procesu iekšdedzes motoros, kaitīgajām atgāzu komponentēm un to ietekmi uz apkārtējo vidi. Materiāls paredzēts studiju priekšmetu ”Motoru teorija” un ”Spēkrati” apguvei LLU Tehniskās fakultātes Lauksaimniecības inženierzinātnes studiju programmas Autotransporta apakšprogrammas studentiem.

Recenzenti: LLU Spēkratu institūta profesors Dr.sc.ing. Vilnis Gulbis un Spēkratu institūta direktors profesors Māris Ķirsis.

**ISBN 978-9984-784-40-3**

© Ruslans Šmigins  
© LLU Tehniskā fakultāte

## Saturs

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| DEGVIELA.....                                    | 4  |
| IEKŠDEDZES MOTORA ATGĀZU SASTĀVS.....            | 7  |
| SADEDZES PRODUKTU VEIDOŠANĀS.....                | 9  |
| SADEDZES PRODUKTU IETEKME UZ APKĀRTĒJO VIDI..... | 15 |
| IZMĒĢINĀJUMU METODES .....                       | 19 |
| IZMĒĢINĀJUMI UN LIKUMDOŠANA .....                | 26 |
| BRAUKŠANAS CIKLI.....                            | 29 |
| ATGĀZU TOKSISKUMU IETEKMĒJOŠIE FAKTORI .....     | 36 |
| IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....                       | 39 |
| PIELIKUMS .....                                  | 40 |

Iekšdedzes motora atgāzu sastāvs lielākā vai mazākā mērā ir atkarīgs no motora darbināšanai izmantotā degvielas veida. Plaši izplatītais jēdziens "degvielas toksiskums" parasti raksturo tās ekspluatācijas īpašības, kas raksturo pašas degvielas un tās sadedzes un sadalīšanās produktu ietekmi uz apkārtējo vidi un cilvēku [1].

Iekšdedzes motoros izmanto degvielas divos agregātstāvokļos: šķidrā un gāzveida. Pie šķidrās degvielas parasti pieskaita dīzeļdegvielu un benzīnu, taču te varbūt arī alternatīvās degvielas: spirti (etanols, metanols), augu eļļas (rapšu, sojas pupiņu, saulespuķu, linsēklu utt.), kā arī degvielas, kuru ieguvē jau izmanto augu eļļas, piemēram, biodīzeļdegviela. Pie gāzveida degvielas parasti pieskaita dabasgāzi un naftas gāzi, taču plaši pielieto arī rūpnieciskās gāzes. Pielietojamu ir atradušas arī biogāzes, kuras iegūst pārstrādājot augu un dzīvnieku izcelsmes produktus, apstrādājot notekas un kanalizācijas ūdeņus. Pielieto arī ģeneratora gāzes, kuras iegūst koksnēs atlikumu, ogļu un kūdras termiskās gazģenerācijas rezultātā.

Dīzeļmotoru darbināšanai izmanto arī degvielas, kuras ir radītas dīzeļdegvielā ievadot citas frakcijas. Tās var būt ne tikai vieglās frakcijas, bet arī daudz smagākas, kā arī abu veidu frakcijas.

Bez tradicionālajām degvielām pielietojamu pasaulē pakāpeniski gūst alternatīvās degvielas. Vienas no populārākajām alternatīvajām degvielām ir etanols  $C_2H_5OH$  un metanols  $CH_3OH$ .

**Etanols** kā biodegviela var būt izmantojams dažādos veidos: kā tīrs etanols (E95, patiesībā 95 tilp.% etanols ar 4% ūdeni), kā E85 (85 tilp.% ar benzīnu), kas paredzēts lietošanai maināma sastāva degvielas automobiļos, un kā maisījums ar benzīnu līdz 5 tilp.% apmērā vai tā atvasinājuma ETBE (etil terc butil eteris) formā [6]. Etanols ir labāk piemērots izmantošanai dzirksteles aizdedzes motoros vai benzīna motoros sakarā ar to, ka tā oktānskaitļa vērtība ir augstāka nekā benzīnam. Etanola augstais oktānskaitlis nodrošina tam labākas antidetonācijas īpašības nekā benzīns, un dod iespēju palielināt motora kompresijas pakāpi, kā rezultātā ir iespējams palielināt motora jaudu.

Savukārt, slikto uzliesmošanas īpašību dēļ, etanols ir mazāk piemērots kompresijas aizdedzes motoriem jeb dīzeļmotoriem. Taču arī šajā gadījumā eksistē rinda problēmas risinājumu, piemēram, neliela daudzuma dīzeļdegvielas iesmidzināšana, spirta fumigācija, elektriskās aizdedzes sistēmas (dzirksteles jeb kvēlsvecas) uzstādīšana vai piedevu pievienošana [7].

Etanolā esošais *skābeklis* uzlabo degvielas izmantošanas efektivitāti, nodrošinot tīrāku sadegšanas procesu arī pie relatīvi zemām temperatūrām. Etanolam ir pietiekoši zems degvielas iztvaikošanas spējas rādītājs – piesātināto tvaiku spiediens, kas norāda

uz degvielas lēnu iztvaikošanu. No vienas puses tā varētu būt priekšrocība, jo iztvaikojošo vielu koncentrācija gaisā ir maza un līdz ar to ir minimāla sprādzienbīstamība, bet no otras puses tas ir trūkums, jo pasliktinās motora iedarbināšana pie zemas apkārtējās temperatūras. Ja temperatūra zemāka par 20°C, motorus, kuri izmanto tīru bioetanolu, bez palīgļīdzekļiem motoru nav iespējams iedarbināt. Tiek uzskatīts, ka auksta motora iedarbināšanas problēma ir viens no nozīmīgākajiem šķēršļiem attiecībā uz spirta degvielu izmantošanu par autodegvielu. Etanola aizdegšanās spēju iespējams uzlabot piejaucot piedevas (kā, piemēram, benzīnu) vai spirtu uzsildot ar elektriskajiem sildelementiem motora iekšplūdē [7].

Tā kā etanolam ir zemāka stehiometriskā gaisa/degvielas attiecība nekā benzīnam, tas nozīmē, ka etanola sadegšanai ir nepieciešams mazāk skābekļa. Der atzīmēt faktu, ka lai par degvielu varētu izmantot tīru etanolu atbilstoši ir jāizmaina sadegšanas kameras konstrukcija, sadales fāzes un degvielas sistēma [7].

Pietiekoši perspektīva degviela ir **biodīzeļdegviela** jeb biodīzelis, kas vairāk ir piemērota izmantošanai dīzeļmotoros, jo tās viskozitāte, blīvums un cetānskaitlis ir līdzīgi kā dīzeļdegvielai. Tomēr RME (rapšu eļļas metilesterā) viskozitāte ir gandrīz 2 reizes augstāka nekā standarta dīzeļdegvielai. Tas ietekmē degvielas atomizēšanas degvielas iesmidzināšanas laikā. Temperatūrā zem 0°C, problēmas var sākt rasties ar biodīzeļdegvielas padevi no bākas uz motoru un ar auksta motora iedarbināšanu. Dotajai degvielai ir zemāka stehiometriskā gaisa/degvielas attiecība, t.i., nepieciešams mazāk gaisa, lai sadedzinātu to pašu degvielas daudzumu.

Der atzīmēt, ka biodīzeļdegvielai blīvums ir nedaudz augstāks nekā dīzeļdegvielai. Kaut kādā mērā šāds augstāks blīvums tiek kompensēts ar biodīzeļdegvielas mazāku energoietilpību (zemāko siltumspēju), uz kuras vērtību iespaidu atstāj augstāks skābekļa saturs.

No ekoloģiskā viedokļa būtiska biodīzeļdegvielas īpašība ir augstā sadalīšanās spēja. Tā ir nozīmīga priekšrocība tās izmantošanai ekoloģiski jutīgās vai apdraudētās vietās. Diemžēl augsta sadalīšanās spēja nozīmē arī to, ka degviela ir mazāk stabila, kas ir trūkums no uzglabāšanas viedokļa.

Pielietojums atrasts ir arī vienam no biomasas pārstrādes produktiem – **biogāzei**. Biogāze ir metāna ( $\text{CH}_4$ ) – 60-70% un oglekļa dioksīda ( $\text{CO}_2$ ) – 30-40% maisījums. Tās ražošanas pamatā ir organisko vielu raudzēšana anaerobos (bezskābekļa) apstākļos ar dabīgu mikrobu asociāciju, kuras sastāvā ietilpst metānbaktērijas.

Pozitīvs faktors biogāzes izmantošanai iekšdedzes motoros ir mazāks atgāzu toksiskums, izdalās daudz mazāk oglekļa monoksīda un slāpekļa oksīdu nekā darbā ar benzīnu vai dīzeļdegvielu. Tādēļ biogāzi kā motordegvielu arvien plašāk ievieš pilsētu pasažieru autobusus un lielo pilsētu komunālajā transportā. Svarīga biogāzes priekšrocība ir augsts oktānskaitlis, kas ļauj izmantot motorus ar augstu

kompresijas pakāpi. Biogāzes siltumspēja ir  $21,6 \text{ MJ/m}^3$ , bet tīra metāna –  $35,9 \text{ MJ/m}^3$ . Tas nozīmē, ka biogāzes enerģētiskais potenciāls palielinās par 66%, ja no biogāzes attīra lieko balastu  $\text{CO}_2$ . Biogāzes īpatnējais patēriņš iekšdedzes motoros ir  $0,68 \text{ m}^3/\text{kWh}$ , ievērojami samazinās toksisko vielu daudzums motoru atgāzēs.

Par degvielas kā ķīmiskā enerģijas avota būtiskāko atšķirību kalpo tās elementu un ķīmiskais sastāvs, kas arī nosaka radītās enerģijas daudzumu siltuma veidā, sadegot noteiktai degvielas vienībai [1]. To parasti izsaka  $\text{MJ/kg}$  vai  $\text{MJ/m}^3$ . Elementu sastāvs izsaka degvielas sastāvā esošos elementus. Katram degvielas veidam elementu daudzums un to attiecība ir atšķirīga. Jebkura veida degvielā vieni no pamatelementiem ir ogleklis un ūdeņradis, bet degvielas sastāvā var būt arī sērs, ogleklis un slāpeklis. Visplašāk izmantojamo iekšdedzes motoru degvielu elementu sastāvs ir apkopots 1. tabulā.

1. tabula

**Elementu saturs dažādos degvielas veidos, % pēc masas [1]**

| Degviela      | Ogleklis    | Ūdeņradis   | Skābeklis | Slāpeklis  | Sērs         |
|---------------|-------------|-------------|-----------|------------|--------------|
| Dīzeļdegviela | 86.5...87.0 | 12.6        | 0.4       | 0          | $\leq 0.5$   |
| Benzīns       | 85.0        | 15.0        | 0         | 0          | $\leq 0.15$  |
| Petroleja     | 85.0...86.0 | 14.0        | 0         | 0          | $\leq 1.0$   |
| Dabagāze      | 75.0        | 25.0        | 0         | $\leq 0.3$ | 0            |
| Naftas gāze   | 82.0        | 18.0        | 0         | $\leq 0.5$ | $\leq 0.015$ |
| Mazuts        | 85.0...88.0 | 11.0...12.0 | līdz 0.2  | $\leq 0.3$ | 0.5...2.0    |

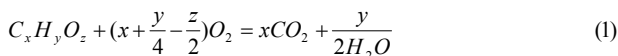
Ar degvielas ķīmisko sastāvu parasti izprot degvielā esošos ķīmiskos komponentus, kurus iedala divās grupās: degošā masa un balasts [1]. Pie degošās masas pieskaita dažāda sastāva ogļūdeņražus resp. to, kas degšanas laikā izdala siltumu. Savukārt, pie balasta pieskaita visus pārējos komponentus: slāpeklis, skābeklis, ūdens tvaiki utt. Būtībā tie ir visi tie komponenti, kas degvielas degšanas laikā atņem siltumu savai sadegšanai vai arī vispār nedeg, bet aizņem noteiktu degvielas masas daļu [1]. Šāda balasta esamība degvielā veicina tikai siltuma izdalīšanās samazināšanos degvielas degšanas laikā, jo, kā zināms, siltuma izdalīšanās nosaka tikai oglekļa un ūdeņraža saturs.

## IEKŠDEDZES MOTORU ATGĀZU SASTĀVS

---

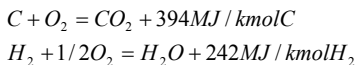
Ideālā gadījumā pie pilnīgas ogļūdeņražu degvielas sadegšanas vajadzētu rasties tikai pilnīgas sadegšanas produktiem: oglekļa dioksīdam  $CO_2$  un ūdenim  $H_2O$ .

Oksidēšanās reakcijai ir jābūt sekojošai [4]:

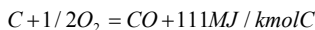


X oglekļa atomu 1 kilomolā  $C_xH_yO_z$  dot x kilomolu  $CO_2$ , bet y ūdeņraža atomu 1 kilomolā  $C_xH_yO_z$  dod y/2 kilomolus  $H_2O$ .

Pilnīgu C līdz  $CO_2$  un  $H_2$  līdz  $H_2O$  oksidēšanās reakciju siltuma efekti ir sekojoši [4]:



Oksidējoties C līdz CO pastāv sekojoša reakcija [4]:



Par vienu no pilnīgas sadegšanas nodrošināšanas nosacījumiem skaitās gaisa pāruma koeficienta vērtība, ja tā nav mazāka par 1. Gaisa pāruma koeficientu aprēķina pēc sekojošas formulas:

$$\alpha = G_g / I_o G_d, \quad (2)$$

kur  $G_g$  – gaisa patēriņš, kg/h;

$G_d$  – eksperimentēšanas laikā sadedzinātās degvielas daudzums, kg/h;

$I_o$  – teorētiski nepieciešamais gaisa daudzums viena kg šķidrās degvielas sadedzināšanai, kg.

Papildus var pieminēt gaisa pāruma koeficienta vērtību nozīmi:

- Ja  $\alpha=1$ , tad gaisa maisījumā ir tieši tik daudz, cik ir nepieciešams pilnīgai tajā esošās degvielas sadegšanai (stehiometriskais maisījums).
- Ja  $\alpha<1$  (trekns maisījums), tad maisījumā gaisa ir mazāk, nekā nepieciešams pilnīgai tajā esošās degvielas sadegšanai.
- Ja  $\alpha>1$  (liess maisījums), tad maisījumā ir gaisa pārāk daudz.

Taču ne vienmēr sadedzes process notiek pilnīgi. Ja skābekļa daudzums degvielas-gaisa maisījumā ir mazāks par stehiometrisko, tad oksidēšanās būs nepilnīga. Nepilnīgas oksidēšanās gadījumā daļa oglekļa oksidējas līdz CO, bet daļa ūdeņraža nesadeg vispār [4]. Šajā gadījumā molekulas  $C_xH_yO_z$  oksidēšanās noris jau pēc sekojošas sakarības [4]:

$$C_xH_yO_z + \left[ \varphi \frac{x}{2} + (1-\varphi)x + y((1-\varphi_1)/4) - \frac{z}{2} \right] O_2 = \varphi x CO + (1-\varphi)x CO_2 + y\varphi_1 \frac{H_2}{2} + \frac{y}{2}(1-\varphi_1)H_2O, \quad (3)$$

kur  $\varphi$  - oglekļa daudzums, kas ir oksidējies līdz CO;

$\varphi_1$  - nesadegušā ūdeņraža daļa.

Nepilnīgas sadegšanas laikā motora atgāzēs ir sastopami arī paši ogļūdeņraži  $C_nH_m$ . Der atzīmēt, ka tie nav izejas sastāva ogļūdeņraži, bet gan izejas sastāva augsti molekulāro ogļūdeņražu sadalīšanās produkti, kas rodas augstu temperatūru ietekmē pie skābekļa iztrūkuma. Iekšdedzes motora atgāzēs sastopami vairāki simti dažāda veida ogļūdeņražu. Noteiktu ietekmi uz ogļūdeņražu emisijām atstāj arī eļļošanā izmantojamā eļļa, kas nokļūst sadegšanas kamerā no motora cilindru sienīņām [1].

Ogļūdeņražu sastāvā tāpat ir sastopami aldehīdi (skābi saturošie ogļūdeņraži) un arī benzapirēns ( $C_{20}H_{12}$ ). Benzapirēns ir īpaši kaitīgs, un tas veidojas degvielu smago frakciju termiskās sadalīšanās rezultātā pie salīdzinoši zemām temperatūrām (400...700 °C) un skābekļa iztrūkuma [1].

Atgāzēs tāpat ir sastopami arī kvēpi, kas ir ogļūdeņraža degvielu krekinga produkti, un kas rodas augstu temperatūru ietekmē pie izteikta skābekļa iztrūkuma.

Iekšdedzes motora atgāzēs ir sastopama arī atliku skābeklis, kas nav ticis pilnībā izmantots degvielas degšanas laikā un gaisa slāpeklis, kas nav piedalījies degšanas procesā. Papildus tam atgāzēs ir arī sastopami dažādi sēra oksidēšanās produkti, kā arī slāpekļa oksīdi. Slāpekļa oksīds NO ir izteikts gaisa slāpekļa oksidēšanās produkts ar gaisa skābekli. Der atzīmēt, ka NO, nokļūstot atmosfērā, jau sāk oksidēties līdz pat slāpekļa dioksīdam  $NO_2$ , un šī oksidēšanās pakāpe ir lielā mērā tieši atkarīga no temperatūras – jo atgāzu temperatūra ir zemāka, jo attiecīgi lielāka daļa NO vēlāk oksidēsies līdz  $NO_2$  [1].

Bez jau pieminētajiem komponentiem, atgāzēs ir sastopamas arī dispersijas daļiņas jeb PM (Particulate Matter).

Iekšdedzes motora atgāzu sastāvs ir atkarīgs ne tikai no izmantojamā degvielas veida, bet arī no motora darba procesa organizācijas un sadedzes procesa pilnīguma. Šī iemesla dēļ atgāzēs sastopamo komponentu daudzums mainās diezgan plašās robežās dažāda veida motoriem (skat. 2. tab.).

Nemot vērā arī to, ka degvielas sadedze noris pie dažādām degvielām un gaisa attiecībām, kā arī pie dažādiem spiedieniem sadegšanas kamerā, kas savukārt ietekmē degmaistājuma uzliesmošanas robežas, tad arī šis apstāklis ir būtisks izvērtējot atgāzu sastāva izmaiņas.

2. tabula

**Iekšdedzes motoru atgāzu sastāvs, % pēc apjoma [1]**

| <b>Komponente</b>                 | <b>Ottomotors</b> | <b>Dīzelmotors</b> |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Slāpekļis                         | 74...77           | 74...78            |
| Skābeklis                         | 0.3...10.0        | 2...18             |
| Ūdens tvaiks                      | 3.0...5.5         | 0.5...9.0          |
| Oglekļa dioksīds                  | 5...12            | 1...12             |
| Oglekļa oksīds                    | 0.5...12.0        | 0.005...0.4        |
| Slāpekļa oksīdi                   | 0.01...0.80       | 0.004...0.5        |
| Ogļūdeņraži                       | 0.3...3.0         | 0.009...0.3        |
| Aldehīdi                          | līdz 0.2          | 0.001...0.009      |
| Kvēpi, g/m <sup>3</sup>           | līdz 0.004        | 0.01...1.1         |
| Benz(a)pirēns, mkg/m <sup>3</sup> | līdz 25           | līdz 10            |
| Sēra oksīdi                       | līdz 0.008        | 0.002...0.02       |
| Svina oksīdi                      | līdz 0.02         | Nav                |

## SADEDZES PRODUKTU VEIDOŠANĀS

### Ogļūdeņraži

Sastāv no degvielas pamatmolekulām un molekulām, kuras jau ir sadalījušās, bet nav ņēmušas dalību sadegšanas procesā. Ogļūdeņražu parādīšanās atgāzēs ir saistīta ar liesmas slāpēšanu, kas notiek degošajai masai saskaroties ar vēsajām cilindru sienām, kā rezultātā pazeminās temperatūra. Pazeminoties temperatūrai, attiecīgi samazinās pamata ogļūdeņražu oksidēšanās reakciju ātrums.

Nelielu ietekmi uz ogļūdeņražu emisiju atstāj arī eļļošanai izmantojamā eļļa, kas nokļūst sadegšanas kamerā no cilindru sienām, kur sadedzes process nenoris sakarā ar intensīvu siltuma aizvadi uz sienām [4].

Ogļūdeņražu veidošanās ir atšķirīga motoriem ar ārējo degmaistājuma sagatavošanu un motoriem ar iekšējo degmaistājuma sagatavošanu. Iekšdedzes motoriem ar ārējo degmaistājuma sagatavošanu ogļūdeņražu emisija ir pietiekoši liela gan pie trekna degmaistājuma ( $\alpha < 1$ ), gan arī pie liesa degmaistājuma ( $\alpha > 1$ ). Gadījumos, kad  $\alpha > 1$  ogļūdeņražu rašanās ir saistīta jau ar to nepilnīgu sadegšanu, jo degšanas

process nenoslēdzas līdz degšanas produktu atdziestēšanas momentam resp. momentam, kad izplešanās procesa laikā pieaug sadegšanas kameras apjoms. Viens no iespējamajiem iemesliem var būt pietiekoši zemais liesmas izplatīšanās ātrums degmaistījumā, kas vairāk tomēr būs raksturīgs liesākiem degmaistījumiem [1]. Treknos maistījumos oksidēšanās process nenoris pilnībā skābekļa iztrūkuma dēļ, kā rezultātā ogļūdeņražu oksidēšanās process noris arī sadegšanas produktu izplūdes laikā no cilindra.

Par būtiskāko nesadegušo ogļūdeņražu rašanās avotu var nosaukt liesmas slapēšanas apgabalus jeb degmaistījuma apgabalus pie cilindru sienām un spraugās starp virzuli un cilindru. Šajā gadījumā degšanas process nenoris sakarā ar pieaugošo siltuma atdevi uz detaļu sienām [1]. Nelielu ietekmi uz ogļūdeņražu koncentrāciju atgāzēs var atstāt arī izmantojamā degviela, kas noslāņojas uz ieklūdes kolektora un ieklūdes vārstu virsmas plānas plēvītes veidā un vēlāk arī nokļūst sadegšanas kamerā.

Nedaudz savādāka situācija ir motoros, kuros izmanto gāzveida degvielu. Šajā gadījumā ogļūdeņražu koncentrācija atgāzēs ievērojami pieaugs salīdzinājumā ar to motoru atgāzēs esošo ogļūdeņražu koncentrāciju, kuru darbināšanai izmanto benzīnu. Pamatā tas ir saistīts ar daudz viendabīgāku degmaistījuma sastāvu sadegšanas kamerā, kas tālāk sekmē liesmas izplatīšanās ātruma samazinājumu un attiecīgi veicina siltumatdeves pieaugumu degšanas apgabalos [4].

Līdzīgi kā ottomotoru, arī dīzeļmotoru darbības rezultātā atgāzēs sastopamie ogļūdeņraži rodas vienu un to pašu iemeslu dēļ, taču dīzeļmotoros to koncentrācija ir vismaz 5 reizes mazāka. Tas ir izskaidrojams ar to, ka degviela līdz tās uzliesmošanas momentam sadegšanas kamerā pavada krietni īsāku laika periodu nekā tas ir ottomotoros, un attiecīgi pietiekoši nenozīmīgs gaisa-degvielas maistījums izvietojas pie cilindru sienām.

### **Oglekļa monoksīds**

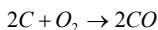
Rodas sadegšanas laikā pie izteikta skābekļa iztrūkuma, kad nav iespējams oksidēties pilnībā visām oglekļa molekulām  $\text{CO}_2$  [3]. Palielinoties gaisa padevei, samazinās CO koncentrācija atgāzēs. Oglekļa monoksīda emisijas pietiekoši nenozīmīgi var ietekmēt arī ar izmantojamā motora konstrukciju un darba režīmu saistītie parametri: kompresijas pakāpe, kloķvārpstas griešanās frekvence, degvielas iesmidzināšanas un aizdegšanās moments. Tas pamatā ir izskaidrojams ar to, ka CO rekombinācijas reakcijas izplešanās procesa laikā ir atkarīgas no spiediena, un tas jau ir vairāk vai mazāk neatkarīgs no pieminētajiem parametriem [3].

Motoros ar ārējo degmaistījuma sagatavošanu oglekļa monoksīda veidošanās ir pilnībā atkarīga no degmaistījuma sastāva. Treknos maistījumos, kad  $\alpha < 1$ , CO koncentrācija praktiski ir proporcionāla degvielas pārpalikumam attiecībā pret

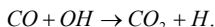
oksidētāju jeb skābekli, bet maisījumos, kur  $\alpha > 1$  – CO koncentrācija atgāzēs ir praktiski nemainīga [4].

Savukārt dīzeļmotoros CO veidošanās ir fosilajā degvielā esošo ogļūdeņražu un to kreklinga produktu nepilnīgas oksidēšanās rezultāts. Tas jau ir saistīts ar degmaisījuma nevienmērīgumu visā sadegšanas kamerā. Ietekmi atstāj arī temperatūra sadegšanas kamerā. Dīzeļos, kas strādā pie  $\alpha > 1$ , oglekļa monoksīda veidošanās ir saistīta ar papildus rašanās avotiem [5]:

- zemas temperatūras liesmas apgabali degvielas uzliesmošanas stadijā;
- degvielas pilieni, kas nonāk kamerā vēlas iesmidzināšanas stadijās, un kas sadeg difūzajā liesmā pie skābekļa iztrūkuma;
- kvēpu daļiņas, kas izveidojušās turbulentās liesmas izplatības periodā heterogēnā pildījumā, kurā pie kopēja gaisa iztrūkuma var tikt radītas zonas ar tā deficītu un realizēta sekojoša tipa reakcija [3]:



Oglekļa dioksīds  $CO_2$  pats par sevi nemaz nav toksisks, taču tiek uzskatīts par pietiekoši kaitīgu sakarā ar tā koncentrācijas pieaugumu planētas atmosfērā un tā ietekmi uz klimata izmaiņām. Lielā daļa CO, kas rodas sadegšanas kamerā, oksidējas līdz  $CO_2$ , neizejot pat aiz kameras robežām, lai gan oglekļa dioksīda noteiktā tilpuma daļa atgāzēs sastāda 10-15%. Vislielāko ieguldījumu  $CO_2$  veidošanā atstāj neatgriezeniska reakcija [1]:



CO oksidēšanās līdz  $CO_2$  noris izplūdes caurulē, kā arī atgāzu neitralizatoros, kas tiek uzstādīti mūsdienu automobiļu piespiedu oglekļa monoksīda un nesadegušo ogļūdeņražu oksidēšanai līdz  $CO_2$  sakarā ar nepieciešamību izpildīt toksiskuma normas.

## Kvēpi

Kvēpi arī ir degvielas nepilnīgas sadegšanas rezultāts, un tie veidojas pie temperatūras virs 1500 K apjomīga termiskās sadalīšanās procesa (pirolīzes) rezultātā pie pamatīga skābekļa iztrūkuma.

Kvēpu veidošanās ir ļoti līdzīga kā dīzeļmotoriem, tā arī ottomotoriem, taču atšķirības degvielas frakciju sastāvā un degmaisījuma sagatavošanas paņēmienā, dod būtisku ietekmi uz kvēpu koncentrācijas izmaiņām atgāzēs. Šo iemeslu dēļ ottomotoros kvēpu saturs jau ir krietni mazāks nekā tas ir dīzeļmotoros. Der atzīmēt, ka ottomotoros degmaisījuma uzliesmošanas robežas nesakrīt ar tām robežām, kad sāk

veidoties kvēpi, un attiecīgi to koncentrācija nav tik nozīmīga [1]. Kvēpu dispersija arī ir būtisks faktors, un ottomotoru atgāzēs kvēpu daļiņas ir krietni mazākas. Kvēpu daļiņu lielums ir būtisks faktors no vides aizsardzības viedokļa, jo smalkākām kvēpu daļiņām ir tendence ilgāk uzturēties atmosfērā nekā tas ir raksturīgs lielākajām daļiņām.

Bez kvēpu veidošanās noris arī cits process – kvēpu izdegšana [1]. Šajā gadījumā kvēpi difundē no vietas cilindrā, kur to koncentrācija ir vislielākā, resp. oksidētāja iztrūkuma zonā, caur liesmas fronti uz zonu, kur jau ir oksidētāja pārpalikums [1]. Notiek kvēpu izdegšana. Tā kvēpu daļa, kas difundē uz šķidrās degvielas pusi, nesadeg, un attiecīgi nosaka kvēpu koncentrāciju dīzeļmotora atgāzēs.

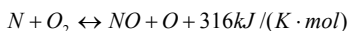
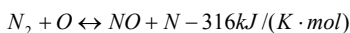
### Slāpekļa oksīdi

Pamatā izšķir 3 iespējamās slāpekļa oksīda rašanās veidus [4]:

- pie gaisa slāpekļa oksidēšanās augstās temperatūrās (termiskais NO);
- zemas temperatūras slāpekļa saturošu degvielas savienojumu oksidēšanās rezultātā (degvielas NO);
- ogļūdeņražu radikāļu sadursmes rezultātā ar slāpekļa molekulām degšanas reakciju zonā pie temperatūras pulsācijām (ātrais NO).

Noteicošā loma ir tikai vienam no tiem – termiskajam slāpekļa oksīda veidošanās veidam. Tas ir gaisa slāpekļa oksidēšanās rezultāts ar gaisa skābekli pietiekoši augstu sadegšanas produktu temperatūru (ne mazāka kā 2000 K) ietekmē [2].

Slāpekļa oksīdu veidošanās noris pēc ķēdes mehānisma atbilstoši *Zeldoviča* mehānisma pamatreakcijām:



Slāpekļa oksīda veidošanās ātrumu nosaka pirmā endotermiskā reakcija, kuras ātrums ir atkarīgs no atomāra skābekļa koncentrācijas [1]. Iekšdedzes motora atgāzēs visvairāk (aptuveni 95%) no visiem slāpekļa oksīdiem ir pārstāvēts tieši NO. Šī komponenta veidošanās ottomotoros ir saistīta ar slāpekļa oksidēšanos, un tātad NO veidošanās notiek jau aiz liesmas frontes zonas, kur jau tiek sasniegta visaugstākā temperatūra. Tātad NO pieaugums ir atkarīgs no gāzu temperatūras pieauguma un skābekļa koncentrācijas pieauguma.

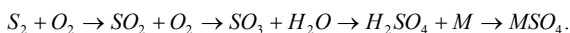
Dīzeļmotoros NO veidošanos sadegšanas procesa laikā nosaka maisījuma sastāvs un temperatūra [4]. Vislielākais NO daudzums veidojas tajās dīzeļa pildījuma zonās, kuras sadeg pašā sākumā pie temperatūras virs 2200 K.

Ārpus motora cilindra NO oksidējas jau līdz NO<sub>2</sub>.

## Dispersijas daļiņas

Dispersijas daļiņas jeb PM (Particle matter) tiek iedalītas šķīstošajās un nešķīstošajās. Pie šķīstošajām daļiņām pieskaita pilnībā nesadegušos augsti molekulāros degvielas ogļūdeņražu savienojumus un eļļošanā izmantotās eļļas, kuras pie atgāzu temperatūras samazināšanās, kas tiek veikta galvenokārt atjaucot atgāzes ar gaisu, kondensējas un tiek savāktas filtros [1]. Nešķīstošās cietās daļiņas sastāv no kvēpiem, sulfātiem, kā arī oksīdiem un metālu daļiņām. Aptuveni 90% dīzeļmotora atgāzēs sastopamo dispersijas daļiņu ir nešķīstošas [1]. Tas, protams, ir aptuvenš skaitlis, jo precīzu daļiņu sastāvu un to koncentrāciju nosaka motora darba režīms un tā konstruktīvās īpatnības.

Kvēpi – degvielas cietais ogleklis – ir degvielas krekinga rezultāts sadegšanas kamerā, kas veidojas augstu temperatūru ietekmē izteikta skābekļa iztrūkumā. Metālu oksīdi tiek pievienoti degvielai piedevu veidā, bet metālu daļiņas – ir izteikts motora detaļu izdiluma rezultāts. Savukārt sulfāti – tie ir sēra oksīdu cietie sāļi, kas veidojās degvielas sastāvā esošā sēra degšanas rezultātā. Cieto sulfātu veidošanās process atbilst sekojošai sakarībai [1]:



Reakcijas sākumā noris sēra oksidēšanās process līdz sēra dioksīdam. Nedaudz vēlāk, temperatūras krituma rezultātā, sēra dioksīds pārveidojas sēra trioksīdā, kas jau vēlāk, mijiedarbībā ar atgāzēs esošajiem tvaikiem, veido sērskābi. Tālākajā procesā šī sērskābe reaģē ar metālu oksīdiem (M) un veido sulfātus. Neskatoties, ka vairumā gadījumu sulfāti ir šķīstoši, taču eksistē elementi uz kalcija un bārija bāzes, kas veido cietos sulfātus [1]. Parasti par šādu elementu avotiem kalpo degvielas piedevas.

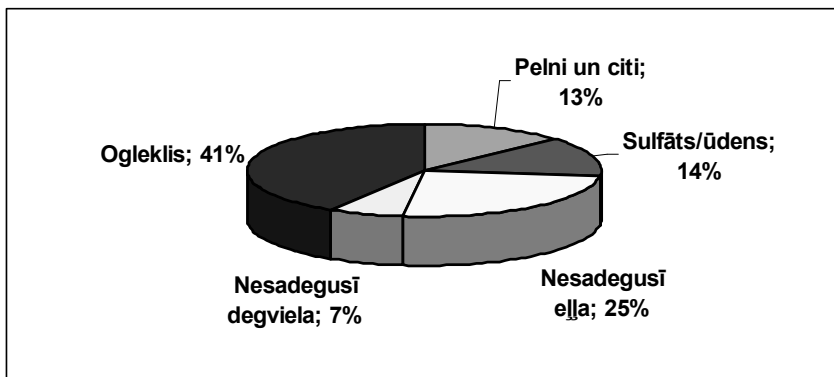
Neskatoties, ka lielākā daļa atgāzēs esošo kaitīgo savienojumu veido vienkārši ķīmiskie savienojumi, tad dispersijas daļiņas izceļas ar plašu ķīmisko sastāvu un atšķirīgu fizikālo raksturojumu (skat. 1. att.). Šīs daļiņas var tiešā veidā nonākt atmosfērā, veidojot pirmā veida piesārņotājus, vai arī var veidoties gaisā dažādu vielu savstarpējas mijiedarbības rezultātā tādejādi veidojot otrā veida jeb līmeņa piesārņotājus.

Dispersijas daļiņas iedala pēc vairākām pazīmēm: lieluma, sastāva, šķīdības un to toksiskajām īpašībām. Daudzi no dispersijas daļiņu veidiem ir pietiekoši gaisīgi un, atkarībā no temperatūras un citiem apstākļiem, var palikt gāzveida fāzē vai arī kondensēties cietākā materiālā [1].

Pirmā līmeņa daļiņu veidošanās nosaka sekojoši faktori [3]:

- antropogēnie faktori (transporta līdzekļi, siltuma un elektroenerģijas ražošanas stacijas, cementa ražošanas uzņēmumi, dzelzs rūdas ieguves atklātie karjeri utt.);

- dabiskie faktori (sporas un augu putekšņi, ko gaisā paceļ un izplata vējš utt.).



1. att. Dispersijas daļiņu sastāvs [3]

Šo daļiņu koncentrācija gaisā ir atkarīga no lokālo avotu lieluma un daudzuma.

Dispersijas daļiņas nosacīti tiek iedalītas vairākās kategorijās. Daļa cieto daļiņu – ir tieša daļiņu veidošanās sadegšanas procesā, kā arī gāzveida vielu ķīmiskās pārvēršanās sekas cietajās daļiņās. Šīs daļiņas iedalās divās noteiktās grupās [3]:

- 1) ”dīglu” ar diametru līdz pat 50 nm;
- 2) ”ultra” sīkas ar diametru 50...100 nm.

Cita daļa dispersijas daļiņu ir sīko daļiņu koagulācijas (palielināšanās) procesa sekas, kā arī gāzveida savienojumu absorbcija tajos jeb koagulētās daļiņās [3]. Tās arī iedalās divās būtiskās daļās [3]:

- 1) sīkas, ar izmēru no 100...2500 nm (vai 0.1...2.5  $\mu\text{m}$ ); pie šīs grupas pieskaita arī cietos sulfātus;
- 2) lielas, ar izmēru no 2.5 līdz 10  $\mu\text{m}$ .

Pie tam lielās dispersijas daļiņas dažādu apstākļu ietekmē var veidoties kā atsevišķas daļiņas, bet ne koagulācijas rezultāts. Koagulētās daļiņas bieži vien sadalās krietni sīkākās komponentēs.

Dispersijas daļiņas, kuru diametrs nepārsniedz 2.5  $\mu\text{m}$  apzīmē kā  $\text{PM}_{2.5}$ , bet daļiņas ar izmēru no 2.5...10  $\mu\text{m}$  apzīmē kā  $\text{PM}_{10}$ . Zinātnieki ir konstatējuši, ka cietās daļiņas, kuru izmērs nepārsniedz diametrā 2.5  $\mu\text{m}$ , uz cilvēka veselību atstāj daudz lielāku ietekmi nekā daļiņas diametrā 10  $\mu\text{m}$  [4], jo ieelpojot, tās ilgāk uzturas plaušās.

## **SADEDZES PRODUKTU IETEKME UZ APKĀRTĒJO VIDI**

---

Iekšdedzes motoru atgāzes par 99.0...99.9% sastāv no pilnīgas sadedzes produktiem (oglekļa dioksīda un ūdens tvaikiem), neizmantota skābekļa un gaisa slāpekļa [1]. Atlikusī atgāzu daļa, kas parasti nepārsniedz 1%, nosaka iekšdedzes motoru ekoloģisko līmeni resp. to ietekmi uz apkārtējo vidi un cilvēkiem.

Lai labāk izprastu atgāzēs sastopamo komponentu nozīmi, tad nepieciešams sīkāk apskatīt galvenos komponentus un to ietekmi uz cilvēkiem un vidi.

### ***Slāpekļa oksīdi (NO<sub>x</sub>)***

Iekšdedzes motora atgāzēs kopumā sastopami aptuveni 10 dažādi slāpekļa savienojumi ar skābekli, taču nospiedošā vairākumā tas ir slāpekļa oksīds jeb NO. Slāpekļa oksīds dīzeļmotoru atgāzēs sastāda 95...98% no visiem oksīdiem, bet motoros ar piespiedu uzliesmošanu pat – 98.0...99.5%. Pārējo daļu, kas svārstās no 2...5%, veido slāpekļa dioksīds NO<sub>2</sub>. Slāpekļa oksīds NO ir bezkrāsaina gāze, kas slikti šķīst ūdenī un pietiekoši ātri oksidējas līdz NO<sub>2</sub>. Savukārt, slāpekļa dioksīds NO<sub>2</sub> ir sarkanīgi-brūna gāze, kurai jau pie lielām koncentrācijām ir negatīva ietekme uz elpošanu. Kopumā slāpekļa oksīdiem ir pietiekoši negatīva ietekme uz cilvēka veselību – tie ietekmē acu un deguna gļotādu, kā arī nervu un sirds-asinsvadu sistēmu, asinsrades orgānus un aknas. Saskarsmē ar ūdens tvaikiem gaisā tie veido dažādas skābes (HNO<sub>2</sub> un HNO<sub>3</sub>), kas grauj plaušu audus, veicinot hroniskas saslimšanas. Nelielas slāpekļa oksīdu koncentrācijas atmosfērā veicina pakāpenisku organisma saindēšanos. Pie koncentrācijas virs 0.0013% NO<sub>x</sub> kalpo kā izteikts gļotādas kairinātājs, bet pie koncentrācijām 0.004-0.008% - var izsaukt jau plaušu tūsku [2].

Slāpekļa oksīdi pietiekoši negatīvu ietekmi atstāj arī uz augiem. Pie nelielām NO<sub>2</sub> koncentrācijām atmosfērā ir novērota augu attīstības tempa samazināšanās, bet jau pie lielākām koncentrācijām 0.0002-0.0003% un vairāk – jau nopietni to bojājumi [2].

Savienojumā ar ogļūdeņražiem slāpekļa oksīdi veido toksiskus savienojumus, kas izsauc augšējo elpošanas ceļu gļotādas iekaisumu, hronisku bronhītu utt. [1].

### ***Oglekļa oksīds (CO)***

Bezkrāsaina gāze bez krāsas un garšas, kas slikti šķīst ūdenī un ir degoša. Nokļūstot cilvēka plaušās, bet vēlāk arī asinīs, izspiež no tām skābekli, jo šai gāzei piemīt gandrīz 200 reizes lielāka šķīstamība asinīs. Tas atstāj jūtamu iespaidu uz asins spēju pārnest pietiekošu skābekļa daudzumu no plaušām uz audiem. Ja asinīs ievērojami pazeminās skābekļa saturs, cilvēks var vienkārši noslāpt. Pie nelielas koncentrācijas gaisā var veicināt reiboņu un sliktas dūšas parādīšanos. Ņemot vērā to,

ka oglekļa oksīdam ir praktiski tas pats blīvums, kas ir gaisam, tad no telpām tas ir diezgan grūti izvēdināms.

CO, līdzīgi, kā arī citu komponentu, ietekme uz cilvēku un apkārtējo vidi ir atkarīga no koncentrācijas. Tā, piemēram, pat pie nelielas koncentrācijas gaisā (līdz 0.01%) ilgstoša CO ietekme var izsaukt galvassāpes un veicināt darbaspēju samazināšanos. Pie lielām oglekļa monoksīda koncentrācijām (0.02-0.033%) var attīstīties ateroskleroze, parādīties miokarda infarkts un attīstīties hroniskas plaušu slimības. Tāpat oglekļa monoksīds atstāj negatīvu ietekmi uz cilvēka nervu sistēmu, veicinot samaņas zudumus, kā arī atstājot ietekmi uz acu jūtīgumu attiecībā uz krāsu un gaismu. Pirmie CO saindēšanās simptomi: galvassāpes, pastiprināta sirdsdarbība, apgrūtināta elpošana un slikta dūša.

### ***Ogļūdeņraži ( $C_nH_m$ )***

Šī ir visplašāk pārstāvētākā savienojumu grupa. Piemīt nepatīkama smarža. Var izsaukt daudzas hroniskas slimības un radīt vispārēju toksisku un kairinošu ietekmi. No zemi molekulārajiem CH savienojumiem, vislielākais toksiskums piemīt olefinu rindas ogļūdeņražiem: etilēnam  $C_2H_4$ , propilēnam  $C_3H_6$  un butilēnam  $C_4H_8$ . Šiem savienojumiem piemīt nepatīkama smarža un tie izsauc gļotādas kairinājumu, asinsvadu un nervu sistēmas biežas hroniskas saslimšanas. Nepārprotami, ka šo komponentu toksiskums pieaug, ja gaisā papildus ir sastopami arī citi komponenti, kas saules radiācijas ietekmē veido smoga foto ķīmiskos oksidantus.

Bez gāzveida ogļūdeņražiem atgāzēs ir sastopami arī monocikliskie (benzols  $C_6H_6$  u.c.), bicikliskie un aromātiskie ogļūdeņraži. Visbīstamākie ir aromātiskie ogļūdeņraži, no kuriem atsevišķi komponenti ir kancerogēni un var veicināt saslimšanu ar leukēmiju.

Visbīstamākais komponents ir benzapirēns, kas normālos apstākļos ir kristāliska viela, bet automobiļa atgāzēs var būt gan cietā, gan gāzveida, gan arī šķidrā stāvoklī. Daļai no aromātiskajiem ogļūdeņražiem piemīt stipras indēšanas spējas resp, tie atstāj ietekmi uz asinsriti, centrālo nervu un muskuļu sistēmu. Benzapirēns un citi aromātiskie ogļūdeņraži, kas atrodas gaisā, kopā ar nokrišņiem nokļūstot augsnē uzkrājas. Izmantojot uzturā lauksaimniecības produkciju šūnas akumulē aromātiskos ogļūdeņražus, kas pakāpeniski uzkrājas līdz kritiskām koncentrācijām [2].

### ***Aldehīdi ( $RCHO$ )***

Aldehīdi pieder pie ogļūdeņražiem, kas satur aldehīdu grupu CHO. To galvenais veidošanās izejviela – zema ogļūdeņražu degvielu oksidēšanās temperatūra sadegšanas kamerā. Savukārt, aldehīdiem piemīt augsta reaģēšanas spēja un tie praktiski izdeg pie augstām temperatūrām dīzeļmotoru sadegšanas kamerā izplešanās taks laikā.

Pie noteiktām dozām izsauc elpošanas ceļu un deguna un acu gļotādas kairinājumu. Ietekmē uz cilvēka organismu tiek raksturots ar kairinošu efektu uz centrālo nervu sistēmu.

### ***Sēra savienojumi*** ( $\text{SO}_2$ un $\text{SO}_3$ )

Sēra trioksīds jeb  $\text{SO}_3$  normālos apstākļos ir bezkrāsains šķidrums. Sēra oksīdi reaģējot ar gaisa ūdens tvaikiem veido dažāda veida skābes ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), kuru veidošanos pastiprina atgāzēs līdzās esošie slāpekļa oksīdi un oglekļa dioksīds. Šīs skābes tālāk sekmē smoga un skābo lietu veidošanos, kā arī atstāj ietekmi uz bronhiālām sasilšanām.

Tāpat sēra savienojumu esamība atmosfērā atstāj negatīvu ietekmi uz lauksaimniecības kultūrām, iznīcinot hlorofilu un kavējot augu fotosintēzi. Augi īpaši jutīgi attiecībā uz sēra savienojumiem gaisā. Tā, piemēram, sēra dioksīda koncentrācija  $0.08\text{--}1.0\text{ mg/m}^3$  gaisā vasaras laikā un  $0.2\text{ mg/m}^3$  ziemā veicina pakāpenisku augu izkalšanu [2].

### ***Svina oksīdi*** ( $\text{PbO}$ )

Šī ir viela, kurai piemīt izteikta spēja uzkrāties cilvēka organismā, atstāj negatīvu iespaidu uz spriešanas spējām, kā arī iekšējiem orgāniem, radot to mutagēnas izmaiņas.

### ***Dispersijas daļiņas***

Dispersijas daļiņu ietekmes pakāpi uz cilvēkiem nosaka to izmērs. Visnegatīvāko iespaidu atstāj dispersijas daļiņas ar diametra izmēru ne vairāk kā  $10\text{ }\mu\text{m}$ , kuras literatūrā pieņemts apzīmēt kā PM10. Šī izmēra daļiņas brīvi nokļūst cilvēka plaušās jau elpošanas procesa laikā. Kopumā ir konstatēts, ka vislielāko kaitējumu cilvēkiem nodara daļiņas, kuras diametrs nepārsniedz  $0.1\text{ }\mu\text{m}$ . Ir konstatēts, ka autotransporta darbības rezultātā radītās dispersijas daļiņas no kopējā to cilvēka darbības rezultātā radītā apjoma atmosfērā sastāda līdz pat  $10\text{--}17\%$  [1]. Pietiekoši lielu daļu sastāda dispersijas daļiņas, kas rodas arī rūpniecisku objektu darbības rezultātā, piemēram, krāsns apkures darbības laikā.

Visi iepriekš apskatītie komponenti un vielas, izņemot kvēpus, pie noteiktas koncentrācijas sasniegšanas var novest pie letāla iznākuma [1]. Šo vielu kaitīguma pakāpe ir atšķirīga un attiecīgi to pieļaujamā koncentrācija gaisā ir dažāda, kas apkopota 3. tabulā.

Patstāvīga kaitīgo komponentu ietekme uz cilvēkiem, dzīvniekiem un augiem var novest pie dažāda veida mutācijām ģenētiskā līmenī un pie straujas iedzimtas

organismu izmaiņas, mainot to morfoloģiskās un/vai fizioloģiskās pazīmes [1]. Iekšdedzes motoru atgāzu ietekme uz augu valsti ir saistīta ar atgāzu nokļūšanu ne tikai uz augu virsmas, bet arī to šūnās. Jo īpaši augi ir jutīgi pret sēra oksīdiem, slāpekļa oksīdiem, kā arī slāpekļa oksīdu savienojumiem ar oglekļa dioksīdiem [1].

Viena no transporta negatīvajām izpausmēm attiecībā uz apkārtni ir **smogs**. Šis termins tiek plaši izmantots jebkāda veida gaisa redzamā piesārņojuma apzīmēšanai. Parasti izšķir 3 tipu smogus: vienkāršais jeb Londonas tipa smogs, ledus jeb Aļaskas tipa smogs, fotoķīmiskais jeb Losandželosas tipa smogs [1]. Ja Londonas tipa smogs ir gāzveida piesārņotāju, putekļu daļiņu un miglas pilienu apkopojums, tad ledus tipa smogs ir gāzveida piesārņotāju, putekļu daļiņu un miglas pilienu sasaldēšanas rezultātā radušos ledus kristāliņu apkopojums [1]. Ja šo smogu galvenais piesārņojuma avots nav transports, tad fotoķīmiskā smoga izcelsme ir tieša veidā saistīta ar iekšdedzes motoru radītām atgāzēm. Fotoķīmiskais smogs rodas otrreizējā gaisa piesārņojuma rezultātā kaitīgajiem komponentiem sadaloties saules staru (it īpaši, ultravioleto) ietekmē. Vieni no papildus komponentiem šī tipa smoga veidošanas laikā ir oglekļa oksīds, slāpekļa oksīdi, slāpekļskābe u.c.

3. tabula

**Kaitīgo komponentu ietekmes raksturs uz cilvēku [1]**

| N.p.k.                 | Ietekmes raksturs                             | Koncentrācija<br>(%, apjoma) |
|------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Slāpekļa oksīdi</b> |                                               |                              |
| 1.                     | Absolūtā ietekmes robeža                      | 0.00001                      |
| 2.                     | Smaržas uztveres robeža                       | 0.0001...0.0003              |
| 3.                     | Deguns un acu gļotādas kairinājuma robeža     | 0.0013                       |
| 4.                     | Metgemoglobīna rašanās                        | 0.001...0.002                |
| 5.                     | Plaušu tūska                                  | 0.004...0.008                |
| <b>Oglekļa oksīdi</b>  |                                               |                              |
| 6.                     | Nekaitīgs                                     | 0.0016                       |
| 7.                     | Hroniska saindēšanās pie ilgstošas uztveres   | 0.01                         |
| 8.                     | Viegla saindēšanās pēc 1 stundas              | 0.05                         |
| 9.                     | Samaņas zudums pēc vairākiem elpas vilcieniem | 1.0                          |
| <b>Sēra oksīdi</b>     |                                               |                              |
| 10.                    | Acu kairinājums, klepus                       | 0.0017                       |
| 11.                    | Kairinājums kaklā                             | 0.0007...0.001               |
| 12.                    | Saindēšanās pēc 3 min                         | 0.004                        |
| 13.                    | Saindēšanās pēc 1 min                         | 0.01                         |

Plaši pazīstama dabas parādība, kuras rašanās arī ir saistāma ar autotransporta radīto piesārņojumu, ir **siltumnīcas efekts**. Tā ir atšķirība starp planētas virsmas

temperatūru un tās radiācijas temperatūru kosmosā [1]. Doto efektu rada atmosfērā esošie ūdens tvaiki, oglekļa dioksīds, metāns, ozons, slāpekļa oksīds un freoni. Parasti šo viela atrašanās laiks atmosfērā var svārstīties kā no vairākām dienām, tā līdz desmitiem gadu [1]. Vislielāko lomu siltumnīcas efekta veidošanā nosaka oglekļa dioksīds, kura īpatsvars sastāda gandrīz 50%, taču no antropogēnajiem faktoriem vislielāko lomu spēlē freoni (īpatsvars arī sasniedz gandrīz 50%). Sakarā ar iepriekš pieminēto faktu var droši apgalvot, ka oglekļa dioksīda izmeši sekmē siltumnīcas efekta straujāku attīstību. Tādēļ mūsdienās liela uzmanība tiek pievērsta dotā komponenta samazināšanai atgāzēs, ko var panākt samazinot degvielas patēriņu resp. uzlabojot automobiļu ekonomiskuma rādītājus. Viens no variantiem tāpat varētu būt tādu degvielas veidu pielietošana, kuru molekulas nesatur oglekli (ūdeņradis), vai arī satur samazinātu tā daudzumu.

Kā vēl viens būtisks rūpnieciskās attīstības darbības radīts rezultāts, varētu būt **skābie lieti**. To rašanās ir saistīta ar sadegšanas produktu (slāpekļa oksīdu, sēra) izšķīšanu atmosfērā, kuru rašanās savukārt ir saistīta jau ar rūpniecisko objektu darbību [1]. Īpaši negatīvu ietekmi skābie lieti atstāj uz augu valsti un ēkām, jo veicina metālisko konstrukciju paātrinātu koroziju.

## **IZMĒGINĀŠANAS METODES**

---

Pirms izmēģinājumiem, kuros novērtē motora (vai transportlīdzekļa) ekoloģiskos rādītājus, vispirms veic objekta identifikāciju.

Nosakot kaitīgo vielu daudzumu atgāzēs un arī atgāzu dūmainību, tiek izmantotas divas galvenās metodes:

- a) motora izmēģināšana automobiļa sastāvā uz ruļļiem vai speciālas trases;
- b) iekšdedzes motoru izmēģināšana uz motoru testēšanas stenda.

Lielākā daļā valstu, kur jau eksistē automobiļu atgāzes kontroles noteikumi transportlīdzekļus pieņemts iedalīt vairākās klasēs [5]:

- Viegļie automobiļi (izmēģinājumus veic uz ruļļu stenda);
- Nelieli kravas automobiļi ar pieļaujamo masu 3.5...3.8 t (izmēģinājumus veic uz ruļļu stenda);
- Lielie kravas automobiļi ar pieļaujamo masu virs 3.5...3.8 t (dīzeļmotora izmēģinājumus veic uz motoru izmēģināšanas stenda, transportlīdzekļa izmēģinājumus neparedzot);

- Bez ceļu tehnika (piemēram, celtniecības, lauksaimniecības un mežsaimniecības mašīnas (dīzeļmotora izmēģinājumus veic uz motoru izmēģināšanas stenda, transportlīdzekļa izmēģinājumus neparedzot).

Motora identifikācija sākas ar atbilstoši uzrādāmā parauga atbilstību konstruktora dokumentācijas prasībām. Šajā etapā tiek pārbaudīti sekojoši dati [1]:

- Darba procesa tips jeb takība;
- Dzeses sistēmas tips: gaisa, šķidrums, eļļa, jauktā.
- Cilindra darba apjoms;
- Gaisa padeves veids cilindros: ar pūti vai bez;
- Izmantojamās degvielas tips;
- Sadegšanas kameras forma: ar tiešo iemidzināšanu vai iesmidzināšanu priekškamerā;
- Cilindra galvas raksturojums: ieplūdes un izplūdes vārstu, kanālu skaits un daudzums;
- Degvielas padeves sistēma: augstspiediena degvielas sūkņa tips, sprauslu un izsmidzinātāju konstrukcija un tips, benzīna iesmidzināšanas sistēmas tips utt.;
- Motora darba vadības sistēmas esamība un apraksts (degvielas padeves, gāzu apmaiņas elektroniskā vadības sistēma);
- Citas motora īpatnības, t.sk., atgāzu apstrādes sistēmas (neitralizatori u.c.), atgāzu recirkulācijas sistēmas u.c. esamība un raksturojums.

Nākošajā etapā jau tiek veikti motora izmēģinājumi, kuru dinamiskajiem, ekonomiskajiem un ekoloģiskajiem rādītājiem obligāti jāatbilst ražotāja uzrādītajā raksturojumā esošajiem rādītājiem.

Izmēģināšanas laikā tiek izmantotas divas principiāli atšķirīgas metodes (gan uz ruļļu stenda, gan uz motoru testēšanas stenda):

1. izmēģinājumi *stabilos režīmos*, kad mērījumi tiek veikti apstākļos, kad ir kāds noteikts ātruma un slodzes režīms (šādu režīmu skaits dažādos standartos var būt atšķirīgs);
2. izmēģinājumi *pārejas režīmos*, kad mērījumi tiek veikti slodzes un/vai ātruma režīma izmaiņu laikā. Vienu no tādiem režīmiem, kad maina iekšdedzes motora kloķvārpstas griešanās frekvenci no minimāliem līdz maksimāliem apgriezieniem brīvgaitā, sauc par *brīvo paātrinājumu*.

### ***Izmēģinājumi uz ruļļu stenda***

Šie izmēģinājumi tiek veikti dažādos braukšanas ciklos, kas imitē iekšdedzes motora darbības režīmus reālos ekspluatācijas apstākļos. Visplašāk tiek izmantoti dinamometriskie stendi ar ruļļiem. Šāda veida stendi parasti ļauj realizēt uzdoto

kustības programmu resp. uzdoto ātruma izmaiņu atkarībā no laika, atbilstoši pieņemtajam braukšanas ciklam atbilstoši kontrolējot motora vadību. Stenda bremzēšanas iekārtai kopā ar ruļļiem jānodrošina motora noslodze atbilstoši transportlīdzekļa masai. Inerces slodžu imitācija pie automobiļa ieskriešanās un bremzēšanas tiek nodrošināta izvēloties atbilstošās maināmās inerces masas [4].

Izmēģinājumu process ir ļoti vienkāršs. Transportlīdzeklis ar dzenošajiem riteņiem tiek novietots uz ruļļiem (skat. 5. att.). Lai transportlīdzekļa izmēģinājumu apstākļi pēc iespējas vairāk atbilstu reālajiem kustības apstākļiem un atgāzu emisijas līmenis varētu tikt pilnvērtīgi salīdzināts ar to, kāds tas varētu būt ceļa izmēģinājumos, tad ir nepieciešams atveidot transportlīdzekļa darbību ietekmējošos spēkus: automobiļa inerces spēks, rītes spēks un gaisa pretestība [5]. Asinhronie motori, līdzstrāvas motori un induktīvās bremzēšanas iekārtas nodrošina ruļļiem nepieciešamo slodzi [5]. Nelielā attālumā pirms transportlīdzekļa tiek uzstādīts arī dzesējošais ventilators, kas imitē pretī plūstošā gaisa plūsmu, kā arī nodrošina nepieciešamo motora dzesēšanu.

Atgāzu savākšana to analīzei tiek veikta ar CVS metodi jeb atgāzu paraugu ņemšanu pie patstāvīga gāzu apjoma. Pirmoreiz šī metode tika izmantota 1972. gadā Amerikas Savienotajās Valstīs vieglajiem un nelieliem kravas automobiļiem, un vēlāk tā pakāpeniski tika uzlabota vairākos etapos. Eiropā šo metodi ieviesa 1982. gadā, bet patlaban pasaulē tas ir vienots atgāzu paraugu ņemšanas process.

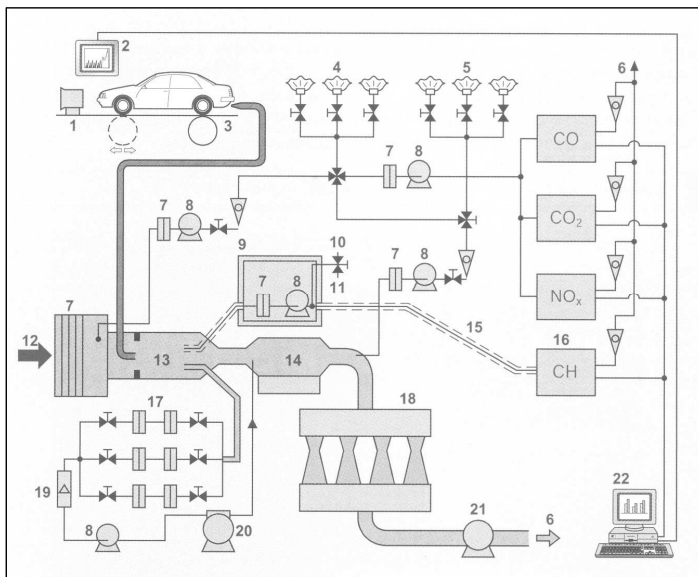
CVS metode strādā pēc ļoti vienkārša principa. Izmēģināmā transportlīdzekļa atgāzes tiek atjauktas ar gaisu 12 (4. attēls) vidējā attiecībā 1:5...1:10 un ar speciāli piemērotu sūkni 8 tiek atsūkņētas tādā veidā, ka atgāzu un atjaucamā gaisa tilpuma patēriņš ir patstāvīgs. Tas nozīmē, ka gaisa padevi nosaka acumirkļīgs atgāzu patēriņš. Patstāvīgs ar gaisu atjaukto atgāzu daudzums tiek "ņemts" visu izmēģinājumu laiku un savākts vairākos maisos atgāzu paraugu atlasei.

Atgāzu atjaukšanas pakāpei jābūt tādai, lai nevienā motora darbības režīmā braukšanas cikla laikā nenotiktu tvaiku kondensācija atjaukto gāzu savākšanas maisos [4].

Daļa gaisa, kas tiek izmantota atjaukšanai ar atgāzēm, kā arī atjauktās atgāzes tiek savāktas analīzei caur filtru 7 ar sūkņa 8 palīdzību. Der atzīmēt, ka analīzei savācamo atjaukto atgāzu masas patēriņam visos režīmos jābūt pilnībā proporcionālam to summārajam masas patēriņam [4]. Tā kā atgāzu atjaukšanai izmantojamā gaisa un motorā ieplūstošā gaisa sastāvs ir praktiski nemainīgs, tad tā analīze ļauj pilnībā izslēgt no atgāzu analīzes laikā iegūtajiem komponentu ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$  un  $\text{NO}_x$ ) rezultātiem to atgāzu daļu, kas ieplūda motorā tā darbības laikā.

Kopumā CVS metode tiek raksturota ar vairākām priekšrocībām. Atgāzu atjaukšana ar gaisu kavē ūdens tvaika kondensācijas norisi, kā rezultātā, būtu jūtams izteikts slāpekļa oksīdu samazinājums galīgajos atgāzu rezultātos [5]. Papildus tam

atgāzu atjaukšana aizkavē arī attiecīgi komponentu savstarpējās reakcijas. Pie trūkumiem var attiecināt tikai to, ka atgāzu atjaukšanas rezultātā ievērojami samazinās kaitīgo komponentu koncentrācija, un tātad jau ir nepieciešama krietni "jutīgāka" aparātūra precīzai šo komponentu noteikšanai.



4. att. CVS izmēģinājumu metode vieglajiem un kravas automobiļiem [5]

1 – dzesēšanas ventilators; 2 – monitors izmēģinājumu cikla norises gaitas atspoguļošanai; 3 – ruļļi; 4 – gaisa maiss; 5 – atgāzu paraugu ņemšanas maiss; 6 – velkme; 7 – filtrs; 8 – sūkns; 9 – krāsns; 10 – tarētās gāzes; 11 – nulles (neitrālā) gāze; 12 – gaiss; 13 – atjaukšanas tunelis; 14 – siltummainis/sildītājs; 15 – uzsildāmais cauruļvads; 16 – gāzu analizatori; 17 – mērfiltrs; 18 – četri Venturi urbumi; 19 – plūsmas mērītājs; 20 – gāzes skaitītājs; 21 – gaisa sūkns; 22 – personālais dators izmēģinājumu rezultātu apstrādei.

Atsevišķu komponentu analīzei jau tiek izmantoti speciāli analizatori.

CO un CO<sub>2</sub> analīze tiek veikta ar ne dispersijas infrasarkanā gāzu analizatoru jeb NDIR, CH – liesmu-jonizācijas gāzu analizatoru jeb FID, NO<sub>x</sub> – ar ķīmiskās luminiscences gāzu analizatoru jeb CLD [4].

Nedaudz savādāka situācija ir attiecībā uz automobiļiem ar dīzeļmotoriem. Lai noteiktu ogļūdeņražu emisiju līmeni atgāzēs bija nepieciešams veikt izmaiņas gāzu analītiskajā aprīkojumā un paraugu ņemšanas metodēs. Tāpat metode CVS tika

modificētā, lai būtu iespējams noteikt cieto daļiņu daudzumu atgāzēs. Šajā sakarā sistēmā tika papildus ielikts atgāzu atjaukšanas tunelis ar pietiekoši lielu plūsmas turbulenci, kā arī sistēma tika papildus aprīkota ar filtriem cieto daļiņu uztveršanai [5]. Cieto daļiņu gadījumā tiek izmantota elementāra filtru kondensēšana un svēršana, kas ļauj noteikt cieto daļiņu daudzumu atgāzēs.



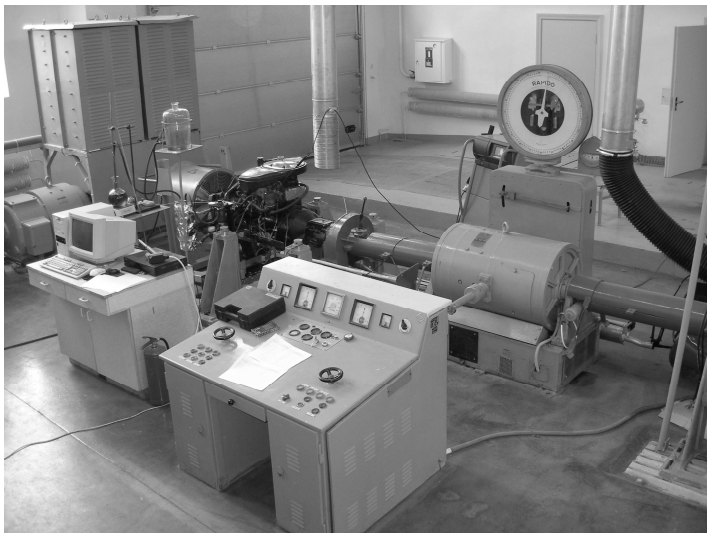
**5. att. Automašīna izmēģinājumi uz rullu stenda Biodegvielu zinātniskajā laboratorijā (Jelgava, Paula Lejiņa ielā 2)**

### ***Izmēģinājumi uz stenda***

Kravas automobiļiem visi izmēģinājumu cikli tiek veikti uz motoru izmēģināšanas stenda. Pie nestacionāriem izmēģināšanas cikliem emisiju līmenis tiek noteikts un novērtēts pēc CVS metodes. Stacionārajos izmēģinājumu ciklos atgāzu emisiju līmeni novērtē ar neatjauktiem atgāzu emisiju paraugiem, un kaitīgos izmešus daudzumu attiecina uz motora jaudu, bet rezultātu piefiksē g/kWh. Iekšdedzes motora izmēģinājumi uz motora testēšanas stenda ir daudz nozīmīgāki. Šis izmēģinājumu veids ir daudz precīzāks un nav tik dārgs. Sīkāks tā apraksts ir atspoguļots standartā ISO 8178. Būtiska iezīme ir tā, ka patērētājs, kas šajā gadījumā var būt gan automobiļu, gan traktoru un pat kombainu ražotājs, var izvēlēties pēc dinamiskajiem, ekonomiskajiem un ekoloģiskajiem parametriem atbilstošu motoru, netērējot līdzekļus

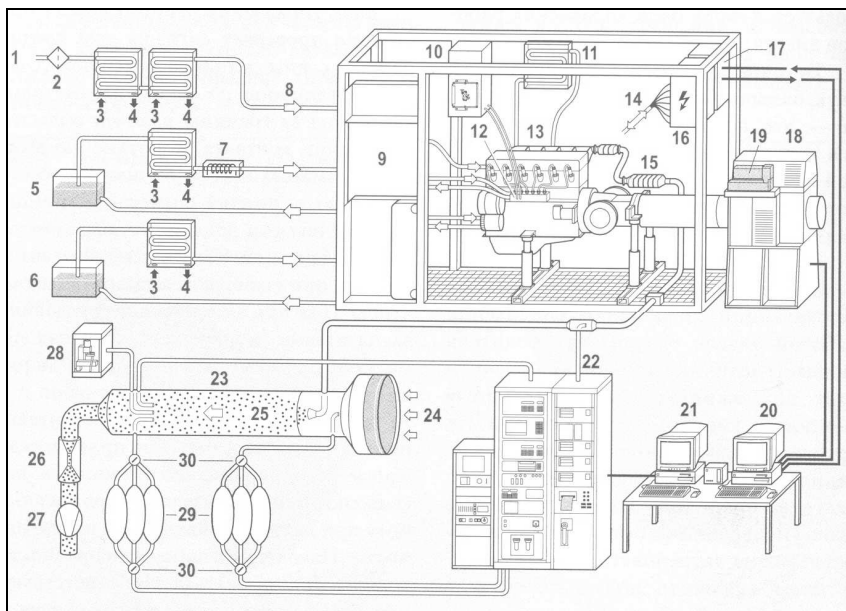
uz dažāda veida motoru izmēģināšanu kādā objektā (automobilī, traktorā vai kombainā).

Šāda tipa izmēģināšanas stends motoru izmēģināšanai tiek izmantots arī LLU Biodegvielu Zinātniskajā laboratorijā (skat. 6. att.).



**6. att. Motora izmēģināšana uz stenda LLU Biodegvielu Zinātniskajā laboratorijā (Jelgava, Paula Lejiņa iela 2)**

Pamata izmēģinājumu veids iekšdedzes motoriem, nosakot kaitīgo komponentu daudzumu atgāzēs, ir ciklu izmēģinājumi, kas sastāv no vairākiem režīmiem jeb pakāpēm. Tie var būt kā nostabilizētie, tā arī pārejas režīmi. Atgāzu analīze nostabilizētos režīmos tiek veikta ar ātri reaģējošiem nepārtrauktas darbības gāzu analizatoriem tieši izmēģinājumu laikā. Papildus tam izmēģinājumu laikā parasti nosaka arī citus parametrus: atmosfēras spiedienu, apkārtējā gaisa temperatūra, degvielas patēriņu utt.



**7. att. Motoru izmēģināšanas stenda principiālā shēma,  
nosakot atgāzu sastāvu [6]**

1 – ieplūstošais gaiss; 2 – gaisa filtrs; 3 – dzesēs ūdens pievads; 4 – siltā ūdens aizvads; 6 – tilpne dzesēs šķidrumam; 7 – degvielas uzsilde; 8 – motora pieslēgšanas stenda shēma; 9 – modulis šķidruma un gāzes komunikāciju pieslēgšanai; 10 – motora darbības elektroniskais vadības bloks; 11 – gaisa dzesētājs; 12 – iesmidzināšanas sistēma; 13 – dīzeļmotors; 14 – devēju signāli; 15 – atgāzu neitralizators; 16 – barošanas bloks; 17 – mērījumu tehnikas bloks; 18 – elektriskā dinamometriskā bremze; 19 – akseleratora pedāļa pievada imitācijas mehānisms; 20 – izmēģināmā stenda dators; 21 – indikatoriagrammas uzņemšanas shēma; 22 – atgāzu sastāva analīzes iekārta; 23 – ežekcijas kamera; 24 – gaisa padeve ežekcijai; 25 – ežekcijas apgabals; 26 – gaisa patēriņa devējs; 27 – ventilators; 28 – daļiņu atlases sistēma; 29 – retinājuma noteikšanas sistēma; 30 – pārslēdzošais vārsts.

### *Izmēginājumu sertifikācijas nepieciešamība*

Mūsdienās jebkura organizācija ir tiesīga patstāvīgi veikt atbilstošos izmēginājumus, ja tās rīcībā ir jebkādi mērīšanas līdzekļi, taču pielietot šādus rezultātus var tikai un vienīgi šī organizācija savām vajadzībām. Būtiskākie piemēri – dažāda veida rūpnīcas, kas ražo motorus vai komplektē automobiļus. Šāda veida rezultātu ticamība ir atkarīga no izmantojamā mēraprīkojuma, tā tehniskā stāvokļa un personāla kvalifikācijas. Eksistē arī organizācijas, kas veic šāda veida pakalpojumus arī priekš citām organizācijām. Licences iegūšana šāda veida darbības veikšanai ir saistīta ar uzņēmuma akreditāciju, kas ir sava veida apstiprinājums izmantotā mēraprīkojuma augstajam tehnoloģiskajam līmenim un tehniskajam stāvoklim, kā arī personāla kvalifikācijai.

Darbība, kas apstiprina produkcijas atbilstību uzstādītajām prasībām tiek saukta par sertifikāciju [1]. Eksistē vesela virkne produkcijas vai pakalpojumu, kurai obligāti jāveic sertifikācija, taču eksistē arī virkne produkcijas un arī pakalpojumu, kuriem jāveic brīvprātīgā sertifikācija.

Galvenie sertifikācijas mērķi un principi ir sekojoši [1]:

- patērētāja līdzdarbība kompetentas produkcijas izvēlē;
- eksporta veicināšana un produkcijas konkurētspējas palielināšana;
- patērētāja aizsardzība pret izgatavotāja negodīgumu;
- produkcijas nekaitīguma kontrole attiecībā pret apkārtējo vidi, veselību un īpašumu;
- ražotāja iesniegto produkcijas kvalitātes rādītāju apstiprinājums.

### *Atgāzu toksiskuma izvērtēšana*

Mūsdienās ekoloģiskās prasības attiecībā uz transportlīdzekļu iekšdedzes motoriem kļūst stingrākas gadu no gada. Viena no pirmajām valstīm, kura ieviesa atgāzu emisijas kontroles sistēmu, ir ASV jeb konkrētāk Kalifornijas pavalsts. Par galveno iemeslu tam kalpoja fakts, ka tādā lielā pilsētā kā Losandželosa transportlīdzekļu ekspluatācijas rezultātā radušās atgāzes netika aizvadītas no pilsētas ar vēja palīdzību, bet gan uzkrājās dūmu un putekļu veidā. Nepārprotami, ka šeit būtisku lomu noteica pilsētas ģeogrāfiskais stāvoklis, taču kopumā ar to pietika, lai 1964. gadā šajā pavalstī ieviestu atgāzu emisijas kontroles sistēmu automobiļiem sākot ar 1966. izlaiduma gadu [5]. Tie bija pirmie ottomotoru atgāzu emisijas ierobežojošie noteikumi, un šajos noteikumos noteiktās kaitīgo komponentu pamatvērtības pakāpeniski tika samazinātas. Pirmā likumdošanas prasība – Tīrā gaisa likums jeb

Clean Air Act – attiecībā uz atgāzu emisijām parādījās ASV 1970. gadā. Šajā pašā laikā tika nodibināta Vides Aizsardzības Aģentūra (Environment Protection Agency). Viss tas bija rezultāts ASV pakāpeniski pieaugošajam automobiļu skaitam, bet jo īpaši, to darbības rezultātā radītai negatīvajai ietekmei uz valstī dzīvojošo iedzīvotāju veselību. Tajā pašā laikā visas vadošās industriālās valstis ieviesa savus standartus atgāzu kontrolei, kas jau noteica pieļaujamās komponentu robežvērtības kā ottomotoriem, tā arī dīzeļmotoriem. Šie standarti tāpat noteica izmēģinājumu un kontroles metodes. Mūsdienās praktiski visās Amerikas, Eiropas un Āzijas valstīs atgāzu kontrolei izmanto dažādus normatīvos dokumentus. Neskatoties, ka pasaulē šajā jomā vēl joprojām nav vienotas nostājas par visām obligāti normējamajām atgāzu komponentēm, ir noteiktas vismaz pamat komponentes, kuras būtu obligāti jākontrolē.

Atkarībā no transportlīdzekļa klases un izmēģinājuma mērķa likumdošana nosaka trīs izmēģinājumu metodes [5]:

- tipa noteikšana, lai iegūtu atļauju ražošanai;
- sērijveida produkcijas izmēģinājumi;
- ceļu kontrole atsevišķu komponentu noteikšanai atgāzēs jau ekspluatācijā esošam transportlīdzeklim.

### ***Standarti***

Standarti ir veids kā iespējams līdzvērtīgi novērtēt dažādu tipu un marku iekšdedzes motorus pēc ekoloģiskiem parametriem, ja tiek izmantoti kādi vienoti izmēģināšanas apstākļi. Šajā sakarā daudzās pasaules valstīs ir pieņemti noteikti standarti, kas attiecīgi nosaka izmēģinājumu apstākļus noteiktiem izmēģinājumu objektiem.

Standarti ir pieņemti daudzās valstīs: Krievijā, ASV, Vācijā u.c. Eksistē arī starptautiskie standarti, kurus citas valstis adoptē kā nacionālos standartus. Pasaulē visplašāk pielietotie Noteikumi ECE OON (ECE – Economic Comissions for Europe Apvienoto Nāciju Organizācijas Eiropas Ekonomiskā Komisija), ES Direktīvas, Starptautiskās Standartu Organizācijas ISO (International Standards Organization) standarti, EPA (Environmental Protection Agency – Apkārtējās Vides Aizsardzības Aģentūra, ASV) norādījumi.

Pastāv arī vietējie jeb lokālie standarti. Piemēram, Kalifornijas štata standarts (CARB). Var būt arī standarti, kuri ir saistīti ar kādu konkrētu pilsētu (Ņujorkas standarts (ASV) "NYCC", Čikāgas standarts (ASV) "CTA" utt.).

Viens no paši izplatītajiem standartiem ISO reglamentē tikai izmēģinājumu metodes, īpaši nedefinējot normatīvus. Ar mērķi, lai nodrošinātu iespēju salīdzināt savā starpā izmēģinājumu rezultātus, kas notikuši daudzās valstīs, pasaulē jau sen notiek dažādu valstu un organizāciju standartu saskaņošanas process. Perspektīvā var

cerēt izmantot vienotus standartus vieniem un tiem pašiem objektiem visā pasaulē. Izmēģinājumu objektu dalījums – iekšdedzes motori un transportlīdzekļi – norit, pirmkārt, pēc to pielietojanas sfēras: mopēdi, motocikli, kvadricikli, autobusi un automobiļi; lauksaimniecības nozīmes, komunālās nozīmes, bezceļa transportlīdzekļi, aviācija, jūras un upju kuģi, dzelzceļa transports, stacionāras pielietojanas nozīmes. Otrkārt, pēc priekšmeta novērtēšanas:

- 1) konstrukcijas ekoloģiskais līmenis, ko nodrošina izstrādātājs un ražotājs;
- 2) tehniskais stāvoklis ekspluatācijas apstākļos, kas atkarīgs ne tikai no konstrukcijas, bet arī no objekta apkalpes laicīguma un pareizības.

Katrs normatīvais dokuments atrunā vairākas būtiskas lietas [1]:

- **objekta izplatību jeb sastopamību**, t.i., kādi objekti nokļūst dotā dokumenta ietekmes sfērā: motors vai transportlīdzeklis; benzīna, dīzeļa vai gāzveida degvielu izmantojošs; kāda jaudas un celjspējas klase (vai pasažieru ietilpība); paredzēts pasažieru (kravas) pārvadāšanai; lauksaimnieciskas nozīmes, bezceļa mašīnas, stacionāras utt.
- **komplektāciju**, kurā veic izmēģinājumus, t.i., agregātu kopums, kādiem jābūt laboratorijā, vai arī jābūt iespējai aprēķināt parametrus, kurus jānodrošina iepriekšminētajām iekārtām;
- **izmēģināšanas režīmus**, t.i., slodzes un kloķvārpstas griešanās frekvences noturēšanas laika apkopojums katrā noteiktā režīmā;
- **aprēķina metodiku** atsevišķu parametru aprēķinam;
- atsevišķu parametru **mērījumu metodes un uzskaitījumu**, kā arī mērījumu novirzēm;
- kontrolējamo **parametru normatīvās (robež) vērtības**. Atkarībā no izmēģinājumu metodikas var tikt izteikti: 1) iekšdedzes motoriem – kā kaitīgo vielu koncentrācija (% vai  $\text{mlj}^{-1}$  (ppm)) vai īpatsvars (g/kWh); 2) transportlīdzekļiem – kā noskrējiena izmeši (g/km vai gramu uz izmēģinājumu; pēdējā gadījumā tiek novērtēts summārais izmešu daudzums visā izmēģinājumu ciklā);
- dokumenta vai normatīvo rādītāju **darbības termiņš**.

Gan vieglajiem, gan arī kravas automobiļiem katrā valstī ir paredzēti savi dinamiskie izmēģinājumu cikli. Eksistē izmēģinājumu cikli, kuru ieraksti ir iegūti no reāliem braucieniem pa pilsētas vai arī ārpuspilsētas ielām (piemēram, FTP jeb Federal Test Procedure, ko piemēro ASV), kā arī "mākslīgie" izmēģinājumu cikli, kas ir vienkārši sastādīti no dažādiem paātrinājuma, patstāvīga ātruma un bremzēšanas etapiem (piemēram, MNEFZ, ko piemēro Eiropā).

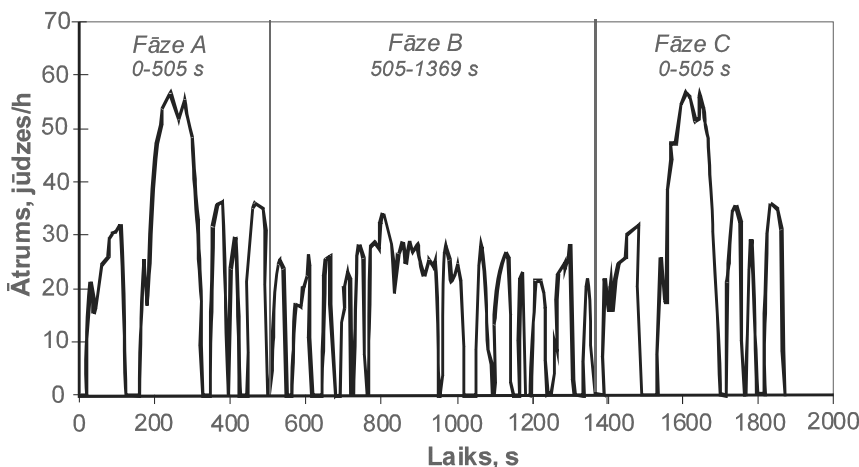
Lai varētu noteikt atgāzu izmešu masu ir nepieciešams ļoti precīzi realizēt ātruma izmaiņu etapus, ko nosaka konkrētais izmēģinājumu cikls. Izmēģinājumu laikā savākto atgāzu paraugi vēlāk tiek analizēti.

## BRAUKŠANAS CIKLI

### *Vieglo automobiļu braukšanas cikli*

#### **FTP 75**

ASV izstrādāti braukšanas cikli, kas maksimāli pietuvināti ekspluatācijas apstākļiem (cikls FTP-75 – *Federal Transient Procedure*), kas atšķiras ar strauju slodzes un ātruma izmaiņu. Cikla līkne ar trim dažādām testa sadaļām sastāv no kustības ierakstiem, kas reāli tika reģistrēti Losandželosas ielās rīta sastrēgumstundās. Cikla raksturojums parādīts 8. attēlā.



8. att. FTP 75 izmēģinājumu cikla raksturlīkne

**FTP 75 cikla vispārīgs raksturojums**

|                                                |       |
|------------------------------------------------|-------|
| Pilns izmēģinājumu laiks, s                    | 2477  |
| Cikla garums, km                               | 17.87 |
| Automobiļa vidējais ātrums, km/h               | 31.67 |
| Tas pats, neņemot vērā brīvgaitas režīmu, km/h | 38.56 |
| Automobiļa maksimālais ātrums, km/h            | 91.2  |
| Brīvgaitas režīma daļa, %                      | 17.9  |

Pēc transportlīdzekļa termostatēšanas nekustīgā stāvoklī 12 stundu laikā telpā ar vidējo temperatūru 20...30 °C, transportlīdzeklis tiek novietots uz ruļļu stenda. Pēc transportlīdzekļa nofiksēšanas tiek veikta tā kustības imitācija atbilstoši izmēģinājuma raksturlīknes raksturam.

Izmēģinājumu laikā radušies atgāzu komponenti tiek savākti dažādās transportlīdzekļa kustības fāzēs jau atsevišķos paraugu ņemšanas maisos.

Fāzē A (*cold start phase*) atgāzes atjauktas un atfiltrētas ar apkārtējās vides gaisu tiek savāktas aukstās pārejas fāzes laikā tad, kad nav nostabilizējies motora darbības režīms. Atgāzes tiek savāktas paraugu ņemšanas maisā pēc CVS metodes.

Fāzē B (*transient phase*) paraugu ņemšanas iekārta pārslēdzas uz otru paraugu ņemšanas maisu jau fāzes sākumā, kad ir nostabilizējies motora darba režīms neietekmējot braukšanas programmas norisi. Fāzes beigās motoru apstādina uz 600 sek.

Fāze C (*hot start phase*) pēc ilguma ir pilnīgi identiska fāzei A, ar vienu atšķirību – motors fāzē C ir jau iesildīts. Atgāzu paraugu ņemšanas iekārta savāc atgāzes jau trešajā paraugu ņemšanas maisā.

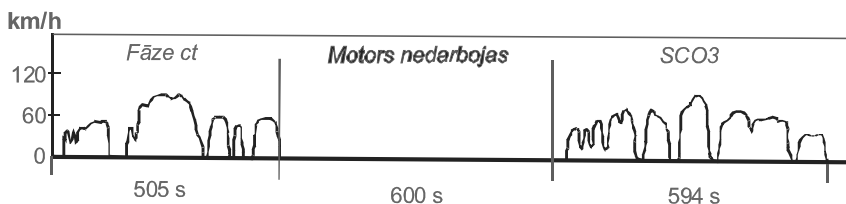
Tā kā atgāzu paraugi nedrīkst palikt paraugu ņemšanas maisos ilgāk par 20 minūtēm, tad parasti to analīze tiek veikta nākamā cikla pauzes laikā – respektīvi pirms "karstās" fāzes norises. Vēlāk arī tiek analizēts paraugs no trešā maisa. Galīgā rezultāta iegūšanai visu trīs fāzu atsevišķi rezultāti tiek pareizināti ar svara koeficientiem: fāzei A – 0.43, fāzei B – 1, fāzei C – 0.57. Kaitīgo komponentu (CH, CO un NO<sub>x</sub>) svērtās masas, kas iegūtas visu trīs testu laikā, tiek dalītas uz visu ceļa garumu, kas tika paveikts testa laikā tādējādi ļaujot noteikt kaitīgo izmešu daudzumu nobraucot vienu jūdzi.

**SFTP**

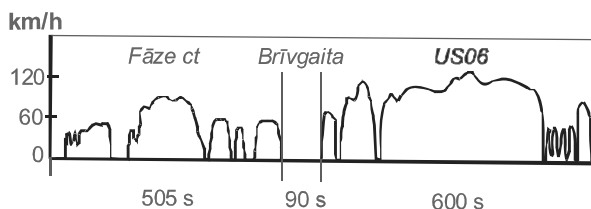
Izmēģinājumi pēc standarta SFTP tiek ieviesti pakāpeniski, un jau 2004. gadā ir noslēgta pāreja uz šo standartu. Šajā ciklā izmēģinājumi noris pēc sekojošiem

braukšanas cikliem: FTP 75, SC03 un US06. Veicot plašāka rakstura izmēģinājumus ir nepieciešams pārbaudīt vairākus papildus režīmus:

- agresīva braukšana;
- straujas ātruma izmaiņas;
- motora palaišana un uzrāviens;
- transportlīdzekļa kustība pie daļējām, nenožīmīgām ātruma izmaiņām;
- īslaicīgas apstāšanās;
- transportlīdzekļa kustība ar ieslēgtu kondicionieri.



**A**



**B**

**9. att. SC03 (A) un US06 (B) izmēģinājumu cikla raksturlīknes [5]**

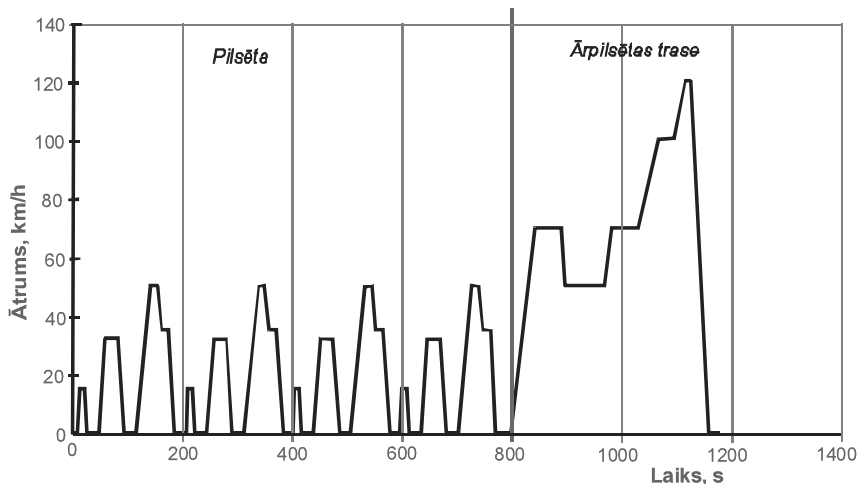
Der atzīmēt, ka ciklos SC03 un US06 pēc iepriekšējas izmēģināmā transportlīdzekļa termostatēšanas iepriekš apskatītā cikla FTP 75 fāze (*cold start phase*) tiek veikta bez atgāzu paraugu ņemšanas. Cikls SC03 tiek veikts pie temperatūras 35 °C un atbilstoša gaisa mitruma 40%; šādi apstākļi tiek piemēroti transportlīdzekļiem ar kondicionieri. Atsevišķi braukšanas cikli tiek arī kombinēti. Būtiskākie piemēri:

- transportlīdzekļa izmēģināšana ar strādājošu kondicionieri (35% FTP 75 + 37% SC03 + 28% US06);
- transportlīdzekļa izmēģināšana bez kondicioniera (72% FTP 75 + 28% US06).

## NEDC

Eiropā, Krievijā un Japānā izmanto ciklus, kuru pamatā pieņemti atsevišķi kustības gabali ar patstāvīgām ātruma vērtībām. Viens no šādiem cikliem ES un EEK, ko mēdz dēvēt arī par Eiropas braukšanas ciklu, arī tiek veikts atbilstoši noteiktām raksturlielņiem. Pēc būtības dotais cikls imitē braukšanu pa pilsētu jeb UDC (Urban Driving Cycle). 1993. gadā dotais cikls tika papildināts ar ārpuspilsētas daļu ar ātrumu jau līdz 120 km/h, kuru nosauca par EUDC (Extra Urban Driving Cycle). Saliekot kopā iepriekš pieminētos ciklus, parādījās jauns cikls NEDC (New European Driving Cycle).

Jaunais Eiropas braukšanas cikls NEDC – *New European Drive Cycle* (atbilstoši EEK ANO Nr.83-02 Noteikumiem) sastāv no 2 apgabaliem jeb periodiem. Pirmais imitē kustību pilsētas apstākļos (4 atkārtojumi pēc kārtas, atbilstoši EK ANO noteikumiem Nr.15-05), bet otrs – kustība pa ārpus pilsētas trasi (ātruma apgabals). Kaitīgo vielu noteikšana atgāzēs sākas uzreiz pēc tam, kad automobilis sāk kustību uz ruļļiem pēc auksta motora palaišanas bez iepriekšējas tā uzsildīšanas brīvgaitā.



10. att. NEDC izmēģinājumu cikla raksturlielne

Kaitīgo atgāzu komponentu noteikšana tiek nodrošināta patstāvīgi visā izmēģinājumu cikla laikā (tā sauktā patstāvīgā paraugu ņemšanas sistēma – CVS – *Constant Volume Sample*), pēc tam tiek veikts izmešu masas pārrēķins uz vienu noietā ceļa vienību (g/km) vai arī visu ciklu (g/izmēģinājumu).

5. tabula

**NEDC cikla raksturojums**

|                                     |        |         |
|-------------------------------------|--------|---------|
| <i>Pirmais periods:</i>             |        |         |
| Cikla pilnais laiks, s              |        | 820     |
| Cikla garums, km                    |        | 4.052   |
| Vidējais automobiļa ātrums, km/h    |        | 18.7    |
| Maksimālais automobiļa ātrums, km/h |        | 50      |
| Brīvgaitas daļa, %                  |        | 31      |
| <i>Viss cikls:</i>                  |        |         |
| Cikla pilnais laiks, s              | 1220   | 1220*   |
| Cikla garums, km                    | 11.007 | 10.646* |
| Vidējais automobiļa ātrums, km/h    | 32.5   | 32.5*   |
| Tas pats tikai bez brīvgaitas, km/h | 44.0   | 42.6*   |
| Maksimālais automobiļa ātrums, km/h | 120    | 90*     |
| Brīvgaitas daļa, %                  | 26.2   | 26.2*   |

\* - automobiļiem, kuriem motora jaudas attiecība pret automobiļa pilno masu ir ne vairāk kā 30 kW/t un maksimālais ātrums ne vairāk 130 km/h.

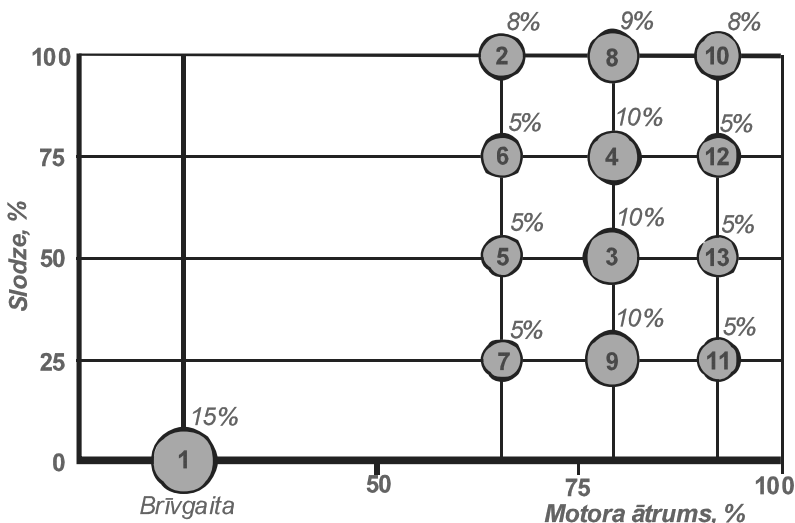
***Kravas automobiļu braukšanas cikli*****ESC**

Transportlīdzekļiem ar kopējo masu virs 3.5 t un vietu skaitu virs 9 Eiropā līdz 2000. gadam tika piemērots 13 pakāpju tests pēc EEK R49 noteikumiem. Ieviešot atgāzu emisiju kontroles standartu Euro 3, tika ieviests arī jauns 13 pakāpju tests ESC (European Steady-State Cycle) jau ar jaunām pakāpju vērtībām

Izmēģinājumu metode paredz 13 nemainīgu darba režīmu secību motora izmēģinājuma ietvaros (skat. 11. att.). Atbilstoši ESC ciklam izmēģinājumus veic pie 4 ātruma režīmiem. Pie tam to noteikšana noris par pamatu ņemot ārējās ātruma raksturlīknes datus.

Sākumā tiek atrasts kopējais ātruma diapazons. Vislielākā nozīme tiek piešķirta projekcijai uz abscisu ass, kas paņemta no regulatora raksturlīknes, kur jauda sastāda 70% no nominālās vērtības. Vismazākā vērtība, kas tiek paņemta no korektora raksturlīknes – 50%. Norādītais diapazons dalās 4 vienādās daļās. Pēc tam sākas 3 ātruma režīmi: A, B un C. Ceturtais ir tas režīms, kas atbilst brīvgaitas minimālajiem apgriezieniem. Tālāk tiek uzstādīti 13 režīmi ar dažādām slodzes vērtībām, kā arī šo mēģinājumu secība katrā no 13 režīmiem. Izmēģinājumu gaitā izmēģinošā puse var papildus noteikt kaitīgo komponentu daudzumu atgāzēs, kurus nereglamentē 13

obligātie režīmi. Vienīgais ierobežojums – papildus režīmiem jāatrodas ātruma diapazonā no A līdz C, un slodžu diapazonā – no 25 līdz 100%.



11. att. ESC izmēģinājumu cikla raksturs

Noteiktais kaitīgo vielu daudzums, kā arī motora jauda katrā atsevišķā pakāpē tiek precizēta pēc pareizināšanas ar attiecīgajiem koeficientiem. Izmēģinājumu rezultāts tiek piefiksēts g/kWh no visu paraugu summas.

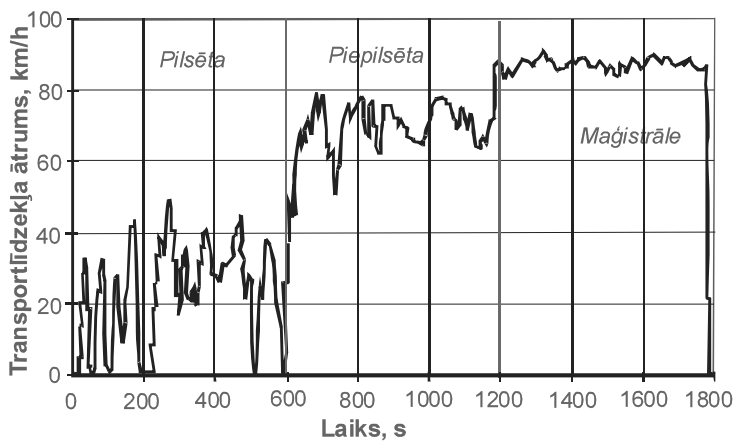
Sertifikācijas laikā pie izmēģināšanas papildus var tikt veikti 3 NO<sub>x</sub> satura noteikšanas mērījumi. NO<sub>x</sub> emisiju līmeņi praktiski nedrīkst atšķirties no tiem, kas iegūti testu laikā; tas ir nepieciešams, lai novērstu motora regulēšanas iespējamību atbilstoši specifisko testa režīmu prasībām.

## ETC

Cikls ESC ir paredzēts motoru izmēģinājumiem (transportlīdzekļiem ar pilno masu ne vairāk kā 3.5 t), kas nav aprīkoti ar mūsdienīgām atgāzu neitralizācijas iekārtām. Pretējā gadījumā izmēģinājumu cikls var tikt veikts pēc ETC cikla (European Transient Cycle) pārejas režīmos.

Cikls sastāv no 3 daļām: 1) kustības imitācija pilsētas apstākļos ar maksimālo automobiļa kustības ātrumu līdz 50 km/h ar periodisku apstāšanos; 2) kustība piepilsētas zonā ar maksimālo ātrumu līdz 72 km/h ar periodisku ātruma izmaiņu; 3)

kustība pa ātruma maģistrāli praktiski ar patstāvīgu ātrumu – 88 km/h. Papildus var atzīmēt, ka gan cikls ETC, gan arī cikls ESC tiek veikti jau pie iepriekš uzsildīta motora.



12. att. ETC izmēģinājumu cikla raksturlīkne

### *Dīzeļmotori*

*Regulēšanas parametri.* Viens no būtiskākajiem ietekmējošajiem faktoriem varētu būt gaisa pildījuma temperatūra un spiediens, jo tieši šīs vērtības nosaka cilindrā ieplūstošā gaisa daudzumu. Tas jau tālāk atstāj iespaidu uz spiedienu cilindrā un arī pirmo degvielas devu degšanas temperatūru. Šīs izmaiņas atstāj būtisku iespaidu uz slāpekļa oksīdu veidošanos. Pieaugot gaisa pildījuma temperatūrai un attiecīgi arī temperatūrai degvielas padeves sākuma momentā, arī pieaug  $\text{NO}_x$  daudzums atgāzēs.

Mēģinot palielināt motora jaudu un arī vidējo efektīvo spiedienu, dīzeļiem plaši pielieto pūti, kas attiecīgi palielina degvielas cikla padeves maksimālās vērtības. Diemžēl pūtes pielietošana atstāj nepietiekošu ietekmi uz slāpekļa oksīdu izmešiem, jo it kā gaisa pāruma koeficienta vērtības pieaugums samazina komponentu koncentrāciju, taču to kompensē gaisa temperatūras pieaugums ieplūdē [1].

Tāpat būtisks faktors ir arī degvielas padeves sistēmas regulēšanas raksturs, jo tas nosaka degvielas strūkļas raksturu sadegšanas kamerā, degvielas izsmidzināšanas intensitāti, degvielas pilienu smalkumu, sajaukšanās procesa ātrumu un kvalitāti utt. Tieši degvielas cikla padeves vērtības ietekmi uz atgāzu saturu novērtēt ir diezgan grūti, jo kaitīgo komponentu veidošanās ir atkarīga arī no vairāku citu parametru ietekmes. Būtībā  $\text{NO}_x$  un atgāzu dūmainība pieaug, palielinoties degvielas cikla padevei [1]. Par pietiekoši būtisku faktoru mūsdienās uzskata maksimālā degvielas iesmidzināšanas spiediena palielināšanu dīzeļmotoriem. Nepārprotami, ka iesmidzināšanas spiediena pieaugums atstāj ietekmi uz degvielas padeves sistēmas detaļām – degvielas vadiem, izsmidzinātājiem, sprauslām utt. –, kuras ir skāris būtisks slodzes pieaugums. Savukārt, tieši degvielas izsmidzināšanas spiediena palielināšanas rezultātā izdevās pozitīvi ietekmēt atgāzu saturu, kas saistīts ar daudz pilnīgāku tās sadegšanu, jo uzlabojas izsmidzināmās degvielas smalkums, kas attiecīgi atstāj labāku iespaidu uz sajaukšanās procesu, ātrāku degvielas pilienu uzsildi un iztvaikošanu. Ievērojami samazinās kvēpu daudzums atgāzēs, bet nedaudz tomēr pieaug  $\text{NO}_x$  [1].

*Konstruktīvie faktori.* Atgāzu toksiskuma izmaiņas ietekmē arī dažādi konstruktīvie faktori: degmaistījuma sajaukšanās veids, sadegšanas kameras un izsmidzinātāja forma, kompresijas pakāpe, atgāzu recirkulācija utt. Viens no būtiskākajiem konstruktīvajiem faktoriem, kas ietekmē atgāzu toksiskumu ir sadegšanas kameras forma. Dīzeļmotoriem ar dalītājām sadegšanas kamerām lielākajā daļā gadījumu ir iespēja ievērojami samazināt kaitīgo komponentu daudzumu atgāzēs attiecībā pret motoriem ar nedalītājām sadegšanas kamerām. Samazinās slāpekļa oksīdu daudzums, kas saistīts ar brīvā skābekļa iztrūkumu pirmajā sadegšanas fāzē pie

$\alpha < 1$ , kad noris intensīva  $\text{NO}_x$  veidošanās [3]. Tālāka maisījuma sadegšana jau noris sadegšanas kameras pamattilpumā jau pie skābekļa iztrūkuma, bet jau pie zemākām temperatūrām kā tas būtu ar motoriņiem nedalītām sadegšanas kamerām. Pietiekoši nelielās oglekļa monoksīda un oglekļa dioksīda koncentrācijas tiek panāktas motoros ar dalītajām sadegšanas kamerām sakarā ar degvielas daļiņu oksidēšanās reakciju pieaugumu jau pie pietiekoši augstas degvielas-gaisa maisījuma turbulizācijas papildus sadegšanas kameras tilpumā. Šī iemesla dēļ kaitīgo komponentu daudzums atgāzēs samazinās gandrīz 1.5-3 reizes gandrīz visos ekspluatācijas režīmos [3].

### **Ottomotori**

*Regulēšanas parametri.* Atšķirībā no dīzeļmotoriem, ottomotoros gaisa pāruma koeficients mainās pietiekoši šaurās robežās: no 0.85 līdz 1.15 [1]. Attiecīgi CO un CH koncentrācija ir pietiekoši maza pie  $\alpha = 1.05 \dots 1.1$ , taču  $\text{NO}_x$  koncentrācija sasniedz savu maksimālo vērtību.

*Konstruktīvie faktori.* Vieni no būtiskākajiem konstruktīvajiem faktoriem, kas ir skāruši ottomotorus – degvielas padeves sistēmas izmaiņas. Kā zināms, degvielas padeves sistēmas, kuru pamatā tika izmantoti karburatori, pamazām tiek izņemtas no ražošanas sakarā ar nespēju nodrošināt precīzu degvielas dozēšanu cilindros. Pietiekoši daudz degvielas plānas plēvītes veidā paliek uz ieplūdes kolektora sienām, kura vēlāk, gaisa plūsmas ietekmē, tiek novirzīta uz ieplūdes vārsta pusi, un attiecīgi cilindrā periodiski nokļūst degvielas pārpalikums. Tas, protams, sekmē nepilnīgas sadedzes produktu – oglekļa dioksīda un oglekļa monoksīda – pieaugumu atgāzēs.

Ir konstatēts, ka ietekmi uz atgāzēm atstāj arī sadegšanas kameras virsmas attiecība pret tās apjomu, jo tas nosaka siltuma izdalīšanās un siltuma aizvadīšanas procesu intensitātes attiecību [1]. Jo lielāka ir šī attiecība, jo lielāks maisījuma daudzums nonāk tuvu cilindra sienām jau ar pazeminātu temperatūru, kas jau tālāk nosaka oglekļa dioksīda koncentrācijas pieaugumu atgāzēs.

Ottomotoros līdzīgi arī kā dīzeļmotoros slāpekļa oksīdu ( $\text{NO}_x$ ) samazināšanai plaši pielieto arī atgāzu recirkulāciju, taču arī šeit nepieciešams variēt, lai nodrošinātu arī citu normējamo komponentu vērtību nepalielināšanos.

Pastāv arī citi konstruktīvi faktori, ar kuru palīdzību var ietekmēt atgāzēs sastopamo komponentu koncentrāciju. Viens no variantiem varētu būt: gaisa un degvielas-gaisa maisījuma ieplūdes laika samazināšana, palielinot ieplūdes vārstu skaitu [1]. Tāpat var palielināt dzirksteles enerģiju, tādējādi ļaujot palielināt pievadāmās enerģijas daudzumu un attiecīgi palielinot temperatūru uzliesmošanas zonā, nodrošinot maisījumu ar  $\alpha > 1$  noturīgāku uzliesmošanu [1].

Kopumā eksistē dažādi faktori atgāzu toksiskuma samazināšanai bez jau pieminētajiem. Papildus tam plaši pielieto arī atgāzu tālāku apstrādi, uzstādot atgāzu neitralizatorus un cieto daļiņu filtrus.

Lai ottomotoru un dīzeļmotoru atgāzēs samazinātu kaitīgo komponentu koncentrāciju ietekmējot motora darba procesu varētu izšķirt sekojošus pamatfaktoros un nepieciešamos pasākumus to realizēšanā [1]:

- degviela (jāsamazina sēra un aromātisko oglekļa daļiņu daudzums; jāpalielina cetānskaitļa un oktānskaitļa vērtība; jāveicina alternatīvo degvielu pielietošana);
- oksidētājs (recirkulācijas pielietošana);
- sadegšanas kamera (kompresijas pakāpe, sadegšanas kameras forma, izmēri utt.);
- degvielas padeves sistēma (degvielas augstspiediena sūkņi: rindas, sadalītājtīpa, sūkņi-sprauslas; izsmidzināšana ar gaisu; akumulatora tipa degvielas sistēmas; degvielas iesmidzināšanas likumu vadība: moments, izsmidzināšanas spiediens; izsmidzinātāja konstrukcija: izsmidzināšanas urbumu daudzums un izvietojums utt.);
- gāzu apmaiņas sistēma (turbopūtes pielietošana un padodamā gaisa atdzesēšana; ieplūdes un izplūdes vārsti, pārvietošanās likumsakarības, daudzums; gaisa un sadegušo gāzu pretestības samazināšana utt.).

## LITERATŪRA

1. Кульчитский А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей – 2-е изд., - М. Академический Проект, 2004. – 400 с.
2. Марков, В.А., Баширов, Р.М., Габитов, И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд. – М. Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 376 с.
3. Schaefer, F. Reduced emissions and fuel consumption in automobile engines: Society of Automotive Engineers. New York: Springer–Verlag, 1995. – 195 p.
4. Двигатели внутреннего сгорания: Теория рабочих процессов. Кн.1.: Под ред. В.Н.Луканина. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2005. – 479 с.
5. Системы управления дизельными двигателями. М.: ЗАО”За рулём” 2004. - 480 с.
6. Sustainable Energy Ireland. Liquid Biofuels Strategy Study for Ireland. Report. December 2004.
7. E. van Thuijl, C.J. Roos, L.W.M. Beurskens. An Overview Of Biofuel Technologies, Markets And Policies In Europe. Energy research Centre of the Netherlands. ECN-C--03-008. January 2003. 64p..

**Atgāzu normatīvi autotransportam ar dīzeļmotoriem ar pilno masu  
ne mazāku kā 3.5 tonnas**

| Normu līmeņi<br>Noteikumi Nr.49 ANO<br>EEK | Komponentu izmeši, g/kWh |            |               |              |
|--------------------------------------------|--------------------------|------------|---------------|--------------|
|                                            | $NO_x$                   | $CO$       | $C_nH_m$      | $PM$         |
| Eiro-I (līdz 01.10.1995)                   |                          |            |               |              |
| jauda ≤ 85 kW                              | 8.0 / 9.0*               | 4.5 / 4.9* | 1.1 / 1.23*   | 0.36 / 0.40  |
| jauda > 85 kW                              | 8.0 / 9.0*               | 4.5 / 4.9* | 1.1 / 1.23*   | 0.61 / 0.68* |
| Eiro-II (no 01.10.1995)                    | 7.0                      | 4.0        | 1.1           | 0.15 / 0.25  |
| Eiro-III (no 01.10.2000)                   |                          |            |               |              |
| cikls ESC (OICA)                           | 5.0                      | 2.1        | 0.66          | 0.10         |
| cikls ETC (FiGE)                           | 5.0                      | 5.45       | 0.78 (1.6)*** | (0.13)**     |
| Eiro-IV (no 2005)                          |                          |            |               |              |
| cikls ESC (OICA)                           | 3.5                      | 1.5        | 0.46          | 0.02         |
| cikls ETC (FiGE)                           | 3.5                      | 4.0        | 0.55          | 0.03         |
| Eiro-V (no 2008)                           |                          |            |               |              |
| cikls ESC (OICA)                           | 2.0                      | 1.5        | 0.25          | 0.02         |
| cikls ETC (FiGE)                           | 2.0                      | 1.5        | 0.25          | 0.02         |

**Piezīmes:**

- 1) \* - skaitītājā – normatīvi iekšdedzes motoru tipu pārbaudei (speciāli sagatavotu), saucējā – sērijveida ražojumu pārbaudei;  
 \*\* - iekavās doti normatīvi dīzeļiem ar  $iV_h < 0.7l$  un  $n_{nom} > 3000 \text{ min}^{-1}$ ;  
 \*\*\* - iekavās doti normatīvi tikai nemetāna ogļūdeņražiem, ja izmanto motorus, kas strādā ar saspiestu dabasgāzi.
- 2) Motori ir paredzēti uzstādīšanai uz transportlīdzekļiem ar pilnu masu līdz 3.5 tonnām, izmēģinājumi tiek veikti tikai komplektācijā ar automobili (ANO EEK noteikumi Nr.15-05 un 83-02).
- 3) Dīzeļiem vienlaicīgi jāatbilst sekojošām prasībām pēc atgāzu dūmainības līmeņa (izmēģināšanas režīms atbilstoši ELR metodikai): Eiro-III – ne vairāk kā 29% pēc Hartridge skalas, Eiro IV – ne vairāk kā 20% un pēc Eiro V – ne vairāk kā 6%.
- 4) Pieņemot Eiro-III normas tika mainīts izmēģinājumu cikls kaitīgo komponentu noteikšanai. Šajā pašā laikā cikls ESC (OICA) paredzēts tika dīzeļiem, kam nav papildus atgāzu neitralizējošo ierīču, bet cikls ETC (FiGE) paredzēts dīzeļiem, kam ir papildus atgāzu neitralizējošās iekārtas: pretkvēpu filtrs un (vai) slāpekļa oksīdu neitralizators. Gāzmotori tiks izmēģināti tikai pēc cikla ESC (OICA).