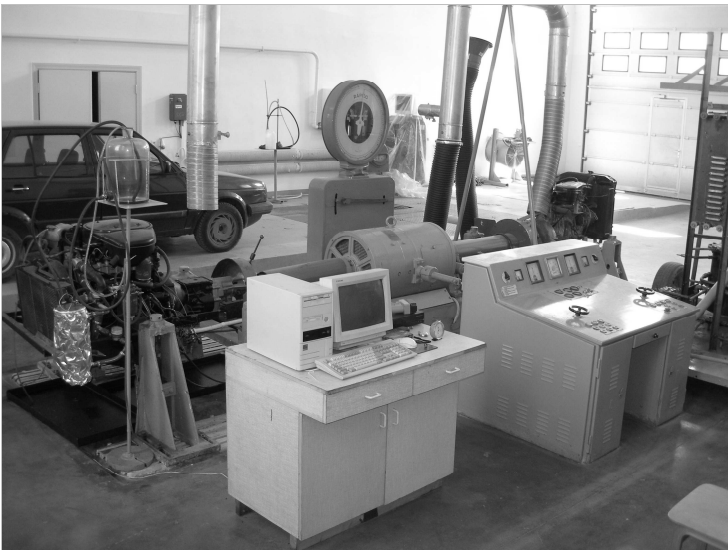


Ruslans Šmigins

# MOTORU IZMĒĢINĀŠANA



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE  
TEHNISKĀ FAKULTĀTE  
SPĒKRATU INSTITŪTS

**Ruslans Šmigins**

# **MOTORU IZMĒĢINĀŠANA**

**Metodiskie norādījumi**

Jelgava, 2008



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

**Šmigins R. Motoru izmēģināšana:** Metodiskie norādījumi laboratorijas darbu izpildei Lauksaimniecības inženierzinātnes studiju programmas studentiem: Jelgava: LLU, 2008. – 60 lpp.

Metodiskajos norādījumos ir apkopoti galvenie laboratorijas darbi, kas nepieciešami mācību priekšmetu ”Motoru teorija” un ”Spēkrati” apguvei LLU Tehniskās fakultātes lauksaimniecības inženierzinātnes programmas autotransporta apakšprogrammas studentiem. Laboratorijas darbi ir izstrādāti, par pamatu ņemot jau iepriekšējās iestrādes motoru izmēģināšanas jomā un tie atbilst LLU TF šī brīža tehniskajām realizēšanas iespējām. Katra laboratorijas darba noslēgumā ir doti kontroljautājumi, kas ļauj studentam pārbaudīt savas zināšanas un labāk sagatavoties laboratorijas darba aizstāvēšanai, bet pielikumā doti arī visu laboratorijas darbu protokolu paraugi.

Recenzenti: LLU Spēkratu institūta profesors Dr.sc.ing. Vilnis Gulbis,  
Spēkratu institūta docents Dr.sc.ing. Gunārs Aizsils.

**ISBN 978-9984-784-52-6**

© Ruslans Šmigins  
© LLU Tehniskā fakultāte

# SATURS

<b>1. Laboratorijas darbs</b>	
MOTORU IZMĒGINĀŠANAS STENDA UZBŪVES UN APRĪKOJUMA APGŪVE .....	4
<b>2. Laboratorijas darbs</b>	
MOTORA AUKSTĀ UN KARSTĀ PIESTRĀDE .....	22
<b>3. Laboratorijas darbs</b>	
DĪZELMOTORA REGULĒŠANAS RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA ATKARĪBĀ NO IESMIDZINĀŠANAS APSTEIDZES LEŅĶA .....	26
<b>4. Laboratorijas darbs</b>	
DĪZELMOTORA SLODZES RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA .....	29
<b>5. Laboratorijas darbs</b>	
DĪZELMOTORA ĀTRUMA RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA .....	32
<b>6. Laboratorijas darbs</b>	
OTTOMOTORA REGULĒŠANAS RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA ATKARĪBĀ NO AIZDEDZES APSTEIDZES LEŅĶA .....	37
<b>7. Laboratorijas darbs</b>	
OTTOMOTORA ĀTRUMA RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA .....	41
<b>8. Laboratorijas darbs</b>	
OTTOMOTORA DEGMAIŠĪJUMA SASTĀVA REGULĒŠANAS RAKSTUROJUMA UZŅEMŠANA .....	44
<b>9. Laboratorijas darbs</b>	
OTTOMOTORA SLODZES RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA .....	47
<b>Izmantotā literatūra</b> .....	50
<b>Pielikumi</b> .....	51

## 1. laboratorijas darbs

---

### MOTORU IZMĒĢINĀŠANAS STENDA UZBŪVES UN APRĪKOJUMA APGUVE

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt motoru izmēģināšanas stenda uzbūvi un tam nepieciešamo aprīkojumu, kā arī izdarīt izmēģināšanas stenda un aprīkojuma tarēšanu. Darba ietvaros ir paredzēts arī apgūt stenda izmēģinājumu metodes, kā arī iegūt praktiskās iemaņas darbā ar iekšdedzes motora izmēģināšanai nepieciešamo aprīkojumu un arī sastādīt mērījumu rezultātu apstrādes metodiku.

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends, degvielas patēriņa, gaisa patēriņa, dzesēs šķidrums temperatūras un kloķvārpstas griešanās frekvences noteikšanas ierīces, atgāzu analizatori.

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

- ✓ Iepazīties ar automobiļu motoru stenda izmēģinājumu metodēm un pamatprasībām attiecībā uz izmēģinājumu norises kārtību, galveno parametru raksturu un to noteikšanas metodēm;
- ✓ Apgūt bremsēšanas stenda *Rapido VEM-100* uzbūvi un darbības principus un atstrādāt stenda vadības praktiskās pielietošanas iemaņas, izpildot nepieciešamo iekārtu, kā arī stenda tarēšana. Darbu noslēdz sagatavojot pilnīgu atskaiti par darba izpildi.

### IZMĒĢINĀJUMU SATURS UN KLASIFIKĀCIJA

Spēkratu iekšdedzes motora konstruēšanai un tālākai tā ekspluatēšanai nepieciešamos tehniskos datus iegūst eksperimentālā ceļā motoru izmēģinot uz speciāla stenda. Šajā sakarā motoru bremsēšanas stendu apgādā ar speciālu aparatūru un iekārtām: indicēšanas iekārtu vidējā indicētā spiediena noteikšanai, degvielas patēriņa iekārtu, atgāzu analizatoriem u.c. Sīkāka informācija par motoru izmēģināšanā izmantojamo aparatūru tiks sniegta laboratorijas darba apraksta tālākajā daļā. Motoru izmēģināšanas rezultātā iegūtie dati rezultātā vai nu apstiprinās, vai arī noliegs konstruktīvo datu pareizību un būs noderīgi motoru tehnisko datu salīdzināšanai.

Automobiļu motoru rūpnīcās motoru izmēģinājumi tiek veikti, lai izvērtētu jauna motora modeļa priekšrocības un iegūtu ekonomiskos, dinamiskos un ekoloģiskos rādītājus dažādos ekspluatācijas režīmos, bet remonta uzņēmumos – lai noteiktu remonta kvalitāti, novērtētu atsevišķu mehānismu un sistēmu darbību utt. Parasti atkarībā no izmēģinājumu rakstura un mērķa izšķir dažādus izmēģinājumu veidus: kontrolizmēģinājumus, tipveida, zinātniski-pētnieciskos un speciālos izmēģinājumus [1].

### ✓ **Kontrolizmēģinājumi**

Paredzēti sērijā ražoto motoru izmēģināšanai uzreiz pēc to izgatavošanas vai arī remonta. Kontrolizmēģinājumus mēdz sīkāk iedalīt sekojošās kategorijās [1]:

#### ○ *Periodiski-īslaicīgie izmēģinājumi*

Pārbauda motora darbības pamatrādītāju atbilstību standarta un tehnisko noteikumu prasībām. Izmēģinājumu ietvaros tiek noteikti motora dinamiskie un ekonomiskie rādītāji resp. uzņem ātruma un slodzes raksturojumu ottomotoriem, bet regulatorisko raksturojumu – dīzeļmotoriem. Izmantojot iegūtos datus, jau var noteikt: cilindru darba vienmērīgumu, mehānisko lietderības koeficientu, degvielas patēriņu brīvgaitas režīmā u.c. parametrus.

#### ○ *Periodiski-ilgstošie izmēģinājumi*

Izmēģinājumus veic, lai pārbaudītu jauna motora darba parametru stabilitāti, mehānismu un sistēmu darbību un darba drošību pie nosacījuma, ka motors tiek darbināts apstākļos, kas imitē reālos ekspluatācijas apstākļus.

#### ○ *Pieņemšanas-nodošanas izmēģinājumi*

Kontrolē jauna motora kvalitāti, tā komplektācijas pareizību un regulēšanas darbu precizitāti. Parasti kvalitāte tiek noteikta motora piestrādes laikā, kad tiek izvērtēta dinamisko, ekonomisko un ekoloģisko parametru atbilstība tehniskajiem normatīviem. Izmēģinājumi var norisināties kā normālā, tā arī paātrinātā režīmā, tos veic kā ciklu atkārtojumus. Normālā režīmā veikto izmēģinājumu kopējais ilgums var sastādīt  $800^{+10}$  h, bet paātrinātā –  $400^{+10}$  h.

### ✓ **Tipveida izmēģinājumi**

Nosaka motora darba galvenos rādītājus un izvērtē dinamisko, ekonomisko un ekoloģisko rādītāju izmaiņas atkarībā no motora konstruktīvā izpildījuma vai izgatavošanas tehnoloģijas. Līdzīgi kā kontrolizmēģinājumi, arī tipveida izmēģinājumi iedalās periodiski īslaicīgos un periodiski ilgstošos [1]. Ir iespēja veikt arī tipveida izmēģinājumus pēc speciālas programmas.

### ✓ **Pētnieciskie izmēģinājumi**

Veic pēc īpaši izstrādātas metodikas; izmanto speciālu aparātūru. Izmēģinājumus veic ar mērķi, lai noskaidrotu efektu, kādu dod pilnveidotais motors, modernizēti mezgli, detaļas, sistēmas, degviela utt.

## **MOTORU IZMĒĢINĀŠANAS KOMPLEKSI**

Motoru izmēģināšana laboratorijas apstākļos tiek veikta uz speciāliem stendiem. Katrs šāds stends ir aprīkots ar bremzēšanas mehānismu, degvielas, gaisa, atgāzu nosūkšanas, eļļošanas, dzesēšanas u.c. sistēmām. Izmēģināmais motors tiek

izvietots uz speciāla stenda, kurš piestiprināts ar speciāliem skrūvju savienojumiem pie sliedēm, kas savukārt ir iebetonētas laboratorijas grīdā. Fundaments tiek veidots no betona, lai pēc iespējas vairāk samazinātu motora radītās vibrācijas.

Stends ir aprīkots ar speciālu vadības pultī, kas nodrošina motora palaišanu, kā arī attiecīgajām kontroles mērierīcēm dzeses šķidrums un eļļas temperatūras kontrolei, griešanās frekvences kontrolei u.c. ierīcēm. Komplektā ietilpst statne motora uzstādīšanai un nostiprināšanai; bremsēšanas sloģošanas agregāts ar ierīci griezes momenta vai spēka mērīšanai; kloķvārpstas griešanās frekvences mērītājs (tahometrs); degvielas un gaisa patēriņa mērītāji, gāzu analizators atgāzu toksiskuma noteikšanai u.c. iekārtas.

Viena no būtiskākajām lietām ir pareiza izmēģināšanas kompleksa izveidošana, ievērojot darba drošības prasības un arī atvieglojot darbu cilvēkiem, kuriem ikdienā jāstrādā šajā kompleksā. Motoru izmēģinājumu kompleksā (angl. "engine test cell") jābūt izveidotai atbilstoši gaisa pieplūdei un atplūdei, atbilstoša motora dzesēšana, strāvas aizvade tīklā utt. Kopumā varētu teikt, ka minimālās prasības mūsdienīgu izmēģināšanas kompleksu darbības nodrošināšanai varētu būt saistītas ar attiecīgu sistēmu izveidi un prasību ievērošanu [7]:

- ✓ Dzesējošā šķidrums pievades un atvades sistēma;
- ✓ Pārvietojama degvielas padeves sistēma;
- ✓ Piemērota ventilācijas sistēma;
- ✓ Noslēgta atgāzu aizvades sistēma;
- ✓ Skaņas izolācija;
- ✓ Jāievēro ugunsdrošības prasības telpas konstrukcijas izstrādē.

Mūsdienās ir ļoti plaši izplatīti motoru izmēģināšanas kompleksi motoru izmēģināšanai ar jaudu 50-300 kW. Šādi stendi tiek izvietoti rūpnīcās, zinātniski-pētnieciskās iestādēs, kā arī universitāšu mācību laboratorijās. Visizplatītākā kompleksa izveidojuma shēma parādīta 1. attēlā. Kā redzams, motors ir izvietots nelielā (15-25 m<sup>2</sup>) telpā, kura ir izveidotā no materiāla, kas nodrošina nepieciešamo skaņas izolāciju. Kompleksa labajā pusē ir izveidotas durvis, kuras kalpo motoru ievēšanai un izvešanai no telpas. Atsevišķos gadījumos, it īpaši rūpnīcās, motora ievēšanai ir izveidots speciāls sliežu celiņš, kas atvieglo motora ievēšanu un tādējādi paātrina izmēģināmā procesa norisi.

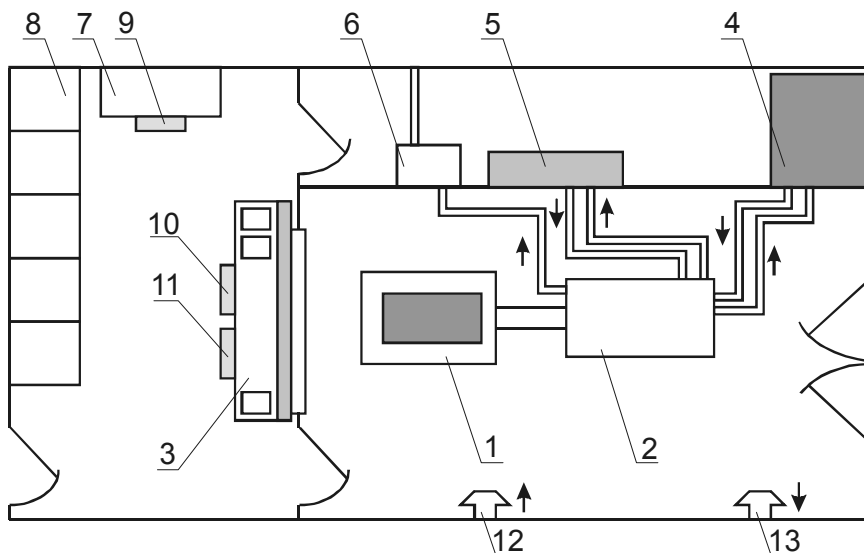
Kreisajā pusē ir izveidota speciāla priekštelpa, no kuras notiek izmēģināmā procesa vadība. Tur papildus tiek izvietots galds, rezerves daļu un instrumentu skapis. Papildus tam tiek izveidota speciāla telpa (līdz 10 m<sup>2</sup>), no kuras var tikt padota degviela, dzeses šķidrums un caur kuru apkārtējā vidē tiek aizvadītas motora atgāzes. Bieži vien tiek izstrādāti arī individuāli motoru izmēģināšanas laboratoriju kompleksi, kur telpu un iekārtu izvietojums var būt savādāks.

## VISPĀRĪGĀS PRASĪBAS

Pie pieņemšanas-nodošanas izmēģinājumiem dīzeļmotoram jābūt nokomplektētam atbilstoši tehnoloģiskā procesa kartei vai tā tehniskajām prasībām,

bet pie periodiski-īslaicīgajiem, periodiski-ilgstošajiem un tipveida izmēģinājumiem ir pieļaujams, ka [3]:

- ✓ gaisa attīrītāja vietā var uzstādīt ekvivalentu, pēc ietekmes uz dīzeļmotora jaudu, stenda iekārtu gaisa pievadei;
- ✓ trokšņa slāpētāja vietā pie izplūdes caurules var uzstādīt ekvivalentu, pēc ietekmes uz dīzeļmotora jaudu, stenda iekārtu atgāzu aizvadei;
- ✓ dzesēšanas sistēmas radiatora vietā var izmantot ekvivalentus, pēc ietekmes uz dīzeļmotora jaudu un degvielas īpatnējo patēriņu, stenda iekārtu (attiecās arī uz eļļošanas sistēmu).



1. att. Izmēģinājumu kompleksa standarta shēma.

1 – bremzēšanas iekārta; 2 – izmēģināmais motors; 3 – vadības pulsts; 4 – dzesēšanas šķidrums bloks; 5 – degvielas tvertne; 6 – atgāzu sistēmas bloks; 7 – galds; 8 – skapis; 9, 10, 11 – krēsli; 12 – ventilācijas sistēmas ieeja; 13 – ventilācijas sistēmas izeja.

Vispārīgās prasības uz motoru izmēģināšanu nosaka, ka iekārtām, kas tiek uzstādītas uz dīzeļmotora, bet netiek izmantotas tā darbības procesa nodrošināšanā un apkalpošanā, jābūt atslēgtām vai nomontētām. Gadījumos, kad tas nav paredzēts konstruktīvi, tad aprīkojumam jāstrādā bez noslodzes.

Prasības tiek izvirzītas arī uz motorā izmantojamajām degvielām un eļļām. Tā, piemēram, izmēģināmā motorā izmantojamajām degvielām un eļļām jāatbilst



izmēģināmā motora tehniskajam raksturojumam. To tehniski-ķīmiskajiem rādītājiem jābūt apstiprinātiem ar speciālu pavaddokumentiem.

Nosakot motora jaudu, dīzeļdegvielas blīvumam jāatbilst  $0.83 \pm 0.01 \text{ t/m}^3$  [3]. Eļļas un šķidrums dzeses temperatūras jāuztur robežās, kas norādītas izmēģināmā motora tehniskajā raksturojumā (parasti temperatūrai jābūt  $90 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Degvielas temperatūrai pie ieejas degvielas sūkņī jābūt uzturētai tajās robežās, kas norādītas izmēģināmā motora tehniskajā raksturojumā [3]. Ja tā nav uzrādīta, tad tās vērtības netiek ierobežotas.

Mērījumi jebkāda veida raksturlīkņu konstruēšanai jāveic vismaz 7-10 režīmos, katrā režīmā veicot vismaz 2 vai 3 atkārtojumus. Izmēģinājumu laikā līdz mērījumu nolāgšanai dīzelim jānostrādā katrā nepieciešamajā režīmā ne mazāk kā 3 minūtes, un mērījuma veikšanas ilgumam jābūt ne mazāk kā 1 minūte. Degvielas patēriņa, jaudas un griezes momenta mērījuma laikā iegūtie rezultāti nedrīkst atšķirties vairāk par 2-5%. Visus laboratorijas laikā iegūto mērījumu rezultātus stingri jāfiksē mērījumu protokolā.

## MOTORA IZMĒĢINĀŠANAS IEKĀRTAS UN APRĪKOJUMS

### *Bremzēšanas iekārtas*

*Bremzēšanas iekārta* uzņem izmēģināmā motora attīstīto jaudu un nodrošina tā darbību paredzētajos ātruma un slodzes diapazonos. Bremzēšanas agregātam jābūt ar zināmu pašregulēšanas spēju, vienkāršam un viegli apkalpojamam. Iekšdedzes motoru izmēģināšanai tiek izmantotas dažāda veida bremzēšanas iekārtas, un tās kalpo ar nolūku radīt ārējo pretestību, kas uzņem motora attīstīto jaudu [3]. Bremzēšanas iekārtu būtiskākā atšķirība ir saistīta ar šo iekārtu bremzēšanas momenta radīšanas principu. Bremzēšanas iekārtas atkarībā no sloģošanas veida iedalā mehāniskajās, hidrauliskajās, pneimatiskajās un elektriskajās, pēdējās no pieminētajiem var būt kā maiņstrāvas, tā arī līdzstrāvas. Prasībām vistuvāk atbilst hidrauliskie un elektriskie bremzēšanas agregāti. Mehāniskās, gaisa, hidrauliskās un induktīvās bremzes izmanto tikai motora bremzēšanai, bet elektriskās un kombinētās bremzes izmanto arī tā palaišanai, motora aukstai piestrādei un mehānisko zudumu jaudas noteikšanai [3].

*Mehāniskajās bremzēs* motora attīstītā mehāniskā enerģija tiek uzņemta ar berzes spēku darbu. Pēc tam šī enerģija pārvēršas siltumā, ko tālāk jau aizvada dzesējošajā šķidrumā (ūdenī). Pēc uzbūves principa mehāniskās bremzēšanas iekārtas ir ļoti vienkāršas, taču tām piemīt maza energoietilpība, neapmierinošs raksturojums un nepietiekoša pašregulējošā spēja (bremzēšanas moments praktiski nav atkarīgs no griešanās frekvences).

*Hidrauliskās bremzes* atšķiras ar augstu energoietilpību, to konstrukcija ir pietiekoši vienkārša un šī iemesla dēļ tās ir guvušas plašu popularitāti iekšdedzes motoru stenda izmēģinājumos. Hidrauliskā bremze sloģo pārbaudāmo motoru, izmantojot pretestību, ko rada ķermeņi, pārvietojoties šķidrumā. Biežāk lieto diskveida bremzes, jo tām ir vienkārša konstrukcija. Ūdens ieplūst tuvu rotora vārpstai un diskam un tas rada berzes spēku. Centrālās spēks rada ūdens gredzenveidīgu slāni pie korpusa sienām. Jo biežāks slānis, jo lielāka rotora diska virsma saskaras ar

ūdens slāni, līdz ar to lielāka ir aktīvā berze, kas vairāk sagriež statoru un efektīvāk bremzē motoru.

Berzes spēka moments, kas rodas starp ūdens slāņa un statora sienām, vienāds ar griezes momentu uz rotora vārpstas. Korpusu savieno ar svārstu un svaru mehānismu (stenda dinamometru), kas uzrāda bremzēšanas spēku. Bremzēšanas spēku regulē ar ventili, mainot ūdens daudzumu korpusā. Lai izmēģinājumu laikā ūdens līmenis korpusā nemainītos un bremzes darbība būtu stabila, sistēmā ierīko nemainīga līmeņa tvertni. Dotajā gadījumā bremzēšanas enerģija tiek pārveidota siltuma enerģijā, un tālāk jau tiek izmantota šķidrums (parasti tas ir ūdens) uzsildīšanai. Hidraulisko bremžu būtiskākie trūkumi ir sekojoši [3]:

- ✓ nespēja izmantot (rekuperācija) motora radīto enerģiju;
- ✓ liels dzeses šķidrums (ūdens) patēriņš ( $20...27 \text{ l/(kWh)}$ );
- ✓ mazs ātruma un slodzes regulēšanas diapazons;
- ✓ nav iespējams piedzīt motora kloķvārpstu tieši no bremzes un lielas grūtības sastāda bremzēšanas jaudas regulēšanas automatizācija.

*Induktora bremzēs* bremzēšana tiek veikta ar virpuļstrāvu palīdzību, kas rodas monolītā magnitovadā tā pārmagnetizēšanas laikā [3]. Rotors (vai bremzes induktors) sastāv no divrindu zobrata ar taisnstūra vai trapecveida formas zobiem, kas griežas statora iekšpusē. Stators parasti ir sadalīts divās daļās starp kurām ir ievietota ierosmes spole. Statora iekšpusē ir ievietotas čaulas, kas garuma ziņā ir vienādas ar rotora zoba platumu. Rotora kustības laikā spole rada magnētisko plūsmu, kas koncentrējas rotora zobu izvietošanas vietās. Atsevišķi čaulas apgabalī, kas atrodas pretējā pusē rotora zobiem, pēc kārtas magnetizējas, kā rezultātā čaulās veidojas virpuļstrāvas. Rotora pamata magnētiskā lauka mijiedarbība ar statora virpuļstrāvu magnētisko lauku rada pretestību rotora kustībai [3].

Induktora tipa bremzēšanas iekārtas ir konstruktīvi vienkāršas, kompaktas, pietiekoši energoietilpīgas un drošas ekspluatācijā [3]. To būtiskākais trūkums ir tas, ka bremzēšanas agregātu nevar izmantot tiešai motora kloķvārpstas piedziņai. Nozīmīgs trūkums varētu būt arī bremzēšanas iekārtas uztveramās mehāniskās enerģijas rekuperācija.

*Elektriskajām bremzēm* piemīt diezgan daudz dažādu priekšrocību salīdzinājumā ar mehāniskajām un hidrauliskajām bremzēm. Tieši šo priekšrocību dēļ tās ir guvušas lielu atsaucību uzņēmumos, kur nodarbojas ar motoru izmēģināšanu. Ar šo standu nosaka ne tikai motora lietderīgo jaudu, bet arī mehānisko zudumu jaudu. Elektrisko bremzēšanas standu izmanto arī motora aukstajai piestrādei un iedarbināšanai, jo asinhronais elektromotors var darboties kā motora, tā arī ģenerators režīmā. Motora režīmā standu darbina pārbaudāmā motora mehānisko zudumu noteikšanai, iedarbināšanai un aukstajai piestrādei, bet ģenerators režīmā izmanto iekšdedzes motoru izmēģināšanai un karstajai piestrādei. Elektriskais bremzēšanas stands stabili noslogo motoru plašā ātruma diapazonā, tas ir vienkāršs un ērts ekspluatācijā. Slodzi ieregulē vienmērīgi un precīzi. Ģenerators enerģiju novada tīklā un tādā veidā lietderīgi izmanto izmēģināmā motora enerģiju.

Bremzēšanā lieto gan maiņstrāvas gan arī līdzstrāvas standus. Lauksaimniecības remonta uzņēmumos vislielāko atsaucību ir guvuši maiņstrāvas elektriskie standi ar šķidrums reostatiem [1]. Tos izgatavo uz asinhrono motoru (ar

fāzu rotoriem) bāzes. Šīs bremzēšanas iekārtas ir lētākas, konstruktīvi vienkāršākas, un salīdzinājumā ar līdzstrāvas stendiem to gabarīti un masa ir 2-3 reizes mazāki.

### ***Kloķvārpstas griešanās frekvences noteikšana***

Motora dinamisko un ekonomisko rādītāju pētīšana dažādos ekspluatācijas režīmos nav iespējama bez kloķvārpstas griešanās frekvences noteikšanas. Šim nolūkam izmanto tahometru, kas uzrāda frekvenci (apgriezīenu skaitu minūtē), un arī summējošo skaitītāju, kas fiksē frekvenci (apgriezīenu skaitu) noteiktā laika vienībā. Pēc darbības principa izšķir centrālās, elektromagnētiskās, elektriskās, stroboskopiskās, hronometriskās, pneimatiskās, hidrauliskās un cita veida tahometrus. Tie var būt gan stacionāri, gan pārvietojami. Vislielāko atzinību ir guvuši tieši pārvietojamie tahometri.

### ***Ierīces spiediena noteikšanai***

Ierīces spiediena noteikšanai var būt dažāda veida: šķidrums, mehāniskās un elektriskās. Pie šķidrums ierīcēm pieder dzīvsudraba barometri, kas paredzēti atmosfēras spiediena noteikšanai, un šķidrums manometri (pjezometri). No mehāniskām iekārtām vislielāko atzinību ir guvuši atspēres tipa manometri, kas paredzēti spiediena izstrūkuma noteikšanai. Plaši tiek lietoti elektriskie pārveidotāji, kas paredzēti spiediena izmaiņu reģistrācijai ātri noritošos procesos un elektriskajās mērīšanas sistēmās ar automātisku mērījumu rezultātu reģistrēšanu.

### ***Temperatūras devēji***

Pēc darbības principa ierīces *temperatūras noteikšanai* tiek iedalītas mehāniskās, elektromehāniskās un elektriskās. Pie mehāniskām ierīcēm pieder šķidrums (parasti dzīvsudraba) un manometriskie termometri, kurus izmanto zemu apkārtējo temperatūru noteikšanai (līdz 423 K). Tiek lietoti arī termoelektriskie termometri (pirometri), kuru darbības pamatā ir termoelektriskais efekts, kas rodas sasildot divu salodētu metālu vietai. Šādu nevienādīgu metālu-vadītāju pāri sauc par termopāri. Parasti zemu temperatūru (470-870 K) noteikšanai izmanto hroma-kopāla termopārus, bet augstu temperatūru noteikšanai (līdz 1270 K) – hroma-alumīnija termopārus [6]. Plaši lieto arī citus termopāru veidus. Termopārus var definēt kā temperatūras pārveidotājus, kas strādā kopā ar datu reģistrēšanas iekārtām.

### ***Degvielas patēriņa mērīšana***

Motora ekonomisko parametru novērtēšanai kādā noteiktā režīmā jāzina patērētās degvielas daudzums laika vienībā. Vidējo degvielas patēriņu nosaka nostabilizētos motora darbības režīmos reģistrējot degvielas masas vai tilpuma patēriņu noteiktā laika vienībā.

Nosakot patērēto degvielas masas daudzumu, galvenokārt, laboratorijas darbos, izmanto parastos svarus, uz kuriem uzstāda mērtrauku. Parasti degvielas sistēmu aprīko ar 3 ceļu krānu, kas nodrošina degvielas padevi uz motoru no pamata degvielas

tvirtnes, degvielas padevi mērījumu laikā no mērtrauka uz svariem, kā arī no degvielas padevi no pamata tvirtnes uz motoru vienlaicīgi piepildot arī mērtrauku.

### ***Aizdedzes apstiedzes leņķa noteikšana***

Šo leņķi nosaka ar stroboskopisko ierīci, impulsveidā apgaismojot spararatu [6]. Pie stroboskopa ir pievienoti vadi, no kuriem vienu pieslēdz akumulatoram, otru – aizdedzes svecei. Darba laikā impulss no aizdedzes sveces tiek padots uz stroboskopa lampas elektrodu un tiek noteikts aizdedzes apstiedzes leņķis.

### ***Atgāzu analīze***

Atgāzu sastāva analīzei izmanto atgāzu analizatorus (benzīnmotoriem) un dūmainības mērītājus (dīzeļmotoriem). Tehniskās fakultātes laboratorijas darbos atgāzu sastāva analīzei tiks izmantots tās rīcībās esošais gāzu analizators BOSCH BEA-350. Dūmainības mērīšanai tas izmanto moduli RTM 430 (dūmainības mērapjoms 0-100% ar precizitāti 0.1%; absorbcijas koeficienta mērapjoms 0-9.99 m<sup>-1</sup> ar precizitāti 0.01 m<sup>-1</sup>). Analizatora darbības pamatā ir absorbcijas metode. Tā darbības princips ir sekojošs: dīzeļmotora izplūdes gāzes tiek apgaismotas ar speciālu gaismas avotu un atbilstoši noteikts absorbētās gaismas daudzums jeb relatīvās gaismas daudzums, kas izgājis cauri izplūdes gāzu plūsmā. Ar analizatora zondes palīdzību izplūdes gāzes tiek iesūktas opacimetra mērīšanas caurulē, kur gaismas avotam jau apgaismojot mērcaurulē nokļuvušās izplūdes gāzes, tajās esošās kvēpu daļiņas absorbē daļu gaismas; fotometra rādījumi mainās atbilstoši kvēpu daudzuma izmaiņām izplūdes gāzēs [9].

## **PIEMĒROTA IEKŠDEDZES MOTORA IZMĒGINĀŠANAS STENDA IZVĒLE**

Motoru izmēģināšanas stendam ir jābūt aprīkotam ar aparāturu, kas ļauj noteikt sekojošus parametrus: motora griezes momentu ar precizitāti  $\pm 0.5\%$  no mērsistēmas maksimālās vērtības; kloķvārpstas griešanās frekvenci ar precizitāti  $\pm 0.5\%$ , degvielas patēriņu ar precizitāti  $\pm 1\%$ , iekšējās gaisma temperatūru ar precizitāti  $\pm 1^\circ\text{C}$ , dzeses šķidrums temperatūru ar precizitāti  $\pm 2^\circ\text{C}$ , eļļas temperatūru ar precizitāti  $\pm 2^\circ\text{C}$ , degvielas temperatūru ar precizitāti  $\pm 2^\circ\text{C}$ , atgāzu temperatūru ar precizitāti  $\pm 20^\circ\text{C}$ , gāzes temperatūru (gāzmotoriem) ar precizitāti  $\pm 2^\circ\text{C}$ , barometrisku spiedienu ar precizitāti  $\pm 200$  Pa, eļļas spiedienu ar precizitāti  $\pm 20$  kPa, aizdedzes apstiedzes vai iesmidzināšanas apstiedzes leņķi ar precizitāti  $\pm 1^\circ$  kloķvārpstas pagrieziena leņķa [3]. Stenda marku izvēlas atkarībā no izmēģināmā motora tehniskajiem rādītājiem. Šajā gadījumā tiek rekomendēts izpildīt sekojošas prasības [3]:

- ✓ Elektriskās mašīnas nominālajam griezes momentam  $M_{n,el}$  motora darbības režīmā jābūt ne mazākam par izmēģināmā iekšdedzes motora nominālo griezes momentu  $M_n$ , t.i.,  $M_{n,el} \geq M_n$ ;

- ✓ Elektriskās mašīnas sinhronajai griešanās frekvencei  $n_c$  jābūt par 15...20%, t.i.,  $n_n \geq (1.15 \dots 1.20)n_c$ , mazākai par motora kloķvārpstas nominālo griešanās frekvenci  $n_n$ ;
- ✓ Motora maksimālajai kloķvārpstas griešanās frekvencei augstās piestrādes režīmā  $n_{a,p}$  jābūt mazākai par elektromašīnas sinhrono frekvenci  $n_c$  ne mazāk kā par 5%, t.i.,  $n_{a,p} \leq 0.95n_c$ .

Netiek rekomendēts palielināt elektromašīnas griešanās frekvenci, strādājot ģenerators režīmā, vairāk kā par  $2n_c$ . Šādā gadījumā uzrādītās vērtības pieaugums var veicināt rotora tinumu izjukšanu un mašīnas izeju no ierindas. Pie ilgstoša stenda darba ar griešanās frekvenci  $2n_c$ , vai arī frekvenci tuvu šai vērtībai, netiek rekomendēts pieļaut griezes momenta vērtību lielāku par elektromašīnas nominālā griezes momenta vērtību 0.9 reizes, jo tas izsauc pārkaršanu un pietiekoši ātru elektromašīnas izeju no ierindas [3]. Ir pieļaujamas tikai īslaicīgas (3...5 min) mašīnas pārslodzes motora jaudas noteikšanai pie pirms-nodošanas un cita veida izmēģinājumiem.

## STENDA RAPIDO VEM-100 UZBŪVE UN DARBĪBAS PRINCIPS

Stenda jauda ģenerators režīmā 100 kW, bet motora režīmā 89 kW. Stends nodrošina ātruma un slodzes vienmērīgu regulēšanu plašā diapazonā.

Motors ir pievienots slogošanas stenda balansmašīnai ar kardānpārvalu. Motora slogošanu veic mainot slodzi uz motora kloķvārpstas. Balansmašīna iegriež vai bremsē izmēģinājamo motoru un izraisīto griezes momentu pārvada stenda dinamometram, kas uzrāda bremsēšanas spēku.



2. att. Motoru izmēģinājumu stends Rapido VEM-100  
LLU Spēkratu institūta laboratorijā (2006).

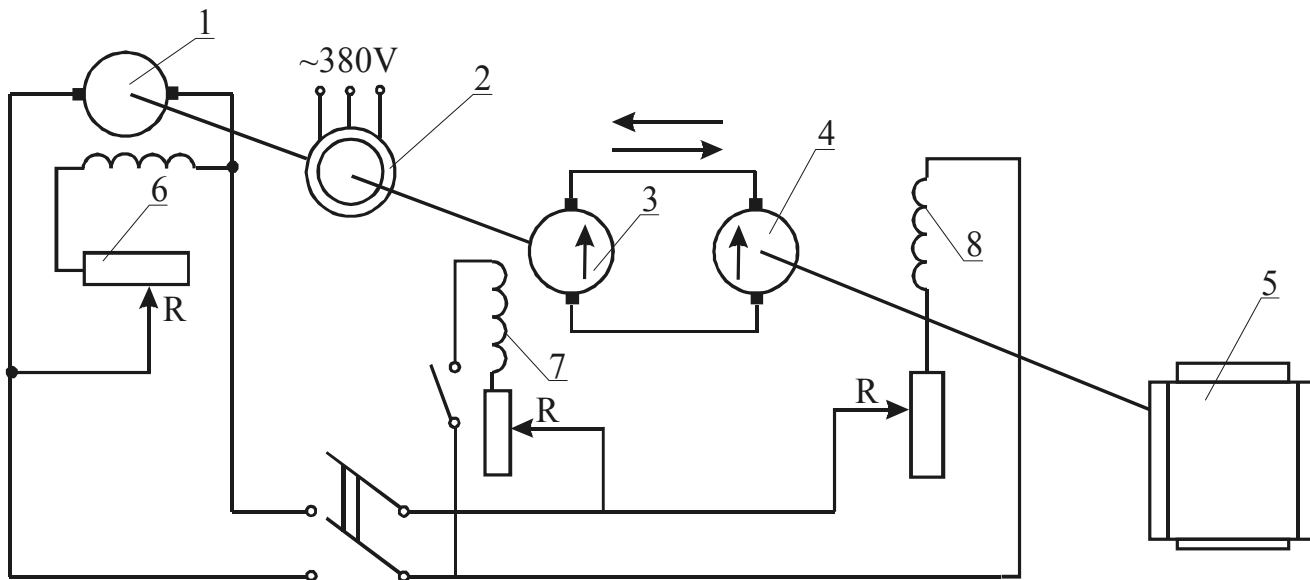
Ja stends ieslēgts testēšanas režīmā (skat. 3. att.), izmēģināmais motors griež balansmašīnu 4, kas darbojas ģenerators režīmā un piedzen līdzstrāvas elektromotoru 3. Tas savukārt griež maiņstrāvas asinhrono elektroģeneratoru 2, kas ražo 380V maiņstrāvu un padod tīklā. Vienlaikus tiek piedzīts ierosmes ģenerators 1, kura ražoto strāvu pievada galveno elektromašīnu ierosmes tinumiem 7 un 8 caur regulējamām pretestībām R, kuru stāvokli iestata ar rokratu. Mainot ierosmes pretestības, mainās enkura un ierosmes tinumu magnētiskie lauki un stenda dinamometrs uzrāda slodzi (bremzēšanas spēku).

## IEKŠDEDES MOTORU PRAKTISKIE IZMĒĢINĀJUMI

### *Drošības tehnika darbā ar stendu*

Veicot motoru izmēģināšanu, obligāti jāizpilda sekojoši nosacījumi:

- ✓ Pirms motoru izmēģināšanas obligāti jāizdara motora vizuālā apskate, jāpārbauda un nepieciešamības gadījumā jāpievelk stiprinājumi. Īpašu uzmanību nepieciešams pievērst motora vārpstas un bremzes savienojošā elastīgā sajūga stiprinājuma skrūvju pārbaudei. Visām pievienotajām un piedzenamajām ierīcēm ar rotējošām detaļām jābūt atbilstoši norobežotām. Motora un balansmašīnu savienojošam kardānam jābūt pārklātam ar metālisku aizsargpārvalku.
- ✓ Motora darbības laikā ir nepieciešams ievērot piesardzību, pieļaujot dzeses šķidrums radiatorā. It īpaši jāuzmanās, ja motors strādā pie pilnas slodzes. Šajā gadījumā motora apstādināšanas momentā verdošs dzeses šķidrums var izšļakstīties caur radiatora kakliņu.
- ✓ Stingri aizliegts veikt regulēšanas darbus, atvienot degvielas, eļļas un dzesējošā šķidruma padeves cauruļvadus motoram darbojoties. Tāpat nav pieļaujama rotējošu motora detaļu eļļošana un slaucīšana motora darbības laikā.
- ✓ Nav pieļaujama motora darbība degvielas, eļļas vai dzesējošā šķidruma tecēšanas gadījumā, kā arī gadījumos, kad izplūdes gāzes izdalās nepietiekoši noblīvētās izplūdes cauruļu savienojuma vietās. Motors, bremzes stends, kā arī darba vieta pie bremzes stenda jāuztur tīrībā un kārtībā.
- ✓ Laboratorijā ir jāizvieto nepieciešamie ugunsdzēsīgie līdzekļi: ugunsdzēsīgie aparāti, kastes ar smiltīm utt. Studentiem jāprot ar tiem apieties. Redzamā vietā jābūt izvietotam pirmās palīdzības komplektam, lai varētu sniegt nepieciešamo medicīnisko palīdzību.
- ✓ Atklātas liesmas (lāpas, lukturi, lampas utt.) izmantošana, lodlampu uzsilde un izmantošana, kā arī smēķēšana tādās telpās ir kategoriski aizliegta.
- ✓ Degvielu motora darbināšanai uzglabā tikai tam speciāli izmantojamā degvielas tvertnē. Aizliegts laboratorijā uzglabāt degvielu un eļļu papildus traukos (mucās, kannās utt.).
- ✓ Uzsākot izmēģinājumus, jāieslēdz ventilācijas sistēma. Ventilācijas sistēmai laboratorijā jābūt darba stāvoklī.



3. att. Motoru izmēģināšanas stenda Rapido VEM-100 principiālā shēma.

- 1 – strāvas ierosinātājs; 2 – asinhronais elektroģenerators; 3 – līdzstrāvas elektromotors;  
 4 – balansmašīna; 5 – izmēģināmais motors; 6 – strāvas ierosinātāja ierosmes tinums;  
 7 – ģenerators ierosmes tinums; 8 – balansmašīnas ierosmes tinums.

### **Bremzēšanas stenda sagatavošana darbam**

Lai iegūtu precīzus mērījumu rezultātus un uzturētu izmēģinājumu apstākļus nepieciešamajās robežās, ir nepieciešams regulāri pārbaudīt, un, nepieciešamības gadījumā, regulēt ierīces un mehānismus, kas ietilpst bremzēšanas iekārtas komplektā. Parasti izmantojamās iekārtas ved uz speciālu pārbaudi, kur pārbauda un pievelk stiprinājumus, eļļo, regulē un tarē mehānismus. Veic manometru un termometru darba stāvokļa pārbaudi, kā arī kardāna tehniskā stāvokļa, dzesēs šķidrums pievada un atvada savienojamo ierīču, eļļas, degvielas, kā arī atgāzu aizvades cauruļvadu stāvokļa pārbaudi. Tāpat veic citu ierīču – barometriskā spiediena noteikšanai, apkārtējā gaisa un mitruma stāvokļa noteikšanai – pārbaudi.

## **MOTORA PAMATRĀDĪTĀJI, TO NOZĪME UN APRĒKINS**

Jebkura laboratorijas darba izpildes laikā eksperimentāli iegūtie dati tiek apstrādāti un piefiksēti mērījumu protokolā. Nepieciešamie aprēķini tiek veikti ņemot vērā sekojošas sakarības.

**Motora griezes moments**  $M_e$  tiek noteikts pēc formulas:

$$M_e = \frac{P_b \cdot l_m}{i_T \cdot \eta_T}, \quad (1)$$

kur  $P_b$  - spēks uz bremzes sviras, kgf (N);

$l_m$  - bremzes sviras pleca garums, m;

$i_T$  - stenda reduktora pārnese skaitlis;

$\eta_T$  - stenda reduktora lietderības koeficients.

Ja stendam reduktora nav (piem., VEM-100), tad  $i_T$  un  $\eta_T$  formulā var neizmantot.

Visbiežāk stendiem bremzes sviras pleca garums  $l_m = 0.716m$  un motora vārpsta ir savienota ar bremzes vārpstu tieši ( $i_T = 1$ ,  $\eta_T = 1$ ). Tādēļ motora griezes moments  $M_e$  tiek aprēķināts pēc formulas:

$$M_e = 0.716 \cdot P_b, \text{ kg} \cdot m \quad (2)$$

$$M_e = 7.023 \cdot P_b, \text{ N} \cdot m \quad (3)$$

Kad ir zināma efektīvā jauda  $N_e$  un kloķvārpstas griešanās frekvence  $n$ , tad motora efektīvo griezes momentu jau var aprēķināt pēc formulas:

$$M_e = 9550 \cdot \frac{N_e}{n}. \quad (4)$$

Motora griezes momenta vērtība pie nominālās griešanās frekvences, kas atbilst nominālajai jaudai, tiek saukta par nominālo griezes momentu  $M_{nom}$ .

Maksimālais griezes moments  $M_{e \max}$  - maksimālā motora griezes momenta vērtība pēc ātruma raksturlīknes pie pilna droseļvārsta atvērums vai pie pilnas



degvielas padeves (tiek norādīts pie kādas griešanās frekvences). Ja motoram ir degvielas padeves korektors, tad  $M_{e\max}$  tiek noteikts motoram darbojoties ar korektoru.

*Griezes momenta rezerves pakāpes koeficients*  $\mu$  (%) ir attiecība starp maksimālo un nominālo griezes momentu starpību un nominālo griezes momentu, un to nosaka pēc formulas:

$$\mu = \frac{M_{e\max} - M_{enom}}{M_{enom}} \cdot 100. \quad (5)$$

**Efektīvā jauda**  $N_e$  ir jauda, ko noņem no motora kloķvārpstas un kura tālāk tiek izmantota lietderīgajam darbam. Efektīvo jaudu nosaka motora izmēģināšanas laikā uz stenda, taču to var noteikt arī aprēķinu gaitā – ja no indicētās jaudas  $N_i$  atņem mehānisko zudumu jaudu  $N_m$ . Zinot spēku uz bremzes sviras un motora kloķvārpstas apgriezienus, efektīvo jaudu (kW) var noteikt arī pēc formulas:

$$N_e = 0.7355 \cdot 10^{-3} \cdot P_b \cdot n \quad (6)$$

Efektīvo jaudu var noteikt arī tad, ja ir zināmas griezes momenta  $M_e$  vērtības pie noteiktiem apgriezieniem  $n$ :

$$N_e = \frac{M_e \cdot n}{9550}. \quad (7)$$

Efektīvo jaudu var arī izteikt sekojoši:

$$N_e = \frac{n}{30\tau} p_e V_h i, \quad (8)$$

kur  $p_e$  - vidējais efektīvais spiediens, MPa;

$\tau$  - taktība;

$V_h$  - viena cilindra darba tilpums,  $\text{cm}^3$ ;

$i$  - cilindru skaits;

$n$  - griešanās frekvence,  $\text{min}^{-1}$ .

Kopumā definē sekojošus jaudas jēdzienus [3]:

**Nominālā jauda** – ražotājuzņēmuma noteiktā dīzeļmotora efektīvā jauda pie nominālās griešanās frekvences un apgriezienu regulatora stāvokļa, kas atbilst degvielas pilnai padevei, standarta atmosfēras apstākļiem, degvielas temperatūrai un blīvumam. Nosakot šo parametru motoram, kas ir uzstādīts uz motoru izmēģināšanas stenda tam jābūt bez ventilatora, trokšņa slāpētāja, atgāzu izplūdes caurules un neutralizatora.

**Ekspluatācijas jauda** - ražotājuzņēmuma noteiktā dīzeļmotora efektīvā jauda pie nominālās griešanās frekvences un apgriezienu regulatora stāvokļa, kas atbilst degvielas pilnai padevei, standarta atmosfēras apstākļiem, degvielas temperatūrai un blīvumam. Šajā gadījumā dīzeļmotoram, kas ir uzstādīts uz motoru izmēģinājumu

stenda, jābūt nokomplektētam ar visu to apkalpojošo aprīkojumu neatkarīgi no tā, vai tas ir uzstādīts uz traktora, kravas mašīnas vai jebkuras citas transporta vienības, kurai šis motors ir paredzēts. Jāņem vērā arī tas, ka aprīkojumam, kas neapkalpo dīzeļmotoru, taču patērē tā radīto jaudu, jābūt atslēgtam vai arī demontētam. Gadījumos, kad tas nav konstruktīvi paredzēts, tad šim aprīkojumam jāstrādā bez slodzes.

**Maksimālā jauda** – vislielākā efektīvās jaudas vērtība uz stenda uzstādītam dīzeļmotoram pie apgriezīgu regulatora vadības sviras stāvokļa atbilstoši maksimālajai degvielas padevei.

**Mehānisko zudumu jauda**  $N_m$  ir daļa no motora indicētās jaudas, ko patērē:

1. berzes pārvarēšanai, kas rodas, virzuļu gredzeniem slīdot pa cilindru sienām, kloķvārpstas, sadales vārpstas gultņos u.c. kustīgos savienojumos;
2. degvielas, eļļas, ūdenssūkņa, ventilatora, ģeneratora, kompresora un pārējo palīgmehānismu piedziņai;
3. aerodinamisko pretestību pārvarēšanai ieplūdes un saspiedes taktu laikā.

Mehānisko zudumu jaudu nosaka līdzīgi kā indicēto jaudu pēc formulai (8) analogiskas formulas:

$$N_m = \frac{n}{30\tau} p_m V_h i, \quad (9)$$

kur  $p_m$  - mehānisko zudumu vidējais spiediens, MPa.

Der atzīmēt to, ka  $p_e$  un  $p_i$  ir nosacīti fiktīvi lielumi, kurus tieši izmērīt nevar. Vispirms eksperimentāli nosaka  $N_e$  un  $N_m$ .

**Indicētā jauda**  $N_i$  ir darbs laika vienībā, kas gāzu indicētā spiediena rezultātā attīstās motora cilindros. To var izteikt sekojoši:

$$N_i = L_i k i, \quad (10)$$

kur  $L_i$  - gāzu indicētais darbs vienā cilindrā, J;

$k$  - darba ciklu skaits cilindrā vienā sekundē.

Indicēto darbu vienā cilindrā viena cikla laikā var aprēķināt pēc formulas:

$$L_i = p_i \cdot V_h, \quad (11)$$

kur  $p_i$  - vidējais indicētais spiediens, Pa;

$V_h$  - cilindra darba tilpums, m<sup>3</sup>;

Vienā sekundē, viena cilindra indicētā jauda:

$$N_{ic} = \frac{2n}{\tau} p_i V_h i \quad (12)$$

Der atzīmēt, ka vienā sekundē motors veic sekojošu darba ciklu skaitu:

$$k = \frac{2n}{\tau}, \quad (13)$$

kur  $n$  - kloķvārpstas griešanās frekvence,  $s^{-1}$  ( $2n$  – virzuļa gājienu skaits vienā sekundē);

$\tau$  - taktība (četraktu motoram  $\tau=4$ , divtaktu motoram  $\tau=2$ ).

Ja spiedienu  $p_i$  izsaka MPa, cilindru darba tilpumu  $V_h$  - litros un griešanās frekvenci  $n$  -  $\text{min}^{-1}$ , tad var iegūt formulu indicētās jaudas  $N_i$  aprēķināšanai  $i$  cilindriņam motoram:

$$N_i = \frac{n}{30\tau} p_i V_h i. \quad (14)$$

**Vidējais indicētais spiediens**  $p_i$  ir tāds nosacīts, konstants spiediens cilindrā, kurš, darbotamies uz virzuli izpletes procesa laikā, veic darbu, kas vienāds ar indicēto darbu cikla laikā, kad spiediens ir mainīgs.

Vidējo indicēto spiedienu var izteikt no iepriekš dotās indicētās jaudas formulas [14] sekojoši:

$$p_i = \frac{30 \cdot N_i \cdot \tau}{V_h \cdot i \cdot n}, \quad (15)$$

kur  $N_i$  - indicētā jauda, kW.

Der atzīmēt, ka  $p_i$  var noteikt arī eksperimentāli, izmantojot īpašu motora indicēšanas ierīci.

**Vidējais efektīvais spiediens**  $p_e$  ir tāds patstāvīgs nosacīts spiediens motora cilindrā, pie kura vienā taktī radītais darbs ir vienāds cikla efektīvajam darbam. Kā tika minēts iepriekš, vidējais efektīvais spiediens ir vidējā indicētā spiediena  $p_i$  un mehānisko zudumu spiediena  $p_m$  starpība. Vidējo efektīvo spiedienu var noteikt pēc vairākām formulām.

✓ Ja ir zināma efektīvā jauda  $N_e$ , tad no formulas (8) var izteikt  $p_e$ :

$$p_e = \frac{30 N_e \cdot \tau}{n \cdot V_h \cdot i}. \quad (16)$$

✓ Pie noteiktas griezes momenta vērtības  $p_e$  var aprēķināt arī sekojoši:

$$p_e = \frac{0.00314 \cdot \tau \cdot M_e}{i \cdot V_h}. \quad (17)$$

**Vidējais mehānisko zudumu spiediens**  $p_m$  veido daļu no vidējā indicētā spiediena, kas tiek patērēts motora mehānisko zudumu pārvarēšanai, un to aprēķina pēc formulas:

$$p_m = \frac{30 N_m \tau}{n V_h i}. \quad (18)$$

Mehānisko zudumu spiediena vērtības izmaiņas var ietekmēt vairāki faktori: detaļu izgatavošanas kvalitāte, eļļošanas sistēmas efektivitāte (nosaka eļļas marka, un viskozitāte), motora noslodze, griešanās frekvence u.c. faktori.

**Degvielas patēriņš**  $G_d$  (kg/h) – motora degvielas patēriņš 1 h laikā nostabilizētā režīmā, ko aprēķina pēc formulas:

$$G_d = \frac{3.6 \cdot G_{d0}}{t_d}, \quad (19)$$

kur  $G_{d0}$  - degvielas patēriņš (noteiktā laika periodā), g;

$t_d$  - mērījuma laiks, s.

**Degvielas efektīvais īpatnējais patēriņš**  $g_e$  (g/kWh) – degvielas masa, kas patērēta 1 h laikā, attiecināta pret atbilstošo efektīvās jaudas vērtību:

$$g_e = \frac{1000 \cdot G_d}{N_e}, \quad (20)$$

kur  $N_e$  - indicētā jauda, kW;

$G_d$  - degvielas patēriņš stundā, kg/h.

Ja ir zināma degvielas zemākā siltumspēja un efektīvais lietderības koeficients, tad ir iespējams noteikt degvielas efektīvo īpatpatēriņu pēc sekojošas formulas:

$$g_e = \frac{3600}{Q_z \cdot \eta_e}, \quad (21)$$

kur  $Q_z$  - degvielas zemākā siltumspēja, MJ/kg;

$\eta_e$  - motora efektīvais lietderības koeficients.

**Degvielas indicētais īpatnējais patēriņš**  $g_i$  (g/kWh) – degvielas masa, kas patērēta 1 h laikā, attiecināta pret atbilstošo indicētās jaudas vērtību:

$$g_i = \frac{1000 \cdot G_d}{N_i}, \quad (22)$$

kur  $N_i$  - indicētā jauda, kW;

$G_d$  - degvielas patēriņš stundā, kg/h.

Degvielas patēriņš šajā gadījumā ir iegūts no motora izmēģināšanas rezultātiem nostabilizētā režīmā, kad  $p_i = \text{const}$ ,  $N_i = \text{const}$  un  $n = \text{const}$ . Gāzmotoram degvielas patēriņu nosaka  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Degvielas patēriņu var izteikt arī citās mērvienībās, kā rezultātā ir jāveic nelielas korekcijas formulā (20):

✓ Degvielas indicētais īpatpatēriņš izteikts g/MJ:

$$g_i = \frac{1000 \cdot G_d}{3.6 \cdot N_i} \quad (23)$$

Degvielas indicētais īpatpatēriņš izteikts kg/J:

$$g_i = \frac{G_d}{3.6 \cdot 10^6 N_i} \quad (24)$$

Degvielas indicēto īpatpatēriņu var aprēķināt arī par pamatu ņemot formulu (21):

$$g_i = \frac{3600}{Q_z \cdot \eta_i} \quad (25)$$

kur  $\eta_i$  - motora indicētais lietderības koeficients.

## IZMĒĢINĀJUMU REZULTĀTU APSTRĀDES METODIKA

Veicot jebkāda veida eksperimentālos izmēģinājumus, atbilstošus secinājumus par rezultātu ticamību var izdarīt tikai tad, ja ir zināms to noteikšanas precizitātes līmenis. Nepārprotami, ka jebkurā gadījumā mērījumos tiek pieļauta kāda kļūda. Kopumā mērījumu kļūdas iedala trijās grupās: sistematiskās, gadījuma un rupjās kļūdās [2].

Sistematiskās kļūdas – mērījumu tehnikas un izmantoto mērījumu metožu nepilnības sekas, kuras var tikt labotas mērījumu apstrādes rezultātā ieviešot atsevišķus labojumus. Pie gadījuma kļūdām pieskaita praktiski nenovēršamas mērīnstrumentu kļūdas. Šī tipa kļūdas ir grūti novērst, jo nav zināms to lielums. Pie rupjajām kļūdām pieskaita izmēģinātāju subjektīvās kļūdas. Par mērījumu precizitātes novērtējumu kalpo vidējā kvadrātiskā kļūda, ko aprēķina pēc formulas [2]:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta i^2}{n}} \quad (26)$$

kur  $\sum \Delta i^2$  - kļūdu summa pie  $n$  izmēģinājuma;

$n$  - mērījumu skaits.

Formulu mērījumu kļūdas novērtēšanā var izmantot, ja veic vismaz vairākus mērījumu atkārtojumus. Ja nav iespējams izdarīt vairākus mērījumu atkārtojumus, tad kā novērtēšanas līdzekli izmanto mērījumu absolūto kļūdu.

## ATGĀDINĀJUMS ATTIECĪBĀ UZ EKSPERIMENTU NORISI

Nepieciešamo parametru – jaudas, griezes momenta, vidējā efektīvā spiediena, degvielas stundas un īpatnējā patēriņa – noteikšanu pie nominālās griešanās frekvences un apgriezīgu regulatora vadības stāvokļa atbilstoši maksimālajai degvielas padevei, kā arī maksimālās jaudas un maksimālā griezes momenta režīmos vajag veikt pie standarta atmosfēras apstākļiem, temperatūras un degvielas blīvuma. To būtu nepieciešams ievērot visos režīmos, uzņemot regulatora un (vai) ātruma raksturlielnes [3].

Par standarta atmosfēras apstākļiem uzskata: atmosfēras spiedienu – 101.3 kPa, gaisa temperatūru 20 °C un gaisa mitrumu 50%. Par standarta degvielas temperatūru uzskata 20 °C, un blīvumu 0.830 t/m<sup>3</sup> pie 20 °C.

### **KONTROLJAUTĀJUMI**

1. Nosauciet motoru izmēģināšanas veidus, raksturojiet tos.
2. Pastāstiet par motoru izmēģināšanas stendu uzbūvi, to darbības principiem.
3. Īsi raksturojiet hidrauliskā bremzēšanas agregāta darbības principus.
4. Īsi raksturojiet elektriskā bremzēšanas darbības pamatprincipus, kā arī tā priekšrocības un trūkumus.
5. Kas ir nominālā un ekspluatācijas jauda?
6. Kādi drošības pasākumi jāievēro, uzsākot darbu ar motoru izmēģināšanas stendu?
7. Kās ir motora griezes moments?
8. Kas ir motora efektīvie, indicētie un salīdzinošie rādītāji?
9. Kas ir degvielas stundas un īpatnējais patēriņš? Kā to aprēķina?

## 2. laboratorijas darbs

---

### MOTORA AUKSTĀ UN KARSTĀ PIESTRĀDE

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt iekšdedzes motora aukstās un karstās piestrādes norises metodiku.

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends, izmēģināmais motors, iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **DARBA IZPILDES PAMATOJUMS:**

*Aukstā piestrāde.* Pirms darba izpildes izmēģināmo motoru novieto uz stenda un izmantojot sajūgu savieno motora kloķvārpstu ar bremsēšanas mašīnas vārpstu. Pirms izmēģinājumu uzsākšanas obligāti pārbauda motora komplektāciju un vārstu mehānisma atstarpes un nepieciešamības gadījumā atstarpes pierēgulē un pieļauj eļļu (galvenokārt, izmanto vasaras ekspluatācijas vai piestrādes eļļas).

Aukstās piestrādes gadījumā eļļas temperatūra motorā nedrīkst pārsniegt 75 °C. Dzesējošā šķidruma temperatūru pie ieejas sistēmā jāuztur ne augstāku par 50 °C, bet pie izejas no sistēmas – ne lielāku par 80 °C [2]. Eļļas spiediens maģistrālē jāuztur ne augstāks par 0.08 MPa pie minimālās griešanās frekvences jau pirmajā aukstās piestrādes periodā.

Motora piestrādes laikā jāseko tā tehniskajam stāvoklim – nav pieļaujamas asas skaņas vai kļaudzieni motora korpusā, kā arī jāseko, lai nenotiktu dzesēs šķidruma, degvielas vai eļļas tecēšana savienojuma vietās. Gadījumos, kad piestrādes laikā tiek konstatēts kāds bojājums, piestrādi pārtrauc un radušos bojājumus likvidē. Nopietnu bojājumu gadījumā motoru noņem no stenda un nosūta to uz atkārtotu remontu. Pēc motora aukstās piestrādes paveikšanas motoru rūpīgi apskata un nepieciešamības gadījumā pievelk stiprinājuma vietas [2].

*Karstā piestrāde.* Pēc motora aukstās piestrādes veic karsto piestrādi bez slodzes (brīvgaitas režīmā). Sākotnēji motora piestrādi veic pie pazemināta pārnese, kura vērtība ir pietiekoši tuva brīvgaitas maksimālajai vērtībai [2]. Pēc motora piestrādes brīvgaitas režīmā novērš visus konstatētos bojājumus. Papildus tam uzsildītam motoram pārbauda atstarpes vārstu mehānismā un cilindru galvas stiprinājuma vietas.

Piestrādes process tālāk tiek veikts pie slodzes. Šajā piestrādes stadijā stenda elektromašīna strādā ģeneratora maiņstrāves režīmā un padod elektroenerģiju tīklā, vienlaicīgi kalpojot kā piestrādājamā motora slogotājs [2]. Strādājošs motors atbilstošajos režīmos tiek slogs pie pilnas degvielas padeves. Slogošanas režīmus ar pakāpenisku pāreju pēc motora griezes momenta nosaka speciālas prasības katras markas motora piestrādei [2].

Tā kā piestrādes sākuma periodā notiek paātrināts detaļas virsmu nodilums, tad filtri ātri piesārņojas, un rezultātā pasliktinās eļļas attīrīšanās un var pieaugt mehānismu atsevišķu detaļu temperatūra [2]. Tas viss var atstāt nelabvēlīgu ietekmi uz

atsevišķu mehānismu iestrēgšanu. Lai no tā visa izvairītos, motora karstas piestrādes laikā pie slodzes cenšas sekot visām tām pašām prasībām, kuras tiek ievērotas motoru izmēģinot pie aukstās piestrādes. Motora piestrādes laikā jāseko tā stāvoklim – nav pieļaujamas asas skaņas vai klauzieni motora korpusā, kā arī obligāti jāseko arī tam, lai nenotiktu dzesēs šķidrums, degvielas vai eļļas tecēšana savienojuma vietās. Ja gadījumā piestrādes laikā tiek konstatēts kāds bojājums, tad piestrādi pārtrauc un bojājumus likvidē, bet nopietnu bojājumu gadījumā motoru noņem no stenda un nosūta to uz atkārtotu remontu. Ja bojājumu novēršanas gadījumā ir nepieciešams mainīt bloka galvu, sadales vārpstu, kloķa-klaņa mehānismu, tad piestrādi pilnā apjomā ir jāatkārto [2]. Gadījumos, kad bojājumi nav nopietni un to novēršana nav saistīta ar detaļu vai kopsalikuma vienību nomainīšanu, tad motoram veic papildus piestrādi tikai atsevišķos režīmos. Kā jau tika minēts iepriekš, to nosaka katra motora tehniskie noteikumi.

### **DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

#### ***Aukstā piestrāde***

- ✓ Atslēdz degvielas padevi uz motoru;
- ✓ Pieslēdz strāvu motoru izmēģināšanas stendam, ieslēdzot slēdzi uz sadales skapja;
- ✓ Ieslēdz stendu;
- ✓ Aukstās piestrādes režīmu veic atbilstoši pasniedzēja norādījumiem;
- ✓ Uzstāda nepieciešamo motora kloķvārpstas griešanās frekvenci (500-600 min<sup>-1</sup>) un veic motora piestrādi aptuveni 10 min;
- ✓ Seko līdzī svaru mehānisma rādījumiem, dzesēs šķidrums, atgāzu temperatūras un eļļas spiediena izmaiņām, rezultātus pieraksta mērījumu protokolā;
- ✓ Piestrādes laikā apskata motoru un atzīmē eļļas, degvielas un dzesēs šķidrums tecēšanas vietas;
- ✓ Uzstāda nepieciešamo motora kloķvārpstas griešanās frekvenci (700-800 min<sup>-1</sup>) un veic motora piestrādi aptuveni 10 min;
- ✓ Seko līdzī svaru mehānisma rādījumiem, dzesēs šķidrums, atgāzu temperatūras un eļļas spiediena izmaiņām, rezultātus pieraksta mērījumu protokolā;
- ✓ Uzstāda nepieciešamo motora kloķvārpstas griešanās frekvenci (900-1000 min<sup>-1</sup>) un veic motora piestrādi aptuveni 10 min;
- ✓ Seko līdzī svaru mehānisma rādījumiem, dzesēs šķidrums, atgāzu temperatūras un eļļas spiediena izmaiņām, rezultātus pieraksta mērījumu protokolā;
- ✓ Piestrādes laikā apskata motoru un atzīmē eļļas, degvielas un dzesēs šķidrums tecēšanas vietas.

#### ***Karstā piestrāde (bez slodzes)***

- ✓ Pieslēdz strāvu motoru izmēģināšanas stendam, ieslēdzot slēdzi uz sadales skapja;
- ✓ Ieslēdz stendu;



- ✓ Ar degvielas padeves slēdzi iestāda degvielas padevi brīvsgaitas režīmam. Iedarbina motoru un uzsilda to brīvsgaitā līdz temperatūrai 70 °C;
- ✓ Atver ūdens padevi uz radiatoru-sajaucēju un pēc tam iestāda karstās piestrādes bez slodzes pirmo režīmu. Ar degvielas padeves regulatoru iestāda kloķvārpstas griešanās frekvenci 800 min<sup>-1</sup> un veic motora piestrādi 5 minūšu laikā;
- ✓ Ar degvielas padeves regulatoru iestāda kloķvārpstas griešanās frekvenci 1200 min<sup>-1</sup> un veic motora piestrādi 5 minūšu laikā;
- ✓ Ar degvielas padeves regulatoru iestāda kloķvārpstas griešanās frekvenci 1500 min<sup>-1</sup> un veic motora piestrādi 5 minūšu laikā;
- ✓ Seko mehānismu rādījumiem un eļļas spiediena izmaiņām, rezultātus pieraksta mērījumu protokolā.

### ***Karstā piestrāde (slodzē)***

Pēc motora piestrādes brīvsgaitā pēdējā režīma paveikšanas kloķvārpstas griešanās frekvenci samazina līdz 600 min<sup>-1</sup>.

- Pieslēdz strāvu motoru izmēģināšanas stendam, ieslēdzot slēdzi uz elektriskā skapja;
- Ieslēdz stendu;
- Ieslēdz pilnu degvielas padevi;
- Samazina slodzi līdz 4 kgf, un šādā režīmā veic motora piestrādi 5 minūšu laikā;
- Palielina slodzi līdz 6 kgf, un šādā režīmā veic motora piestrādi 5 minūšu laikā;
- Palielina slodzi līdz 10 kgf, un šādā režīmā veic motora piestrādi 5 minūšu laikā;
- Palielina slodzi līdz 20 kgf, un šādā režīmā veic motora piestrādi 10 minūšu laikā;
- Piestrādes laikā visos pieminētajos režīmos obligāti nosaka un pieraksta mērījumu protokolā eļļas spiedienu, dzesēs šķidrums temperatūru, degvielas patēriņu, bremzēšanas spēku un griešanās frekvenci.

### **DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:**

Pēc mērījumu izdarīšanas aprēķina motora efektīvo jaudu, griezes momentu, degvielas stundas un īpatnējo patēriņu, izmantojot 1. laboratorijas darbā dotās formulas. Visus mērījumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā.

Mērījumu protokola paraugs dots 2. pielikumā.

Pēc mērījumu un aprēķinu veikšanas izdara slēdzieni par motora tehnisko stāvokli.

## **KONTROLJAUTĀJUMI**

1. Raksturojiet motora aukstās piestrādes metodiku.
2. Raksturojiet motora karstās piestrādes (brīvgaitā un slodzē) metodiku.
3. Kādos gadījumos jāveic atkārtota motora piestrāde?

### 3. laboratorijas darbs

---

## DĪZELMOTORA REGULĒŠANAS RAKSTURLĪKNES UZŅĒMŠANA ATKARĪBĀ NO IESMIDZINĀŠANAS APSTEIDZES LEŅĶA

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt raksturliķņu uzņemšanas metodiku, aprēķināt un izanalizēt motora pamatrādītāju – efektīvās jaudas, efektīvā griezes momenta, degvielas masas un īpatnējā patēriņa – izmaiņas atkarībā no iesmidzināšanas apsteidzes leņķa. Darba ietvaros jānosaka optimālais degvielas iesmidzināšanas apsteidzes leņķis konkrētajam motora ātruma režīmam.

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends, izmēģināmais motors, stroboskops, iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **DARBA IZPILDES PAMATOJUMS:**

Iesmidzināšanas apsteidzes leņķa regulēšanas raksturojums parāda, kā degvielas iesmidzināšanas sākums ietekmē dīzelmotora galvenos darbības rādītājus: efektīvo jaudu, griezes momentu, degvielas masas un īpatnējā patēriņu. Iegūtās sakarības ļauj spriest par to, kad motors attīsta vislielāko efektīvo jaudu, un arī to, kad degvielas īpatnējais patēriņš ir vismazākais. Tālāk tas ļauj izvēlēties iesmidzināšanas apsteidzes leņķa optimālo vērtību.

Veicot raksturojuma uzņemšanu, tiek mainīts degvielas iesmidzināšanas sākuma leņķis ar speciālu ierīci, kas tiek iebūvēta degvielas augstspiediena sūkņa piedziņā [3].

Ātruma un slodzes režīmos visizdevīgākā ir tāda iesmidzināšanas apsteidzes leņķa vērtība, pie kuras motors attīsta vislielāko jaudu tajā pašā laikā patērējot vismazāk degvielas. Šajā sakarā iegūtie lielumi jāattēlo grafiski – uz abscisu ass tiek atliktas ieregulētās iesmidzināšanas apsteidzes leņķa vērtības, bet uz ordinātu ass – visu pārējo reģistrēto parametru vērtības.

Nemot vērā to, ka regulatora raksturliķni atkarībā no iesmidzināšanas apsteidzes leņķa uzņem pie nemainīgas griešanās frekvences ( $n = \text{const}$ ) degvielas augstspiediena sūkņa slīdes nemainīgā stāvoklī, tad arī degvielas stundas patēriņš praktiski nemainās visu mērījumu periodu. Savukārt, degvielas īpatnējā patēriņa izmaiņām jau ir krietni savādāks raksturs resp. tas atkarībā no iesmidzināšanas apsteidzes leņķa mainās kā apgriezta funkcija efektīvās jaudas izmaiņai atkarībā no iesmidzināšanas apsteidzes leņķa. Šajā gadījumā līdzīga situācija ir arī attiecībā uz efektīvo spiedienu  $p_e$  - vērtības maksimums tiek sasniegts pie  $g_e$  minimālās vērtības [3]. Kopumā  $N_e$ ,  $p_e$  un  $g_e$  raksturliķņu lūzuma punkts tiek sasniegts pie optimālās iesmidzināšanas apsteidzes leņķa vērtības, ko apzīmē kā  $\Theta_{opt.ies}$ . Degvielas

iesmidzināšana tiek uzskatīta par novēlotu, ja  $\Theta_{ies} < \Theta_{opt.ies}$ , bet par agru, ja  $\Theta_{ies} > \Theta_{opt.ies}$  [3].

Uz iesmidzināšanas apstieides leņķa optimālo vērtību ietekmi atstāj vairāki faktori: kloķvārpstas griešanās frekvence, slodze, degmaisījuma sajaukšanās veids, degvielas padeves likumsakarības, kā arī sākotnējie apstākļi iepildē un izplūdē. Protams, ka pastāv dažādi gadījumi, kad iesmidzināšanas apstieides leņķis jāpalielina vai jāsamazina. Piemēram, palielinot kloķvārpstas griešanās frekvenci, iesmidzināšanas apstieides leņķis ir jāpalielina, bet samazinot – jāsamazina. Degvielas iesmidzināšanas apstieides leņķi būtu vēlams samazināt, ja samazinās motora noslodze. Tas ir izskaidrojams ar faktu, ka, samazinoties motora noslodzei, samazinās cikla padeve un attiecīgi arī cikla vidējā temperatūra, kas arī sekmē degvielas pašuzliesmošanas aizkavējuma perioda pieaugumu. No tā izriet, ka, lai degvielu iesmidzinātu vidē ar krietni uzsildītāku gaisa daudzumu iesmidzināšanas apstieides leņķi būtu vēlams samazināt.

Tagad apskatīsim gadījumus, kad degvielas iesmidzināšana tiek uzskatīta par novēlotu vai arī par pārāgru. Vēlas degvielas iesmidzināšanas gadījumā nozīmīga degvielas daļa tiek iesmidzināta momentā, kad virzulis pārvietojas no AMP uz ZMP. Kā rezultāts, sadedzes process noris izplešanās laikā un attiecīgi samazinās cilindra iekšpusē esošo gāzu temperatūra un spiediens, taču pieaug siltuma zudumi apkārtējā vidē. Kopumā tas atstāj būtisku ietekmi uz indicētās jaudas  $N_i$  un mehāniskā lietderības koeficienta  $\eta_m$  samazinājumu [3]. Rezultātā samazinās efektīvā jauda un pieaug degvielas īpatnējais patēriņš.

Pārāgras degvielas iesmidzināšanas gadījumā degviela, tieši pretēji iepriekš apskatītajam gadījumam, tiek ievadīta cilindrā vēl kompresijas takts laikā, kad gāzu temperatūra un spiediens nav sasnieguši augstākās vērtības. Šajā gadījumā degvielas pašuzliesmošanas aizkavējuma periods palielinās un attiecīgi degvielas pašuzliesmošanas momentā kamerā sakrājas noteikts daudzums pārpalikuma degvielas. Protams, ka samazinās arī redzamās sadegšanas periods. Šo un arī citu būtisku faktoru ietekmē strauji pieaug spiediens un palielinās arī tā pieauguma ātrums  $\frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$ , kā arī maksimālais cikla spiediens  $p_z$  [5]. Tas viss sekmē motora jaudas

samazināšanos un īpatnējā degvielas patēriņa pieaugumu.

Jebkurā gadījumā iesmidzināšanas apstieides leņķa novirzes jebkurā virzienā no to optimālās vērtības izsauca strauju virzuļa grupas detaļu izdiluma intensitātes pieaugumu [3].

Dīzeļmotoros parasti lielumu  $\Theta_{ies}$  iestāda nedaudz mazāku par  $\Theta_{opt.ies}$ , jo nenozīmīgs  $g_e$  pieaugums sekmē siltuma un mehānisko slodžu, kā arī  $\text{NO}_x$  satura samazināšanos [4].

#### **DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

- ✓ Iesmidzināšanas apstieides leņķi ieregulē par 6-10° mazāku nekā to rekomendē konkrētā motora ražotājs;
- ✓ Iestāda nepieciešamo griešanās frekvenci, mainot bremsēšanas spēku, un pēc 3-5 minūšu darbības pierēģistrē sekojošus parametrus: bremsēšanas spēku  $P_b$ ,

kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$  un rotora griešanās frekvenci  $n_r$ , degvielas patēriņa laiku  $t_d$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , dzeses šķidrums temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru eļļošanas sistēmā  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , kā arī iesmidzināšanas apstādes leņķi  $\Theta_{ies}$ .

- ✓ Palielina iesmidzināšanas apstādes leņķi par  $2^\circ$ ;
- ✓ Iestāda nepieciešamo griešanās frekvenci, mainot bremsēšanas spēku, un pēc 3-5 minūšu darbības pierēģistrē visus iepriekš pieminētos parametrus;
- ✓ Katrā nākamajā mēģinājumā (kopā mēģinājumu skaits jābūt no 5 līdz 7) palielina iesmidzināšanas apstādes leņķi vēl par  $2^\circ$ , pierēģistrējot nepieciešamos parametrus;
- ✓ Pēdējo izmēģinājuma punktu reģistrē iesmidzināšanas apstādes leņķi ieregulējot par  $6-10^\circ$  lielāku nekā to rekomendē konkrētā motora ražotājs;
- ✓ Iestāda nepieciešamo griešanās frekvenci, mainot bremsēšanas spēku, un pēc 3-5 minūšu darbības pierēģistrē visus iepriekš pieminētos parametrus.

### **DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:**

Pēc mērījumu izdarīšanas veic izmēģinājumu rezultātu apstrādi, kur aprēķina motora efektīvo jaudu  $N_e$ , īpatnējo degvielas patēriņu  $g_e$ , degvielas masas patēriņu  $G_d$ , kā arī citus parametrus. Visus mērījumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā (skat. 3. pielikumu) un attēlo grafisko sakārību veidā:  $N_e = f(\Theta_{ies})$ ,  $G_d = f(\Theta_{ies})$  un  $g_e = f(\Theta_{ies})$ .

### **KONTROLJAUTĀJUMI**

1. Izstāstiet raksturliķņu uzņemšanas metodiku.
2. Ar kādu praktisku mērķi uzņem regulēšanas raksturliķni atkarībā no iesmidzināšanas apstādes leņķa?
3. Pie kādām iesmidzināšanas apstādes leņķa vērtībām varētu būt vislielākais cilindra-virzuļu grupas izdīlums?
4. Kas ir iesmidzināšanas apstādes leņķis? Ko tas raksturo?
5. Kā dīzeļmotora darbu ietekmē agrs un vēls iesmidzināšanas apstādes leņķis?
6. Kā tiek noteikts optimālais degvielas iesmidzināšanas apstādes leņķis?
7. Uzskaitiet faktorus, kas varētu ietekmēt degvielas iesmidzināšanas apstādes leņķa optimālo vērtību.

## 4. laboratorijas darbs

---

### DĪZEĻMOTORA SLODZES RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt raksturliķņu uzņemšanas metodiku, aprēķināt un izanalizēt motora pamatrādītāju – efektīvās jaudas, degvielas masas un īpatnējā patēriņa – likumsakarību izmaiņas atkarībā no motora noslodzes. Darba ietvaros jānosaka uzdotā ātruma režīma optimālos noslodzes intervālus.

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends; izmēģināmais motors; iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **DARBA IZPILDES PAMATOJUMS:**

Darbs slodzes raksturliķnes režīmos visvairāk raksturīgs motoriem, kuriem pēc jaudas patērētāja tehnoloģiskā procesa apstākļiem, jā saglabā gandrīz pastāvīgs ātruma režīms mainīgā ārējā slodzē (motori elektrisko ģeneratoru, sūkņu un kompresoru piedziņai) [4]. Kopumā slodzes raksturliķne imitē arī automobiļa darbu tam pārvietojoties ar nemainīgu ātrumu pie viena pārnese mainīgas ceļa pretestības apstākļos.

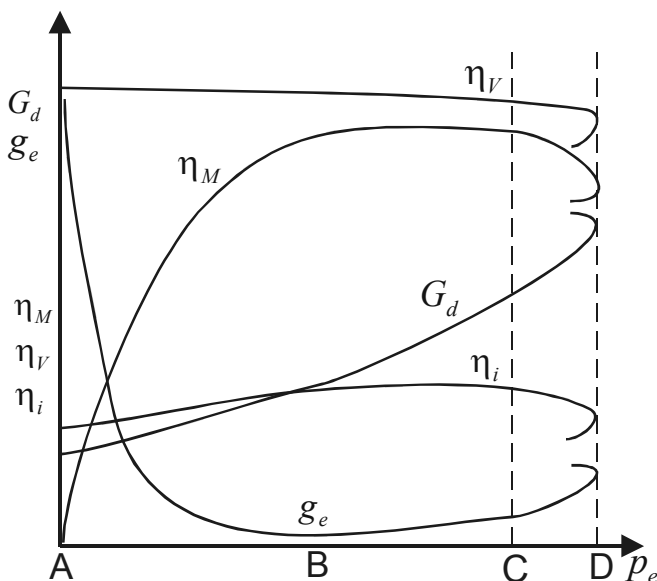
Dīzeļmotora slodzes raksturojums parāda dažādu motora darba parametru izmaiņas atkarībā no motora noslodzes, ko izsaka ar vidējā efektīvā spiediena vai efektīvās jaudas vērtībām. Slodzes raksturliķnes var uzņemt vairākos, ekspluatācijas apstākļiem raksturīgākajos (pie maksimālās efektīvās jaudas, maksimālā griezes momenta u.c.), ātruma režīmos.

Raksturliķne tiek uzņemta pie motora nominālās griešanās frekvences. Sloģošanas režīmu izmaina mainot degvielas padevi un slodzi ar bremsēšanas stenda palīdzību.

Dīzeļmotoros slodzes samazināšanās ietekmē atgāzu temperatūras samazināšanos, kas saistīts ar to, ka degšanas procesā samazinās izdalītā siltuma daudzums. Īpatnējais efektīvais degvielas patēriņš minimālo vērtību parasti sasniedz pie 70...80% noslodzes. Pie pilnas slodzes  $g_e$  pieaug sakarā ar  $\eta$ , samazināšanos, bet pie mazām slodzēm – pieaug sakarā ar  $\eta_m$  samazināšanos [4].

Grafisks dīzeļmotora slodzes raksturojums ir parādīts 4. attēlā. Pieaugot degvielas padevei un attiecīgi motora noslodzei, var redzēt, ka posmā AB samazinās degvielas īpatpatēriņš un pieaug mehāniskie zudumi. Degvielas īpatpatēriņa minimālā vērtība tiek sasniegta punktā B. Pakāpeniski pieaugot motora jaudai pēc punkta B degvielas īpatpatēriņš sāk palielināties [1]. Neilgi pirms punkta C sākas robeža, kad sākas dūmu parādīšanās atgāzēs. Šajā apģabalā (norāda vertikāla rakstīta līnija) motors jau darbojas pilnā slodzē. Tālāk aiz šīs robežas, neskatoties uz degvielas padeves pieaugumu, motora jauda tik strauji vairs nepieaug, bet strauji palielinās degvielas īpatnējais patēriņš [1]. Nedaudz tālāk – punktā D motora jauda sasniedz savu maksimālo vērtību, taču degvielas padevi un līdz ar to arī slodzi drīkst palielināt līdz

punktam C, jo aiz punkta D ( $G_d$  līknei kāsis uz augšu) pieaugot degvielas padevei pasliktinās sadedzes process, samazinās jauda un pieaug degvielas īpatņpatēriņš [1].



4. att. Dizēļmotora slodzes raksturlīkne: motora darba rādītāji un cikla parametri atkarībā no slodzes

#### **DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

- ✓ Degvielas augstspiediena sūkņa sliedi nostāda stāvoklī, kas atbilst minimālajam degvielas patēriņam un nofiksē šajā stāvoklī;
- ✓ Iestāda nemainīgu, pasniedzēja norādīto motora kloķvārpstas griešanās frekvenci un pēc 3-5 minūšu darbības reģistrē sekojošus parametrus: bremsēšanas spēku  $P_b$ , kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , degvielas patēriņa laiku  $t_d$ , patērētās degvielas daudzumu mērījumu laikā  $G_{od}$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , dzeses šķidrums temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru motora eļļošanas sistēmā  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , kā arī atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ .
- ✓ Degvielas augstspiediena sūkņa sliedi pavirza tālāk (par 1/7 no pilna gājienu) – degvielas padeves pieauguma virzienā un nofiksē šajā stāvoklī;

- ✓ Iestāda nemainīgu (iepriekš jau izvēlēto) kloķvārpstas griešanās frekvenci, mainot bremsēšanas spēku, ko uzrāda stenda dinamometrs, un pēc motora 3-5 minūšu darbības reģistrē visus iepriekš minētos parametrus;
- ✓ Mēģinājumus turpina pēc apskatītās metodikas, virzot sliedi pakāpeniski uz priekšu un uzņemot vēl 5-7 punktus un pierēģistrējot visus iepriekš pieminētos parametrus;
- ✓ Pēdējā izmēģinājumā degvielas padeves sliedi novirza stāvoklī, kas atbilst maksimālai degvielas padevei, kad motors attīsta vislielāko jaudu;
- ✓ Tālākos mērījumu atkārtojumus vēlams veikt pretējā virzienā, pārvietojot katrā mēģinājumā degvielas augstspiediena sūkņa sliedi degvielas padeves samazināšanas virzienā par vienu un to pašu vienību.

### **DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:**

Pēc mēģinājumu izpildes veic izmēģinājumu rezultātu apstrādi, kur aprēķina motora efektīvo jaudu  $N_e$ , īpatnējo degvielas patēriņu  $g_e$ , degvielas masas patēriņu  $G_d$ , vidējo efektīvo spiedienu  $p_e$ , kā arī citus parametrus. Visus mērījumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā (skat. 4. pielikumu) un attēlo grafisko sakarību veidā:  $G_d = f(p_e)$ ,  $g_e = f(p_e)$ , un  $\alpha = f(p_e)$ .

### **KONTROLJAUTĀJUMI**

1. Izskaidrojiet degvielas stundas patēriņa un atgāzu temperatūras pieaugumu pieaugot motora noslodzei.
2. Izskaidrojiet efektīvā degvielas īpatnējā patēriņa pieauguma iemeslus pie mazām un lielām slodzēm.
3. Izmantojot uzzīmēto raksturliķni atrodiet un norādiet pašu ekonomiskāko slodžu diapazonu dotajam motoram.
4. Kādi galvenie parametri izvērtē motora noslodzi un degvielas ekonomiskumu?
5. Norādiet aptuveno slodžu diapazonu (vadoties pēc  $p_e$  vai  $N_e$ ), kurā ir lietderīgs motora darbs ekspluatācijas apstākļos.



## 5. laboratorijas darbs

---

### DĪZELMOTORA ĀTRUMA RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt ātruma raksturlīkņu uzņemšanas metodiku, eksperimentālā darba ietvaros noteikt un izanalizēt motora pamatrādītāju – efektīvās jaudas, efektīvā griezes momenta, degvielas masas un īpatnējā patēriņa –izmaiņu likumsakarību raksturu atkarībā no kloķvārpstas griešanās frekvences.

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends; izmēģināmais motors; iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **DARBA IZPILDES PAMATOJUMS:**

Dīzeļmotora ātruma raksturlīknes izmanto motora darba efektivitātes uzdevumu risināšanai. Dīzeļa ātruma raksturojumu nosaka izmantojot tās pašas sakarības kā ottomotora ātruma raksturojumam. Atkarīgie mainīgie lielumi ir tie paši abu motoru raksturojumiem, bet iegūtajām raksturlīknēm ir cits raksturs, ko nosaka dīzeļmotora darba cikla atšķirības.

Motoru izmēģinot, nemainīgu uztur degvielas augstspiediena sūkņa sliedes stāvokli, optimālo apstieidzes leņķi, dzesēšanas šķidruma un eļļas temperatūru. Kloķvārpstas griešanās frekvenci diapazonā no  $n_{\min}$  līdz  $n_c$  iestāda mainot motora slodzi ar bremsēšanas iekārtu.

Ātruma raksturojumu iedala 2 grupās: ārējā un parciālajā. Katru no šīm grupām iedala sīkāk.

#### ✓ *Ārējais ātruma raksturojums*

##### ○ *Ekspluatācijas ārējais raksturojums*

Tiek iegūts, ja eksperimenta laikā iestāda degvielas maksimālo padevi (atbilstošu regulēšanas raksturojumam) un dozatoru nostiprina stāvoklī, kad sāk darboties korektors un katrā ātruma režīmā iestāda iesmidzināšanas apstieidzes leņķa optimālo vērtību.

##### ○ *Dūmošanas robežas ārējais ātruma raksturojums*

Tiek iegūts, ja ietur degvielas padeves daudzumu, kas atbilst dūmošanas sākumam katrā griešanās frekvencē. Dūmošanas robežas raksturojums norāda dīzeļmotora forsēšanas robežu un dūmošanas zonā dīzeļmotors drīkst strādāt tikai īslaicīgas pārslodzes gadījumā. Motora jaudas tālāka forsēšana ir neracionāla un pat bīstama, jo pasliktinās sadedzes process, kas tādējādi palielina motora termisko noslodzi un veicina pīdegumu rašanos uz virzuļu grupas detaļām.

- *Maksimālās jaudas ārējais ātruma raksturojums*  
Tiek iegūts, ja katrā kloķvārpstas griešanās frekvencē palielina degvielas padevi, sasniedzot iespējami maksimālo jaudu neatkarīgi no dūmošanas pakāpes [1].

✓ **Dīzeļmotora parciālais ātruma raksturojums**

Parciālo ātruma raksturojumu iegūst, fiksējot degvielas augstspiediena sūkņa sliedi dažādos stāvokļos, t.i., mainot degvielas padevi. Dīzeļmotora ātruma raksturojuma būtiskākās atšķirības no ottomatora ātruma raksturojuma ir sekojošas [1]:

1. Izmainot slodzi efektīvās jaudas maksimālā vērtība paliek nemainīga dotajā griešanās frekvencē. To var izskaidrot ar faktu, ka dīzeļmotoram pie griešanās frekvences pieauguma palielinās degvielas padeve pie attiecīgi lielāka pildījuma koeficienta.
2. Pildījuma koeficients ir galvenais parametrs, kas nosaka motora darba rādītāju raksturu un vērtības.
3. Dīzeļmotora darba parametru vērtību izmaiņa notiek atkarībā no slodzes. No tā izriet, ka motors, kas strādā parciālā raksturojuma ātruma režīmā diezgan slikti piemērojas frekvences maiņai, bet pietiekoši labi – slodzei. Lai uzlabotu motora piemērotību straujai slodzes maiņai, tad var palielināt cilindru diametru, samazināt griešanās frekvenci, ierīkot turbopūti utt.

Dīzeļmotora ārējās ātruma raksturliķnes režīmi imitē motora darbu automobilim pārvietojoties mainīgas ceļa pretestības apstākļos, bet motora akselelatora svirai atrodoties nemainīgā stāvoklī un robežstāvoklī. Visbiežāk ārējās ātruma raksturliķnes režīmi tiek imitēti automobiļa ieskrējienā. Motora ātruma režīma izmaiņas ātruma raksturojuma uzņemšanas laikā tiek nodrošinātas, veicot ārējās slodzes izmaiņu ar bremsēšanas iekārtas palīdzību [4]. Ja motors nav aprīkots ar griešanās frekvences ierobežotāju vai arī regulatoru, tad ārējā ātruma raksturliķnes tiek uzņemta diapazonā no  $n_{\min}$  līdz  $n_{\text{nom}}$ . Ārējās ātruma raksturliķnes uzņemšanas režīmos motorā tiek sasniegtas maksimālās siltuma un mehāniskās slodzes, kā arī emitēts vislielākais toksisko vielu daudzums [4]. Kopumā ātruma raksturojums ir pietiekoši būtisks motora tehniskā stāvokļa raksturotājs, kas dod iespēju novērtēt galvenokārt sekojošus rādītājus [4]:

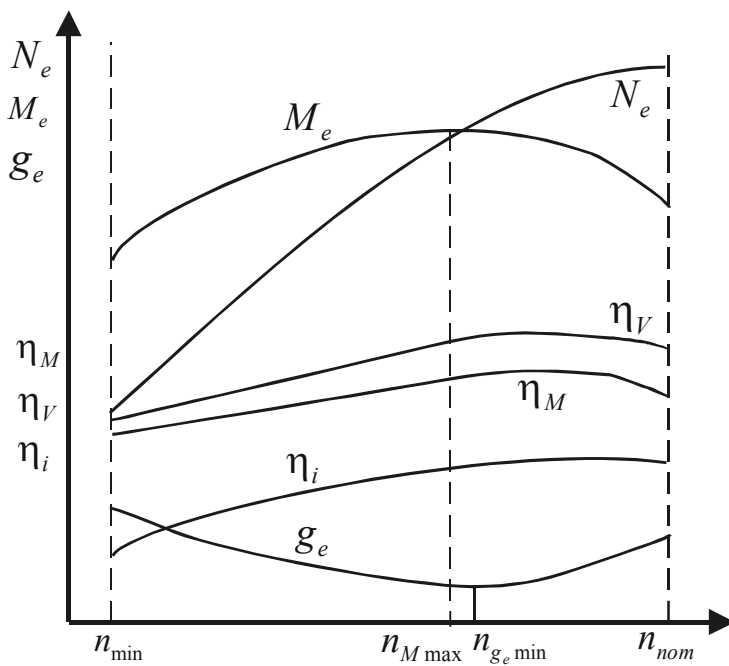
- ✓ nominālā ātruma režīmā nosaka motora nominālo jaudu  $N_{\text{enom}}$ , nominālo efektīvo griezes momentu  $M_{\text{enom}}$ , nominālo īpatnējo efektīvo degvielas patēriņu  $g_{\text{enom}}$ ;
- ✓ maksimālo griezes momentu  $M_{\text{max}}$  un atbilstošo griešanās frekvenci  $n_{M \text{max}}$ ;
- ✓ minimālo īpatnējo efektīvo degvielas patēriņu  $g_{e \text{min}}$  un atbilstošo griešanās frekvenci  $n_{ge \text{min}}$ ;
- ✓ minimālo noturīgo kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n_{\min}$ .

Dīzeļmotora efektīvās jaudas pieaugums ir saistīts ar kloķvārpstas griešanās frekvences pieaugumu, ko sekmē pildījuma koeficienta  $\eta_v$  un indicētā lietderības koeficienta  $\eta_i$  pieaugums [6]. Tā kā dīzeļmotors maksimālo jaudu sasniedz pie griešanās frekvences  $n_{N\max}$  (tiek sasniegta maksimālā efektīvā jauda), kuru parasti ekspluatācijas apstākļos nelieto, tad dīzeļmotoram nevar izmantot pilnu griešanās ātruma diapazonu [1].

Tā kā griešanās frekvence diezgan maz ietekmē cikla galvenos parametrus, tad motora efektīvā griezes momenta  $M_e$  un vidējā efektīvā spiediena  $p_e$  izmaiņas ir nelielas. Dīzeļmotoram ir raksturīga arī mazāk intensīva degvielas patēriņa izmaiņa salīdzinājumā ar ottomotoru. Tā kā dīzeļmotora indicētā lietderības koeficienta  $\eta_i$  absolūtā vērtība ir pietiekoši liela (lielāka kā ottomotoram), tad attiecīgi lielāka ir motora efektīvā un indicētā jauda.

### **DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

- ✓ Degvielas augstspiediena sūkņa sliedi nostāda nemainīgā stāvoklī, kas var būt izvēlēts atbilstoši nominālās jaudas režīmam, maksimālā griezes momenta režīmam vai kādam noteiktam režīmam (veic atbilstoši pasniedzēja norādei).
- ✓ Iestāda nemainīgu, pasniedzēja norādīto motora kloķvārpstas griešanās frekvenci un pēc 3-5 minūšu darbības pierēģistrē sekojošus parametrus (pirmo izmēģinājumu veic pie vislielākās slodzes un vismazākās kloķvārpstas griešanās frekvences): kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , bremzēšanas spēku  $P_b$ , degvielas patēriņu katrā mēģinājumā  $G_{od}$ , izmēģinājuma laiku  $t_d$ , dzeses šķidruma temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , kā arī atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ .
- ✓ Nākošā mērījumā samazina slodzi un palielina motora kloķvārpstas griešanās frekvenci par 150-200  $\text{min}^{-1}$  salīdzinājumā ar iepriekšējā mērījumā iestādīto kloķvārpstas griešanās frekvenci. Līdzīgi kā iepriekšējā mērījumā pierēģistrē sekojošus lielumus: motora kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , bremzēšanas spēku  $P_b$ , degvielas patēriņu katrā mēģinājumā  $G_{od}$ , izmēģinājuma laiku  $t_d$ , dzeses šķidruma temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , kā arī atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ .
- ✓ Katru nākamo mērījumu veic līdzīgi iesāktajai metodikai, katru reizi par noteiktu lielumu samazinot slodzi un palielinot motora kloķvārpstas griešanās frekvenci, kā arī uzņemot vēl 5-7 punktus un pierēģistrējot visus iepriekš minētos parametrus.
- ✓ Maksimālās efektīvās jaudas diapazonā kloķvārpstas griešanās frekvenci būtu vēlams palielināt ne vairāk kā par 50-100  $\text{min}^{-1}$ .
- ✓ Pēc pilna mērījumu cikla izdarīšanas, tālāko mērījumu sēriju būtu vēlams veikt pretējā virzienā, palielinot slodzi un samazinot kloķvārpstas griešanās frekvenci.



5. att. **Dīzeļmotora ātruma raksturojuma parametru un cikla galveno parametru izmaiņas atkarībā no kloķvārpstas griešanās frekvences**

#### DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:

Pēc mēģinājumu izpildes veic iegūto rezultātu apstrādi, aprēķinot motora efektīvo jaudu  $N_e$ , īpatnējo degvielas patēriņu  $g_e$ , degvielas masas patēriņu  $G_d$ , griezes momentu  $M_e$ , kā arī citus parametrus (ja tika noteikti nepieciešamie rādītāji). Visus mērījumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā (skat. 5. pielikumu) un attēlo grafisko sakarību veidā:  $G_d = f(n)$ ,  $g_e = f(n)$ ,  $N_e = f(n)$ ,  $M_e = f(n)$ . Ja eksperimentālā darba ietvaros ir veikta arī citu parametru kontrole, tad šo parametru attēlojumu grafiku vai tabulas formātā veikt atbilstoši pasniedzēja norādījumiem.

Darba analīzes ietvaros uzzīmētajā grafikā noteikt un atzīmēt motora maksimālo efektīvo griezes momentu  $M_{e \max}$  un minimālo degvielas īpatnējo degvielas patēriņu  $g_{e \min}$ , kā arī, izmantojot izmēģināmā motora tehnisko raksturojumu, pārbaudīt, vai eksperimentālā ceļā konstatētie tehniskie dati atbilst ražotāja uzrādītajai informācijai. Sīkāk komentējiet atšķirības, ja tādas ir konstatētas.

## KONTROLJAUTĀJUMI

1. Izskaidrojiet kā mainās motora pildījuma koeficients ātruma raksturlieknes uzņemšanas laikā un kāda ir tā ietekme uz motora dinamiskajiem un ekonomiskajiem rādītājiem.
2. Pēc iegūtajām ātruma raksturlieknēm izskaidrojiet jaudas, degvielas masas un īpatnējā patēriņa izmaiņu likumsakarības.
3. Noskaidrojiet savstarpējās likumsakarības starp efektīvo spiedienu, griezes momentu, kā arī indicēto un mehānisko lietderības koeficientu. Izmantojot iegūtās atziņas, izskaidrojiet griezes momenta raksturu iegūtajās ātruma raksturlieknēs.
4. Izskaidrojiet, kādēļ ātruma raksturlieknēs maksimālā griezes momenta vērtība nesakrīt ar maksimālās jaudas vērtību.

## 6. laboratorijas darbs

---

### OTTOMOTORA REGULĒŠANAS RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA ATKARĪBĀ NO AIZDEDZES APSTEIDZES LEŅĶA

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt regulēšanas raksturlīkņu uzņemšanas metodiku, aprēķināt un izanalizēt motora pamatrādītāju – efektīvās jaudas, degvielas masas un īpatnējā patēriņa – izmaiņas atkarībā no aizdedzes apsteidzes leņķa. Darba ietvaros jānosaka motora optimālais aizdedzes apsteidzes leņķis vadoties pēc uzņemtās degvielas īpatņpatēriņa un jaudas raksturlīknes.

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends, izmēģināmais motors, stroboskops, iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **DARBA IZPILDES PAMATOJUMS:**

Aizdedzes apsteidzes leņķa regulēšanas raksturojums parāda, kā degvielas aizdedzes apsteidzes leņķa izmaiņa ietekmē ottomatora galvenos darbības rādītājus: efektīvo jaudu, griezes momentu, degvielas masas un īpatnējā patēriņu. Iegūtās sakarības ļauj spriest par optimālo apsteidzes leņķi, pie kura motors attīsta vislielāko efektīvo jaudu, un arī to, kad degvielas īpatnējais patēriņš ir vismazākais. Tas ļauj izvēlēties aizdedzes apsteidzes leņķa optimālo vērtību.

Aizdedzes apsteidzes leņķa  $\Theta_{a.a.}$  lielumam ir būtiska ietekme uz motora darba cikla parametru vērtībām un tāpat arī uz motora darbību. Tā, piemēram, optimālais aizdedzes apsteidzes leņķis  $\Theta_{a.a.opt}$  tiek sasniegts, ja konkrētajā režīmā motors attīsta maksimālo efektīvo jaudu vienlaicīgi uzrādot minimālo degvielas patēriņu [1]. Parasti aizdedzi uzskata par novēlotu, ja  $\Theta_{a.a.} < \Theta_{a.a.opt}$ , bet par pāragru, ja  $\Theta_{a.a.} > \Theta_{a.a.opt}$ .

Nepieciešamība koriģēt aizdedzi ir saistīta ar sadedzes procesa nobeigumu, kas ir būtisks faktors motora kvalitātes darbības nodrošināšanā. Kā zināms, īstenajā ciklā siltuma izdalīšanās reālais process sākas jau līdz momentam, kad virzulis sasniedz AMP (resp. kompresijas takts beigās), bet beidzās jau aiz AMP (resp. darba takts laikā) [4]. Savukārt, gan kompresijas, gan arī darba takts laikā izdalījies siltuma daudzums nevar tikt izmantots ar tādu pašu efektivitāti kā tas siltums, kas būtu izdalījies, ja virzulis būtu AMP. Lai samazinātu siltuma zudumus, siltuma izdalīšanās procesu vēlamas realizēt tā, lai šī siltuma lielākā daļa izdalītos jau pietiekoši tuvu AMP. Pieredze rāda, ka mūsdienīgie ottomotori maksimālo jaudu realizē momentā, kad maksimālais spiediens cilindrā tiek sasniegts vismaz 15...20° pēc AMP [4]. Šis režīms jau atbilst minimālajiem siltuma zudumiem.

Pie pāragras aizdedzes pieaug siltuma zudumi cilindra sienīnās, kas saistīts, galvenokārt, ar sadedzes produkta disociāciju un darba maisījuma noplūdēm [4]. Attiecīgi samazinās aktīvā siltuma daudzums, kas būtu jau nepieciešams iekšējās enerģijas izmaiņai un tāpat lietderīgā darba veikšanai.

Pie novēlotas aizdedzes pieaug darba maisījuma temperatūra darba takts laikā, virzulim pārvietojoties no AMP uz ZMP. Tas sekmē siltuma zudumu pieaugumu ar atgāzēm un atsevišķu motora detaļu pārkaršanu [4]. Mūsdienīgos dzirksteles aizdedzes motoros šo gadījumu lietderīgi izmanto atgāzu neitralizatoru uzsildīšanai pēc motora iedarbināšanas.

Motora darba pilnīgums tiek novērtēts pēc 2 būtiskiem rādītājiem:  $\Theta_{a.a.opt}$  un  $g_{e.min}$  - jo mazāka  $\Theta_{a.a.opt}$  vērtība, jo labāk organizēts darba process [4]. Aizdedzes apsteidzes leņķis būtiski ietekmē atgāzu toksiskumu – it īpaši  $NO_x$ , kas pieaug līdz ar aizdedzes apsteidzes leņķa pieaugumu [4]. Tas izskaidrojams ar cikla maksimālās temperatūras  $T_z$  pieaugumu.

Ottomotorā regulēšanas raksturlīkne tiek uzņemta pie patstāvīgas kloķvārpstas griešanās frekvences, nemainīga droselēvārsta stāvokļa un optimāla maisījuma sastāva [3]. Tātad šie apstākļi nosaka, ka pildījuma koeficients un gaisa pāruma koeficients ir nemainīgi.

Šāda veida raksturlīknes izmanto [4]:

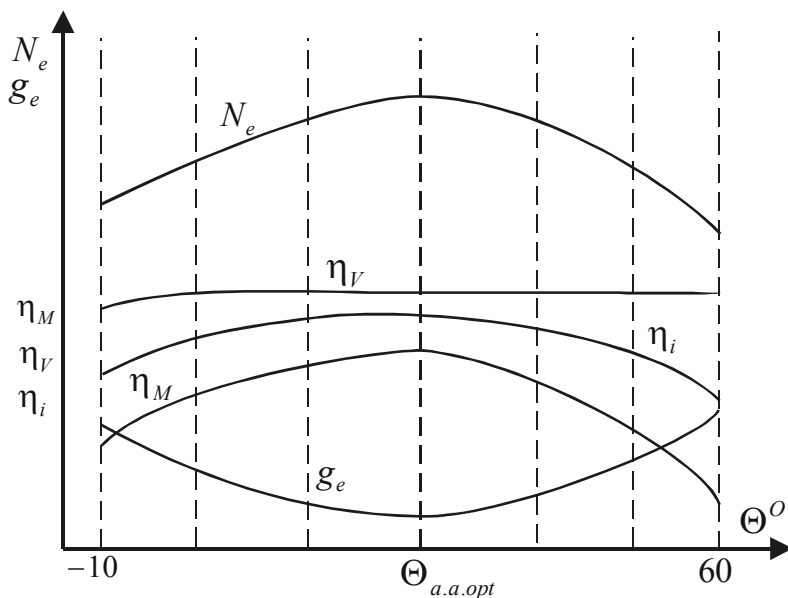
- ✓ Aizdedzes apsteidzes leņķa optimālo vērtību konstatēšanai motora dažāda veida ātruma un slodzes režīmos pie noteikta (nemainīga) barošanas sistēmas regulējuma;
- ✓ Motora dinamisko un ekonomisko rādītāju robežvērtību atrašanai.

Aplūkojot grafiku (skat. 6. att.), var redzēt, ka  $N_e$  maksimums un  $g_e$  minimums tiek sasniegts pie vienas un tās pašas aizdedzes apsteidzes leņķa vērtības, kuru sauc par optimālo. Izmainot aizdedzes apsteidzes leņķa vērtību, parasti samazinās motora jauda un pieaug degvielas patēriņš, kas saistīts galvenokārt ar sadedzes procesa pasliktināšanos.

### **DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

- ✓ Aizdedzes apsteidzes leņķi iestāda 0-10° pēc AMP;
- ✓ Iestāda nepieciešamo griešanās frekvenci, mainot stenda dinamometra bremsēšanas spēku, un pēc 3-5 minūšu darbības reģistrē sekojošus parametrus: bremsēšanas spēku  $P_b$ , motora kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$  un stenda balansmašīnas rotora griešanās frekvenci  $n_r$ , degvielas patēriņu  $G_{do}$  un laiku  $t_d$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , dzeses šķidrums temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru eļļošanas sistēmā  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , kā arī aizdedzes apsteidzes leņķi  $\varphi_{a.a.}$ .
- ✓ Palielina aizdedzes apsteidzes leņķi par 5-8° kloķvārpstas pagriezienu leņķa salīdzinājumā ar iepriekšējo mērījumu;
- ✓ Iestāda nepieciešamo griešanās frekvenci, mainot bremsēšanas spēku, un pēc 3-5 minūšu darbības pierēģistrē visus iepriekš pieminētos parametrus;
- ✓ Palielina aizdedzes apsteidzes leņķi vēl par 5-8° kloķvārpstas pagriezienu leņķa salīdzinājumā ar iepriekšējo mērījumu;
- ✓ Iestāda nepieciešamo griešanās frekvenci, mainot bremsēšanas spēku, un pēc 3-5 minūšu darbības reģistrē visus iepriekš minētos parametrus;

- ✓ Katru nākamo mērījumu veic līdzīgi iesāktajai metodikai, katru reizi par 5-8° palielinot aizdedzes apsteidzes leņķi, kā arī uzņemot vēl 5-7 punktus un reģistrējot visus iepriekš pieminētos parametrus;
- ✓ Pēdējo izmēģinājuma punktu reģistrē aizdedzes apsteidzes leņķi ieregulējot par 10° lielāku nekā aizdedzes apsteidzes optimālais leņķis, ko rekomendē konkrētā motora izgatavotājrūpnīca;
- ✓ Iestāda nepieciešamo griešanās frekvenci, mainot bremsēšanas spēku, un pēc 3-5 minūšu darbības reģistrē visus iepriekš minētos parametrus.



6. att. Ottomotora regulēšanas parametru un cikla galveno parametru izmaiņas atkarībā no aizdedzes apsteidzes leņķa

#### DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:

Pēc mērījumu izdarīšanas veic izmēģinājumu rezultātu apstrādi, kur aprēķina motora efektīvo jaudu  $N_e$ , īpatnējo degvielas patēriņu  $g_e$ , degvielas masas patēriņu  $G_d$ , kā arī citus parametrus. Visus mērījumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā (skat. 6. pielikumu) un attēlo grafisko sakarību veidā:  $N_e = f(\Theta_{a.a.})$ ,  $G_d = f(\Theta_{a.a.})$  un  $g_e = f(\Theta_{a.a.})$ .



## KONTROLJAUTĀJUMI

1. Kas ir aizdedzes apsteidzes leņķis?
2. Izstāstiet aizdedzes apsteidzes raksturlielņu uzņemšanas metodiku.
3. Pie kādām aizdedzes apsteidzes leņķa vērtībām pieaug detonācijas varbūtība? Komentējiet sīkāk!
4. Izskaidrojiet motora efektīvās jaudas un efektīvā degvielas īpatnējā patēriņa izmaiņas atkarībā no aizdedzes apsteidzes leņķa vērtībām.
5. Kā aizdedzes apsteidzes leņķa vērtību ietekmēs motora kloķvārpstas griešanās frekvences un motora noslodzes pieaugums?
6. Kāda ir aizdedzes apsteidzes leņķa ietekme uz toksisko vielu veidošanos motora atgāzēs?

## 7. laboratorijas darbs

---

### OTTOMOTORA ĀTRUMA RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt raksturlīkņu uzņemšanas metodiku, eksperimentālā darba ietvaros noteikt un izanalizēt motora pamatrādītāju – efektīvās jaudas, efektīvā griezes momenta, degvielas masas un īpatnējā patēriņa – izmaiņu likumsakarību raksturu atkarībā no kloķvārpstas griešanās frekvences.

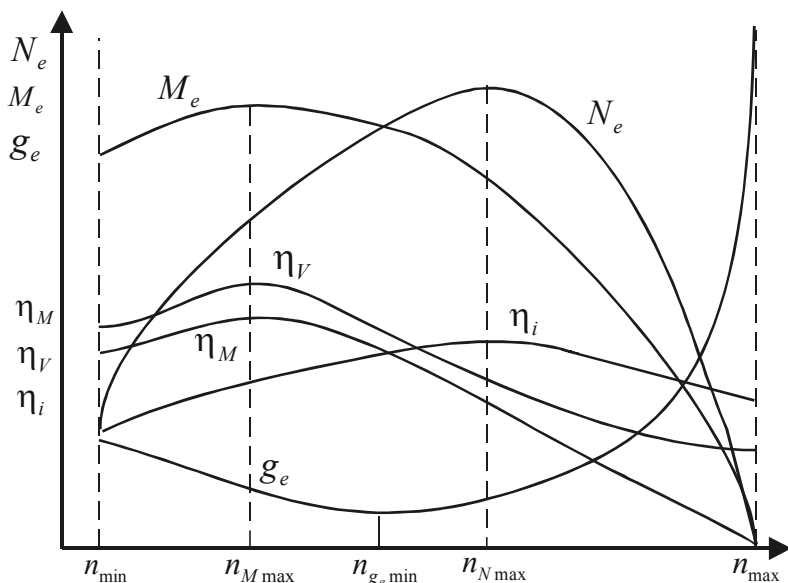
**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends; izmēģināmais motors; iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **DARBA IZPILDES PAMATOJUMS:**

Ottomotora ātruma raksturlīknes (līdzīgi kā dīzeļmotora ātruma raksturlīknes) parāda efektīvās jaudas, efektīvā griezes momenta, degvielas masas un īpatnējā patēriņa izmaiņu raksturu atkarībā no motora kloķvārpstas griešanās frekvences. Motoru izmēģinot uztur nemainīgu droseļvārsta regulējumu, optimālu maisījuma sastāvu, kā arī katram ātruma režīmam vispiemērotāko aizdedzes apsteidzes leņķi. Eksperimentu laikā maina kloķvārpstas griešanās frekvenci attiecīgi mainot bremsēšanas spēku.

Tā kā ottomotora ārējās ātruma raksturlīknes tiek uzņemta slodzē, tad to vērtības atrodas diapazonā no  $n_{\min}$  līdz  $n_{\max}$ . Neskatoties uz to, motora ekspluatācija tiek nodrošināta pie griešanās frekvences no  $n_{\min}$  līdz  $n_{nom}$  [6].

Motora jauda ir atkarīga no vairākiem parametriem – gaisa pāruma koeficienta  $\alpha$ , indicētā lietderības koeficienta  $\eta_i$ , pildījuma koeficienta  $n_V$  un mehāniskā lietderības koeficienta  $\eta_m$ , bet īpaši no kloķvārpstas griešanās frekvences  $n$ . Apgriezieni ietekmē arī pārējo iepriekš pieminēto parametru izmaiņas. Tā, piemēram, kloķvārpstas griešanās frekvences diapazonā no  $n_{\min}$  līdz  $n_{M \max}$  parametru  $\eta_i$ ,  $\eta_V$  un  $\eta_m$  vērtība pieaug, un tamdēļ ir novērojams efektīvās jaudas līknes pieaugums [6]. Kloķvārpstas griešanās frekvencei pārsniedzot diapazonu  $n_M$ , jaudas līknes pieaugums vairs nav tik straujš. Tas ir saistīts ar parametru  $\eta_V$  un  $\eta_m$  samazinājumu, bet vēl neliels jaudas līknes pieaugums notiek uz kloķvārpstas griešanās frekvences rēķina. Vislielākā efektīvās jaudas vērtība tiek konstatēta pie  $n_{N \max}$ , taču vēlāk ir manāms tās samazinājums, galvenokārt, saistībā ar mehānisko zudumu pieaugumu [6].



7. att. Ottomotora ātruma raksturojuma parametru un cikla galveno parametru izmaiņas atkarībā no kloķvārpstas griešanās frekvences

#### DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:

- ✓ Ottomotora droseļvārstu nostāda noteiktā, nemainīgā stāvoklī;
- ✓ Iestāda nemainīgu, pasniedzēja norādīto motora kloķvārpstas griešanās frekvenci. Pirmo izmēģinājumu sēriju veic pie vislielākās slodzes un vismazākās kloķvārpstas griešanās frekvences. Pēc motora 3-5 minūšu darbības pierēģistrē sekojošus parametrus: kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , bremsēšanas spēku  $P_b$ , degvielas patēriņu katrā mērījumā  $G_{od}$ , izmēģinājuma laiku  $t_d$ , dzeses šķidruma temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , kā arī atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ .
- ✓ Nākošā mērījumā samazina slodzi un palielina motora kloķvārpstas griešanās frekvenci par 200-400  $\text{min}^{-1}$ , salīdzinājumā ar iepriekšējā mēģinājumā iestādīto kloķvārpstas griešanās frekvenci. Līdzīgi kā iepriekšējā mēģinājumā pierēģistrē sekojošus lielumus: kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , bremsēšanas spēku  $P_b$ , degvielas patēriņu katrā mērījumā  $G_{od}$ , izmēģinājuma laiku  $t_d$ , dzeses šķidruma temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , kā arī atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ .
- ✓ Katru nākamo mērījumu veic līdzīgi iesaktajai metodikai, katru reizi par noteiktu lielumu samazinot slodzi un palielinot motora kloķvārpstas griešanās

frekvenci, kā arī uzņemot vēl 5-7 punktus un reģistrējot visus iepriekš pieminētos parametrus;.

- ✓ Pēdējo mērījumu veic režīmā, kad motors strādā ar minimālo noslodzi, bet kloķvārpstas griešanās frekvence ir par 10% lielāka nekā maksimālajai jaudai atbilstošā kloķvārpstas griešanās frekvence;
- ✓ Pēc pilna mērījumu cikla izdarīšanas, tālāko mērījumu sēriju veic pretējā virzienā, palielinot slodzi un samazinot kloķvārpstas griešanās frekvenci.

### **DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:**

Nobeidzot izmēģinājumus, veic iegūto mērījumu apstrādi, aprēķinot motora efektīvo jaudu  $N_e$ , īpatnējo degvielas patēriņu  $g_e$ , degvielas masas patēriņu  $G_d$ , griezes momentu  $M_e$ , kā arī citus parametrus (ja tika noteikti nepieciešamie rādītāji). Visus mērījumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā (skat. 7. pielikumu) un attēlo grafisko sakarību veidā:  $G_d = f(n)$ ,  $g_e = f(n)$ ,  $N_e = f(n)$ ,  $M_e = f(n)$ . Ja eksperimentālā darba ietvaros ir veikta arī citu parametru kontrole, tad šo parametru attēlojumu grafiku vai tabulas formātā veikt atbilstoši pasniedzēja norādījumiem.

Darba analīzes ietvaros uzzīmētajā grafikā noteikt un atzīmēt motora maksimālo efektīvo griezes momentu  $M_{e_{\max}}$ , maksimālo efektīvo jaudu  $N_{e_{\max}}$  un minimālo degvielas īpatnējo degvielas patēriņu  $g_{e_{\min}}$ , kā arī, izmantojot izmēģināmā motora tehnisko raksturojumu, pārbaudīt, vai eksperimentālā ceļā konstatētie tehniskie dati atbilst ražotāja uzrādītajai informācijai. Sīkāk komentējiet atšķirības, ja tādas ir konstatētas.

### **KONTROLJAUTĀJUMI**

1. Kas ir ātruma raksturlīkne?
2. Kādā nolūkā izmanto ātruma raksturlīknes?
3. Kādi ir ātruma raksturlīkņu veidi? Kādas ir to būtiskākās atšķirības?
4. Kādi nosacījumi jāievēro ātruma raksturlīkņu uzņemšanas laikā?
5. Izkaidrojiet raksturīgākos punktus ātruma raksturlīknē?

## 8. laboratorijas darbs

---

### OTTOMOTORA DEGMAISĪJUMA SASTĀVA REGULĒŠANAS RAKSTUROJUMA UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt raksturliķņu uzņemšanas metodiku, eksperimentālā darba ietvaros noteikt un izanalizēt motora pamatrādītāju – efektīvās jaudas, degvielas īpatnējā patēriņa, gaisa pāruma koeficienta un atgāzu temperatūras –izmaiņu likumsakarību raksturu atkarībā no maisījuma sastāva (gaisa pāruma koeficienta vai degvielas stundas patēriņa).

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends; izmēģināmais motors; iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **DARBA IZPILDES PAMATOJUMS:**

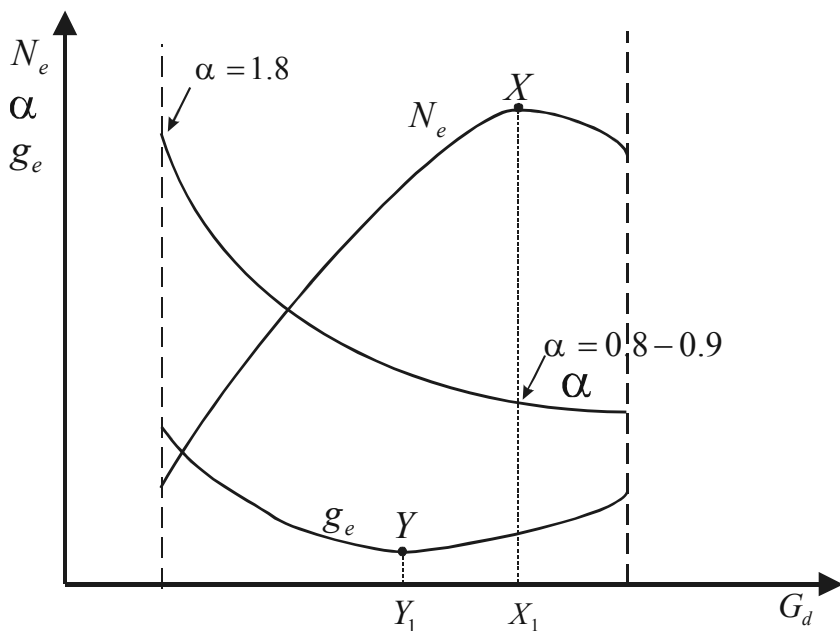
Ottomotorā degmaisījuma sastāva regulēšanas raksturojums parāda motora darbības galveno rādītāju – efektīvās jaudas, degvielas īpatnējā patēriņa, gaisa pāruma koeficienta un atgāzu temperatūras – izmaiņas atkarībā no degmaisījuma sastāva resp. padotās degvielas daudzuma [1]. Raksturojums tiek uzņemts pie pastāvīgas kloķvārpstas griešanās frekvences, nemainīga droseļvārsta atvēruma, nemainīga aizdedzes apsteidzes leņķa un dzeses šķidrums un eļļas temperatūras. Raksturojuma uzņemšanas laikā iegūta informācija tiek izmantota ottomotorā degmaisījuma sastāva pareizai regulēšanai.

Pie raksturojuma uzņemšanas degmaisījuma sastāvs tiek mainīts ievietojot karburatorā žiklerus ar dažādiem caurplūdes diametriem un iestatot karburatora regulēšanas adatu atšķirīgos stāvokļus vai mainot spiedienu pludiņkamerā [1]. Tomēr, ja karburatoram nav regulēšanas adatas, tad karburatora sienīgas korpusā (pretim pamata žiklerim) izurbj speciālu urbumu, iegriež tur vītņi un iemontē speciālu adatu [3].

Katrā mēģinājumā jāuztur obligāti nemainīgs aizdedzes apsteidzes leņķis. Uzsākot raksturliķņu uzņemšanas procedūru, tiek rekomendēts to darīt pie bagātiem maisījumiem, jo tieši šajā gadījumā motora darbība ir pietiekoši stabila un tamdēļ var viegli uzstādīt nepieciešamo ātruma režīmu [3].

Pēc raksturliķņu uzkonstruēšanas tiek konstatēti punkti, kuros motors sasniedz maksimālo jaudu un minimālo degvielas īpatnējo patēriņu. Pēc 8. attēla var redzēt, ka motors maksimālo jaudu sasniedz punktā X, kad motors strādā ar degmaisījumu, kura gaisa pāruma koeficients  $\alpha=0.8...0.9$  [1]. Jauda pietiekoši intensīvi samazinās motoram strādājot gan ar treknu, gan ar liesu degmaisījumu, taču visstraujāk tas notiek pēdējā gadījumā. Minimālais degvielas īpatnējais īpatpatēriņš tiek sasniegts punktā Y. Der atzīmēt, ka karburatora regulējums uz daudz liesāku degmaisījumu veicinās strauju motora jaudas samazināšanos un degvielas īpatnējā patēriņa pieaugumu, kas saistīts ar padodamās degvielas daudzuma un liesmas frontes izplatīšanās ātruma samazināšanos

[3]. Pie ļoti nabadzīgiem maisījumiem ( $\alpha=1.4$ ) motors vairs nestrādā stabili, vai arī nestrādā vispār, jo degviela degmaisījumā vairs neuzliesmo [3].



8. att. Ottomotora degmaisījuma regulēšanas raksturojums

Tā kā motors maksimālo jaudu sasniedz pie gaisa pāruma koeficienta vērtības  $\alpha=0.8...0.9$ , bet minimālo īpatņatēriņu pie vērtības  $\alpha=1.05...1.15$  [1], tad racionālāko karburatora regulējumu meklē diapazonā starp punktiem  $X_1$  un  $Y_1$ . Der ievērot, ka gadījumos, kad motors ir paredzēts darbam droselēvārsta pilna atvēruma režīmā, tad karburatora maksimālo regulējumu tuvina maksimālās jaudas zonai, bet, ja motors ir paredzēts darbam pievērta droselēvārsta režīmā, tad karburatora maksimālo regulējumu tuvina degvielas minimālā īpatņatēriņa zonai [1].

#### DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:

- ✓ Izmēģinājumus uzsāk galvenā žiklera adatu pagriežot par 4-5 apgriezieniem.
- ✓ Iestāda nemainīgu, pasniedzēja norādīto motora kloķvārpstas griešanās frekvenci un pēc 3-5 minūšu darbības reģistrē sekojošus parametrus: galvenā žiklera adatas stāvokli  $h$ , bremzēšanas spēku  $P_b$ , stenda griešanās frekvenci  $n_{st}$ , motora kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , degvielas patēriņu katrā mēģinājumā  $G_{od}$ , izmēģinājuma laiku  $t_d$ , dzeszes šķidruma temperatūru  $t_{dz}$ ,

eļļas temperatūru  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , kā arī atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ .

- ✓ Nākošā mēģinājumā veic karburatora regulēšanu, samazinot degvielas patēriņu, t.i., žiklera adatas stāvokli izmainot par 0.5 līdz 1 apgriezienam.
- ✓ Uzstāda nepieciešamo motora kloķvārpstas griešanās frekvenci, izmainot bremsēšanas spēku un līdzīgi kā iepriekšējā mēģinājumā pēc 3-5 minūšu darbības reģistrē sekojošus lielumus: galvenā žiklera adatas stāvokli  $h$ , bremsēšanas spēku  $P_b$ , stenda griešanās frekvenci  $n_{st}$ , motora kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , degvielas patēriņu katrā mēģinājumā  $G_{od}$ , izmēģinājuma laiku  $t_d$ , dzesēs šķidrums temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , kā arī atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ .
- ✓ Katru nākamo mēģinājumu veic līdzīgi iesāktajai metodikai, uzņemot vēl 5-7 punktus un pierēģistrējot visus iepriekš pieminētos parametrus.
- ✓ Pēdējo mēģinājumu veic režīmā pie iepriekš noregulētās motora kloķvārpstas griešanās frekvences, kad motors strādā pietiekoši stabili ar nabadzīgu maisījumu.

### **DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:**

Pēc mēģinājumu izdarīšanas veic iegūto rezultātu apstrādi, izmantojot pirmajā laboratorijas darbā apskatītās formulas. Visus mēģinājumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā (skat. 8. pielikumu) un attēlo grafisko sakarību veidā:  $g_e = f(G_d)$  un  $N_e = f(G_d)$ .

### **KONTROLJAUTĀJUMI**

1. Kāds praktisks mērķis ir ottomatora degmaisījuma sastāva regulēšanas raksturojuma uzņemšanai?
2. Kādi grafiskie veidi attiecībā uz optimālā ottomatora regulējumu atrašanu Jums vēl ir zināmi?
3. Pie kāda degmaisījuma sastāva motors attīsta vislabāko degvielas ekonomiskumu un attīsta lielāko jaudu?

## 9. laboratorijas darbs

---

### OTTOMOTORA SLODZES RAKSTUROJUMA UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRKIS:** Apgūt slodzes raksturlīkņu uzņemšanas metodiku, aprēķināt un izanalizēt motora pamatrādītāju – degvielas stundas patēriņa, degvielas īpatnējā patēriņa, gaisa pāruma koeficienta u.c. parametru – izmaiņu likumsakarības atkarībā no motora noslodzes. Darba ietvaros jānosaka uzdotā ātruma režīma optimālos noslodzes intervālus.

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS:** Motoru izmēģināšanas stends, izmēģināmais motors, iekārtas un aprīkojums motora un stenda galveno parametru kontrolei izmēģinājumu laikā.

#### **PIEZĪMES ATTIECĪBĀ UZ DARBA IZPILDI:**

Par ottomotora slodzes raksturlīkni sauc motora darba parametru – degvielas stundas patēriņa, degvielas īpatnējā patēriņa, gaisa pāruma koeficienta u.c. parametru – atkarību no motora efektīvās jaudas. Visus pieminētos un citus rādītājus iegūst pie pastāvīgas kloķvārpstas griešanās frekvences un dažādiem droseļvārsta atvērumiem.

Ekspluatācijas apstākļos ottomotora ātruma režīms mainās diezgan plašā diapazonā. Savukārt, tas neļauj pilnīgi spriest par motora ekonomiskajiem rādītājiem. Šajā sakarā būtu vēlams uzņemt nevis vienu, bet vairākas slodzes raksturlīknes visā daļēju slodžu diapazonā dažādās kloķvārpstas griešanās frekvencēs [5]. Rekomendējamā griešanās frekvence slodzes raksturlīknes uzņemšanai varētu būt puse no motora nominālās kloķvārpstas griešanās frekvences.

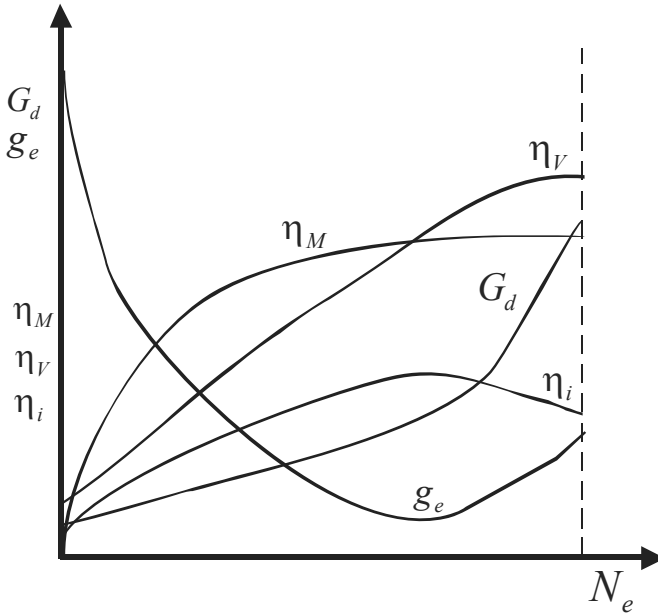
Lielāko daļu eksperimentu cenšas veikt ekonomaizera darbības zonā, kas tādējādi ļautu noteikt tā pieslēgšanās momentu, kā arī palīdzētu noteikt degvielas īpatnējam patēriņam visatbilstošāko degvielas masas patēriņu [5].

Motora darba parametru izmaiņas atkarībā no slodzes ir parādītas 9. attēlā.

Mainoties slodzei, mainās pietiekoši ievērojami arī pildījuma koeficients  $\eta_V$ . Tas ietekmē arī degvielas stundas patēriņa pieaugumu, kas īpaši strauji pieaug pie lielākām slodzēm. Tas jau ir izskaidrojams ar ekonomaizera darbības sākumu.

Uzņemot raksturlīkni, der atcerēties, ka būtisks apstāklis tās uzņemšanā ir nepieciešamība uzturēt nemainīgu kloķvārpstas griešanās frekvenci. Tas nozīmē tikai to, ka katrai kloķvārpstas griešanās frekvencei būs atbilstoša slodzes raksturlīkne.





9. att. Ottomotora slodzes raksturojuma parametru un cikla galveno parametru izmaiņas atkarībā no efektīvā spiediena

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

- ✓ Uzsākot izmēģinājumus, ottomotora regulēšanas adatu nostāda stāvoklī, kas iepriekš tika noteikts 8. laboratorijas darbā;
- ✓ Iestāda maksimālo droseļvārsta aizvērumu pie kura tiek nodrošināts stabils motora darbs brīvgaitas režīmā pie izvēlētās motora kloķvārpstas griešanās frekvences un pēc 3-5 minūšu darbības pierēģistrē sekojošus parametrus: bremzēšanas spēku  $P_b$ , motora kloķvārpstas griešanās frekvenci  $n$ , degvielas patēriņa laiku  $t_d$ , patērētās degvielas daudzumu  $G_{od}$ , gaisa temperatūru  $t_g$ , dzeses šķidruma temperatūru  $t_{dz}$ , eļļas temperatūru eļļošanas sistēmā  $t_{el}$ , eļļas spiedienu eļļošanas sistēmā  $p_{el}$ , atmosfēras spiedienu  $p_{at}$ , aizdedzes apstieždes leņķi  $\varphi_{a.a.}$  un droseļvārsta stāvokli.
- ✓ Nedaudz paver droseļvārstu un iestāda nepieciešamo kloķvārpstas griešanās frekvenci, palielinot noslodzi un pēc 3-5 minūšu darbības pierēģistrē visus iepriekš pieminētos parametrus;
- ✓ Mēģinājumus turpina pēc apskatītās metodikas, palielinot droseļvārsta atvēršanu par noteiktu lielumu un uzturot nepieciešamo kloķvārpstas griešanās

frekvenci, un uzņemot vēl 5-7 punktus un pierēģistrējot visus iepriekš minētos parametrus;

- ✓ Pēdējo izmēģinājumu veic pie pilnībā atvērta droseļvārsta, kas atbilst tādām degvielas stundas patēriņam, kad motors attīsta vislielāko jaudu;
- ✓ Tālākos mērijumu atkārtojumus vēlams veikt pretējā virzienā, pieverot droseļvārsta atvērums par vienu un to pašu vienību.

### **DARBA REZULTĀTU ANALĪZE:**

Pēc mērijumu izdarīšanas veic izmēģinājumu rezultātu apstrādi, kur aprēķina motora efektīvo jaudu  $N_e$ , degvielas īpatpatēriņu  $g_e$ , degvielas masas patēriņu  $G_d$ , vidējo efektīvo spiedienu  $p_e$ , kā arī citus parametrus. Visus mērijumu un aprēķinu rezultātus ieraksta laboratorijas darba protokolā dotajā tabulā (skat. 9. pielikumu) un attēlo grafisko sakarību veidā:  $G_d = f(p_e)$ ,  $g_e = f(p_e)$ , un  $\alpha = f(p_e)$ .

### **KONTROLJAUTĀJUMI**

1. Kas ir ottomotora slodzes raksturojums? Ar kādu nolūku to uzņemt?
2. Īsi raksturojiet ottomotora slodzes raksturlīknes uzņemšanas metodiku.
3. Kādus motora darbības režīmus izšķir slodzes raksturlīknē?

## IZMANTOTĀ LITERĀTŪRA

1. Traktoru un automobiļu motoru konstrukcija, teorija un aprēķins / J. Kažoka un G. Melgalvja red.: Rīga: Zvaigzne, 1980. – 375 lpp.
2. Ананьев С.И., Дьяченко Г.Н. Испытание двигателей внутреннего сгорания: Учеб. пособие / Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 1999. – 37 с.
3. Иншаков А.П., Карпов А.М., Панков А.И. Практикум по испытанию автотракторных двигателей: Учеб. пособие / Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1997. – 104 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания: Теория рабочих процессов. Кн.1.: Под ред. В.Н.Луканина. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2005. – 479 с.
5. Хитрюк В. А., Цехов Е.С. Практикум по автотракторным двигателям: Учеб. пособие / Ураджай, 1989. – 143 с.
6. Стуканов В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля: Учеб. пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 368 с.
7. Plint M., Martyr A. Engine testing: theory and practice / Butterworth Heinemann, 2nd edition, 1999. – 363 p.
8. Ferguson, C.R., Kirkpatrick, A.T. Internal combustion engines: applied thermosciences / John Wiley & Sons, 2nd edition, 2002. – 369 p.
9. Cikovskis V. Motori: Mācību līdzeklis – Rīga: Jumava, 2000 – 224 lpp.

# **PIELIKUMI**

## **1. laboratorijas darbs**

### **MOTORU IZMĒGINĀŠANAS STENDA UZBŪVES UN APRĪKOJUMA APGŪVE**

**DARBA MĒRĶIS:**

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:**

**IZMĒGINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:**

**IZMĒGINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS, GRUPA):**

**DATUMS:**

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

**STENDA PRINCIPIĀLĀ SHĒMA**

**STENDA TARĒŠANAS SHĒMA**

**TARĒŠANAS DATU TABULA UN GRAFIKS**

**SECINĀJUMI:**

## 2. laboratorijas darbs

### MOTORA AUKSTĀ UN KARSTĀ PIESTRĀDE

DARBA MĒRĶIS:

DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:

IZMĒGINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:

IZMĒGINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS, GRUPA):

DATUMS:

DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:

DARBA REZULTĀTI:

N.p.k.	$n, \text{min}^{-1}$	$P_b, \text{N}$	$t_{dz}, ^\circ\text{C}$	$t_{eb}, ^\circ\text{C}$	$T_{atg}, ^\circ\text{C}$	Piezīmes attiecībā uz darba izpildi

GRAFIKI:

SECINĀJUMI:

### 3. laboratorijas darbs

#### DĪZĒLMOTORA REGULATORA RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA ATKARĪBĀ NO IESMIDZINĀŠANAS APSTEIDZES LENĶA

**DARBA MĒRĶIS:**

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:**

**IZMĒGINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:**

**IZMĒGINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVARDS, KURSS, GRUPA):**

**DATUMS:**

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

**DARBA REZULTĀTI:**

$N_{p.k.}$	$\Theta_{ies}, ^\circ$	$n, \text{min}^{-1}$	$n_s, \text{min}^{-1}$	$P_{b3}, \text{N}$	$t_{d3}, \text{s}$	$t_{g3}, ^\circ\text{C}$	$t_{dz2}, ^\circ\text{C}$	$t_{d1}, ^\circ\text{C}$	$P_{d1}, \text{MPa}$	$N_{e3}, \text{kW}$	$G_{d3}, \text{kg/h}$	$g_{e3}, \text{g/kWh}$

**GRAFIKI:**

**SECINĀJUMI:**

## 4. laboratorijas darbs

### DĪZEĻMOTORA SLODZES RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRĶIS:**

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:**

**IZMĒĢINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:**

**IZMĒĢINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS, GRUPA):**

**DATUMS:**

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

**DARBA REZULTĀTI:**

$N, \text{p.k.}$	$n, \text{min}^{-1}$	$P_b, \text{N}$	$t_d, \text{s}$	$G_{\text{od}}, \text{g}$	$t_g, ^\circ\text{C}$	$t_{dz}, ^\circ\text{C}$	$t_{eb}, ^\circ\text{C}$	$p_{eb}, \text{MPa}$	$P_{ab}, \text{MPa}$	$N_{e3}, \text{kW}$	$G_d, \text{kg/h}$	$p_{e3}, \text{MPa}$	$M_{e3}, \text{kNm}$

**GRAFIKI:**

**SECINĀJUMI:**



## 5. laboratorijas darbs

### DĪZĒLMOTORA ĀTRUMA RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRĶIS:**

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:**

**IZMĒĢINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:**

**IZMĒĢINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS, GRUPA):**

**DATUMS:**

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

**DARBA REZULTĀTI:**

N, p.k.	$n, \text{min}^{-1}$	$P_b, \text{N}$	$t_d, \text{s}$	$G_{\text{od}}, \text{g}$	$t_g, ^\circ\text{C}$	$t_{dz}, ^\circ\text{C}$	$t_{eb}, ^\circ\text{C}$	$p_{eb}, \text{MPa}$	$P_{ab}, \text{MPa}$	$N_e, \text{kW}$	$M_e, \text{Nm}$	$G_d, \text{kg/h}$	$g_e, \text{g/kWh}$

**GRAFIKI:**

**SECINĀJUMI:**

## 6. laboratorijas darbs

### OTTOMOTORA REGULĒŠANAS RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA ATKARĪBĀ NO AIZDEDZES APSTEIDZES LENĶA

**DARBA MĒRĶIS:**

**DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:**

**IZMĒGINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:**

**IZMĒGINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS GRUPA):**

**DATUMS:**

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

**DARBA REZULTĀTI:**

N.p.k.	$n$ , min <sup>-1</sup>	$n_r$ , min <sup>-1</sup>	$P_{br}$ , N	$t_d$ , s	$t_{gr}$ , °C	$t_{diz}$ , °C	$t_{ei}$ , °C	$p_{eb}$ , MPa	$N_{es}$ , kW	$G_{ib}$ , kg/h	$g_{es}$ , g/kWh	$\phi_{a.a.}$ , °

**GRAFIKI:**

**SECINĀJUMI:**

## 7. laboratorijas darbs

### OTTOMOTORA ĀTRUMA RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA

**DARBA MĒRĶIS:**

**DARBA VIETAS APRIKOJUMS UN APSTĀKĻI:**

**IZMĒĢINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:**

**IZMĒĢINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS, GRUPA):**

**DATUMS:**

**DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:**

**DARBA REZULTĀTI:**

N, p.k.	n, min <sup>-1</sup>	P <sub>b</sub> , N	t <sub>d</sub> , s	G <sub>od</sub> , g	t <sub>g</sub> , °C	t <sub>dz</sub> , °C	t <sub>eb</sub> , °C	p <sub>eb</sub> , MPa	P <sub>ab</sub> , MPa	N <sub>e</sub> , kW	M <sub>e</sub> , Nm	G <sub>d</sub> , kg/h	g <sub>e</sub> , g/kWh

**GRAFIKI:**

**SECINĀJUMI:**

## 8. laboratorijas darbs

### OTTOMOTORA DEGMAISIĀJUMA SASTĀVA REGULĒŠANAS RAKSTUROJUMA UZŅEMŠANA

DARBA MĒRĶIS:

DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:

IZMĒGINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:

IZMĒGINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS, GRUPA):

DATUMS:

DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:

DARBA REZULTĀTI:

N.p.k.	h, mm	n, min <sup>-1</sup>	n <sub>st</sub> , min <sup>-1</sup>	P <sub>b</sub> , N	t <sub>0</sub> , s	G <sub>ad</sub> , g	t <sub>dz</sub> , °C	t <sub>eb</sub> , °C	P <sub>eb</sub> , MPa	P <sub>at</sub> , MPa	G <sub>0</sub> , kg/h	g <sub>c</sub> , g/kWh

GRAFIKI:

SECINĀJUMI:

## 9. laboratorijas darbs

### OTTOMOTORA SLODZES RAKSTURLĪKNES UZŅEMŠANA

DARBA MĒRĶIS:

DARBA VIETAS APRĪKOJUMS UN APSTĀKĻI:

IZMĒGINĀJUMU NORISES VIETA UN LAIKS:

IZMĒGINĀJUMUS VEICIS (VĀRDS, UZVĀRDS, KURSS, GRUPA):

DATUMS:

DARBA IZPILDES KĀRTĪBA:

DARBA REZULTĀTI:

N.p.k.	n, min <sup>-1</sup>	P <sub>b</sub> , N	t <sub>b</sub> , s	G <sub>od</sub> , g	t <sub>g</sub> , °C	t <sub>diz</sub> , °C	t <sub>el</sub> , °C	p <sub>cb</sub> , MPa	p <sub>vid</sub> , MPa	φ <sub>a.a.</sub> , °	N <sub>es</sub> , kW	G <sub>d</sub> , kg/h	p <sub>es</sub> , MPa	g <sub>es</sub> , g/kWh

GRAFIKI:

SECINĀJUMI: