

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
TEHNISKĀ FAKULTĀTE

STUDENTU UN MAĢISTRANTU
ZINĀTNISKĀS KONFERENCES
RAKSTI

INŽENIERZINĀTŅU SEKCIJA

JELGAVA 2011

TF studentu un maģistrantu zinātniskās konferences raksti
2011. gada 5. maijs
Jelgava

Konferences komiteja

priekšsēdētājs:

lekt. **Aldis Lojāns**
(Lauksaimniecības enerģētikas institūts)

locekļi:

prof. **Juris Priekulis**
(Lauksaimniecības tehnikas institūts)

doc. **Jānis Tupiņš**
(Spēkratu institūts)

lekt. **Laimonis Dominieks**
(Mehānikas institūts)

Sastādīja: **Andris Dukulis, Ilmārs Dukulis**

SATURS**Arnis Pumpucis**

BRAUKŠANAS CIKLA IZSTRĀDE IZMANTOŠANAI UZ JAUDAS STENDA

DRIVING CYCLE DEVELOPMENT FOR USE ON THE LABORATORY CHASSIS DYNAMOMETER 5**Atis Reškis**DEGVIELAS PATĒRIŅA UN ATGĀZU SASTĀVA PĒTIJUMI, LIETOJOT
AR ŪDENRADI BAGĀTINĀTU DEGMAISĪJUMU DZIRKSTEĻAIZDEDZES MOTOROS
*FUEL CONSUMPTION AND EMISSION STUDIES OF A HYDROGEN ENRICHED**SPARK IGNITION ENGINE* 10**Asnate Ķirse**

BEZGLUTĒNA MAIZES MIKROFLORA

MICROFLORA OF GLUTEN-FREE BREAD 14**Asnate Ķirse**

KAILGRAUDU AUZU UN MIEŽU DZĒRIENI

NAKED OAT AND BARLEY DRINKS 18**Edgars Palabinskis**

SILTUMENERĢIJAS ZUDUMU ANALĪZE SILTUMTRASĒ

HEAT LOSS ANALYSIS OF HEATING MAIN 23**Elgars Širaks**

NIEDRU PRIMĀRĀS KOMPAKTĒŠANAS PĒTĪJUMI

INVESTIGATION OF COMMON REED COMPACTION 27**Elmārs Piesis**

EVOLVENTU SAZOBES KONSTRUĒŠANA

GEAR INVOLUTE DESIGN 32**Jānis Meikulāns**

METĀLA KONSTRUKCIJU SPĒKU ANALĪZE

METAL CONSTRUCTION FORCES ANALYSIS 35**Jānis Supe**

DĪZELMOTORU AR IZDILUŠU AUGSTSPIEDIENA SŪKNI IEDARBINĀŠANAS

ATVIEGLOŠANA AR EĻĻAS PIEVIENOŠANU DĪZELDEGVIELAI

*STARTING RELIEF OF DIESEL ENGINE WITH WORN HIGH PRESURE**FUEL INJECTION PUMP WITH ADDING OIL IN DIESEL FUEL* 39**Kārlis Grīnbergs**

CIETO DAĻIŅU ATDALĪŠANA NO DŪMGĀZĒM

PARTICULATE MATTER FILTRATION FROM FUME GAS 44**Māris Gailis**

MOTORA GAISA FILTRA NOMAIŅAS KRITĒRIJU PĒTĪJUMS

RESEARCH ON CRITERIA FOR ENGINE AIR FILTER REPLACEMENT 48**Mārtiņš Jankevičus**

SALIKŠANAS PRECIZITĀTES KOREKCIJA ATTBILSTOŠI ROBOTA PRASĪBĀM

ADJUSTMENT OF ASSEMBLY PRECISION IN ACCORDANCE WITH ROBOT'S REQUIREMENTS 53

Dmitrijs Todorovs, Edgars Kokorevičs

KAŅEPJU STIEBRU UN BRIKEŠU FIZIKĀLI-MEHĀNISKO ĪPAŠĪBU IZPĒTE

INVESTIGATION OF HEMP STALK AND BRIQUETTE MECHANICAL PROPERTIES 58**Uldis Putnieks**

SLODZES IETEKME UZ DEGVIELAS PATĒRIŅU MĒRĪJUMOS UZ JAUDAS STENDA

LOAD IMPACT ON FUEL CONSUMPTION MEASUREMENTS ON A CHASSIS DYNAMOMETER 63**Valdis Kleinbergs**

SALMU GRANULU DEGŠANAS PĒTĪJUMI UNIVERSĀLĀ GRANULU DEGLĪ

STRAW PELLETT BURNING IN UNIVERSAL PELLETT BURNER 68**Valdis Vekša**

BIOGĀZES KOĢENERĀCIJA LAUKSAIMNIECĪBAS OBJEKTA ENERGOAPGĀDĒ

BIOGAS COGENERATION IN AGRICULTURAL FACILITY ENERGY SUPPLY 72**Mārtiņš Ozolapiņš**

TERMOELEKTRISKO ELEMENTU IZMANTOŠANA

ELEKTROENERĢIJAS ĢENERĒŠANAI

USAGE OF THERMOELECTRIC ELEMENTS FOR PRODUCTION OF ELECTRICAL ENERGY 77

BRAUKŠANAS CIKLA IZSTRĀDE IZMANTOŠANAI UZ JAUDAS STENDA

DRIVING CYCLE DEVELOPMENT FOR USE ON THE LABORATORY CHASSIS DYNAMOMETER

Arnis Pumpucis

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Ilmārs Dukulis

Zinātniskais vadītājs, lektors, Mg.sc.ing., Mg.paed.

Abstract: The real driving conditions are usually simulated by driving cycles on a laboratory chassis dynamometer. There are two major categories of driving cycles: legislative and non-legislative. From the viewpoint of cycle formation there are also two ways. One is composed from various driving modes of constant acceleration, deceleration and speed, and is referred as modal or polygonal. The other type is derived from actual driving data and is called as 'real world' cycle. There is a strong agreement among researchers that driving characteristics of each city are unique because of different vehicle fleet composition, driving behaviour and road network topography. It is therefore better to develop own driving cycles than using driving cycles developed elsewhere. The aim of this investigation is to develop driving cycles or models for dynamometer control software corresponding to peculiarities of Latvia. In order to develop the driving cycle, that characterizes the traffic in Latvian cities, real driving data was gathered in Riga, Jelgava, Jurmala, Jekabpils, Rezekne, Ogre and Daugavpils. The quality of the driving cycle module was determined in laboratory tests. In the result, the developed driving cycle imitates driving conditions in the biggest cities of Latvia and elaborated cycle can be used for the biofuel use efficiency determination.

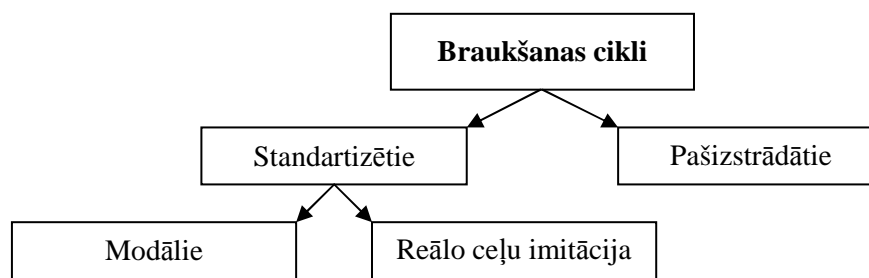
Atslēgas vārdi: braukšanas cikls, sertifikācija, degvielas patēriņš, jaudas stends.

Ievads

Transportlīdzekļi ir kļuvuši par neatņemamu dzīves sastāvdaļu ikvienam no mums un to skaits katru gadu palielinās. Transportlīdzekļu skaitam palielinoties, pieaug arī satiksmes intensitāte pilsētās, kurās veidojas visvairāk kaitīgo izmešu no transportlīdzekļiem. Latvija arī nav izņēmums. Milzīgais transportlīdzekļu pieaugums pēdējos gados rada nopietnas satiksmes problēmas Latvijas lielākajās pilsētās, kurās autovadītājiem nākas transportlīdzekļus bieži strauji apstādināt, uzsākt braukšanas kustību, kā arī bremsēt. Visu šo darbību rezultātā rodas bīstamas situācijas, tiek apdraudēta transportlīdzekļu vadītāju un pasažieru dzīvība un veselība.

Ne mazāk būtiski ir tas, ka palielinās transportlīdzekļa atteikuma iespējamība, pieaug kaitīgo izmešu daudzums (ogļskābā gāze, oglekļa oksīds, slāpekļa oksīdi, svina savienojumi, nepilnīgi sadegusī un iztvaikojušī degviela), kas nokļūst atmosfērā, turklāt, pieaug arī transportlīdzekļa degvielas patēriņš.

Pasaulē pastāv normatīvi, kas regulē transportlīdzekļu emisiju daudzumu [1]. Eiropas Savienībā ir spēkā standartizētais braukšanas cikls vieglajiem transportlīdzekļiem CE+EUDC, ASV – standartizētais braukšanas cikls FTP-75, bet Japānā – 10-15 režīma cikls. Braukšanas ciklu veidi ir shematiski parādīti 1.attēlā. Standartizētos braukšanas ciklus izmanto gan transportlīdzekļu sertificēšanai pēc emisiju daudzuma, gan degvielas patēriņa noteikšanai ASV, Eiropā, Japānā. Pašizstrādātos braukšanas ciklus izveido zinātnieki, ja konstatējuši neatbilstības ar reālo dzīvi standartizētajos braukšanas ciklos.



1. att. Braukšanas ciklu iedalījums

Standartizētie modālie braukšanas cikli ir veidoti no vairākiem konstantiem braukšanas paātrinājumiem, palēninājumiem, apstāšanās, konstanta ātruma, piemēram, NEDC (*New European Driving Cycle*) un ECE (*European Driving Cycle*) [2]. Savukārt, IMC (*Improved Driving Cycle*) braukšanas cikls tika izstrādāts, izvērtējot desmit braukšanas parametrus: vidējo ātrumu, vidējo pārvietošanās ātrumu, vidējo paātrinājumu un palēninājumu, vidējo mikro brauciena ilgumu, vidējo paātrinājumu un palēninājumu izmaiņu mikro braucienā un tukšgaitā, paātrinājumu brīvā un palēninājumā. 13-režīmu Eiropas braukšanas cikls vieglajiem automobiļiem tika radīts izvēloties braukšanas segmentus starp motora maksimāliem apgriezieniem un tiem sekojošiem nākamajiem segmentiem [3].

Standartizētie reālo ceļu imitāciju braukšanas cikli veidoti no reāliem braukšanas datiem un ir attiecināmi uz reālajiem ceļu un braukšanas apstākļiem. Tādi cikli ir, piemēram, FTP-75 (*Federal Test Procedure - 75*) un HWFET (*Highway Fuel Economy Cycle*) [4].

Pašizstrādātie braukšanas cikli var tikt veidoti modāli, gan pēc reāliem ceļu izmēģinājumiem, kā, piemēram, ADC (*Athens Driving Cycle*) [3] un EDC (*Edinburgh Driving Cycle*). Šie braukšanas cikli ir dinamiskāki, ar straujākām ātruma izmaiņām, palēninājumiem un paātrinājumiem un strauju apstāšanos, kas atkarīga no ceļa stāvokļa [5]. Lietojot reālos braukšanas ciklus, parasti tiek iegūts lielāks degvielas patēriņš un atgāzu daudzums, salīdzinot ar modāliem braukšanas cikliem.

Visiem esošajiem cikliem ir sava individuāla metodika, pēc kuras vadījās ciklu izstrādātāji. Braukšanas ciklu analīze parāda, ka katram ciklam ir sava izstrādāta metode un savi individuālie novērtēšanas kritēriji, taču ka visiem cikliem ir arī kopīgi kritēriji, piemēram, vidējais ātrums, maksimālais ātrums, vidējais paātrinājums, palēninājums u.c. Transportlīdzekļa novērošana, izsekošana tiek veikta ar GPS (*Global Positioning System*), kas ļauj iegūt ļoti precīzus datus par transportlīdzekļa atrašanās vietu un tā pārvietošanās ātrumu.

Katrs cikls raksturo savas valsts un tajā esošo pilsētu braukšanas intensitāti, ātrumu, paātrinājumu un palēninājumu. Tāpat katram no šiem cikliem ir savas īpatnības, tie atšķiras ar savu dinamiku un raksturu, jo katra valsts un tajā esošās pilsētas atšķiras ar transportlīdzekļu daudzumu, apdzīvotības blīvumu, transportlīdzekļu kustības intensitāti un transportlīdzekļu vadītāju braukšanas kultūru. Tādēļ katrai Eiropas Savienības valstij vajadzētu izveidot savu individuālo braukšanas ciklu, kas raksturotu šīs valsts braukšanas kultūras īpatnības, jo braukšanas cikli bieži ir ļoti stilizēti un tiem ir maza saistība ar patiesajiem braukšanas apstākļiem uz ceļiem [2].

Materiāli un metodes

Lai izveidotu Latvijas apstākļiem piemērotu patieso braukšanas ciklu, Latvijas pilsētas tika sargrupētas pēc to iedzīvotāju skaita, teritorijas lieluma un transportlīdzekļu skaita.

Latvijas pilsētu braukšanas cikla izstrādei tika izvēlēta Jelgava, Jēkabpils, Jūrmala, Daugavpils, Ogre, Rēzekne un galvaspilsēta Rīga.

Ceļa izmēģinājumi tika veikti pilsētu centros jeb kodolos un paplašinātā pilsētas teritorijā ar ātrumu virs 50 km h^{-1} ; darba dienās no 8:30 – 10:30 un 16:30 – 18:30, kad ir visintensīvākā satiksme. Katrā no šīm pilsētām izstrādātajos pilsētu maršrutos, ievērojot ceļu satiksmes noteikumus, tika veikti astoņi atkārtojuma braucieni.

Cikla izveidošanai un kvalitātes noteikšanai kā testa automobiļi tika izmantoti *Audi 100 2,5TDI*, *Mitsubishi Eclipse 2,0* un *VW Golf III 1,9TD*, kā arī šādas ierīces:

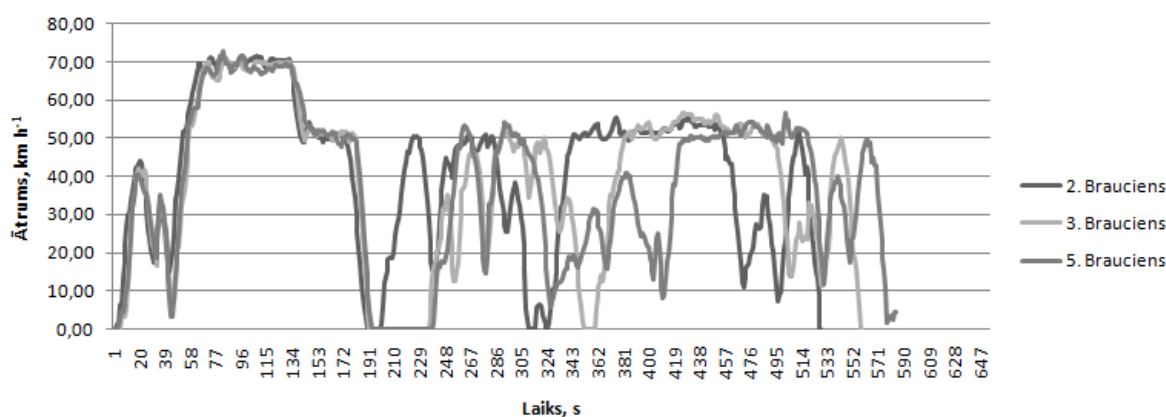
- *Data logger CANYON CNS-GPS2 (Global Positioning System)* koordināšu un ātruma fiksēšanai brauciena laikā, lai pēc iegūtajiem datiem spētu uzkonstruēt braukšanas ciklu;
- videokamera *Olympus $\mu 1030SW$* veiktā maršruta un ātrumu pārslēgšanas laika piefiksēšanai;
- elektroniskie svāri *Kern 440–49A* degvielas patēriņa mērījumiem;
- veltņu stends *Mustang MD-1750*.

Pirmā pilsēta braukšanas ātrumu līkņu iegūšanai bija Jūrmala. Tajā tika veikti 8 braucieni pa izstrādāto maršrutu, darba dienā, laika posmā no 8:30 – 10:30. Braukšanas maršruts ietvēra pilsētas centru un paplašinātu pilsētas teritoriju, kurā pēc ceļa zīmēm var pārvietoties ar ātrumu virs 50 km h^{-1} , pilsētas galvenās ielas (Rīgas ielu, Mežu prospektu) un mazākas nozīmes ielas (Viesturu ielu, Vienības prospektu). No izstrādātajā maršrutā veiktajiem 8 braucieniem tika atlasīti 3 braucieni ar visaugstāko

savstarpējo ātruma līkņu korelāciju (1. tabula). Turpmākai cikla izstrādei tika izmantoti braukšanas dati no 2., 3. un 5. brauciena. Izvēlēto braucienu ātrumu līknes parādītas 2. attēlā.

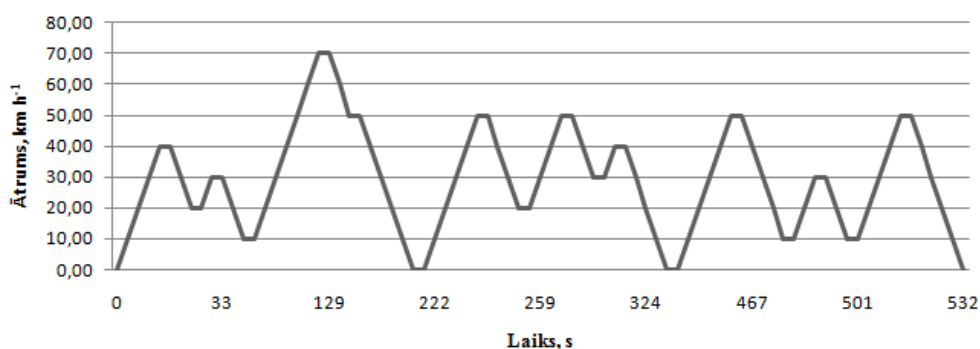
1. tabula. Jūrmalas pilsētas braucienu analīze (korelācijas koeficienti)

Brauciens	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,33	0,39	0,58	0,55	0,35	0,70	0,21
2	0,33		0,54	0,33	0,54	0,80	0,21	0,61
3	0,39	0,54		0,63	0,82	0,48	0,40	0,75
4	0,58	0,33	0,63		0,69	0,31	0,57	0,48
5	0,55	0,54	0,82	0,69		0,40	0,49	0,66
6	0,35	0,80	0,48	0,31	0,40		0,28	0,52
7	0,70	0,21	0,40	0,57	0,49	0,28		0,13
8	0,21	0,61	0,75	0,48	0,66	0,52	0,13	
Brauciens	1	2	3	4	5	6	7	8
Vidējā korelācija	0,44	0,48	0,57	0,51	0,59	0,45	0,40	0,48



2. att. Jūrmalas pilsētas eksperimentālo braucienu ātrumu līknes

Katra izvēlēta eksperimentālā brauciena ātruma līkne tika apskatīta atsevišķi. Tā tika sadalīta vairākos mikro braucienos ar ātruma intervāliem no 0 – 10 km h⁻¹, 10 – 20 km h⁻¹, 20 – 30 km h⁻¹,..., 30 – 20 km h⁻¹, 20 – 10 km h⁻¹, 10 – 0 km h⁻¹. Sadalījums bija atkarīgs no mikro brauciena maksimālā ātruma. Vienādie mikro braucieni no katras eksperimentālās ātruma līknes tika analizēti atsevišķi, tika aprēķināti vidējie laiki pie katras attiecīgās ātrumu robežas. Piedevām tika aprēķināti vidējie laiki transportlīdzekļa konstantā braukšanā, paātrinājumā un palēninājumā, transportlīdzekļa stāvēšanā. No visiem laikiem katrā iedalītajā braukšanas posmā jeb mikro braucienā tika aprēķināts vidējais laiks Jūrmalas pilsētas teorētiskās braukšanas līknes veidošanai. Uzkonstruētā Jūrmalas pilsētas teorētiskā ātruma līkne parādīta 3. attēlā.

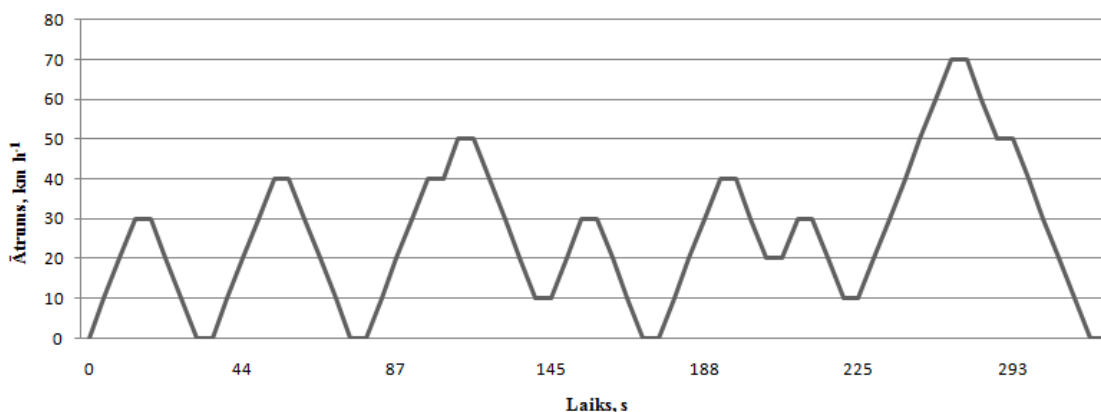


3. att. Jūrmalas pilsētas teorētiskā ātruma līkne

Rezultāti un diskusija

Tādā pašā secībā tika apstrādāti iegūtie braukšanas dati galvaspilsētā Rīga, Jēkabpilī, Rēzeknē, Ogrē, Jelgavā un Daugavpilī.

Katra izveidotā pilsētas teorētiskā brauciena ātruma līkne tika analizēta atsevišķi. Tās tika sadalītas vienādos mikro braucienos. Vienādie mikro braucieni no katras pilsētas teorētiskās ātruma līknes tika analizēti atsevišķi – tika aprēķināti vidējie laiki pie katras attiecīgās ātrumu robežas. Tika aprēķināti vidējie laiki transportlīdzekļa konstantā braukšanā, paātrinājumā un palēninājumā, kā arī transportlīdzekļa stāvēšanā. Tika aprēķinātas katra mikro brauciena sekundes vidējās vērtības, veiktas nelielas ātrumu korekcijas un cikla apgabalu pārbīdes. Rezultātā tika izveidots 310 sekundes ilgs Latvijas pilsētu braukšanas cikla modelis (skat. 4. att.).



4. att. Braukšanas cikla modelis

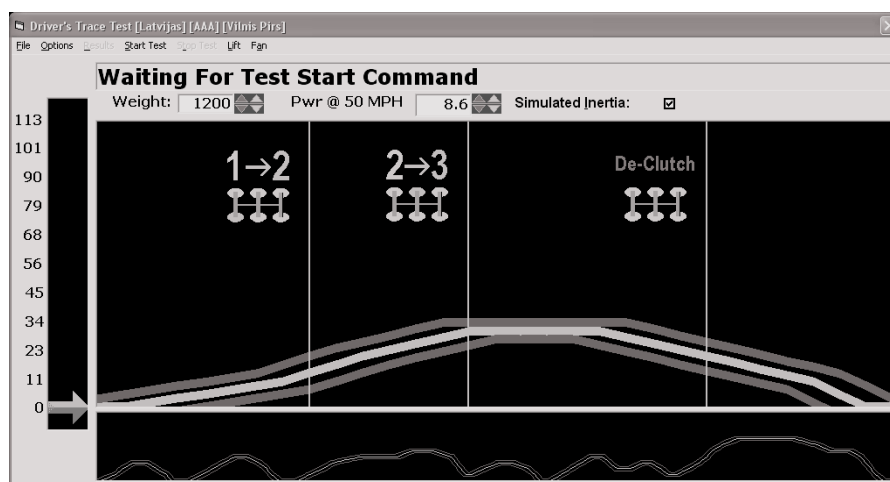
Pārnesumu pārslēgšanās laiki tika noteikti pēc videokameras ieraksta, aprēķinot vidējos ātrumus, pie kādiem tika pārslēgti attiecīgie pārnesumi.

Latvijas pilsētu braukšanas cikla programmatūras fragments uz veltnu stenda *Mustang MD-1750* dots 2. tabulā.

2. tabula. Cikla koda fragments

Cikla galvenā informācija	Ātruma punkti	Pārnesumu pārslēgšanas punkti
[General] Name=Latvijas RunningTime=310 MaxSpeedToShow=60 SpeedErrorLimit=2 SpeedErrorTimeRange=1 WarningToViolationTime=2 MaxDistanceError=0.05 HPIntegrationWindow1Start=55 HPIntegrationWindow1End=81 HPIntegrationWindow1Tolerance=0.5 HPIntegrationWindow2Start=189 HPIntegrationWindow2End=201 HPIntegrationWindow2Tolerance=0.5 LR_MinSE=0 LR_MaxSE=2 LR_Minm=0.96 LR_Maxm=1.01 LR_MinR2=0.97 LR_MaxR2=1 LR_Minb=-2 LR_Maxb=2 MaxISEPercent=1 MinPurgeFlow=1	[SpeedPoints] Point1=0 Point2=0 Point3=1 Point4=2.1 Point5=3.1 Point6=4.1 Point7=5.2 Point8=6.2 Point9=8.3 Point10=10.4 Point11=12.4 Point302=15.5 Point303=12.4 Point304=9.3 Point305=6.2 Point306=4.1 Point307=2.1 Point308=0 Point309=0 Point310=0	[ShiftPoint1] TimeIntoTest=8 FromGear=1 ToGear=2 [ShiftPoint2] TimeIntoTest=14 FromGear=2 ToGear=3 [ShiftPoint3] TimeIntoTest=23 FromGear=0 ToGear=0... [ShiftPoint19] TimeIntoTest=240 FromGear=3 ToGear=4 [ShiftPoint20] TimeIntoTest=301 FromGear=0 ToGear=0

Programmatūras izskats izstrādātā Latvijas pilsētu cikla braukšanas režīmam uz veltnu stenda *Mustang MD-1750* ir parādīts 5. attēlā.



5. att. Programmatūras izskats izstrādātam Latvijas pilsētu braukšanas ciklam

Latvijas braukšanas cikla kvalitātes noteikšanai tika izmantots VW Golf III 1,9TD un veltņu stends Mustang MD-1750. Tika veikti trīs Latvijas braukšanas cikla atkārtojumi. Rezultāti apkopoti 3. tabulā.

3. tabula. Testa braucienu analīze

Brauciens	Laiks, s	Attālums, km	Vidējais ātrums, km h ⁻¹	Degvielas patēriņš uz 100 km, l	Braukšanas līkņu korelācija		
					1	2	3
1	310	2,66	32	7,11	N/A	0,99997	0,99997
2	310	2,67	31	6,95	0,99997	N/A	0,99991
3	310	2,65	31	7,28	0,99998	0,99991	N/A
Vid.	310	2,66	31,33	7,11	0,99997	0,99994	0,99994

Secinājumi

1. Izveidotais braukšanas cikls uz veltņu stenda Mustang MD-1750 imitē satiksmes apstākļus Latvijas lielākajās pilsētās.
2. Braukšanas cikls ataino patieso degvielas patēriņu pilsētas braukšanas režīmā.
3. Ar izstrādāto metodiku ir iespējams imitēt ceļa posmus vai braukšanas zonas, lai precīzi varētu analizēt, kādu tieši piesārņojumu šis konkrētais ceļa posms rada.
4. Izstrādāto braukšanas ciklu var izmantot alternatīvo degvielu (biodīzeļdegvielas, bioetanola un rapšu eļļas) efektivitātes noteikšanai.

Izmantotie informācijas avoti

1. Wikipedi, The Free Encyclopedia, Emission standart. [tiešsaiste] [skatīts 10.02.2011.]. Pieejams: http://en.wikipedia.org/wiki/Emission_standard
2. Tzirakis E., Pitsas K., Zannikos F., Stournas S. (2006) Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the Athens driving cycle (ADC) with ECE-15 and European driving cycle (EDC). *Global NEST Journal*, Vol 8, No 3, pp. 282. – 290.
3. Jie Lin., Debbei A. Niemeier. (2002) An exploraty analysis comparing a stochastic driving cycle to California's regulatory cycle. *Atmospheric Environment* 36, pp. 5759. – 5770.
4. Berjoza D. (2007) Automobīlis un vide. Jelgava, 132 lpp.
5. Hung W.T., Tong H.Y., Lee C.P., Ha K., Pao L.Y. (2007) Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong. *Transportation Research, Part D*, pp. 115. – 128.

DEGVIELAS PATĒRIŅA UN ATGĀZU SASTĀVA PĒTIJUMI, LIETOJOT AR ŪDEŅRADI BAGĀTINĀTU DEGMAISĪJUMU DZIRKSTEĻAIZDEDZES MOTOROS

FUEL CONSUMPTION AND EMISSION STUDIES OF A HYDROGEN ENRICHED SPARK IGNITION ENGINE

Atis Reškis

Tehniskās fakultātes 1. kursa maģistrants

Ilmārs Dukulis

Zinātniskais vadītājs, lektors, Mg.ing., Mg.paed.

Abstract: An alternative energy development leaves a positive impression to the related industrial activities. The transition from traditional energy sources to alternative energy sources could become something of a national idea, a sector in which to grow. Fuel consumption and exhaust gas content in internal combustion engines is mainly dependent on the engine operation mode and used fuel, so to improve both mentioned parameters used fuel have to be changed. The purpose of the work is to investigate the hydrogen-rich mixture acquisition and use in spark-ignition engines, as well as to clarify the impact of hydrogen use on fuel consumption and emission content changes.

Atslēgas vārdi: ūdeņradis, bagātināts degmaisījums, alternatīvā enerģija.

Ievads

Mūsdienu pasaule no enerģētiskā viedokļa šobrīd nonākusi smagā situācijā. Vairums valstu savu ekonomiku ir uzbūvējuši tādā veidā, ka ikvienam visvienkāršākajam procesam pamatā ir degviela (benzīns, dīzeļdegviela, gāze utt.), ko iegūst no naftas atradnēm, diemžēl naftas ieguvju vietu skaits ir ierobežots. Naftas rezerves strauji samazinās, turpretī naftas patēriņš gadā pasaulē kopumā strauji aug. Gandrīz jebkurš process ir saistīts ar naftas patēriņu, jo pat elektrības liela daļa tiek ražota, izmantojot naftas produktus. Iekšdedzes motoru degvielas patēriņš un atgāzu sastāvs lielā mērā ir atkarīgs no motora darbināšanai izmantotā degvielas veida. Cilvēkiem zināmais jēdziens „degvielas toksiskums” parasti raksturo tās ekspluatācijas īpašības, kas raksturo pašas degvielas un tās sadegšanas produktu ietekmi uz apkārtējo vidi un, nenoliedzami, arī uz cilvēku veselību.

Ar ūdeņradi bagātinātam degmaisījumam atrodies degkamerā, fosilā degviela no dzirksteles uzliesmo, tad ūdeņradis tiek oksidēts un tādā veidā atbrīvo sevī uzkrāto enerģiju. Vienlaikus arī notiek oglekļa oksidēšanās, kā rezultātā atbrīvojas enerģija. Ūdeņradim ir trīs reizes augstāks enerģijas blīvums uz vienu masas vienību salīdzinot ar benzīnu ($143 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, benzīnam $46,9 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$). Nepieciešamo ūdeņradi var iegūt ar trīs dažādām metodēm, bet automobiļos visērtāk iegūt elektrolīzes procesā. Elektrolīze ir ķīmisks process, kas norisinās pie elektrodiem – anoda un katoda, ja caur elektrolīta šķīdumu vai kausējumu plūst strāva, kā rezultātā vielas tiek sadalītas atsevišķos ķīmiskajos elementos – ūdeņradī H_2 un skābeklī O_2 un citos savienojumos. Iegūtais ūdeņradis tiek pievadīts automobiļa gaisa ieplūdes sistēmā aiz gaisa filtra, kur tas saplūst ar ieplūstošo gaisu. Darba mērķis ir noskaidrot, kā ar ūdeņradi bagātināta degmaisījuma lietošana dzirksteļaiždedzes motoros ietekmē degvielas patēriņu un atgāzu sastāvu.

Materiāli un metodes

Izmēģinājumu veikšanai tika izmantota LLU Spēkratu institūtā izstrādātā un vairākos pētījumos aprobētā metodika, kuras izstrādes laikā veikta ierīču kalibrēšana, noteikts katra eksperimenta ilgums, kā arī atkārtojumu skaits [1; 2].

Eksperimentos izmantotās iekārtas:

- laboratorijas jaudas stends *Mustang MD-1750*;
- degvielas patēriņa mērītājs *AVL KMA Mobile*;
- daudzkomponentu izplūdes gāzu mērīšanas sistēma *AVL SESAM FTIR*.

Pētāmais objekts bija 2004. izlaiduma gada *Chrysler 300C* (sk. 1. att.) – četru durvju sedans ar piecām sēdvietām.



1. att. Eksperimentā izmantotais automobilis

Automobilis ir aprīkots ar 2736 cm³ V- 6 24 vārstu benzīndzinēju, kas spēj attīstīt 193 zirgspēku lielu jaudu pie 6400 min⁻¹. Dzinējs savu maksimālo griezes momentu 258 N m sasniedz pie 4000 min⁻¹. Automobilis ir aprīkots ar četru pakāpju automātisko pārnēsumu kārbu. Maksimālo ātrumu 209 km h⁻¹ automobilis sasniedz 11,1 sekundē. Degvielas patēriņš pilsētā ir 15,2 l uz 100 km, ārpus pilsētas 8,2 l uz 100 km, vidējais degvielas patēriņš 10,8 l uz 100 km. Automobiļa pašmasa ir 1735 kg [3]. Automobiļa dzinēja darbināšanai tika izmantota E 98 markas degviela.

Pētījumos, tika izmantota sērijveida ražojuma ūdeņraža iegūšanas iekārta EP – 130 (sk. 2. att.). Eksperimenti notika sadarbībā ar Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūtu.



2. att. EP – 130 ūdeņraža ieguves iekārta pieslēgta testējamajam automobilim

Iekārta tiek barota, izmantojot ārēju vai automobiļa akumulatora elektrisko spriegumu. Ar regulējamā vārsta palīdzību pie iekārtas ir iespējams regulēt ūdeņraža caurplūdes daudzumu. Saražotais ūdeņradis tiek ievadīts automobiļa gaisa ieplūdes sistēmā aiz filtra.

Rezultāti un diskusija

Degvielas patēriņa noteikšanai, tika veikti mērījumi:

- izmantojot tikai benzīnu;
- izmantojot benzīnu un ūdeņradi (benzīns + HHO) kā piedevu;
- izmantojot benzīnu un ūdeņradi (benzīns + HHO), ražojot ūdeņradi ar ārēju barošanu.

1. tabula. Degvielas patēriņš, l·h⁻¹

Režims	Benzīns	Benzīns+HHO	Benzīns+HHO, % pret benzīnu	Benzīns+HHO ar ārēju barošanu	Benzīns+HHO ar ārēju barošanu, % pret benzīnu
Brīvgaita	1,36	1,51	111%	1,11	81%
50 km h ⁻¹	3,67	3,85	105%	3,53	96%
90 km h ⁻¹	6,92	6,86	99%	6,55	95%
110 km h ⁻¹	9,74	9,84	101%	9,55	98%

Kā redzams no 1. tabulas datiem, veicot izmēģinājumus dažādos režīmos, ja tika lietota ūdeņraža piedeva, kuras iegūšanai tika izmantots spriegums, kas tika ģenerēts no paša automobiļa, tad degvielas patēriņš pieaug. Savukārt, izmantojot alternatīvu strāvas avotu ūdeņraža saražošanai, degvielas patēriņš samazinās. Līdz ar to var secināt, ka ūdeņradis ietekmē degvielas patēriņu, bet tiklīdz elektrolīzes iekārta ir jānodrošina ar strāvu no paša automobiļa, tad strāvas saražošana patērē visu ietaupīto degvielas daudzumu.

Izplūdes gāzu sastāva analīze tika veikta vienlaikus ar degvielas patēriņa pārbaudi. 2. tabulā ir parādīts tvana gāzes (CO), ogļskābās gāzes (CO₂), un nesadeģušo ūdeņražu (HC) saturs izplūdes gāzēs.

2. tabula. Izplūdes gāzu sastāvs, lietojot benzīnu

Režīms	CO, %	CO ₂ , %	HC, ppm
Brīvgaita	0,59	13,75	126,5
50 km h ⁻¹	0,53	14,00	120,0
90 km h ⁻¹	0,59	14,10	138,5
110 km h ⁻¹	0,62	14,10	121,5

Izplūdes gāzu sastāvs, lietojot benzīnu un kā piedevu izmantojot ūdeņradis, kas tika ražots no auto strāvas barošanas sistēmas redzams 3. tabulā, kur iegūtie dati ir procentos attiecībā pret izplūdes gāzu sastāvu, lietojot benzīnu.

3. tabula. Atgāzu sastāvs benzīnam ar H₂ piedevu, %, salīdzinot ar benzīnu

Režīms	CO	CO ₂	HC
Brīvgaita	79%	103%	75%
50 km h ⁻¹	110%	100%	90%
90 km h ⁻¹	105%	100%	92%
110 km h ⁻¹	108%	100%	91%

No 3. tabulas var secināt, ka vislabāko ietekmi uz CO sastāvu šajā gadījumā var sasniegt tikai brīvgaitas apstākļos, kas varētu būt izskaidrojams ar H₂ nepietiekamību, kad palielinās braukšanas ātrums. Visbūtiskākais uzlabojums vērojams HC, kur samazinājums ir redzams visos braukšanas režīmos.

Benzīna un ūdeņraža kā piedevas pielietošana, kur ūdeņradis tiek ražots no ārēja enerģijas avota, un tā atstātā ietekme uz atgāzu sastāvu apkopota 4. tabulā.

4. tabula. Atgāzu sastāvs benzīnam ar H₂ piedevu, %, lietojot ārēju avotu, salīdzinot ar benzīnu

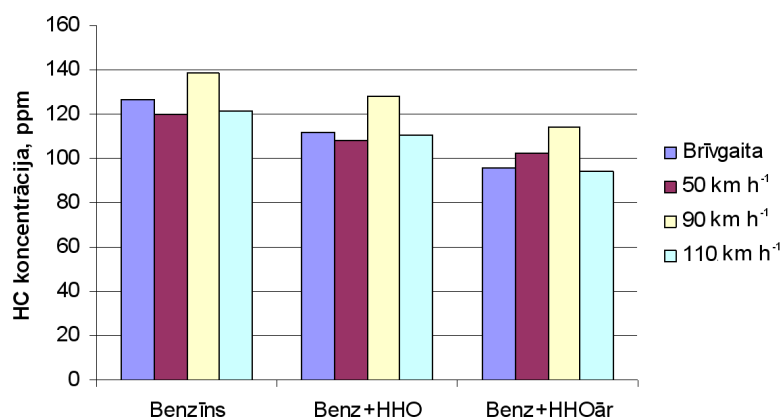
Režīms	CO	CO ₂	HC
Brīvgaita	75%	100%	94%
50 km h ⁻¹	118%	99%	100%
90 km h ⁻¹	107%	100%	82%
110 km h ⁻¹	104%	100%	77%

Var novērot, ka CO saturs visos izvēlētajos braukšanas režīmos, izņemot brīvgaitu, palielinās, CO₂ saturs, lietojot ārēju barošanas avotu ūdeņraža saražošanai, praktiski ir nemainīgs un ir tāds pats, kā gadījumā, kad ūdeņradis tika ražots no automobiļa ģenerētā sprieguma (3. tabula). Ūdeņraža saražošanai, izmantojot ārēju enerģijas avotu, vislabākie rezultāti ir HC komponentes samazināšanā.

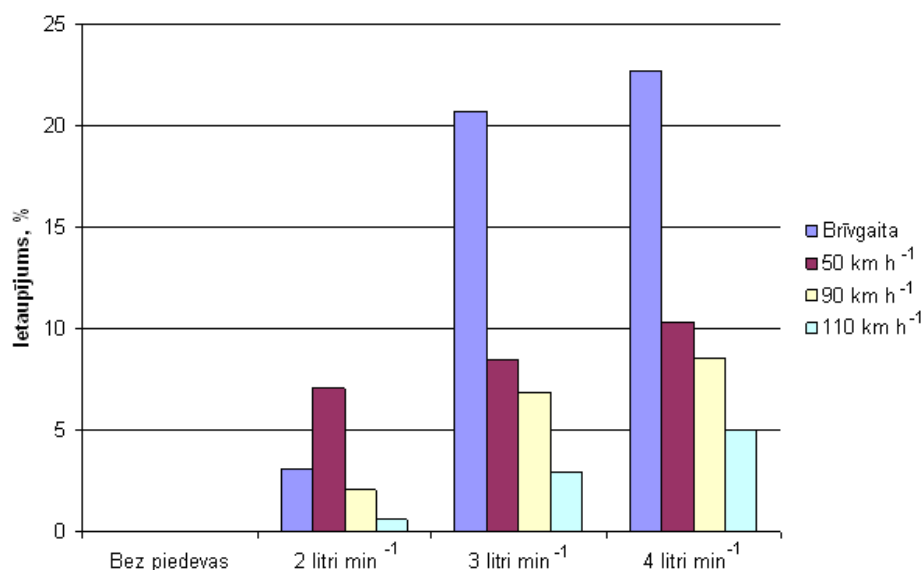
HC komponentes sastāvs izplūdes gāzēs pie dažādiem degvielas bagātināšanas veidiem un dažādiem braukšanas ātrumiem parādīts 3. attēlā.

Lai noskaidrotu, kādu ietekmi uz degmaisījuma patēriņu atstāj ūdeņraža saražotais daudzums, tika veikti izmēģinājumi pie mainīga ūdeņraža daudzuma vienādos braukšanas apstākļos.

Degvielas patēriņa izmaiņas ūdeņraža bagātinātam degmaisījumam, kas iegūts, izmantojot ārēju enerģijas avotu, mainot pievadāmā ūdeņraža daudzumu parādīts 4. attēlā.



3. att. HC komponentes koncentrācija izplūdes gāzēs



4. att. Degvielas ietaupījums procentos

Kā redzams, palielinot saražotā ūdeņraža daudzumu, samazinās degvielas patēriņš. Šajā gadījumā, tādu degvielas ekonomiju ir iespējams iegūt tikai ar ūdeņradi, kas tika saražots, to barojot no ārēja enerģijas avota.

Secinājumi

1. Eksperimentālie pētījumi dod iespēju secināt, ka ar ūdeņradi bagātināta degmaisījuma izmantošana var samazināt degvielas patēriņu un uzlabot atgāzu sastāvu.
2. Pētījumos tika pierādīts, ka, palielinot ūdeņraža daudzumu divas reizes, degvielas ietaupījums palielinājās pat četras reizes.
3. Turpmāk būtu lietderīgi veikt papildus pētījumus, kā iegūto efektu nezaudēt ūdens sadalīšanā.

Izmantotie informācijas avoti

1. Dukulis I., Pirs V. (2009) Development of Driving Cycles for Dynamometer Control Software Corresponding to Peculiarities of Latvia. In: Proceedings of the 15th International Scientific Conference „Research for Rural Development”, May 20 – 22, 2009. Jelgava: LUA, p. 95 – 102.
2. Dukulis I., Pirs V., Jesko Z., Birkavs A., Birzietis G. (2009) Development of Methodics for Testing Automobiles Operating on Biofuels. In: 8th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development”: Proceedings, May 28 – 29, 2009. Jelgava: LUA, p. 148 – 155. ISSN 1691-5976.
3. KATAJIOГ CHRYSLER HA AUTO.RU [tiešsaiste] [skatīts 08.05.2010.]. Pieejams: <http://catalog.auto.ru/catalog/cars/card/13699.html>

BEZGLUTĒNA MAIZES MIKROFLORA MICROFLORA OF GLUTEN-FREE BREAD

Asnate Ķirse

Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 4. kursa studente

Līga Skudra

Zinātniskā vadītāja, profesore, Dr.sc.ing.

Abstract: Coeliac (celiac) disease is a life-long inflammatory disease of the upper small intestine caused by intolerance to the gluten (found in wheat, barley, rye, triticale and spelt) resulting in losing the ability to absorb the nutrients found in food, leading to malnutrition and a variety of other complications. There are only few gluten-free products in Latvian market and they all are exported from European countries. The aim of this research was to develop new recipe for gluten-free bread and analyze its microflora. Obtained results showed that in order to ensure high quality gluten-free bread, it is required to use microbiologically uncontaminated raw materials.

Atslēgas vārdi: bezglutēna maize, miltu mikroflora, maizes mikroflora.

Ievads

Maize ir viens no galvenajiem pārtikas produktiem, ko izmantojam uzturā. Galvenokārt maizes ražošanai izmanto kviešu miltus. Kviešu graudos apmēram 7–20% olbaltumvielu. Kviešu olbaltumvielu galvenā sastāvdaļa ir gliadīns un glutenīns (kopā veido kompleksu olbaltumvielu – glutēnu), kas saista ūdeni, piebriest un veido elastīgu masu – lipekli. No lipekļa kvalitātes ir atkarīga mīklas gāzu veidošanās spēja, maizes apjoms un porainība [1].

Celiakija ir gremošanas sistēmas slimība, kuras rezultātā cilvēkam ir traucēta uzturvielu uzsūkšanās organismā. Celiakijas slimnieku organisms pret glutēnu izturas kā pret toksisku vielu. Lietojot uzturā glutēnu, celiakijas slimniekiem tiek bojātas sīkās bārkstīņas, kas klāj tievo zarnu gļotādu. Vispirms zarnā sākas iekaisums, pēc tam bārkstīņas samazinās vai pat izzūd, gļotāda saplok un deģenerējas [2].

Glutēns nav kaitīga viela, tas ir labs proteīnu avots, tomēr celiakijas slimniekiem jāatsakās no makaroniem, saldajiem konditorejas izstrādājumiem un maizes, kas ražoti no kviešu miltiem, lai izvairītos no smagām gremošanas sistēmas saslimšanām. Bieži kviešu miltu produktus nelieto arī cilvēki, kuriem dzīves laikā iegūta alerģija pret kviešiem imunitātes problēmu dēļ [3].

Maizes cepšanai var izmantot kviešu cieti (kviešu miltu vietā), kurā glutēns no kviešu miltiem ir atdalīts. Tomēr pilnīgi visu glutēnu atdalīt nav iespējams, tādēļ jāmeklē alternatīva [4].

Pašlaik Latvijā iespējams iegādāties tikai pāris veidu bezglutēna maizi un bezglutēna izstrādājumus, kas ievesti no Eiropas valstīm. Latvijā ražota bezglutēna maize šobrīd netiek piedāvāta, tādēļ ir plašas iespējas ražotājiem papildināt savu produkcijas sortimentu un nodrošināt celiakijas slimnieku vajadzības.

Maizes galvenā sastāvdaļa ir milti un to kvalitāte ietekmē izceptās maizes kvalitāti. Raksturīgā vēlamā mikroflora miltos ir heterofermentatīvās pienskābes baktērijas (*Lactobacillus acidophilus*, *L. delbrueckii*, *L. leichmannii*, *L. casei*, *L. plantarum*) un heterofermentatīvās pienskābes baktērijas (*L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. sanfrancisco*), kā arī *Candida* un *Saccharomyces* dzimtas raugi. Kā nevēlamā miltu mikroflora jāatzīmē savvaļas raugi (*Endomyces fibuliger*, *Monilia variabilis*), pelējumi (*Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* dzimta, *Cladosporium herbarum*), aerobās sporu veidotājas baktērijas (*Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*), fakultatīvi anaerobās baktērijas (*Erwinia*) un fitopatogēnie organismi (*Fusarium sporogenes*, *Claviceps purpurea*). Vispiesārņotākie ir rupja maluma milti – līdz pat $1 \cdot 10^7$ kvv g^{-1} . Smalka maluma miltos mikroorganismu skaits ir vidēji pat $1 \cdot 10^4$ kvv g^{-1} . Pēc cepšanas maizes garoza ir sterila, bet maizes mīkstumā var attīstīties mikroorganismi no sporām, jo maizes iekšpusē cepšanas laikā, temperatūrai nepārsniedzot 100°C, bojā aiziet tikai mikroorganismu šūnas [5, 6].

Pētījuma mērķis ir izstrādāt receptūru bezglutēna maizei un pētīt tās mikrofloru.

Materiali un metodes

Eksperimentā izmantoti UAB „USTIKIU MALUNAS” (Lietuva) rīsu, griķi, kukurūzas un ekstruģētie kukurūzas milti (1. attēls).

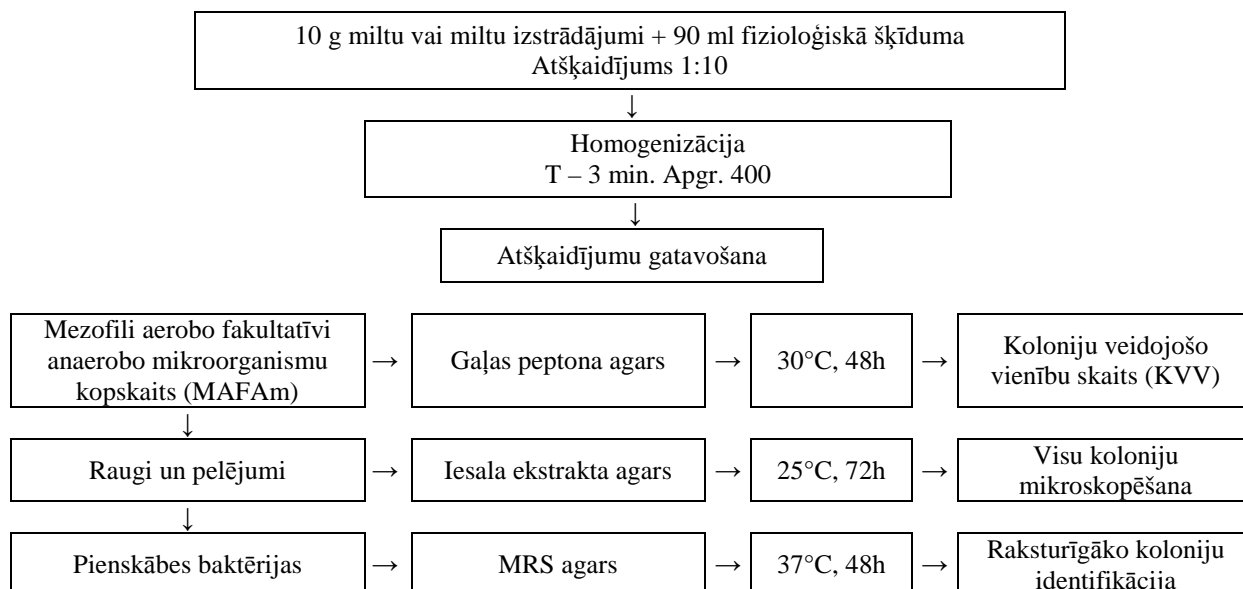


1. att. **Bezglutēna milti:** a) kukurūzas, b) ekstruģētie kukurūzas, c) rīsu, d) griķu

Bezglutēna miltiem un maizei veikta mikrobioloģiskā testēšana un decimālatšķaidījumu gatavošana. Testa paraugu noņemšana veikta atbilstoši standartam LVS NE ISO 8261. Noteikti šādi rādītāji:

- mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM) kopskaits (standarts LVS ISO 4833);
- raugi un pelējumi (standarts ISO 21527-2);
- pienskābes baktērijas, lietojot selektīvo MRS barotni (standarts LVS ISO 4833).

Uzsējumi MAFAM noteikšanai veikti uz gaļas peptona agara (Nutrient Agar Ref. 01-140), raugu un pelējumu noteikšanai – uz iesala ekstrakta barotnes (Ref. 01.111). Mikroorganismu koloniju skaita noteikšanai izmantots automātiskais koloniju skaitītājs Acolyte®. Paraugu testēšana veikta atbilstoši shēmai (2. attēls).



2. att. **Miltu un maizes paraugu mikrobioloģiskās testēšanas shēma**

Rezultāti un diskusija

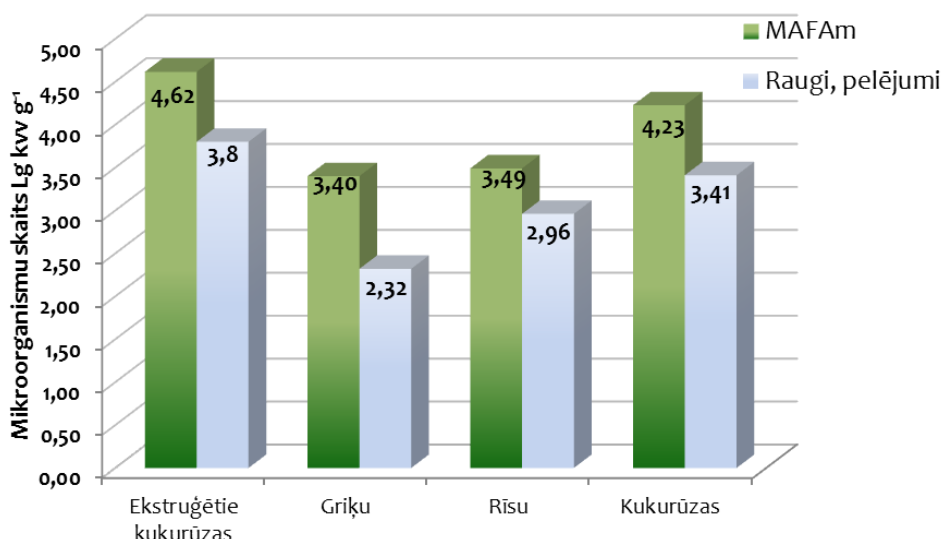
Pētījuma ietvaros tika ceptas divas bezglutēna maizes – bezglutēna griķu maize pēc zināmas receptūras un bezglutēna rīsu maizes pēc jaunas izstrādātas receptūras.

Bezglutēna griķu maizes receptūra: ūdens, rīsu milti, griķu milti, eļļa, melase, ekstruģētie kukurūzas milti, sausais raugs, sāls, olas. Bezglutēna rīsu maizes cepta pēc jaunas izstrādātas receptūras (1. tabula).

1. tabula. Bezglutēna rīsu maizes receptūra

Izejvielas	Daudzums, kg
Rīsu milti	86,7
Kukurūzas milti	13,3
Kartupeļu ciete	26,7
Guāra sveķi	5,2
Sausais raugs	1,9
Sāls	1,0
Medus	14,3
Eļļa	15,0
Ābolu etiķis	1,4
Ūdens	38,5
Mīkla kopā	204

Nosakot bezglutēna miltos esošo mezofili aerobo fakultatīvi anaerobo mikroorganismu kopskaitu (GPA barotne) un raugu un pelējumu kopskaitu (NMA barotne) redzams, ka ekstruģētajos kukurūzas un kukurūzas miltos atrodams visaugstākais mezofili aerobo fakultatīvi anaerobo mikroorganismu kopskaits. Vismazāk mikroorganismu atrasts griķu miltos. Arī raugu un pelējumu kopskaits ekstruģētajos kukurūzas un kukurūzas miltos ir visaugstākais. Mikrobioloģiski tīrākie ir griķu milti (3. attēls).



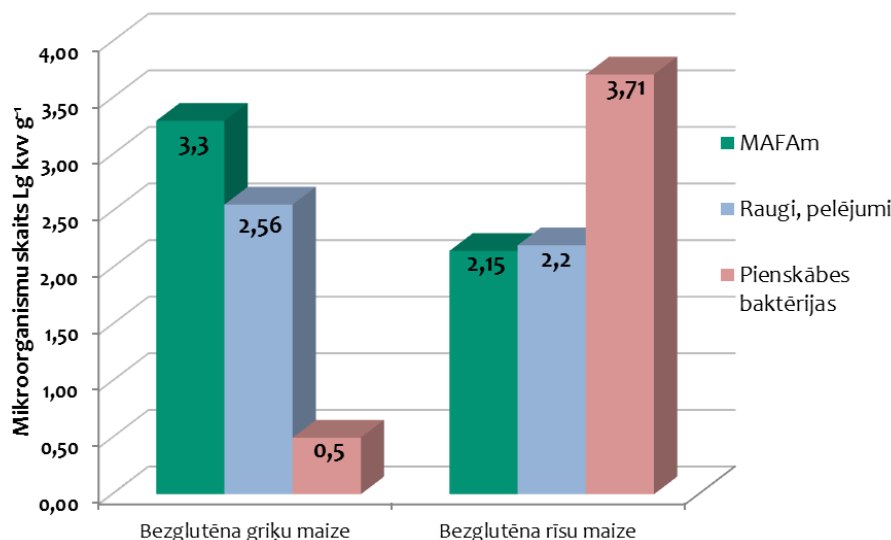
3. att. Mikroorganismu skaits dažādu veidu miltos

Ekstruģētajos kukurūzas miltos atrodami pelējumi – *Aspergillus* spp., baltais piena pelējums, kā arī diplokoki un raugi. Raugi atrodas dalīšanās fāzē – izteikti redzamas mātes šūnas un meitšūnas. Dominējošā ekstruģētās kukurūzas miltu mikroflora pēc morfoloģiskās uzbūves ir kokveida.

Kukurūzas miltos atrodami pelējumi – *Rhizopus* spp., *Aspergillus* spp. un *Mucor* spp., kā arī pienskābes baktērijas, raugi un diplokoki. Dominējošā mikroflora pēc morfoloģijas – pelējumi ar segmentētiem pavedieniem.

Rīsu miltos atrodamas nūjiņveida baktērijas un streptokoki. Griķu miltu mikrofloru sastāda streptokoki un raugi.

Nosakot bezglutēna maizēs esošo mezofili aerobo fakultatīvi anaerobo mikroorganismu kopskaitu (GPA barotne), raugu un pelējumu kopskaitu (NMA barotne) un pienskābes baktēriju kopskaitu (MRS barotne) redzams, ka bezglutēna griķu maizē salīdzinot ar bezglutēna rīsu maizi ir lielāks mezofili aerobo fakultatīvi anaerobo mikroorganismu kopskaits, maz atšķiras raugu un pelējumu kopskaits un ir ievērojami mazāk pienskābes baktēriju (4. attēls).



4. att. Mikroorganismu skaits bezglutēna griķu un rīsu maizē

Bezglutēna griķu maizes dominējošā mikroflora pēc morfoloģiskās uzbūves ir kokveida baktērijas, atrodami raugi, sarcīnas, steptokoki un *Aspergillus* spp. pelējums.

Bezglutēna rīsu maizē atrodami gan steptokoki, gan pienskābes baktērijas – dominējošā mikroflora pēc morfoloģiskās uzbūves ir nūjiņveida baktērijas.

Secinājumi

1. Izstrādāta receptūra jaunai bezglutēna maizei.
2. Nosakot mikrobioloģiskos rādītājus izejvielās, konstatēts, ka mikrobioloģiski tīrāki ir griķu milti, turpretī ekstruģētajos kukurūzas un kukurūzas miltos mikrobioloģiskais piesārņojums ir daudzveidīgāks.
3. Lai nodrošinātu bezglutēna maizei augstu kvalitāti, nepieciešams izmantot mikrobioloģiski nepiesārņotas izejvielas.
4. Bezglutēna griķu maizes dominējošā mikroflora pēc morfoloģiskās uzbūves ir kokveida baktērijas, atrodami raugi, sarcīnas, steptokoki un *Aspergillus* spp. pelējums.
5. Bezglutēna rīsu maizē atrodami steptokoki un pienskābes baktērijas – dominējošā mikroflora pēc morfoloģiskās uzbūves ir nūjiņveida baktērijas.
6. Novērots, ka bezglutēna griķu maize sāka pelēt jau nākamajā dienā, bet rīsu maize pēc 3 dienām – iespējams, ka tas ir tādēļ, ka griķu maizes receptūrā ir arī ekstruģētie kukurūzas milti.

Izmantotie informācijas avoti

1. Kunkulberga D., Mūrniece I., Kļava D., Straumīte E. Maize un tās uzturvērtība. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, 2008. 40 lpp.
2. Celiakija – glutēna nepanesamība. <http://www.foodreactions.org/gluten/> (12.04.2011.)
3. Celiakija: definēta. http://www.csaceliacs.org/ceeliac_defined.php (12.04.2011.)
4. Gallagher E. Gluten-Free Food Science and Technology. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2009. 246 p.
5. Henry R.J. and Kettlewell P.S. Cereal Grain Quality. Chapman & Hall, London, UK, 1996. 578 p.
6. Biber Ray & Arun Bhunia Fundamental Food Microbiology. New York: Taylor&Francs Group, 2008. 536 p.
7. ISO 21527-2 Pārtikas un dzīvnieku barības mikrobioloģija. Horizontālā metode raugu un pelējumu noteikšanai.
8. LVS ISO 4833 Pārtikas un dzīvnieku barības mikrobioloģija. Mikroorganismu skaita noteikšanas horizontālā metode. Koloniju skaita noteikšana metode pie 30°C
9. LVS ISO 4833 Gaļa un gaļas produkti. Pienskābes baktēriju skaitīšana. Koloniju skaitīšanas metode pie 30°C.
10. LVS NE ISO 8261 Piens un piena produkti. Vispārīgie norādījumi testa paraugu, sākotnējo suspensiju un decimālšķaidījumu sagatavošanai mikrobioloģiskai pārbaudei.

KAILGRAUDU AUZU UN MIEŽU DZĒRIENI NAKED OAT AND BARLEY DRINKS

Asnate Ķirse

Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 4. kursa studente

Daina Kārcliņa

Zinātniskā vadītāja, profesore, Dr.sc.ing.

Abstract: Oat and barley are an excellent source of soluble fiber that is beneficial in lowering total cholesterol, regulating blood sugar and reducing the risk of heart disease. The aim of this research was to develop and evaluate new oat and barley drinks. Samples of new oat and barley drinks were prepared using naked oat and barley grains. Bacterial count, total dietary fiber, total protein and lipid content were determined in the prepared samples. Both new oat and barley drinks were evaluated sensory. Obtained results showed that new oat and barley drinks contained less than 20% of total dietary fiber, proteins and lipids found in whole oat and barley grains. Both drinks contained acceptable amounts of bacterial count (CFU g⁻¹) for non-pasteurized products.

Atslēgas vārdi: auzas, mieži, jauni produkti.

Ievads

Ik gadu Latvijā pieaug to cilvēku skaits, kuriem ģenētiskas predispozīcijas vai vides faktoru ietekmē novēro organisma saslimšanas, kuru rezultātā tiem jāatsakās no ikdienā lietojamiem pārtikas produktiem (piens, olas, maize u.c.). Pakāpeniski pieaug arī to cilvēku skaits, kas atsakās no dzīvnieku izcelsmes produktiem uzturā dažādu iemeslu dēļ (religiija, ekoloģija, ētiskums, veselība u.c.).

Šiem cilvēkiem īpaši jāpiedomā, lai viņu ēdienkarte būtu dažādota un organisms tiktu apgādāts ar visām nepieciešamajām uzturvielām un vitamīniem.

Auzas (*Avena sativa*) ir viens no veselīgākajiem pārtikas produktiem pasaulē. Tās var pieskaitīt pie funkcionālās pārtikas – tās ir diētisks produkts un ir piemērotas citu diētisku produktu ražošanai. Auzu nepiesātinātās taukskābēs lieliski aizstāj dzīvnieku izcelsmes taukus, turklāt nesatur holesterīnu [1]. Auzu produkti spēcina un tonizē organismu, normalizē vielmaiņu, aizkavē organisma novecošanos, kā arī palīdz atgūt spēkus pēc slimības [2].

Miežiem (*Hordeum vulgare*) ir zems glikēmiskais indekss, tādēļ tos ieteicams lietot uzturā cukura diabēta slimniekiem [3].

Kā liecina statistikas dati sirds un asinsvadu slimības ir galvenais augstas mirstības cēlonis Latvijā, kas trīs reizes pārsniedz Eiropas Savienības valstu vidējo rādītāju, turklāt mirstība pieaug tieši darba spējīgo cilvēku vidū. Risku saslimt ar sirds un asinsvadu slimībām iespējams mazināt sākot ar veselīgas pārtikas lietošanu uzturā [4].

Auzas un mieži ir ne tikai lielisks šķiedrvielu avots, bet arī satur organisma funkciju nodrošināšanai nepieciešamos vitamīnus un minerālvielas [2, 5].

Tajos esošās šķīstošās šķiedrvielas β-glikāni palīdz pazemināt holesterīna un glikozes līmeni asinīs, paaugstinātu asinsspiedienu un sirdsslimību risku [6], turklāt labvēlīgi ietekmē gremošanas trakta darbību, tajā notiekošos procesus un uzlabo pašsajūtu. Uzturzinātnieki uzsver, ka, lai samazinātu risku saslimt ar onkoloģiskām un sirds un asinsvadu slimībām, vidēji ar uzturu jāuzņem 30-35 g šķiedrvielu dienā [7].

Kailgraudu auzas un mieži ir bagātāki ar uzturvielām, salīdzinot ar plēkšņu auzām un miežiem, tie satur vairāk šķīstošo šķiedrvielu [8], taču mūsdienu saspringtajā dzīves ritmā ne vienmēr no rītiem pietiek laika uzvārīt auzu vai miežu putru, tādēļ jāmeklē alternatīvi produkti. Latvijas tirgū ir pieejami no plēkšņu auzu pārslām gatavoti auzu dzērieni, šādu miežu produktu tirgū nav.

Darba mērķis ir izstrādāt jaunus auzu un miežu dzērienus tūlītējai lietošanai. Jaunie auzu un miežu dzērieni tiek gatavoti no veselīgiem kailgraudu auzu un miežu graudiem.

Materiāli un metodes

Pētījumu veikšanai izmantotas Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūtā selekcionētās kailgraudu auzas „S-156” (mitruma saturs 11,19%) un kailgraudu mieži „S-153” (mitruma saturs 12,86%) un dzeramais ūdens.

Auzu un miežu dzērieniem noteikts šķīstošās sausas (ISO 6496), kopējo šķiedrvielu (ISO 5498), olbaltumvielu (AACC 46–20) un lipīdu (ISO 6492) saturs (%), kā arī mikrobioloģiskie rādītāji (mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu kopskaits – LVS ISO 4833, raugu un pelējumu kopskaits – ISO 21527-2) un veikts sensorais novērtējums (ISO 5495:1983 un ISO 4121:1987). Datu apstrāde veikta ar matemātiskās statistikas metodēm.

Rezultāti un diskusija

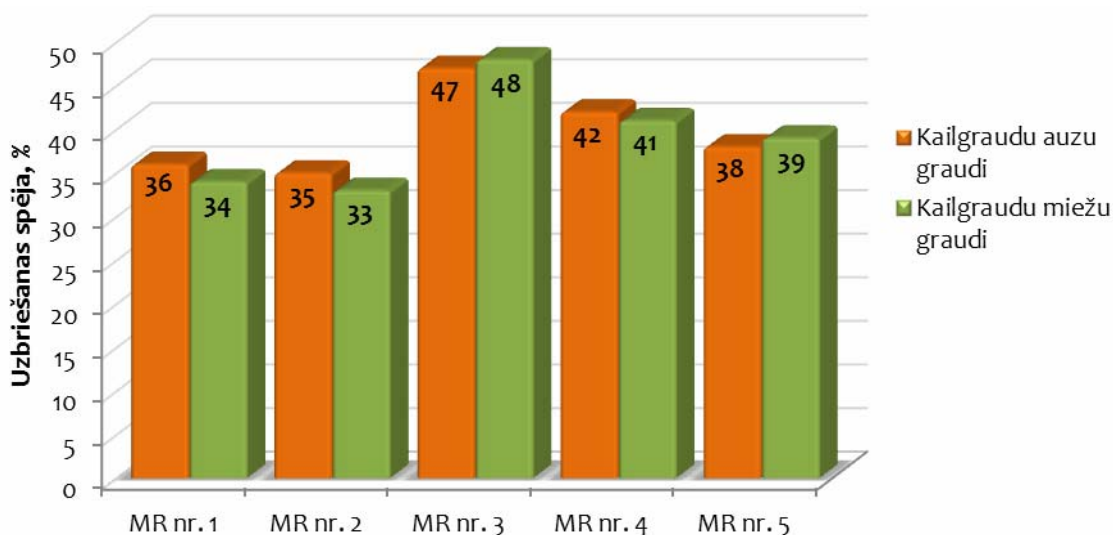
Lai izstrādātu eksperimentālos paraugus, nepieciešams noteikt optimālos apstākļus kailgraudu auzu un miežu mērcēšanai. Mērcēšana nepieciešama, lai graudus varētu labāk samalt un veicināt graudu sastāvdaļu pāriešanu ūdenī malšanas laikā.

Tika izveidoti 5 dažādi iespējamie optimālo apstākļu varianti (1. tabula). Graudu mērcēšana 1. un 2. režīmā notika 12 stundas nedaudz atšķirīgās temperatūrās, savukārt režīmi nr. 3, 4 un 5 – 24 stundas. Jāatzīmē, ka katru reizi mainot ūdens temperatūru, graudi tikai noskaloti un pēc tam mērcēti jaunā ūdenī.

1. tabula. Kailgraudu auzu un miežu graudu mērcēšanas režīmi

Mērcēšanas laiks	Mērcēšanas režīms nr. 1	Mērcēšanas režīms nr. 2	Mērcēšanas režīms nr. 3	Mērcēšanas režīms nr. 4	Mērcēšanas režīms nr. 5
2h	16 – 18°C	20 – 22°C	16 – 18°C	16 – 18°C	23 – 25°C
2h			30 – 35°C	30 – 35°C	30 – 35°C
3h			16 – 18°C	16 – 18°C	16 – 18°C
2h			28 – 30°C	30 – 35°C	
3h			16 – 18°C	16 – 18°C	
12h	–	–	16 – 18°C	16 – 18°C	

Izvēlētās dažādās mērcēšanas temperatūras un laiks ietekmē ūdens iekļūšanu graudos (1. attēls). Gan kailgraudu auzu, gan kailgraudu miežu uzbriešanas spējas ir līdzīgas un atšķiras par nedaudz procentiem – 1 – 2%.



1. att. Kailgraudu auzu un miežu uzbriešanas spēja atkarībā no mērcēšanas režīma

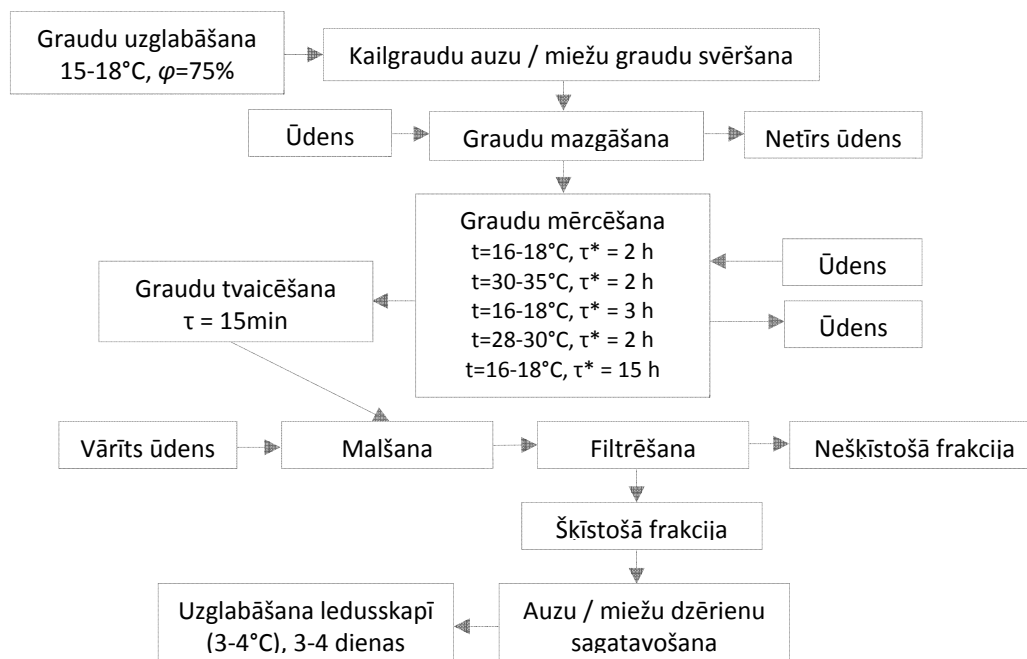
Maksimālā graudu uzbriešana (kailgraudu auzu graudiem 47%, kailgraudu miežu graudiem 48%) tika panākta izmantojot nr. 3 mērcēšanas režīmu, tāpēc trešā mērcēšanas režīma temperatūras un laiks tika pieņemti kā optimālie un izmantoti jauno auzu un miežu dzērienu tehnoloģijas izstrādei.

Lai iegūtu auzu un miežu dzērienus ar noteiktām garšas īpašībām, tikai veidotas dažādas ūdens un auzu un miežu graudu attiecības. Kā labākās organoleptiski tika noteiktas ūdens un auzu graudu attiecība 1:6 un ūdens un miežu graudu attiecība 1:4,8 (2. tabula).

2. tabula. Auzu un miežu produktu receptūra 1 litram gatavā produkta

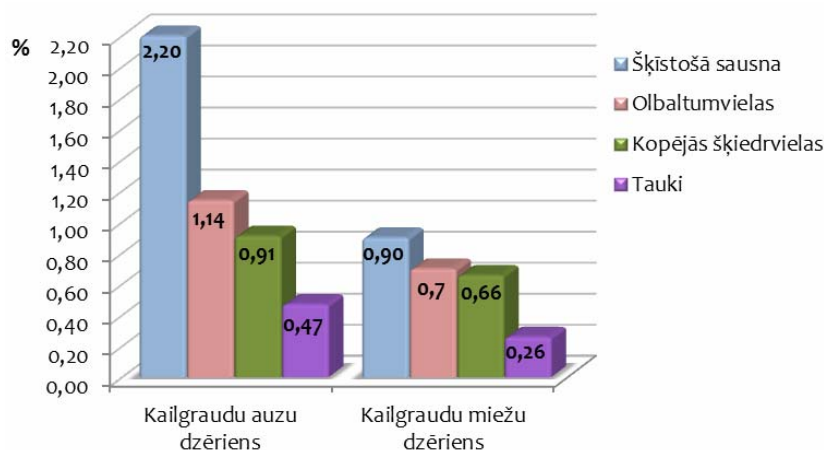
Izejvielas nosaukums	Auzu dzēriens bez piedevām	Miežu dzēriens bez piedevām
Ūdens	1200 ml	1200 ml
Kailgraudu auzas	200 g	–
Kailgraudu mieži	–	250 g

Balstoties uz eksperimentālo dzērienu sagatavošanas procesu un tiem novērojumiem, kas radās eksperimenta veikšanas laikā, tika izstrādāta jauno produktu gatavošanas shēma (2. attēls).



2. att. Auzu un miežu dzērienu izgatavošanas tehnoloģiskā shēma

Jaunajiem graudaugu dzērieniem noteiktais šķīstošās sausnas saturs (%) ir mazs, attiecīgi – 2,2% auzu dzērienam un 0,9% miežu dzērienam (3. attēls). Tas izskaidrojams ar to, ka šķīstošo sausnu veido organiskās skābes, cukuri (galvenokārt glikoze un fruktoze), pektīnvielas u.c., taču jaunajos graudaugu produktos pamatsastāvdaļa ir no graudu endospermas šķīdumā pārgājusi ciete, kas nav sadalīta glikozē, tādēļ mutē jūtama nedaudz miltaina garša. Šķīstošo sausnu varētu paaugstināt graudu dzērieniem pievienojot fermentu α -amilāzi, kas veicina cietes hidrolīzi.

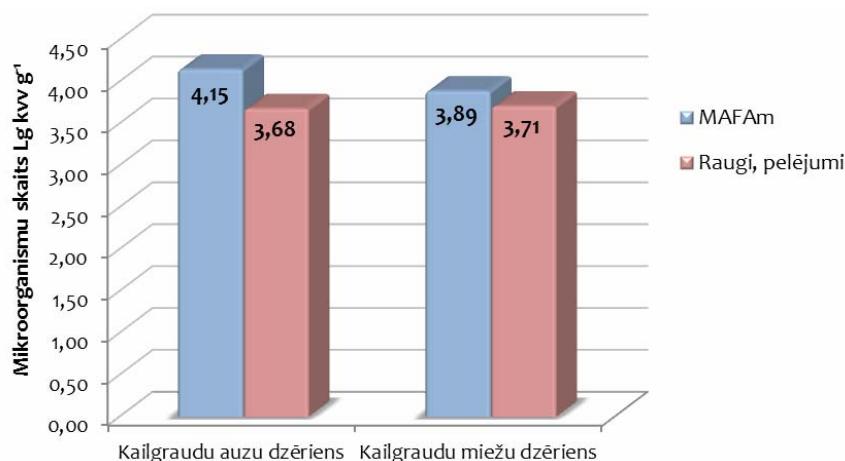


3. att. Graudaugu dzērienu fizikāli-ķīmiskie rādītāji

Kopējais šķīdriekļu saturs kailgraudu auzu un miežu dzērienos nav augsts, tas sastāda 7,6% kailgraudu auzu dzērienam un 4,4% kailgraudu miežu dzērienam no vidējā graudaugos esošo kopējo šķīdriekļu daudzuma. Olbaltumvielu un tauku saturs kailgraudu auzu un miežu dzērienos ir samērā zems. Kailgraudu auzu dzērienā olbaltumvielu saturs ir 22% no vidējā kailgraudu auzu graudos esošā

olbaltumvielu daudzuma, savukārt tauki – 20% no vidējā graudos esošā tauku daudzuma, kailgraudu miežu dzērienam tie ir attiecīgi 17,5% un 15% (3. attēls).

Kailgraudu miežu dzērienā salīdzinot ar kailgraudu auzu dzērienu ir lielāks vidējais mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu (MAFAM) kopskaits uz GPA barotnes, maz atšķiras raugu un pelējumu kopskaits uz NMA barotnes (4. attēls). Gan kailgraudu auzu, gan kailgraudu miežu dzērienu mikrofloru pēc morfoloģiskās uzbūves sastāda nūjiņveida baktērijas, streptokoki, diplokoki, raugi un pelējumi ar segmentētiem pavedieniem.



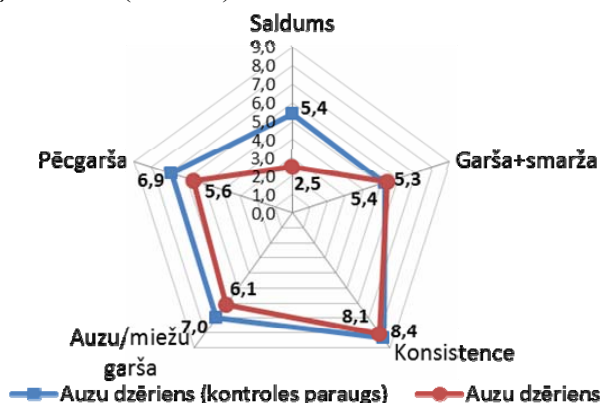
4. att. Mikroorganismu skaits kailgraudu auzu un miežu dzērienos

Lai iegūtu produktus, kurus var ilgāk uzglabāt, nepieciešams tos termiski apstrādāt, tādējādi samazinot mikroorganismu kopskaitu un izvairoties no dzērienu bojāšanās mikroorganismu ietekmē.

Kailgraudu auzu un miežu dzērienu sensorā vērtēšanā piedalījās 28 vērtētāji, vidējais vecums – 21 gads, sadalījums pēc dzimuma – 32% vīriešu un 68% sieviešu.

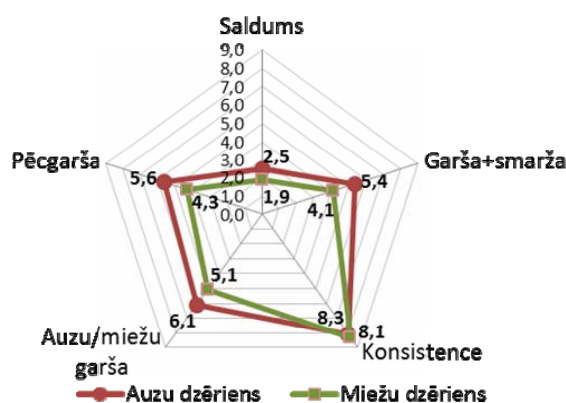
Ar emocionālo metožu pāru salīdzināšanas izvēles testu noskaidrots, kuram no auzu dzērieniem vērtētāji dod priekšroku. Salīdzinot divus auzu dzērienu paraugus (A – kontroles auzu dzērienu „Oatly” paraugs un B – jaunā kailgraudu auzu dzēriena paraugs), A paraugu izvēlējās 18 vērtētāji, B paraugu – 10 vērtētāji. Vērtēšanas rezultāti rāda, ka priekšroka nav dota nevienam no paraugiem ($\alpha < 0.05$).

Ar raksturojošo metožu līniskalu vērtētas nozīmīgāko sensoro īpašību – salduma, garšas + smaržas, konsistences, auzu/miežu garšas un pēcgaršas intensitāte. Noskaidrotas atšķirības starp jauno un kontroles auzu dzērienu, jauno auzu un miežu dzērienu. Izmantojot dispersijas analīzes (ANOVA) statistisko karti, noteikts, vai divu auzu dzēriena paraugiem dažādu sensoro īpašību intensitātes ziņā ir būtiska atšķirība. Analizējot auzu dzērienu sensoro īpašību intensitātes staru diagrammu, redzams būtisko atšķirību salduma ziņā – auzu dzēriena kontroles paraugs ir saldāks par jauno kailgraudu auzu dzēriena paraugu. Staru diagramma rāda, ka pārējo četru sensoro īpašību intensitātes atšķiras minimāli, tādēļ būtisku atšķirību nav (5. attēls).



5. att. Auzu dzērienu sensoro īpašību intensitātes staru diagramma

Analizējot jauno auzu un miežu dzērienu sensoro īpašību intensitāti, izmantojot dispersijas analīzes statistisko karti, noteikts, ka jaunajiem auzu un miežu dzērieniem būtisku atšķirību nav. Staru diagrammā attēlotie līniskālas vērtējumu rezultāti (6. attēls) uzskatāmi parāda dzērienu sensoro īpašību intensitātes vidējās vērtības.



6. att. Auzu un miežu dzērienu sensoro īpašību intensitātes staru diagramma

Secinājumi

1. Pamatojoties uz pētījuma un iegūto graudu mērcēšanas laika un temperatūras datiem, ir izstrādāta kailgraudu auzu un miežu dzērienu receptūra un to ieguves tehnoloģija.
2. Kailgraudu auzu dzēriens satur 0,91% kopējo šķiedrvielu, 1,14% olbaltumvielu, 0,47% lipīdu. Kailgraudu miežu dzēriens satur 0,66% šķiedrvielu, 0,7% olbaltumvielu un 0,26% lipīdu.
3. Kailgraudu auzu un miežu graudu mērcēšanas laiks ir 24 stundas temperatūru intervālā no 16 līdz 35°C, maksimālas graudu uzbriešanas pakāpes (47–48%) sasniegšanai.
4. Kailgraudu miežu dzērienā konstatēts lielāks mezofili aerobo un fakultatīvi anaerobo mikroorganismu kopskaits salīdzinot ar kailgraudu auzu dzērienu. Raugu un pelējumu kopskaits praktiski neatšķiras abos dzērienos.
5. Auzu dzēriena un jaunā kailgraudu auzu dzēriena sensorās vērtēšanas rezultāti parāda, ka priekšroka garšas ziņā nav dota nevienam no paraugiem. Auzu dzērieniem pastāv būtiskas atšķirības tikai salduma ziņā. Jaunajiem auzu un miežu dzērieniem būtisku atšķirību nav ($p \leq 0.05$).

Izmantotie informācijas avoti

1. McMullen M.S. Oats. In: Handbook of Cereal Science and Technology. Second edition. K. Kulp and J. Ponte Jr. (eds). Marcel Dekker, Inc., NY, USA, 2000, p. 264–298.
2. Zaļumniece M. Aptieka dārzā: Auzas, Rīga: Zvaigzne ABC, 2010. 88 lpp.
3. Jenkins, D.J.A., Wofever, T.M.S, Leeds, A.R., Gassull, M.A., Haisman, P. and Alberti, K.G.M.M. Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity. British Medical Journal, Vol. 1, 1978, p. 1392-1394
4. Atzīmējot Pasaules sirds dienu, Stradiņa slimnīcas kardiologi stāsta par sirds veselības pamatprincipiem http://www.stradini.lv/page/133&news_id=136 (24.04.2011.)
5. Hockett E.A. Barley. In: Handbook of Cereal Science and Technology. Second edition. K. Kulp and J. Ponte Jr. (eds). Marcel Dekker, Inc., NY, USA, 2000, p. 75–113.
6. Queenan Katie M., Stewart Maria L., Smith Kristen N., Thomas W., Fulcher R. Gary and Slavin Joanne L. Concentrated oat β -glucan, a fermentable fiber, lowers serum cholesterol in hypercholesterolemic adults in a randomized controlled trial, Nutrition Journal, Vol. 6, 2007, p. 145-153.
7. Labklājības Ministrijas rīkojums nr. 230 Veselīga uztura ieteikumi pieaugušajiem, 30.10.2002.
8. Crandell K. Is Naked Better? Kentucky Equine Research, Inc., Nutrition, Vol. 12, 2003, p. 11-12.

SILTUMENERĢIJAS ZUDUMU ANALĪZE SILTUMTRASĒ

HEAT LOSS ANALYSIS OF HEATING MAIN

Edgars Palabinskis

Tehniskās fakultātes 4. kursa students

Andris Šnīders

Zinātniskais vadītājs, profesors, Dr.habil.sc.ing.

Abstract: The research is devoted to find out, how the amount of produced heat energy affect heat loss in heating main. It is possible to determine mutual relationship between produced heat energy and heat loss, using correlation analysis. It has been stated that there is high correlation amongst data – $\rho = 0,849$.

Atslēgas vārdi: siltumtrase, siltumenerģija, zudumi, korelācija.

Ievads

Centralizēta siltumapgāde sastāv no trīs elementiem: siltuma avota, siltuma tīkla jeb siltumtrases un patērētāja. Populārs temats mūsdienās ir energoefektivitātes uzlabošana. To var realizēt katrā no centralizētās siltumapgādes posmiem. Izmaiņas katrā no posmiem rada izmaiņas arī pārējos posmos. Piemēram, veicot ēku siltināšanu, samazinās patērētā siltumenerģija, un līdz ar to siltuma avota slodze samazinās. Šī darba rezultātā tika noskaidrots, kā siltuma zudumus siltumtrasē ietekmē saražotās siltumenerģijas apjoms.

Materiāli un metodes

Kā pētāmais objekts tika izvēlēta katlu māja, kas atrodas Ozolniekos. Šī katlu māja ar siltumenerģiju apgādā 2 daudzdzīvokļu mājas un sociālo aprūpes centru „Zemgale”. Kopējā sistēmā ir uzstādīti vairāki siltumenerģijas skaitītāji. Tie ir uzstādīti attiecīgi pie apkures katliem pēc hidrauliskā maisītāja, abās daudzdzīvokļu mājās un SAC „Zemgale”. Lai varētu noteikt siltuma zudumus, tika apkopoti šo skaitītāju rādījumi par 2009. gadu (1. tabula).

1. tabula. Siltumenerģijas skaitītāju rādījumi, 2009. gads

Mēnesis	Katlu māja, MWh Q_{atdot}	Māja Nr.11, MWh Q_1	Māja Nr. 13, MWh Q_2	SAC „Zemgale”, MWh Q_3	Kopējais patēriņš, MWh Q_{reat}	Zudumi, MWh Q_{zud}	μ , %
janvāris	255,53	27,27	27,86	149,59	204,72	50,81	80,12
februāris	216,43	19,46	28,05	142,75	190,26	26,17	87,91
marts	222,27	16,46	28,37	125	169,83	52,44	76,41
aprīlis	149,9	12,14	20,57	91,05	123,76	26,14	82,56
maijs	61,66	3,82	10,05	30,94	44,81	16,85	72,67
jūnijs	50,4	3,38	8,83	23,04	35,25	15,15	69,94
jūlijs	43,98	3,63	8,14	15,98	27,75	16,23	63,10
augusts	42,72	3,27	8,2	15,85	27,32	15,4	63,95
septembris	59,28	4,96	9,57	24,93	39,46	19,82	66,57
oktobris	135,83	7,16	13,34	81,35	101,85	33,98	74,98
novembris	188,73	18,34	28,32	109,01	155,67	33,06	82,48
decembris	216,76	18,43	27,51	141,11	187,05	29,71	86,29
kopā	1643,49	138,32	218,81	950,6	1307,73	335,76	20,43

Veicot šo datu analīzi ir iespējams noteikt sadales tīkla lietderības koeficientu pēc formulas (1).

$$\mu = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{atdot}}} * 100 \quad (1)$$

kur μ – Sadales tīkla lietderības koeficients, %;
 Q_{real} – patērētājiem realizētais siltumenerģijas daudzums, MWh;
 Q_{atdot} – patērētāju vajadzībām atdotais siltumenerģijas daudzums, MWh.

Kopējo siltumenerģijas patēriņu aprēķina pēc formulas (2).

$$Q_{\text{real}} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (2)$$

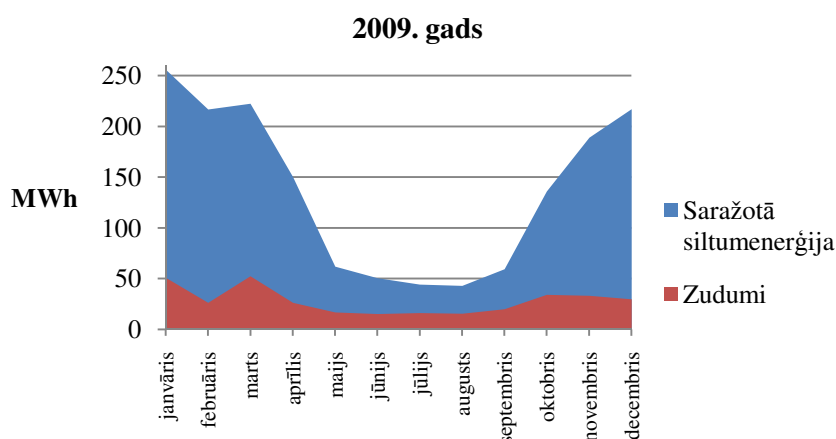
kur Q_1 – Daudzdzīvokļu mājas Nr. 11. patērētā siltumenerģija, MWh;
 Q_2 - Daudzdzīvokļu mājas Nr. 13. patērētā siltumenerģija, MWh;
 Q_3 – SAC „Zemgale” patērētā siltumenerģija, MWh.

Siltumenerģijas zuduma apjomu aprēķina pēc formulas (3).

$$Q_{\text{zud}} = Q_{\text{atdot}} - Q_{\text{real}} \quad (3)$$

kur Q_{zud} – siltumenerģijas apjoms sadales tīklā, MWh.

Aprēķinātie siltuma zudumi ir parādīti 1. tabulā. Pēc aprēķinos iegūtajiem rezultātiem tika izveidots siltuma zudumu grafiskais attēls. 1. attēlā redzamasaražotās enerģijas attiecība pret siltuma zudumiem.



1. att. Saražotās enerģijas attiecība pret siltuma zudumiem

Veicot siltuma zudumu aprēķinu, var saskatīt zināmu sakarību starp saražoto siltuma daudzumu un siltuma zudumiem. Lai noteiktu, kā siltuma zudumu apjomu ietekmē saražotā siltuma daudzums, jāizmanto korelācijas aprēķinu metodika. Korelācija ir jēdziens, ar kuru apzīmē parādību savstarpējo sakaru, ja viena no parādībām ir cēlonis, kas noteic citas parādības, vai arī ja pastāv vispārīgi cēloņi, kas iedarbojas uz visām šīm parādībām. Ir iespējams noskaidrot kā un cik cieši šie lielumi korelē savā starpā.

Galvenais lielums kas raksturo korelāciju ir korelācijas koeficients ρ_{xy} , kuru aprēķina pēc formulas (4):

$$\begin{aligned} \rho_{xy} &= \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} = \\ &= \frac{12 * 55865,68 - 1643,49 * 335,76}{\sqrt{12 * 298680,66 - 1643,49^2} * \sqrt{12 * 11236,92 - 335,76^2}} = 0,849 \end{aligned} \quad (4)$$

kur ρ_{xy} – korelācijas koeficients;
 n – varianšu pāru skaits;
 x_i – atbilstošā mēneša saražotais siltuma daudzums, MWh;
 y_i – atbilstošā mēneša siltuma zudumi, MWh.

Lai būtu uzskatāmāk, dati ir apkopoti tabulā (2. tabula).

2. tabula. **Dati korelācijas koeficienta aprēķināšanai**

	Saražotā siltumenerģija, MWh x_i	Zudumi, MWh y_i	$x_i y_i$	x_i^2	y_i^2
	255,53	50,81	12983,48	65295,58	2581,66
	216,43	26,17	5663,97	46841,94	684,87
	222,27	52,44	11655,84	49403,95	2749,95
	149,90	26,14	3918,39	22470,01	683,30
	61,66	16,85	1038,97	3801,96	283,92
	50,40	15,15	763,56	2540,16	229,52
	43,98	16,23	713,80	1934,24	263,41
	42,72	15,40	657,89	1825,00	237,16
	59,28	19,82	1174,93	3514,12	392,83
	135,83	33,98	4615,50	18449,79	1154,64
	188,73	33,06	6239,41	35619,01	1092,96
	216,76	29,71	6439,94	46984,90	882,68
Σ	1643,49	335,76	55865,68	298680,66	11236,92
n	12				

Pēc korelācijas koeficienta aprēķināšanas, jāpārbauda tā ticamība pēc noteiktas sakarības (5).

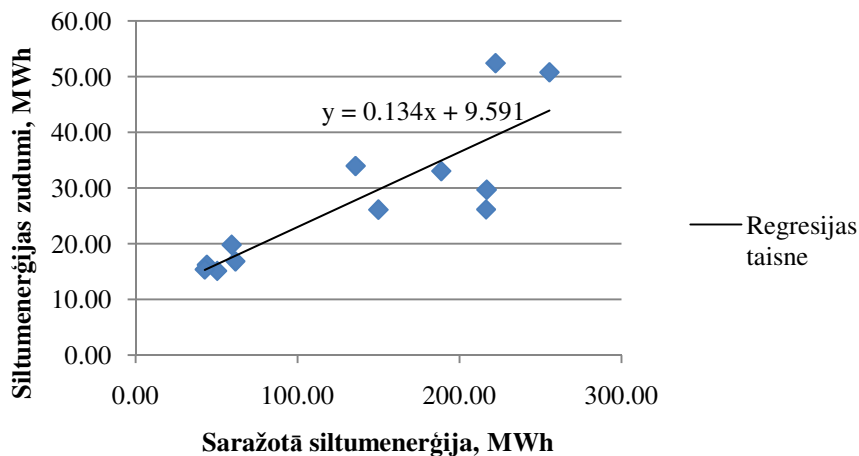
$$|\rho_{xy}| > r_{\alpha;n} \quad (5)$$

$$|\rho_{xy}| > r_{0,05;12}$$

$$|0,849| > 0,576$$

kur $r_{\alpha;n}$ – korelācijas koeficienta kritiskā vērtība. $r_{\alpha;n} = 0,576$.

Tā kā sakarība ir patiesa, tad rezultātu var novērtēt kā ticamu un balstoties uz to izdarīt tālākos secinājumus. Izveidojot grafiku (2. att), redzama augsta korelācija starp datiem.



2. att. Datu korelācijas diagramma

Rezultāti

Veicot datu analīzi, redzams, ka saražotās siltumenerģijas un zudumu apjomu pastāv augsta, lineāra un pozitīva korelācija uz ko norāda korelācijas koeficients $\rho_{xy} = 0,849$.

Secinājumi

1. Starp saražotās siltumenerģijas un zudumu apjomu pastāv augsta korelācija – $\rho_{xy} = 0,849$. Tas nozīmē, ka palielinoties saražotajam siltumenerģijas apjomam palielinās arī siltuma zudumi siltuma tīklā.
2. Optimizējot siltumenerģijas patēriņu, kā arī samazinot patērētās siltumenerģijas apjomu ir iespējams samazināt nepieciešamo siltuma avota jaudu. Tādējādi samazinot saražotās siltumenerģijas apjomu samazināsies arī siltuma zudumi siltumtrasē.
3. Siltuma zudumus siltumtrasē iespējams samazināt arī bez siltumtrases rekonstrukcijas, taču varbūtējais ieguvums būtu salīdzinoši neliels salīdzinot ar siltumtrases pilnīgu rekonstrukciju.

Izmantotie informācijas avoti

1. Latvijas Siltumuzņēmumu asociācija, Siltumapgāde Latvijā, Rīga, 2009, 16. - 20. lpp.
2. Dravnieks J., Matemātiskās statistikas metodes. Mācību grāmata, Rīga, 2004, 68. lpp.

NIEDRU PRIMĀRĀS KOMPAKTĒŠANAS PĒTĪJUMI

INVESTIGATION OF COMMON REED COMPACTION

Elgars Širaks
Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants
Ēriks Kronbergs
Zinātniskais vadītājs, profesors, Dr.sc.ing.

Abstract: Research has been made with aim to determine the Common reed stalk material size reduction and experimentally find flattening energy consumption. It was determined with calculations that Common reed bundle volume can be reduced by 3 – 5 times. Specific flattening energy per mass unit is growing from 0,5 J g⁻¹ to 1,9 J g⁻¹ if stalk diameter changed from 2,6 – 7,2 mm. Specific flattening energy per length unit growing from 1,83 J m⁻¹ to 4,61 J m⁻¹ if stalk diameter changed from 2,6 – 7,2 mm.

Atslēgas vārdi: niedres, primārā kompaktēšana, placināšana.

Ievads

Eiropas Savienības jaunā direktīva 2009/28/EK paredz palielināt atjaunojamo energoresursu izmantošanu kopējā enerģētikas jomā, mazinot atkarību no fosilajiem energoresursiem. Latvijas izvirzītais mērķis līdz 2020. gadam atjaunojamo energoresursu ziņā ir iegūt 40% enerģijas no atjaunojamajiem resursiem, to paredz arī Eiropas Savienības direktīva [1].

Pašreiz Eiropas Savienībā 66% atjaunojamo enerģiju iegūst no augu biomasas [2]. Augu biomasas iegūšana ir izdevīga, jo to iespējams novākt ar mitrumu zemāku par 15% un to var kompaktēt vai briketēt bez žāvēšanas. Latvijai kā ezeru zemei ir ļoti daudz aizaugušu ezeru ar niedrēm, kuras var uzskatīt par dabisko enerģētisko augu. Niedru izmantošana par enerģētisko augu ir vēlama arī no ekoloģiskā viedokļa. Regulāra niedrāja pļaušana samazina organisko vielu daudzumu ūdenstilpnēs un neļauj tām strauji aizaugt. Viena no galvenajām problēmām cietā kurināmā ražošanā no augu materiāla ir transporta izmaksas. Augu materiāla blīvums ir tikai 20 – 60 kg m⁻³, kas mazā blīvuma dēļ sadārdzina tā transportēšanu [3].

Transporta izmaksas var samazināt, veicot augu materiāla primāro kompaktēšanu, tādā veidā palielinot materiāla blīvumu. Niedres ir vienas no izturīgākajiem stiebraugu materiāliem. To mehānisko parametru vērtības ir augstākas, piemēram, robežizturība stiepē $330 \pm 29 \text{ N mm}^{-2}$ [4], salīdzinājumā ar citiem enerģētiskajiem augiem (miežabrālis, graudaugu salmi), tāpēc pētījumā tās reprezentē minēto stiebraugu materiālus.

Pētījuma mērķis ir eksperimentāli noteikt placināšanas īpatnējo darbu placinot niedru stiebru materiālu, un teorētiski noteikt par cik iespējams samazināt materiāla tilpumu.

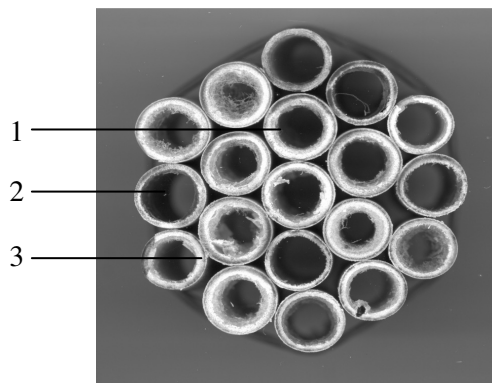
Materiāli un metodes

Augu materiālu primāro kompaktēšanu veic pielietojot dažādus paņēmienus, piemēram, sienot kūlīšos, presējot rituļos vai kvadrātveida ķīpās, kā arī placinot vai apvienojot placināšanu ar kādu no iepriekšminētajām kompaktēšanas paņēmieniem. Ar placināšanas paņēmieni iespējams iegūt niedru materiāla blīvumu $280 \pm 12 \text{ kg m}^{-3}$, kas ir augstākais rādītājs starp primārās kompaktēšanas paņēmieniem.

Viena no plašāk pielietotajām traktortehnikām niedru materiāla iegūšanā ir Dānijā ražotais *Seiga harvester*. Izmantojot šo traktortehniku niedres tiek sasietas kūļos. Kūlīša izmēri ir atkarīgi no niedru ģeometriskajiem parametriem, niedru stiebru sieniņas biezuma, diametra un garuma.

Eksperimentos izmantotas niedres no Engures ezera ar garumu 1,5 m. Niedru stiebiem ģeometriskie parametri, kā diametrs, sieniņas biezums, noteikti ar elektronisko bīdmēru, kura precizitāte ir 0,03 mm un mērīšanas diapazons 0 – 200 mm.

Materiāla masas noteikšanai izmantoti divu veidu elektroniskie svāri: *Sartorius GM 312* ar precizitāti $d = 0,01 \text{ g}$ un mērīšanas robežu 0 – 310 g un *Kern DE 12KIN* ar precizitāti $d = 1 \text{ g}$ un mērīšanas robežu 0 – 12 kg.



1. att. Niedru stiebru izvietojums kūlītī:

1 – gaisa kabata starp stiebiem; 2 – stiebra sieniņa; 3 – gaisa kabata stiebra iekšpusē

Teorētiski nosakot iekļautā gaisa daudzumu niedru kūlītī tiek pieņemts, ka niedres un niedru kūlīša šķērsriezuma laukuma forma ir aplis. Par cik reizēm iespējams samazināt niedru kūlīša tilpumu aprēķina pēc formulas (1):

$$K = \frac{V}{V - (V_s + V_i)}; \quad (1)$$

kur K – tilpuma samazināšanās koeficients;
 V – kūlīša tilpums, m^{-3} ;
 V_s – tilpums gaisam starp niedrēm, m^{-3} ;
 V_i – tilpums gaisam stiebru iekšienē, m^{-3} .

Placināšanas spēks un patērētais darbs tika noteikts ar *Zwick* materiālu testēšanas iekārtu *TC-FR2.5TN.D09* ar spēka izšķirtspēju 0,4%, pārvietojuma $1 \mu m$, un maksimālo spēku 2,5 kN. Eksperimentos izmantoti niedru stiebru posmi ar garumu 100 mm, kas ņemti 5 dažādās stiebra vietās ar 250 mm lielu attālumu starp tiem no pamatnes uz augšu. Placināšana veikta ar $4 N mm^{-1}$ maksimālo spēku, lai noteiktu placināšanas summāro darbu niedru stiebiem ar dažādiem diametriem un dažādos stiebra posmos. Iegūtie dati un apkopoti *Zwick* datorprogrammā *TestXpert V9.01*. Rezultāti apstrādāti *MS Excel* programmā.

Īpatnējais darbs uz garuma vienību noteikts pēc formulas (2):

$$A_{ip.l} = \frac{\sum A}{L}; \quad (2)$$

kur $A_{ip.l}$ – īpatnējais darbs, $J m^{-1}$;
 $\sum A$ – placināšanas darbs, J ;
 L – placināmā materiāla garums, m .

Īpatnējais darbs uz masas vienību noteikts pēc formulas (3):

$$A_{ip.m} = \frac{\sum A}{m}; \quad (3)$$

kur $A_{ip.m}$ – īpatnējais darbs, $J g^{-1}$;
 $\sum A$ – placināšanas darbs, J ;
 m – placināmā materiāla masa, g .

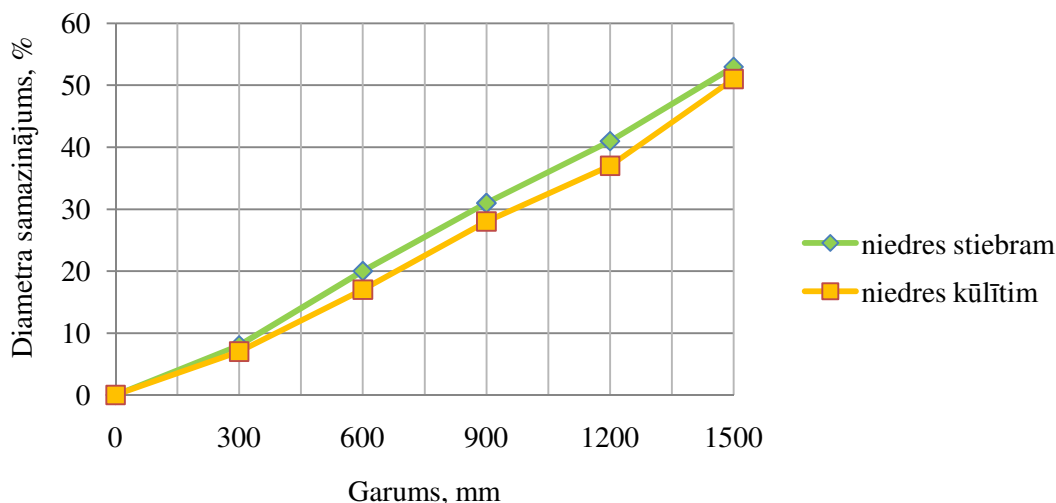
Vidējais spēks noteikts pēc formulas (4):

$$F_{vid} = \frac{\sum A}{s}; \quad (4)$$

kur F_{vid} – placināšanas vidējais spēks, N;
 ΣA – placināšanas darbs, J;
 s – pārvietojums, mm.

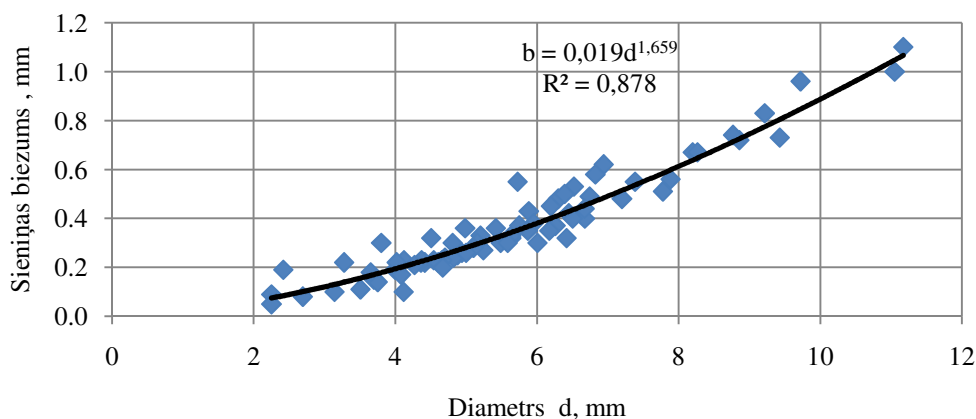
Rezultāti un diskusija

Eksperimentā izmantoto niedru stiebru un kūlīšu diametrs pie pamatnes un galotnes atšķiras attiecīgi par 53% un 51% (2. att.). Tas pirmkārt ļauj secināt, ka atsevišķa stiebra un kūlīša ģeometriskā forma ir pielīdzināma viena otrai un otrkārt, ka gaisa daudzums starp stiebiem pie kūlīša pamatnes un galotnes samazinās tieši proporcionāli kūlīša diametram.



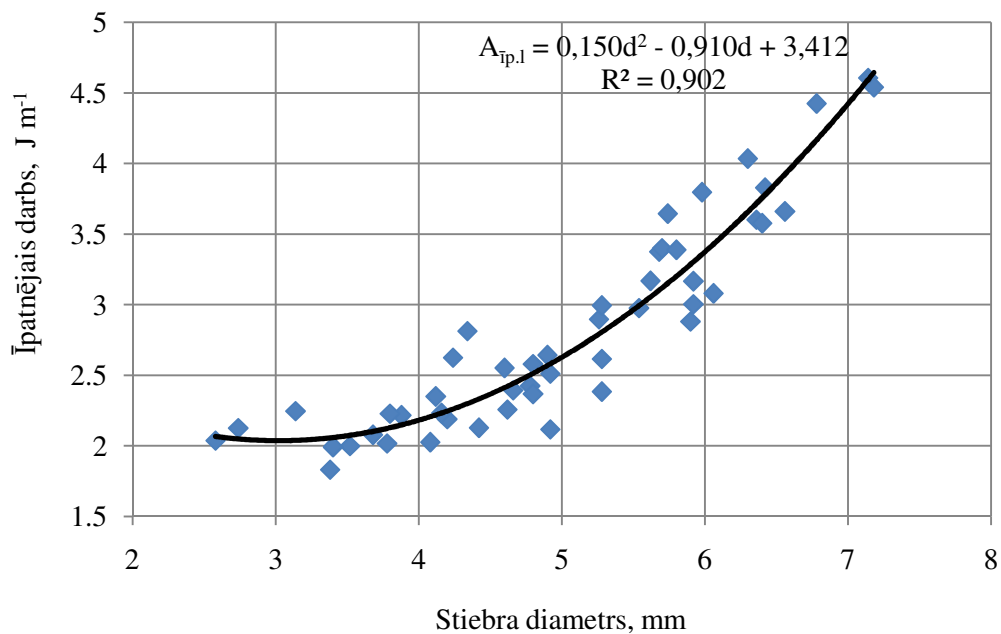
2. att. Niedru stiebra un kūlīša diametra samazināšanās atkarībā no to garuma

Pielietojot placināšanas paņēmieni niedru kūlīša tilpumu iespējams samazināt 3 – 5 reizes. Teorētiski kūlīti var saplacināt par 9 – 25 % izspiežot gaisa daudzumu starp niedru stiebiem. Niedru stiebru sienas biezums ir viens no parametriem, kas nepieciešams, lai noteiktu gaisa tilpumu stiebra iekšienē. Sienas biezuma vērtība ir robežās no 0.05 – 1.16 mm (3.att.), ja stiebra diametrs nepārsniedz 11 mm.



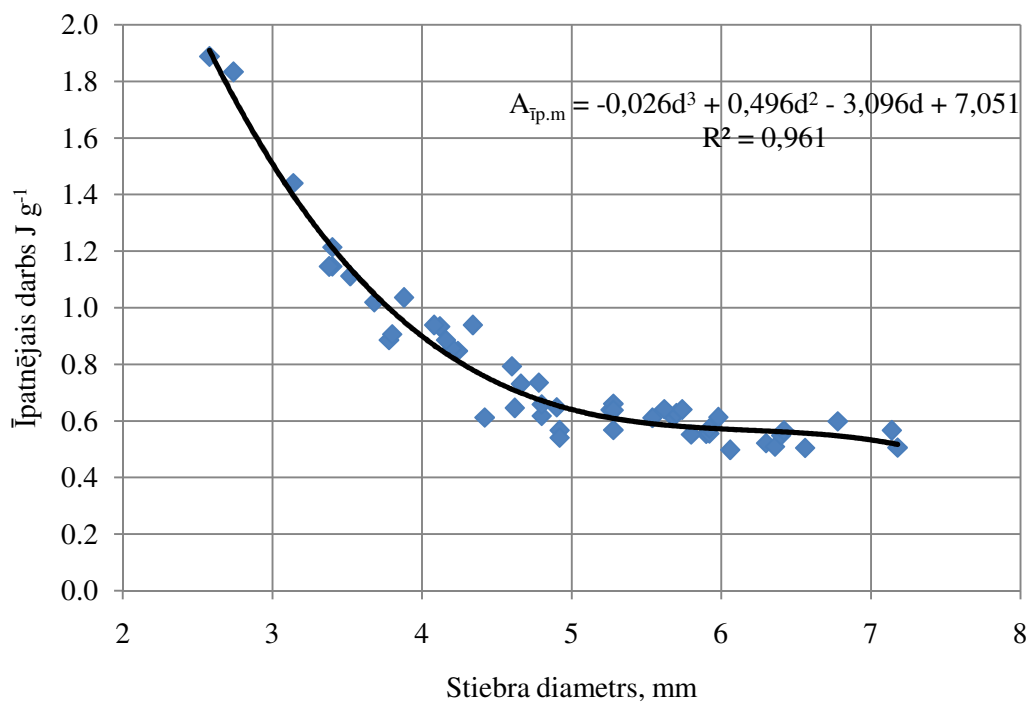
3. att. Niedru stiebru sienas biezums atkarībā no diametra

Placināšanas īpatnējais darbs uz garuma vienību parādīts 4. attēlā. Pieaugot stiebra diametram īpatnējais darbs patēriņš palielinās. Placināšanas īpatnējais darbs stiebiem ar diametra amplitūdu 2,6 – 7,2 mm ir robežās no 1,83 – 4,61 J m⁻¹.



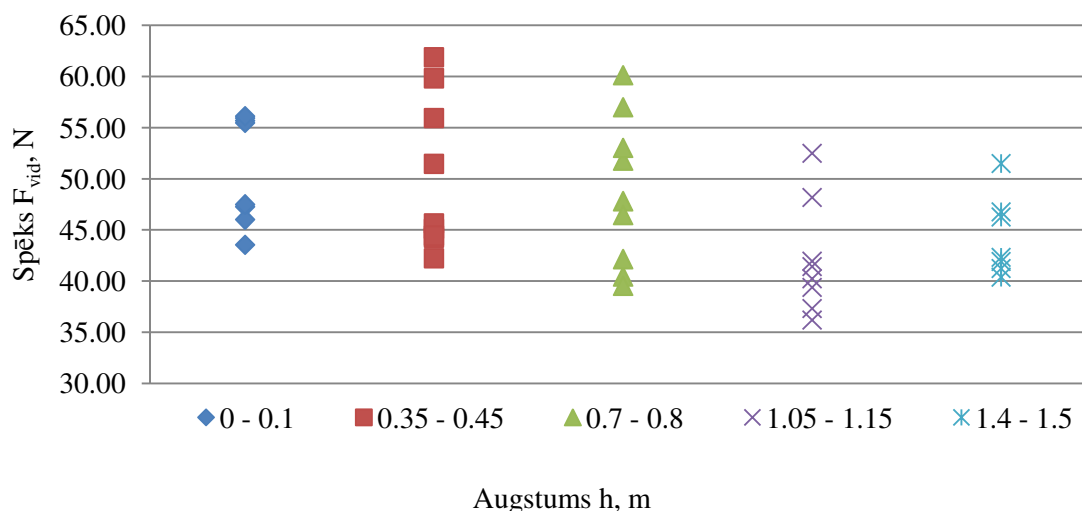
4. att. Placināšanas īpatnējais darbs uz garuma vienību

Īpatnējā darba patēriņš uz masas vienību samazinās, palielinoties diametram (5.att.). Niedru stiebriem ar diametru amplitūdu no 2,6 – 7,2 mm īpatnēja darba patēriņš ir robežās no 0,5 – 1,9 $J g^{-1}$.



5. att. Placināšanas īpatnējais darbs uz masas vienību

Vidējais spēks placinot 100 mm garus niedru stiebru posmus dažādos augstumos no pamatnes būtiski neatšķiras (6. att.). Vidējā spēka vērtība ir $46,5 \pm 6,8 N$.



6. att. Placināšanas vidējais spēks 100 mm gariem posmiem

Secinājumi

1. Veicot aprēķinus pēc formulas (1) ir noteikts, ka niedru kūlīša tilpumu var samazināt 3 – 5 reizes placinot.
2. Placināšanas īpatnējais darbs uz garuma vienību stiebriem ar diametru 2,6 – 7,2 mm ir robežās no 1,83 – 4,61 J m⁻¹.
3. Niedru stiebriem ar diametru no 2,6 – 7,2 mm īpatnēja darba uz masas vienību placinot patēriņš ir robežās no 0,5 – 1,9 J g⁻¹.
4. Vidējā spēka vērtība placinot 100 mm garus niedru posmus ir 46,5 ± 6,8 N.
5. Niedru stiebru sienīgas biezums ir robežās no 0,05 – 1,16 mm, ja stiebra diametrs nepārsniedz 11 mm.
6. Eksperimentā izmantoto niedru stiebru un kūlīšu diametrs pie pamatnes un galotnes atšķiras attiecīgi par 53% un 51%.

Izmantotie informācijas avoti

1. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2009/28/EK (2009) par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu un ar ko groza un sekojoši atceļ Direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis. Nr. L140 (ISSN 1725-5112), 52. sējums. 16. – 63. lpp. [tiešsaiste] [20.04.2010] Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:FULL:LV:PDF>
2. Swinban A. (2009) EU Support for Biofuels and Bioenergy, Environmental Sustainability Criteria, and Trade Policy. Criteria and Trade Polic. No. 17, p. 8 – 12. [tiešsaiste] [14.07.2010] Pieejams: <https://files.pbworks.com>
3. Kronbergs Ē., Šmits M. (2009) Biomases un dabisko izejvielu materiāla izstrāde. RTU Zinātniskie Raksti. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija. 19. sējums, 122.–128. lpp.
4. Smits M., Kronbergs A., Kronbergs E. (2010) Herbaceous energy crop shredding size determination. In: 9th International Scientific Conference Engineering for rural development. Jelgava: LLU, p. 275 – 279.

EVOLVENTU SAZOBES KONSTRUĒŠANA

GEAR INVOLUTE DESIGN

Elmārs Piesis

Tehniskās fakultātes 4. kursa students

Ēriks Kronbergs

Zinātniskais vadītājs, profesors, Dr.sc.ing.

Abstract: The involute gear profile is commonly used for gearing today. In an involute gear, the profiles of the teeth are involutes of a circle. In Machine dynamics study course work gear tooth profile was designed graphically. It was a long and complex work. Results of gear tooth profile design Mathcad program testing are described. Using this program teeth profile and gear can be designed more easily and faster. Some difficulties are with printing profile in necessary scale.

Atslēgas vārdi: Evolventu sazobe, zobrata konstruēšana.

Ievads

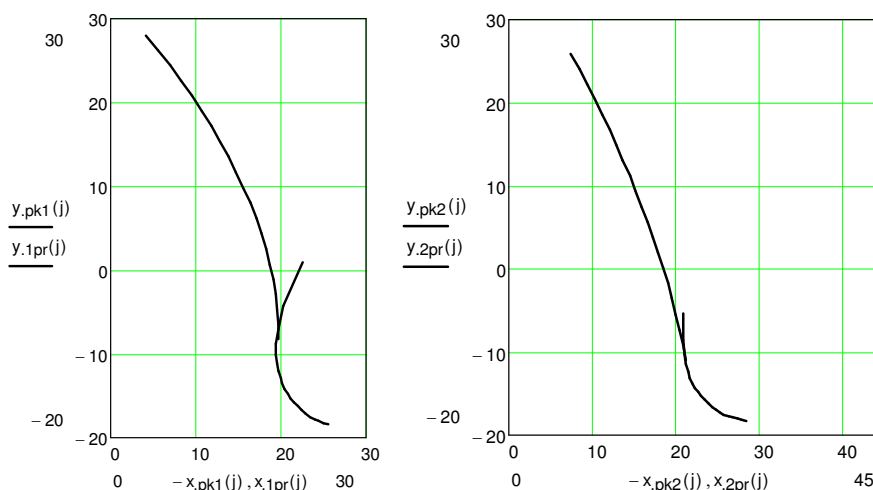
Darbā tika apskatīta un izmēģināta *Mathcad* datorprogramma evolventu sazobes konstruēšanai. Tika izstrādāta metodika kursa darba izpildei „Mašīnu dinamikā”. Izmantojot šo programmu, iespējams iegūt zoba profilu atbilstoši zobu skaitam un modulim jau gatavā elektroniskā attēlā. Sazobes konstruēšanai to nepieciešams izdrukāt atbilstošā mērogā, un konstruēt sazobi zinot zobratu starpasu attālumu un katra zobrata atbilstošos rādiusus un soļus.

Materiāli un metodes

Konstruēšanā izmanto Baumaņa augstākās tehniskās skolas sagatavotu *Mathcad* programmu evolventu sazobes konstruēšanai. Tā tika pārtulkota un pielāgota kursa darba doto lielumu ievadei. Zobratu sazobe tiek uzkonstruēta grafiski, izmantojot *Mathcad* programmā aprēķinātos zobratu profilus, pēc kuriem izgatavo trafaretus zobu zīmēšanai.

Metodika evolventu sazobes konstruēšanai kursa darbam „Mašīnu dinamikā”

1. Grafiskajai konstruēšanai nepieciešamos lielumus iegūst izmantojot datorprogrammu *Mathcad*, kur ievadot atbilstošos dotos lielumus nolasa rezultātu pie nepieciešamā 1. zobrata korekcijas koeficienta.
2. Lai grafiski konstruējot sazobi, zoba augstums būtu vismaz 40 mm, tiek izmantots sazobes modulis $m_n = 20$ mm. *Mathcad* zoba profila grafiku piemēri redzami 1. attēlā.

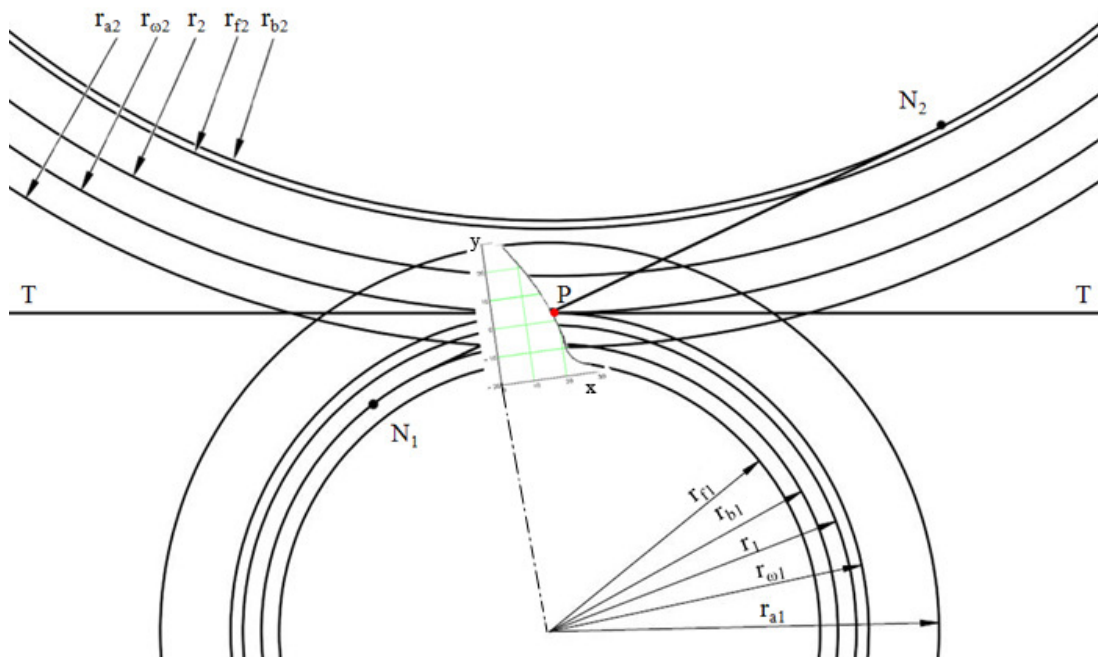


1. att. Zobu profili

Lai iegūtu zobratu profilu līniju trafaretus, tos kopē no *Mathcad* programmas uz *Microsoft Word* ar *Paste Special*, kā *Picture (Windows Metafile)*. *Microsoft Word* programmā, mainot attēlu izmērus, panāk, lai attēla grafika 10 mm atbilstu 10 mm izdrukā. Printē un izgriež trafaretus.

Piezīme: Trafaretu zobu līniju ieteicams izgriezt garāku nekā tā ir zīmētā.

- Mērogā 1:1 atliek zīmējumā starpasu attālumu un katra zobrata atbilstošos rādiusus:
 r_f – kāju aploces rādiuss; r_b – pamataploces rādiuss; r – dalījuma aploces rādiuss;
 r_{ω} – velšanās aploces rādiuss; r_a – zobu galvu aploces rādiuss.
- Ar rādiusiem $r_{\omega 1}$ un $r_{\omega 2}$ novelk velšanas aploces, kuras saskaras punktā P (sazobes polā).
- Velšanās aplocēm novelk kopīgo pieskari T-T.
- Tālāk velk sazobes līniju N-N, kurai jāiet caur sazobes polu P, un kura ir pieskare abu zobratu pamataploču rādiusiem.
- Tālāk konstruē zobratu evolventi ar trafaretu palīdzību, zinot, ka abi zobrati saskaras sazobes polā P, un to, ka trafaretu y ass iet caur zobrata simetrijas asi un y ass 0 vērtība ir uz dalījuma aploces (r_1).
- Zinot zobratu soli, platumus un zobu leņķiskos soļus uzkonstruē zobus. Konstruēšanas piemērs redzams 2. attēlā.



2. att. Zobrata evolventu konstruēšana

Rezultāti un diskusija

Izmantojot testēto datorprogrammu zoba profila konstruēšanai, iespējams iegūt ekvivalentu zobu profilu kā konstruējot to pēc grafiskās metodes. Šīs datorprogrammas un tālākās konstruēšanas galvenā problēma ir zoba profila izdrukāšanā, jo tie *Mathcad* programmā ir grafiku veidā, kas nav piesaistīti noteiktā mērogā pie izdrukājamās lapas. Nepieciešams grafikus pārnest uz citām programmām un izmainīt to izmērus, lai iegūtu nepieciešamo mērogu. Šī pārvešana un mērogu iegūšana nav pietiekami precīza un var radīt kļūdas. Lai iegūtu zoba augstumu vismaz 40 mm nepieciešams lietot sazobes moduli vismaz 20 mm, jo lietojot mazākas moduļa vērtības *Mathcad* uzkonstruētā zoba profila līnija sanāk pārtraukta. Tālāka sazobes un zobu konstruēšana izmantojot izdrukātos zobu profilus nav sarežģīta.

Secinājumi

- Izmantojot šo programmu, iegūst zoba profilu *Mathcad* grafika veidā, kas nav piesaistīts kādam mērogam.
- Lai izprintētu zoba profila attēlu noteiktā mērogā, tā attēls ir jāpārnes uz citām programmām un manuāli jāpiedzen pie vajadzīgā mēroga. Tas var radīt neprecizitāti un sistemātisku kļūdu tālākā sazobes konstruēšanā.
- Pie sazobes moduļa m_n mazāka par 10 mm zoba profila grafiks sanāk pārtraukts.

4. Lai datorprogrammu varētu pilnīgi izmantot, būtu nepieciešama *Mathcad* grafika piesaiste noteiktam mērogam.
5. Izmantojot *Mathcad* datorprogrammu iespējams viegli mainīt zobratu parametrus, redzot kā izmainās zobu profils, pārseguma koeficients un citi sazobes lielumi.
6. Datorprogrammas galvenā priekšrocība ir visu konstruēšanai nepieciešamo lielumu ātra aprēķināšana.
7. Būtu lietderīgi zobratu sazobes konstruēšanu veikt izmantojot kādu no grafiskajām programmām ienesot tajā *Mathcad* zoba profilu.

Izmantotie informācijas avoti

1. O. Ozols. Mehānismu un mašīnu teorija. Rīga: Zvaigzne. 1974. 417. lpp.
2. Rudņevs J., Ziņģis K. Mehānismu un mašīnu teorija. Rīga: Zvaigzne. 1986. 288 lpp.
3. Геометрический расчёт эвольвентной передачи [tiešsaiste] [skatīts 14.07.2010.]. Pieejams: http://tmm-umk.bmstu.ru/prikl_ind.html
4. Wikipedia involute gear [tiešsaiste] [skatīts 15.04.2011]. Pieejams: http://en.wikipedia.org/wiki/Involute_gear
5. Wikipedia gear [tiešsaiste] [skatīts 15.04.2011]. Pieejams: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gear>

METĀLA KONSTRUKCIJU SPĒKU ANALĪZE

METAL CONSTRUCTION FORCES ANALYSIS

Jānis Meikulāns
Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants
Imants Nulle
Zinātniskais vadītājs, docents, Dr.sc.ing.

Abstract: There are many applications that are used for metal construction force analysis, but there are no shown results how precise are these programs versus analytical methods. This report uses Solidworks and Analysis for Windows programs to calculate member forces and reaction force for theoretical truss model consisting of 12 members and 6 joints. Results are compared to analytical methods to check how precise software returned outcome is.

Atslēgas vārdi: metāla konstrukcijas, kopnes, balstu reakcijas, stieņu piepūles.

Ievads

Metālu un metālapstrādes nozares nodrošina lielu daļu no apstrādes rūpniecības pievienotās vērtības. Metāla konstrukcijas ir viens no mašīnbūves un metālapstrādes nozares galvenajiem produktiem, kas tiek izmantotas dažādās tautsaimniecības nozarēs. Daudzās no tām, kā, piemēram, lauksaimniecības tehnikas ražošanā, automobiļu nozarē īpaši svarīga ir paša produkta un ražošanas kvalitāte. Metāla karkasa stiprība ir viens no kvalitātes noteicošajiem faktoriem. Bieži ir nepieciešamas konstrukcijas, kuras spēj garantēt drošumu un būt viegli izmantojamas dažādos darba apstākļos. Tāpēc svarīgi ir precīzi noteikt konstrukcijas noslogojumu un atbilstoši tam izvēlēties karkasa konstrukciju un stieņu profilu.

Mūsdienās konstruktīvo sistēmu aprēķinu veic ar datorprogrammu palīdzību, kas dod iespēju rezultātus iegūt būtiski īsākā laikā arī sarežģītas formas un sloģojuma plakanām un telpiskām konstrukcijām. Taču nav pieejama informācija, cik precīzus rezultātus var iegūt ar šāda veida programmatūrām.

Pētījuma ietvaros datorprogrammās *Solidworks* un *Analysis for Windows* tika uzkonstruēts metāla konstrukcijas (kopnes) modelis. Lai salīdzinātu programmatūrās izveidoto modeļu sloģojuma simulācijas precizitāti, aprēķini tika veikti arī analītiski.

Materiāli un metodes

Datorprogrammās *Solidworks* un *Analysis for Windows* izveidotais kopnes modelis redzams 1. attēlā.

Kopne sastāv no taisniem, galos savienotiem divpadsmit stieņiem un sešiem mezgliem.

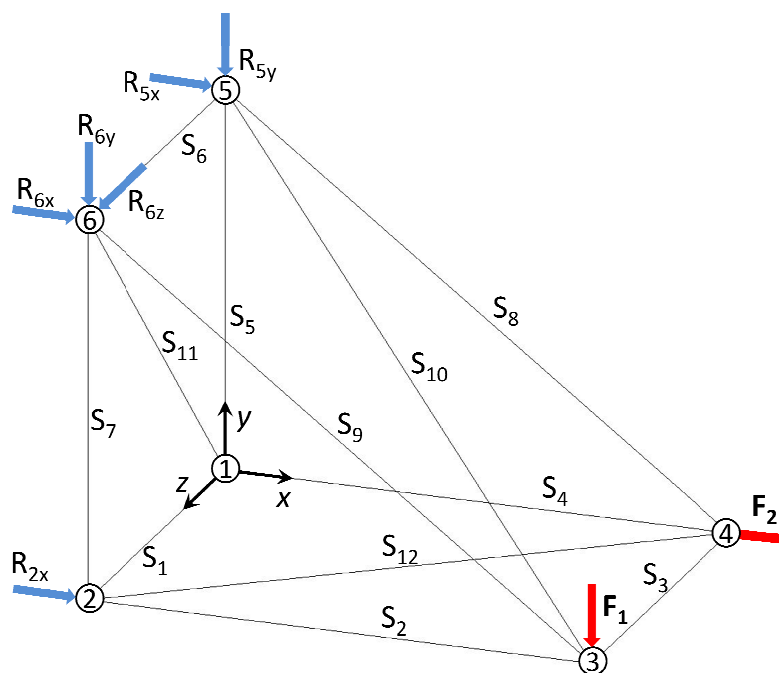
Kopne, kas attēlota 1. attēlā slogota mezglos 3 un 4 ar spēkiem $F_1 = 40$ kN un $F_2 = 50$ kN. Kopne nostiprināta trīs mezglos – ar nekustīgu lodveida balstu mezglā 6, ar plakaniski kustīgu lodveida balstu mezglā 2 un ar lineāri kustīgu lodveida balstu mezglā 5.

Veicot analītiskos aprēķinus nosaka, ka kopne ir statiski nosakāma.

Statiski nosakāmas kopnes nosacījums ir parādīts (1) formulā.

$$N_K = 3m - 6, \quad (1)$$

kur N_K – stieņu skaits;
 m – mezglu skaits.



1. att. Telpiskas kopnes modelis ar 12 stieņiem un 6 mezgliem:

$S_1 - S_{12}$ stieņi, 1 – 6 mezgli

Kopnes balsta reakcijas nosaka izmantojot statikas līdzsvara nosacījumus (2), (3), (4), (5), (6), (7), kur $a = S_2 = S_4$ un $b = S_1 = S_3 = S_5 = S_6 = S_7$:

$$\sum M_x = R_{5y} \cdot b = 0, \quad (2)$$

$$\sum M_y = -R_{5x} \cdot b - F_2 \cdot b = 0, \quad (3)$$

$$\sum M_z = -F_1 \cdot a - R_{6x} \cdot b - R_{5x} \cdot b = 0, \quad (4)$$

$$\sum F_x = F_2 + R_{5x} + R_{2x} + R_{6x} = 0, \quad (5)$$

$$\sum F_y = -F_1 + R_{6y} + R_{5y} = 0, \quad (6)$$

$$\sum F_z = -R_{6z} = 0. \quad (7)$$

Lai analītiski aprēķinātu piepūles kopnes stieņos, izmanto šķēluma metodi jeb Ritera metodi. Atšķel kādu kopnes atsevišķu mezglu un apskata šīs daļas līdzsvaru ārējo spēku un iekšējo piepūļu darbības rezultātā. Šo stieņu piepūļu noteikšanai sastāda darbojošos spēku līdzsvara vienādojumus pret x , y un z asīm. Mezgli, pret kuriem sastāda līdzsvara vienādojumus, jāizvēlas tā, lai līdzsvara vienādojums saturētu tikai vienu nezināmu piepūli un nebūtu jārisina vienādojuma sistēma ar vairākiem nezināmajiem.

Izmantojot datorprogrammu *Analysis for Windows*, modeļa veidošana tiek sākota ar kopnes mezglu koordināšu definēšanu. Šie mezgli pēc tam tiek savienoti ar stieņiem. Izveidotajam rasējumam definē balstu veidus un atrašanās vietas, tad slogojumu. Kad modelis ir pilnībā gatavs, veic kalkulāciju.

Datorprogrammā *Solidworks* sākumā tiek izveidota modeļa skice, ar līniju palīdzību definējot to garumus. Izveidotajai skicei definē stieņu profilus. Šim modelim tika izvēlēts apaļprofils ar 40 mm diametru. Aprēķinos *Analysis for Windows* un *SolidWorks* izmanto galīgo elementu metodi. *Solidworks* programmatūra ļauj modeli veidot kā kopni (*Truss*) vai siju (*Beam*). Definējot modeli kā kopni, simulācijas rezultātā, stieņi tiek spiesti un stiepti atšķirībā no sijas modeļa, kur tiek ņemta vērā arī stieņa liece. *Solidworks* programmatūrā aprēķinu iegūšanai modelis tika veidots kā kopne, tam nedefinēti balstu veidi un atrašanās vietas, pielikts slogojums un veikta kalkulācija.

Rezultāti un diskusija

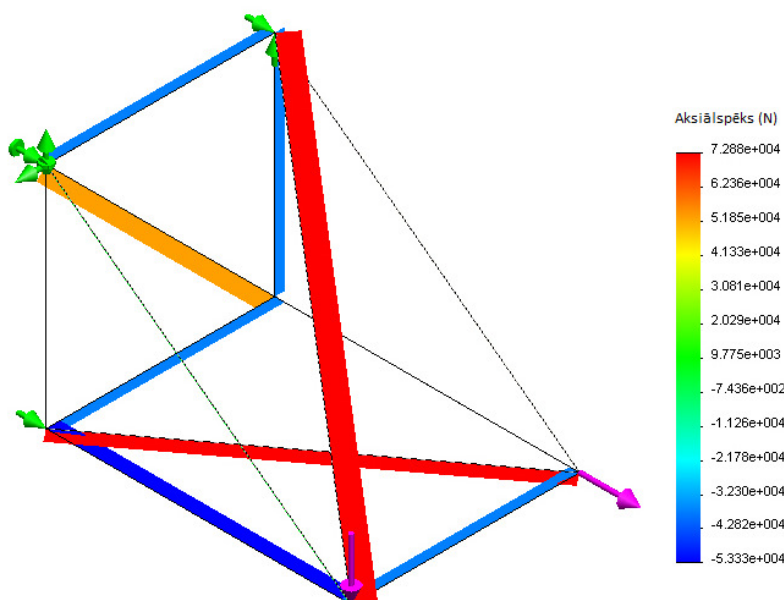
Lai salīdzinātu simulācijā iegūtos rezultātus ar analītiskiem aprēķiniem, pēc 2 – 7 formulām tika veikti modeļa balstu reakciju aprēķini, kā arī noteiktas piepūles kopnes stieņos. Modeļa balstu reakciju aprēķini tika veikti 3 mezgliem (1. att.):

- plakaniski kustīgam lodveida balstam mezglā 2;
- lineāri kustīgam lodveida balstam mezglā 5.
- nekustīgam lodveida balstam mezglā 6.

Aprēķinu rezultāti apkopoti 1. tabulā, kur R_x , R_y , R_z – spēka komponentes x , y , z asīm. Analītiskais aprēķins tika veikts, izmantojot statikas līdzsvara nosacījumus (2), (3), (4), (5), (6), (7). Kā redzams tabulā, analītiskās metodes rezultāti pilnībā sakrīt ar iegūtajiem rezultātiem programmā *Analysis for Windows*. Arī ar *Solidworks* programmatūru iegūtie rezultāti ir precīzi – lielākā atšķirība redzama 2. mezglā un 6. mezglā x asij, kur atšķirība salīdzinot ar analītiskajiem aprēķiniem ir 0.03%.

1. tabula. Aprēķinu rezultāti – balstu reakcijas uz x , y un z asi

Mezglis	Analītiski, kN			Analysis for Windows, kN			Solidworks, kN		
	R_x	R_y	R_z	R_x	R_y	R_z	R_x	R_y	R_z
2	3.333	-	-	3.333	-	-	3.334	-	-
5	-50	0	-	-50.000	0.000	-	-50.000	-0.00	-
6	-3.333	40	0	-3.333	40.000	0.000	-3.334	40.000	0



2. att. Datorprogrammā *Solidworks* veidotas aksiālspekņu epīras

Aprēķini piepūlēm kopnes stieņos tika veikti visiem 12 stieņiem, no kuriem trīs ir nullstieņi (S_4 , S_7 , S_8). Datorprogrammā *Solidworks* veidotas aksiālspekņu epīras redzamas 2. attēlā. Aprēķinu rezultāti apkopoti 2. tabulā, kur S_1 – S_{12} – stieņi. Analītiskās metodes rezultāti tika iegūti, izmantojot šķēluma jeb Ritera metodi. Kā redzams tabulā, ar *Analysis for Windows* programmatūru noteiktās piepūles kopnes stieņos sakrīt ar analītiski aprēķinātajām. *SolidWorks* rezultāti salīdzinot ar analītisko metodi atšķiras par 0.02%. Aplūkojot 2. tabulā dotos rezultātus, redzams, ka pēc *Analysis for Windows* un *SolidWorks* aprēķinu metodikas noteiktie nullstieņi (S_4 , S_7 , S_8) atbilst rezultātiem pēc Ritera metodes. Turpmākajos pētījumos jāveic praktiski eksperimenti ar kopnēm, lai noteiktu aprēķinu atbilstību reālām konstrukcijām un to noslogojumiem. Jāizpēta programmatūras *SolidWorks* iespējas simulēt konstrukcijas noslogošanu cieta ķermeņa (*Solid Mesh*) un siju (*Beam*) režīmā un jānosaka simulācijas rezultātu atbilstību reālai konstrukcijai.

2. tabula. Aprēķinu rezultāti – piepūles kopnes stieņos

Stienis	Analītiski, kN	Analysis for Windows, kN	Atšķirība pret analītiski, %	Solidworks, kN	Atšķirība pret analītiski, %
S ₁	-37.5	-37.500	0	-37.492	0.021
S ₂	-53.333	-53.333	0	-53.334	0.002
S ₃	-37.5	-37.500	0	-37.492	0.021
S ₄	0	0.000	0	-0.009396	0
S ₅	-37.5	-37.500	0	-37.492	0.021
S ₆	-37.5	-37.500	0	-37.492	0.021
S ₇	0	0.000	0	0	0
S ₈	0	0.000	0	5.4498*10 ⁻¹¹	-
S ₉	4.167	4.167	0	4.1672	0.005
S ₁₀	72.887	72.887	0	72.883	0.005
S ₁₁	53.033	53.033	0	53.022	0.021
S ₁₂	62.5	62.500	0	62.495	0.008

Secinājumi

1. *Analysis for Windows* programmatūru noteiktās balstu reakcijas un piepūles kopnes stieņos sakrīt ar analītiski aprēķinātajām.
2. *SolidWorks* rezultāti salīdzinot ar analītisko metodi atšķiras par 0.02%
3. Pēc *Analysis for Windows* un *SolidWorks* aprēķinu metodikas noteiktie nullstieņi atbilst pēc Ritera metodes noteiktajiem.
4. Turpmākajos pētījumos jāveic praktiski eksperimenti ar kopnēm, lai noteiktu aprēķinu atbilstību reālām konstrukcijām un to noslogojumiem.

Izmantotie informācijas avoti

1. Bulavs F., Radiņš I. Būvmehānikas ievadkurss, Rīga: Rīgas Tehniskā Universitāte, 2010. 250 lpp.
2. Meriam J.L., Kraige L.G. Engineering mechanics statics. Fifth edition. Wiley, 2002. 494 p.
3. Akmentiņš V., Kepe O., Krūmiņš E., Lauva J., Miķelsons J., Muižnieks A., Svētiņš J., Vība J. Teorētiskā mehānika piemēros. Rīga: Zvaigzne, 1976. 647 lpp.
4. Kepe O., Vība J. Teorētiskā mehānika. Rīga: Zvaigzne, 1982. 577 lpp.

Pateicība

Raksts izstrādāts ar Eiropas Savienības atbalstu, vienošanās Nr.: 2009/0165/1DP/1.1.2.1.1/09/IPIA/VIAA/008

DĪZEĻMOTORU AR IZDILUŠU AUGSTSPIEDIENA SŪKNI IEDARBINĀŠANAS ATVIEGĻOŠANA AR EĻĻAS PIEVIENOŠANU DĪZEĻDEGVIELAI

STARTING RELIEF OF DIESEL ENGINE WITH WORN HIGH PRESSURE FUEL INJECTION PUMP WITH ADDING OIL IN DIESEL FUEL

Jānis Supe

Tehniskās fakultātes 4. kursa students

Gunārs Aizsils

Zinātniskais vadītājs, docents, Dr.sc.ing.

Abstract: Wear of diesel fuel high – pressure equipment remains to difficult to start diesel engine. In order to relief starting of diesel engine with worn high pressure injection pump is used non – traditional method – adding oil in fuel. Experiments showed – using this method will increase cycle dose at startup speed of high pressure fuel injection pump of diesel engine. Fuel delivery start angle improves. Engine exhaust gas opacity does not increase. This method is less expensive than high pressure fuel equipment repair for a very long time.

Atslēgas vārdi: dīzeļmotora iedarbināšana, dīzeļdegvielas un eļļas maisījuma viskozitāte, augstspiediena sūkņa starta padeves doza, plunžerpāris, degvielas padevēs sākuma moments.

Ievads

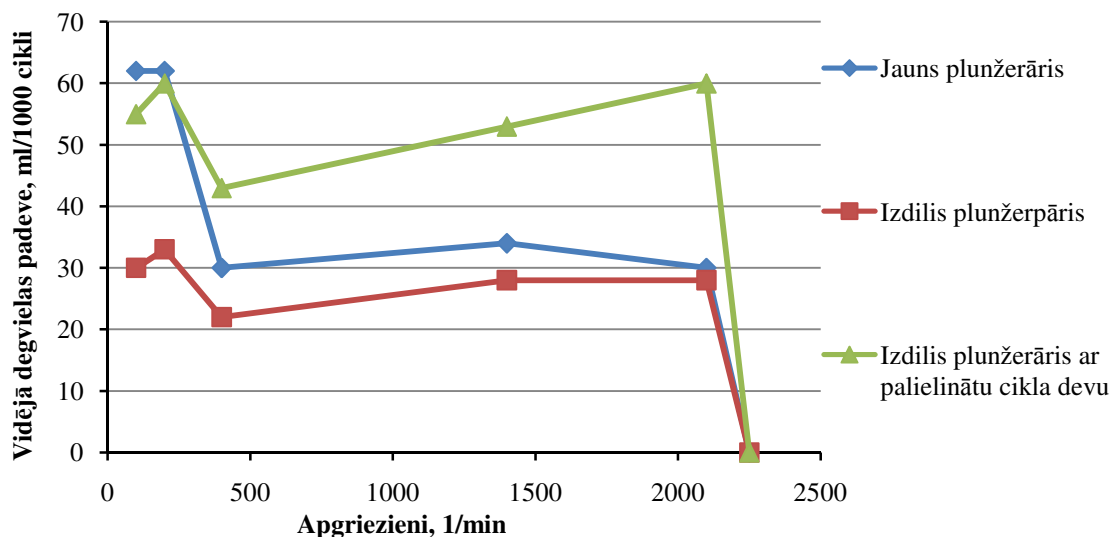
Liela daļa traktortehnikas un speciālās pašgājējas tehnikas Latvijā, īpaši reģionos ir stipri novecojusi. Tehnikai netiek veiktas ikgadējās tehniskās skates. Vairāk par pusi traktortehnikas ir vecāka par 20 gadiem [7]. Šī tehnika tiek galvenokārt izmantota viegliem darbiem, kā arī palīgdarbiem. Tehnikas īpašnieki nevēlas ieguldīt līdzekļus tās remontos. Bieži sastopami defekti degvielas augstspiediena sistēmā. Degvielas augstspiediena aparatūras remonts ir ļoti sarežģīts un dārgs, tāpēc to pēc iespējas atliek. Dīzeļdegvielas aparatūras defekti izraisa grūtības iedarbināt motoru. Praksē, lai atvieglotu motoru iedarbināšanu, pie dīzeļdegvielas pielej eļļu. Tomēr literatūrā nav apskatīts šāds motoru iedarbināšanas atvieglošanas veids.

Darba mērķis izpētīt, kā mainās dīzeļdegvielas un eļļas maisījuma kinemātiskā viskozitāte, tai pielejot eļļu. Noskaidrot, kādas izmaiņas notiek izdiluša degvielas augstspiediena sūkņa raksturliķnē, to darbinot ar dīzeļdegvielas un eļļas maisījumu. Noteikt, cik daudz eļļas mērķtiecīgi pievienot dīzeļdegvielai vadoties pēc eksperimenta rezultātiem. Izpētīt, vai lietojot dīzeļmotoru barošanas sistēmās eļļas un degvielas maisījumu, nepalielinās motora dūmainība. Ekonomiski vērtēt dīzeļmotora darbināšanas paņēmiena ar eļļas un degvielas maisījumu lietderību.

Materiāli un metodes

Ekspluatācijas rezultātā dīzeļmotoru degvielas augstspiediena sūknis dilst, rodas grūtības ar dīzeļmotora iedarbināšanu, jo izdilušam augstspiediena sūknim ir samazinājusies starta degvielas deva un tā vairs neatrodas tehnisko noteikumu uzdotajās robežās. Tas ir visizplatītākais dīzeļmotoru degvielas augstspiediena sūkņu defekts [2]. Rietumvalstīs ražotas degvielas augstspiediena aparatūras remonts ir ļoti dārgs. Piemēram, degvielas augstspiediena sūknim *Bosch VE 687* remonts, kas ietver plunžerpāra maiņu maksā vidēji 700 latus [6]. Tomēr izmaksas var būt arī lielākas, ja arī piedziņas vārpsta ir izdilusi blīvslēga vietā, kā arī ja konstatē citas neatbilstības normai. Tāpēc bieži izmanto iespēju palielināt cikla devu, regulējot sūkni. Starta devai jābūt vidēji 1.5 ... 2 reizes lielākai par nominālo [5]. Diemžēl tas izsauc cikla devas palielināšanos ne tikai pie startēšanas apgriezieniem, bet arī pie darba apgriezienu diapazoniem, kur vairs degvielas noplūdes plunžerpārī nespēlē tik lielu lomu cikla devas formēšanā [4] (1. att.).

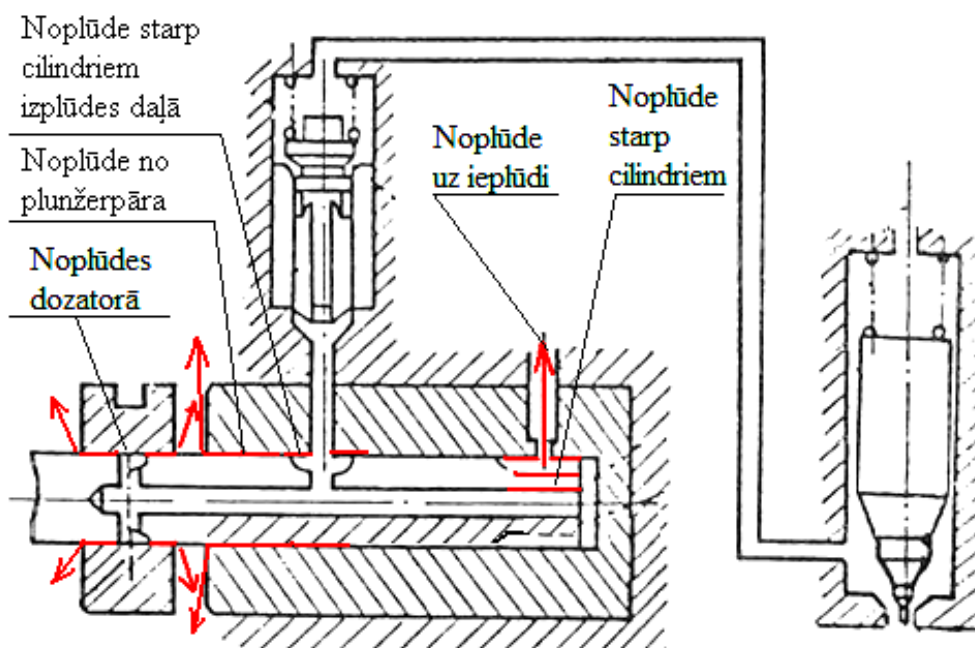
Galvenās degvielas noplūžu vietas plunžerpārī (2. att.) ir atpakaļ uz ieplūdes līniju, starp sadales vietu uz cilindriem un arī dozatorā [3]. Degvielas noplūdes samazina degvielas daudzumu, kas nonāk motora cilindrā, pasliktinās smidzinātāja darba kvalitāte, motors ir sarežģītāk iedarbināms. Īpaši tas izpaužas, kad motors jau ir sasniedzis darba temperatūru. Tad degviela augstspiediena sūknī arī ir sasilusi, tā kļuvusi mazāk viskoza un vieglāk arī noplūst plunžerpāra spēlēs [4].



1. att. Degvielas augstspiediena sūkņu raksturlīknes

Tāpēc vērojams, ka silts motors ir ļoti grūti iedarbināms, lielas problēmas iedarbināt var rasties ja motors ir noslāpis pārmērīgas slodzes rezultātā.

Pastāv iespēja, palielinot degvielas viskozitāti, samazināt šo parādību. Viskozitāti palielināt degvielai var mēģināt ar eļļas pievienošanu, jo eļļas viskozitāte ir augstāka [1].

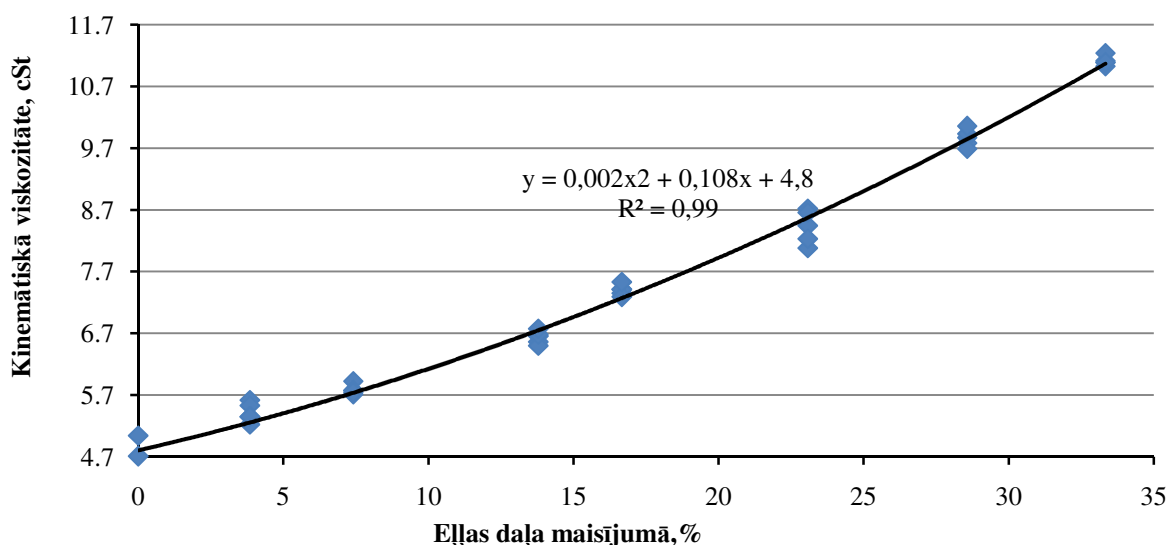


2. att. Degvielas noplūžu vietas plunžerpārī un dozatorā [5]

Rezultāti un diskusija

Dīzeļdegvielas, eļļas un dīzeļdegvielas un eļļas maisījuma kinemātisko viskozitāti mēru ar viskozimetru. Izmērot tīras dīzeļdegvielas viskozitāti secināts, ka tā ir 4.39 cSt, tīras eļļas kinemātiskā viskozitāte mērot – 121.44 cSt. Pievienojot dīzeļdegvielai eļļu maisījuma kinemātiskā viskozitāte pieaug (3. att.).

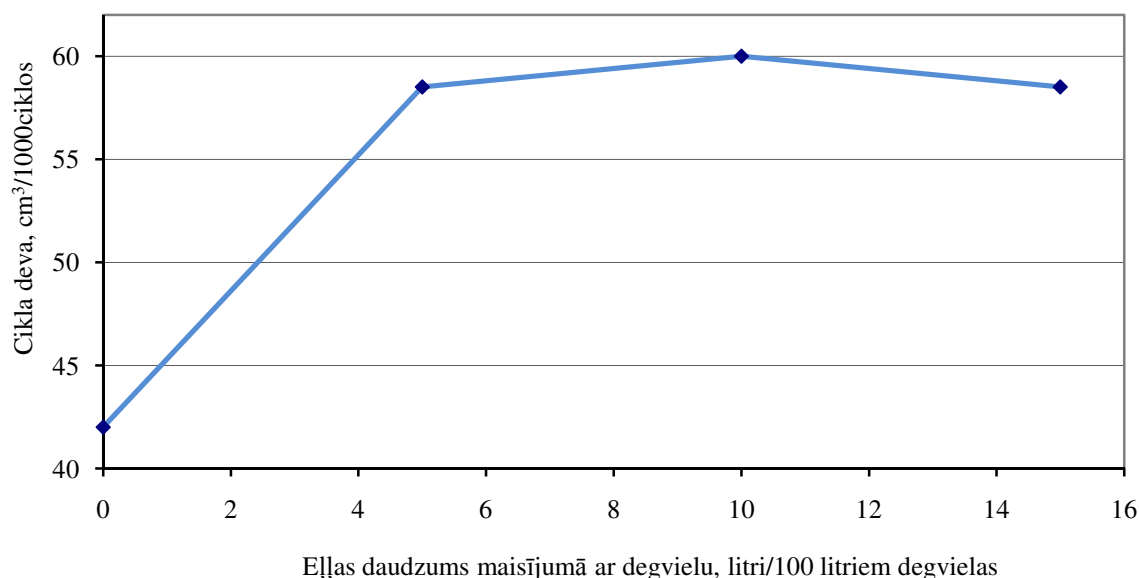
Tas dod pamatu uzskatīt, ka pie augstākas degvielas un eļļas maisījuma viskozitātes samazināsies noplūdes degvielas augstspiediena aparātūras plunžerpāru spēlēs.



3. att. Dīzeļdegvielas un eļļas maisījuma kinemātiskās viskozitātes izmaiņa

Degvielas augstspiediena sūkni ar nodilušu plunžerpāri pārbauda uz stenda, lai noskaidrotu cik lielā mērā viskozitātes maiņa ietekmē noplūdes degvielas augstspiediena sūkņa plunžerpāra spēlēs.

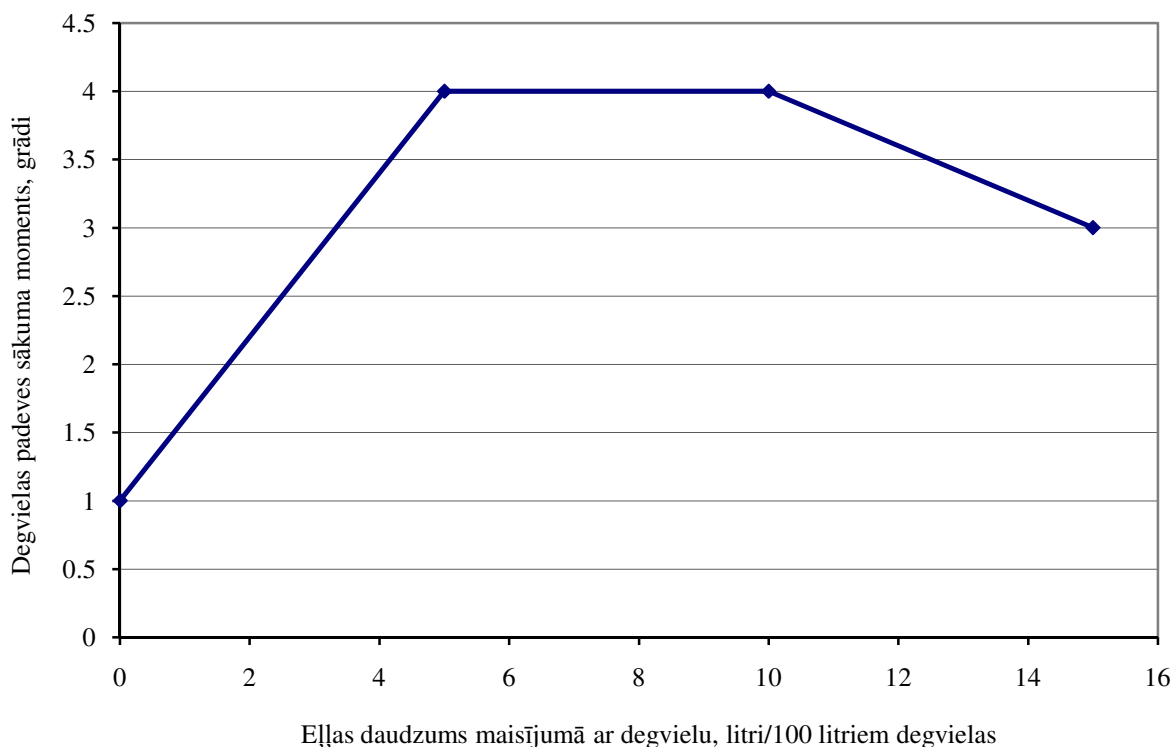
Izmēģinājumi veikti Spēkratu institūta degvielas aparatūras laboratorijā. Dīzeļdegvielas augstspiediena aparatūras pārbaudes un regulēšanas stendam pievieno degvielas augstspiediena sūkni, kas jau ticis izbrāķēts, jo tā tehniskie parametri neatbilda tehniskajiem noteikumiem. Degvielas cikla devas pie starta un degvielas devas lieluma pie nomināliem apgriezieniem attiecība vairs neatbilda tehniskajiem noteikumiem – tā ir 1.2. Jābūt lielākai par 1.5 [5].



4. att. Starta degvielas devas izmaiņas atkarībā no eļļas piejaukuma degvielai

Sūkni darbināja sākumā ar tīru dīzeļdegvielu, pēc tam pārgāja uz degvielas un eļļas maisījumiem dažādās attiecībās. Sekoja temperatūras izmaiņām, un vajadzības gadījumā degvielu dzesēja. Mērīja parametrus: degvielas spiediens sūkņa korpusā, degvielas padeves caur sprauslām, degvielas padeves sākuma leņķa izmaiņas. Starta degvielas padeves izmaiņas (4. att.) ietekmē eļļas daļas lielums maisījumā. Vislabākos rezultātus sasniedza ar eļļas un degvielas maisījumu attiecībā 1/10. Tad šis rādītājs bija par 57% lielāks nekā degvielas augstspiediena sūknim darbojoties ar tīru dīzeļdegvielu. Vēl vairāk palielinot eļļas daļu degvielas un eļļas maisījumā, degvielas starta devas lielums sāka samazināties.

Pie motora iedarbināšanas svarīgs ir arī degvielas padeves sākuma leņķis. Degvielas padeves sākuma leņķa izmaiņas (5. att.) ietekmē eļļas daļas lielums degvielas un eļļas maisījumā.



5. att. Aizdedzes apstiedzes leņķa izmaiņas atkarībā no eļļas piejaukuma degvielai

Vislabākos rezultātus uzrādīja degvielas augstspiediena sūkņa starta deva, ja sūknī bija eļļas un degvielas maisījums ar attiecību 1/10. Salīdzinot ar to vērtību, ko ieguva ar tīru dīzeļdegvielu tas ir par 300% vairāk. Tālāk palielinot eļļas daļu maisījumā degvielas padeves leņķa vērtība samazinājās, kas nav vēlams.

Izmantojot eļļas un degvielas maisījumu attiecībā 15/100 darbināja dīzeļmotoru. Tam mērīja atgāzu dūmainību. Darbinot ar tīru dīzeļdegvielu vidējais absorbcijas koeficients mērījumu ciklam – 2.25/m, bet darbojoties ar dīzeļdegvielas un eļļas maisījumu – 2.12/m. Tas norāda, ka motora dūmgāzu dūmainība nepalielinās lietojot šo paņēmieni.

Ieviest šo paņēmieni var izveidojot papildus degvielas tvertni, kuru pievieno tehnikas barošanas sistēmai. Tādā gadījumā pirms motora noslēpšanas to darbina ar dīzeļdegvielas un eļļas maisījumu, kamēr degvielu, kas ir degvielas augstspiediena sūknī nomaina degvielas un eļļas maisījums. Degvielas augstspiediena sūknī ir 0.35 litri degvielas. Izmanto divtaktu eļļu, kas maksā 3 lati litrā. Papildus tvertnes uzstādīšana un iegāde maksā 30 latus. Izmantojot šo paņēmieni ir izdevīgāk nekā remontēt degvielas augstspiediena sūknī.

Secinājumi:

1. Dīzeļdegvielai pielejot eļļu, palielinās maisījuma viskozitāte, pieaug degvielas augstspiediena sūkņa cikla deva pie startēšanas apgrīzieniem.
2. Vislielāko degvielas augstspiediena sūkņa starta devas lielumu ieguva sūknī darbinot ar eļļas un degvielas maisījumu attiecībā 1/10.
3. Starta un nominālās degvielas padeves attiecība lietojot eļļas un dīzeļdegvielas maisījumu attiecībā 1/10 pieaug līdz 1.88 – tas ir par 57% vairāk nekā lietojot tīru dīzeļdegvielu.
4. Degvielas padeves momenta automāta darbību ietekmē degvielas maisījuma ar eļļu viskozitātes maiņa.
5. Vislabākie degvielas sākuma padeves leņķa izmaiņu rezultāti degvielas augstspiediena sūknim iegūti ar eļļas un degvielas maisījumu attiecībā 1/10.

6. Lietojot degvielas un eļļas maisījumu attiecībā 1/10 degvielas padeves sākuma leņķis ir 4° , tas ir par 300% lielāks, kas sekmē motora iedarbināšanu-
7. Eksperimentu rezultāti liecina par to, ka motora atgāzu dūmainība nepalielinās, lietojot divtaktu eļļas un degvielas maisījumu.
8. Rietumvalstīs ražotas tehnikas iedarbināšanai var lietot divu tvertņu sistēmu.

Izmantotie informācijas avoti

1. Ķirsis M., Slics A. Degvielas un eļļas spēkratiem. – Rīga, 2009. – 240 lpp.
2. Фарафонов Д.М. Евдокимова О.Н. Исследования причин и описание отказов топливных насосов УТН-5. Губкинский институт (филиал) Московского государственного открытого университета
3. Л. Н. Голубков, А. А. Савастенко, М. В. Эммиль, Топливные насосы высокого давления распределительного типа: Учебное пособие – 7 – е изд.,– М.:Легион - Автодата, 2002. – 176 с. ил.
4. Руководство по испытанию и регулировке топливной аппаратуры тракторных, комбайновых и автомобильных дизелей. ГОСНИТИ. Москва, 1990. 187 с.
5. Системы управления дизельными двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ЗАО «За рулем», 2004. – 480с.: ил.

Pārējie informācijas avoti:

SIA Diztehnika” Rezerves daļu cenas.

„Valsts tehniskās uzraudzības aģentūra” *Dati par reģistrēto traktortehiku.*

CIETO DAĻIŅU ATDALĪŠANA NO DŪMGĀZĒM PARTICULATE MATTER FILTRATION FROM FUME GAS

Kārlis Grīnbergs

Tehniskās fakultātes 3. kursa students

Raimunds Šeļegovskis

Zinātniskais vadītājs, asoc. profesors, Dr.sc.ing.

Abstract: A brief review of the current situation in flue gas purification from particulate matter in Latvia is given. Particulate matter with sizes from 2.5 to 10 μm impact on health was considered. Purification of flue gas is a complex process but due to laws and regulations it is obligated. Different types of fuel requests appropriate type of purification system. As there is little control of flue gas quality from small power plants often the particulate matter content in flue gas exceeds allowed limits. Decreasing the content of particulate matter in flue gas is complex and expensive process but by creating multifunctional devices the capital costs can be decreased. By using cyclones and electrostatic precipitators the highest quality of fume gas can be obtained. Cyclones are suitable for capturing particles with size from 5 μm to 1000 μm but electrostatic precipitators can capture particles with sizes from 0.01 μm to 10 μm . Combining these two cleaning systems together can result in very clean fume gas.

Atslēgas vārdi: dūmgāžu attīrīšana, elektrostatiskie filtri, cikloni, PM10, PM2.5.

Ievads

Arvien lielāka vērtība mūsdienās tiek pievērsta vides tīrībai. Tas attiecas ne tikai uz atkritumu izgāztuvju robežām, vai netīrību pilsētās, bet arī uz dažādu šķietami nekaitīgu, ar aci neredzamu, piesārņojuma vienību kontroli un samazināšanu. Lai arī vairumā gadījumu attīrīšana ražošanas blakusproduktiem ir normāla parādība, tomēr tās kvalitāte un kvalitātes kontrole bieži vien nav tik augstā līmenī, kā to prasa dažādas nozares normas.

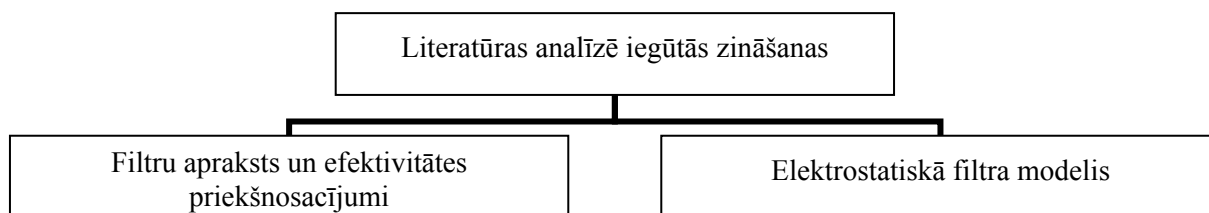
Ne vienmēr sarežģītākie risinājumi ir labākie, bet arī vienkāršiem risinājumiem ir jābūt gana efektīviem – lai tie netiktu izvēlēti tikai cenas dēļ. Attiecinot šo uz dūmgāžu attīrīšanu var teikt, ka bieži vien papildu attīrīšana no cietajām minerāldaļiņām netiek veikta un pat kontrolēta, tomēr šīs miniatūrās daļiņas savā ziņā ir kaitīgākas par lielākām daļiņām, jo tām ir spēja iespieties audos dziļāk, un cilvēka fizioloģiskā aizsardzība pret tik mazām daļiņām nestrādā.

Latvijā cieto minerāldaļiņu pastiprināta kontrole tiek veikta kopš iestāšanās Eiropas Savienībā, t.i. 2004. gada, bet lauku apvidos kopš 2008. gada. Pēc EEA (*European Environment Agency*) datiem 10 μm lielo daļiņu koncentrācija nepārsniedz normu, bet kopējais pieaugums, pēc EEA datiem, kopš 1990. gada ir 14% 2.5 μm (PM2.5) lielajām daļiņām, bet 12% 10 μm (PM10) lielajām daļiņām. Salīdzinot ar kaimiņvalstīm: Igaunijā – -5% PM2.5, -58% PM10; Lietuvā – -12% PM2.5, +99% PM10. Cieto minerāldaļiņu sastāvs gaisā ir jāuztur iespējami mazs, jo arī neliela tā koncentrācija rada draudus veselībai. Šīm daļiņām ir tendence uzkrāties organismā.

Cieto minerāldaļiņu atdalīšana ar kombinētu ciklona-elektrostatisķā filtra metodi nav izplatīta, tomēr tai ir liels potenciāls, dažādo tehnoloģisko risinājumu un darbības īpatnību kombināciju dēļ. Pirmajā pakāpē izmantojot ciklonu tiek atdalītas lielākas daļiņas, bet dūmgāzēm plūstot caur elektrostatisķo filtru tiek veikta attīrīšanas otrā pakāpe un no dūmgāzēm tiek atdalītas daļiņas ar izmēriem no 0.01 μm .

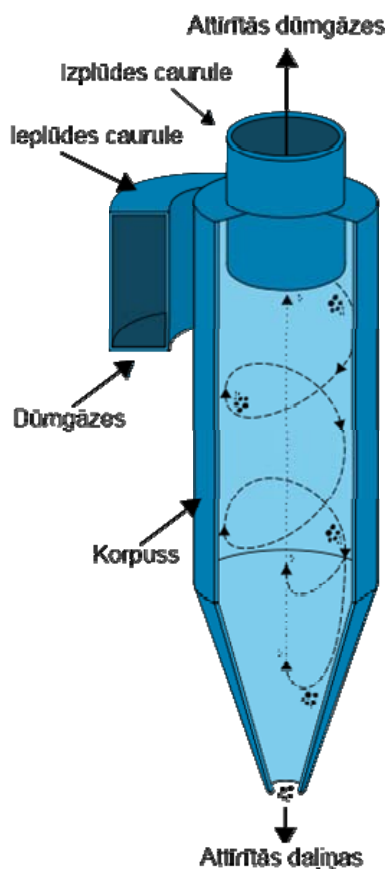
Materiāli un metodes

Pētījumā izmantota pieejamā literatūra, patenti un publikācijas. Iegūtā informācija tika salīdzināta un analizēta. Tika apskatīti dažādi ciklonu un elektrostatisķo filtru tehnoloģiskie risinājumi un lietošanas īpatnības. Veicot pētījumu tika izveidota miniatūra elektrostatisķā filtra darbības principa demonstrācijas iekārta.



Rezultāti un diskusija

Ciklonā dūmgāzes rotē gar tā ārējo sienu, bet ciklona lejasdaļā maina virzienu un izplūst caur atverī augšpusē (sk. 1. att.). Dūmgāžu attīrīšanas efektivitāte ciklonā lielā mērā ir atkarīga no dūmgāžu sastāvā esošo cieto daļiņu masas. Pieaugot cieto daļiņu masai, pieaug arī savākšanas efektivitāte ciklonā, jo pieaug centrifugālais spēks F_c (1).



1. att. Ciklona darbības princips

Ciklona efektivitāti nosaka arī lielumi: sekundārā ciklona augstums, ciklona korpusa rādiuss, sekundārā ciklona rādiuss un izplūdes caurules augstums no sekundārā ciklona sākumpunkta.

$$F_c = \frac{M_d V_d}{gR}, \quad (1)$$

kur F_c – centrifugālais spēks, N;
 M_d – daļiņas svars, kg;
 V_d – daļiņas tangenciālais ātrums, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
 g – brīvās krišanas paātrinājums, $\text{m}\cdot(\text{s}^2)^{-1}$;
 R – daļiņas rotēšanas rādiuss, m.

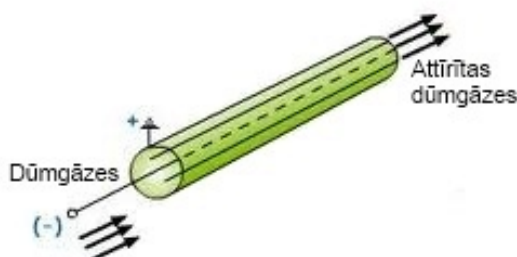
Centrifugālā spēka un inerces ietekmē daļiņas atdurās pret ciklona korpusu un nobirst lejā, savākšanas sistēmā.

Ciklona savāktu daļiņu minimālo izmēru x_m iespējams noteikt pēc formulas 2.

$$x_m = \sqrt{\frac{v_{rCS} 9\mu D_x}{\rho_p v_{\theta CS}^2}}, \quad (2)$$

kur v_{rCS} – radiālā ātruma komponente uz kontroles virsmas, $m \cdot s^{-1}$;
 μ – viskozitāte, Pa·s;
 D_x – gāzu izplūdes caurules diametrs, m;
 ρ_p – daļiņu blīvums, $kg \cdot (m^3)^{-1}$;
 $v_{\theta CS}$ – tangenciālā ātruma komponente uz kontroles virsmas, $m \cdot s^{-1}$;

Aprēķinot ciklona minimālo savākto daļiņu diametru, iespējams aprēķināt nepieciešamo elektrostātiskā filtra efektivitāti, lai iegūtu vēlamos rezultātus. Filtram darbojoties starp virsmām, rodas augstas intensitātes lauks un vide jonizējas. Video jonizējoties tajā rodas pozitīvi gāzes joni un negatīvi elektroni. Elektroni piesaista neitrālās gāzes molekulas un cietās daļiņas, pārvietojot uz sienām, kas pieslēgtas līdzsprieguma avota pozitīvajam polam [1] (sk. 2. att.).



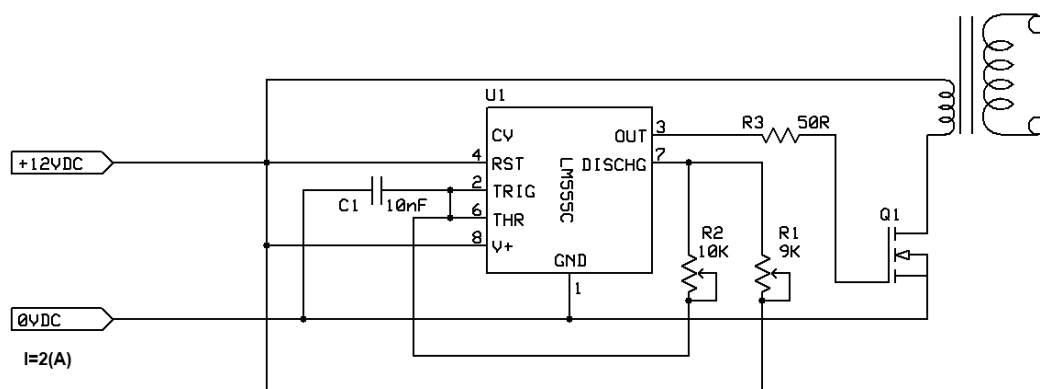
2. att. Elektrostātiskā filtra darbības princips

Izmantojot formulu 3 iespējams precīzi aprēķināt nepieciešamo elektrostātiskā filtra kolektora laukumu, lai iegūtu nepieciešamo savākšanas efektivitāti.

$$R = \left(1 - e^{\frac{-AV_d}{Q}} \right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

kur R – savākšanas efektivitāte, %;
 A – kolektora laukums, m^2 ;
 V_d – daļiņu kustības ātrums kolektora virzienā, $m \cdot s^{-1}$;
 Q – dūmgāžu caurplūde, $m^3 \cdot s^{-1}$.

Tika izveidots neliels elektrostātiskā filtra darbības demonstrācijas modelis. Tika izmantota elektriskā shēma, kas redzama 3.attēlā.



3. att. Elektrostātiskā filtra elektriskā shēma

Veicot pētījumu tika formulēta arī hipotēze tālākai pētnieciskajai darbībai – ciklonu un elektrostatisko filtru iespējams apvienot vienā ierīcē (un korpusā), tādējādi palielinot dūmgāzu attīrīšanas efektivitāti un samazinot gan iegādes, gan uzturēšanas izdevumus.

Secinājumi

1. Ciklona filtri ir piemēroti dūmgāzu attīrīšanai no lielākām daļiņām t.i. 6 μ m un vairāk, bet elektrostatisko filtru galvenais uzdevums ir dūmgāzes attīrīt no daļiņām, kuru izmērs ir 0.01 μ m – 6 μ m.
2. Elektrostatiskā filtra uzbūve ir samērā vienkārša, tādēļ to ir iespējams integrēt ciklona attīrīšanas iekārtās.
3. Latvijā cieto daļiņu piesārņojuma līmenis nav ļoti augsts, bet tam ir tendence pieaugt.

Izmantotie informācijas avoti

1. Šeļegovskis R. Siltuma ieguves tehnoloģijas. 1. daļa. Jelgava: LLU, 2008. 73-74. lpp.
2. Hoffmann A. C. Gas cyclones and swirl tubes. Second edition. Leipzig:Springer, 2008. 449 p.
3. Turner H. J. Particulate matter controls. Roanoke: Environmental Protection Agency, 1999. 70 p.
4. Latvia – Country assessments – EAA [tiešsaiste] [skatīts 22.04.2011.]. Pieejams: http://www.eea.europa.eu/soer/countries/lv/soertopic_view?topic=air%20pollution
5. Percentage change in PM2.5 and PM10 emissions 1990-2008 (EEA member countries) [tiešsaiste] [skatīts 22.04.2011.]. Pieejams: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/percentage-change-in-pm2.5-and>

MOTORA GAISA FILTRA NOMAIŅAS KRITĒRIJU PĒTĪJUMS

RESEARCH ON CRITERIA FOR ENGINE AIR FILTER REPLACEMENT

Māris Gailis

Tehniskās fakultātes 1. kursa maģistrants

Dainis Berjoza

Zinātniskais vadītājs, asoc. profesors, Dr.sc.ing.

Abstract: The study evaluates current periodicity of engine air filter replacement to determine influence of this operation on some vehicle performance parameters. Experience of usage, costs of exploitation and technical condition of vehicle are connected with technically and economically based system of technical servicing. Periodicity of motor air filter replacement, declared by automobile manufacturer Renault ranges from 30 000km to 120 000 km, depending on model and engine type. According to the same recommendations, periodicity must be reduced by a half, if conditions of use include dusty roads and exploitation of vehicle in the urban conditions. Aim of research is to evaluate criteria, at which replacement of motor air filter is recommended and to compare it with current recommendations. To reach the goal, air filter elements from 90 vehicles, which are used in Latvia were collected. Influence of air filter clogging on several vehicle exploitation parameters, such as engine power and fuel consumption was analyzed. Value of maximum permissible pressure difference before and after air filter was determined. Air filters, collected from vehicles, were tested on chassis dynamometer for value of air pressure difference. Results obtained with all the samples have been presented and critically examined.

Atslēgas vārdi: automobiļu tehniskā apkope, motora gaisa filtrs, pretestība gaisa plūsmā.

Ievads

Iekšdedzes motoru darbībai ir nepieciešama tīra, sausa un vēsa gaisa piegāde. Neattīrīta gaisa lietošana var salīdzinoši īsā laika posmā novest pie motora izdiluma. Galveno dīzeļa motoru ražotāju pētījumi ir parādījuši, ka ātram motora izdilumam par iemeslu pietiek ar nelielu smilšu un putekļu daudzumu divu tējkaršu apjomā [1]. Uz autoceļiem ar cieta segumu putekļu daudzums gaisā var būt apmēram 1 mg m^{-3} . Salīdzinoši, uz neasfaltētiem autoceļiem un celtniecības darbu zonās putekļu daudzums gaisā var sasniegt 40 mg m^{-3} . Tas nozīmē, ka vieglā automobiļa vidējās kubatūras motors var kopā ar gaisu iesūkt līdz pat 50 gramiem putekļu uz 1000 km [2]. Putekļu daļiņu izmēri ir robežās no 0.01 mm līdz 2 mm. Gaisa attīrīšanas filtru efektivitāte ir starp 99.8% un 99.95% [3]. Efektivitāte nemainās motora apgriezīnu diapazonā [1].

Vairākos citu pētnieku darbos ir uzsvērts, ka motora gaisa filtram uztverot putekļus, filtra poras kļūst mazākas un filtrs kļūst efektīvāks [4; 5; 6]. Filtram uzkrājot putekļus, gaisa caurplūde tiek apgrūtināta un pieaug gaisa plūsmas ierobežojums. Lielākā daļa kompresijas aizdedzes motoru darbojas labi līdz retinājums pie pilnas slodzes ieplūdes kolektorā sasniedz robežu no 4.98 līdz 6.22 kPa. Dzirksteļ aizdedzes motoru gadījumā retinājuma vērtībai pie pilnībā atvērta droseļvārsta nevajadzētu pārsniegt 4.98 kPa. Gaisa filtra radītais retinājums parasti saglabā zemu vērtību filtra kalpošanas laikā, un tuvu resursa beigām strauji pieaug [4].

Gaisa filtra radītā pretestība, ko var novērtēt kā retinājuma vērtības pieaugumu motora gaisa ieplūdes sistēmā ir galvenais parametrs, pēc kura ir jāvadās secinot par gaisa filtra nomaiņas nepieciešamību.

Pateicība

Pētījums veikts saņemot finansiālu atbalstu no Eiropas Sociālā fonda, projekta „Atbalsts LLU maģistra studiju īstenošanai” ietvaros.

Vienošanās Nr 2009/0165/1DP/1.1.2.1.1/09/IPIA/VIAA/008.

Materiāli un metodes

Pētījumā izmantotie motora gaisa filtru paraugi ir ņemti no automobiļiem, kuri ir ekspluatēti Latvijā. Eksperimenti un mērījumi ir veikti Alternatīvo Degvielu Zinātniskajā Laboratorijā, Jelgavā.

1. Motora gaisa filtra kalpošanas laika noteikšana

Konkrēta automobiļa vai motora tipa gaisa filtra kalpošanas laika paredzēšana var izrādīties sarežģīts uzdevums. Parasti autoražotājs nosaka maksimālo nomaiņas periodiskumu, izteiktu kā nobrauktais attālums, piemēram 40000 km. Automobiļa lietotājam, konsultējoties ar vietējo ražotāja pārstāvi, ir jāizvēlas piemērotākais periodiskums atkarībā no automobiļa plānotā lietošanas veida.

Tomēr pēc būtības motora gaisa attīrītājs ir jāapkopj, kad tajā uzkrāto putekļu daudzumā radītais gaisa plūsmas ierobežojums sasniedz vai pārsniedz pieļaujamo vērtību. Gaisa attīrītāja apkopšanas periodiskums iespaido gan filtrēšanas efektivitāti, gan motora, un līdz ar to, visa automobiļa darbības parametrus. Motora gaisa attīrītāji, kuru stāvoklis rada pārmērīgu gaisa plūsmas pretestību, var ievērojami degradēt motora sniegumu.

Vairākos pētījumos ir parādīts, ka filtrēšanas efektivitāte pieaug līdz ar filtra piesārņojuma pieaugumu. Pieaugot filtrēšanas efektivitātei, motora izdilums samazinās. Motora gaisa attīrītāju apkopšana, kad tie sasnieguši rekomendēto gaisa pretestību, ļauj filteram sasniegt augstāko efektivitāti, tādējādi nodrošinot maksimālu motora aizsardzību. Pārmērīgi bieža motora gaisa filtra maiņa, īpaši, ja to veic pirmajos 30% no filtra iespējamā kalpošanas laika, var būtiski palielināt motora izdilumu [7].

Vieglo pasažieru un kravas automobiļu motoru gaisa filtru apkalpošana ir jāveic, kad gaisa plūsmas pretestība pieaug līdz līmenim, pie kura spiediena kritums pēc filtra ir lielāks par 2.5 kPa, salīdzinot ar sākotnējo vērtību, izmērītu ar jaunu un tīru filtru [7]. Maksimālā spiediena krituma vērtība var tikt aprēķināta pēc sekojošas formulas [6]:

$$P_m = P_i + 2.5 \quad (1)$$

kur P_m – maksimālais spiediena kritums, kPa;
 P_i – sākotnējais spiediena kritums, kPa.

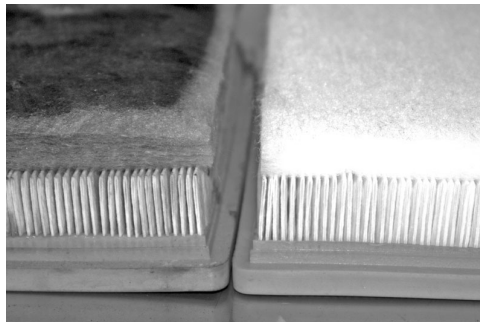
Autoražotāji atsevišķiem automobiļu modeļiem uzstāda gaisa filtra apkalpošanas indikatorus. Tādu ierīci ir iespējams uzstādīt arī lietošanā esošam automobilim.

Maksimālo spiediena krituma vērtību ir iespējams noteikt vairākos veidos, kā piemēram:

- autoražotāja dati;
- vērtība uz oriģinālā gaisa filtra apkalpošanas indikatora;
- aprēķins pēc formulas (1).

2. Paraugu atlases kritēriji

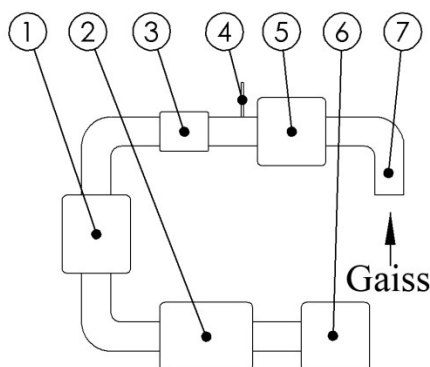
Pētījumu veikšanai tika izvēlēti divu veidu motora gaisa filtra elementi. Viens filtru veids tika lietots autoražotāja *Renault* modelī *Renault Master II* ar G9U 2.5 litru turbopūtes kompresijas aizdedzes motoru, otrs tā paša ražotāja modelī *Trafic II*, aprīkota ar M9R 2.0 litru turbopūtes kompresijas aizdedzes motoru. Paraugi tika atlasīti oficiālu autoražotāja *Renault* pārstāvju autoservisos. Pārbaudei tika ņemti visi noteiktā veida gaisa filtru elementi, kuri tika nomainīti laika posmā no 2010. gada septembra līdz 2011. gada martam. Tālāk veicot atlasīti, tika izvēlēti tie gaisa filtru elementi, par kuriem bija zināma precīza informācija par veikto nobraukumu, kā arī izcelsme kā oriģinālajai rezerves daļai. Nomainīta un jauna filtra elementu salīdzinājums parādīts 1. attēlā.



1. att. Nomainīts un jauns filtra elements

3. Izmantotais aprīkojums

Mērījumi tika veikti izmantojot jaudas stendu *Mustang MD1750*. Motora gaisa ieplūdes sistēmas uzbūves shēma ir parādīta 2. attēlā.



2. att. **Gaisa ieplūdes sistēmas uzbūve:** 1 – turbokompresors, 2 – gaisa dzesētājs, 3 – plūsmas mērītājs, 4 – spiediena krituma mērīšanas punkts, 5 – motora gaisa attīrītājs, 6 – ieplūdes kolektors, 7 – ārējā gaisa pieplūde

Gaisa spiediena mērījumi tika veikti ar elektronisku sensoru. Pirms mērījumiem tas tika kalibrēts, izmantojot ūdens manometru. Degvielas patēriņš tika mērīts ar *AVL KMA Mobile* iekārtu.

4. Automobiļu testēšana

Eksperimentos uz jaudas stenda izmantoti divu veidu automobiļi, atbilstoši gaisa filtra elementu paraugiem. Pirms testu uzsākšanas automobiļa motors tika uzsildīts, braucot uz jaudas stenda 10 minūtes ar vidējo ātrumu 70 km h⁻¹.

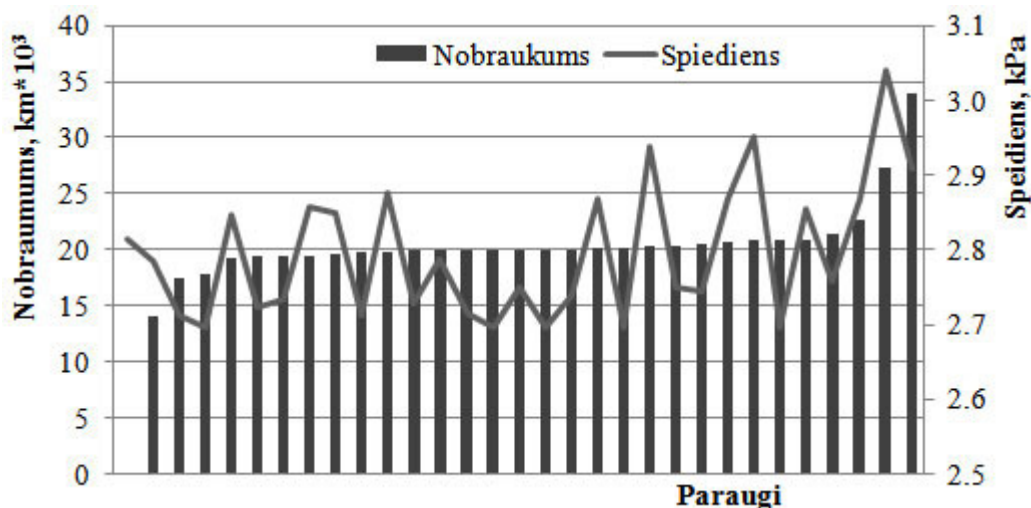
Lai noteiktu apstākļus, kuros motora jauda un gaisa patēriņš sasniedz maksimālo vērtību, tika veikti sākotnējie testi. Jaudas stends tika lietots konstanta ātruma režīmā. Ar automobili tika veikts testa brauciens uz jaudas stenda, izvēloties ceturto un piekto pārnenumu, ar pilnībā nospiestu akseleratora pedāli. Mainot ātruma ierobežojumu jaudas stenda programmas iestatījumos, bija iespējams noteikt automobiļa noslodzes, ātruma un motora apgriezīenu attiecību, pie kuras gaisa patēriņš, un atbilstoši gaisa spiediena krituma aiz gaisa filtra vērtība, sasniedz maksimālo vērtību.

Pēc šīs metodes veiktajiem testiem, optimāli apstākļi automobiļa *Trafic II* gaisa filtra stāvokļa novērtēšanai ir braucot 4. pārnenumā ar ātrumu 110 km h⁻¹, savukārt *Master II* gadījumā 4. pārnenumā ar ātrumu 100 km h⁻¹. Pārbaudot katra gaisa filtra elementa caurplūdi, tika veikts testa brauciens ar ilgumu 15 sekundes. Katrs mērījums tika veikts 3 atkārtojumos.

Rezultāti un diskusija

Pirmā mērījumu sērija tika izpildīta, izmantojot automobili *Renault Trafic II* ar motoru M9R un šim automobilim atbilstošos gaisa filtru elementus. Veicot testa braucienus, tika reģistrēti motora jaudas, griezes momenta, degvielas patēriņa un gaisa spiediena krituma dati. Viens no testa braucieniem tika veikts ar jaunu filtra elementu. Mainoties gaisa spiediena krituma vērtībai, izmantojot gaisa filtra elementus ar dažādu nobraukumu un aizsērējuma pakāpi, netika konstatēts būtisks iespaids un motora jaudu vai degvielas patēriņu.

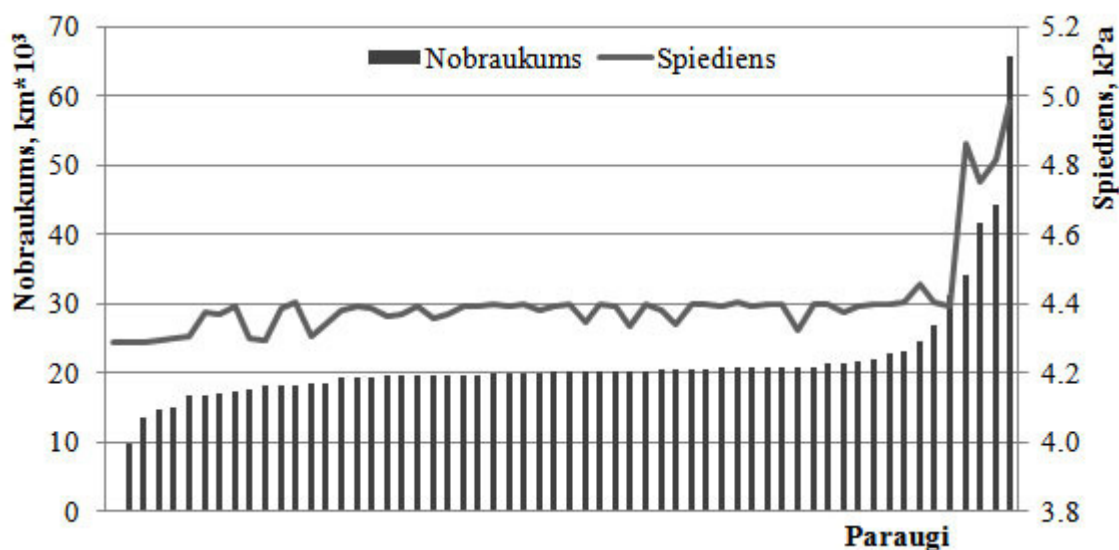
Kā redzams 3. attēlā, gaisa spiediena kritums mainās robežās no 2.7 kPa līdz 3 kPa. Maksimālo pieļaujamo vērtību teorētiski var aprēķināt izmantojot formulu (1). *Trafic II* gadījumā šī parametra vērtība ir 5.31 kPa. Kā redzams pēc mērījumu datiem, neviens gaisa filtra paraugs nav pat tuvu šai vērtībai. Jāatzīmē, ka gaisa filtru elementi tika nomainīti balstoties uz sasniegtu nobraukumu – 20000 km. Redzams, ka šis pieņemtais kritērijs nav bijis piemērots, gaisa filtri ir nomainīti pārāgri, pilnībā neizmērojot esošo resursu.



3. att. Gaisa spiediena krituma mērījumi automobilim *Traffic II*

Otra mērījumu sērija tika veikta izmantojot automobili *Renault Master II* ar G9U motoru un atbilstošos gaisa filtra elementus. Ir zināms, ka šā modeļa automobiļus ražotājs mēdz aprīkot ar gaisa filtra apkalpošanas indikatoru, kura nostrādāšanas sliekšnis ir 6.22 kPa. Tātad var pieņemt, ka tā ir maksimālā spiediena krituma vērtība.

Kā redzams mērījumu rezultātos, kas parādīti 4. attēlā, neviens filtra paraugs nebija sasniedzis tādu aizsērējuma pakāpi, lai pārsniegtu šo vērtību. Tādēļ nebija pārsteidzoši, ka nevienā mērījumu atkārtojumā netika novērotas būtiskas motora jaudas izmaiņas, salīdzinot ar mērījumu, lietojot jaunu filtra elementu.



4. att. Gaisa spiediena krituma mērījumi automobilim *Master II*

Novērtējot mērījumu rezultātus, var secināt, ka izvēlētais gaisa filtra elementa nomaiņas periodiskums – 20000 km nobraukums – nav piemērots automobiļiem modelim *Renault Master II*.

Pārgrāra filtra elementa nomaiņa palielina automobiļa uzturēšanas izmaksas, rada nevajadzīgu dabas resursu patēriņu un var samazināt motora kalpošanas ilgumu.

Lai noteiktu gaisa filtru elementu nomaiņas periodiskumu, balstoties uz informāciju par nobraukumu, pirms tam būtu jāveic plašāka mērījumu sērija, pakāpeniski palielinot nobraukumu un atrodot vidējo nobraukto attālumu, pie kura gaisa spiediena kritums pārsniedz kritisko vērtību, kuru pārsniedzot būtiski izmainītos motora snieguma parametri.

Secinājumi

1. Galvenais kritērijs motora gaisa tīrītāja filtra elementa nomaiņai ir tā radītā pretestība gaisa plūsmai.
2. Motora gaisa filtra elementa nomaiņas periodiskums pēc nobraukuma var neatbilst faktiskajam atlikušajam resursa daudzumam.
3. Gaisa plūsmas pretestības vērtības izmaiņas robežās līdz pieļaujamai vērtībai nerada būtisku ietekmi uz automobiļa snieguma parametriem.

Izmantotie informācijas avoti

1. Dagle John F., Brady Robert N. Diesel engine and fuel system repair. Fifth edition. London: Prentice Hall, 2002, 832 p.
2. Bauer Horst, Crepin Jurgen. Automotive Handbook. Fifth edition. Plochingen: Robert Bosch GmbH, 2000, 960 p.
3. Aizsils G. Dīzeļmotoru barošanas sistēmas. Jelgava: LLU, 2007, 202 p.
4. How filters work. Engineering Products Co (USA) information [online] [31.03.2011]. Available at: <http://www.filterminder.com/howfilterswork.asp>
5. Neville J. Bugli, Automotive Engine Air Filters – Performance Trends. Detroit: SAE, 2001, 10 p.
6. Brian West, Kevin Norman, Shean Huff. Effect of Intake Air Filter Condition on Vehicle Fuel Economy. Oak Ridge: National Laboratory, 2009, 40 p.
7. Neville J. Bugli, Gregory S. Green, Performance and Benefits of Zero Maintenance Air Induction Systems. Detroit: SAE, 2005, 16 p.

SALIKŠANAS PRECIZITĀTES KOREKĶĪJA ATTBILSTOŠI ROBOTA PRASĪBĀM

ADJUSTMENT OF ASSEMBLY PRECISION IN ACCORDANCE WITH ROBOT'S REQUIREMENTS

Mārtiņš Jankevičus

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Daina Kanaška

Zinātniskais vadītāja, asoc. profesore, Dr.sc.ing.

Abstract: The companies order grows there for is necessary to make product faster and cheaper. Importing the welding robot is one variant, but there is necessary to provide higher tolerance. Part tolerance design is important in the manufacturing process of many complex products because it directly affects manufacturing cost and product quality. It is significant to develop a reasonable tolerance scheme considering the demands of cost and quality to reduce the production risk and provide a guide for supplier management. Traditionally, some kinds of cost objective functions or variation propagation models are often applied in part tolerance design. Moreover, designers usually solve the tolerance design problem by constructing a single-objective model, dealing with several single-objective problems, or establishing a comprehensive evaluating function combining several optimization objectives with different weights. There is researched deviation of dimensions as well as existing system of tolerances. Motivation of new tolerances design is made.

Atslēgas vārdi: robots, tolerance, normālais sadalījums, salāgojums, izmēru izkliede.

Ievads

Lai veicinātu uzņēmumu attīstību un radītu mūsdienu tirgū konkurētspējīgu produkciju ir jāseko līdzi jaunākajām tehnoloģijām, kas ļauj samazināt produkcijas izmaksas un uzlabot tās kvalitāti, kā arī palielināt ražošanas apjomus. Latvijā ir 7 uzņēmumi, kuros izmanto robota metināšanu, taču ir daudz citu uzņēmumu, kas nodarbojas ar metināšanas darbiem, tāpēc ir svarīgi veikt pētījumus un atzinumus šajās sfērās [1].

Kā vienu no iespējām paplašināt *SIA Dinex Latvia* produkcijas efektivitātes uzlabojumu ir pārnest pieprasītās produkcijas tehnoloģiskā maršruta sākuma daļu uz metināšanas robotu. Industriālos robotus var iedalīt 3 lielās apakšgrupās: lineārie, cilindriskie un sfēriskie. Uzņēmumā tiek izmantots sfēriskā tipa robots *Fanuc ARC Mate 120iB/10L*.

Detaļas tolerances vai tā sauktajai precizitātei ir izšķirošs faktors ražošanas procesā, kad detaļu ir paredzēts salāgot ar kādu citu detaļu vai izstrādājumu, kā automašīnās lidmašīnās un kuģos, jo tas tieši ietekmē ražošanas izmaksas un produkta kvalitāti. Ciešas tolerances var nodrošināt labu kvalitāti, bet arī vienlaikus radīt lielas investīcijas. Tai pašā laikā pazeminot tolerances var radīt sēriju problēmu, piemēram, detaļu neatbilstību, kopsalikuma kvalitātes trūkumus un biežu labošanu. Turklāt, dažādu detaļu piegādātājrūpnīcām ir dažādas potenciālās iespējas un tur rodas konflikts detaļu kvalitātes jautājumā starp ražotāju un cenu plānojošo piegādātājrūpnīcu.

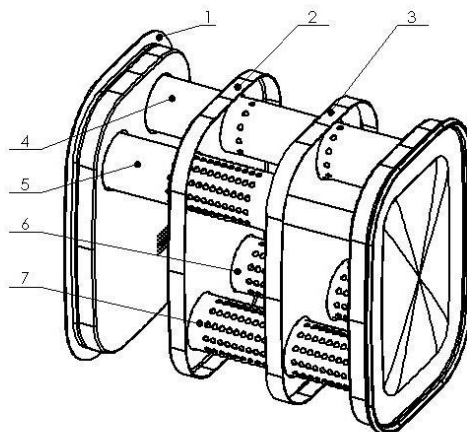
Rezultātā ir svarīgi izveidot saprātīgu tolerances shēmu ievērojot izmaksas un kvalitātes prasības, lai samazinātu ražošanas riskus un piedāvātu izejas variantu piegādātājrūpnīcai.

Iepriekš veiktajos pētījumos [2] tika veikts audits aptaujājot darbiniekus par neatbilstību izstrādājuma tehniskajiem nosacījumiem. Veikta sagatavju vizuāla analīze un tehnoloģisko procesu izpildes novērošana.

Tika pētītas trokšņa slāpētāja iekšējās konstrukcijas sametināmo detaļu pielaides un izmēru novirzes salīdzinājumā ar tehnisko dokumentāciju. Pēc sagatavju vizuālas analīzes noskaidrojās, ka ir nepieciešams noskaidrot reālos izmērus un novirzes no esošajiem izmēriem rasējumos, tika veikti detaļu mērījumi iekšējai konstrukcijai (sk. 1. att.).

Lai noteiktu, kādas ir izmēru neprecizitātes esošajām detaļām tika veikti mērījumi 1. attēlā atzīmētajām detaļām.

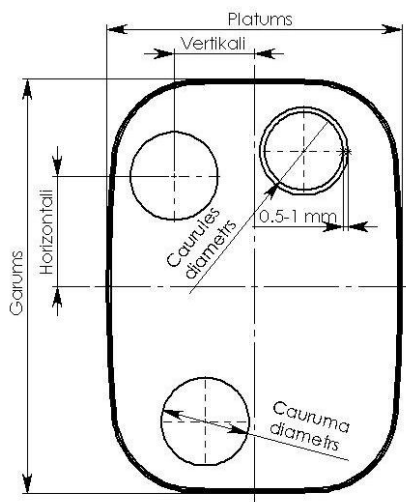
Lai noteiktu detaļu izmēriem esošās pielaides tika veikti mērījumi, kur detaļām 1, 2, 3 tika noteikti gabarīta izmēri, caurumu stāvoklis attiecībā pret detaļas centru, caurumu diametri un caurulēm 4, 5, 6, 7 esošie diametra izmēri. Tādā veidā tiks ievērtētas visu iekārtu precizitāte un to iespēja nodrošināt nepieciešamo precizitāti, kā rezultātā būs zināms visu izmēru reālie pielaižu lauki.



1. att. Trokšņa slāpētāja iekšējā konstrukcija:

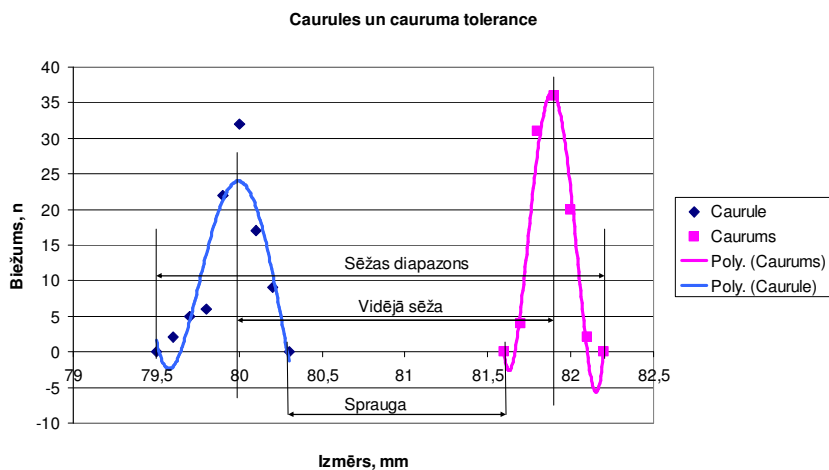
1 – vāks, 2, 3 – starpsienas, 4, 5, 6, 7 – caurules

Balstoties uz tehnoloģisko maršrutu un vietām, kur tiek veikta metināšana, kā arī to kāda būs bāzēšanas metodika, tika noteikti izmēri, kuri ir svarīgi tālākā darba izpildei. Sagatavēm tika mērīti sekojoši izmēri (sk. 2. att.).



2. att. Mērīšanai izraudzītie izmēri

Izmantojot iegūtos datus iespējams jau noteikt kādās robežās ir spraugas lielums starp cauruli un caurumu (sk. 3. att.).



3. att. Esošās pielaiides un sprauga starp cauruli un caurumu [3]

Iepriekš veiktajos pētījumos tika noteiktas reāli eksistējošās tolerances. Balstoties uz iepriekš iegūtajiem datiem izvēlēta tolerances aprēķina metodika (maksimums – minimums – maksimums) un noteiktas nepieciešamās tolerances tehnoloģijas vajadzībām.

Materiāli un metodes

Iepriekšējos pētījumos tika atklāts, ka pārbaudāmo izmēru izkliede atbilst normālā sadalījuma likumam. Ir zināms, ka pielaidēm no nominālā izmēra μ ir tendence nobīdīties pēc normālā sadalījuma likuma, kur vidējā kvadrātiskā novirze ir vienāda ar $1/6T$.

$$\begin{aligned} T_D &= 6\sigma_D, \\ T_d &= 6\sigma_d, \end{aligned} \quad (1)$$

kur T_D – cauruma pielaide;
 T_d – caurules pielaide.

Šī vidējā kvadrātiskā novirze arī atspoguļo ar kādu precizitāti ir iegūti mērījumi un parāda cik liela ir šī varbūtība. Ja mums derīgie rezultāti ir intervālā $\pm 3\sigma$, tad ticamība, ar kādu ir iegūti rezultāti, ir 99,7%.

Mērījumu precizitātes raksturošanai izmantots variācijas koeficients, izteikts procentos [4]

$$V_n = \frac{S}{\bar{x}} 100\%, \quad (2)$$

$$S_n = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

kur S – standarts vienam atkārtojumam;
 S_n – standartklūda;
 \bar{x} – vidējais aritmētiskais.

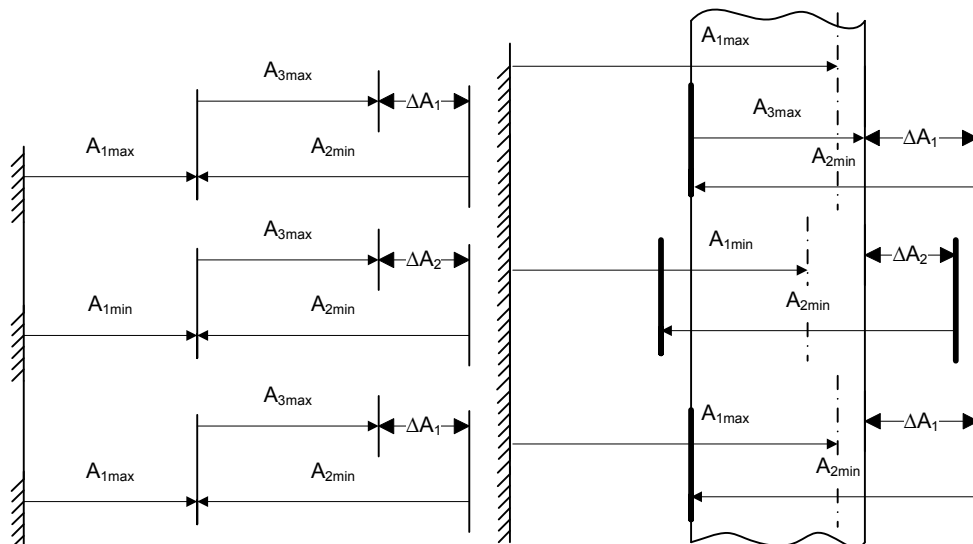
Pieņemot, ka $V_n \leq 3\%$ – augsta precizitāte, $3\% < V_n \leq 8\%$ – apmierinoša precizitāte, $V_n > 8\%$ – neapmierinoša precizitāte.

Caurumu novietojuma mērījumu veikšanai tika izmantota mūsdienīga mērīšanas iekārta *Quantum FaroArm* (sk. 4. att.) ar datorizētu programmatūru *PolyWorks*, kurā ir iespējams veikt mērījumus, noskanēt virsmas un salīdzināt iegūtos datus ar reālo modeli. Šī mērīšanas iekārt spēj nodrošināt precizitāti, kas ir $\pm 0,028$ mm. Gabarītu izmēru un diametru mērījumu veikšanai tika izmantots bīdmērs (bīdmēra iedaļas precizitāte $\pm 0,05$ mm).



4. att. Mērīšanas iekārta *Quantum FaroArm*

Zinot, ka robota metināšanai nepieciešamās spraugas drīkst būt līdz 1 mm, tad ir nepieciešams arī zināt kādas būtu pieļaujamās pielaišanas katrai detaļai. Lai to noteiktu ir jāizveido izmēru ķēde ar kuras palīdzību iespējams noteikt, kuri izmēri ir palielinošie un samazinošie. Izmēru ķēde ir sastādīta vertikālajā plaknē, kur iespējams grūtības varētu sagādāt vislielākos sarežģījumus. Apskatīsim visļauņāko no gadījumiem, kad divi no lielumiem sastāda maksimālo vērtību un viens minimālo (sk. 5. att.).



5. att. Variants – maksimums-minimums-maksimums

Rezultāti un diskusija

Ja kārtņā locekļa pielaišana ir $\delta_{\Delta} = 1$ mm, teorētiski nepieciešamo pielaišanu katram loceklim rēķina pēc formulas [3, 232 lpp]:

$$\delta_v = \frac{\delta_{\Delta}}{m-1} = \frac{1}{4-1} = 0,333 \text{ mm}, \quad (4)$$

kur δ_v – kārtņo locekļu vidējā pielaišana;
 m – izmēru ķēdes locekļu skaits.

Teorētiski katram loceklim ir jāiekļaujas $\delta_v = 0,333$ mm lielā pielaidē, lai nodrošinātu spraugu, kas ir 1 mm liela.

Pēc iegūtajiem eksperimenta rezultātiem izmēru pielaišanas ir $A_1 = 49,5 + 0,4 / - 0,87$ mm, $A_2 = 81 + 1,2 / + 0,8$ mm un $A_3 = 80 + 0,3 / - 0,3$ mm. Jau ir skaidri redzams, ka teorētiski nepieciešamo pielaišanu nav iespējams nodrošināt, jo pašreiz esošās pielaišanas izmēriem ir sekojošas: $\delta_{A1} = 0,63$ mm, $\delta_{A2} = 0,4$ mm un $\delta_{A3} = 0,6$ mm.

$$A_{2\min} = \left(A_{2\min}^{\rightarrow} - A_{3\max}^{\leftarrow} \right) - \left(A_{1\max}^{\rightarrow} - A_{1\min}^{\leftarrow} \right) = (81,8 - 80,3) - (49,9 - 48,63) = 0,23 \text{ mm}$$

Šajā gadījumā spēle starp komponentēm minimālajā vietā sasniedz $A_{2\min} = 0,23$ mm. Bet savukārt maksimālajā atstarpe pie esošajām pielaidēm ir:

$$A_{2\min} = \left(A_{2\max}^{\leftarrow} - A_{3\min}^{\rightarrow} \right) - \left(A_{1\max}^{\rightarrow} - A_{1\min}^{\leftarrow} \right) = (82,2 - 79,7) - (49,9 - 48,63) = 1,23 \text{ mm}$$

Ja esošajā variantā apskatām gadījumu, kur A_1 izmērs saglabā maksimuma pozīciju, bet izmērs A_2 ir maksimums un A_3 ir minimums, tad:

$$A_{2\max} = \left(A_{2\max}^{\leftarrow} - A_{3\min}^{\rightarrow} \right) - \left(A_{1\max}^{\rightarrow} - A_{1\max}^{\rightarrow} \right) = (82,2 - 79,7) - (49,9 - 49,9) = 2,5 \text{ mm}$$

Varam secināt, ka, lai nodrošinātu robotam nepieciešamo atstarpi ir nepieciešams samazināt esošo pielaižu diapazonu detaļām. Ieviešot korekcijas tehnoloģiskajā maršrutā mainot aprīkojumu vai uzlabojot apstrādes, sagatavošanas procesus.

Apskatot gadījumu, kad sagatavju diametri ir samazināti par vienu milimetru ($\delta_{\Delta} = 1$ mm) atbilstoši rasējumos paredzētajam, kas teorētiski būtu nepieciešams, lai nodrošinātu vajadzīgo precizitāti. To nebūtu grūti izdarīt jo esošā tehnoloģija to ļauj regulēt atkarībā pēc nepieciešamības. Tādā gadījumā sagataves diametrs būs 81 mm, bet pielaižu lauku atstāsim to pašu ($\pm 0,2$ mm), jo tehniskais aprikojums paliek tas pats:

$$\Delta A_{2\min} = \left(A_{2\min}^{\rightarrow} - A_{3\max}^{\leftarrow} \right) - \left(A_{1\max}^{\rightarrow} - A_{1\min}^{\leftarrow} \right) = (80,8 - 80,3) - (49,9 - 48,63) = -0,77 \text{ mm};$$

$$\Delta A_{2\min} = \left(A_{2\max}^{\leftarrow} - A_{3\min}^{\rightarrow} \right) - \left(A_{1\max}^{\rightarrow} - A_{1\min}^{\leftarrow} \right) = (81,2 - 79,7) - (49,9 - 48,63) = 0,23 \text{ mm};$$

$$\Delta A_{2\max} = \left(A_{2\max}^{\leftarrow} - A_{3\min}^{\rightarrow} \right) - \left(A_{1\max}^{\rightarrow} - A_{1\max}^{\rightarrow} \right) = (81,2 - 79,7) - (49,9 - 49,9) = 1,5 \text{ mm}.$$

Kā redzams pēc aprēķina $\Delta A_{2\min}$ ir -0,77 mm, kas pierāda to, ka detaļas savā starpā ideāli nebūs iespējams savietot pie esošajām pielaidēm. Savukārt maksimālā atstarpe sastāda 1,5 mm šajā gadījumā. Ja vien izmēri A_1 nebūtu ar tik lielu izkliedi tad detaļas būtu vieglāk savietot savā starpā.

Praktiski apskatot šo gadījumu, kad diametrs ir samazināts par vienu milimetru ($\delta_{\Delta} = 1$ mm), tas varētu īpaši neietekmēt tālāko izstrādājuma maršrutu, jo iekšējo konstrukciju savietojot ar izstrādājuma apvalku pašam apvalkam attiecībā pret iekšējo konstrukciju arī ir savs pielaižu diapazons. Praktiski tas svārstās robežās $\pm 1,5$ mm. Tātad ribu nobīde attiecībā vienai pret otru būtu pieļaujama līdz 1,5 mm.

Būtisku uzlabojumu būtu iespējams panākt ja uz štances detaļām („ribas”) 561582, 561537, 561539 un 540819 apvienotu gan locīšanas, gan izciršanas operācijas. Tādā veidā būtu iespējams panākt minimālu urbumu nobīdi no centra.

Izmantojot maksimuma – minimuma – maksimuma metodi noskaidrots, ka pie esošajiem izmēriem spraugas maksimālā vērtība ir 2,5 mm un minimālā 1,23 mm, kas ievērojami pārsniedz nepieciešamo. Ja starpsienām cauruma diametrs tiek samazināts par vienu milimetru, tad minimālā atstarpe ir -0,77 mm un maksimālā 1,5 mm, kas liecina par salikšanas grūtībām. Ka redzams ir nepieciešamas izmaiņas tehnoloģiskajā procesā un maršrutā, lai detaļām nodrošinātu nepieciešamo precizitātes klasi.

Secinājumi

1. Lai ieviestu robotu metināšanai, detaļu salāgojumos spraugu izmērs nedrīkst pārsniegt $\delta_{\Delta} = 1$ mm, esošo sagatavju izmēru izpēte parāda, ka šī prasība nav ievērota būtiski.
2. Atstarpe starp detaļām metinājuma vietās ir robežās $S_{\min} = 0,23$, $S_{\max} = 2,5$ mm;
3. Noskaidrots, ka korekcija nepieciešama izmēram A_2 .
4. Pētīto detaļu tehnoloģiskajā procesā ir jāveic izmaiņas, lai panāktu:
 - ribu cauruma diametra samazinājumu $\Delta A_2 = 81$ mm;
 - bāzēšanas precizitātes paaugstināšanos.
5. Aprēķināts, ka ΔA_2 korekcija sastāda $\Delta = 1$ mm.
6. Pierādīts, ka veiktās korekcijas nodrošina turpmākās apstrādes tehnoloģijas atbilstību izvirzītajiem noteikumiem.

Izmantotie informācijas avoti

1. Informatīvais materiāls no Mašīnbūves un Metālapstrādes Rūpniecības asociācijas. MASOC [tiešsaiste] [skatīts 12.03.2011.]. Pieejams: http://www.masoc.lv/masoc/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=15&lang=1
2. Mārtiņš Jankevičus. Sagataves atbilstību pētījums robottehnoloģijas ieviešanai. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Tehniskā fakultāte, Studentu un maģistrantu zinātniskās konferences tēzes. Jelgava: LLU, 2010, 6-7 lpp. http://www.tf.llu.lv/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=329
3. Banga L., Jonāns A. Aparātubūves un mašīnbūves tehnoloģijas pamati. Rīga, Zvaigzne. 1978. 350 lpp.
4. Arhipova I., Bāliņa S., Statistika ekonomikā un biznesā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel. Mācību līdzeklis. 2. izdevums. Rīga: Datorzinību centrs, 2006 – 364 lpp.

KAŅEPJU STIEBRU UN BRIKEŠU FIZIKĀLI-MEHĀNISKO ĪPAŠĪBU IZPĒTE

INVESTIGATION OF HEMP STALK AND BRIQUETTE MECHANICAL PROPERTIES

Dmitrijs Todorovs

Tehniskās fakultātes 3. kursa students

Edgars Kokorevičs

Tehniskās fakultātes 1. kursa maģistrants

Aivars Kaķītis

Zinātniskais vadītājs, asoc. profesors, Dr.sc.ing.

Abstract: Biomass briquettes are made from agricultural waste and it is a renewable source of energy. Briquettes of hemp stalks let increase burst strength, gives higher heat capacity and less ash content. Fibre tensile and compressive strength for different varieties of hemp were defined in research. Also in research was determined amount of energy that required for production of briquette and also defined compressive strength of briquettes.

Atslēgas vārdi: kaņepe, briketēšana, brikešu izturība.

Ievads

Pēdējo gadu laikā aktuāla ir atjaunojamā enerģija, jo zemes resursu kļūst arvien mazāk un to cena strauji palielinās. Līdz ar to ES aktīvi piesaista lauksaimniekus audzēt augu kultūras, kuru pārpalikumi būtu izmantojami enerģijas ieguvei. Tāpat tiek pievērsta liela uzmanība jaunu enerģijas izejmateriālu un tehnoloģiju pētniecībai. Pēdējos gados Latvijā un arī pasaulē ievērojami pieaugusi ietekme par kaņepju audzēšanu, kas ir arī mūsu pētījuma objekts.

Kaņepes audzē, lai no tām ražotu kaņepju eļļas, kā arī kaņepes izmanto šķiedru ieguvei. Abos gadījumos rodas atlikums. Eļļas ražošanas procesā tie ir stieбри, bet šķiedru ieguves procesā tie ir spaļi.

Šo atlikumu var izmantot kurināmā ražošanai. Kaņepju stiebru īpašības ir ļoti līdzīgas koksnes īpašībām. Kaņepju stieбros tāpat kā koksnē ir celuloze un lignīns, kā arī stiebru siltumspēja līdzīga koksnes siltumspējai un tos sadedzinot rodas maz pelnu. No kaņepju stieбriem, tos briketējot vai granulējot, var iegūt labu cieto kurināmo.

Galvenās briketes īpašības pēc standarta ir blīvums un izturība [1]. Šie parametri ir atkarīgi no izmantotā materiāla, tās struktūras, mitruma, presēšanas spiediena un daļiņu sakārtojuma briketēšanas laikā. Pamatstandarts briketēm ir Austrijas ÖNORM M 7135 un Vācijas DIN 51731. Šie standarti ir paredzēti šķeldas brikešu izgatavošanai. Briketēm ir noteikts blīvuma standarts $\rho > 1,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Šis standarts tika ievērtēts, izgatavojot briketes no kaņepēm. Lai pārbaudītu biomasas briketes ekspluatācijas procesā, tām tiek veiktas pārbaudes, izmantojot īpašas testēšanas iekārtas.

Pētījumā tika izvirzīti divi mērķi:

- veikt kaņepju stiebru spiedes izturības noteikšanu šķērsvirzienā un garenvirzienā;
- veikt brikešu sagraušanu, lai noteiktu īpatnējo sagraušanas spēku.

Pētījumā iekļauts arī briketēšanas enerģijas aprēķins, kas nepieciešams, lai izgatavotu vienu briketi.

Iegūtie dati tiks izmantoti briketēšanas iekārtu projektēšanā.

Materiāli un metodes

Lai noteiktu kaņepes stieбра izturību spiedē, sagatavo paraugus 20 mm garumā. Ar mikroskopa Keyence palīdzību nosaka stieбра ārējo un iekšējo diametru. Aprēķina stieбра šķērsgriezuma laukumu pēc formulas (1):

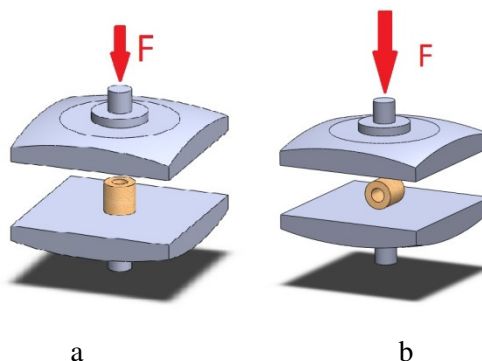
$$A = \pi(D^2 - d^2)/4, \quad (1)$$

kur A – šķērsgriezuma laukums, mm^2 ;
 D – ārējais diametrs, mm;
 d – iekšējais diametrs, mm.

Izmantojot materiālu testēšanas iekārtu *Gunt WP 300* veic stiebra sagraušanu garenvirzienā (1. att. a) un uzņem stiebra sagraušanas līkni (2. att. a). No grafika nosaka maksimāli pieļaujamo spēku. Izturības spriegumus aprēķina pēc formulas (2):

$$\sigma = F_{\max}/A, \quad (2)$$

kur σ – izturības spriegums, MPa;
 F_{\max} – maksimālais sagraušanas spēks, N.



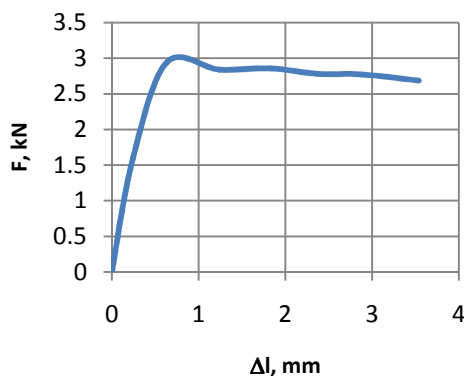
1. att. **Kaņepju stiebru saspiešana:**

a – garenvirzienā; b – šķērsvirzienā

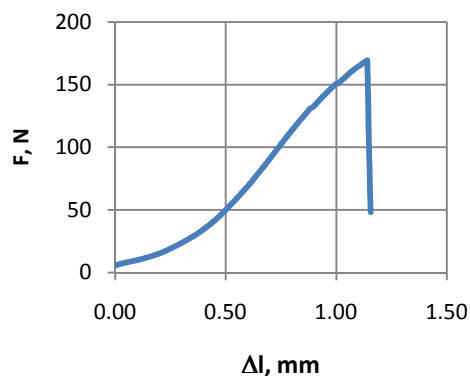
Izmantojot materiālu testēšanas iekārtu *Zwick 2500*, veic stiebra sagraušanu šķērsvirzienā (1. att. b) un uzņem stiebra sagraušanas līkni (2. att. b). No grafika nosaka maksimāli pieļaujamo spēku. Izturības spriegumus aprēķina pēc formulas (3):

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{D-d} \times L, \quad (3)$$

kur L – kaņepes garums, mm.



a



b

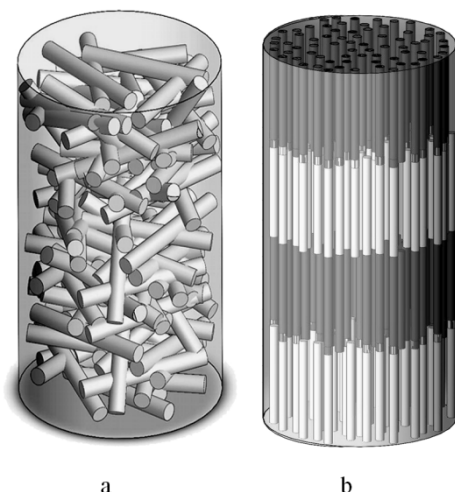
2. att. **Stiebru sagraušanas līknes:**

a – garenvirzienā; b – šķērsvirzienā

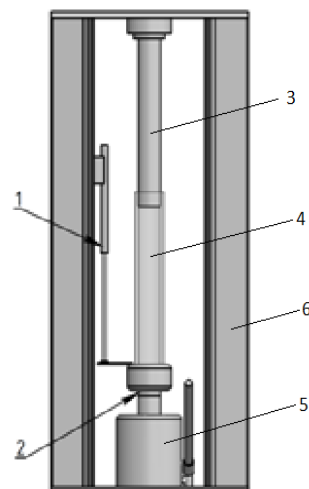
Eksperimentos izmantoti trīs šķirņu kaņepju stieбри ar relatīvo mitrumu <10%.

Lai noteiktu kaņepju briķešu fizikāli-mehāniskās īpašības, ir jāizgatavo vairāki paraugi. Rupji sasmalcināti kaņepju stieбри nenodrošina briķetei nepieciešamo blīvumu un izturību, ja stieбри netiek sakārtoti pirms briķetēšanas.

Pētījuma veikšanai kaņepju stieбри tiek sakārtoti paralēli cilindra garenasij kā redzams 3. attēlā [2]. Kaņepju briķetēšanas eksperimenti tika veikti izmantojot hidraulisko presi. Spiediena spēka un virzuļa pārvietojuma mērījuma dati tika sakopoti datorā, izmantojot *Picolog* programmatūru. Sensoru izvietojums redzams 4. attēlā.

3. att. **Kaņepju stiebru izkārtojums**

a – nesakārtots; b – sakārtots

4. att. **Briketēšanas prese**

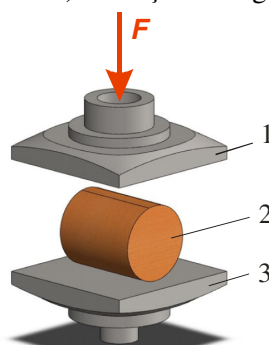
1 – pārvietošanas sensors, 2 – spēka sensors, 3 – virzulis, 4 – cilindrs, 5 – domkrats, 6 – rāmis

Briketi izgatavo briketējamo masu ieberot vai sakārtojot briketēšanas cilindrā. Briketēšanas cilindrs sastāv no cilindriskā korpusā 4, kurā atrodas briketējamais materiāls, un virzuļa 3. Ievietojot briketēšanas cilindru briketēšanas standā, kas ir apgādāts ar spēka mērīšanas sensoru 2 un pārvietošanas sensoru 1, veic briketējamās masas saspiešanu līdz noteiktam spiedienam. Briketēšanas laikā tiek uzņemtas raksturlīknes, kas nepieciešamas briketes izgatavošanas enerģijas noteikšanai. Gatavo briketi izņem no cilindra un nosaka ārējo diametru, augstumu un masu. No šiem parametriem aprēķina briketes blīvumu pēc formulas (4):

$$\rho = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D_1^2 \cdot h} \quad (4)$$

kur ρ – blīvums, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$;
 m – masa, g;
 D_1 – ārējais diametrs, mm;
 H – augstums, mm.

Brikešu izturības noteikšanai tika izmantota īpatnējā sagraušanas spēka noteikšana, sagraujot briketi spiedē [3]. Īpatnējā sagraušanas spēka noteikšanu veicām izmantojot materiālu testēšanas iekārtu *Gunt WP 300*, briketi sagraujot (5. att.) un uzņemot sagraušanas līkni (2. att. a).

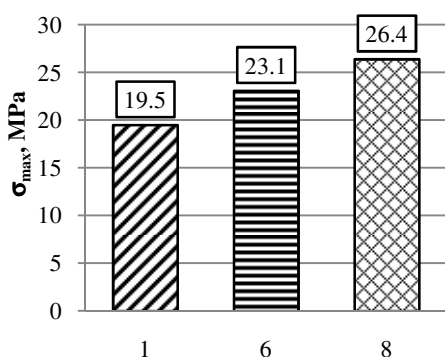
5. att. **Briketes sagraušana:**

1 – spiedējplāksne; 2 – brikete; 3 – atbalsta plāksne

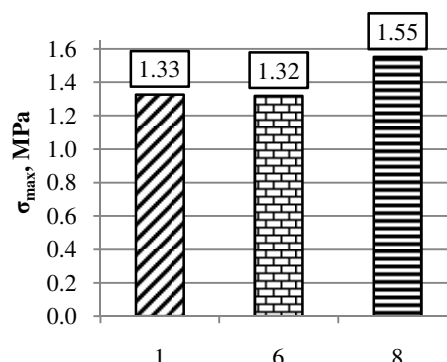
Lai nodrošinātu pietiekošu mērījumu precizitāti, tika veikti vismaz 11 atkārtojumi ar katru paraugu.

Rezultāti un diskusija

Pēc paraugu sagraušanas līknēm tika noteikts maksimālais sagraušanas spēks katram paraugam un aprēķināts izturības robežspriegums garenvirzienā un šķērsvirzienā. Izturības robežsprieguma vidējā vērtība katrai šķirnei (6. un 7. att.).



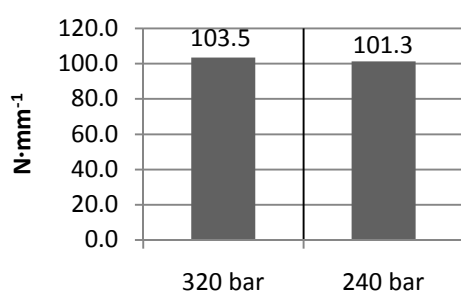
6. att. Kaņepju stiebru izturība spiedē garenvirzienā: 1 – Bialobzeskie; 6 – Futura 75; 8 – Santhica 27



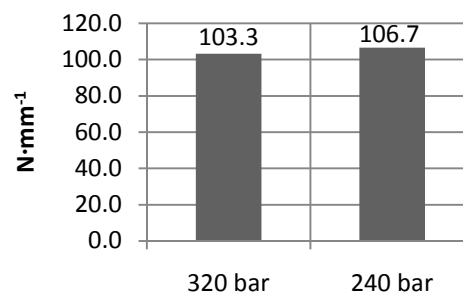
7. att. Kaņepju stiebru izturība spiedē šķērsvirzienā

Iegūtie rezultāti rāda, kad šķirnes 1 (Bialobzeskie) spiedes izturība garenvirzienā vidēji ir 19.5 MPa, bet šķērsvirzienā 1.33 MPa. Šķirnes 6 (Futura 75) spiedes izturība garenvirzienā ir 23.1 MPa, bet šķērsvirzienā 1.32 MPa, šķirnei 8 (Santhica 27) attiecīgi 26.4 MPa un 1.55 MPa.

Lai noteiktu briekšu īpatnējo sagraušanas spēkus, tika sagatavotas divu veidu brieketes: 1 – briketējot 300 mm garus kaņepju stiebrus, 2 – briketējot 2 x 150 mm garus stiebrus. Briketēšana veikta briketi saspiežot līdz 240 un 320 bar lielam spiedienam. Pēc briketes sagraušanas līknes tika noteikts maksimālais sagraušanas spēks, kuru izmanto brieketes īpatnējā sagraušanas spēka aprēķināšanā. Briekšu īpatnējā sagraušanas spēka vidējās vērtības (8. un 9. att.).



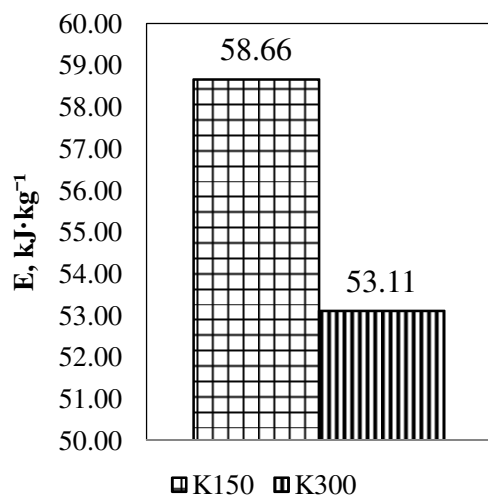
8. att. Īpatnējais sagraušanas spēks briketēm no 300 mm gariem kaņepju stiebrim



9. att. Īpatnējais sagraušanas spēks briketēm no 2 x 150 mm gariem kaņepju stiebrim

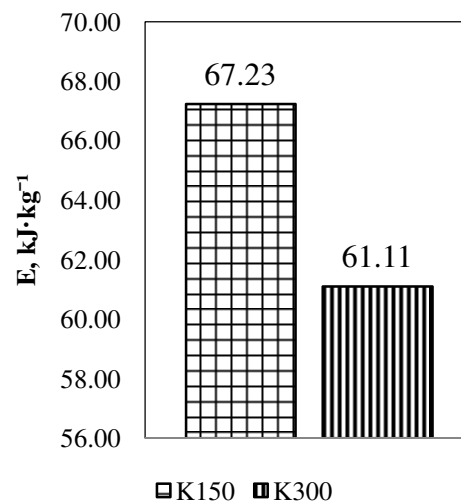
Iegūtie rezultāti parāda, ka lielākais īpatnējais sagraušanas spēks nepieciešams briketēm, kas izgatavotas pie 240 bar, un sagarinātas 150 mm garumā. Briketēm, kas izgatavotas no 300 mm gariem kaņepju stiebrim pie 320 bar, īpatnējais sagraušanas spēks ir 103.5 N·mm⁻¹, bet pie 240 bar – 101.3 N·mm⁻¹. Briketēm, kas izgatavotas no 2x150 mm gariem kaņepju stiebrim pie 320 bar, īpatnējais sagraušanas spēks ir 103.3 N·mm⁻¹, bet pie 240 bar – 106.7 N·mm⁻¹.

Lai noteiktu enerģiju, kas nepieciešama briketes izgatavošanai, briketēšanas laikā datorā tika fiksēti saspiešanas spēki un pārvietojums. Iegūtie mērījumi tika izmantoti briketēšanas enerģijas aprēķināšanai (10. un 11. att.).



10. att. **Briķetes izgatavošanas enerģija pie 240 bar spiediena:**

K150 – briķetēm no 2x150 mm gariem stiebriem;
K300 – briķetēm no 300 mm gariem stiebriem



11. att. **Briķetes izgatavošanas enerģija pie 320 bar spiediena**

Pie 240 bar briķetēm, kas izgatavotas no 2x150 mm gariem kaņepju stiebriem nepieciešamā enerģija ir $58.99 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, bet 300 mm kaņepju stiebriem – $53.11 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Izgatavojot ar 320 bar 2x150 mm gariem kaņepju stiebriem nepieciešamā briķetēšanas enerģija ir $67.23 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, bet 300 mm kaņepju stiebriem – $61.11 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Secinājumi

1. Visaugstākā stiebru izturība gan garenvirzienā (26.4 MPa), gan šķērsvirzienā (1.55 MPa) ir šķirnei Santhica 27.
2. Sagraušanas spēks briķetēm, kas izgatavotas ar 320 bar spiedienu ir ļoti līdzvērtīgs, bet pie 240 bar 300 mm kaņepju stiebri uzrāda zemākos rezultātus, bet 2 x 150 – augstākos rezultātus.
3. Briķetēm, kas izgatavotas no 2 x 150 mm kaņepju stiebriem ir nepieciešama lielāka enerģija ($67.23 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$). Salīdzinājumā ar briķetes siltumspēju tas ir tikai apmēram 0.4%.
4. Lai šādas briķetes varētu izstrādāt masveidā, ir nepieciešams izstrādāt jaunu izgatavošanas tehnoloģiju un aprīkojumu.

Izmantotā literatūra

1. Kakitis A., Nulle I. Durability of stalk material briquettes, Proceedings of the International conference “Scientific achievements for wellbeing and development of society”, March 4-5, 2004. – Rēzekne, pp. 26 – 31
2. Kakitis A., Nulle I., Ancans D. Stalk material orientation in biomass composite briquettes. In: Trends in Agricultural Engineering 2010. Proceedings of 4th International Conference held in Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Engineering. Prague, 2010, p. 285 – 290.
3. Brožek M., 2001. Briķetování nekovového odpadu. In: Sborník z mezinárodní konference XIV Diamatech.Krakow, Univerzita Radom: 84–87.

SLODZES IETEKME UZ DEGVIELAS PATĒRIŅU MĒRĪJUMOS UZ JAUDAS STENDA

LOAD IMPACT ON FUEL CONSUMPTION MEASUREMENTS ON A CHASSIS DYNAMOMETER

Uldis Putnieks

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Dainis Berjoza

Zinātniskais vadītājs, asoc. profesors, Dr.sc.ing.

Abstract: Load is one of automobile fuel consumption influencing factors. This impact can be determined on a chassis dynamometer in a controlled laboratory conditions. There are few dynamometer types: engine, hub-mount, roller and drum. Drum type is best to measure load, because it also simulates inertial resistance. AVL KMA Mobile device, that uses flow method, was used for fuel consumption determination. Experiments were made with Renault Trafic automobile at three different load regimes to use all its carrying capacity (from 2035 to 3000 kg full mass). Fuel consumption increases increasing load.

Atslēgas vārdi: jaudas stends, slodze, degvielas patēriņš.

Ievads

Degvielas izdevumi pārvadājumos sastāda ievērojamu daļu no mainīgajām izmaksām. Degvielas cenām tikai augot, tiek meklēti arvien jauni degvielas taupīšanas veidi, tomēr lietderīgi ir pārskatīt arī esošās tehnoloģijas un paņēmienus. Viens no degvielas patēriņu ietekmējošiem faktoriem ir arī slodze. Slodzes ietekme var izpausties gan kā masas palielināšana, gan dažādu pretestību veidā (gaisa, inerces, piekabes, kāpuma, rites). Masas palielināšana ietekmē degvielas patēriņa pieaugumu, tomēr ir maz pētījumu – par cik un kādas ir tendences.

Ikdienā autovadītāji mēdz pārvadāt dažādus nevajadzīgus priekšmetus (vasarā ledus skrāpi, ziemā – velosipēda turētāju), tomēr degvielas patēriņa jūtams pieaugums novērojams pārvadājot kādu lielāku kravu vai pasažierus. Autoparku īpašniekiem svarīgāka ir degvielas patēriņa normu noteikšana un plānošana, jo pārāk maza sniegs pārvadātājam papildus izdevumus, bet pārāk liela – iespēju autovadītāju negodīgai rīcībai.

Automobiļa degvielas patēriņu var noteikt eksperimentāli vai ar aprēķiniem. Aprēķinu plus ir tas, ka šāda metode ir lēta, tos var veikt tādiem apstākļiem, kuros eksperimentēšana ir grūta vai neiespējama, tomēr rezultāti ir aptuveni, jo ietver daudz vidējo vērtību un neatspoguļo reālos ekspluatācijas apstākļus [1]. Eksperimentus veic laboratorijās, uz speciāliem stendiem vai dabiskajos ceļa apstākļos, šī metode ir dārga un saistīta ar lielu laika patēriņu, to rezultātus ir grūti salīdzināt, jo tos ietekmē dažādi gadījumsfaktori. Eksperimentiem uz jaudas stenda ir vairākas priekšrocības: tos neietekmē laikapstākļi, nav nepieciešamas pārvietojamas mērierīces, iespēja izmantot laboratorijas barošanas avotus (nav papildus slodzes uz ģeneratoru), netiek traucēta satiksme, autovadītājam nav jākoncentrējas uz ceļu. Moderns jaudas stends apvieno vienā sistēmā mehānisko, elektromehānisko, elektriskos un elektroniskos moduļus, kas darbojoties kopā spēj imitēt uz spēkratiem darbojošos pretestības veidus.

Degvielas patēriņa noteikšanai ir vairākas metodes, tomēr visbiežāk tiek izmantotas trīs: plūsmas (tiek mērīta degvielas plūsma, $l \cdot h^{-1}$), masas (tiek mērīta patērētās degvielas masa, kg) un tilpuma metode (tiek mērīts patērētās degvielas tilpums, l).

Ekspluatējot automobili, autovadītājs bieži sastopas ar situāciju, kad tehniskajos datos uzrādītais degvielas patēriņš nesakrīt ar paša noteikto degvielas patēriņu, tā, piemēram, ES 80/1268 direktīvas normās gaisa kondicionētāja darbs netiek ņemts vērā.

Materiāli un metodes

Testēšanas metodes bieži nosaka savstarpēji vienojoties. Šī vienošanās atspoguļo atšķirīgās intereses vai mērķus:

- testēšanai jāraksturo objekta lietošanas reālos nosacījumus;
- testēšanas nosacījumi bieži ir kompromiss starp lietošanas ekstremāliem nosacījumiem;
- testēšanas nosacījumiem jābūt viegli atkārtojamiem laboratorijā;

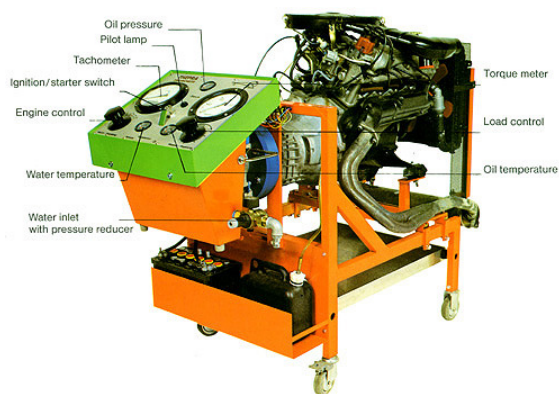
- lai ar atsevišķiem testēšanas nosacījumiem varētu kontrolēt testēšanas rezultātu mainīgumu;
- lai varētu salīdzināt vairākus līdzīgus objektus;
- lai veiktu kāda objekta diagnostiku.



a



b



c



d

1. att. Jaudas standu veidi dažādu parametru noteikšanai:

a – trumuļu [2]; b – veltņu [3]; c – motora [4]; d – dzenošās ass [5]

Eksperimentāli vilces spēku nosaka trumuļu, veltņu, motora un dzenošās ass jaudas standos (1. att.). Trumuļu jaudas stands no veltņu atšķiras ar to, ka veltņu stendam ir divi ruļļi katram ratam un to diametrs ir krietni mazāks. Piemērotākie ir trumuļu stendi, jo to radītās riepu deformācijas un slīdes apstākļi ir tuvāk reālajiem. Jo lielāks trumuļa diametrs, jo lielāks tā liekuma rādiuss un riteņu saskarvirsmas ar trumuļiem. Ar šiem stendiem iespējams imitēt arī spēkratu inerciālās masas, piemēram, imitēt piekabes vilkšanu, vai braucot kalnup. Trumuļu standu galvenie trūkumi ir augstā cena un lieli gabarīti. Motora jaudas standus parasti izmanto automobiļu ražotāji, lai garantētu to kvalitāti. Ikdienas lietošanai šāds stands būtu neparocīgs, jo, lai arī šādu standu vismazāk ietekmē ārējie faktori, katru reizi motors būtu jāatdala no automobiļa, kas prasa lielu darbietilpību, kā arī materiālu zudumus. Dzenošās ass standu uzstāda noņemto ratu stiprināšanas vietā. Šāda stenda priekšrocības ir klusāka darbība, kas ļauj dzirdēt dažādus transmisijas trokšņus, kas uz ruļļu stenda nebūtu sadzirdami dēļ riepu radītā trokšņa, tomēr uzstādīšana prasa vairāk laika. Šo standu rezultāti būs atšķirīgi, jo atšķiras ratu, transmisijas un papildaprīkojuma ietekme.

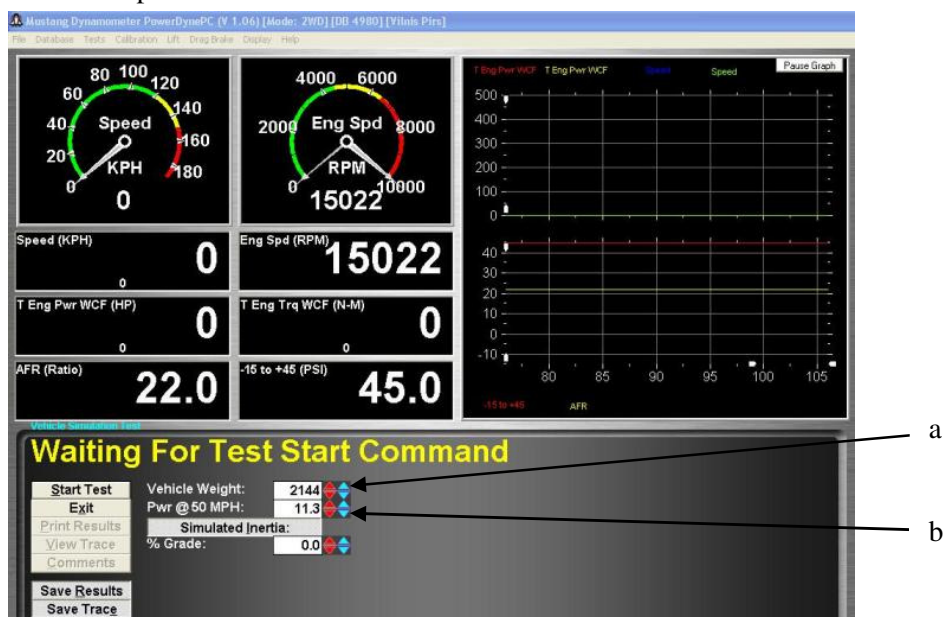
Izmēģinājumos uz ruļļu stenda, stenda datorā ievada automobiļa gaisa un ceļa pretestību patērēto jaudu pie noteikta braukšanas ātruma. Stands proporcionāli braukšanas ātrumam slogo automobiļa dzenošos riteņus, uz tiem reducējot gaisa un ceļa pretestību kopsummai patērēto jaudu, imitējot braukšanas apstākļus. Pirms izmēģinājumiem uz stenda, automobilis vismaz 6 stundas jāglabā telpā, kurā veiks eksperimentu, uzturot telpas temperatūru +20...+30°C robežās [6]. Riepu spiedienam jābūt atbilstoši ražotāja noteiktajās robežās. Divruļļu standu izmantošanas gadījumā, pieļaujams palielināt riepu spiedienu, bet ne vairāk kā par 50% no autoražotāja ieteiktā un nepārsniedzot spiedienu, kas

norādīts uz riepas. Automobilis jānovieto pēc iespējas horizontāli. Testu laikā motora pārsegs drīkst būt vaļā. Nepieciešamības gadījumā drīkst izmantot papildus motora dzesēšanas ventilatoru.

Degvielas patēriņa noteikšanas metodes izmēģinājumiem uz jaudas stenda ir pieejamas vairāk kā ceļa izmēģinājumos, jo var izmantot stacionāras iekārtas. Plūsmas mērītājs sastāv no diviem lokiem: padeves un barošanas. Motora patērētās degvielas zudumi barošanas lokā tiek kompensēti caur plūsmas mērītāju no padeves loka, tādējādi reģistrējot patērēto degvielu. Šo metodi var izmantot arī ceļa izmēģinājumos, jo to neietekmē degvielas līmeņa svārstības. Tilpuma metodes darbības princips balstās uz degvielas padevi no mērcilindra, tomēr šīs metodes trūkums ir sarežģītā pielāgošana datorizētai datu reģistrēšanai. Masas metode ir līdzīga pēc uzbūves tilpuma metodei, tikai patērētā degviela tiek noteikta ar svaru palīdzību. Šīs metodes trūkums ir svaru radītā neprecizitāte. Masas un tilpuma metožu trūkums ir arī kļūda, ko rada degvielas daudzums, kas atrodas degvielas padeves cauruļvados.

Rezultāti un diskusija

Eksperimentos izmantotais trumuļu jaudas stends *Mustang MD-1750* paredzēts vienas ass piedziņas vieglo automobiļu, mikroautobusu un nelielu kravas automobiļu testēšanai. Maksimālā mērīšanas jauda – 1750 Zs, maksimālais testēšanas ātrums – 360 km h⁻¹, vadības platforma uz *Pentium* bāzes, jaudas absorbcijas motoru dzesēšana notiek ar gaisa starpniecību [7]. Jauda gaisa un ceļa pretestības pārvarēšanai pie ātruma 50 jūdzes stundā jāievada jaudas stenda vadības platformas programmā (2. att. b). Šīs vērtības populārākajiem automobiļiem pieejamas jaudas stenda tehniskajā dokumentācijā. Lai izmainītu slodzi, ir jāizmaina automobiļa masa *PowerDynePC* programmas logā (2. att. a), līdz ar to nav nepieciešami reāli atsvari.



2. att. *Mustang* jaudas stenda *PowerDynePC* programmas logs:

a – automobiļa masas ievade; b – gaisa un ceļa pretestības summas ievade

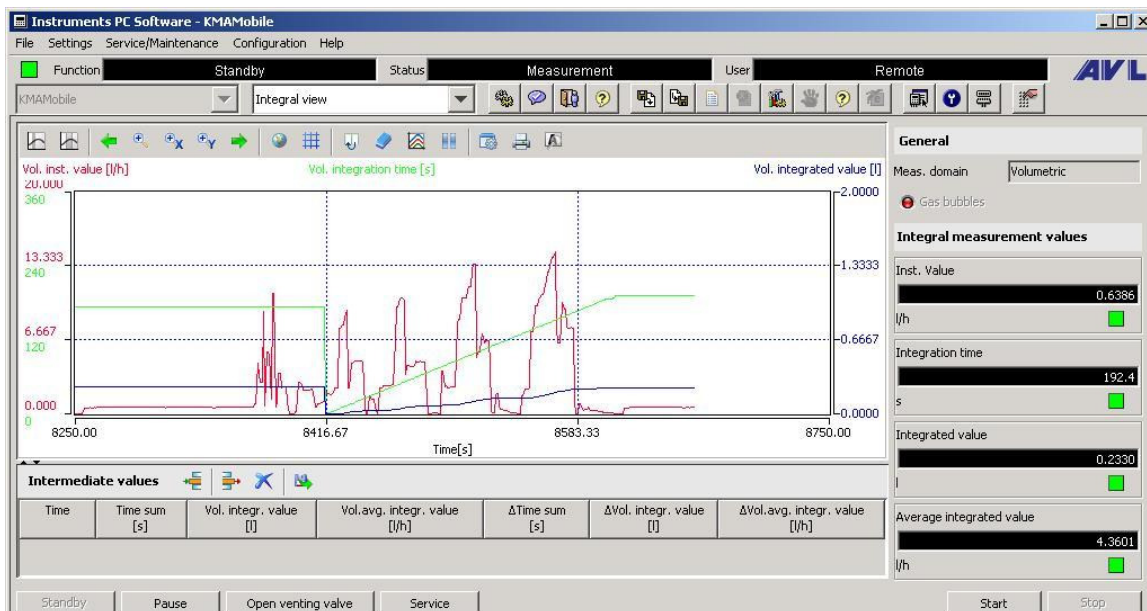
AVL KMA Mobile ir degvielas patēriņa mērierīce, kuras darbības pamatā ir plūsmas metode, kas paredzēta degvielas patēriņa mērīšanai laboratorijas un ceļa apstākļos. Mērierīce izmantojama benzīna, metanola, etanola, dīzeļa, biodīzeļa un to maisījumu degvielas patēriņa noteikšanai. Iekārtas mērīšanas diapazons ir no 0.35...150 l h⁻¹, kas ļauj mērierīci izmantot gan maziem pasažieru, gan lieliem kravas automobiļiem Datu reģistrēšana un nolasīšana tiek realizēta caur iekārtai pieslēgtu datoru un programmatūras palīdzību. Vienlaicīgi iespējams reģistrēt vairākus parametrus. Iekārtai ir ļoti īsi mērīšanas intervāli, tāpēc mērīšanas kļūda tikai 0.1% [8].

Mērierīču programmas neļauj veikt datu apstrādi, tāpēc tie ir jāeksportē *Microsoft Office Excel* izklājlappā. Jaudas stenda un degvielas patēriņa mērīšanas iekārtas informāciju attēlo arī grafiskā veidā (2. un 3. att.), tāpēc jau eksperimentu gaitā var novērtēt rezultātu tendences.

AVL KMA Mobile mērierīce degvielas patēriņu reģistrē kā momentāno G_b ($l \cdot h^{-1}$) un kopējo G_d (l), bet automobiļa degvielas patēriņu visbiežāk raksturo litros uz nobrauktā ceļa vienību (100 km), tāpēc veic pārrēķinu degvielas patēriņam braucienā G_s , izteiktu $l \cdot 100km^{-1}$:

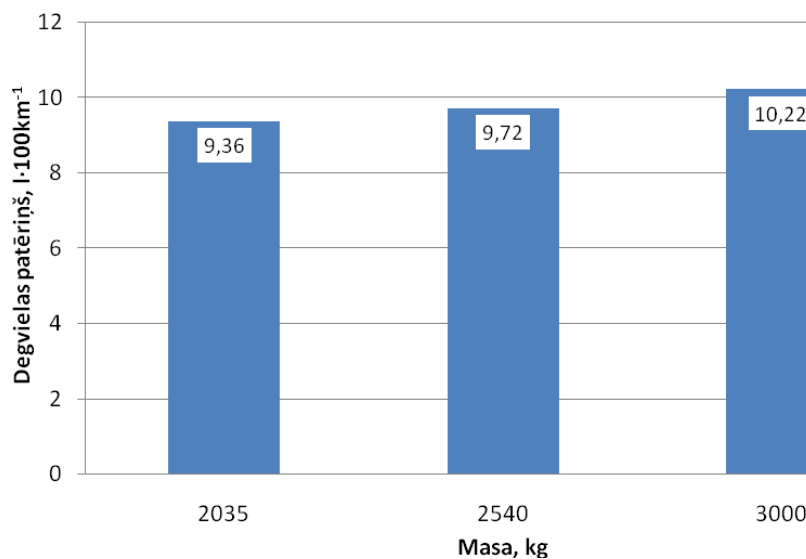
$$G_s = \frac{100 \cdot G_d}{s} \quad (1)$$

kur G_d – degvielas kopējais patēriņš, l;
 s – attālums, km.



3. att. AVL KMA Mobile programmas logs

Veicot eksperimentus ar automobili *Renault Trafic*, iegūtie rezultāti attēloti 4. attēlā. Galvenā tehniskā informācija: pašmasa 1957 kg, pilna masa 2835 kg, manuālā ātrumkārbā, motors – turbo dīzelis ar jaudu 66 kW un tilpumu 1995 cm³, *Common rail* degvielas iesmidzināšanas sistēma. Automobilis tika izmēģināts pie trīs dažādām slodzēm, lai patvertu kravnesību, pakāpienveida braukšanas ciklā [9].



4. att. Degvielas patēriņš pie 3 dažādām slodzēm

Secinājumi

1. Ar jaudas stenda palīdzību ir iespējams noteikt slodzes ietekmi uz degvielas patēriņu.
2. Automobilim *Renault Trafic* cikla režīmā palielinot slodzi par katriem 100 kg, degvielas patēriņš pieaug par 0.84%.
3. Degvielas patēriņa noteikšanai vislabākā ir plūsmas metode.
4. Eksistē vairāki jaudas stendu veidi, tomēr visplašākās iespējas sniedz trumuļu jaudas stendi.

Izmantotie informācijas avoti

1. Berjoza Dainis. *Automobiļu teorija*. Jelgava: LLU, 2008. 200 lpp.
2. 0.jpg [18.04.2011] Pieejams: <http://www.technolab.org/img/products/thepra/40015000-2-e.jpg>
3. chassis-dynamometer.jpg [18.04.2011] Pieejams: <http://cdn.explainthatstuff.com/chassis-dynamometer.jpg>
4. 40015000-2-e.jpg [19.04.2011] Pieejams: <http://i.ytimg.com/vi/7VAnOf-eRTw/0.jpg>
5. M-power-car-on-dyna-pack-hub-dyno-600.jpg [21.04.2011] Pieejams: <http://www2.ecutek.com.au/images/DynoGraphs/M-power-car-on-dyna-pack-hub-dyno-600.jpg>
6. Alternatīvo degvielu zinātniskā laboratorija: Tehniskais aprīkojums [11.04.2011] Pieejams: <http://www.tf.llu.lv/adzl/aprikojums.htm>
7. MD-1750 Chassis Dynamometer [12.04.2011] Pieejams: http://www.mustangdyne.com/pdfs/MD1750_IN.pdf
8. AVL Product Description [20.04.2011] Pieejams: www.avl.com/c/document_library/get_file?uuid=babff1d2-4c12-49bb-a4a4-e14d45e5ec7a&groupId=10138
9. Putnieks U. Automobile fuel consumption changes as an affect of the load. Proceedings of International conference "Engineering for Rural Development", May 26-27, 2011, Jelgava, Latvia.

SALMU GRANULU DEGŠANAS PĒTĪJUMI UNIVERSĀLĀ GRANULU DEGLĪ

STRAW PELLET BURNING IN UNIVERSAL PELLET BURNER

Valdis Kleinbergs

Tehniskās fakultātes 1. kursa maģistrants

Aigars Laizāns

Zinātniskais vadītājs, lectors, Mg.sc.ing, Mg.oec.

Abstract: Using straw pellets in thermal energy, it is necessary to change the structure of the ash, to avoid the formation of large amount of melted straw pellets slag. Compared to wood pellets, wheat straw pellets have increased amount of ash and low ash melting temperature. The study was done to examine how changes the ash melting process by burning wheat straw pellets with the filler. As the filler was used calcium carbonate. By adding filler, it was observed, that the melted slag pieces of straw pellets decreases significantly and automatic pellet burner run improves.

Atslēgas vārdi: Granulas, salmu granulas, apkures katlu granulu deglis.

Ievads

Eiropas Savienības valstis, tai skaitā arī Latvija, kļūst arvien atkarīgākas no enerģijas importa. Naftas, elektrības un gāzes cenas turpina paaugstināties, tādēļ nepieciešams izmantot alternatīvās enerģijas avotus. Viens no iespējamiem alternatīvās enerģijas avotiem ir cietā biomasa, piemēram, koksnes granulas, miežabrāļa granulas, salmu granulas utt. [1]. Salmu granulas tiek izmantotas mājdzīvnieku pakaišiem un siltumenerģijā. Galvenās problēmas, iegūstot siltumenerģiju no salmu granulām, ir palielināts pelnu daudzums un zema pelnu kušanas temperatūra. Salmu granulām sadegot rodas emitēto hloru saturošu gāzu, kas ir kaitīgas apkārtējai videi. Lai tās neitralizētu, jāizmanto specializēti degļi un jārūpējas par pienācīgu dūmgāzu attīrīšanas sistēmu un izkliedi [4].

Pelnu saķepšanu nosaka pelnu kušanas temperatūra. Analizējot Stendes graudaugu selekcijas institūta 2007. – 2008. gada atskaiti „Dažādu graudaugu sugu piemērotība siltumenerģijas ražošanai un radušos atkritumu produktu – pelnu agronomiskās vērtības noteikšana”, tika konstatēts, ka pelnu kušanas temperatūra visiem graudaugu salmiem ir robežās no 885°C (kviešu salmiem) līdz 1035°C (auzu salmiem) [4].

Dedzinot kviešu salmu granulas, tā augstākā siltumspēja ir 4111 kcal kg⁻¹, mitrums 9.7% un pelnu daudzums 3.6%, sēra saturs 0.012%, hlora saturs < 0.01% [2]. Kviešu salmu pelnu sastāvā ir silīcijs (Si) 18%, kālijs (K) 15.8%, kalcijns (Ca) 9.2%, sērs (S) 3.4%, alumīnijs (Al) 1.7%, fosfors (P) 1.4%, hlors (Cl) 1.4%, dzelzs (Fe) 1.04%, mangāns (Mn) 0.13%, titāns (Ti) 0.12% [3].

Pētījumi [5] rāda, ka varbūtējie cēloņi, kas veicina pelnu kušanu, ir:

- viegli kūstošu kālija fosfātu veidošanās degšanas procesā;
- viegli kūstošu kālija silikātu veidošanās degšanas procesā [5].

Šo savienojumu veidošanās iespējama, ja kurināmā sastāvā ir palielināts kālija, fosfora un silīcija saturs un pazemināts kalcija saturs [4].

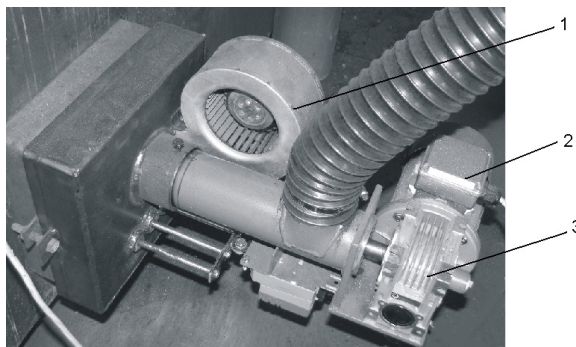
Degļa darbību nelabvēlīgi ietekmē pelnu kušana, kas traucē kvalitatīvi izvadīt pelnus no apkures katla.

Pētījuma mērķis ir noskaidrot, kā mainās pelnu kušanas process, dedzinot kviešu salmu granulas ar pildvielu.

Pētījums tika veikts sadarbojoties ar uzņēmumu *SIA DIVI*, kura darbības virzieni ir granulu degļu un katlu ražošana, granulu kamīnu un granulu tirdzniecība.

Materiāli un metodes

Pētījums tika veikts izmantojot, *SIA DIVI* ražoto apkures katlu, kam pievienots granulu deglis, kas nodrošina iespēju dedzināt dažāda veida granulas. Granulu degļa darbību nodrošina automatizētā vadības sistēma, kas kontrolē padeves sistēmu (1. attēls).



1. att. Granulu deglis ar padeves sistēmu:

1 – gaisa pūtējs, 2 – elektromotors, 3 – reduktors

Pētījumā tika izmantoti *DIGI DS – 685F* svāri, uz kuriem tika svērtas salmu granulu masa un pildvielas masa, kas nepieciešama pētījumu veikšanai. Eksperimentā tika izmantots termopāris ar keramisko apvalku, kurš pirms mērījuma veikšanas tika kalibrēts LLU Tehniskās fakultātes laboratorijā. Termopāris tika izmantots, lai precīzi noteiktu, kāda bija degšanas temperatūra katrā eksperimentā. Termopāra ģenerēto sprieguma mērīšanai tika izmantots digitālais multimetrs *M - 832*.

Pētījumā tika veikti 3 eksperimenti un katrā eksperimentā tika dedzināti 16 kg salmu granulu. Pirmajā eksperimentā tika dedzinātas salmu granulas bez pildvielām. Otrajā eksperimentā tika dedzinātas salmu granulas ar 10% pildvielas masas piejaukumu. Trešajā eksperimentā tika dedzinātas salmu granulas ar 20% pildvielas masas piejaukumu. Par pildvielu tika izmantots kalcija karbonāts (CaCO_3), tādējādi nodrošinot paaugstinātu kalcija koncentrāciju. Pētījuma procesa laikā tika veikta video filmēšana.

Rezultāti un diskusija

Pirmajā eksperimentā, dedzinot salmu granulas (16 kg) bez pievienotās pildvielas, vidējā temperatūra deglī sasniedza 1020°C . Granulu degļa automatizētā pelnu attīrīšanas mehānisma darbības kvalitāte bija zema, jo izkusušie salmu granulu pelni netika nostumti no granulu degļa, bet salīpa kopā lielos gabalos. Izkusušie salmu granulu pelni palieka uz granulu degļa virsmas, kas traucēja granulu degļa darbību. Rezultātā nenotika kvalitatīvs salmu granulu sadegšanas process un granulu deglis nenodrošināja maksimālo siltuma atdevi. 2. attēlā ir parādīti pirmajā eksperimentā iegūtie izkusušo salmu granulu izdedži.



2. att. Izkusušo salmu granulu izdedži bez pievienotās pildvielas

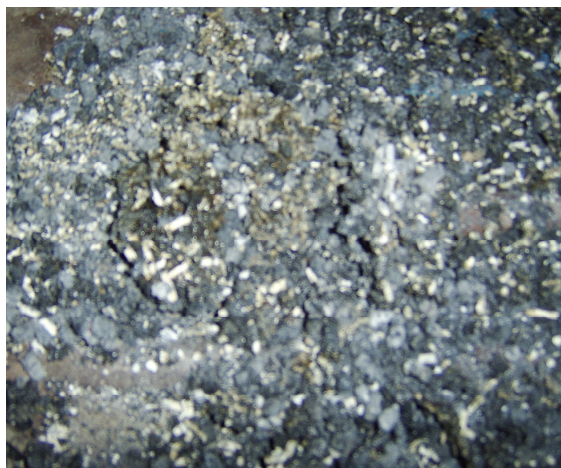
Otrajā eksperimentā, salmu granulu masai (16 kg) papildus tika pievienoti 10% pildvielas no dedzināmās salmu granulu masas. Salmu granulas ar pildvielu dega pie vidējās temperatūras 970°C . Izkusušo salmu granulu izdedžu daudzums bija samazinājies aptuveni par 60%, salīdzinot ar izkusušo salmu granulu izdedžiem, kas tika dedzinātas bez pildvielas. Salmu granulu izdedži bija irdenāki un smalkāki nekā pirmajā eksperimentā iegūtie, kas būtiski uzlaboja granulu degļa automatizēto pelnu

attīrīšanas mehānisma darbības kvalitāti. Izdedžos tika novērotas baltas daļiņas, kas, iespējams, ir pievienotās piedevas termiskās pārstrādes produkts. 3. attēlā ir parādīti iegūtie salmu granulu izdedži ar 10% pildvielas piejaukumu no dedzināmās salmu granulu masas.



3. att. **Salmu granulu izdedži ar 10% pildvielas piejaukumu no dedzināmās salmu granulu masas**

Trešajā eksperimentā salmu granulu masai (16 kg) papildus tika pievienoti 20% pildvielas no dedzināmās salmu granulu masas. Dedzinot salmu granulas ar šādu pildvielas daudzumu, pie aptuvenās sadegšanas temperatūras 960°C izkusušo izdedžu daudzums bija samazinājies aptuveni par 70%, salīdzinājumā ar pirmo eksperimentu. Izdedžu tilpumā bija novērojams salīdzinoši vairāk pildvielas sadegšanas produktu, nekā otrajā eksperimentā. Salmu granulu izdedži bija sīkgraudaini. 4. attēlā ir parādīti salmu granulu pelni ar 20% pildvielas piejaukumu no dedzināmās salmu granulu masas.



4. att. **Salmu granulu pelni ar 20% pildvielas piejaukumu no dedzināmās salmu granulu masas**

Secinājumi

1. Dedzinot salmu granulas bez piedevas, veidojas lieli izdedžu gabali, salīdzinot ar salmu granulu pelnu izdedžiem, kam pievienota pildviela.
2. Izkusušo pelnu gabali neveicināja kvalitatīvu salmu granulu masas sadegšanas procesu, tāpēc granulu degļa automatizētais pelnu attīrīšanas mehānisma darbība tika traucēta.
3. Pildvielas – kalcija karbonāts, pievienošanai ir pozitīva ietekme uz pelnu struktūru – samazinās pelnu kušņu daudzums un izmēri.
4. Dedzinot salmu granulas, kurām pievienota pildviela, izkusušo salmu granulu izdedžu gabali samazinās aptuveni par 60% – 70%.

5. Paaugstinot pildvielas apjomu no 10% uz 20%, izkusušo salmu granulu izdedžu daudzums samazinās nebūtiski, tāpēc nav lietderīgi palielināt piedevas daudzumu.
6. Nepieciešams veikt padziļinātus pētījumus pildvielas izvēlei un tās ietekmes noteikšanai uz pelnu struktūru.

Izmantotie informācijas avoti

1. Madera S. Bioloģija I daļa. Zvaigzne ABC, Rīga, 1998. – 298 lpp.
2. SIA “Virisma”, Atkritumproduktu un kurināmā izpētes un testēšanas laboratorija. Cietā kurināmā raksturojums Nr.1-207/06.
3. SIA “Virisma”, Atkritumproduktu un kurināmā izpētes un testēšanas laboratorija. Cietā kurināmā raksturojums Nr.1-267/06.
4. APP Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūts. Lauksaimniecībā izmantojamais zinātnes ideju projekts. Dažādu graudaugu sugu piemērotība siltumenerģijas ražošanai un radušos atkritumu produktu - pelnu agronomiskās vērtības noteikšana. – Dižstende, 2007-2008.
5. Interneta resurss: http://www.fwc.com/publications/tech_papers/files/TP_CFB_08_03.pdf. The Role of Limestone in Preventing Agglomeration and Slagging during CFB Combustion of High-Phosphorous Fuels, Vesna Barišić Foster Wheeler – R&D Department Varkaus, Finland (skatīts 16.04.2011.).

BIOGĀZES KOĢENERĀCIJA LAUKSAIMNIECĪBAS OBJEKTA ENERGOAPGĀDĒ BIOGAS COGENERATION IN AGRICULTURAL FACILITY ENERGY SUPPLY

Valdis Vekša
Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants
Andris Šnīders
Zinātniskais vadītājs, profesors, Dr.habil.sc.ing.

Abstract: Demand for energy is always growing. We have to meet these demands using effective and environmentally friendly methods. One of the possibilities is cogeneration. Cogeneration is a process where primary energy sources are transformed in to heat and electrical energy. The definition of micro - cogeneration is referable to cogeneration equipment what electrical power is up to 50 kW_e. It can be used as an autonomous energy source for agricultural farms. Using biogas as a primary energy source the negative impact on environment may be reduced. Biogas can be obtained from agricultural byproduct such as manure and silage. Research shows that from agricultural farm "Kriknas" agricultural byproducts 21571 m³ of biogas can be obtained. What makes possible to power 5kW_e micro – cogeneration unit.

Atslēgas vārdi: biogāze, mikrokoģenerācija, siltums, elektroenerģija.

Ievads

Palielinoties elektroenerģijas un siltumenerģijas iegūšanas izmaksām, lielāka uzmanība tiek pievērsta to iegūšanai pie izdevīgākiem nosacījumiem un pēc iespējas nekaitīgāku ietekmi uz apkārtējo vidi. Ir izstrādāti vairāki starptautiski dokumenti, kas reglamentē atmosfēras piesārņojošo gāzu, kuras izraisa „siltumnīcefektu”, samazināšanu [1]. Pie tādiem dokumentiem var pieskaitīt KIOTO protokolu [2].

Arī Latvijā ir aktuālas problēmas, kas saistītas ar elektroenerģijas un siltumenerģijas iegūšanas procesu, to ietekmi uz apkārtējo vidi un piegādes drošumu. Palīdzēt atrisināt šīs problēmas gan lielākā, gan mazākā mērogā ir iespējams ar koģenerāciju. Salīdzinot elektroenerģijas un siltumenerģijas atsevišķas iegūšanas procesu un ieguvu koģenerācijas ceļā, jāpatērē mazāk kurināmā, jo siltuma un elektrības ražošana ir apvienota vienā iekārtā. Izmantojot mazāk kurināmā, lai iegūtu to pašu daudzumu enerģijas, tiek samazināta kaitīgā ietekme uz vidi. Izmantojot koģenerāciju kā autonomu enerģijas iegūšanas veidu lauksaimniecības objektiem, tiek uzlabots elektroenerģijas apgādes drošums. Ja patērētājs un elektroenerģijas ražotājs ir nelielā attālumā viens no otra, ir mazāka iespēja rasties pārvades tīkla bojājumiem. Ja koģenerācijas iekārtās tiek izmantota biogāze, iespējams samazināt enerģijas iegūšanas izmaksas, jo to var ražot objektā uz vietas, izmantojot lauksaimniecības blakus produktus - kūtsmēslus un augkopības pārpalikumus.

Vides ministrijas aprēķini liecina, ka lielās lauku saimniecībās varētu iegūt kūtsmēslu veidā derīgo organiskās vielas apjomu 242 tūkst. tonnas gadā. Tas veidotu potenciālu 95 milj. m³ saražotās biogāzes gadā. Otrs lauksaimniecības izcelsmes materiāls biogāzes ražošanai ir zaļmasa, kurai tiktu atvēlēti pieticīgi 2800 ha, no kuras biomasas iegūtu 16,8 milj. m³ biogāzes. Tātad, no tiešās lauksaimniecības biogāzes ieguves potenciāls tiek vērtēts 111,8 milj. m³ gadā [3].

Materiāli un metodes

Pētījuma mērķis ir noskaidrot iespēju izmantot biogāzes mikrokoģenerāciju pētījuma objektā zemnieku saimniecībā „Kriknas”. Lai noskaidrotu vajadzīgo enerģijas daudzumu, kas nepieciešams saimniecībai, un iespējamus resursus biogāzes iegūšanai, tika apkopoti sekojoši dati:

- saimniecības elektroenerģijas patēriņš un kopējā patērētā elektriskā jauda;
- siltuma jauda, kas tiek patērēta dzīvojamās mājas apsildei;
- siltuma jauda, kas nepieciešama siltā ūdens iegūšanai;
- iespējamais biogāzes daudzums, ko var iegūt no saimniecības.

Lai precīzi noskaidrotu saimniecības „Kriknas” elektroenerģijas patēriņu, izmantoti dati par izlietotās elektroenerģijas daudzums pēdējos piecos gados. Dati tika apkopoti balstoties uz elektroenerģijas skaitītāja rādītājiem un attiecīgajā gadā noteiktā elektroenerģijas tarifa likmes. Tālākie aprēķini veikti ar programmas *Excel* palīdzību.

Lai noskaidrotu cik daudz enerģijas tiek izlietots siltuma nodrošināšanai, aprēķināts dzīvojamās mājas kopējie siltuma zudumi. Balstoties uz siltuma zudumiem var noteikt kāda būs nepieciešamā jauda apkures sistēmai. Siltuma zudumus Q caur būvkonstrukcijām (sienām, griestiem, grīdu) var aprēķināt pēc formulas 1 [4]:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot A_i (t_i - t_v)}{\sum_{i=1}^n R_i}, \quad (1)$$

kur n_i – koeficients, kas ievērtē konstrukcijas novietojumu;
 A_i – konstrukcijas virsmas laukums, m^2 ;
 t_i – nepieciešamā vidējā telpas gaisa temperatūra, $^{\circ}C$;
 t_v – mēneša vidējā temperatūra, $^{\circ}C$;
 R_i – konstrukcijas termiskā pretestība, $m^2 \cdot K/W$.

Sienu, griestu un grīdu termisko pretestību R_i var aprēķināt pēc formulas 2. Kā piemēru apskatīsim siltuma zudumu aprēķinu caur 1. stāva ēkas sienām:

$$R_s = \frac{1}{\alpha_t} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_A}, \quad (2)$$

kur α_t un α_A – iekšējās un ārējās sienas virsmas siltumatdeves koeficienti, var pieņemt, ka:
 $\alpha_t = 7 \dots 8.7 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$;
 $\alpha_A = 23 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ sienām, kas saskaras ar āra gaisu, $12 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ bēniņu pārsedzēm,
 $7 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ pagraba pārsedzēm;
 δ – siltuma vadošā slāņa biezums, m (koka slāņa biezums $\delta = 0,06$ m un kaļķa apmetuma slāņa biezums $\delta = 0,05$ m);
 λ – slāņa materiāla siltumvadītspējas koeficients, $W/(m^2 \cdot K)$ [4];
 R_s – pirmā stāva sienas termiskā pretestība ($1,15 \text{ m}^2 \cdot K/W$).

Iegūstot konstrukcijas elementa termisko pretestību var aprēķināt siltuma zudumus caur pirmā stāva sienām Q_s pēc formulas 1:

$$Q_s = \frac{1 \cdot 101,4(24 - (-11,3))}{1,15} = 4116 \text{ W}$$

Līdzīgi var aprēķināt siltuma zudumus caur citiem mājas konstrukcijas elementiem (bēniņu pārsegu, grīdu, logiem, durvīm). Iegūtais mājas kopējais siltuma daudzums ir vienāds ar mājai nepieciešamo siltuma jaudu. Aprēķina rezultāti parādīti 2. attēlā.

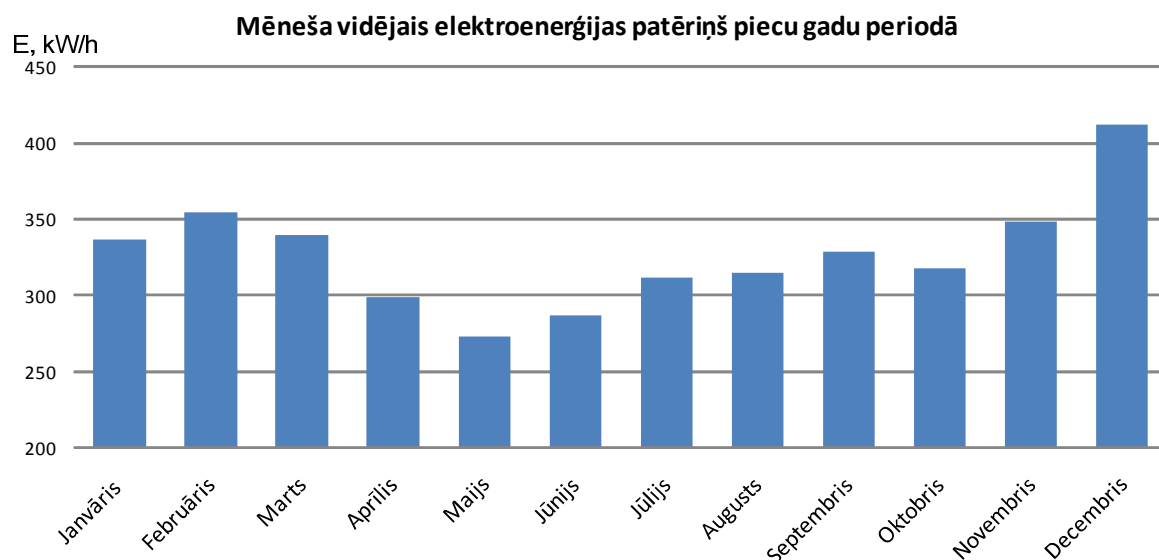
Kūtsmēslu daudzumu, ko var iegūt saimniecībā, aprēķina vadoties pēc Zemkopības ministrijas izdotā nozares standarta „Kūtsmēslu ieguve un apsaimniekošana”. No slaucamajām govīm, kuru izslaukums ir 5000 – 6000 kg, var iegūt 13,5 tonnas gadā. Līdzīgi no nobarojamajiem jaunlopiem var iegūt 11 t/gadā. Zirgu pakaišu kūtsmēslu daudzums gadā sastāda 8 tonnas. No nobarojamajām cūkas attiecīgi var iegūt 2 t/gadā kūtsmēslus. Pakaišu kūtsmēslu daudzums t/gadā dots uz vienu dzīvnieku vienību [5, 6].

Rezultāti un diskusija

Noskaidrojot cik daudz tiek patērēta elektroenerģija katru mēnesi tika aprēķināts vidējais mēneša elektroenerģijas patēriņš piecu gadu periodā. Dati tika apkopoti no elektroenerģijas skaitītāja rādījumiem 5 gadu periodā. Nepieciešamie aprēķini tika veikti ar datorprogrammas *Excel* palīdzību. Iegūtie dati atspoguļoti 1. attēlā.

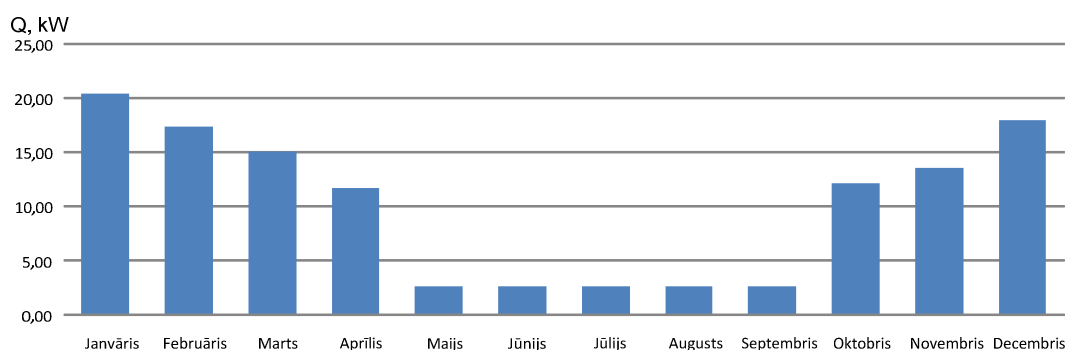
Elektroenerģijas patēriņš svārstās 273,0 – 412,4 kWh robežās, sasniedzot zemāko vērtību maijā un augstāko decembrī (1. att.).

Vasaras periodā, salīdzinājumā ar ziemas periodu elektroenerģijas patēriņš samazinās. Tas ir izskaidrojams ar dienas garuma palielināšanos vasaras periodā, līdz ar to samazinās elektroenerģijas daudzums, kas tiek patērēts ēku apgaismošanai. Otrs faktors, kas ietekmē elektroenerģijas patēriņa samazināšanos vasaras periodā ir apkures sistēmas cirkulācijas sūkņu atslēgšana, jo apsildīt dzīvojamo māju nav nepieciešams.



1. att. Mēneša vidējais elektroenerģijas patēriņš

Aprēķinātā siltuma jauda, kas nepieciešama ēkai atkarībā no mēneša vidējās temperatūra, apkopota 2. attēlā.



2. att. Siltuma jauda, kas nepieciešama zemnieku saimniecībā „Kriknas”

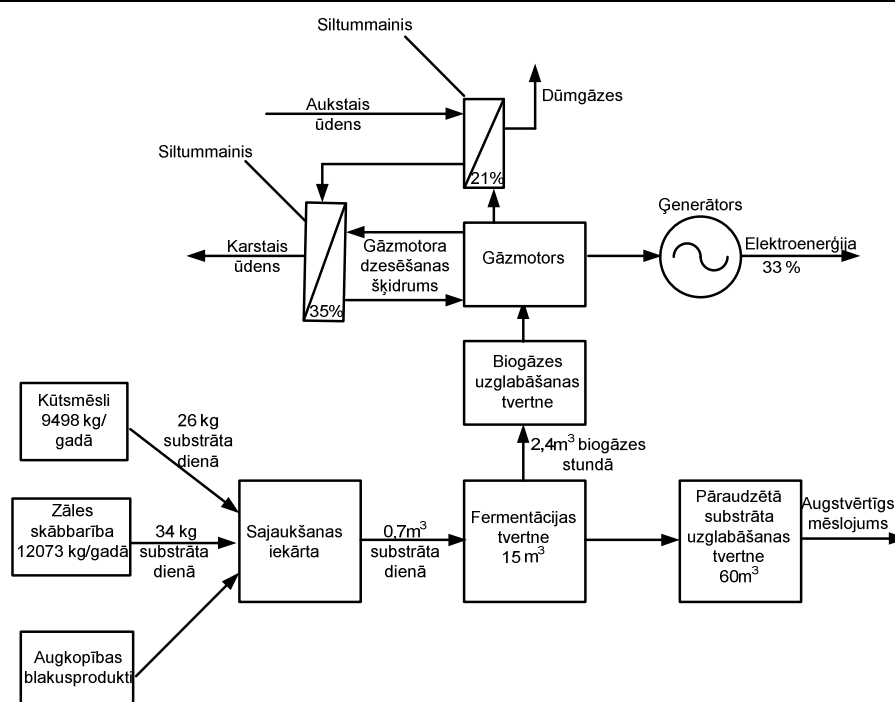
Aukstākajā mēnesī janvārī pie temperatūras $-11,5^{\circ}\text{C}$ [7] nepieciešamā jauda sasniedz 20,35 kW. Palielinoties āra temperatūrai samazinās nepieciešamā siltuma jauda. Pēc aprēķinātajiem datiem redzams, lai uzturētu telpās vēlamo temperatūru (24°C) nav nepieciešams ēku apkurināt vasaras periodā. Spriežot pēc mēneša vidējās temperatūras maijā ($12,2^{\circ}\text{C}$ [7]), vairs nav nepieciešams veikt mājas apkuri. Līdz ar to siltuma jauda nokritīsies līdz 2,7 kW, kas tiek patērēti siltā ūdens iegūšanai. Atsākt ēku apkuri var oktobrī, kad temperatūra nokrītās līdz $4,9^{\circ}\text{C}$ [7], izmantojot siltuma avotu ar jaudu 12,19 kW.

1. tabula parāda resursus, ko izmanto biogāzes iegūšanai, to daudzumu un biogāzes ieguvi gadā. Galvenais biogāzes ieguves resurss ir kūtsmēsli, kurus iegūst no sešām slaucamajām govīm, piecām cūkām un četriem zirgiem. Kopējai kūtsmēsli daudzums tika iegūts pareizinot dzīvnieku skaitu ar kūtsmēsli daudzumu ko var iegūt no viena dzīvnieka. Vienreiz gadā kā papildus resursus var izmantot skābbarību (lucerna, sarkanais un baltais āboliņš). Ir iespējams iegūt papildus biomasu no kartupeļu lakstiem, kad tiek ievākta kartupeļu raža. 44% biogāzes tiek iegūta pateicoties kūtsmēsliem, savukārt 56% tiek iegūti pateicoties zāles skābbarībai. Iegūto biogāzi ir iespējams lietot kā degvielu iekšdedzes dzinējā.

Iepriekš veiktie pētījumi pierāda, ka izmantojot sinhrono ģeneratoru ar magnētisko rotoru divu kontūru vadības sistēmu sprieguma un frekvences sabalansētai stabilizācijai, ir iespējams izmantot koģenerācijas iekārtu ar SGMR, kā autonomu elektroenerģijas avotu [8]. Biogāzes stacijas shematiskais attēlojums parādīts 3. attēlā.

1. tabula. Saimniecības „Kriknas” biogāzes ražošanas resursi

Substrātu veidi	Daudzums, t/gadā	Sausna (S) no svaigās masas (SM), %	Organiskā sausna (OS) no sausnas (S), %	Biogāzes ieguve, m ³ no kilograma organiskās sausnas (OS)	Metāna saturs (CH ₄) biogāzē, %	Biogāzes ieguve, m ³ /gadā
Liellopu kūtsmēsli	81	25	80	0,45	55	7290
Cūku kūtsmēsli	10	6	80	0,4	60	192
Zirgu mēsli	32	28	75	0,3	55	2016
Zālē skābbarībā	70	35	88	0,56	54	12073,6



3. att. Saimniecības biogāzes koģenerācijas iekārtas shematiskais attēlojums

Pamatojoties uz izmantoto substrātu veidu, fermentācijas veidu un sausnas saturu substrātā, var precīzi izvēlēties biogāzes reaktoru [9]. Saimniecībā kā galvenais substrāta avots kalpo liellopu kūtsmēsli (govju, zirgu) ar augstu salmu saturu un papildus zāles skābbarība, augkopības blakusprodukti (sakņaugu laksti). Tā kā biogāzes reaktors ir vajadzīgs ar mazu tilpumu 15 m³, kā labākais variants ir izvēlēts horizontālā biogāzes fermentācijas tvertne, kurā tiks uzturēts mezofīls fermentācijas process pie 35–45°C, un līdz ar to substrāta izturēšanas laiks sastāda 15–20 diennaktis. Ar iegūtās gāzes daudzumu stundā ir iespējams darbināt 5kW_e koģenerācijas iekārtu, kas nodrošina autonomu elektroenerģijas apgādi saimniecībā „Kriknas”.

Secinājumi

1. No saimniecībā iegūtās 193 t biomasas gadā ir iespējams iegūt 21571 m³ biogāzes gadā un attiecīgi 2,4 m³ biogāzes stundā.
2. Saimniecības vidējais elektroenerģijas patēriņš visaugstāko vērtību sasniedz decembrī sastādot 412 kWh.
3. Apkures sistēma saimniecībā nepieciešama ar 20 kW jaudu un siltajam ūdenim tiek patērēts 2,6 kW.

4. Iegūtais biogāzes apjoms ($2,4 \text{ m}^3/\text{h}$) ir pietiekošs, lai darbinātu mikrokoģenerācijas iekārtu ar 5 kW_e jaudu, kas ir pietiekoši lai nodrošinātu saimniecību „Kriknas” ar autonomu elektroenerģijas apgādi.

Izmantotie informācijas avoti

1. Dubrovskis, V., Plūme, I. Forecasting of GHG emissions from biomass energy usage in Latvia. 8th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development”, Jelgava: 2009.
2. Apvienoto Nāciju Organizācijas vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām KIOTO protokols. „Latvijas Vēstneša” tiesību aktu vortāls. <http://www.likumi.lv/doc.php?id=63180>
3. Kalniņš A. Biogāzes saimnieciskie un vides ieguvumi. Rīga: 2009, 200 lpp.
4. Šeļegovskis R. Apsildes sistēmu elementu aprēķina metodika un piemēri. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 2008. 12. lpp.
5. Uzņēmuma tehniskie noteikumi „Kūtsmēslu ieguve un apsaimniekošana”. Rīga: Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, 2008. 51 lpp.
http://www.zm.gov.lv/doc_upl/Nacionalais_standarts__Kutsmeslu_ieguve_un_apsaimniekosana.
6. Poulsens T.G., Kuligovskis K. Dzīvnieku mēslu enerģētiskais potenciāls, izmantojot alternatīvās attīrīšanas metodes // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Enerģētika un elektrotehnika” 4. sēr., 21. sēj., Rīga: RTU izdevniecība, 2007, 47.-53.lpp.
7. Mēneša vidējā gaisa temperatūra Latvijā un atsevišķās pilsētās 2010. gadā. Rīga: Latvijas Centrālais statistikas birojs, 2011.
<http://www.csb.gov.lv/statistikas-temas/geografiskas-zinas-galvenie-raditaji-30362.html4011>
8. Vekša V. Mikrokoģenerācijas iekārta ar pastāvīgo magnētu ierosmes sinhrono ģeneratoru. – Jelgava: bakalaura darbs inženierzinātnēs, 2009. 52 lpp.
9. Vološčuka A., Blumberga D., Veidenbergs I. Mazās koģenerācijas stacijas ekonomiskā un ekoloģiskā analīze // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Vides un klimata tehnoloģijas” 13. sēr., 1. sēj., Rīga: RTU izdevniecība, 2008, 140.-148.lpp.

TERMOELEKTRISKO ELEMENTU IZMANTOŠANA ELEKTROENERĢIJAS ĢENERĒŠANAI

USAGE OF THERMOELECTRIC ELEMENTS FOR PRODUCTION OF ELECTRICAL ENERGY

Mārtiņš Ozollapiņš

Tehniskās fakultātes 1. kursa maģistrants

Aivars Kaķītis

Zinātniskais vadītājs, asoc. profesors, Dr.sc.ing.

Abstract: Biomass and wood central heating boilers are used for domestic heating. If we combine thermoelectric generators that use Seebeck effect with heating boiler or/and fluepipe, it is possible to develop independent electro energy source, which could provide electricity to most important consumers in household, such as lighting, auxiliary devices for heating system etc. Because of changing temperature difference there will be produced fluent amount of energy, it is necessary to link elements with accumulator and control unit. In research thermoelectric element current and maximal power is defined in different temperature differences.

Atslēgas vārdi: termoelektriskais efekts, termoelektriskais ģenerators, TEG.

Ievads

Izmantojot termoelektriskos elementus (TEG) mājāsaimniecībās vai katlumājās, iespējams veidot neatkarīgu elektroenerģijas avotu, kas spētu ar elektroenerģiju nodrošināt svarīgākos enerģijas patērētājus, kā, piemēram, ekonomisko apgaismojumu, apkures sistēmas palīgiekārtu drošu darbību u.c. Izvietojot TEG elementus uz apkures sistēmas elementiem noteiktās vietās (katliekārtas un/vai dūmvada), iespējams izmantot lietderīgi siltumu, kas tiek aizvadīts ar dūmgāzēm vai atdots daļēji apkārtējā telpā. Attiecīgi sadedzinot kurināmo un ražojot no ķīmiskās enerģijas siltumenerģiju, paralēli tiktu ražota arī salīdzinoši neliela elektroenerģija. Elementus iespējams saslēgt ķēdē ar akumulatoru un vadības bloku elektroenerģijas uzkrāšanai, lai tā būtu pieejama arī laika periodā, kas netiek kurināts apkures katls. Tādā veidā iespējams viegli izveidot nelielu mājas koģenerācija iekārtu, kas nodrošinātu svarīgāko mājas elektroiekārtu darbību apkures sezonas laikā.

Pētījuma mērķis ir noteikt dotā termoelektriskā elementa sprieguma vērtības un maksimālo jaudu pie dažādām temperatūru starpībām uz tā virsmām.

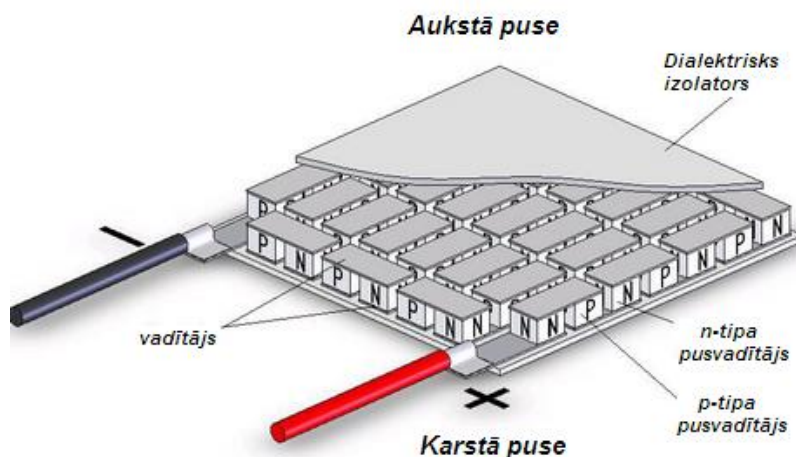
Materiāli un metodes

Pētījumiem tika veikti izmantojot divus laboratorijā esošos termoelektriskos elementus/ģeneratorus – H C TEC1-12709, kurus iespējams pakļaut temperatūrai līdz 170°C, izmērs 40x40x3,4 mm. Elementu veido 127 pusvadītāju pāri, kuru izmērs un skaits arī visvairāk nosaka elementa kopējo iespējamo maksimālo attīstīto jaudu. Konkrētie elementi ir vairāk paredzēti strādāšanai siltumsūkņa režīmā, bet praktiski iespējams izmantot arī elektroenerģijas ģenerēšanas režīmā. Tie no pilnīgiem termoelektriskajiem ģeneratoriem atšķiras ar termisko izturību, vadu šķērsgriezuma laukumu un pusvadītāju izvietojumu starp keramikajām plāksnītēm. Attiecīgi ģenerēšanas režīmam domāto elementu termoizturība sasniedz 300°C, tādā veidā ļaujot vieglāk sasniegt maksimālu temperatūru starpību uz elementa sienām.



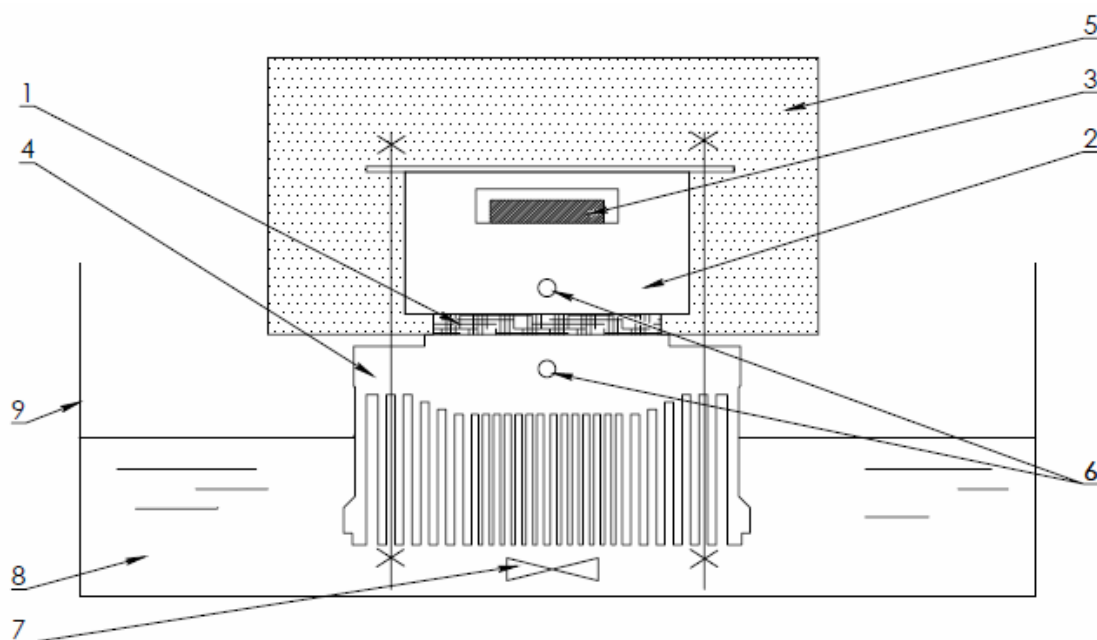
1. att. Termoelektriskais ģenerators H C TEC1 - 12709

Termoelektriskie ģeneratori ir ierīces, kuras siltuma (temperatūras) starpību tieši pārveido elektroenerģijā, izmantojot fenomenu, ko sauc par Zēbeka efektu (vai termoelektrisko efektu). Ierīce (2. att.) sastāv no P pusvadītāja un N pusvadītāja bismuta tellurīda (Bi_2Te_3) stabiņiem, kuru ar kontaktpaplāksnīti savienotie gali tiek sildīti. Stabiņu otri gali atrodas zemā temperatūrā. Katra stabiņa karstajā galā tiek ierosināti pamatlādiņnesēji. Termiskās kustības un savstarpējās atgrūšanās spēku dēļ tie difundē uz stabiņa auksto galu, kurš P pusvadītājā uzlādējas pozitīvi, bet N pusvadītājā negatīvi. Tā rezultātā starp stabiņu aukstajiem galiem rodas termo-EDS, kas proporcionāls stabiņu galu temperatūru diferencei [1].



2. att. Termoelektriskā ģeneratora uzbūve

Pētījumiem tika izveidota eksperimentālā iekārta (3. att), kuras mērķis ir simulēt temperatūru starpības uz apkures iekārtas.



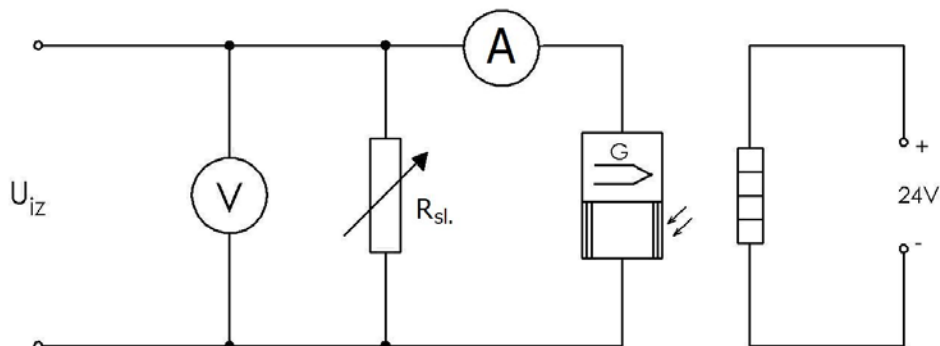
3. att. Eksperimentālās iekārtas nosacīta shēma:

- 1 – termoelektriskais elements; 2 – Al karstais bloks; 3 – sildītājs; 4 – Al aukstais bloks; 5 – izolācija;
6 – termopāru pieslēgvietas; 7 – magnētiskais maisītājs; 8 – dzesēšanas šķidrums, 9 – trauks

Pētījuma iekārta sastāvēja no alumīnija bloka karstajai pusei (2), alumīnija ribu dzesētājbloka (4) aukstajai pusei. Katrā blokā ievietoti pa diviem termopāriem (6) temperatūru nolasīšanai. Starp blokiem ievietoti termoelektriskie ģeneratori (1) un bloki cieši sastiprināti ar skrūvju palīdzību. Starp ģeneratoriem un alumīnija blokiem ieklāta termopasta. Karstajā iekārtas pusē blokā iekšā ievietots

100 W elektriskais sildītājs (3) un blokam apkārt izveidota izolācija no akmens vates (5) maksimāli augstas temperatūras nodrošināšanai. Iekārtas aukstā puse ievietota dzesēšanas traukā (9) ar magnētisko maisītāju (7), kur ūdens kalpo kā papildus siltuma novadītājs.

Mērījumi tika reģistrēti ar datorprogrammas *PICO Recorder* palīdzību, vēlāk apstrādāti *MS Excel* programmā, kur arī izveidoti rezultātu grafiki.



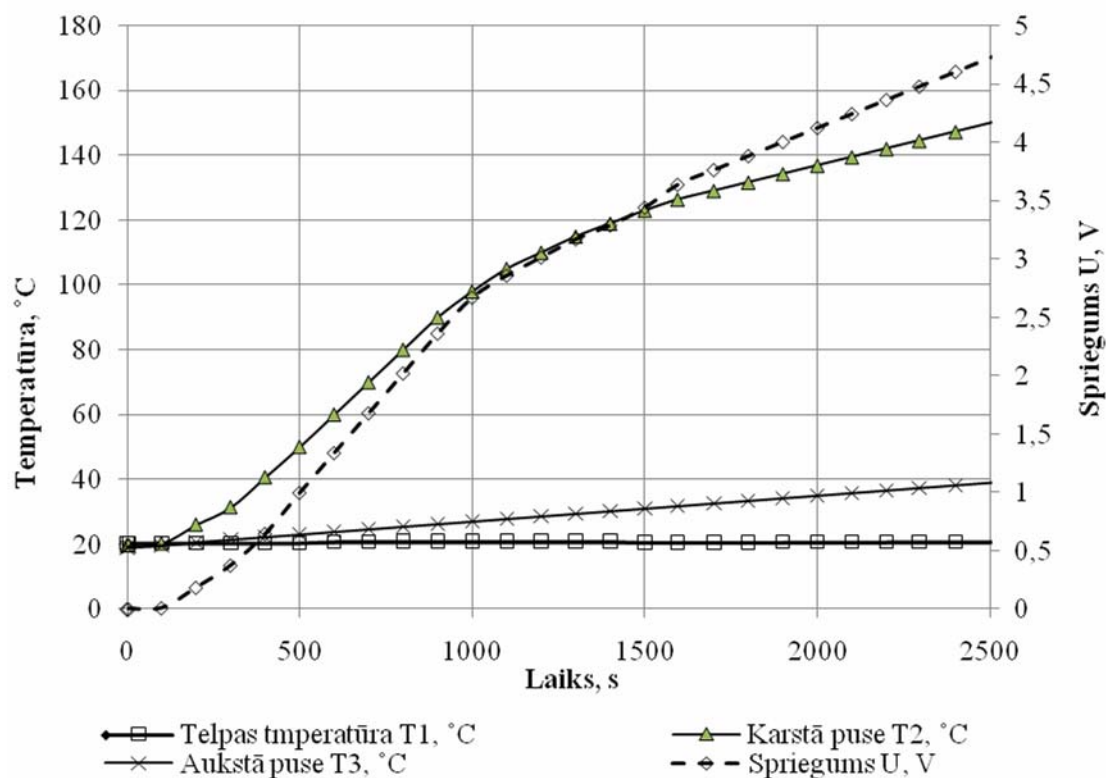
4. att. Eksperimentālās iekārtas elektriskā shēma: R_{sl} – slodzes pretestība

Rezultāti un diskusija

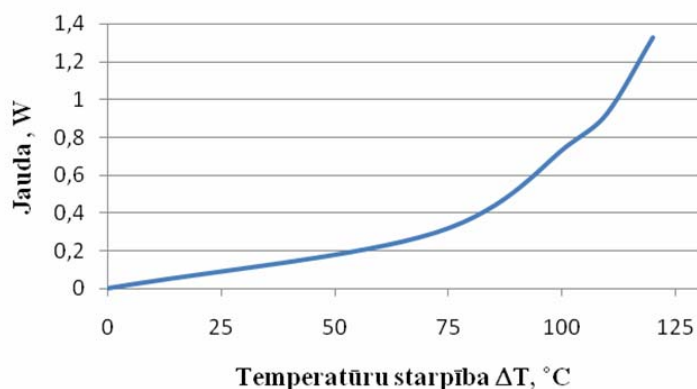
Pētījumu rezultāti izstrādāti un parādīti grafikos.

5. attēlā redzama temperatūras un sprieguma maiņa laikā, pakāpeniski karsējot termoelektrisko ģeneratoru vienu pusi. Karsējot ģeneratorus līdz 150°C bez slodzes pretestības, tie veido spriegumu līdz $4,7\text{ V}$. Attiecīgi 1 ģenerators $2,35\text{ V}$. Redzams, ka ar esošo eksperimentālo iekārtu neizbēgama ir arī dzesējošā šķidruma temperatūras paaugstināšanās.

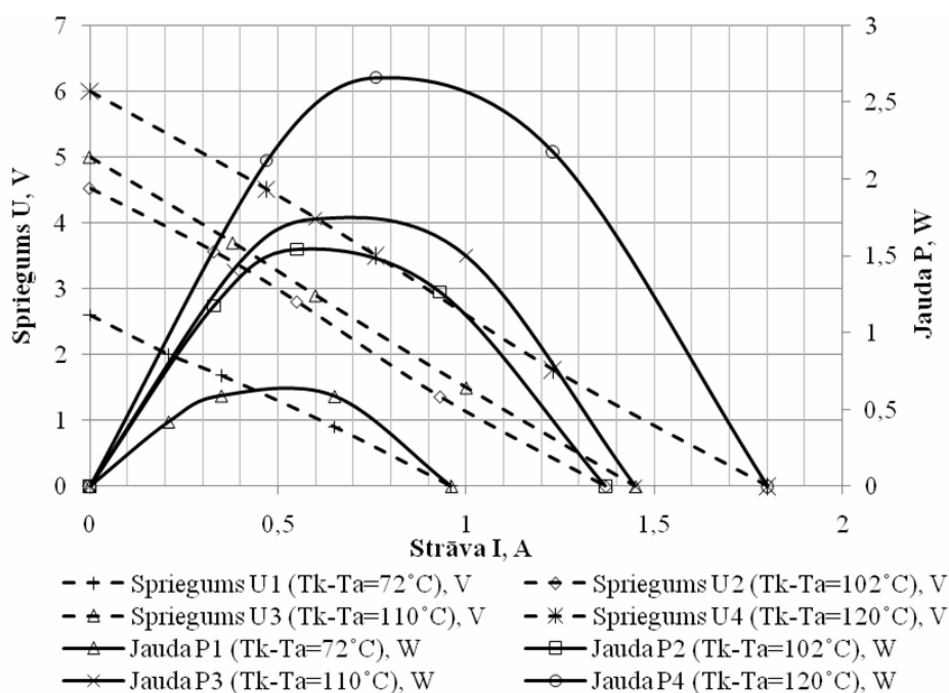
6. attēlā redzama viena ģeneratora attīstītā jauda atkarībā no temperatūru starpības uz tā virsmām. Pēc dotajiem mērījumu rezultātiem redzams, ka, sasniedzot temperatūru starpību $\sim 50^{\circ}\text{C}$, attīstītā jauda sāk pieaugt izteikti progresējoši.



5. att. Ģeneratora sprieguma un temperatūru izmaiņa laikā bez slodzes pretestības



6. att. Ģenerators jauda atkarībā no temperatūru starpības uz virsmām



7. att. Sprieguma un jaudas vērtības atkarībā no strāvas stipruma un temperatūru starpības

Pētījuma laikā noteiktas maksimālās jaudas 2 termoelektriskajiem elementiem pie 4 dažādām temperatūru starpībām starp auksto bloku un karsto bloku (7. att.). Maksimālā jauda iegūta 2,66 W ar 120°C temperatūru starpību, attiecīgi viena elementa attīstītā jauda 1,33 W pie 0,76 A stipras strāvas.

Secinājumi

1. Termoelektriskā ģenerators H C TEC1-12709 attīstītā maksimālā jauda ir 1,33 W pie temperatūru starpības 120°C.
2. Viena termoelektriskā elementa attīstītais spriegums tukšgaitā sasniedz 2,35 V pie $\Delta T = 110^\circ\text{C}$.
3. Veidojot plates un kombinējot vairākus ģenerators uz vienas iekārtas, iespējams izveidot mājsaimniecībai pietiekami lielu alternatīvās elektroenerģijas avotu, kļūst neatkarīgākam no elektroenerģijas uzņēmumiem to darbības traucējumu laikā un ikdienā.
4. Pētījumus nepieciešams turpināt precīzāku datu ieguvei, izmantojot uzlabotu pētījumu iekārtu un citus termoelektriskos modeļus.

Izmantotie informācijas avoti

1. Klotiņa I. Fizika, Lekciju konspekts 1. līmeņa augstākās profesionālās izglītības studentiem. Rīga: 2008. 111 lpp.