



**Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Tehniskā fakultāte**

LLU TF studentu un maģistrantu zinātniskā konference 2021

Inženierzinātņu sekcija

2021. gada 16. aprīlī



Jelgava 2021

Programmas komiteja

Dainis Berjoza

Ilmārs Dukulis

Vitālijs Osadčuks

Attālinātas konferences vadītāji

Vadītājs: Ilmārs Dukulis

Vadītāja vietnieks: Dainis Berjoza

Tehniskais redaktors: Vitālijs Osadčuks

Recenzenti

Ilmārs Dukulis; Aivars Kaķītis, Dainis Berjoza; Ainārs Galiņš; Liene Kanceviča; Gints Birzietis

SATURS - CONTENT

Dāvis Ūdris, Dainis Berjoza NELIELAS JAUDAS VIENVIETĪGO ELEKTROSPĒKRATU EKSPLUATĀCIJAS PARAMETRU PĒTĪJUMU METODIKA <i>METHODOLOGY FOR RESEARCH ON THE PERFORMANCE PARAMETERS OF LOW-POWER ELECTRIC VEHICLES</i>	4
Arvīds Majors, Raimunds Šeļegovskis TEMPERATŪRAS SADALĪJUMS ELEKTROAUTOBUSA SALONĀ REISA IETVAROS <i>TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE ELECTRIC BUS INTERIOR WITHIN THE JOURNEY</i>	9
Verners Celmiņš, Liene Kanceviča ELEKTROENERĢIJAS IEGUVE NO LOGA RĀMJOS IEBŪVĒTIEM SAULES BATERIJU MODUĻIEM <i>ELECTRICITY GENERATION FROM SOLAR BATTERY MODULES BUILT INTO WINDOWS FRAMES</i>	14
Vladislavs Butkevičs, Daina Kanaška EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI PAKOŠANAS MAŠĪNAS DOZĒŠANAS MEZGLA TRIBOLOĢISKO ĪPAŠĪBU IZPĒTĒ <i>EXPERIMENTAL RESEARCHES OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF FEEDING UNIT FOR PACKING MACHINE</i>	19
Einārs Trēziņš, Vilnis Pīrs CFY-5 VIRPUĻSTRĀVAS SLODZES STENDA PIELĀGOŠANA ALTERNATĪVO DEGVIELU IZPĒTEI <i>ADJUSTMENT OF THE CFY-5 VIRGIN LOAD BENCH FOR EXPLORATION OF ALTERNATIVE FUELS</i>	29
Reinis Gruduls, Imants Nulle TĒRAUDU HARDOX 450 UN S450 METINĀTA SAVIENOJUMA STIPRĪBA <i>STRENGTH OF STEEL'S HARDOX 450 AND S450 WELDED JOINT</i>	31

**NELIELAS JAUDAS VIENVIETĪGO ELEKTROSPĒKRATU
EKSPLOATĀCIJAS PARAMETRU PĒTĪJUMU METODIKA**
**METHODOLOGY FOR RESEARCH ON THE PERFORMANCE
PARAMETERS OF LOW-POWER ELECTRIC VEHICLES**

Dāvis Ūdris

Tehniskās fakultātes 2. kursa students maģistrants

Dainis Berjoza

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

Abstract. In nowadays renewable resources play an increasingly important role in everyday life as fossil fuel resources decreases. An electric vehicle with a newest batteries is a good solution for the transport mode to ensure mobility. Such vehicles can ensure fast and friendly movement. The aim of this study is to analyse three types of one seatable transport. Technical and operating parameters were researched. As well their advantages and disadvantages where researched

Atslēgas vārdi: akumulators, elektrovelosipēds akumulatori, enerģija, efektivitāte.

Ievads

Šī pētījuma mērķis ir izanalizēt trīs dažāda veida vienvietīgus transportlīdzekļus, to priekšrocības, uzlādes īpašības un tehniskos parametrus gaitā, lai izstrādātu rekomendācijas šo transportlīdzekļu ekspluatācijai. Pašlaik ir izvēlēti trīs dažādi transportlīdzekļi kurus iespējams pētīt, kur katrs atšķiras gan ar to dizainu gan ar pielietojumu ikdienišķām situācijām. Tirgos pieejami daudz un dažādi šāda tipa transportlīdzekļi taču to pielietojumu veids atšķiras.

Pētījumā izvēlētas četras pētījumu metodes, kur viena no tām ir nobraukuma pētījumi kur tiks pētīts transportlīdzekļu nobraukuma parametri, kā arī vienlaikus ierakstīti elektriska rakstura parametri izmantojot datu logeri. Otrā no izvēlētajām pētījumu metodikām ir uzlādes pētījumi kur tiks pētīts cik elektroenerģijas un cik ilgā laikā transportlīdzeklis uzlādējas 100% no tā maksimālās akumulatora ietilpības. Trešā no pētījumu metodikām ir ieskriešanās pētījumi kur tiks izmantots radars kas uztver pārvietāšanās ātrumu līdz ar to ar iespēju izanalizēt ieskriešanās paramterus katram no transportlīdzekļiem. Ceturtā pētījumu metodika ir datu asprāde un analīze, pēc kuras izejot no iegūtajiem datiem gan no datu logera kur iegūti elektriska rakstura dati tiks izanalizētas transportlīdzekļu jaudas līknes kā arī cita rakstura līknes.

Pētījumu objekti un izmantotās iekārtas

Pētījumā apkopoti dažādu elektrisko transportlīdzekļu tehniskie parametri, kā arī to pielietojuma iespējas. Eksperimentālie pētījumi tiks veikti 3 dažādiem transportlīdzekļiem, kur tiem tiks veikti nobraukuma pētījumi pa sastādītu maršrutu. Uzlādes pētījumos tiks noteikta patērētā enerģija un aprēķinātas enerģijas izmaksas. Pētāmie elektrospekrati redzami 1. attēlā.



1. att. **Pētāmie elektrospekrati:** a – skūteris Segway;
b – guļošais velosipēds DB&DB-1; c – elektrovelosipēds UP-1

Eksperimentā tiks pētīti trīs transportlīdzekļi, kur katrs no tiem ir pielietojams citādākiem mērķiem:

- elektroskūteris (Segway Nine Bot) – paredzēts lietot pa asfaltbetona virsmu, ar gludu ceļa virsmu, elektroskūterim piemīt laba manevrēt spēja;

- trīsritenis (DB&DB-1) – paredzēts lietot pa asfaltbetona virsmu, taču pielietojams arī cita veida virsmām un ir laba caurgājāmība;
- elektrovelosipēds (UP-1) – paredzēts lietot visa veida ceļa virsmām, ir caurgājāmība un manevrēt spēja.

Katram no šiem transportlīdzekļiem ir savas priekšrocības, līdz ar to būtu pareizi izvēlēties tādu, kurš būtu izmantojams attiecīgajam ceļa virsmas segumam. Elektroskūteris būtu paredzēts tikai pa gludu asfaltbetona segumu. Elektrovelosipēdu iespējams izmantot gan pa negludu asfaltbetonu, gan gludu, kas dod priekšrocības. Taču trīsriteni iespējams būtu izmantot garākiem braucieniem, kur ceļa segums var būt gan gluds, gan negluds asfaltbetons. Elektroskūteris Segway ir transportlīdzeklis, kuru var lietot vienlaicīgi viena persona stāvus. Guļošais velosipēds ir transportlīdzeklis, kuru lieto guļus stāvoklī, kura darbība ir balstīta uz trīs riteņu punktiem. Elektrovelosipēds ir transportlīdzeklis, kurš ir balstīts uz tradicionālo velosipēdu, taču tā piedziņa ir ar elektromotoru, kas ir pievienots pakaļējam ritenim un kuram uzstādīti akumulatori [3].

Pētāmo elektroskūteru tehniskie dati apkopoti 1. tabulā.

1. tabula

Transportlīdzekļu tehniskie parametri

Nr.	Parametrs	Parametra vērtība		
		Elektroskūteris Segway	Guļošais velosipēds DB&DB-1	Elektrovelosipēds UP-1
1	Cena, Eur	459	Izstrādes izmaksas 1100	Izstrādes izmaksas 450
2	Svars, kg	15	44	32
3	Max ātrums, km h ⁻¹	25	34	32
4	Motora nominālā jauda, W	200	250	250
5	Motora max jauda, W	300	500	500
6	Nobraukums ar vienu uzlādi, km	30	25	25
7	Pilnas uzlādes laiks, h	3.5	6	6
8	Akumulatora spriegums, V	36	36	36
9	Max slodze, kg	100	100	100
10	Akumulatora ietilpība, Wh	187	360	360

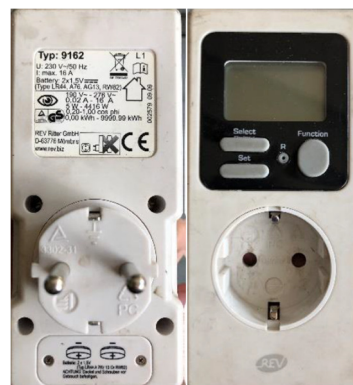
Lai uzsāktu pētījumus, tika izvēlētas dažādas iekārtas, ar kuru palīdzību iespējams nolasīt transportlīdzekļu dažādus datus.

Ieskriešanās pētījumos tiks izmantots radars *STALKER ATS PROFESSIONAL* (skat. 2. att.), kura precizitāte ir $1 \pm \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Uzlādei tiks izmantots elektrības skaitītājs *TYP: 9162* (skat. 3. att.). Elektrības skaitītāja datus iegūst, tos nolasot no ierīces iebūvētā displeja, kas dod iespēju iegūt patērētās kWh, uzlādei patērēto laiku kā arī citus datus.



2. att. Radars *STALKER ATS PROFESSIONAL*



3. att. Elektrības skaitītājs *TYP: 9162*

Elektrospēkratu nobraukuma pētījumos izmantots datu logeris *SIMPLE LOGGER II MODEL L562* (skat. 4. att.), ar kura palīdzību reģistrēti dati iebūvētā logera atmiņā. Tas spēj fiksēt akumulatoru spriegumu V visa tā darbības laikā. Iespējams nolasīt arī sprieguma datu izmaiņu uzlādes laikā.

Spēkratu nobraukuma datu reģistrēšanai izmantots *Holux GPS Sport 245 LV* (skat. 5. att.). GPS logeris izmanto GPS pārklājumu, ar kura palīdzību tas nolasa, kur tiek veikts eksperiments, kā arī to, cik kilometru ir nobraukts.



4. att. Datu logeris *SIMPLE LOGGER II MODEL L562 245 LV*



5. att. Navigācijas logeris *Holux GPS Sport 245 LV*

Eksperimentos izmantoto ierīču tehniskie parametri apkopoti 2. tabulā.

2. tabula

Eksperimentos izmantotās iekārtas

Nr.	Parametri	Vērtības
<i>Radara STALKER ATS tehniskie parametri</i>		
1.	Masa, kg	1.36
2.	Maksimālais darbības attālums, m	1828
3.	Precizitāte $\pm \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.16
4.	Ātruma diapazons, $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	1 - 480
5.	Mērķa nolasīšanas laiks, s	0.01
<i>Holux GPSport 245 tehniskie parametri</i>		
1.	Masa, kg	0.072
2.	Atmiņa, Mb	4
3.	Ūdens izturības indekss	IPX-6
4.	Darba temperatūra, °C	-10-60
5.	Pilnas uzlādes laiks, h	5
6.	Darbības laiks bez apgaismojuma, h	28
<i>Logera SIMPLE LOGGER II L562 tehniskie parametri</i>		
1.	Masa, kg	0.18
2.	Atmiņa, Mb	0.512
3.	Ūdens izturības indekss	IP40
4.	Darba temperatūra, °C	-10 līdz + 50
5.	Datu ierakstīšanas biežums	125ms līdz 1 dienai
6.	Bateriju darbības ilgums, h	100
7.	Mērījumu veidi	Spriegums, strāva
8.	Kanālu skaits	2

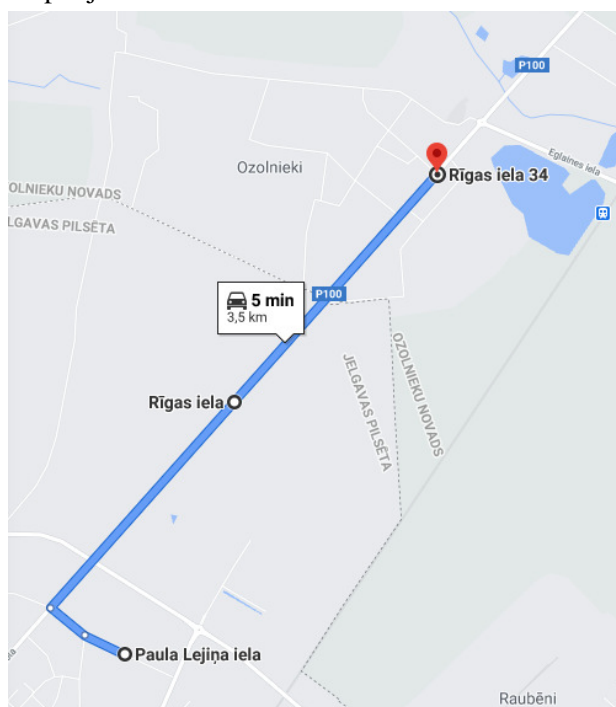
Rezultāti un diskusija

Eksperimentālos pētījumus veic 3 dažādiem transportlīdzekļiem ar vismaz 3 reižu atkārtojumu.

Nobraukuma eksperimentu ar vienu uzlādi metodika

Nobraukuma eksperimentus veic ar pilnībā uzlādētiem akumulatoriem. Eksperimentus veic pie apkārtējās vides temperatūras + 15 līdz + 20 °C, kad vēja ātrums nepārsniedz 3 ms^{-1} . Braukšanu veic pa labas kvalitātes asfaltbetona vai bruģakmeņa ceļa segumu ar ceļa pretestības koeficientu robežās no

0.010-0.015. Braukšanu veic līdz brīdim, kad transportlīdzeklis apstājas vai braukšanas ātrums nav lielāks par $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Brauciena laikā attāluma noteikšanai izmanto GPS logeru Holux. Logera datus nolasa uzreiz pēc ekeperimenta un brauciena datus saglabā ierīces iekšējā atmiņā. Braukšanu, kad akumulators tuvojas pilnīgai izlādei veic eksperimenta sākumpunkta rajonā, lai nebūtu jāveic lieli izlādētā elektroskūtera transportēšanas attālumi. Katru eksperimentu atkārto vismaz 3 reizes un aprēķina vidējos datus braucienā. Elektroskūteru pirms eksperimenta aprīko arī ar datu logeri SIMPLE LOGGER II MODEL L562 un ieraksta elektriska rakstura datus. Datu logerā tiek ierakstīta momentānā strāva, kas padota uz motoru un akumulatora sprieguma izmaiņas ar ieraksta biežumu vienu reizi $125 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pēc eksperimenta no šiem parametriem tika aprēķināta motora momentānā jauda, kā arī pētītās maksimālās strāvas vērtības un to cēloņi. Pētījums tiek sākts P. Lejiņa ielā kur tas turpinas līdz Ozolnieku Domei un turpina ceļu par šo maršrutu līdz elektrovelosipēda ātrums nepārsniedz $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Elektroskūterim viss tiek atkārtots kā elektrovelosipēdam, taču beidz nobraukuma pētījumus pie ātruma, kas nepārsniedz $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. 5 attēlā redzams pētījumā izmantotais maršruts.



6. att. Nobraukuma pētījumā izmantotais maršruts

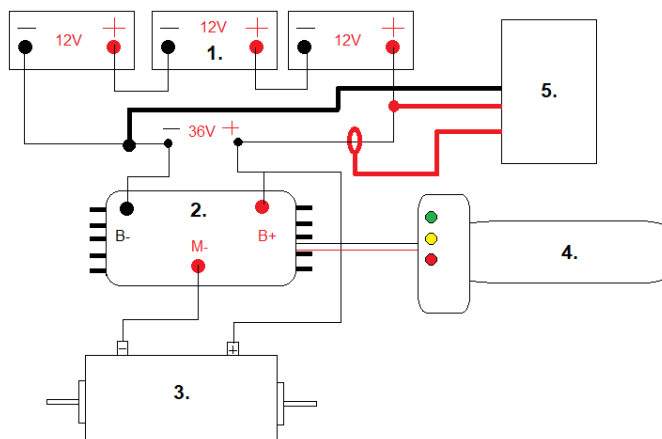
Ieskriešanās eksperimentu metodika

Ieskriešanās pētījumus veic pilnībā uzlādētiem transportlīdzekļiem. Eksperimentus veic pie apkārtējās vides temperatūras $+15$ līdz $+20 \text{ }^\circ\text{C}$, kad vēja ātrums nepārsniedz $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dinamikas pētījumus veic pa labas kvalitātes asfaltbetona vai bruģakmeņa ceļa segumu ar ceļa pretestības koeficientu robežās no 0.010-0.015. 4-5 metru attālumā no pētāmā objekta starta pozīcijas tiek uzstādīts radars STALKER ATS. Eksperimentu veic divi operatori- viens vada skuteri, bet otrs darbojas ar zinātnisko radaru. Radara operators dod komandu, kad jāiesāk ieskrējieni un aktivizē radaru. Veic vismaz 5 atkārtojumus. Pētāmos objektus pirms eksperimenta aprīko arī ar datu logeri SIMPLE LOGGER II MODEL L562 un ieraksta elektriska rakstura datus, lai apkopotu elektromotora raksturlīknes. Datu logera slēguma shēma redzama 7. attēlā.

Pēc eksperimenta tiek izstrādātas ieskriešanās līknes un izdarīti secinājumi.

Akumulatoru uzlādes eksperimentu metodika

Uzlādes pētījumus veic pēc katra nobraukuma eksperimenta. Transportlīdzekļi tiek lādēti iekšējās kur temperatūra ir no 18 līdz $23 \text{ }^\circ\text{C}$. Uzlādes datus nolasa no elektroenerģijas skaitītāja TYP9162 uzreiz pēc tam, kad pētāmais objekts ir uzlādējies 100% no akumulatora maksimālās ietilpības. No elektrības skaitītāja piefiksējam uzlādes laiku un uzlādē patērēto elektroenerģiju. Atkārtojumu veic trīs reizes pēc katra nobraukuma pētījuma un tos reģistrē. Pēc eksperimenta tiek aprēķinātas elektroskūtera uzlādes izmaksas.



7. att. **Elektrisko datu logera slēguma shēma:** 1 – akumulatori; 2 – kontrolers; 3 – elektromotors; 4 – akselerators; 5 – datu logeris sprieguma un strāvas stipruma datu saglabāšanai

Secinājumi

1. Kā pierāda elektrisko transportlīdzekļu pētījumi, elektrotransportlīdzekļu nobraukums atšķiras no nobraukuma ko uzrāda ražotājs kas parasti ir mazāks.
2. Lai tiktu reģistrēts spriegums un strāvas stiprums, pie transportlīdzekļu akumulatora izvadiem jāpieslēdz datu logers ar datu saglabāšanas soli vismaz 2 reizes sekundē.
3. Uzlādes pētījumos tiks izmantots gan elektriskās strāvas skaitītājs, gan datu logeris, lai tiktu apkopoti uzlādes dati un konstruētas raksturliķnes.
4. Transportlīdzekļu nobraukums var atšķirties no ja apkārtējās vides temperatūra ir zemāka kā norādīts metodikas aprakstā.

Izmantotie informācijas avoti

- [1] Hsieh P. Y., Yu T. Y., Wu K. C., Chang L. F. W. (2018). Influences and uncertainty of battery-swapping electric scooters on energy system in Taiwan. In *Energy Procedia* (Vol. 153, pp. 95-100). Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.egypro.2018.10.037
- [2] Baek K., Lee H., Chung J.-H., Kim J. (2021). Electric scooter sharing: How do people value it as a last-mile transportation mode? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, pp. 102642. DOI: 10.1016/j.trd.2020.102642
- [3] Hsieh P. Y., Yu T. Y., Wu K. C., Chang L. F. W. (2018). Influences and uncertainty of battery-swapping electric scooters on energy system in Taiwan. In *Energy Procedia* (Vol. 153, pp. 95-100). Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.egypro.2018.10.037
- [4] Khateeb S. A., Farid M. M., Selman J. R., Al-Hallaj S. (2004). Design and simulation of a lithium-ion battery with a phase change material thermal management system for an electric scooter. *Journal of Power Sources*, 128(2), pp. 292-307. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2003.09.070
- [5] Trivedi B., Kesterke M. J., Bhattacharjee R., Weber W., Mynar K., Reddy L. V. (2019). Craniofacial Injuries Seen With the Introduction of Bicycle-Share Electric Scooters in an Urban Setting. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 77(11), pp. 2292-2297. DOI: 10.1016/j.joms.2019.07.014

TEMPERATŪRAS SADALĪJUMS ELEKTROAUTOBUSA SALONĀ REISA IETVAROS

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE ELECTRIC BUS INTERIOR WITHIN THE JOURNEY

Arvīds Majors

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Raimunds Šeļegovskis

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

Abstract. One of the problems with electric minibuses is that the passenger compartment heating system have to provide even temperature distribution in the passenger compartment thus to ensure comfort conditions for all passengers, regardless of their location. Temperature was measured in many different locations in compartment while driving around the route and stopping at stops during the trip. The heating was performed by heating device on diesel fuel and using the standard bus heating element as heat distribution device intended for the bus with internal combustion engine. The obtained results show, that the temperature distribution is uneven: the highest temperature is in middle of compartment, but the lowest temperatures are near the doors and in the tail end of compartment. Also there are significant temperature differences when compared vertical. During outdoor conditions, which correspond to the power required for the autumn and spring seasons to maintain the average cabin temperature, necessary power was determined experimentally by measuring the amount of fuel consumed for heating and it is 7.918 kW. The results of investigation shows, that there is necessary to improve the cabin heating element construction and its location in order to achieve a more even temperature distribution in the cabin.

Atslēgas vārdi: elektroautobuss, temperatūra, sadalījums, komforts kritēriji, apsilde.

Ievads

Pētījuma mērķis ir noteikt temperatūras sadalījumu elektroautobusa salonā, veicot braucienu sabiedriskā transporta maršrutā Jelgavā.

Temperatūras komforts sabiedriskajā transportā ir ļoti būtisks un ietekmē elektriskā transporta apkopes izmaksas un tā enerģijas patēriņu. Eksperimentāli rezultāti parāda, ka augsta, vai zema gaisa temperatūra, stiprs saules termiskais starojums un nepietiekoša gaisa cirkulācija salonā ir galvenie iemesli pasažieru diskomfortam. Kopējā pasažieru apģērba izolācija un termiskie parametri transportlīdzekļos ir ļoti atšķirīgi dažādu cilvēku starpā. Pasažieri īsa maršruta automobiļos paši regulē gaisa plūsmu un temperatūru, lai panāktu sev nepieciešamo komforta līmeni, kamēr pasažieri garāka maršruta transportlīdzekļos parasti izvēlas izmantot saules sargus un aizkarus, lai samazinātu saules termiskā starojuma ietekmi. Neitrālā transporta salona temperatūra ir no 16 līdz 24 °C [1].

Elektriskajiem automobiļiem ir nepieciešamas efektīvākas sistēmas, lai uz pašu elektriskā automobiļa autonomiju tiktu izdarītas pēc iespējas mazākas izmaiņas.

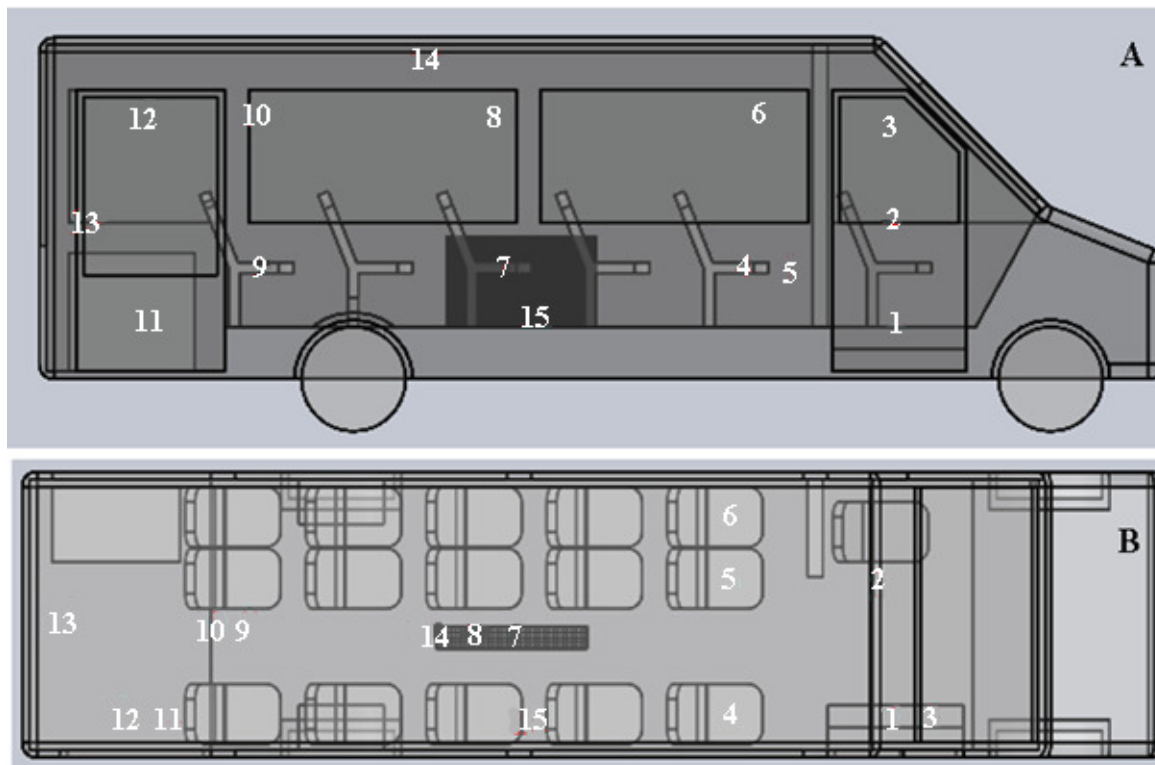
Mūsdienās aktuāla problēma ir elektrotransporta salona efektīva apsildīšana, īpaši situācijās, kad automobiļi ar iekšdedzes dzinējiem tiek pārbūvēti par elektroautomobiļiem. Ja pārbūves procesā netiek pārveidota salona apsildes sistēma, tad tās darbināšanai nepieciešams alternatīvs risinājums. Konkrētajam elektroautobusam salona apsildīšanai tiek izmantots oriģinālais salona siltummainis un tam pieslēgts autonomis dīzeļdegvielas sildītājs. Elektroautobusa salona siltummainis sākotnēji ir paredzēts darbināšanai ar iekšdedzes dzinēja radīto siltumu, šī iemesla dēļ autonomā sildītāja radītā jauda var būt nepietiekoša. Lai noskaidrotu salona apsildes sistēmas efektivitāti un temperatūras sadalījumu salonā, nepieciešams veikt eksperimentālus pētījumus, kuri parādīs, cik efektīvi un vienmērīgi ir iespējams uzsildīt autobusa salonu, izmantojot esošos sildķermeņus un vai šo sistēmu ir nepieciešams uzlabot.

Tika mērītas salona temperatūras dažādos punktos, izmantojot apsildes ierīci, kura darbojas, sadedzinot dīzeļdegvielu un salona apsildīšanai izmantojot oriģinālos autobusa siltummaiņus.

Materiāli un metodes

Lai pasažieru uzturēšanās elektroautobusa salonā būtu komfortabla, temperatūru visā salonā nepieciešams uzturēt pēc iespējas stabilāku. Lai noskaidrotu salona temperatūras sadalījumu, elektroautobusa salonā, dažādos punktos tika uzstādīti K tipa termopāri, kas tika pieslēgti pie datu

savākšanas ierīces DATAQ GL840 ar autonomu barošanu [2]. Termopāri tika izvietoti elektroautobusa priekšpusē, pirmajā sēdvietu rindā, trešajā sēdvietu rindā, piektajā sēdvietu rindā, autobusa aizmugurē, un tie tika izvietoti elektroautobusam pie grīdas, salona vidusdaļā un pie griestiem (skat. 1.att.). Termopāri tika izmantoti arī ārējās gaisa temperatūras mērīšanai un salona apsildes siltummaiņa temperatūras mērīšanai.



1. att. **Elektroautobusa termopāru izvietojums:** A – termopāru izkārtojums elektroautobusa salonā sānskatā; B – termopāru izkārtojums elektroautobusa salonā virsskatā

Ar elektroautobusu, kuram bija ieslēgta autonomā salona apsildes sistēma, tika veikti braucieni pa Jelgavas ielām, apstājoties autobusu pieturās. Pieturās tika simulēta pasažieru izkāpšana un iekāpšana, atverot autobusa durvis uz 10-30 sekundēm. Šīs darbības tika atkārtotas atverot priekšējās durvis, atverot aizmugurējās durvis un atverot abas durvis reizē. Rezultātā iegūtās temperatūras sadalījuma līknes parāda temperatūras kritumus dažādos autobusa salona punktos, kad tika atvērtas elektroautobusa durvis.

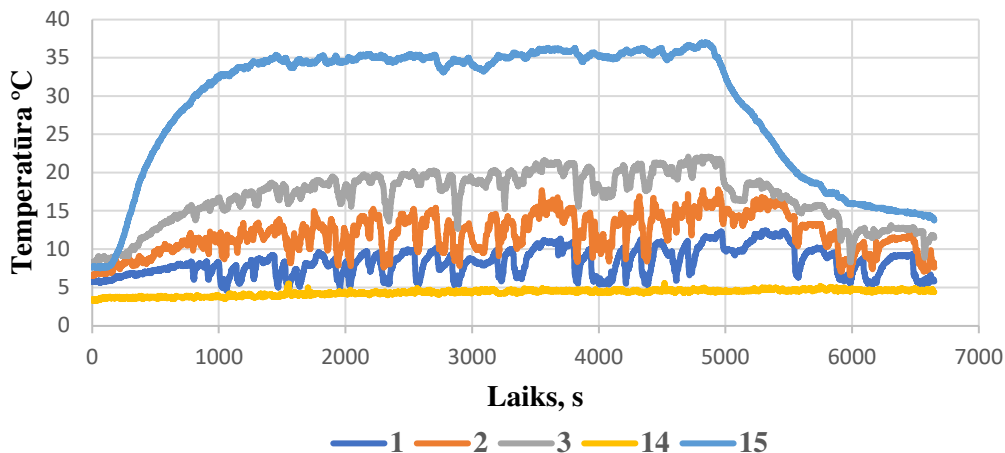
Lai noskaidrotu elektroautobusa salona apsildīšanai patērēto siltuma jaudu, nepieciešams noskaidrot autonomās apsildes iekārtas patērēto dīzeļdegvielas apjomu. Patērētais dīzeļdegvielas apjoms tika noskaidrots pilnībā uzpildot autonomās apsildes iekārtas degvielas tvertni pirms apsildes sistēmas ieslēgšanas un pēc apsildes sistēmas izslēgšanas, tvertni atkārtoti uzpildot ar dīzeļdegvielu. No patērētā dīzeļdegvielas daudzuma nepieciešams iegūt patērēto siltuma daudzumu, lai to izdarītu vajadzīgs zināt dīzeļdegvielas enerģijas ietilpību. Balstoties uz literatūras apskatu tika iegūts, ka enerģijas ietilpība ir 9.97 kWh vienā litrā dīzeļdegvielas [3].

Rezultāti un diskusija

Eksperimentālo mērījumu rezultātā braucot maršrutos pa Jelgavas ielām, tika iegūtas temperatūras līknes, kas parāda temperatūru sadalījumu dažādos salona punktos, kā arī tika iegūts kopējais patērētais enerģijas daudzums autobusa salona apsildei. Termopāru novietojums elektroautobusa salonā pa vertikāli un horizontāli norāda, ka gaisa temperatūras atšķirības dažādos salona punktos ievērojami atšķiras.

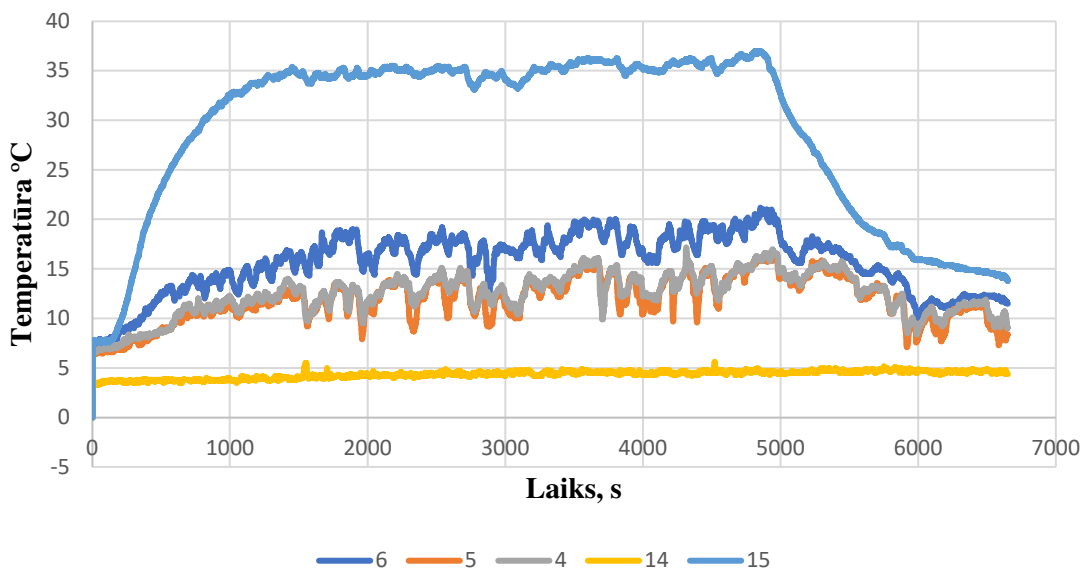
Eksperimentā iegūtie rezultāti uzrādīja, ka maksimālā gaisa temperatūra elektroautobusa salona priekšpusē (skat. 2. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 1 tā bija 12.5 °C; punktā 2 attiecīgi 17.8 °C; punktā 3 sasniedza 22.1 °C.

Minimālā gaisa temperatūra elektroautobusa salonā tika sasniegta brīžos, kad tika atvērtas durvis un imitēta pasažieru iekāpšana un izkāpšana.



2. att. **Salona temperatūras elektroautobusa priekšpusē:** 1, 2, 3, 14, 15 – termopāru atrašanās vietas elektroautobusa salonā, kuras redzamas 1. attēlā

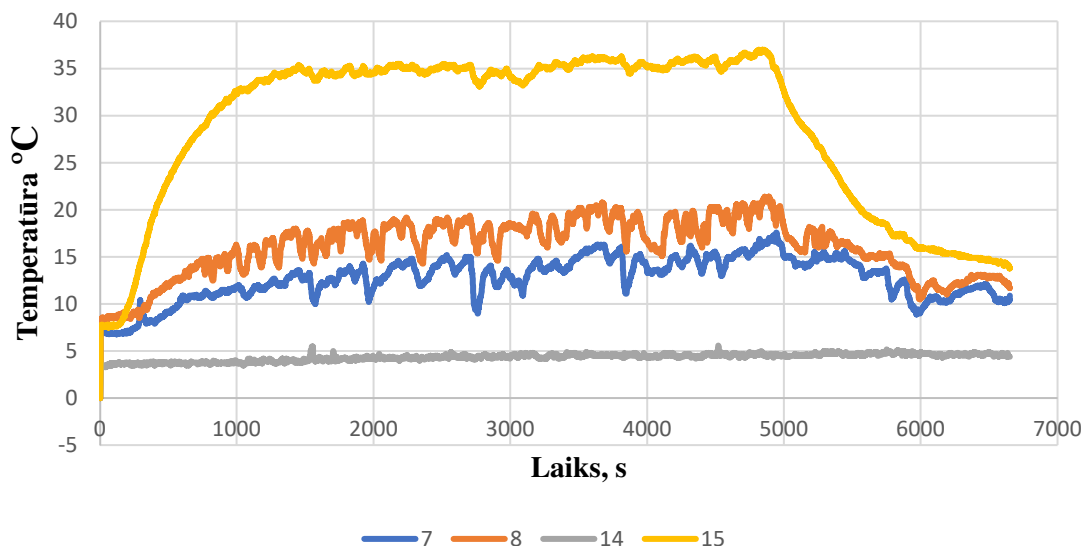
Minimālā gaisa temperatūra elektroautobusa salona priekšpusē (skat. 2. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 1 tā bija 4.6 °C; punktā 2 tā bija 6.5 °C; punktā 3 tā bija 8.1 °C.



3. att. **Salona temperatūras elektroautobusa pirmo sēdvietu rindā:** 6, 5, 4, 14, 15 – termopāru atrašanās vietas elektroautobusa salonā, kuras redzamas 1. attēlā

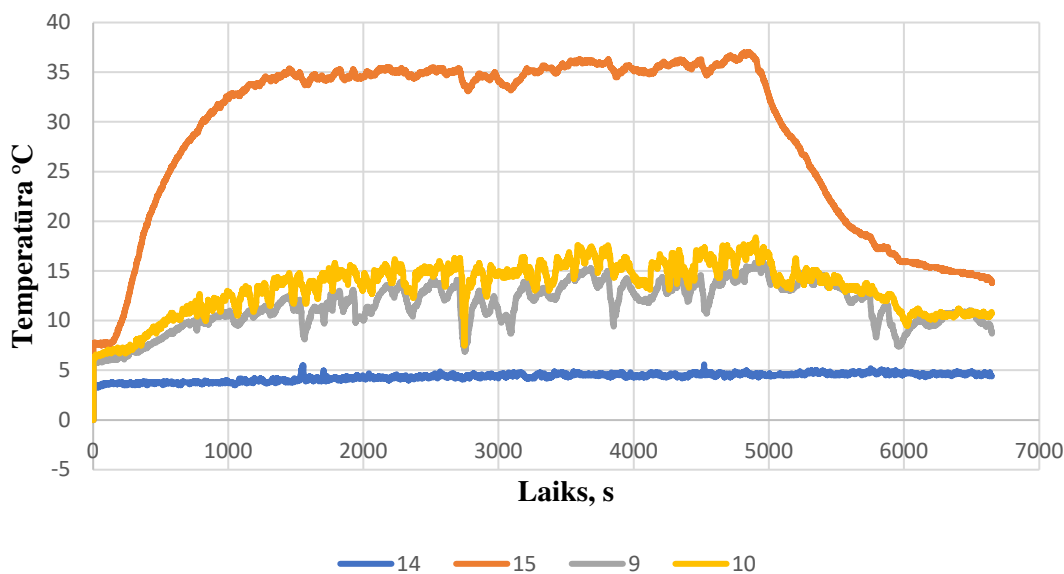
Iegūtās temperatūru līknes norāda, ka gaisa temperatūra elektroautobusa salona pirmajā sēdvietu rindā (skat. 3. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 4 tā bija 17.2 °C; punktā 5 tā bija 16.6 °C; punktā 6 tā bija 21.2 °C. Minimālā gaisa temperatūra elektroautobusa pirmo sēdvietu rindā (skat. 3. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 4 tā bija 6.6 °C; punktā 5 tā bija 6.5 °C; punktā 6 tā bija 7.3 °C.

Iegūtie rezultāti parādīja, ka gaisa temperatūra elektroautobusa salona trešajā sēdvietu rindā (skat. 4. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 7 tā bija 17.6 °C; punktā 8 tā bija 21.4 °C.



4. att. **Salona temperatūras elektroautobusa trešo sēdvietu rindā: 7, 8, 14, 15 – termopāru atrašanās vietas elektroautobusa salonā, kuras redzamas 1. attēlā**

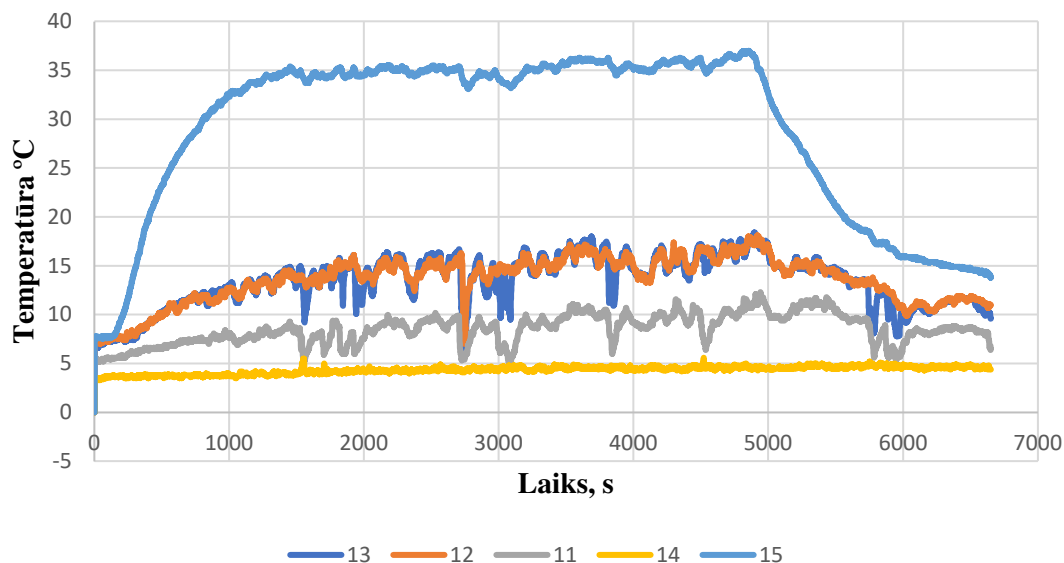
Minimālā gaisa temperatūra elektroautobusa trešo sēdvietu rindā (skat. 4. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 7 tā bija 6.8 °C; punktā 8 tā bija 7.9 °C.



5. att. **Salona temperatūras elektroautobusa piektajā sēdvietu rindā: 9, 10, 14, 15 – termopāru atrašanās vietas elektroautobusa salonā, kuras redzamas 1. attēlā**

Savukārt, rezultāti no elektroautobusa piekto sēdvietu rindas (skat. 5. att.) parādīja, ka gaisa temperatūra sasniedza sekojošas vērtības: punktā 9 tā bija 16.6 °C; punktā 10 tā bija 18.4 °C. Minimālā gaisa temperatūra elektroautobusa piektajā sēdvietu rindā (skat. 5. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 9 tā bija 5.8 °C; punktā 10 tā bija 6.1 °C.

Noslēdzošajā temperatūras līkņu grafikā tika iegūts, ka gaisa temperatūra elektroautobusa salona aizmugurē (skat. 6. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 11 tā bija 12.3 °C; punktā 12 tā bija 18.1 °C; punktā 13 tā bija 18.4 °C. Minimālā gaisa temperatūra elektroautobusa aizmugurē (skat. 6. att.) sasniedza sekojošas vērtības: punktā 11 tā bija 12.3 °C; punktā 12 tā bija 7 °C; punktā 13 tā bija 6.4 °C. Elektroautobusa aizmugurē temperatūras ir ievērojami zemākas nekā pārējās autobusa daļās, tas skaidrojams ar to, ka elektroautobusa aizmugurē nav uzstādīts apsildes radiators.



6. att. **Salona temperatūras elektroautobusa aizmugurē:** 13, 12, 11, 14, 15 – termopāru atrašanās vietas elektroautobusa salonā, kuras redzamas 1. attēlā

Maršruta brauciena laikā elektroautobusā iebūvētais autonomais sildītājs tika darbināts 1 stundu un 22 minūtes. Pa šo laiku tas patērēja 0.85 litrus dīzeļdegvielas. Izmantojot šos datus tika iegūts, ka elektroautobusa salona apsildīšanai tika patērētas 8.47 kWh siltuma enerģijas.

Secinājumi

1. Izmantojot autonomu salona sildītāju 1h un 22 minūšu braucienā pa Jelgavas ielām pa pilsētas autobusa maršrutu, apstājoties un atverot durvis pieturvietās, salona apsildīšanai tika patērētas 8,47kWh siltumenerģijas.
2. Brauciena laikā gaisa temperatūra elektroautobusa salonā dažādos punktos mainījās robežās no 4,6 °C uz salona grīdas līdz maksimāli 21,6 °C pie griestiem.
3. Rezultāti rāda, ka elektroautobusa salons netiek uzsildīts vienmērīgi, šī iemesla dēļ salona apsildes sistēmu ir nepieciešams uzlabot.
4. Pēc iegūtajiem pētījumu datiem redzams ka salona gaisa temperatūra dažādos tā punktos ievērojami nokrīt brīžos, kad tiek atvērtas autobusa durvis.
5. Pētījumi rāda, ka elektroautobusa salonā ar esošo dīzeļdegvielas autonomo apsildes iekārtu nav iespējams uzturēt komforta līmenim atbilstošu salona temperatūru.
6. Elektroautobusa aizmugures daļā ir zemākas gaisa temperatūras, kas skaidrojams ar apsildes radiatora neesamību autobusa aizmugurē.

Izmantotie informācijas avoti

- [1] Lin T.-P., Hwang R.-L., Huang K.-T., Sun C.-Y., Huang Y.-C. (2010) International Journal of Biometeorology: Passenger thermal perceptions, thermal comfort requirements, and adaptations in short- and long-haul vehicles. DOI 10.1007/s00484-009-0273-9
- [2] GL840-M Data Logger (s.a.). DATAQ Instruments, Inc. 241 Springside Drive, Akron, Ohio
- [3] Staffell L. University of Birmingham, UK (2011) The Energy and Fuel Data Sheet.

ELEKTROENERĢIJAS IEGUVE NO LOGA RĀMJOS IEBŪVĒTIEM SAULES BATERIJU MODUĻIEM

ELECTRICITY GENERATION FROM SOLAR BATTERY MODULES BUILT INTO WINDOWS FRAMES

Verners Celmiņš

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Liene Kanceviča

Docente, Dr.sc.ing.

Abstract. In the future, various fossil fuel resources will be depleted, so alternative forms of energy production must be considered. The article provides information on energy recovery from solar modules mounted on a window frame. Within the framework of the research, a solar battery is created, which is 1/3 of the total area of the window. A data logger has been used to determine the efficiency of such equipment and it is used to record energy data. With the amount of energy obtained, energy use options can be further analyzed. In this case, solar modules are mounted on window frames because it is not always possible to place solar panels on the roofs of apartments or private houses, as well as solar panels mounted directly on the walls of buildings negatively effects the aesthetic quality.

Atslēgas vārdi: saules enerģija, solārie logi, enerģija, saules baterijas.

Ievads

Zemes galvenais enerģijas avots ir Saule. Saule sasilda atmosfēru un Zemes virsmu, tādējādi izraisot procesus, kas nodrošina dzīvības rašanos un tās pastāvēšanu [1]. Kopējā jauda no saules radiācijas, ko saņem Zeme, ir 1.7·10¹⁴ kW, kas aptuveni 500 reizes pārsniedz nepieciešamās elektroenerģijas vajadzības. Aptuveni 30 % no uz Zemes nonākošās saules radiācijas uzreiz atspoguļojas atpakaļ kosmosā, 47 % tiek absorbēti Zemes virsmā un ūdenstilpnēs un pārvēršas siltumā, bet pārējie 23 % iesaistās konvekcijā, iztvaikošanas procesos, ūdens riņķojumā dabā un nokrišņos.

Saules enerģijas izmantošanas priekšrocība ir tāda, ka avotam piemīt neizsmeļamība un pieejamība. Minētās enerģijas izmantošana teorētiski ir pilnībā droša apkārtējai videi, lai gan pastāv teorija, ka, izmantojot pārāk daudz saules enerģiju, var rasties zemes virsmas albedo un klimata izmaiņas. Jāņem vērā arī citi negatīvie aspekti. Enerģiju nepieciešams akumulēt sakarā ar diennakts tumšo laiku un nokrišņiem, kā arī iekārtas spoguļvirsmas ir jāattīra no nosēdumiem un jāatvērš. Uzkaršanas problēma skar arī atmosfēru virs elektrostacijām. Sakarā ar paaugstināto konstrukcijas cenu, izmaksas par 1 kWh ir lielākas [2].

Visplašāk pielieto fotoelektriskos pārveidotājus – fotoelektriskos moduļus, kuri sastāv no atsevišķiem, parasti virknē saslēgtiem pusvadītāju fotoelektriskiem elementiem, kuru izmērus un skaitu nosaka strāvas stiprums un sprieguma lielums, kuriem paredzēts attiecīgais modulis. Savienojot virknē un paralēli fotoelektriskos moduļus, veido fotoelektrisko moduļu saules baterijas. Pasaulē visizplatītākie ir silīcija saules elementi, kuri atkarībā no izgatavošanas tehnoloģijas var būt mono-kristāliskie, poli-kristāliskie un amorfie.

Saules baterijas saražoto jaudu mēra $W \cdot m^{-2}$ un tā atkarīga no apstarojuma veida, starojuma intensitātes un moduļa temperatūras. Lielāku jaudu saules baterija ražo, ja to apstaro tiešie, baterijas virsmai perpendikulārie saules stari, mazāk atstarotie un elektriskais apgaismojums. Citiem vārdiem, spilgtākas gaismas iespaidā, saules baterija ražo vairāk elektroenerģijas nekā ēnā un pie elektriskā apgaismojuma.

Darba mērķis ir izpētīt enerģijas ieguves potenciālās iespējas, izmantojot solāros logu rāmjus. Lai sasniegtu darba mērķi, izvirzīti šādi darba uzdevumi:

- izstrādāt loga solārā rāmja prototipu un sagatavot to eksperimentālo datu ieguvei;
- veikt datu apstrādi;
- izpētīt elektroenerģijas ieguves iespējas no saules baterijas.

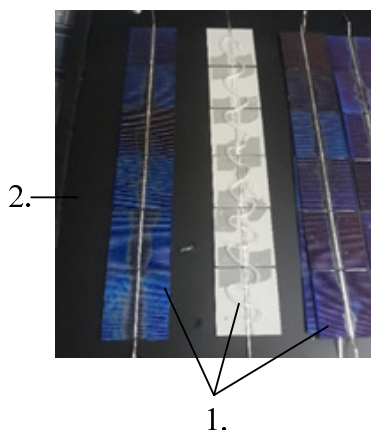
Materiāli un metodes

Lai veiktu pētījumus, tika izstrādāta saules fotoelektrisko moduļu lielumu reģistrēšanas ierīce – logeris. Kā arī izveidots saules bateriju panelis, kam bija nepieciešams: saules bateriju šūnas, savienojumu stieples, attaukošanas šķīdums, lodalva, silikons, stikls, korpuss un stiprinājumi.

Saules baterijas izveidošanai tika izmantotas polikristāliskās saules bateriju šūnas, kuru izmērs ir 52×52 mm, nominālā jauda 0.43 W un spriegums 0.5 V [3].

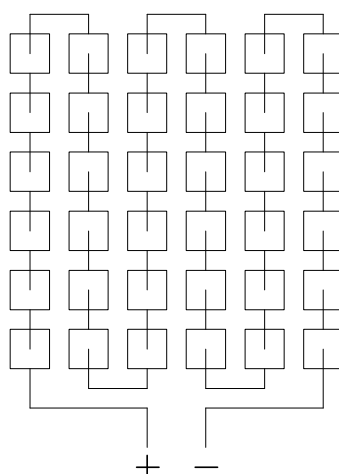
Izmantojot konkrētās saules bateriju šūnas saules baterijas izveidei, nepieciešamais savienojumu stieples garums no vienas uz nākamo šūnu ir 90 mm. Lai savienotu saules bateriju šūnas, nepieciešams attaukot kontaktus ar attaukošanas šķīdumu, kā arī uz savienojuma stieples uzklāt papildus alvas kārtu. Tad stieples tiek lodētas pie saules bateriju šūnām. Visas 36 šūnas nepieciešams savstarpēji savienot pa sešām šūnām virknē. Stieple no vienas saules baterijas šūnas priekšpuses jāpielodē pie otras šūnas aizmugures, tādējādi izveidojot sešu šūnu sešus virknes slēgumus. Ar caurspīdīgas līmlentes palīdzību tās nepieciešams salīmēt, lai izvairītos no šūnu deformēšanas montāžas laikā un lodējumu saraušanas.

Lai saules bateriju šūnas aizsargātu no dažādiem meteoroloģiskajiem laikapstākļiem, tiek lietots korpuss, kas izveidots no organiskā stikla un silikona. Korpuss tiek krāsots melns. Melnā krāsa tiek izvēlēta, lai nodrošinātu visnelabvēlīgākos apstākļus, jo logu rāmji ir pieejami visādos tumšos toņos. Pēc saules baterijas korpusa izveides, nepieciešams saules baterijas šūnas piestiprināt pie organiskā stikla plāksnes, lietojot silikonu, kurš tiek nelielā kārtiņā uzklāts uz virknē salodētajām saules bateriju šūnām (skatīt 1. att.).



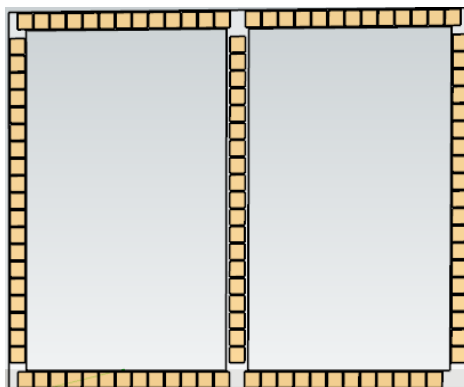
1. att. Saules bateriju šūnu piestiprināšana pie saules baterijas korpusa:
1 – saules baterijas šūnas; 2 – organiskais stikls.

Visu saules bateriju savienošanai tiek lietota 2. attēlā dotā shēma, izvadi tiek pielodēti pie vara kabeļa un izvadīti no korpusa.



2. att. Saules baterijas shēma

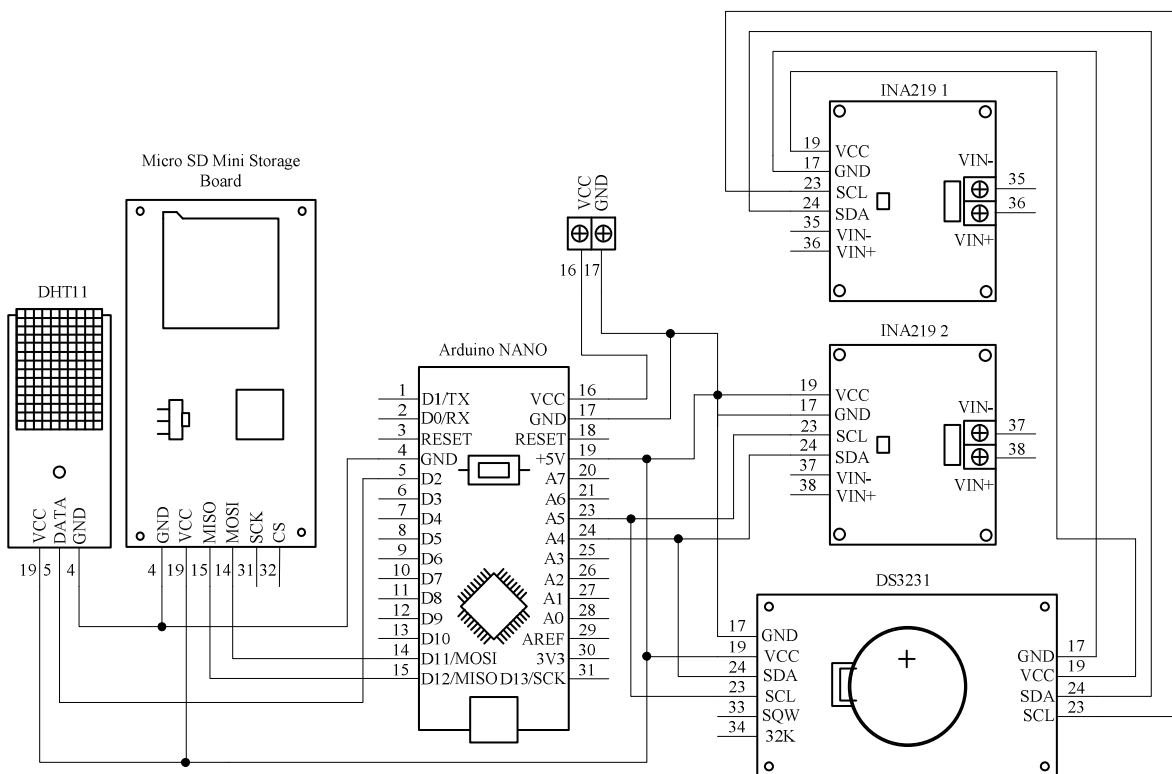
Saules baterijai jāizveido ventilēšana, lai izvairītos no kondensāta rašanās, tāpēc korpusa augšējā un apakšējā malā tiek izveidoti urbumi. Augšējā urbumā tiek ielīmēta caurulīte, lai baterijā nenokļūtu tiešs mitrums. Izveidotās saules baterijas spriegums ir 18 V, jauda ap 15 W un izmēri 450 × 450 mm.



3. att. Saules bateriju šūnu novietojums uz loga rāmja

Izveidotā ierīce datu iegūšanai tiek uzstādīta Valdemārpilī uz sienas, kas vērsta uz dienvidiem. Saules baterijas kopējais elementu daudzums ir 1/3 no daudzuma, ko var uzstādīt uz loga rāmja, kura izmērs ir 1.56 × 1.23 m, lietojot iepriekšminētās saules bateriju šūnas, kuru izmērs ir 52 × 52 mm. Uz šāda izmēra loga ir iespējams izvietot 108 saules bateriju šūnas (skatīt 3. att.). Datu iegūšanai tiek lietotas 36 šūnas.

Lai varētu sākt datu uzskaiti, nepieciešama datu reģistrēšanas ierīce, kuras darbības principiālā shēma parādīta 4. attēlā, ar divvirzienu strāvas/jaudas uzraudzītāju un reālā laika pulksteni, ar kuru palīdzību tiek reģistrēti dati par iegūto enerģiju.

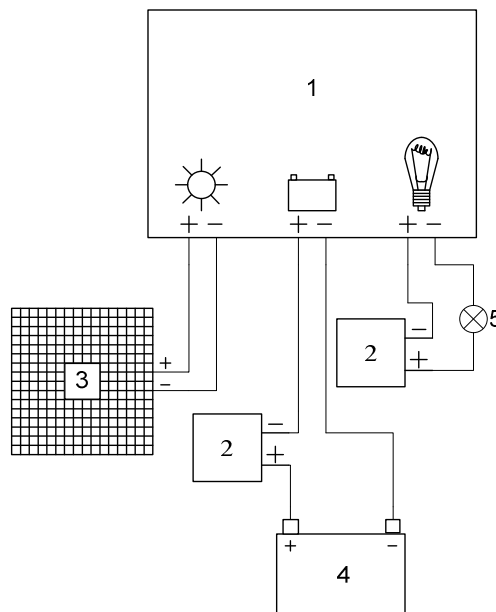


4.att. Reģistratora elektriskā shēma

No saules baterijas izejošos izvadus nepieciešams pieskrūvēt pie reģistratora iestrādātā saules baterijas sprieguma kontrollera plus un mīnus spailēm, kurš vēl papildus ir savienots ar akumulatoru. Datu izvadei, šajā gadījumā reģistratora galvenajā shēmā *micro SD* kartes modulī, ievieto atbilstošā tipa atmiņas karti. Sprieguma kontrollerim tiek arī pievienota slodze jeb spuldzīte, lai nodrošinātu

akumulatora izlādi, lai reģistrators spētu fiksēt ieplūstošo enerģiju no saules baterijas. Kontrollera galvenā būtība ir nodrošināt, lai akumulators netiktu pārlādēts kā arī pārāk dziļi izlādēts.

Ar apskatīto ierīci, saules baterijas datu uzskaitē tiek veikta no 2020. gada 26. oktobra līdz 2020. gada 1. decembrim. Ar iegūto datu palīdzību ir iespēja noteikt vidējo enerģijas ieguvumu Wh katrā eksperimenta nedēļā un var rasties priekšstats par viena solārā loga enerģijas ieguvumu. 5. attēlā dota saules baterijas sistēmas slēguma shēma.

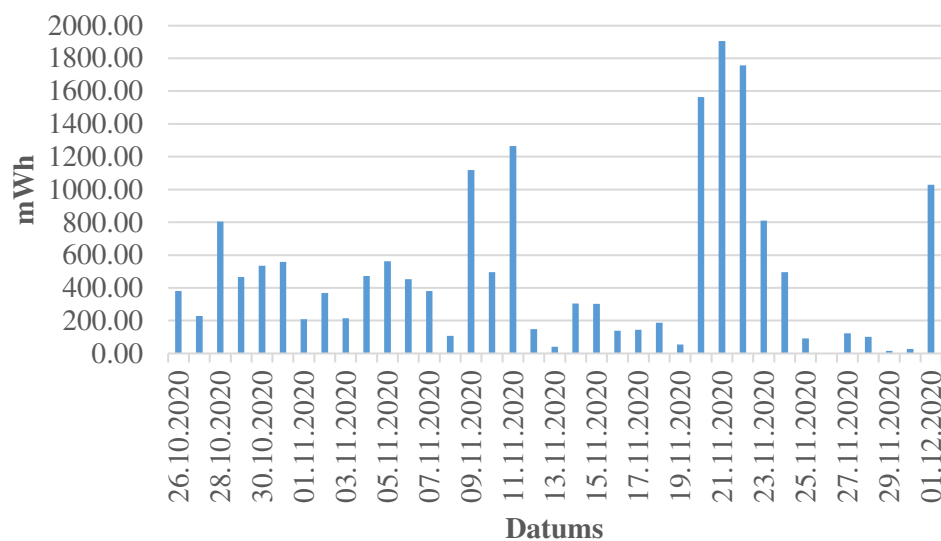


5. att. Saules baterijas sistēmas slēguma shēma:

1 – saules bateriju sprieguma kontrolleris; 2 – divvirzienu strāvas/jaudas uzraudzītājs;
3 – saules baterija; 4 – akumulators; 5 – spuldzīte.

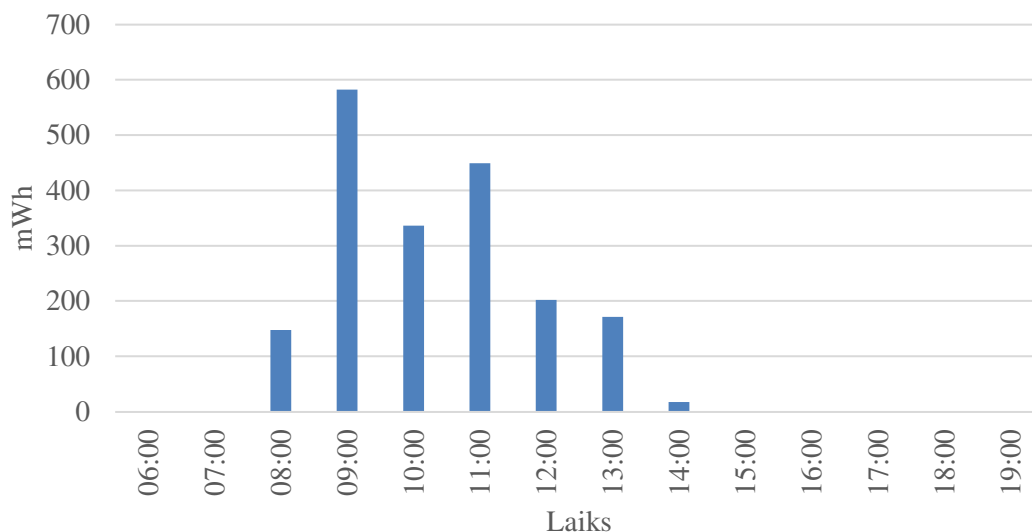
Rezultāti un diskusija

Veicot eksperimentus no 26. oktobra līdz 1. decembrim, iegūstamās enerģijas daudzums svārstījās no 40 līdz 1900 mWh dienā, izmantojot izveidoto saules bateriju un datu reģistrators. Iegūtie dati ir apkopoti diagrammu veidā. Apstrādājot datus Excel programmā, var iegūt jaudas diagrammas grafiku veidā jebkuram laika posmam: stundai, dienai, nedēļai.



6. att. Iegūtā enerģija mWh dienā

Vidējā iegūstamās enerģijas daudzums dienas laikā vidēji ir aptuveni 483 mWh, kas nozīmē, ka no pilna izmēra loga rāmja būtu iespējams iegūt aptuveni 1450 mWh dienā (skatīt 6. att.). Vislielākais ieguvums enerģijas ziņā bija 21. novembris. Šajā dienā iegūtais enerģijas daudzums bija ap 1904 mWh. Elektroenerģija tika iegūta no pulksten 8:00 līdz 14:00 kas saistās ar diennakts gaišo stundu skaitu. 7. attēlā dots 21. novembra enerģijas ieguvums pa stundām.



7. att. Iegūtā enerģija mWh pa stundām

Svarīgi atcerēties, ka šī ir tikai 1/3 no loga iegūstamās enerģijas. Tāpat arī enerģijas ieguvums var būt daudz lielāks, tāpēc, ka šo sistēmu var pielietot vairākiem logu rāmjiem ne tikai vienam.

Secinājumi

1. Saules bateriju jaudas reģistrēšanai pielietota saules baterijas jaudas reģistrēšanas ierīce, kurai slodzes raksturliktne ir ekvivalenta akumulatoru baterijas uzlādes slodzes raksturliktnei, kā rezultātā, ierīce reģistrē akumulatora baterijā uzlādētās enerģijas daudzumu.
2. Ziemas mēnešos, izmantojot izveidoto sistēmu, enerģijas ieguvums no 26. oktobra līdz 1. decembrim, lietojot vienu solāro loga rāmi, vidēji ir 1450 mWh dienā.
3. Eksperimenta laikā vislielākā saules intensitāte ir novērojama no pulksten 11:00 līdz pulksten 13:00.
4. Laika posmā no 26. oktobra līdz 1. decembrim viena loga rāmja saražotā enerģija ir aptuveni 54 Wh.
5. Precīzākai datu ieguvei statistiskam nolūkam būtu nepieciešams izveidot vairākas ierīces datu iegūšanai.

Izmantotie informācijas avoti

- [1] Kruše P., Kruše M., Althaus D., Gabriels I. (1995). *Ekoloģiskā būvniecība*. Rīga: Arkādija.
- [2] Bondarenko V., Griņevičs I. (2012). *Alternatīvā enerģētika*. Rīga: Rembate.
- [3] AIYIMA Mini 52*52MM 0.43W Solar Panel Polycrystalline Solar Panel Battery Cell. (2018, November 16). [tiešsaiste] [skatīts 10/29/2020], Pieejams: <http://solarcells.thereality.top/aiyima-50pcs-mini-5252mm-0-43w-solar-panel-polycrystalline-solar-panel-battery-cell-for-phone-charging-diy-review/>

EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI PAKOŠANAS MAŠĪNAS DOZĒŠANAS MEZGLA TRIBOLOĢISKO ĪPAŠĪBU IZPĒTĒ

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF FEEDING UNIT FOR PACKING MACHINE

Vladislavs Butkevičs

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Daina Kanaška

Zinātniskā vadītāja, docente, Dr.sc.ing.

Abstract. The experimental researches of tribological properties were performed for pharmaceutical products – tablets (sliding bodies) by the designed and created device – tribometer. Based on the scientific literature, the inclined plane method was chosen to determine the static and sliding friction coefficients. The aim of the study was to determine the effect of static and kinetic friction on sliding bodies and their dosing, as well as to find out the effect of moisture and roughness on the above factors. The study was done at the pharmaceutical plant *JSC Olainfarm* in laboratory conditions with controlled microclimate parameters. Sliding and static friction coefficients were obtained for two different sliding body shapes – with flat and deep cup shape on 3 stainless steel AISI 316 plates and one PVC plate with different surface roughness parameters Ra from 0.030 to 0.520 μm . Room relative humidity varied from 30% to 60% to determine the effect on the sliding and static friction results. Results were obtained for static coefficients, it's ranged from 0.10 to 0.44. Results were obtained for sliding coefficients, it's ranged from 0.15 to 0.56. The dependence of relative humidity and surface roughness on the coefficient of sliding friction and static friction was established. A surface with a roughness of Ra = 0.100 μm will provide laminar sliding for sliding bodies, and it's recommended to use in designing new machines, packing lines.

Atslēgas vārdi: triboloģija, slīdes berze, statiska berze, slīdķermeņi, pakošanas mašīna, dozēšanas mezgls.

Ievads

Pārtikas, farmācijas un citās nozarēs, saistībā ar gatavās produkcijas iepakojumu uz specializētām fasēšanas iekārtām, iekārtu inženieri un tehnologi saskaras ar problēmām, kas saistītas ar nepietiekama produkta triboloģisko īpašību, ģeometrisko parametru, kā arī fizikālo īpašību un darba vides mikroklimata ietekmes uz procesu izpēti, kas noved pie iekārtu dīkstāvēm un brāķētas produkcijas apjomu palielināšanās [1]. Viens no zāļu preparātu gatavas formas iepakojšanas veidiem ir fasēšana hermētiskos iepakojumos uz automatizētām iepakojšanas līnijām.

Tablešu pakošanas iekārtas dozēšanas mezgla izstrādes laikā noskaidrots, ka ir nepieciešami produktu un dozēšanas mezgla triboloģisko īpašību turpmākie pētījumi, jo no tā atkarīga produkcijas iepakojšanas procesa kvalitāte [2].

Farmaceutiskās produkcijas ražošanas un fasēšanas laikā iekārtu darbvirsmas un to mezgli cieši mijiedarbojas ar produktiem, starp tiem izveidojas dažāda veida spēki: berzes, normāreakcijas un Van der Vālsa spēki jeb atomu un molekulāro saišu spēki [3]. Dozēšanas mezglā fasējamie slīdķermeņi pārvietojas pa slīdplakni uz iepakojšanas zonu. Slīdķermeņu pārvietošanās raksturu ietekmē daudzi ārējie gadījumu faktori: mehāniska mijiedarbība starp slīdķermeņiem un slīdvirsmu, mikroklimatiskie apstākļi, vibrācijas, slīdķermeņu virsmu tekstūras atšķirība.

Berzes koeficientu vērtību precizitātei ir liela nozīme, veicot berzes spēku modelēšanu, jauno materiālu antifrikcijas pārklājumu izstrādē un jauno berzes testa metožu izstrādē. Literatūrā ir ierobežota informācija par berzes koeficientu vērtībām konkrēto materiālu kombinācijām un tos nepieciešams noteikt eksperimentāli [4]. Slīdes un statiskas berzes koeficientu precīzas vērtības ir nepieciešams zināt arī iekārtu konstruktoriem atbilstošākā materiāla un virsmas apstrādes izvēlei, produkcijas slīdēšanas leņķu izvēlei iekraušanas piltuvēm, un transportiera slīpuma leņķu iestatīšanai [5].

Ir zināms, ka statiskās μ_s un slīdes berzes koeficientu $\mu_{slīdes}$ vērtības ietekmē abu ķermeņu kontaktējošo virsmu raupjums, ķermeņu materiāls, oksīdi un citas plēves uz virsmām, slīdēšanas ātrums, vibrācija, telpas mikroklimata parametri (relatīvais mitrums, temperatūra) un, nelielā mērā arī ķermeņu nominālais kontakta laukums [6; 7].

Izpētīti tehniski risinājumi statiskās un slīdes berzes koeficientu eksperimentālai noteikšanai. Izskatīsim pielietojamās tribometra ierīces, kas paredzētas šo koeficientu vērtību noteikšanai.

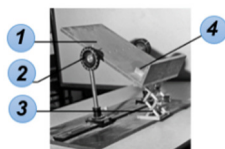
Slīdes un statiskas berzes koeficientu noteikšanai cietiem ķermeņiem izmanto tenzometrisko metodi (skat. 1. att.), izmantojot spēka sensorus ar datu ierakstīšanas programmu. Ar šo metodi nosaka spēka lielumu, kas ir nepieciešams slīdķermeņa izkustēšanai no vietas uz horizontālas slīdes virsmas, kā arī spēka vērtību, pie kuras ķermenis vienmērīgi slīd [8]. Šī metode nav piemērota pētījuma nosacījumiem, jo pētāmo slīdķermeņu ģeometriskie parametri un masa ir nepietiekami, kā arī slīdķermeņu materiāla struktūrai ir nepietiekoša mehāniska cietība.



1. att. **Slīdes un statiskas berzes koeficienta noteikšanas metode ar spēka sensoru:**

- 1 – horizontāla slīdes plakne; 2 – slīdķermenis; 3 – atsvari;
4 – spēka sensors; 5 – pieliktais spēka virziens, F

Laboratorijas apstākļos izmanto slīpas plaknes metodi (skat. 2. att.) ar dažādu tehnisku risinājumu. Šīs metodes pamatā ir leņķa α vērtības nolasišana starp slīpo plakni un horizontāli, lai noteiktu statiskās berzes koeficientus [7]. Šī metode ir piemērota aptuvenu statiskās berzes koeficientu vērtību noteikšanai slīdķermeņiem ar dažādu masu un gabarītiem, bet ar šo metodi nevar noteikt slīdes berzes koeficientus.



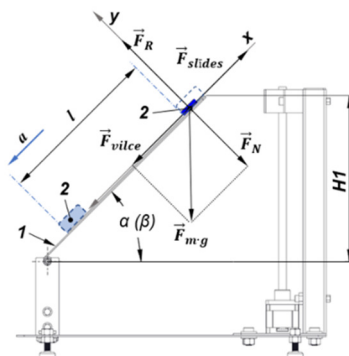
2. att. **Statiskās berzes koeficienta noteikšanas metode ar slīpo plakni:** 1 – slīpā plakne;
2 – skala ar leņķa iedaļas vērtībām; 3 – skrūves domkrats; 4 – slīdķermenis

Pētījuma mērķis ir izveidot mērierīci un eksperimentāli noteikt statiskās un slīdes berzes koeficientu vērtības atkarībā no slīdvirsmas un slīdķermeņu parametriem un relatīvā gaisa mitruma apkārtējā vidē.

Materiāli un metodes

Pētījuma metode izstrādāta, balstoties uz zinātniskas literatūras analīzi. Noskaidrotas slīdķermeņu slīdēšanas triboloģiskas likumsakarības un slīdes berzes eksperimentālās noteikšanas metodes, lai noteiktu statiskās un slīdes berzes koeficientus slīdķermeņiem. Statiskās un slīdes berzes koeficientu noteikšanai dažādiem slīdvirsmu materiāliem un slīdķermeņu parametriem tika izveidota tribometra konstrukcija, kas balstās uz slīpas plaknes metodi.

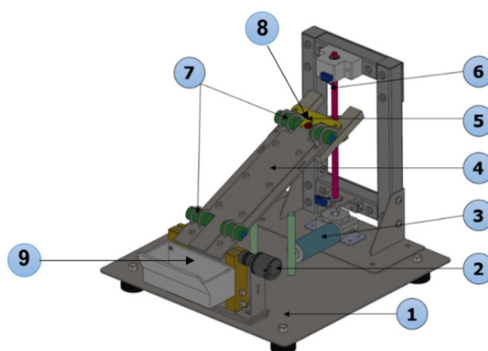
Tribometra konstrukcijas pamatojumam bija nepieciešams izpētīt spēku vektoru shēmas, kas iedarbojas uz slīdķermeni, atrodoties uz slīdes plaknes. Saskaņā ar spēku vektoru shēmu (skat. 3. att.), kas iedarbojas uz slīdķermeni, kurš atrodas uz slīdes plaknes slīpuma leņķi β , ķermenis izkustas no savas vietas un sāk slīdēt ar vienmērīgu paātrinājumu pa slīdes plakni [5].



3. att. **Spēku vektoru shēma:** 1 – slīdes plakne; 2 – slīdķermenis; α – statiskas berzes leņķis;
 β – slīdes berzes leņķis; F_N – piespiedējspēks; F_R – balsta reakcijas spēks; F_{vilce} – vilces spēks;
 F_{slides} – slīdes berzes spēks; F_{mg} – smaguma spēks; β – slīpuma leņķis;
 H_I – slīdes plaknes paceltais augstums

Ņemot vērā darbojošos spēku vektoru shēmas un triboloģiskas likumsakarības, tribometra mērierīcei nepieciešams nodrošināt: slīdķermeņa kritiska slīpuma leņķa α° noteikšanu; slīdes leņķa β° noteikšanu; slīdķermeņa slīdēšanas laika t atskaites sistēmu; slīdes plaknes pacelšanas konstantu ātrumu un to laidenu gaitu.

Balstoties uz izskatītajām statistiskās un slīdes berzes koeficientu noteikšanas metodēm un izpētītajām spēku vektoru shēmām, statisko un slīdes berzes koeficientu noteikšanai uzprojektēta un izgatavota tribometra konstrukcija, kas darbojas pēc slīpas plaknes metodes (skat. 4. att.). Iekārtas uzdevums ir fiksēt slīdķermeņa (8) izkustēšanas momentu no miera stāvokļa pie kritiska slīpuma leņķa α° , slīdēšanas leņķa β° un slīdēšanas laika t noteikšanu starp optiskajiem sensoriem (7) noteikta attāluma posmā l un šo abu leņķu fiksāciju ar leņķu sensoru (2). Uz slīpas plaknes tiek uzstādītas 4 dažādas plāksnes ar dažādu virsmas raupjuma lielumu (4). Elektromotors (3) ar slīdes plaknes pacelšanas skrūves (6) parametriem nodrošina konstantu un laidenu slīpuma leņķa izmaiņu. Slīdķermeņa iestatīšanas šablons (5) nodrošina precīzu slīdķermeņa uzstādīšanu sākumpozīcijā starp eksperimenta atkārtojumiem. Tribometra darbības cikls ir automātisks, dati par slīdēšanas laiku un leņķi saglabājas kontroliera atmiņā, ar iespēju tos eksportēt uz datu apstrādes programmu, piemēram, *MS Excel*.



4. att. **Tribometra iekārtas uzbūve:** 1 – pamatne ar regulējamiem balstiem; 2 – leņķu sensors; 3 – elektromotors; 4 – slīdes plakne; 5 – slīdķermeņa iestatīšanas šablons; 6 – slīdes plaknes pacelšanas skrūve; 7 – optisko pāru sensori; 8 – slīdķermeņis; 9 – slīdķermeņu savākšanas tvertne

Tribometra konstrukcija izveidota, ņemot vērā pētāmo slīdķermeņa ģeometriskus parametrus, to masu un mehānisku cietību.

Statiskās berzes koeficienti μ_s un slīdes berzes koeficienti $\mu_{slīdes}$ aprēķināti saskaņā ar formulām (1, 2).

Statiskās berzes koeficients μ_s ir vienāds ar slīdes plaknes slīpuma leņķa tangensu [9]:

$$\mu_s = \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

kur $\operatorname{tg} \alpha$ – slīdēšanas plaknes slīpuma leņķa α tangenss.

Slīdes berzes koeficientu $\mu_{slīdes}$ raksturo berzi starp ķermeņiem, kuri atrodas kustībā attiecībā viens pret otru [10]. Slīdes berzes koeficients tiek aprēķināts saskaņā ar formulu [5]:

$$\mu_{slīdes} = \operatorname{tg} \beta - \frac{2l}{gt^2 \cos \beta}, \quad (2)$$

kur β – slīpas plaknes leņķis;
 l – slīdķermeņa slīdēšanas attālums līdz apstāšanās, m;
 g – brīvas krišanas paātrinājums, m s^{-2} ;
 t – slīdķermeņa slīdēšanas laiks, s.

Eksperimentāli pētījumi statisko un slīdes berzes koeficientu noteikšanai veikti dažādu ģeometrisku parametru un formas slīdķermeņiem – tabletēm, ar slīpo plaknes metodi (skat. 1. tabulu). Eksperimentu sērija veikta *A/s Olainfarm* rūpnīcas pilotiecirknī ar izveidotu tribometra iekārtu (skat. 4. att.).

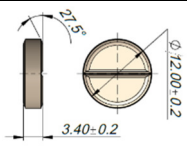
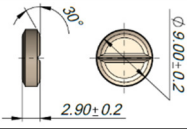
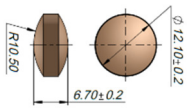
Eksperimenti veikti laboratorijas apstākļos ar kontrolētiem telpas mikroklimata parametriem: relatīvais mitrums tika regulēts no 30% rH līdz 60% rH ar soli 10% rH \pm 2.5% rH, temperatūrai paliekot konstantai $20^\circ\text{C} \pm 0.4^\circ\text{C}$. Relatīvajam mitrumam aprēķinātas vidējas vērtības.

Ņemot vērā tribometra iekārtas precizitāti, pētāmiem slīdķermeņiem testu skaits uz katras plāksnes sasniedza 61 mērījumu, slīdes $\mu_{slīdes}$ un statiskās μ_s berzes koeficientiem aprēķinātas vidējās vērtības, standarta novirze un standarta kļūda.

Slīdķermeņu ģeometrisku un fizikālu parametru noteikšanai izmantota automatizēta iekārta *Checkmaster 4.1*. Augstumam, diametram un masai aprēķinātas vidējās vērtības. Slīdķermeņu parametri tika automātiski salīdzināti ar specifikācijas iestatītām vērtībām, lai atlasītu tikai derīgos slīdķermeņus (skat. 1. tabulu).

1. tabula

Pētāmo slīdķermeņu parametri

No.	Struktūra un apraksts	Ģeometriskā forma un izmēri, mm	Virsmas laukums S , mm ²	Nomināla masa, mg	Daudzums, gab.
1	Sapresēta formā, bez pārklājuma, ar laužuma rievu		71.85	500 ± 3.0%	61
2	Sapresēta formā, bez pārklājuma, ar laužuma rievu		32.15	240 ± 3.0%	61
3	Sapresēta formā, ar polimēra pārklājumu		0.66	597 ± 5.0%	61

Eksperimenta nolūkam izgatavotas nerūsējoša tērauda AISI 316 markas plāksnes un mehāniski apstrādātas līdz dažādu raupjuma vērtībām, un izvēlēta viena termoplastiska polivinilhlorīda plēve (PVH) (skat. 2. tabulu). Raupjums plāksnēm noteikts ar profilometru *Mitutoyo SURFTEST SJ-210* pēc ISO 3274:1996 standarta, dati apkopoti *MS Excel* datorprogrammā, aprēķinātas vidējās Ra, Rz vērtības un mērījumu kļūda, izmantojot Stjūdenta sadalījuma metodiku. Eksperimentu datu ticamība ir 95%.

Pēc eksperimentāli iegūtiem statistiskā leņķa α , slīdes leņķa β un slīdēšanas laika t datiem, *MS Excel* datorprogrammā tika aprēķinātas slīdes $\mu_{slīdes}$ un statiskās berzes μ_s koeficienti. Tā kā datu apjoms katrā mērījuma sasniedza 61, izvēlēta datu apstrādes metode ir aprakstošā statistika ar variācijas koeficientu (*Descriptive Statistics*), aprēķinātas vidējās vērtības, standarta kļūda un standarta novirze. Eksperimentu datu ticamība ir 95% [11].

2. tabula

Slīdes plaknes materiāli un virsmas parametri

No.	Materiāls	Vidēja raupjuma Ra vērtība, μm	Vidēja raupjuma Rz vērtība, μm
1	Nerūsējošais tērauds, AISI 316 marka	0.030 ± 0.001	0.200 ± 0.009
2	Nerūsējošais tērauds, AISI 316 marka	0.100 ± 0.004	0.892 ± 0.058
3	Nerūsējošais tērauds, AISI 316 marka	0.520 ± 0.003	4.418 ± 0.088
4	Polivinilhlorīda plēve (PVH)	0.074 ± 0.007	0.492 ± 0.017

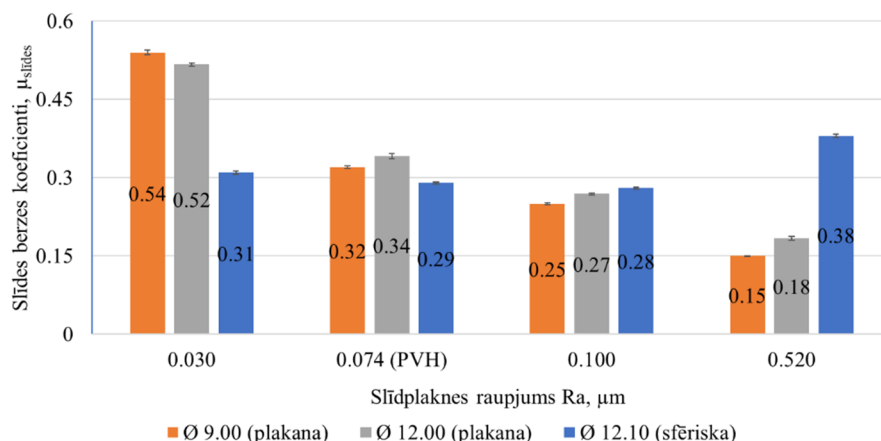
Eksperimenta mērījuma dati par kritiskā leņķa vērtību α° un slīdes leņķa vērtību β , kā arī slīdķermeņa slīdēšanas laiku t (sek.) no iekārtas eksportēti uz datu apstrādes programmu *MS Excel* turpmākai apstrādei.

Rezultāti un diskusija

Eksperimentu veikšanai konstruētā iekārta pierādīja savu efektivitāti un precizitāti vairāku sēriju mērījumu veikšanai.

Slīdes berzes koeficienta $\mu_{slīdes}$ vērtību atkarība no raupjuma Ra atspoguļota 5. attēlā. Var redzēt, ka slīdes berzes koeficienta vērtība ir atkarīga no slīdvirsmas raupjuma katrā slīdķermeņu grupā – tas nav

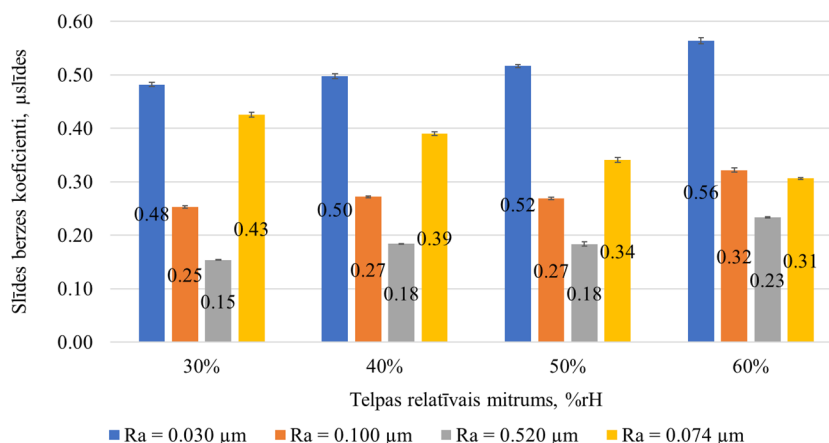
nejaušs rezultāts. Slīdķermeņiem ar plakānu un sfērisku virsmu rezultāti ievērojami atšķiras pie mazākām un lielākām slīdvirsmas raupjuma vērtībām.



5. att. Slīdes berzes koeficientu $\mu_{slīdes}$ vērtības katram slīdķermeņu veidam uz slīdes plaknēm ar dažādu virsmas raupjumu

Slīdķermeņa izmēri un masa ievērojami neietekmē šīs sakarības raksturu, kas labi saskan ar klasisko sausās berzes teoriju (Попов, 2013). Plakānas formas slīdķermeņiem ir tendence uz ievērojamu berzes koeficienta pieaugumu no 0.25 – 0.27 līdz 0.52 – 0.54 (gandrīz divas reizes) ar slīdplaknes raupjuma samazināšanos no 0.100 līdz 0.030 μm. Teorētiski slīdes berzes koeficientiem jābūt mazākiem pie mazākas slīdvirsmas raupjuma vērtības, tomēr atsevišķos gadījumos ir izņēmumi. Šo parādību var izskaidrot ar patiesā kontakta laukuma palielināšanos, laukumu, ko nosaka divu kontaktējošo ķermeņu mikro raupjumu skaits un to laukumi, kas tieši saskaras viens ar otru mikrolīmenī [12]. Lai panāktu pēc iespējas vienmērīgāku (lamināru) slīdķermeņu slīdēšanu, optimālais plaknes raupjums ir 0.100 μm. Tāpēc ir iespējams ieteikt šāda materiāla izmantošanu iepakojšanas mehānismos, kas ļaus iegūt diezgan vienmērīgāku produkta sadalījumu iepakojumā un uzlabos pakošanas procesa kvalitāti.

Slīdes berzes koeficientu $\mu_{slīdes}$ vērtības viena tipa slīdķermeņiem pie dažādām telpas relatīva mitruma vērtībām un dažādiem slīdes plāksnes materiālu raupjumiem ir atspoguļoti 6. attēlā.



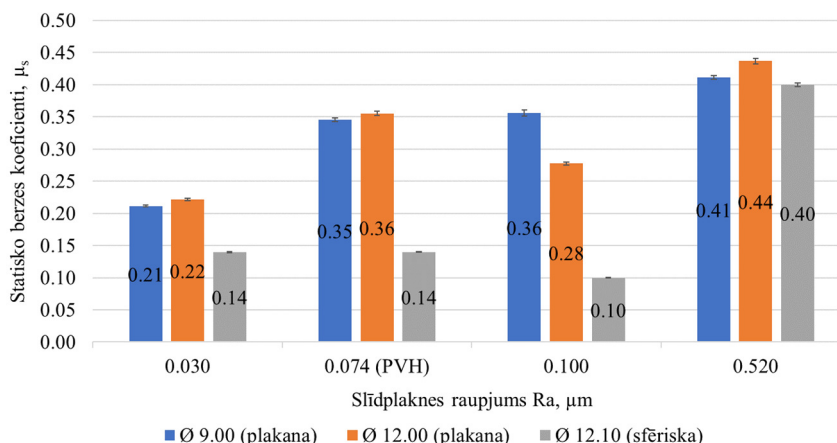
6. att. Slīdes berzes koeficientu $\mu_{slīdes}$ vērtības vienam slīdķermeņu veidam uz slīdes plaknēm ar dažādu virsmas raupjumu pie 30%, 40%, 50%, 60% relatīva mitruma

Trīs gadījumos slīdes plaknēm no nerūsējoša tērauda, neatkarīgi no to raupjuma, slīdes berzes koeficienta absolūtais pieaugums ir 0.07-0.08 ar relatīva mitruma palielināšanos no 30% līdz 60%. Koeficienta palielināšanas notiek gandrīz proporcionāli mitruma procentuālajam daudzumam. Tāpat kā pirmajā gadījumā, gandrīz vienmērīgi samazinās slīdes berzes koeficients, palielinoties metāla slīdes virsmas raupjumam. Šo parādību var izskaidrot ar to, ka atsevišķi izvirzījumi uz slīdošās virsmas noved pie tā, ka rezultāta samazinās slīdķermeņa un slīdes virsmas berzes laukums. Ir noskaidrots, ka pie

mitruma palielināšanas kļūst lielāki arī starpmolekulāri spēki, un tie ietekmē berzes spēkus starp cietiem ķermeņiem [7].

Slīdķermeņi, kas slīd uz slīdes plaknes ar PVH virsmu ($R_a = 0.074 \mu\text{m}$), ir tendence uz ievērojamu slīdes berzes koeficienta samazināšanos no 0.43 pie mitruma 30% līdz 0.31 pie mitruma 60%. Gadījumam ar PVH slīdes plakni var pieņemt, ka ir būtiska statistiskā elektrības ietekme uz slīdēšanas procesu. Ir zināms, ka dielektriskie materiāli (PVH un slīdķermeņi) elektrizējas, nonākot saskarē viens ar otru. Palielinoties gaisa relatīvajam mitrumam, statistiskā elektrība no berzes virsmām noplūst daudz intensīvāk. No grafika var redzēt, ka pie relatīva mitruma 60% slīdes berzes koeficients ir 0.31.

7. attēlā var redzēt eksperimentāli iegūtus datus par statistiskās berzes koeficientu μ_s vērtību atkarīgumu no raupjuma R_a .



7. att. **Statiskās berzes koeficienta μ_s atkarība no slīdes plaknes raupjuma R_a katram slīdķermeņu veidam**

Pēc iegūtiem statistiskās berzes koeficienta datiem plakano un sfērisko slīdķermeņu formām var redzēt statistiskās berzes koeficienta μ_s palielināšanos līdz ar slīdes plaknes raupjuma R_a vērtības palielināšanos. Visos gadījumos slīdes plaknēm no nerūsējoša tērauda statistiskās berzes koeficienta absolūtais pieaugums ir 0.20 – 0.22. Koeficienta palielināšanas notiek gandrīz proporcionāli slīdes plaknes raupjumam. Statiskās berzes koeficienta pieaugums ar raupjuma palielināšanos ir izskaidrojams ar atsevišķo mikro raupjumu dziļuma R_z vērtību pieaugumu un mijiedarbību ar slīdķermeņi, kad tās atrodas miera stāvoklī.

Secinājumi

1. Eksperimentāli noskaidrota slīdķermeņu sākotnējās nestabilas slīdēšanas efekta klātbūtne uz slīdes plakņu virsmām ar mazāko raupjumu. Tās būtiski ietekmē slīdes plaknes statistiskā leņķa un statistiskās berzes koeficienta samazinājumu, samazinoties raupjumam.
2. Slīdes berzes koeficienta vērtības palielinās līdz ar slīdplaknes materiāla raupjuma samazināšanos no 0.030 līdz 0.100 μm . Šis efekts ir saistīts ar slīdķermeņu un slīdes plakņu materiālu raupjuma savstarpējo attiecību, kas ietekmē patiesā kontakta laukuma vērtību.
3. Palielinoties telpas relatīvajam mitrumam, eksperimentāli noteikts statistiskās berzes μ_s un slīdes berzes $\mu_{slīdes}$ koeficientu palielinājums attiecībā pret tērauda slīdes plaknēm, kas ir saistīts ar kondensācijas menisku palielināšanos mijiedarbojošos virsmu mikrokontakta zonā sakarā ar kapilāro spēku (Van der Vālsa) ietekmes pieaugumu.
4. PVH dielektriskā slīdes plaknes gadījumā mitruma palielināšanās ietekme uz statistiskās berzes μ_s un slīdes berzes $\mu_{slīdes}$ koeficientu vērtībām ir mazāka, jo mitruma palielināšanās samazina statistiskās elektrības ietekmi.
5. Pēc iegūtiem statistiskās un slīdes berzes koeficientu datiem var secināt, ka, lai panāktu vienmērīgu un lamināru plakanas un sfēriskas formas slīdķermeņu slīdēšanu, ieteicams izmantot tērauda virsmas ar raupjuma vērtību $R_a = 0.100 \mu\text{m}$. Tas nodrošina mazāku slīdķermeņu slīdēšanas ātruma atkarību no slīdķermeņu formas.

Izmantotie informācijas avoti

- [1] Чуешов В. И., Гладух Е. В., Сайко И. В., Ляиуиова О. А., Сичкаръ А. А., Крутских Т. В., Рубаи Е. А., Черияев С. В. Технология лекарств промышленного производства (1st ed.). Винница: Новая Книга; 2014, 696 p.
- [2] Butkevičs V. Pakošanas mašīnas Clinipack tablešu dozēšanas mezgla pilnveide. LLU, 2019.
- [3] Gang Shen. Handbook of Friction-Vibration Interactions (Gang Sheng Chen (ed.)). United Kingdom: Woodhead Publishing; 2014, 410 p.
- [4] Blau P. J. The significance and use of the friction coefficient. Tribology International, Vol. 34 (9), 2001, pp. 585-591. DOI: 10.1016/S0301-679X(01)00050-0
- [5] Wójcik A., Frączek J., Niemczewska-Wójcik M. The relationship between static and kinetic friction for plant granular materials. Powder Technology, Vol. 361, 2020, pp. 739-747. DOI: 10.1016/j.powtec.2019.11.048
- [6] Fuller D. D. Theory and practice of Lubrication for engineers (2nd. Ed.). Columbia; 1984, 682 p.
- [7] Zhang N., Li C. C., Lu A., Chen X., Liu D., Zhu E. Experimental Studies on the Basic Friction Angle of Planar Rock Surfaces by Tilt Test. Journal of Testing and Evaluation, Vol. 47 (1), 2019, pp. 20170308. DOI: 10.1520/JTE20170308
- [8] Townsend B. Static and Kinetic Friction. Vol. 2010 (October 3), 2002, pp. 6. [tiešsaiste] [11.05.2021] Pieejams: http://ffden-2.phys.uaf.edu/211_fall2002.web.dir/ben_townsend/staticandkineticfriction.htm
- [9] Лужнов Ю. М., Александров В. Д. Основы триботехники. Москва; 2013, 136 p.
- [10] Mate C. M., Carpick R. W. Tribology on the small scale. Oxford: Oxford University Press Inc., New York; 2008, 333 p.
- [11] Arhipova I., Bāliņa S. Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel: mācību līdzeklis. Datorzinību centrs; 2003, 352 p.
- [12] Керопян А. М., Вержанский П. М., Мостаков В. А., Басов Р. К. Зависимость коэффициента трения в зоне контакта системы колесо - рельс от шероховатости взаимодействующих поверхностей. Горный Информационно-Аналитический Бюллетень., 11, 2016, pp. 80-89.

CFY-5 VIRPUĻSTRĀVAS SLODZES STENDA PIELĀGOŠANA ALTERNATĪVO DEGVIELU IZPĒTEI

ADJUSTMENT OF THE CFY-5 VIRGIN LOAD BENCH FOR EXPLORATION OF ALTERNATIVE FUELS

Einārs Trēziņš

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Vilnis Pīrs

Zinātniskais vadītājs, asociētais profesors, Dr. sc. Ing.

Abstract: Biofuels are liquid or gaseous transport fuels, such as biodiesel and bioethanol, produced from biomass. By 2020, the EU aims to get 10% of each EU country's transport fuels from renewable sources, such as biofuels. Studies of different alternative fuels require experiments to test and obtain results for the test fuel. The eddy current CFY-5 load bench is adapted to study alternative fuels for otto engines. After the adjustment of the load bench, one experimental study was performed. Compare how changes in the amount of ethanol in fuel change fuel consumption and engine power. As a result, it has been shown that increasing the ethanol content in fuel increases fuel consumption.

Atslēgas vārdi: CFY-5, Eddy current, alternatīva degviela, otto motors, etanols, biodegviela

Ievads

Biodegviela ir šķidra vai gāzveida transporta degviela, piemēram, biodīzeļdegviela un bioetanols, ko ražo no biomasas. Tie kalpo kā atjaunojama fosilā kurināmā alternatīva ES transporta nozarē, palīdzot samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas un uzlabot ES piegādes drošību. Līdz 2020. gadam ES mērķis ir panākt, lai 10% no katras ES valsts transporta degvielas būtu iegūti no atjaunojamiem avotiem, piemēram, biodegvielas [1].

Dažādu alternatīvo degvielu pētījumiem nepieciešami eksperimenti, lai pārbaudīti un iegūtu rezultātus par pētāmo degvielu. Daudz vienkāršāk, ir strādāt ar motoru stenda tipa agregātiem. Jo ir daudz vieglāk veikt nepieciešamās izmaiņas konstrukcijā, kā arī mērierīces ir daudz vieglāk izvietot. Salīdzinot ar testēšanu uz transportlīdzekļa, ir daudz mazāk mainīgo faktoru, kā arī iespējama mazāka mērījumu neprecizitāte [2].

Tikai ar motora stendu nepietiek, lai pētītu alternatīvās degviela. Nepieciešams arī motoru atbilstoši slogot, lai imitētu ceļa apstākļu. Tam savu kārt nepieciešama atbilstoša iekārta. Universitāte ieguva savā īpašumā šo motora stenu, kas aprīkots ar CFY-5/DW-250 virpuļstrāvas sloģošanas iekārtu. Kas paver iespējas pētīt otto motoru alternatīvās degvielas.

Tālab kā maģistra darba mērķis ir izvirzīts pielāgot slodzes stendu CFY-5 jaudas, degvielas patēriņa un atgāzu sastāva noteikšanai darbā ar dažādām degvielām.

Kā galvenie uzdevumi izvirzīti:

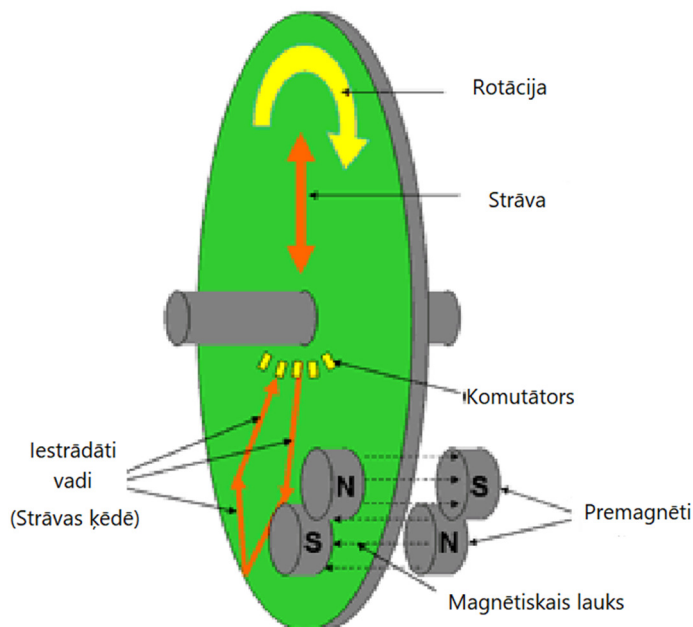
- izpētīt CFY-5 sloģošanas stenda tehniskos parametrus un izvērtēt tā izmantošanas iespējas;
- izvērtēt potenciāli izmantojamās alternatīvās degvielas Otto motoros;
- izstrādāt tehnisko risinājumu slodzes stenda aprīkošanai alternatīvo degvielu pētījumiem;
- izstrādāt drošības uzlabošanas pasākumiem nepieciešamos risinājumus;
- izmēģināt stendu darbībā ar šo aprīkojumu, novērtēt rezultātus un risinājumu;
- izstrādāt metodiskos materiālus stenda izmantošanai alternatīvo degvielu pētījumiem.

Daba gaitā gan tika secināts, ka pirmkārt nepieciešams sakārtot drošības prasības pret stendu. Jo tika atrasti vairāki būtiski drošības trūkumi, kas būtiski apdraud dabu veicēju pie stenda. Kā bīstamākais būtu ja atzīmē neesošais kardānpārvalda aizsargs. Praktiski nelielu aizsargu ražotājs ir paredzējis, bet kardānpārvalda atteikuma gadījumā, tas nenodrošina pietiekošu drošību. Kā arī sloģošanas stenda sloģotāja dzesēšanas sistēmā, tika atrasti vairāki būtiski trūkumi, kas pie palielinātas slodzes arī neizturēja sistēmas spiedienu.

Tika izanalizētas iespējas kādi eksperimentālie stendi ir pieejami alternatīvo degvielu pētīšanai. Ņemot vērā ka pētāmais stends – CFY-5 slodzes stends, kas aprīkots ar Euro-4 otto motoru, bija nesen iegūt fakultātes īpašumā, un tā iespējas vēl nebija apgūtas, tad tika izvērtētas iespējas tā darbības

pielāgošanai. Pielāgošana nepieciešama lai stendu varētu droši izmanto alternatīvo degvielu izpētei. Galvenie pielāgošanas iemesli ir drošības uzlabošana un atvieglot mērierīču pieslēgšanu.

Virpuļstrāvas sloģošanas stenda teorētiskais sastāvs attēlots 1. attēlā. Bet praktiski šis stends pieļauj rotāciju uz abām pusēm. Pirms lietošanas, kā arī atbilstoši ražotāja prasībām, nepieciešams veikt stenda kalibrāciju. Kā redzams 2. attēlā, stends nav kalibrēts, un uzrāda neprecīzus rādījumus, jo nav pielikta slodze.



1. att. **Virpuļstrāvas bremzes tipa dinamometra shēma (Eddy current dyno)**



2. att. **CFY-5 slodzes stenda vadības modulis (nekalibrēts)**

Materiāli un metodes

Materiālus ko izmanto bioenerģijas ražošanā, sauc par izejvielu, jo to var pārstrādāt par biodegvielu šķidrā vai gāzveida formā.

Piemēri ietver tādas izejvielas kā salmus, cukurniedres, koksnes atkritumus, kūsmēslus un daudzus citus lauksaimniecības procesu blakusproduktus, kā arī dažkārt mājsaimniecību blakusproduktus (taukus un eļļas). Biomasas izejvielas var izmantot dažādos veidos, piem. dedzinot koksni siltuma dēļ vai kā ģenētiski modificējošas baktērijas celulozes etanola veidošanai. Tomēr ir svarīgi, lai bioenerģija tiktu izmantota ilgtspējīgā veidā [3]. Tāpēc kā pirmā alternatīva otto motoros ir etanols (spirts). Jo tas ir ilgtspējīgs risinājums, kā arī ieguve ir teorētiski vienkārša.

Eksperimenti tika veikti, izmantojot standarta 2.5 litru dzirksteļaiždedzes BMW motoru. Apskatot kā izmainās degviela patēriņš atkarībā no degviela sastāva. Motora tehniskie parametri norādīti 1. tabulā.

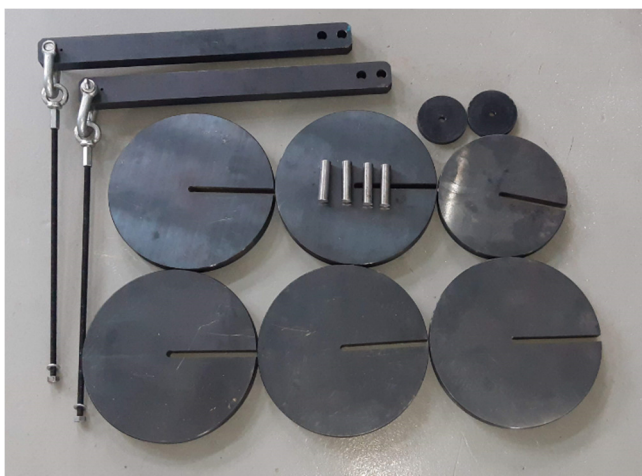
1.tabula

Motora ražotāja parametri

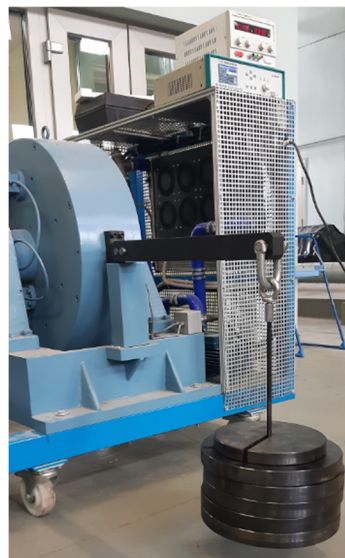
Modelis	BMW M54B25
Degvielas un aizdedzes sistēma	Siemens MS43
Motora tilpums	2494 cm ³
Motora jauda	143 kW
Motora griezes moments	237 Nm

Pirms lietošanas nepieciešamas slodzes stendu kalibrēt. Kalibrēšanu veic ar speciālu kalibrēšanas atsvaru komplektu, kas ir iekļauts iekārtas komplektā (3. un 4. att.). Kalibrēšanu veic ar atsvaru palīdzību, kas ir ekvivalenti maksimālai iekārtas sloģošanas spējai. Šai iekārtai maksimālais sloģošanas lielums ir 1100 Nm, kas kalibrējot ir 110 kg, kas novietoti uz 1020 mm sviras.

Kalibrēšanas procesā slogošana jāveic uz abām pusēm. Tāpēc sākumā uzstādot abas kalibrēšanas sviras nepieciešams pārliecināties, vai iekārtas vērtības bez slodzes ir identiskas, kā ar uzstādītām abām svirām, kas redzams 5. attēlā pie atzīmes “Zero point”.

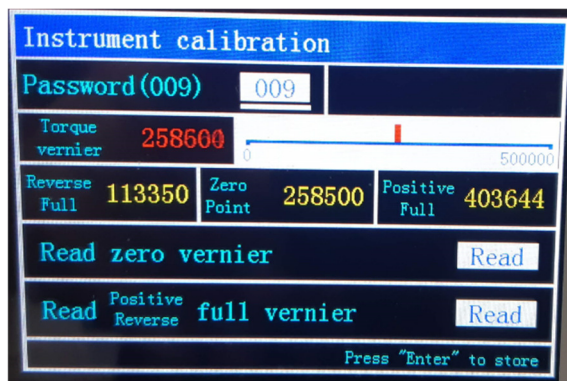


3. att. CFY-5 slodzes stenda kalibrēšanas komplekts



4. att. CFY-5 slodzes stenda kalibrēšana

Kad Kalibrēšana ir veikta, un kalibrēšanas atsvari ir noņemti, sākuma ekrānā ir redzams (6. attēls), ka stends neuzrāda nekādu slodzi.



5. att. CFY-5 slodzes stenda kalibrēšanas režīms



6. att. CFY-5 slodzes stenda kalibrēšanas komplekts

Pēc stenda sagatavošanas darbam tika veikti eksperimentāls pētījums ar alternatīvajām degvielām. Lai noteiktu kā etanola daudzums degvielā izmaina degvielas patēriņa parametrus, kā arī kādas izmaiņas ir motora jaudas parametrus. Ņemot vērā ka motora stenda īpatnības, tika izmantota sekojoša metodika.

Degviela patēriņa mērījumi tika veikti, motoru slogojot ar virpuļstrāvas slodzes stendu CFY-5 stendu. Mērījumi tika veikti tukšgaitā, ar nemainīgiem 2000 apgr·min⁻¹, ar nemainīgiem 3000 apgr·min⁻¹ un 4500 apgr·min⁻¹ un visi mērījumi veikti ar 4. pārnese. Degviela patēriņš tika mērīts ar augstas precizitātes AVL KMA Mobile sistēmu. Sistēmas galvenie parametri norādīti 2. tabulā [4; 5].

2. tabula

AVL KMA Mobile parametri

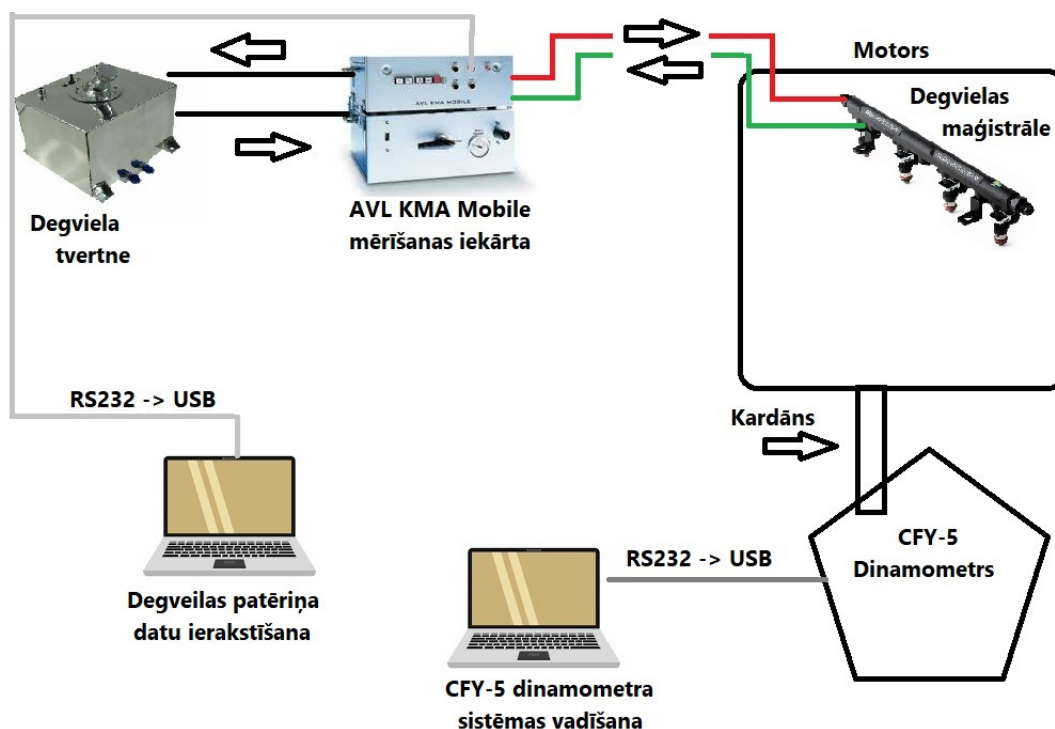
Parametrs	Mērvienība	Vērtība
Mērīšanas amplitūda	l h ⁻¹	0.35-150
Degveilas blīvums	g cm ³	0.5-2
Mērījuma kļūda	%	0.1

Ekspērimētā tika pielietota DUS “Neste” E95 degviela (Ar 10% etanolu), kā arī degvielas maisījums E95 degviela ar 25% etanola piejaukumu.

Lai arī atbilstoši stenda izgatavotājam stends tiek regulēts, izmantojot CFY-5 interfeisu, tika secināts ka slodšana notiek manuāli, ar strāvas bloku iedarbojoties uz stenda magnetiem. Galvenā problēma kāpēc CFY-5 interfeiss nespēj vadīt stenda slodzes parametru, ir izejas spriegums. Interfeiss nodrošina 0-10V, kas pie 0V ir bez slodzes, un pie 10V būtu pilnībā noslogots. Savukārt stenda slodšanas iekārta bez slodzes ir nepieciešami arī 0V, bet lai pilnībā noslogotu ir nepieciešami 150V. Kas arī ir galvenais iemesls, kāpēc iekārtai ir uzstādīta manuāla slodzes kontrole ar strāvas bloku (7. un 8. att.).



7. att. Slodzes regulācijas strāvas bloks



8. att. Blokhēma eksperimenta mērīšanas sistēmai

Rezultāti un diskusija

Ņemot vērā ka motors aprīkots ar slēgtās ķēdes degmaisiņuma regulēšanas sistēmu, bija iespējams novērot, kā mainās degvielas patēriņš, mainot degvielas. Slēgtā ķēdes princips nozīmē, to ka iesmidzinātais degvielas daudzums, tiek regulēts atbilstoši skābekļa sensoram, kas atrodas izplūdes sistēmā. Skābekļa pārpalikums izplūdes sistēmā samērā precīzi spēj noteikt, sadegušā degmaisiņuma attiecību, tāpēc tiek izmantot tieši šis parametrs, lai noteiktu iesmidzināmās degvielas daudzumu. Ja

sensors uzrādu lielu skābekļa pārpalikumu, tiek palielināts iesmidzinātais degvielas daudzums. Ja sensors uzrāda mazu skābekļa daudzumus tad iesmidzinātais degvielas daudzums tiek samazināts.

Motora vadības sistēma palīdz sagatavot gaisa un degvielas maisījumu tā, lai tas būtu tuvu stehiometriskajai attiecībai, ti, gaisa un degvielas attiecībai 14,7: 1 vai $m = 1$. Neatkarīgi no bioetanola satura degvielas maisījumā, motora vadības sistēma mēģinās saglabāt gaisa un degvielas attiecību stehiometrisku. Degvielas patēriņš mainās atkarībā no etanola koncentrācijas degvielas maisījumā [5].

Tāpēc balstoties uz degvielas patēriņa datiem, var novērot ka mazākais degvielas patēriņš ir novērots ar E95 (E10) degvielu, kas teorētiski būtu saistāms ar zemāku spirta saturu. Savukārt degvielas maisījumam E95 ar 25% spirta piejaukumu novērots, ka degvielas patēriņš pieaug par 25%. Procentuālais pieaugums ir iegūt apskatot visus mērījuma ciklus brīvgaitā, un pie dažādiem konstantiem motora pagriezieniem, pilnībā slogojot.

Secinājumi

1. Motora stendam ir plašas sloģošanas iespējas, kuras iespējams pilnībā izmantot pēc pielāgošanas.
2. Otto motoros, kā degviela ar nākotnes iespējām, pēc autora domām ir etanolam un gāzei, jo vienīgi kas tiek plaši izmantoti, un kam ir mazākās apkalpošanas izmaksas.
3. Veiktie eksperimentālie pētījumi, ar degvielas (benzīna) un etanola maisījumu, uzrādīja, ka palielinot etanola saturu degviela, palielinās degvielas patēriņš. Atgāzu sastāvam netika veikti mērījumi, bet teorētiski ar etanolu atgāzēs būtu "tīrākas"
4. Stenda nepieciešams veikt nelielu pārbūvi, kas būtu saistīta ar vadības modeļa uzlabošanu, lai būtu iespējamas automātiskās sloģošanas funkcija.

Izmantotie informācijas avoti

- [1] Ilhak M.I., Tangoz S, Akansu S.O., Kahraman N. The Future of Internal Combustion Engines, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.85446
- [2] Halder P., Azad K., Shah S., Sarker E. Prospects and technological advancement of cellulosic bioethanol ecofuel production. No Advances in Eco-Fuels for a Sustainable Environment, Elsevier, 2019, pp. 211-236. DOI: 10.1016/b978-0-08-102728-8.00008-5
- [3] IEA Technology Roadmap. ITU News, (5), 2017, pp. 16-17. DOI: 10.4324/9781315070629-5
- [4] AVL KMA Mobile Fuel Consumption Measuring System. (S.a.).
- [5] Pirs V., Berjoza D., Birzietis G., Dukulis I. Fuel Consumption Studies of Spark Ignition Engine Using Blends of Gasoline with Bioethanol, 2004, pp. 208-215.

TĒRAUDU *HARDOX 450* UN *S450* METINĀTA SAVIENOJUMA STIPRĪBA STRENGTH OF STEEL'S *HARDOX 450* AND *S450* WELDED JOINT

Reinis Gruduls

Tehniskās fakultātes 2. kursa maģistrants

Imants Nulle

Zinātniskais vadītājs, profesors, Dr. sc. ing.

Abstract. *Hardox* is a widely used alloy steel in the manufacture of heavy duty buckets and shovels. The main problem with *Hardox* is its difficult drilling and milling without special tools and workbenches. But it is easy to cut with plasma or laser and weld. The aim of this research is to create a technology that would allow the use of *Hardox* material in the average farm “Ābeles”, for equipment with high friction wear, without the use of expensive workbenches. In this case, the equipment to be designed is a gravel road overgrowth scraper. It is necessary to create scraper frame and a cutting knife joints without drilling holes. Solution is to use welded joints of structural steel *S450* (scraper frame parts) and *Hardox 450* (knife material). This research reviews whether the joint is strong enough and if the type of welding wire is influencing factor of it. The experiment was performed on a material testing machine Instron 50 kN at the Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Engineering.

Atslēgas vārdi: Metināts savienojums, stiprības pārbaude stiepē, *S450*, *Hardox 450*.

Ievads

Lauku saimniecībās, paralēli tiešai ražošanai, jāremontē tehnika, kā arī atsevišķos gadījumos, tā jāpārtaisa, vai jāizveido no jauna. Zemnieku saimniecība “Ābeles” plāno sniegt pakalpojumus grants ceļa apauguma noņemšanā un transportēšanā. Lai izveidotu traktoram piekabināmu skrēperi ar konveijeri un piekabi, tiek pārveidots pašgājēj greiders.

Skrēpera nazis ir pakļauts abrazīviem apstākļiem, tāpēc, izvēloties naža materiālu, tam pievēršam īpašu uzmanību. Leģētais tērauds *Hardox* ir paaugstināts nodilumizturības, ko sasniedz pateicoties augstas cietības, izturības un stiprības kombinācijai. Saskaņā ar ražotāju sniegto informāciju *Hardox 450* ir četras reizes lielāka nodilumizturība nekā konstrukciju tēraudam *S450*. Populārs pielietojums leģētajam tēraudam *Hardox* ir konstrukcijās, kurās notiek pastiprināta dilšana, piemēram, kausos, konteineros un lāpstās [1].

Hardox trūkumi ir tā augstā cena un tehnoloģiski dārgā mehāniskā apstrāde frēzējot un urbnot. Tam ir nepieciešami lielākas cietības urbis vai frēze nekā izmantojot *S450* metāla apstrādei. Lai izvairītos no dārgās apstrādes, varētu tikt izmantoti metināti savienojumi.

Šī pētījuma mērķis ir noskaidrot, vai leģētā tērauda *Hardox 450* metinājums ar konstrukciju tēraudu *S450* ir pietiekami izturīgs, lai izmantotu skrēpera konstruktīvos risinājumos.

Uzdevumi:

- izpētīt standartus, kas nosaka paraugu izmērus un metinājuma šuves sagatavošanu;
- aprēķināt paraugu izmērus, izejot no materiāla īpašībām;
- sagatavot paraugus;
- veikt eksperimentu;
- veikt secinājumus.

Materiāli un metodes

Lai noteiktu teorētiski lielāko iespējamo paraugu lielumu, tika pieņemts, ka vājākā vieta varētu būt tērauds *S450*, kura izturības robeža ir 510 – 680 MPa [2]. *Hardox 450* izturības robeža ir 1400 MPa [3].

Ja zināma izturības robeža $\sigma = 630$ MPa, pēc skat. 1. formulu [4].

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad (1)$$

kur σ – *Hardox 450* izturības robeža, MPa;

F – maksimālais pieļaujama spēks, ko var attīstīt stiepes mašīna, N;

A – parauga laukums, mm².

Pārveidojot formulu iegūst, skat. 2. formulu

$$A = \frac{F}{\sigma}, \quad (2)$$

Ievietojot zināmo maksimālo attīstāmo spēku, kuru var izmantot stiepes testā, un izturības robežu, *Hardox 450* iegūst maksimālo parauga laukumu:

$$A = \frac{50000}{630} = 79.36 \text{ mm}^2,$$

Analizējot iegūto laukuma izmēru, secināju, ka piemērotākais parauga biezums ir 4 mm un šaurākā vieta 16 mm plata.

Eksperimentā izmantoti paraugi, kuri sagatavoti metināšanai pēc ISO 9692:1994 standarta. Paraugi tika izgriezti ar plazmas griešanas mašīnu un sametināti ar MIG. Metināšanai tika izvēlētas divas atšķirīgas metināšanas stieples (skat. 1. tab.), kopā sametināti 10 paraugi:

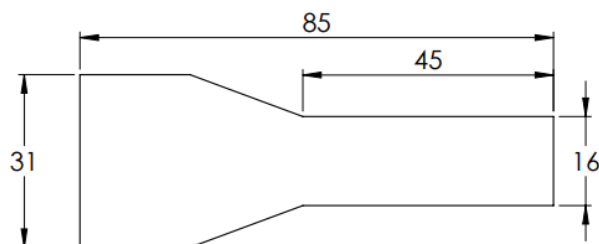
- pieci ar stiepli OK AristoRob 12.63;
- pieci ar stiepli ROBOFIL M 700 1.6.

1. tabula

Stieples elementu sastāvs

Stieple	Sakausējuma elementu saturs, %		
	C	Si	Mn
OK AristoRob 12.63	0.074	0.98	1.68
ROBOFIL M 700 1.6	0.06	0.4	1.2

Paraugu sagatavošana tika veikta uzņēmumā SIA "Bleste", kur ražošanā izmanto *Hardox* materiālu. Eksperimentam nepieciešamas 85 × 31 mm lielas sagataves skatīt att. 1.



1. att. Sagataves gabarītu izmēri

Materiālu ķīmiskais sastāvs dots 2. tabulā [5].

2. tabula

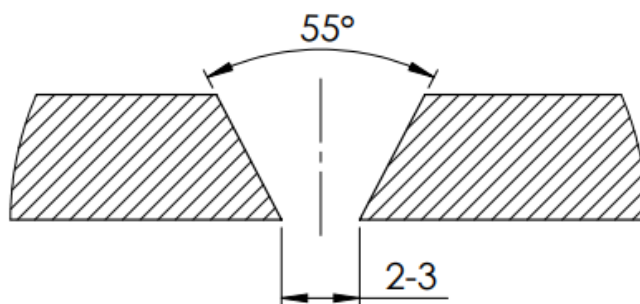
Hardox un *S450* ķīmiskais sastāvs

Tērauds	Ķīmiskais sastāvs, %										Oglekļa ekvivalenta C_E , %
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B	N	
<i>Hardox 450</i>	1.0	1.1	1.3	0.01	0.02	0.2	0.04	0.009	0.001	-	0.45
<i>S450</i>	0.2	0.6	1.8	0.04	0.04	-	-	-	-	0.027	0.32

Paraugu metinājumu vietas (2. att.) tika sagatavotas saskaņā ar standartu ISO 9692-1: 2013[6]. Izgatavojot skrēpera naža konstrukciju, metināšanas darbi tiek veikti horizontālā pozīcijā. Tādēļ paraugi arī tika metināti horizontālā pozīcijā [7].

Stiepes tests tika veikts atbilstoši ISO 527-2:2012 standartam [8].

Lai noskaidrotu, kura no stieplēm būs piemērotākā, tika izmantoti divu dažādu metināmo stieplu veidi. Pirmie pieci paraugi sametināti izmantojot konstrukciju tērauda metināšanai paredzēto stiepli OK AristoRob 12.63, atlikušie pieci paraugi sametināti ar specializēto ROBOFIL M 700 1.6 stiepli, kas paredzēta leģētā tērauda *Hardox* metināšanai.



2.att. Paraugu sagatavošana pēc standarta ISO 9692-1

Pēc paraugu sametināšanas, vizuālās pārbaudes laikā tika secināts, ka metināšanas rezultātā paraugi ir deformējušies, parauga plaknēm novirzoties pa 2 – 4 grādiem. Lai abas parauga daļas atrastos uz vienas plaknes un būtu iespējams veikt stiepes testu, paraugi tika iztaisnoti.

Pēc eksperimenta paraugu sagatavošanas, testēšana veikta Tehniskajā fakultātē ar universālo materiālu pārbaudes iekārtu – Instron 5969 (50 kN).



3.att. Paraugs

Rezultāti un diskusija

Pētījuma mērķis: izstrādāt tehnoloģiju, kas aizstātu *Hardox* materiālu mehānisko apstrādi, novirzīja autoru uz skrūvēto savienojumu aizstāšanu ar metinājumiem. Tāpēc tika veikta tēraudu *Hardox 450* un *S450* metināto savienojumu pārbaude, noskaidrots vai stieples materiāls ietekmē metinātā savienojuma stiprību.

Veicot eksperimentu ar legēto tēraudu *Hardox 450* un ar konstrukciju tēraudu *S450* metinājumu, noskaidrots, ka vājākā vieta neatkarīgi no stieples izvēles ir konstrukciju tēraudā, netālu no metinājuma vietas (skat. 4.att.). Tas apstiprina pētījumus, ka metināšanas laikā, augstas temperatūras ietekmē, materiāls zaudē savas sākotnējās īpašības un kļūst neizturīgāks.

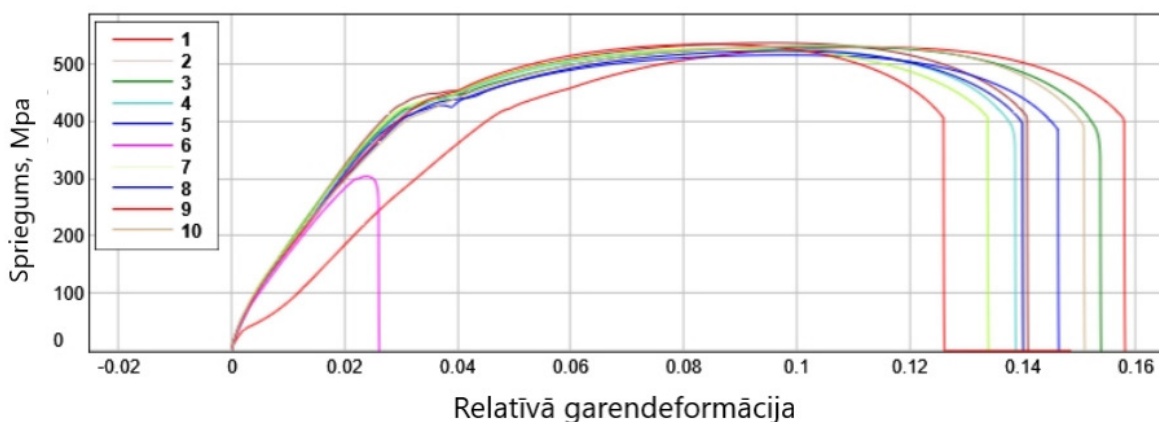


4. att. Paraugi pēc eksperimenta

Paraugu taisnošana ietekmējusi viena parauga izturību, kas būtiski izlec no pārējiem rezultātiem (5. att.). Metinājuma vieta ir trausla un nav piemērota lielām deformācijām. Tāpēc metinot jāparedz tehnoloģijas, kas novērš paraugu deformāciju, vai, piemēram, paraugu novietošana negatīvā leņķī, kas pēc metināšanas iztaisnojas.

Aplūkojot stiepes testā iegūtās līknes, labi saskatāma tecēšanas robeža, kas veidojās zem tērauda *S450* parametros norādītiem 450 MPa (5. att.), tā ir 430 ± 5 MPa. Arī izturības robeža ir zem tērauda *S450*

norādītās minimālās vērtības 550 MPa, tā ir 530 ± 5 MPa. Kā jau tika minēts, šīs vērtības apstiprina metināšanas negatīvo ietekmi uz materiāla fizikāli-mehāniskajām īpašībām. Varam novērot, ka metināšanas stieples materiāla izvēle uz paraugu tecēšanas, izturības un sagrūšanas robežu būtisku ietekmi neatstāj.



5. att. Stiepes spriegums

Secinājumi

1. Leģēto tēraudu *Hardox 450* ir iespējams veiksmīgi sametināt kopā ar konstrukciju tēraudu *S450*. Tāpēc šāda tehnoloģija ir izmantojama konstrukciju veidošanā uzņēmumos, kur nav pieejami speciāli *Hardox* apstrādei piemēroti instrumenti un darbagaldi.
2. Izvēlēto metināšanas stieplu materiāls uz paraugu tecēšanas, izturības un sagrūšanas robežu būtisku ietekmi neatstāj. Paraugu tecēšanas robeža ir 430 ± 5 MPa, bet izturības robeža ir 530 ± 5 MPa. Tas atbilst konstrukcijas tērauda *S450* īpašībām.
3. Materiāla sagrūšana notiek aptuveni 3-5 mm attālumā no metinājuma šuves. Tas izskaidrojams ar konstrukcijas tērauda *S450* materiāla struktūras izmaiņu pēc metināšanas.

Izmantotie informācijas avoti

- [1] *Hardox* īpašības. (2020). [tiešsaiste] [skatīts 12/12/2020]. Pieejams: <https://www.ssab.com/products/brands/hardox/hardness>
- [2] Vērđiņš G., Dukulis I. Materiālu mācība: mācību līdzeklis. - Jelgava: LLU, 2008. - 240 lpp.
- [3] *Hardox 450* Data Sheet. [tiešsaiste] [skatīts 12/12/2020]. Pieejams: http://www.lanau-industries.com/pdf/Hardox_450.pdf
- [4] I.Ziemelis, A.Kaķītis, L.Dominiks. Materiālu pretestība, LLU, 2008.
- [5] Hlavac L.M., Spadło S., Krajcarz D., Hlavacov I.M. Influence traverse speed on surface quality after water-jet cutting for hardox steel. METAL 2015 - 24th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, 2015, pp. 723-728.
- [6] ISO 9692-1. (2013). [tiešsaiste] [skatīts 02/05/2021]. Pieejams: <https://www.iso.org/standard/62520.html>
- [7] Lippold J. C. (2015). *Welding Metallurgy and Weldability*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. DOI: 10.1002/9781118960332
- [8] ISO 527-2. (2012). [tiešsaiste] [skatīts 02/08/2021]. Pieejams: <https://www.iso.org/standard/56046.html>