

Par iespēju pielietot poliizoprēna/nanostrukturēta oglekļa kompozīta spiediena sensoru transporta līdzekļu svēršanas ierīcēs

Vladislav Novikov¹, Valerijs Muhins², Juris Zavickis³, Sanita Zike⁴, Maris Knite⁵, Riga Technical University¹⁻⁵

Kopsavilkums. Rakstā tiek aplūkotas pjezorezīva poliizoprēna/nanostrukturēta oglekļa kompozīta izmantošanas iespējas automašīnu un lidmašīnu svēršanas ierīcēs. Nanokompozītu pielietojums ļautu izveidot universālākas svēršanas ierīces, kas stipri atvieglotu dažādu izmēru un tipu lidaparātu svēršanu. Tāpat tiktu veicināta esošo konstrukciju vienkāršošana, materiālu un kopējo svēršanas iekārtu izmaksu samazināšana. Šādu nanokompozītu devēju informatīvais signāls ir pielāgojams pie jau izstrādātām datu apstrādes programmām.

Atslēgas vārdi: transportlīdzeklis, svēršana, nanokompozīts, sensors, pretestība.

TĒMAS AKTUALITĀTE

Viena no svarīgākajām transporta un loģistikas problēmām ir transporta līdzekļu svēršana un transporta līdzekļa masas centra noteikšana.

Pēdējo 50 gadu laikā daudzu valstu dienesti pieprasa, lai nepieciešamības gadījumā ikvienu sauszemes transporta līdzekli būtu iespējams pēc noteiktas procedūras nosvērt. Galvenais šo pieprasījumu mērķis ir novērst ceļu seguma bojājumus. Vēl viens mazāk pazīstams, bet ne mazāk svarīgs iemesls ir transporta līdzekļa masas centra noteikšana, jo slikti sabalansētas kravas var izraisīt nopietnas avārijas uz ceļiem. Sauszemes transportlīdzekļu svēršana un balansēšana daudzās valstīs ir pakļauta likumdošanai. Daudzu valstu valdības ir ieguldījušas lielus līdzekļus svēršanas sistēmu izveidē (mūsdienu svēršanas sistēmu vērtība sniedzas līdz 5 miljoniem ASV dolāru), no kurām daudzas nosver tūkstoš un vairāk kravas mašīnu un treileru diennaktī.

Mūsdienu svēršanas iekārtas ir piemērojamas līdz 60 metru garu un 90 tonnas smagu kravas automašīnu svēršanai, īpašos apstākļos var tikt nosvērti kravas vilcieni līdz 227 tonnām. Praktiskajā pielietojumā šīs svēršanas sistēmas ir uzrādījušas augstu precizitāti kravas automašīnu svēršanā, slodzes noteikšanā uz ass un smaguma centra noteikšanā kravas automašīnām un treileriem.

Prasības gaisa transportlīdzekļiem, kur likmes ir daudz augstākas, ir stingrākas. Jau kravas pārvadāšanas aizsākumos ar gaisa transportlīdzekļiem kļūva skaidrs, ka svara un balansa problēmas kļuvis par kritiskām komponentēm droša lidojuma nodrošināšanai. Šis pieņēmums tika apstiprināts laboratorijas pētījumos, kuros tika prognozēts, ka kravas gaisa pārvadājumu starpgadījumu risks nepareizas centrēšanas rezultātā pieaugs 8,5 reizes salīdzinājumā ar pasažieru pārvadājumiem, un sekojošā praksē. Kravas iekraušanas instrukciju neievērošana gaisa

transportlīdzekļos un centrējumu izjaukšana ne vienu reizi vien ir novedusi pie katastrofālām sekām.

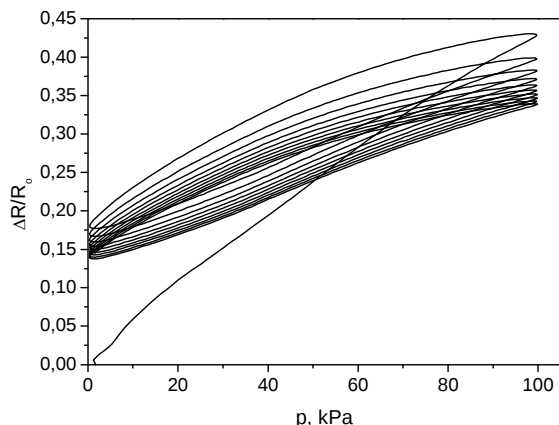
Aktualitāte, kas ir saistīta ar gaisa transportlīdzekļu svēršanu, ir attiecināma arī uz to, ka atbilstoši DJAR- OPS 1605...1625 prasībām katram regulārā ekspluatācijā esošam gaisa transportlīdzeklim vienreiz četros gados ir jāveic svēršanas kontrole.

Lai arī visā aviācijas attīstības laikā tika izstrādātas un pilnveidotas arvien atjaunīgākas metodes un līdzekļi lidmašīnu svēršanai un to smaguma centra noteikšanai, tās vēl joprojām nevar uzskatīt par pilnīgām. Pirmkārt, tas ir saistīts ar spēku mērošajiem raidītājiem, kas tiek veidoti no tenzometriskajām vai pjezometriskajām ierīcēm, uzstādāmas uz hidrauliskajiem pacelājiem, piemēram, sistēmā «ELJ» vai svara platformās, piemēram, uz amerikāņu kompānijas „Intercomp” aviācijas svāriem vai lielākoties automobiļu vai dzelzceļa svēršanas ierīcēs.

Šo raidītāju pamata trūkumi ir īss ekspluatācijas laiks, īpaši lauka apstākļos (ūdens iekļūšanas, triecienveida sloģošanas, vibrācijas un temperatūras svārstību, iespējamās zibens izlādes un tīklā sprieguma svārstību gadījumos), un augstas frekvences radio- un elektromagnētisko viļņu ietekme uz sistēmas raksturlielumiem. Augstāk minētajos ekspluatācijas apstākļos lielāka priekšroka tiek dota hidrauliskajām ierīcēm (piemēram, firmas Emery Wilson tehnoloģijai Hytronics), kas pirmoreiz (attiecībā uz aviāciju) kā spēka devēji tika izmantoti automatizētajā svara un gaisa transportlīdzekļu centrēšanas sistēmā starptautiskajā lidostā Kolumbijas galvaspilsētā Bogotā. Tās sastāvā ietilpa 4 svēršanas platformas galvenajām gaisa transportlīdzekļu šasijām un viena platforma šasijai. Svēršanas platforma sastāv no tērauda rāmja ar pastiprinātu betona pārklājumu novietota uz hidrostatiskajām kolonnām. Šī sistēma atbilst visām ICAO (International Civil Aviation Organization) prasībām. Tomēr, pirmkārt, tik sarežģītas konstrukcijas paredz augstas sistēmas izmaksas un, otrkārt, arī materiālos tēriņus, ņemot vērā, ka šobrīd ekspluatācijā atrodas liels gaisa transportlīdzekļu skaits, kas atšķiras ar plašu masas diapazonu un šasiju konfigurāciju. Gaisa transportlīdzekļu svēršanas problēmas risinājumam ir nepieciešamas daudzveidīgas ierīces un tādēļ arī lieli materiālie resursi.

Ņemot vērā augstāk minēto, interesanta šķiet iespēja izmantot kā spēka mērīšanas raidītājus svēršanas ierīcēs nanokompozītus, kuru omiskā pretestība ir atkarīga no pieliktās slodzes. Šādu raidītāju izmantošana pieļautu universālu sistēmu uzstādīšanu un ievērojamu konstrukciju vienkāršošanu, tādējādi samazinot arī izmaksas.

1. attēlā dota RTU Tehniskās Fizikas institūtā izgatavotā poliizoprēna un sarežģītas struktūras oglekļa nanodaļiņu kompozīta spiediena devēja elektriskās pretestības izmaiņa atkarība no spiediena. Devēja izmēri: diametrs 50 mm biezums 5 mm. Dotajā attēlā parādīta devēja desmitkārtīga pakļaušana 105 kPa spiedienam. Redzams, ka pjezorezistīvais efekts ir atgriezenisks, turklāt relatīvā pretestības izmaiņa viena un tā paša spiediena iedarbības rezultātā paliek laikā nemainīga.



1. att. Poliizoprēna/oglekļa nanokompozīta spiediena devēja elektriskās pretestības izmaiņa atkarība no spiediena desmitkārtīgas ciklēšanas laikā

Nanokompozītu devēju informatīvais signāls ir adaptējams pie jau izstrādātā programmu nodrošinājuma, kas ļauj izskaitļot transportlīdzekļa smaguma centru (slodze uz ass, lidmašīnu centrēšana); ieviest precīzu datu bāzi; sašķirot datus pēc datuma, transportlīdzekļa numura, operatora uzvārda utt.; rakstīt svēršanas protokolu, signalizēt par pārslogošanu (pārkraušanu), kā arī pārsūtīt datus uz mobilo tālruni, novadīt datus no vairākiem objektiem vienā tīklā utt.

RELAKSĀCIJAS PROCESI NANOKOMPOZĪTOS UN SPĒKA MĒRĪŠANAS RAIDĪTĀJU FORMAS IZVĒLE

Kā parādīja pētījumi, uzstādīto uzdevumu atrisināšana, pirmkārt, saistīta ar relaksācijas procesu izpēti nanokompozītu materiālos un stabilitāti iegūstamajos rezultātos.

Eksperimenti, kuros tika izmantots materiāls, kas sastāv no poliizoprēna un sīkdispersa oglekļa pulvera ar daļiņu izmēru ap 30 nm ar kopējo koncentrāciju - 10 masas procenti, parādīja [1...4], ka īpašību (elektriskā pretestība) atjaunošanās ātrums ir laika funkcija (pie slodzes un pēc slodzes noņemšanas).

Noturot paraugu pie konstantas slodzes [$P = (10...60) 105$

Pa] attiecīgi pie dažādām deformācijām $\varepsilon = \frac{h_0 - h}{h_0}$, notika

pakāpeniska pretestības samazināšanās (5 sekunžu laikā tā samazinājās divas reizes un vēl divas reizes pēc 2 stundām). Pēc mehāniskas slodzes noņemšanas un pēc parauga formas atjaunošanās, to pretestība arī samazinājās. Pie tam, jo stiprāk paraugs iepriekš tika saspiests, jo lielākā mērā tika iegūta izstiepta pretestības krituma eksponenciālā atkarība.

Parasti relaksācijas procesā pie nelielām parametru novirzēm no līdzsvara stāvokļa tie atgriežas līdzsvara stāvoklī pēc eksponenciāla likuma. Mūsu gadījumā omiskās pretestības izmaiņa pēc slodzes noņemšanas raksturojas ar, tā saucamo, izstiepto eksponenti (1), ko ir piedāvājis F. Kolraušs [1] neeksponenciālām relaksācijām sarežģītās haotiskās nevienādīgās sistēmās, kāds ir arī materiāls pielietotajos sensoros.

$$R = R_0 + R_m \exp \left[- \left(\frac{t}{\tau} \right)^\beta \right], \quad (1)$$

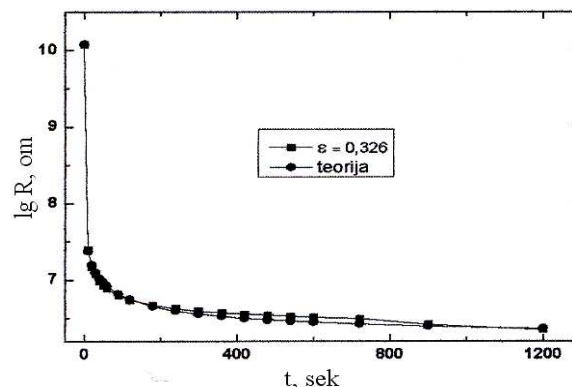
kur

R_0 – pretestības asimptotiskais lielums pie $t \rightarrow \infty$ (praktiski $t = 1800$ s);

R_m – parauga pretestība, kad darbojas mehāniskā slodze ($t = 0$)
 $R_m \gg R_0$

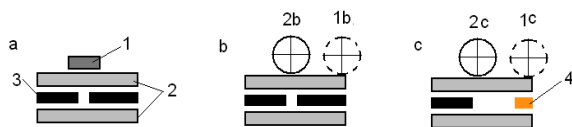
Mūsu eksperimenta rezultāti pie $\varepsilon = 0,326$, $R_0 = 1,9 \cdot 10^6 \Omega$, $R_m = 1,2 \cdot 10^{10} \Omega$, $\beta = 0,1$, $\tau = 0,109 \cdot 10^6$ s dod apmierinošu sakritību ar teoriju (2. attēls).

Eksperimentāli konstatētā relaksācijas tempa izmaiņa izskaidrojama sekojoši. Elektriskās pretestības sākotnējā ātrā relaksācija saistīta ar polimēra šķērssaistīto virkņu, atsevišķu primāro oglekļa nanodaļiņu un oglekļa nanodaļiņu mazāko izmēru agregātu relaksāciju. Ilgstošā elektriskās pretestības relaksācija saistāma ar lielāko oglekļa nanodaļiņu agregātu un aglomerātu relaksāciju.



2. att. Empīriskās elektriskās pretestības samazināšanās atkarība no laika

Nanokompozītu elektriskās pretestības atkarība no pieliktās slodzes un relaksācijas ātruma būtiski ietekmē kā sensora formu spēku mērošajās ierīcēs, tā arī svēršanas tehnoloģisko procesu. Ja raidītājs ir pieņemams kā plāksne vai, piemēram, divi diski, kas saslēgti virknē, ievietoti starp divām cietām (apklājošām) plāksnēm (3.attēls), tad slodze šajā gadījumā ir jāpieliek vertikāli (nolaišanas ceļā) apzīmētajā vietā. Tas ļauj iegūt stabilus rezultātus pie vairākkārtīgas svēršanas.



3. att. Raidītāju forma: 1 – slodze; 2 – aplājošas plāksnes; 3 – nanokompozīts; 4 – kompensējošais starpgabals

Tomēr šādu slodzes veidu ir salīdzinoši grūti realizēt masīvu izmēru gadījumā. Transportlīdzekļiem vairāk piemērota metode ir uzriepošana uz raidītāja. Tāpēc turpmākajos eksperimentos tika izmantoti sensori, kuru shēma ir attēlota 3.c attēlā. Tajos no automašīnas uzbraukšanas puses raidītāju vietā tika uzstādīti analogiski pēc formas un izmēriem diski no blīvas gumijas, kas ļāva ievērojami samazināt relaksācijas laiku un paaugstināt mērījumu precizitāti.

EKSPERIMENTA REZULTĀTI UN TO STATISTISKĀ APSTRĀDE

Šajā nodaļā ir nepieciešams veikt eksperimenta laikā iegūto rezultātu apkopošanu, sakārtot tos un veikt statistisko analīzi uz to bāzes.

1. TABULA
EKSPERIMENTU REZULTĀTI

Nr	R ₀	R _{izm}	R	ΔR	(ΔR) ²
1	4,030	9,035	5,005	0,310	0,096
2	5,185	9,711	4,526	-0,169	0,029
3	5,202	10,036	4,834	0,139	0,019
4	5,510	10,728	5,218	0,523	0,274
5	5,505	10,111	4,606	-0,089	0,008
6	5,502	9,645	4,143	-0,552	0,305
7	5,261	9,894	4,633	-0,062	0,004
8	5,365	10,311	4,946	0,251	0,063
9	5,790	10,332	4,542	-0,153	0,023
10	5,546	10,042	4,496	-0,199	0,040
		R _{vid} = 4,695		$\sum_{i=1}^{10} (\Delta R)_k^2 = 0,860$	

Tāpēc no sākuma mēs apskatīsim eksperimenta vispārējo gaitu un tabulēsim rezultātus, kurus vēlāk analizēsim no statistikas viedokļa, proti, noteiksim ar mērījumu saistīto gadījuma sadales likumu, noteiksim sadales parametrus un funkciju.

Eksperimenta laikā tika veikti vairāki mērījumi (ap 100), bet no visa ģenerālā kopuma mēs vidēja rezultāta noteikšanai un citu parametru aprēķināšanai paņēmām 10 mērījumus. Saskaņā ar iepriekšējā nodaļā minēto, katru reizi tika mērīta omiskā pretestība R (kΩ). Eksperimenta sākumā mērīšanas ierīcei ir sava pretestība – sākuma pretestību – R₀ (kΩ). Ar „lidmašīnu” (eksperimenta laikā – automašīnu) tika uzbraukts uz mērīšanas „paklāja” ar „šasijām” (riteņiem) un uzsākts mērījums (sk. 4. attēlu).



4. att. Automašīnas stāvvoklis uz mērījuma ierīces

Kad mērīšanas ierīces rādījums nostabilizējas, tas tika nolasīts un tam tika uzdots apzīmējums – R_{izm} (kΩ – mērīšanas ierīces beigu mērījums. Tādējādi interesējošais parametrs ir R, kurš tiek aprēķināts, kā beigu un sākuma rādījuma starpība:

$$R = R_0 - R_{izm} \quad (2)$$

Nākamais solis bija aprēķināt omiskās pretestības vidējo vērtību, tas ir R_{vid} (sk. 1. tabulu):

$$R_{vid} = \frac{1}{10} (R_1 + R_2 + \dots + R_{10}) = 4,695 \text{ kΩ} \quad (3)$$

Lai noskaidrotu izkliedes lielumu, mēs aprēķinājām starpību ΔR starp pretestības iegūto vērtību R un vidējo izmērīto lielumu R_{vid} katrai mērīšanas reizei:

$$\Delta R = R - R_{vid} \quad (4)$$

Pēc tam, kāpinot kvadrātā katrā reizē iegūto starpību ΔR, iegūsim vidējo kvadrātisko izkliedi (ΔR)² (sk. 1. tabulu). Visu kļūdu kvadrātu summa:

$$\sum (\Delta R)^2 = (\Delta R)_1^2 + (\Delta R)_2^2 + \dots + (\Delta R)_{10}^2 = 0,860 \quad (5)$$

Sadalījuma likuma noteikšana

Fizisko lielumu (R) ietekmē liels gadījuma faktoru skaits. No visiem sadalījumiem, kuri ir sastopami dabā, visbiežāk tiek sastopams tieši normāls sadalījums. Gadījumā, kad apskatīts gadījuma lielums ξ – kādas fiziskās konstantes a (mūsu gadījumā pretestības R) tieša mērījuma rezultāts, vērtības ξ varbūtību sadalījums, kā zināms, ir normāls ar parametriem a = Mξ un σ = σξ. Šajā gadījumā sadalījuma funkcijas veids ir iepriekš zināms, bet nezināmo parametru novērtējums pēc izvēlētiem no ģenerālā kopuma mērījumiem ir noteikt īsto R pēc mērījumu rezultātiem un mērījuma vidējo kvadrātisko kļūdu σ.

Tā kā sadalījums ir normāls, tad gadījuma lielumiem jābūt nepārtrauktiem. Acīmredzami, ka nepārtraukta gadījuma lieluma iespējamo vērtību skaits ir bezgalīgs. Bet precīzāk – gadījuma lielums tiek saukts nepārtraukts, ja tā sadalījuma funkcija ir nepārtraukta, pa gabaliem diferencējama funkcija ar nepārtraukto atvasinājumu. Mūsu gadījumā mēs no ģenerālā kopuma paņēmām 10 vērtības un no tām paņēmām pretestības R (kΩ) iegūto mērījumu robežvērtības. Tātad varam secināt, ka mūsu galīgais intervāls, kurā gadījuma lieluma funkcija var trāpīt ir:

$$R \in [4,143; 5,218] \quad (6)$$

Kad sadales likuma veids tika noteikts, varam pāriet pie tā parametru aprēķināšanas.

Parametru aprēķināšana

Jāpievērš uzmanība tam, ka nav tāda n (izlases apjoma, mūsu gadījumā $n=10$), vispārīgi runājot, kad var pēc izlases precīzi noteikt īsto nezināmā parametra vērtību, bet tikai var atrast tā pietuvināto lielumu, kurš tiek saukts par nezināmā parametra novērtējumu pēc izlases.

Pēc izlases mums jāuzbūvē sadales empīrisko funkciju, kura ir sadalījuma teorētiskās funkcijas analogs:

$$F_{\xi}(R) = F(R, R_{vid}) \quad (7)$$

Pēc tam aprēķināt attiecīgo empīriskā sadalījuma skaitlisko raksturojumu un uzskatīt to kā nezināmā parametra R novērtējumu. Empīriskā sadalījuma skaitliskie raksturojumi tiek saukti par izlases sadalījuma raksturojumiem. Tā, piemēram, izlases vidējais aritmētiskais lielums:

$$R_{vid} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_k = 4,695 \quad (8)$$

Izlases dispersija būs:

$$S^2 = \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{10} (R_k - R_{vid})^2 = \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} (\Delta R)_K^2 = 0,0861 \quad (9)$$

Atbilstoši ar teikto par matemātiskas cērības novērtējumu M_{ξ} un dispersiju D_{ξ} var pieņemt sekojošus izlases raksturlielumus:

$$M_{\xi} \approx R_{vid} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{10} R_k \quad (10)$$

$$\sigma^2_{\xi} \approx S^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{10} (R_k - R_{vid})^2 \quad (11)$$

Ir zināms, ka $MR_{vid} = M_{\xi}$, un pēc lielu skaitļu likuma:

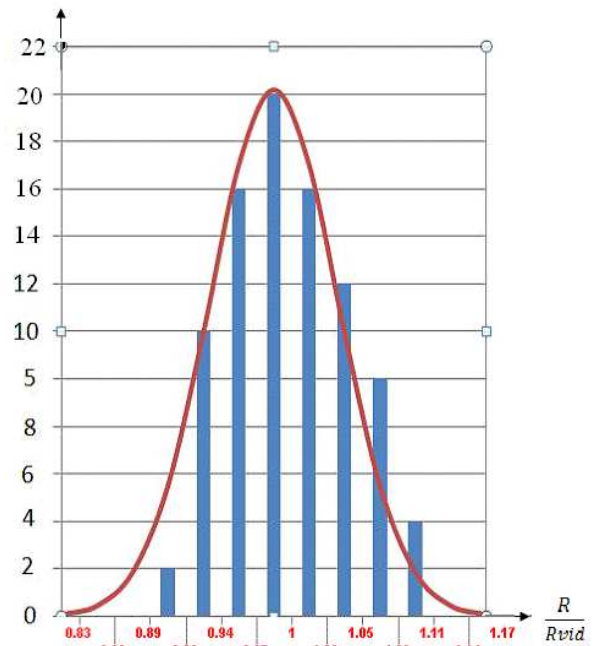
$$R_{vid} \xrightarrow{p} M_{\xi}, \text{ kad } n \rightarrow \infty.$$

Tātad:

$$a \approx R_{vid} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_k = 4,695 \quad (12)$$

$$\sigma \approx \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_k - R_{vid})^2} = 0,293. \quad (13)$$

Tātad σ ir nepārtrauktā gadījuma lieluma vidējā kvadrātiskā novirze mūsu piemērā. Nepārtrauktās pazīmes gadījumā ir vērts uzbūvēt histogrammu. Šiem nolūkiem intervālu, kurā tiek iekļautas visas apskatāmo pazīmju vērtības, sadala vairākos daļējos intervālos ar garumu h un katram daļējam intervālam atrod, cik reizes noteiktā vērtība atradās attiecīgajā intervālā (skat. 5. att.).

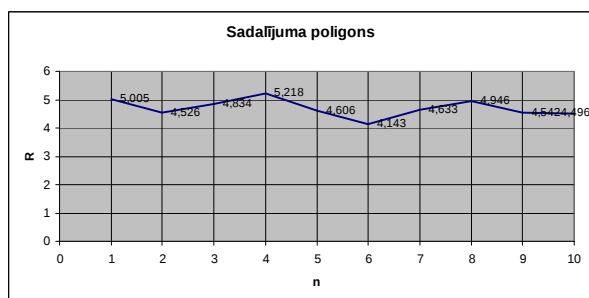


5. att. Sadalījuma histogramma

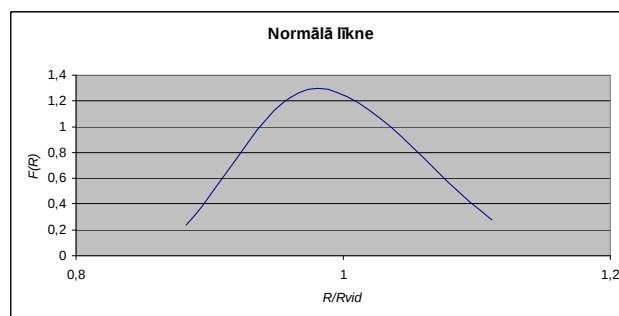
Mūsu gadījumā tika apskatīta $\frac{R}{R_{vid}}$ attiecība vienmērīga gadījuma lieluma histogrammas uzbūvei. Pa x asi tika atlikas minētās attiecības vērtības un pa y asi procentuāli (no visiem mērījumiem) ir atlikts mērījumu skaits, kurš nokļuva attiecīgajā skaitliskajā intervālā. No histogrammas var secināt, ka visbiežāk gadījās $\frac{R}{R_{vid}}$ attiecība, kas vienāda ar 0,985. Tātad

aprēķinot, var dabūt, ka $\frac{R}{R_{vid}} = 0,985; R_{vid} = 4,695 \Rightarrow$

$R \approx 4,625 \text{ k}\Omega$ vairākus no gadījumiem. Tas tiek saukts par grafisko risinājumu. Lai sadalījums ir uzskatāmāks, var uzbūvēt arī sadalījuma poligonu (6.attēls).



6. att. Sadalījuma poligons



7. att. Normālā līkne (Gausa līkne)

Normālā līkne

Normāla sadalījuma blīvuma grafiks ir Gausa līkne. Funkcija izskatās sekojoši:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{(2\sigma)^2}} \quad (14)$$

Acīmredzami, ka funkcija ir definēta visā x asī.

Apskatot funkciju un iegūtos parametrus (12. un 13. izteiksmē) varam ielikt tos formulā. Tātad mūsu nepārtraukta gadījuma lieluma Normālā sadalījuma blīvuma funkcija izskatīsies sekojoši:

$$F(R) = \frac{1}{0,293\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\frac{R}{R_{vid}} - 4,695)^2}{(2*0,293)^2}} \quad (15)$$

kur $a=4,695$ ir matemātiskā gaidīšana un $\sigma=0,293$ ir nepārtrauktā gadījuma lieluma vidējā kvadrātiskā novirze.

Uzbūvējot grafiku blīvuma funkcijai (15) pēc tabulētiem lielumiem (sk. 2. tabulu), mēs ieguvām šādu līkni (sk. 7. attēls.)

2. TABULA
SADALĪJUMA PARAMETRI

R/Rvid	F(R)	R/Rvid	F(R)
1,07	0,24	0,89	1,34
0,97	0,78	0,99	1,2
1,03	1,15	1,06	1,08
1,12	1,22	0,97	0,95
0,99	1,3	0,96	0,28

$$A = 4,695; \sigma = 0,293$$

Noteiksim funkcijas maksimumu. Izmeklēsim funkcijas ekstrēmumus. Atrādīsim pirmo atvasinājumu:

$$y' = -\frac{x-a}{\sigma^3\sqrt{2\pi}} e^{-(x-a)^2/(2\sigma^2)} \quad (16)$$

Ir skaidrs, ka $y'=0$, kad $x=a$, $y'>0$; $x<a$, $y'<0$ un $x>a$. Tādējādi, kad $R_k=R_{vid}$ funkcijai ir maksimums.

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} = 1,36 \quad (17)$$

Secinājumi:

- nepārtraukta gadījuma lieluma sadalījuma likums ir – normāls;
- dispersija ir $D(R) = 0,0861$;
- vidējā kvadrātiskā novirze ir $\sigma = 0,293$;
- matemātiskā gaidīšana ir $a = 4,695$;
- normālā sadalījuma blīvuma funkcija ir

$$F(R) = \frac{1}{0,293\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-4,695)^2}{(2*0,293)^2}} \quad (18)$$



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Reģionālā attīstības fonda atbalstu projektā „Industriālās tehnoloģijas prototipa izstrāde daudzkomponentu nanostrukturētu jonu-plazmas nodilumizturīgu pārklājumu iegūšanai”.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. **J.N.Aneli et.al.** Applied Polymer Science, V.74, 1999, 601-621
2. **M.Knite et.al.** Extraconductive carbon black – superelastic polymer composite as prospective deformation sensormaterial: investigations in macro- and nanoscales, Sc. Proc. of RTU “Material Science and Applied Chemistry”, V. 1, N 2, 2001, 39-47 (in Latvian)

3. **L.Flandin et.al.** Compos. Sci. Technol., 2001, 895-901.
4. **J.C.Phillips, J.Non.** Cryst.Solids,182,1995, 155-161.
5. **F. Kolrauch.** Ann. Phys. Chem. 60 (1897) p. 315

Vladislav Novikov is a 1965 graduate of the Faculty of Physics and Mathematics of the University of Latvia. In 1993 he was awarded the Dr. sc. ing.. Since 1999 he is a full time docent at Solid State Physics Division of the Institute of Technical Physics of the Riga Technical University. His field of scientific interest includes: electrically conductive composites, abstract Physics.

Valerijs Muhins is a 1963 undergraduate of the Faculty of Mechanic Riga institute of the Civil Aviation Engineers. In 1978 he was awarded the Dr. sc. ing. From 1973 for 2006 is an docent the Riga aviation institute. From 2006 for a present tense is a docent of institute of transport technologies of the Riga technical university. Scientific interests includes: high temperature sheeting, diagnostics, and transport systems.

Juris Zavickis is a 2007 graduate of the Faculty of Materials Science and Applied Chemistry of the Riga Technical University. Since 2004 he has been a technician and an assistant at the Solid State Physics Division of the Institute of Technical Physics of the Riga Technical University. In year 2004 hi has been granted Socrates-Erasmus mobility stipendium and spent exchange semester in University of Vienna. From 2007 – full time researcher in laboratory in material

physics. In Year 2008 he has been awarded with enterprise RD Electronics prize in “physics and its engineering applications”. His field of scientific interest – electrically conductive elastomer nanocomposites for pressure sensor application.

Sanita Zike is a 2008 undergraduate of the Faculty of Materials Science and Applied Chemistry of the Riga Technical University. Since 2006 she has been a technician at the Solid State Physics Division of the Institute of Technical Physics of the Riga Technical University. Her field of scientific interest includes to electrically conductive nanocomposites depending on temperature.

Maris Knite is a 1978 graduate of the Faculty of Physics and Mathematics of the University of Latvia and has been awarded the Ph.D. degree by the same faculty in 1989. In 1999 he was awarded the Dr.habil.phys. degree by the Institute of Solid State Physics of the University of Latvia. In 1991-1992 as well as in 2004 he was a visiting scientist at the Institute of Experimental Physics at the University of Vienna, Austria. Since 1999 he is a full time professor at Solid State Physics Division of the Institute of Technical Physics of the Riga Technical University. His field of scientific interest includes: phase transitions in ferroelectrics, ferroelastics and silicides; optical, thermo-optical, and electro-optical properties of functional materials; laser-induced phase transitions in ferroelectric and silicide thin films; design, elaboration and investigation of electrically conductive nanocomposites for sensor application.

Vladislav Novikov, Valerijs Muhins, Juris Zavickis, Sanita Zike, Maris Knite. Possibility to use polyisoprene/nanostructured carbon composite sensor into facilities for large mass vehicle weighting

The possible use of piezoresistive polyisoprene/ nano-structured carbon black composite sensor in automobile and aircraft weighing systems is discussed in the article. The use of this kind of nanocomposite would allow the making of more general-purpose oriented weighting-machines. Aircrafts with different mass and undercarriage size could be scaled. Furthermore composite would succeed in more simple constructions, reduced material consumption and price of the future weighting units. Even more – the design of the sensing element can be adjusted to the preferable application. The signal of presented nanocomposite is adaptable to already existing data evaluation programs.

First of all, the relaxation process of nanocomposites was analyzed. The change of the electrical resistivity just after unloading can be fitted well with the extended exponential function of F.Kolraush. According to this, relaxation process can be divided into two subsequencial parts: fast one refers to the relaxation of crosslinked polymer chains, primary carbon nanoparticles and small size carbon aggregates; slow one refers to relaxation of larger aggregates and agglomerates of carbon nanoparticles.

Secondly, statistical evaluation of the experimental results was done by determination of distribution parameters and distribution law evaluation, also the construction of distribution histogram and Gaussian function was done.

Владислав Новиков, Валерий Мухин, Юрис Завицкис, Санита Зике, Марис Кните. О возможности использовать полиизопреновый / наноструктурированный углеродный композитный датчик давления в устройствах взвешивания транспортных средств

Одной из актуальных проблем на транспорте является взвешивание транспортных средств.

В работе исследуется возможность использования в качестве силоизмерительного датчика взвешивающих устройств нанокompозита (полиизопрен с добавлением мелкодисперсного порошка углерода размером около 30 нм в количестве 10% по массе), омическое сопротивление которого зависит от удельной нагрузки. Применение такого датчика позволило бы добиться неограниченной универсальности установок, значительного упрощения их конструкции, а значит и стоимости. При этом, по физической сущности информационного сигнала они полностью адаптированы к уже разработанному программному обеспечению.

Как показали исследования решение поставленной задачи в первую очередь связано с изучением явления релаксации нанокompозитных материалов и стабильности получаемых результатов. В работе установлено, что зависимость электросопротивления композитов от схемы приложения нагрузки и скорости релаксации оказывает существенное влияние как на форму сенсоров силоизмерительных устройств, так и на технологию процесса взвешивания.

На одном из разработанных датчиков произведена статистическая оценка точности измерения прилагаемой нагрузки. Определен закон распределения измеряемой величины и его параметры.

Полученные результаты показали, что на достигнутом уровне конструкции датчиков и технологии их использования применение нанокompозита в качестве сенсоров возможно лишь в весах, используемых для взвешивания наземных транспортных средств. Пока не удастся достичь требуемой точности при взвешивании воздушных судов.