

DAŽI DIELEKTRISKĀS CAURLAIDĪBAS PĒTĪJUMU ASPEKTI GUMIJAS MĀKSLĪGĀS NOVECOŠANAS PROCESOS

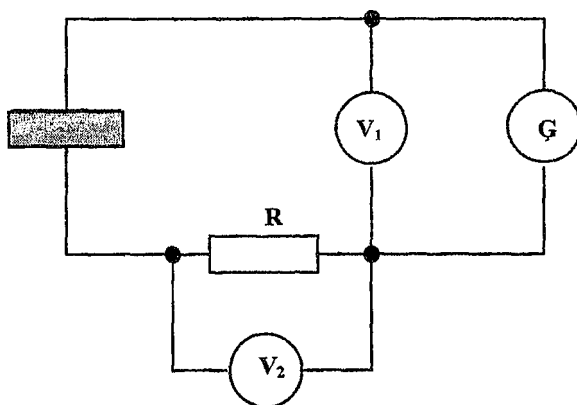
ANDRIS MARTINOVŠ

Rēzeknes Augstskola

Atbrīvošanas al. 76, Rēzekne, Latvija, LV - 4600

Gumija ekspluatācijas laikā ir pakļauta ilgstošai dabiskai novecošanai, kuras rezultātā izmainās gumijas struktūra, pasliktinās elastīgās īpašības un mehāniskā izturība. Konstruktoram ir nepieciešams zināt, cik ilgi konkrētais gumijas izstrādājums dotajos apstākļos spēs kalpot. To var prognozēt uz paātrināto eksperimentu pamata. Šie eksperimenti ir saistīti ar gumijas mākslīgo novecošanu, kad pētāmajam paraugam papildus tiek pievadīta enerģija, iedarbojoties uz to ar temperatūras lauku, radiāciju, ķīmiski aktīvām vielām, vibrācijām vai kā citādi. Mākslīgajā novecošanā straujāk izmainās gumiju raksturojošie parametri un īsākā laikā sasniedz savas kritiskās vērtības, pie kurām gumijas izstrādājums vairs nav lietojams. Dotajā darbā kā viens no šādiem parametriem ir izvēlēta dielektriskā caurlaidība, mākslīgā novecošana tiek veikta paaugstinātā temperatūrā.

Eksperimentālā shēma redzama 1.attēlā.



1.att. Eksperimentālā shēma

Kondensatoram, starp kura platēm novietots gumijas paraugs, pieslēdz maiņstrāvas ģeneratoru (darba frekvence no 20kHz līdz 220kHz). Spieguma U mērīšanai tiek izmantots voltmēturs V_1 ar pieļaujamo frekvenču diapazonu līdz 1MHz. Strāvas stipruma mērīšanai lieto tādu pašu voltmēturu V_2 , kuru pieslēdz paralēli pretestībai R (987Ω). Strāvas stiprums caur kondensatoru

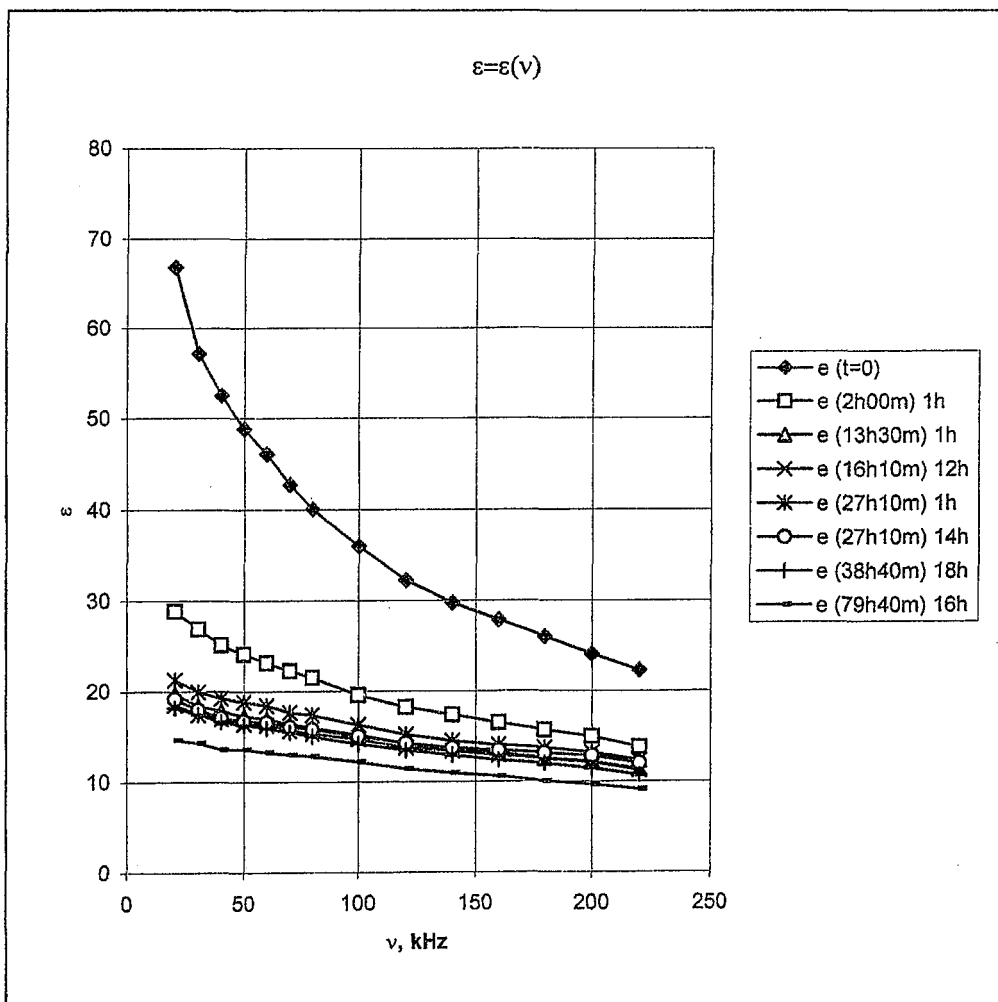
$$I = \frac{U_2}{R} \quad (1).$$

Kondensatora klājumi ir riņķveida ar diametru D un attālumu starp platēm d . Dielektrisko caurlaidību var noteikt pēc formulas

$$\varepsilon = \frac{2Id}{\varepsilon_0 \pi vUD^2} \quad (2),$$

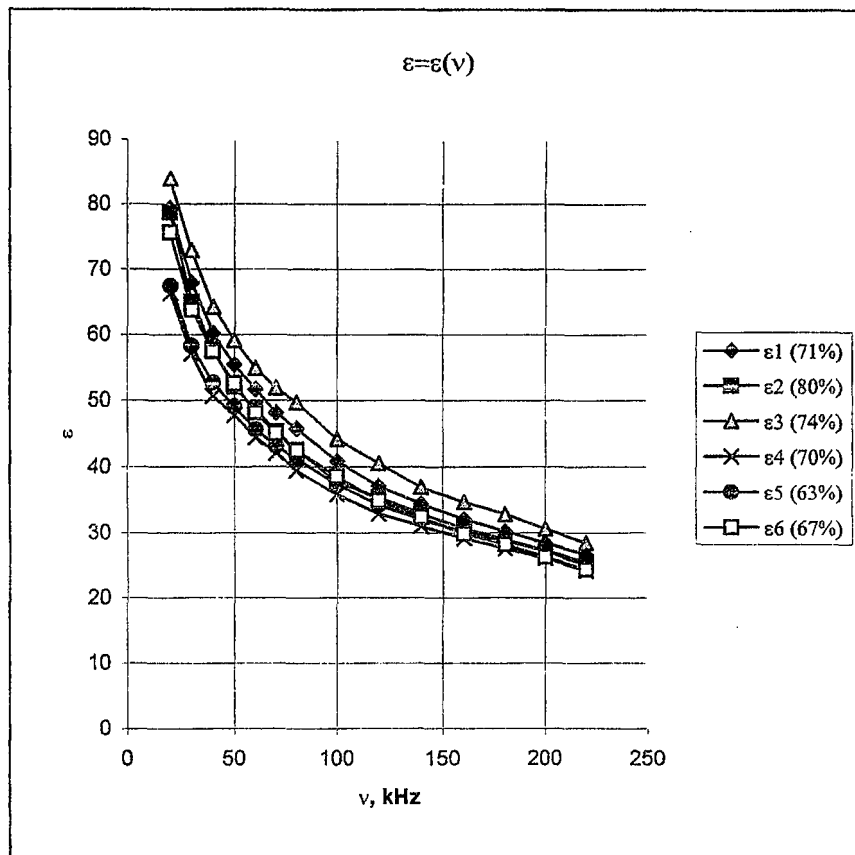
kur ε_0 - elektriskā konstante, v - frekvence.

Darba gaitā tika uzņemtas dielektriskās caurlaidības frekvenču raksturlīknes (2.att.) vairākiem paraugiem, kas bija ņemti no automašīnas riepas kameras (1993.gada ražojums), un tika pakļauti mākslīgajai novecošanai paaugstinātā temperatūrā: 80⁰C (2 paraugi), 100⁰C (4 paraugi), 120⁰C (2 paraugi) un 145⁰C (2 paraugi). Mērījumi ar katru paraugu tika atkārtoti pēc zināma laika perioda. Starplaikos starp mērīšanām un sildīšanu termostatā visi paraugi atradās hermētiski noslēgtās mēģenēs. Paraugu temperatūra mērīšanas laikā bija 17-20⁰C, gaisa mitrums telpā svārstījās no 63 līdz 80%. 2.attēla raksturlīknes pieder paraugam, kas tika turēts 120⁰C temperatūrā. Iekavās parādīts karsēšanas laiks termostatā, ārpus iekavām - laika intervāls starp izņemšanu no termostata un mērījumu veikšanu. Vispārīgā tendence visiem paraugiem ir šāda: jo ilgāku laiku paraugs pakļauts mākslīgajai novecošanai, jo mazāka paliek dielektriskā caurlaidība.



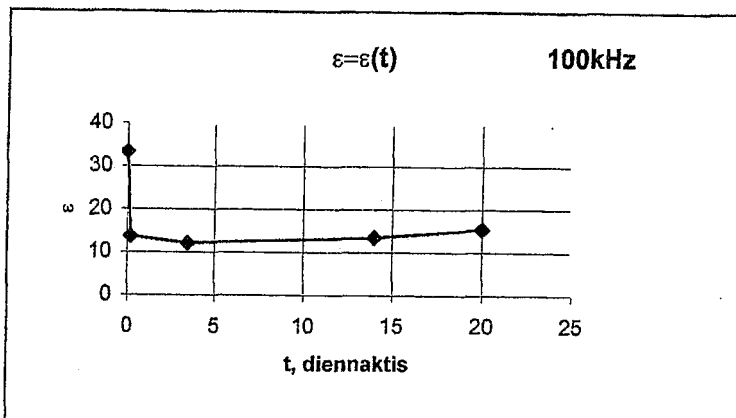
2.att. Dielektriskās caurlaidības frekvenču raksturlīknes dažādiem parauga karsēšanas laikiem

Viens paraugs vispār netika pakļauts mākslīgajai novecošanai. Tas atradās atklātā gaisā, pa laikam tam tika uzņemtas frekvenču raksturlīknes un kalpoja kontrolei, kā arī mērījumu gadījuma kļūdas (10%) novērtēšanai. Šie rezultāti redzami 3.attēlā. Iekavās attēlots gaisa mitrums mērīšanas brīdī.



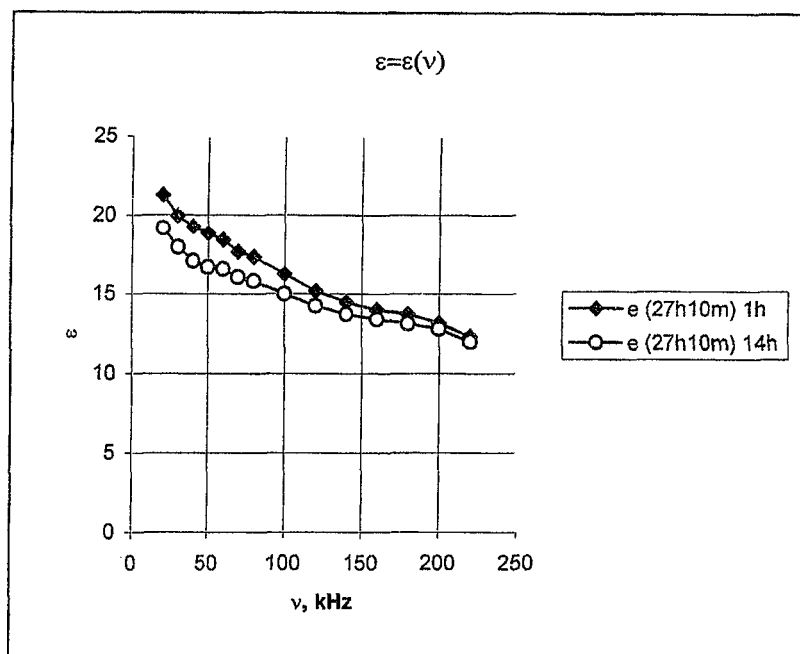
3.att. Frekvenču raksturlīknes kontroles paraugiem

Vēl divi paraugi tika karsēti termostatā 100°C temperatūrā salīdzinoši neilgu laiku - 13h, pēc tam turēti 4 diennaktis hermētiskā mēģenē, bet vēlāk atklātā gaisā, ik pa laikam uzņemot frekvenču raksturlīknes. Tas bija nepieciešams gaisa mitruma ietekmes noskaidrošanai. Rezultāti redzami 4.attēlā. Šie mērījumi deva atbildi uz jautājumu, kāpēc dielektriskā caurlaidība nekarsētai gumijai ir tik liela ($\epsilon=60\div 80$ 20kHz gadījumā vai $\epsilon=30\div 40$ 100kHz gadījumā). Acīmredzot iemesls tam ir ūdens tvaiks, ko ir absorbējusi vai adsorbējusi gumija. Karsējot gumiju tikai 2 stundas, dielektriskā caurlaidība samazinās uz pusi (skat. 2., 4.att.). Karsējot vēl ilgāk, ϵ samazināšanās tempī vājinās. Tas nozīmē, ka gumija tiek izžāvēta un, jādodomā, ka tālākā lēnā dielektriskās caurlaidības samazināšanās ir saistīta ar gumijas novecošanas procesiem. Lai varētu sākt pētīt dielektriskās caurlaidības izmaiņu novecošanas procesus, gumija iepriekš 15÷20 stundas atvērtā mēģenē jāizkarsē aptuveni 100°C temperatūrā. Pēc izņemšanas no termostata, mēģene hermētiski jānoslēdz. Šādā stāvoklī paraugs ir jāglabā starp mērīšanām un karsēšanām. Pretējā gadījumā tas atkal uzsūks ūdens tvaiku.



4.att. Dielektriskās caurlaidības izmaiņa laikā gaisa mitruma ietekmē

Mērījumi izrādījās atkarīgi arī no laika, kāds ir pagājis, kopš paraugs ir izņemts no termostata. Konstatēts, ja dielektrisko caurlaidību mēra uzreiz pēc parauga izņemšanas no termostata, tā ir lielāka nekā tad, ja mērījumi tiek veikti pēc vairākām stundām. Tas redzams 2.attēlā un atsevišķi izdalīts 5.attēlā.



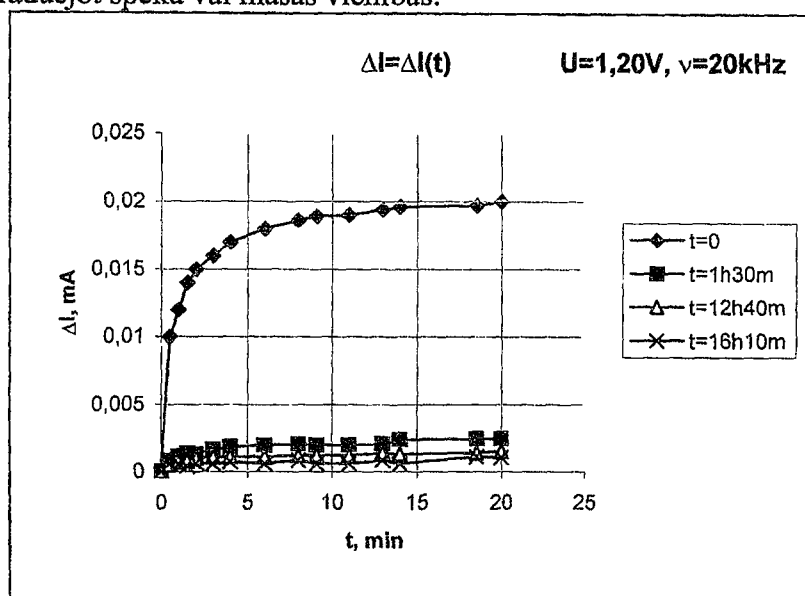
5.att. frekvenču raksturlīknes dažādiem pēckarsēšanas laikiem

Tātad intensīvi novecošanas procesi notiek ne tikai karsēšanas laikā, bet arī vairākas stundas pēc izņemšanas no termostata. Tāpēc pēc karsēšanas ir jāpagaida 15÷20stundas un tikai tad jāuzņem frekvenču raksturlīknes.

Tendence, ka, palielinoties frekvencei, samazinās dielektriskā caurlaidība, ir izskaidrojama ar jonu, dipolu vai elektronu siltuma polarizācijas izslēgšanos.

Veicot mērījumus, ir jāievēro arī šķūdes efektu iedarbība. Kondensatora plates, starp kurām atradās gumijas paraugs, labāka kontakta nodrošināšanas nolūkos tika noslogotas ar 1.920kg atsvaru. Tika konstatēts, ka pirmajās minūtēs pēc noslogošanas strāvas stiprums

caur kondensatoru palielinājās, pēc aptuveni 20 minūtēm šis process stabilizējās un nākamās stundas laikā strāvas pieaugums ΔI bija tikai 3-5%. 6.attēlā parādīta strāvas izmaiņa atkarībā no noslogošanas laika paraugam, kas dažādu ilgumu bija karsēts termostatā 145^oC temperatūrā. Izskaidrojums varētu būt saistīts ar gumijas parauga biezuma d samazināšanos slodzes iedarbībā. No formulas (2) ir redzams, ka I un d ir apgriezti lielumi. Vecākas gumijas cietība palielinās, tāpēc deformācijai un strāvas izmaiņai novecošanas procesā vajadzētu samazināties, bet ne tik strauji kā dotajā gadījumā, kad pēc parauga 1,5 stundas karsēšanas ΔI samazinās gandrīz 10 reizes. Būtiska gumijas novecošana šajā laikā nav iespējama. Tātad ir citi iemesli, iespējams - mitruma klātbūtne. Lai mazinātu šī efekta ietekmi, paraugs jāiztur vismaz 20 min. zem slodzes, un tikai pēc tam var uzņemt frekvenču raksturlielni. Tā kā strāvas stiprums ir atkarīgs no kondensatora platēm pieliktās slodzes P , tad to varētu izmantot, piemēram, svaru izgatavošanā, ampērmetru graduējot spēka vai masas vienībās.



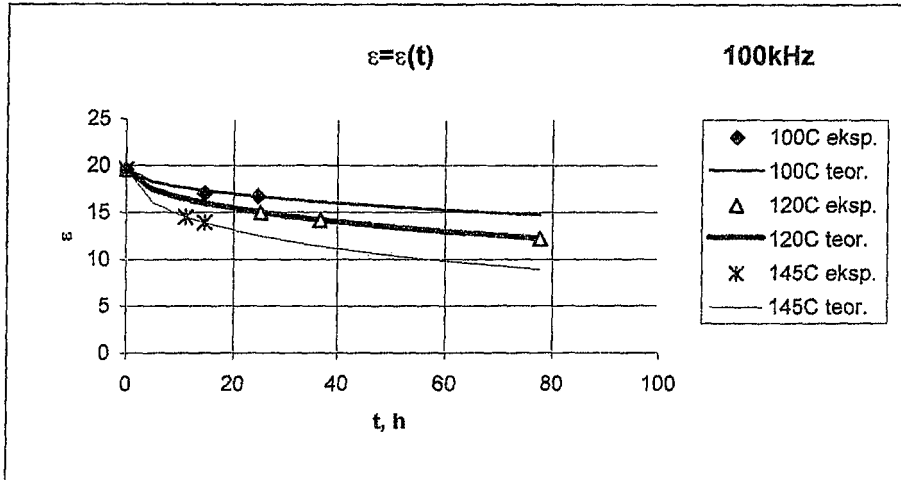
6.att. Strāvas stipruma izmaiņa atkarībā no gumijas noslogošanas un karsēšanas laikiem

Paraugu izvēlē jāievēro šādas prasības: nedrīkst būt manāmas rievas, izciļņi, ieslēgumi gumijā, virsmai jābūt maksimāli gludai, biezumam aptuveni vienādam visā paraugā. Tas tika mērīts ar mikrometru 10 dažādās vietās pa parauga perimetru un centrā, aprēķinos tika ņemta vidējā vērtība. Dotajā darbā kļūda šī lieluma noteikšanā sastāda aptuveni 6%. Tā kā, slogojot kondensatora plates, biezumam vajag samazināties, tad šī lieluma mērīšanas metodes nepieciešams pilnveidot.

Dielektriskās caurlaidības izmaiņa atkarībā no karsēšanas laika t un temperatūras T redzama 7.attēlā. Ar punktiem attēloti eksperimentālie, ar nepārtrauktu līniju - teorētiskie rezultāti. Eksperimentālajām vērtībām tika veikta korekcija, lai sākotnējās dielektriskās caurlaidības vērtības ϵ_0 visiem trijiem paraugiem būtu vienādas. Par laika atskaites sākumu ($t=0$) tika pieņemts moments, kad paraugi bija aptuveni 2 stundas izkarsēti termostatā. Funkciju piemeklēšana atbilstoši eksperimentālajiem punktiem tika veikta meklējumu ceļā ar elektroniskās tabulas EXCEL palīdzību. Tā kā daudzi dabiskie procesi norit pēc eksponenciāla likuma, tad arī teorētiskā dielektriskās caurlaidības funkcija tika ņemta kā eksponentfunkcija, kurai vajadzēja piemeklēt tikai divus koeficientus C_1 un C_2 :

$$\varepsilon = (\varepsilon_0 - 1)e^{-C_1 t^{C_2}} + 1 \quad (3)$$

Funkcijas izvēle bija pakļauta sākuma nosacījumam: ja $t=0$, tad $\varepsilon=\varepsilon_0$. Tika atrasts, ka laba saskaņa starp eksperimentālajiem punktiem un teorētisko līkni ir tad, ja $C_2=0.51$ un $C_1=0.0329$ ($T=100^\circ\text{C}$), $C_1=0.0545$ ($T=120^\circ\text{C}$), $C_1=0.0925$ ($T=145^\circ\text{C}$). Jāatzīmē, ka konstantei C_2 visos gadījumos ir viena un tā pati vērtība.



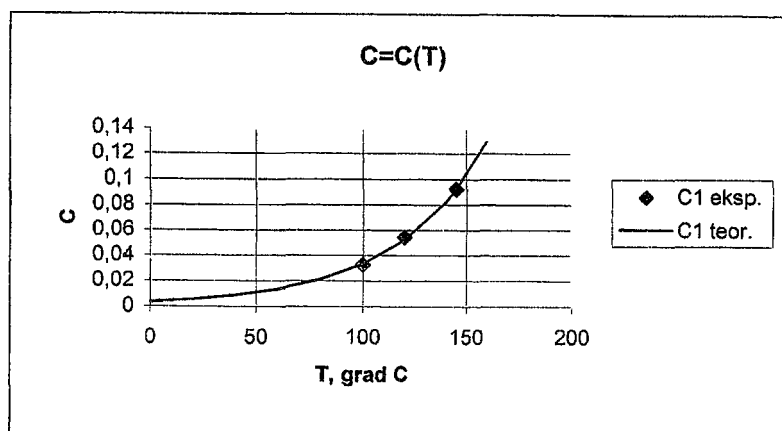
7.att. Dielektriskās caurlaidības izmaiņa atkarībā no karsēšanas laika un temperatūras

Temperatūrai T atbilstošās C_1 vērtības tika izmantotas, lai atrastu funkciju $C_1=C_1(T)$. Labu saskaņu ar eksperimentālajām C_1 vērtībām deva funkcija

$$C_1 = 0.0000076 \cdot e^{0.0225(273+T)} \quad (4).$$

Zemāk dota funkcijas C_1 vērtību tabula un grafiks (8.attēlā).

T, °C	C ₁ eksp.	C ₁ teor.	tk, gadi
0		0.0035	23.768
20		0.0055	9.835
40		0.0087	4.070
60		0.0136	1.684
80		0.0214	0.697
100	0.0329	0.0335	0.288
120	0.0545	0.0526	0.119
140		0.0825	0.049
145	0.0925	0.0923	0.040
160		0.1294	0.020
ε krit	4		
ε ₀	19.58		


 8.att. Funkcijas C_1 atkarība no karsēšanas temperatūras

Koeficients pirms eksponentes būtiski iespaido funkcijas skaitlisko vērtību, savukārt mainot otro koeficientu (0.0225), var panākt vajadzīgu liknes liekumu. Sakarība (4) ļauj noteikt konstanti C_1 , kas atbilst gumijas izstrādājuma ekspluatācijas temperatūrai T_e . Ievietojot C_1 kopā ar kritisko dielektriskās caurlaidības $\varepsilon_{\text{krit}}$ vērtību sakarībā (3), var atrast maksimālo gumijas izstrādājuma kalpošanas laiku ekspluatācijas temperatūrā:

$$t_k = \left(-\frac{\ln \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon_0 - 1}}{C_1} \right)^{\frac{100}{51}} \quad (5).$$

Ja, piemēram, gumijas dielektriskā caurlaidība pašreizējā momentā $\varepsilon_0=19.58$, bet kritiskā $\varepsilon_{\text{krit}}=4$, tad dotais gumijas izstrādājums vēl varēs kalpot laiku t_k , kurš dažādām ekspluatācijas temperatūrām dots tabulā.

Apzīmēsim $C_1 = \frac{\nu}{CT} \quad (6),$

kur $C=\text{const}$, tad sakarību (3) var pārveidot:

$$\varepsilon = (\varepsilon_0 - 1)e^{-\frac{\nu C_2}{CT}} + 1 \quad (7).$$

Šī izteiksme varētu aptuveni aprakstīt dielektriskās caurlaidības ε atkarību no frekvences, laika un temperatūras. Koeficienti C un C_2 ir jāpiemeklē. Atvasinot šo funkciju, pēc laika var iegūt diferenciālvienādojumu, kurš raksturo dielektriskās caurlaidības izmaiņas ātrumu:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = -\frac{(\varepsilon_0 - 1)C_2 \nu}{CTt^{1-C_2}} e^{-\frac{\nu C_2}{CT}} \quad (8).$$

Izteiksmes (7) un (8) apmierina sākuma un robežnosacījumus:

ja	$t=0,$	tad	$\varepsilon = \varepsilon_0$	un	$d\varepsilon/dt = -\infty;$	
	$t=\infty$		$\varepsilon=1$		$d\varepsilon/dt=0;$	
	$\nu=0$		$\varepsilon = \varepsilon_0 = \varepsilon^*$		$d\varepsilon/dt=0;$	(9)
	$\nu=\infty$		$\varepsilon=1$		$d\varepsilon/dt=0;$	
	$T=0$		$\varepsilon=1$		$d\varepsilon/dt=0;$	
	$T=\infty$		$\varepsilon = \varepsilon_0$		$d\varepsilon/dt=0;$	

Apskatīsim šo nosacījumu iespējamo fizikālo izskaidrojumu. Sākuma momentā dielektriskajai caurlaidībai ir maksimāla vērtība ϵ_0 , kura laika gaitā samazinās. Ilgstošā novecošanas procesā sistēmai jāieņem stāvoklis ar minimālu enerģiju, tātad ar minimālām iespējam daļiņām pārvietoties un polarizēties. Tā kā ϵ ir tieši atkarīga no polarizācijas, tad izslēdzoties polarizācijai elektriskais lauks dielektriķī nepavājinās un $\epsilon=1$. Konstanta lieluma maiņas ātrums vienāds ar nulli, tāpēc $d\epsilon/dt=0$. Palielinoties frekvencei, dielektriskā caurlaidība samazinās, jo sākumā pakāpeniski izslēdzas lēnākie - dipolu, jonu un elektronu siltuma polarizāciju veidi, bet vēlāk arī ātrākie - dipolu, jonu un elektronu elastīgo polarizāciju veidi. Tāpēc frekvencei tiecoties uz bezgalību, polarizācija nenotiek un $\epsilon=1$. Pie absolūtās nulles ($T=0$) daļiņas ir it kā "iesaldētas", to pārvietošanās nav iespējama, tāpēc nav iespējama arī polarizācija un $\epsilon=1$. Palielinoties temperatūrai, lielāka kļūst daļiņu enerģija, tām vieglāk pārkārtoties ārējā elektriskā lauka virzienā (polarizēties), tāpēc ϵ pieaug (ja $t, v=\text{const}$). Reāli temperatūrai jābūt mazākai par kādu kritisko vērtību T_k , pārsniedzot kuru sāksies gumijas sairšana. Pilnīgu pārliecību par izteiksmju (7) un (8) pareizību pagaidām diemžēl nevar teikt, jo pamaz ir eksperimentālo datu.

Gumijas paraugu vizuālie novērojumi mikroskopā (20 un 100 \times lielā palielinājumā) ļāva secināt, ka jaunākām gumijām virsma ir līdzenāka, mikroplaisu daudzums un izmēri nelieli. Paraugiem, kas bija pakļauti mākslīgajai novecošanai (80h, 120 $^{\circ}$ C), mikroplaisas ir paplašinājušās, to skaits kļuvis lielāks. Aina atgādina izžuvušu, saplaisājušu zemi tuksnesī. Optiskie novērojumi mikroskopā varētu būt vēl viens kritērijs, pēc kura vadīties, nosakot gumijas novecošanas pakāpi.

Gumijas novecošanas pakāpes raksturošanai varētu ņemt arī citus kritērijus, piemēram, elastības un bīdes modulus, izturības robežu, cietību, elektrovadītspēju u.c. Šajā nolūkā ir nepieciešams savākt bagātīgu eksperimentālo materiālu, noskaidrot konkrētā fizikālā lieluma izmaiņas tempus atkarībā no novecošanas faktoru intensitātes, aprakstīt šos procesus ar atbilstošiem diferenciālvienādojumiem, noteikt šo lielumu kritiskās vērtības, izstrādāt gumijas kalpošanas laika prognozes metodiku. Precīzāku prognozi varētu iegūt, izmantojot kompleksu modeli, kurā iekļauts maksimāls skaits pētāmo fizikālo lielumu.

ZĪDAIŅU MIRSTĪBA KĀ VIDES KVALITĀTES INDIKATORS LATGALĒ

IVARS MATISOVS,

Rēzeknes Augstskola, Inženieru fakultāte
Atbrīvošanas al. 76, Rēzekne, Latvija, LV - 4600

Zīdaiņu mirstība atšķiras no kopējās iedzīvotāju mirstības problēmas ar savu īpašo sociālo, demogrāfisko un medicīnisko nozīmību. Tā ir viens no jutīgākajiem jebkuras teritorijas vispārējā sociāli ekonomiskā, sanitārā un ekoloģiskā stāvokļa indikatoriem. Tādējādi zīdaiņu mirstību var uzskatīt par kompleksu vides kvalitātes indikatoru, ar vidi šajā gadījumā saprotot visu sociālo, ekonomisko un dabas faktoru un parādību kopumu, kas tiešā vai netiešā veidā ietekmē iedzīvotāju dzīves kvalitāti.