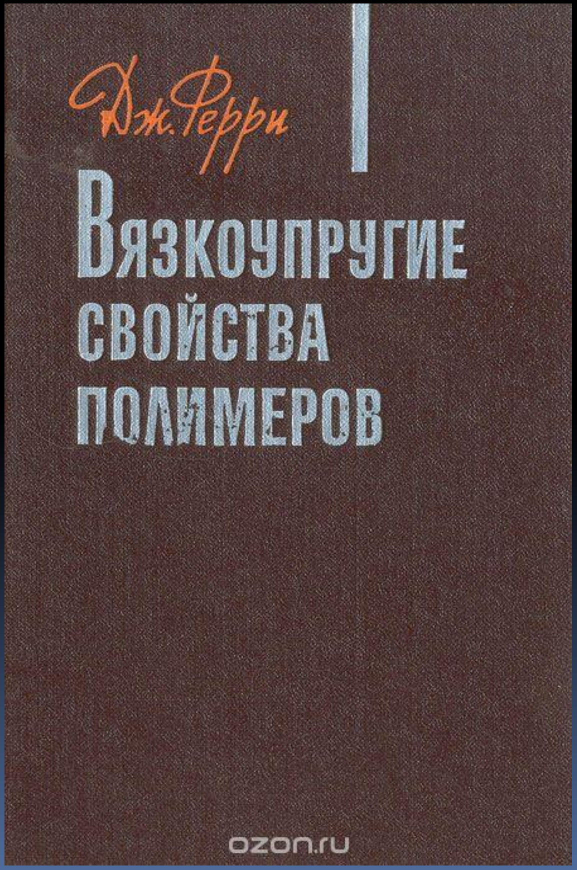
ПОЛИМЕРДІҢ ТҰТҚЫРЛЫҚ СЕРПІМДІ ҚАСИЕТТЕРІ



Орындаған: Сержанова Ж

Топ: 3 ФКО

Тексерген: Бекешев А.З

Жоспар:

- Полимердің тұтқырсерпімділігінің негізі
- Полимердің феноменалогиялық теориясының тұтқырсерпімділік қасиеті
- Полимердің тұтқырсерпімділік қасиетінің жиілікке және температураға тәуелділігі

Тұтқырсерпімділік

Тұтқырсерпімділік-деформация кезінде әрі тұтқыр, әрі серпімді болатын материалдардың қасиеті. Тұтқыр материалдар, мысалы мыс секілді материалдар соқтығысқанда ығысады және кернеу кезінде сызықтық түрде созылады. Серпімді материалдар тартылу кезінде созылады және кернеу болмаған кезде қайта бастапқы орнына оралады. Тұтқырсерпімді материалдарға екі элементтің де қасиеттері тән және уақытқа байланысты кернеуді көрсетеді. Серпімділік қатты денедегі кристалдық-графиктік жазықтықтың бойымен өткендегі созылуының нәтижесі болғанда, тұтқырлық аморфтық материалдардағы атомдар мен молекулалардың диффузиясының нәтижесі болып табылады.

Полимердің тұтқырсерпімділігінің негізі

паапепппп си чмс

Полимердің негізгі тамаша қасиеттерінің бірі оның тұтқыр-серпімділік құрылымы. Тұтқыр серпімді қасиет полимердің басты физика-механикалық құрылмының бірегей кешенін (комплексін) анықтайды. Қатты денелердің көпшілігі аз деформациялану жағдайында Гук заңының ең қарапайым формасында орындалатыны белгілі:

$$\sigma = ES \qquad (7.1)$$

Мұндағы, σ**- кернеу, S- деформация,** Е **- серпімділік модулі (Юнг модулі)**

Аз тұтқыр сұйықтар Ньютон заңына бағынады:

$$\sigma_{xy} = \eta \frac{\partial v_x}{\partial y} \qquad (7.2)$$

Мұндағы **σ_{xy}- кернеудің ығысуы, $\frac{\partial v_x}{\partial y}$– сұйықтағы жылдамдық қозғалысының градиенті, η - тұтқырлық коэффициенті**

Толығымен серпімді қасиетін жоғалтқан идеал сұйықтар болмайды, сонымен қатар деформацияның кез келген жағдайында Гук заңына бағытын идеал серпімді денелер болмайды. Барлық денелер серпімді қасиеттерімен қоса тұтқырлық қасиеттерімен де сипатталады. Бірақ көптеген материалдардың тұтқыр-серпімді қасиеттері әлсіз байқалады, сондықтан да оларды жоғарыда айтылған денелер типінің біріне жатқызады.

Кернеу мен деформация арасындағы байланыс

Тұтқыр- серпімді денелер жағдайында периодтық заңдар бойынша өзгеретін және деформацияға байланысты кернеулер арасындағы байланыс мына түрде берілуі мүмкін:

$$\boldsymbol{\sigma = E^{*}S} \qquad (3)$$

$\boldsymbol{E^{*}}$ **- серпімділік модулінің комплексі,** мынаған тең:

$$\boldsymbol{E^{*} = E' + iE''} \qquad (4)$$

Серпімділік модулінің нақты бөлігі $\boldsymbol{ReE^{*}=E'}$ Серпімділіктің динамикалық модулі деген атауға ие болады, ал қиялдағы (ойша) бөлігі $\boldsymbol{ImE^{*} = E''}$ жоғалту модулі деп аталады.

7.3 өрнек периодтық әсерлерден полимерлік материалдардың күйін сипаттау үшін маңызды береді. Мысалы, денеге синусоидалы өзгеретін кернеу қосылсын

$$\boldsymbol{\sigma = \sigma_0 \cos \omega t.}$$

Мұндағы **t –уақыт,** $\boldsymbol{\omega = 2\pi f}$**-айналу жиілігі (-1 сек ішіндегі тербеліс саны),** $\boldsymbol{\sigma_0}$**–кенеудің амплитудалық мәні.** Егер бұл жағдайда дене сызықтық тұтқыр-серпімді күйді анықтайтын болса, онда деформацияда синусоидалы түрде өзгеретін болады, бірақ кернеуден фаза бойынша айырмашылығы болады, $\boldsymbol{S = S_0(\omega t - \sigma)}$ **мұндағы** $\boldsymbol{\sigma_0}$**-деформацияның амплитудалық мәні,** $\boldsymbol{\delta}$**–кернеу мен деформация арасындағы ығысу фазасы,** уақыттың кез келген жағдайында: $\boldsymbol{E^{*} = \frac{\sigma}{S}}$ **(5)**

Деформациямен фаза бойынша сәйкестенбейтін, синусоидалды заң бойынша өзгеретін кернеуді екі құраушыға орналастыруға болады, оның біреуі деформациямен сәйкестенеді, ал екіншісі $\frac{\pi}{2}$ бойынша ерекшеленеді; бұдан $\boldsymbol{E'}$ **және** $\boldsymbol{E''}$ шамаларының

Шығын модулі (жоғалу модулі)

- Шығын модулі $\boldsymbol{E}'$ деформациядан $\frac{\pi}{2}$ фаза бойынша өзгеретін кернеудің сол деформация мәніне қатынасын анықтайды.
- Шығын модулі $\boldsymbol{E}''$ бір период тербеліс ішінде жылжуға айналатын серпінді тербелістердің энергиясының сол бөлшегінің өлшемі болып табылады. Неғұрлым кернеу мен деформация арасындағы ығысу фазасы ұлғайған сайын соғұрлым $\boldsymbol{E}''$ мәні үлкен болады. Кернеу мен деформация арасындағы ығысу фазасы аса үлкен болған кезде онда $\boldsymbol{E}''$ максимум болады. Осылайша $\boldsymbol{E}''$ тұтқыр серпімді денелердің тербеліс энергияларынан шашырауын сипаттайды.
- Кешенді серпінді модулінің абсолюттік мәні $|\mathbf{E}^*| = \sqrt{\mathbf{E}'^2 + \mathbf{E}''^2}$ тең; басқа жағынан кернеудің амплитудалық мәнінінің деформациясының амплитудалық мәніне қатынасы $\frac{\sigma_0}{s_0} = \sqrt{\mathbf{E}'^2 + \mathbf{E}''^2}$ тең. Фазалық ығысудың арасындағы кернеу және қарапайым деформация тангестің бұрыштық механикалық жоғалуы мынаған тең: $\tan\delta = \frac{E'^2}{E''^2}$

Полимердің феноменалогиялық теориясының тұтқырсерпімділік қасиеті

Полимердің тұтқыр серпімді болуының негізігі параметрлерінің бірі серпімділіктің динамикалық модулі, шығын модулі, сонымен қатар дыбыс толқындарының жылдамдығы мен жұтылуы болып табылады.

Полимердің тұтқыр серпімді болуындағы теорияның негізгі міндеті осы параметрлердің жиілік пен температураға тәуелділігін орнату, сонымен қатар химиялық құрамы мен физикалық құрылымына тәуелділігін орнату. Полимердің тұтқыр серпімді болуын сипаттаудың бірнеше тәсілдері бар. Солардың біреуі механикалық және электрлік модельдердің қолданылуына негізделген, ал басқалары - Больцман – Вольтер теңдеуінің салдарын қолдануға негізделген.

Полимердің тұтқыр серпімді болуын сипаттайтын әдістерінің бірі серпімділік теориясы мен термодинамиканың бірнеше қайтымсыз процестеріне негізделген. Осыған байланысты тұтқыр серпімді жылу өткізгіш ортадағы дыбыс толқындарының таралуын тапсырмаларды орындауда жылу өткізгіштік еленбейді, бірақ полимердің төменгі температурадағы ультрадыбыстық толқындарын қарауда қолданылады. Негізігі теңдеу ретінде массаның сақталу заңын, импульс пен энергияның сақталу заңдарын аламыз; бір өлшемді жағдайда мына түрде болады

Полимердің феноменалогиялық теориясының тұтқырсерпімділік қасиеті

- $\frac{\partial\rho}{\partial t}+\rho\frac{\partial v_x}{\partial x}=0$

$$\rho\frac{\partial^2 U}{\partial t^2}-\frac{\partial\sigma_{xx}}{\partial x}=0$$

$$\rho c_v\frac{\partial' T}{\partial t}-\frac{T\beta K_T}{\rho}\frac{\partial\rho}{\partial t}+\frac{\partial q_x}{\partial x}=0 \qquad (9)$$

Мұндағы U-деформация кезіндегі дененің орын ауыстыруы; $V_x=U_x$ –орташа бөлшектердің жылдамдығы; σ_{xx}–бөлшек диоганалінің тензорлық кернеуі;

Т- температура -тұрақты көлемдегі меншікті жылу сыйымдылық; c_v– ұлғаю коэффициенті; ρ-орташа тығыздық; V-меншікті көлем; $K_T=-V(\frac{\partial p}{\partial V})_T$ - изотермиялық бір қалыпты сығылу модулі; **q_x-тығыздық векорының жылулық ағынының компаненті**

($q=-x\nabla T$, мұндағы x – жылу өткізгіш коэффициенті)..

$$\hat{J}=\frac{1}{G_\infty}+\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{G_{0j}}\frac{1}{1+i\omega\tau_j} \qquad (10)$$

Максвелл моделі

Максвелл моделінің механикалық аналогі тізбектей жалғанған пружина мен демпфер (тұтқыр сұйықтағы жылжымалы поршень) болып саналады. Бұл модель релакциялық (тыныштықтағы) кернеудің эксперименттерін сипаттауда кейде қолданылады. Дифференциялдық оператор моделіне тепе-теңдік моделін қойса, онда ол мынадай түрге келеді:

$$\hat{G} = \frac{G_1 \tau \frac{\partial}{\partial t}}{1+\tau \frac{\partial}{\partial t}} \qquad (11)$$

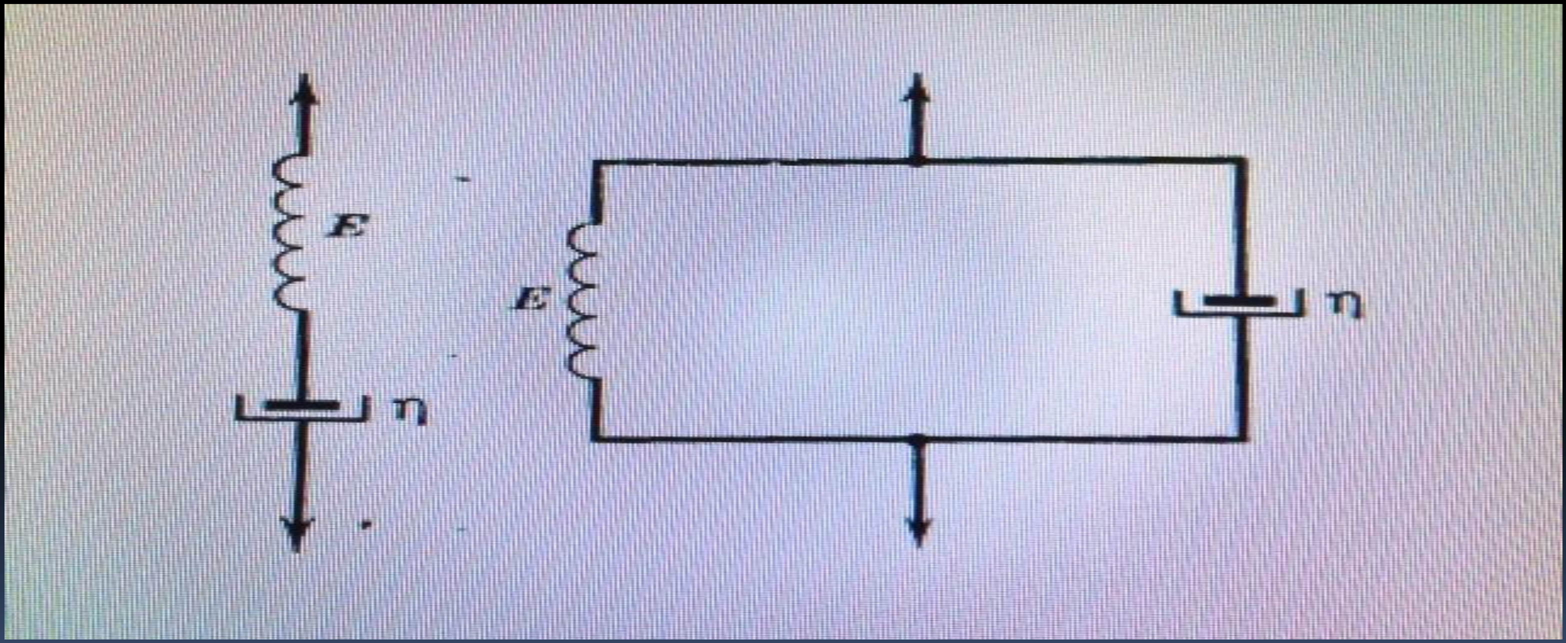
өрнектегі қатынас Максвелдің бірлік моделіне арналған дифференциялдық оператор модуліне сәйкес келетіні анық. Периодтық процестер жағдайы үшін ығысудың комплекстік (кешенді) модулі мынадай болады:

$$G^* = G' + iG'' = \frac{i\omega\tau G_1}{1+i\omega\tau} \qquad (12)$$

Максвелл моделі

1-сурет Максвелл моделі

2-сурет Кельвин-Фойхт моделі



Кельвин-Фойхта моделі

- Максвелл моделінің айырмашылығы, Кельвин-Фойхта моделінде серіппе және демпфер параллель байланысқан (2-сурет). Бұл моделді жиі пайдалану үшін сырғыма сипаттамасында тұтқыр серпімді материал қолданылады. Бұл модель дифференциалдық оператормен сәйкестендіріледі:

$$\hat{J} = \frac{1}{G_0}\frac{1}{1+\tau\frac{\partial}{\partial t}} \quad (12)$$

Тұтқыр комплекстік модуль келесі периодтық процесспен анықталған :

$$G^* = G' + iG'' = G_0(1 + i\omega\tau)$$

Осында: $G' = G_0, G'' = G_0\omega\tau \quad \tan\delta = \omega\tau$ (13)

Келвин-Фойхта моделі тұтқыр динамикалық модулі жиілікке тәуелсіз және tanδ қисық сызықты максимум мәні жоқ tanδ=f(ωτ). Осы екі жағдай орташа полимер материалы, тұтқырсерпімді қасиеттері өте күшті болады.

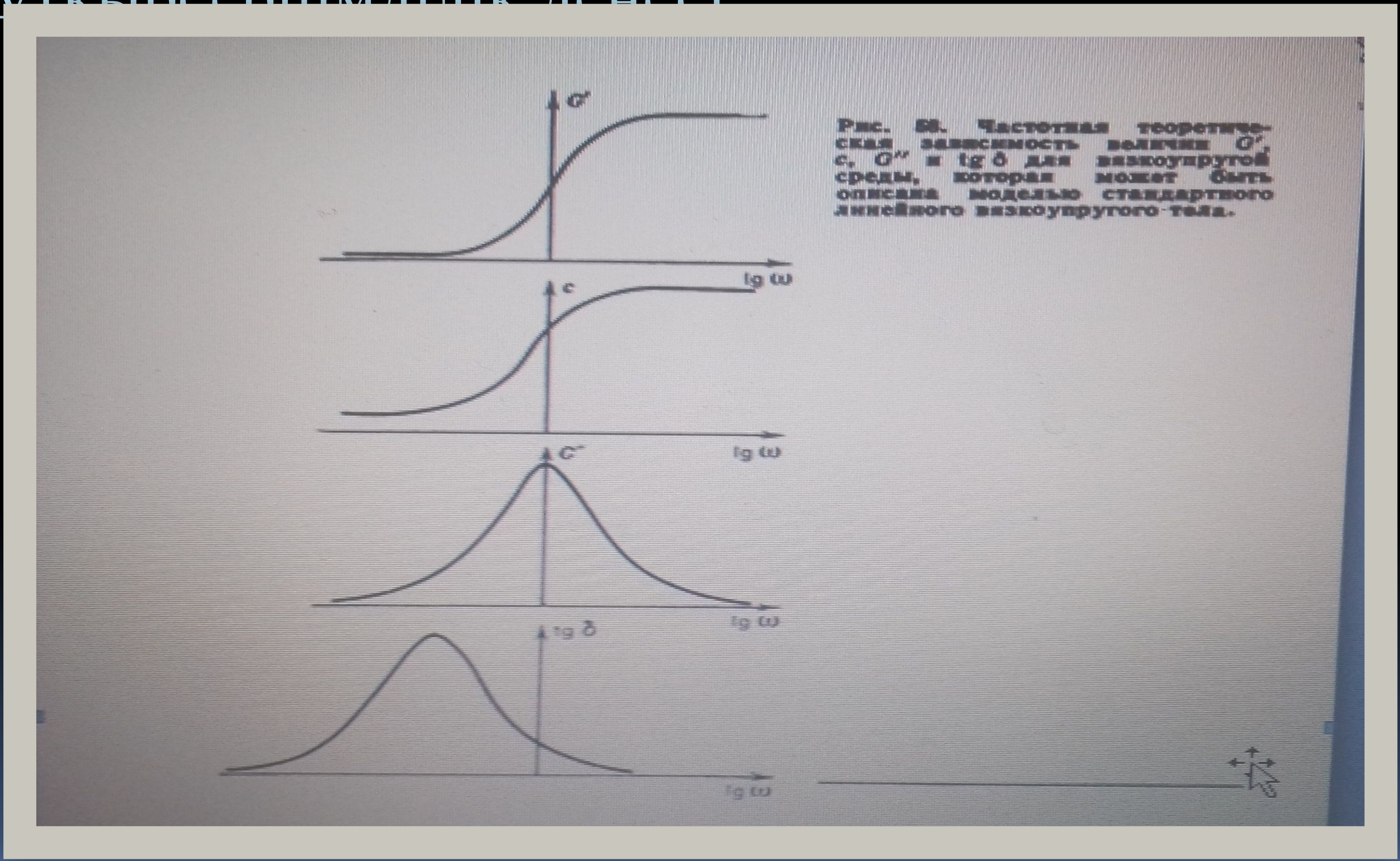
Полимердің тұтқырсерпімділік қасиетінің жиілікке және температураға тәуелділігі

- Тұтқыр динамикалық модулдің тәуелділігі, дыбыс жылдамдығына және жиліктің сіңіру коэффициентіне қатысты.

Ең қарапайым жағдайларды қарастырғанда –шамалардың жиілік тәуелділігіне $\mathbf{G', G'', tg\delta}$ және с орташа тұтқырсерпімді үшін, тұтқырсерпімді денелер моделі пайдаланылады. 3- суретте жоғарыдағы параметрлер жиілікке тәуелділігі формуламен анықталады.

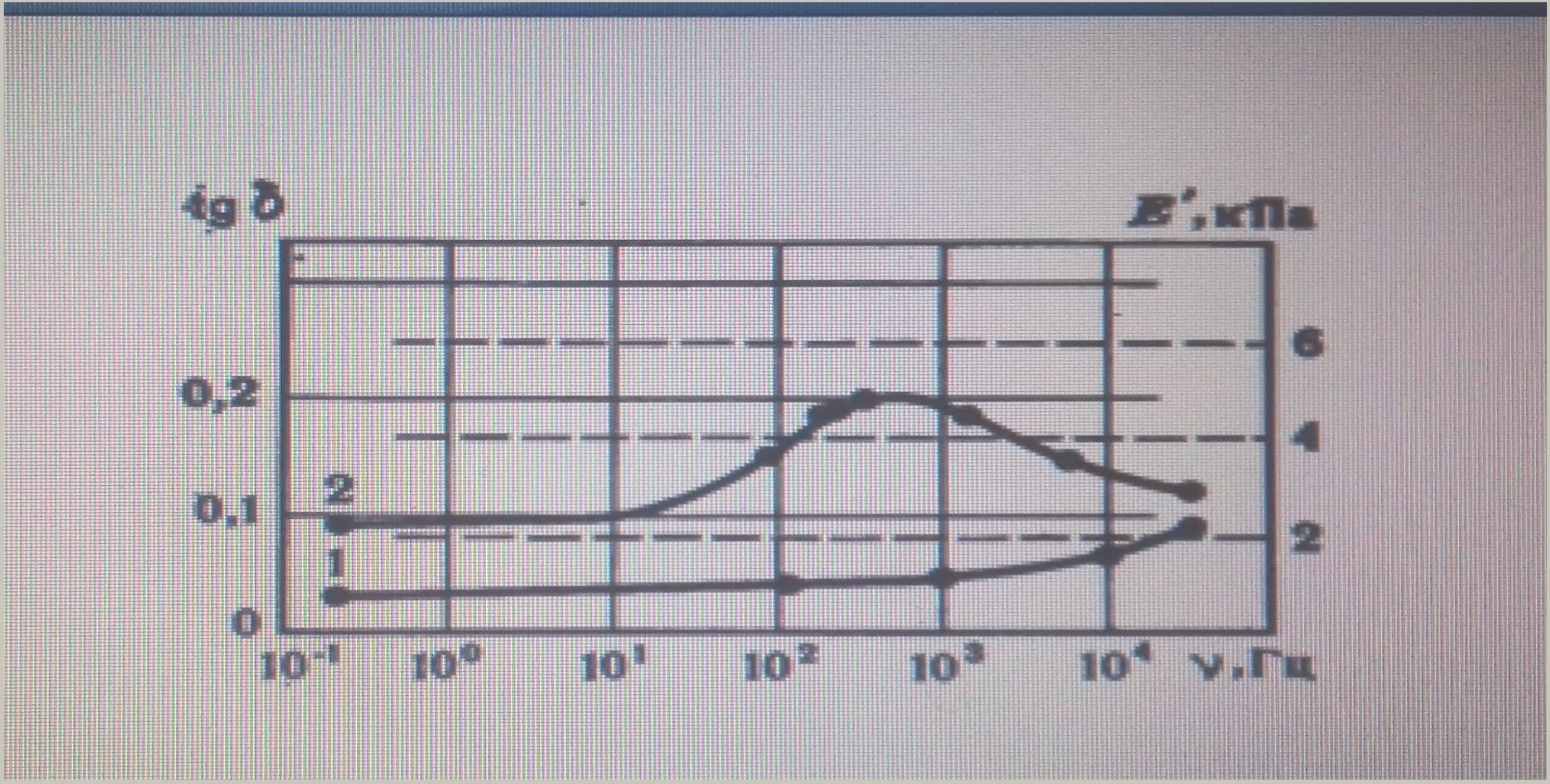
Келесі күрделі функцияларды қарастырғанда: $\mathbf{G' = f_1(lg\omega)}$ **Б**іріншіден, динамикалық модульдің нүктесіне соқтығыспай **ω=1/τ (ωτ=1),** уақытқа қисықтық нүкте арқылы соқтығыспай **с=** $\mathbf{f_2(lg\omega)}$ төменгі жиілікпен сәйкестендіріледі. Екіншіден, қисық максимум жанында **ωτ=1,** уақыт бойынша **tanδ** төмен жиілікте максимум арқылы сәйкестендіріледі.

3- сурет температураның жилікке тәуелділігі үшін стандартты модельдің сызықты тұтқырсерпімділік денесі



4- суретте ұсынылған нәтижелердің өлшемі және нейлон (поликапроамиде), Ватермен жасаған.

Полимердің тұтқырсерпімділік қасиеті температура тәуелділігімен сипатталады. Дегенмен температура алынып тастайды.



НАЗАРЛАРЫҢЫЗҒА РАХМЕТ