

## ТОПТОЛГОН КҮЧТӨР ТАРАБЫНАН КЫСЫЛГАН ТИЛКЕДЕГИ СЕРПИЛГИЧ ДЕФОРМАЦИЯЛАРДЫ EXCEL ЧӨЙРӨСҮНДӨ САНДЫК ЭСЕПТӨӨ ЖӨНҮНДӨ

*Стамкулова Г.К. КГТУ им.И.Раззакова, кафедра ПОКС, город Бишкек, Кыргызстан,  
gulkuva@gmail.com) orcid.org/0000-0003-2782-8468*

Серпилгич деформацияны Excel чөйрөсүндөгү дискреттик моделди [1,3] колдонуу менен сандык эсептөөнүн маселелери каралат. Топтолгон күчтөр тарабынан кысылган аяккы тилкедеги жылышуулардын жана чоюучу деформациялардын өзгөрүүлөрүнүн мыйзам ченемдүүлүктөрү аныкталды.

**Маанилүү сөздөр:** Серпилгич деформация, сандык эсептөө, күч, атом, модель.

**ABOUT NUMERICAL CALCULATION IN THE ENVIRONMENT OF EXCEL ELASTIC DEFORMATIONS IN THE STRIP COMPRESSED BY CONCENTRATED FORCES**

*Stankulova G. K. KSTU named after I.Razzakov, chair POCS, Bishkek city, Kyrgyzstan, gulkuv@gmail.com*

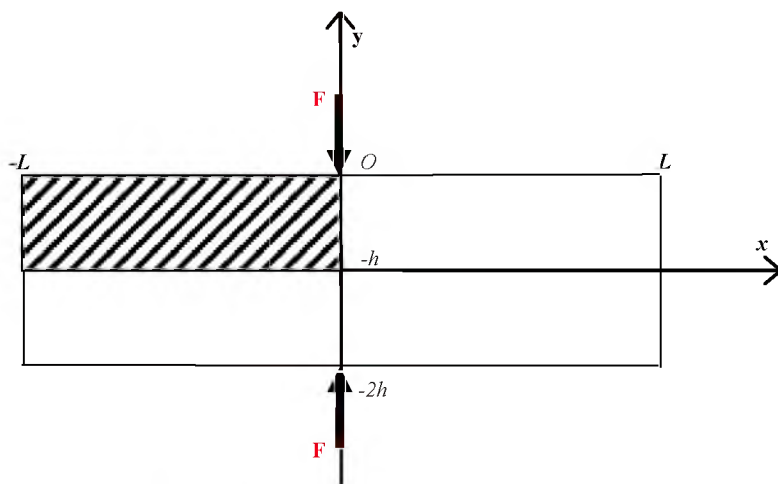
Questions of calculating elastic deformation in the environment of Excel are considered, based on the use of discrete model [1, 3]. The regularity of change of movements and the stretching of deformation in the final strip squeezed by the concentrated forces are established.

**Keywords:** elastic deformation, discrete model, numerical calculations, forces, atom, model.

1<sup>0</sup> Баштапкы жоболор. Серпилгичтик теориясынын маселесинин чыгарылышын чектелген өлчөмдүү телолор каралып жатканда алуу кыйын. Натыйжалар сандык методдор менен алынышы мүмкүн. Мында тигил же бул эсептөө схемасын (шаблонду) [2] тандоо негизги мааниге ээ. Бул иште мындай шаблон катары катуу телону түзүп турган молекуланын алты атомдуу модели [1,3] каралат. Серпилгичтик теориясынын маселелеринин сандык чыгарылышы үчүн колдонулган прикладдык программалардын ар кыл пакеттери белгилүү. Колдонуу үчүн эң оңой болуп MS Excel офистик колдонмосунун камтылган функциялары эсептелет. Бул мүмкүнчүлүктөрдү ишке ашыруу илимий жана практикалык мааниге ээ.

Ушундан улам бул иште топтолгон симметриялык күчтөр менен кысылган серпилгич тилкенин (жалпак деформация болгон учурда) устунунун деформацияларын (1-сүрөт) сандык эсептөөнүн маселелери каралат.

Туурасы  $2h$  жана узундугу  $2L$  болгон серпилгич устун ортосунан туурасынан таасир этүүчү эки топтолгон күчтөр  $F$  менен кысылып турат.  $F$  күчүнүн маанилери ар кандай болгон учурларда эң чоң чоюучу деформацияларды табуу жана анын өзгөрүшүнүн мүнөзүн аныктоо талап кылынат.



1-сүрөт. Тилкенин жүктөлүшүнүн эсептик схемасы.

Симметрияны эске алып, мындан ары тилкенин 1/4 бөлүгүн (1-сүрөттө көрсөтүлгөн) гана карайбыз. Бул учурда горизонталдык ( $U$ ) жана вертикалдык ( $V$ ) кесилиш чекиттеринин жылышуулары  $x=0$ ,  $x=\pm\rho$ , а также  $x=\pm\lambda$  ( $\lambda=2\rho$ ) болуп,  $y\in(0; h)$  болгон учурда төмөнкү катыштарга багынышат:

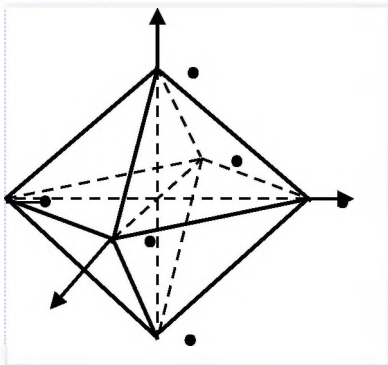
$$\begin{aligned} U(0,y) &= 0; & U(+\rho,y) &= -U(-\rho,y); & U(+\lambda,y) &= -U(-\lambda,y); \\ V(+\rho,y) &= V(-\rho,y) & \text{и} & & V(+\lambda,y) &= V(-\lambda,y) \end{aligned} \quad (1)$$

$x \in (0; -l)$  болгон учурда  $y = -h$ ,  $y = \pm\rho$  и  $y = \pm\lambda$  кесилиш чекиттеринин жылышуулары

төмөнкү шарттарга багынышат:

$$\begin{aligned} V(x, -h) &= 0; & V(x, -h-\rho) &= -V(x, -h+\rho); \\ V(x, -h-\lambda) &= -V(x, -h+\lambda); \\ U(x, -h-\rho) &= U(x, -h+\rho) \text{ и } U(x, -h-\lambda) &= U(x, -h+\lambda) \end{aligned} \quad (2)$$

Коюлган маселенин сандык чыгарылышын табуу үчүн каралып жаткан серпилгич тилкени биз бири-бири менен жалпы «атомдор» аркылуу байланышкан «молекулалардын» жыйындысы түрүндөгү дискреттик чөйрө катары моделдештиребиз. Айрым молекула б «атомдон» турат (2-сүрөт).

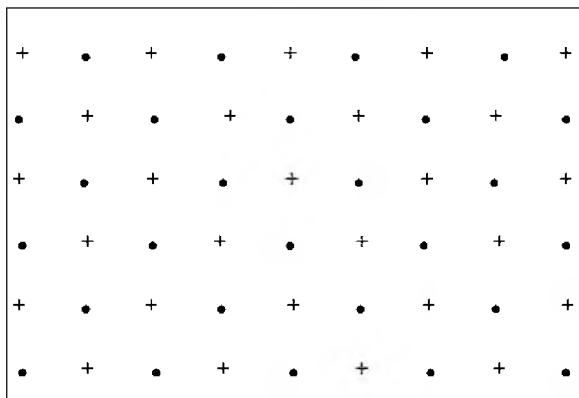


2-сүрөт. Серпилгич телонун элементардык көлөмүнүн б «атомдук» модели.

Серпилгич телонун «молекуласынын» «атомдору» бири-бирине түз сызыктуу мыйзам боюнча өз ара таасир этишет, бул учурда  $\square$  аралыгында жайгашкан атомдордун өз ара таасир этүү коэффициенти  $K_1 = \mu\lambda^2/4$ га барабар болуп эсептелет, ал эми  $\lambda/\sqrt{2}$  аралыгында жайгашкан атомдордун буга окшош коэффициенти  $K_2 = \sqrt{2}\mu\lambda^2/2$  болот, мында  $\mu$  - устундун серпилгичтик касиетин мүнөздөөчү жылышуу модулу.

Телонун мындай моделинин касиети (көрсөтүлгөн коэффициенттери) эки атомдун борбордук өз ара таасир этүүсүнүн (тартылуу же түртүлүү) мыйзамдары менен жана макро бир тектүү, изотроптун телонун серпилгичтик жүрүм-турумуна ылайык аныкталды.

Мындай моделди колдонуу учурунда тилкенин каралып жаткан аймагы 3-сүрөттө көрсөтүлгөнгө окшош түргө ээ болот.



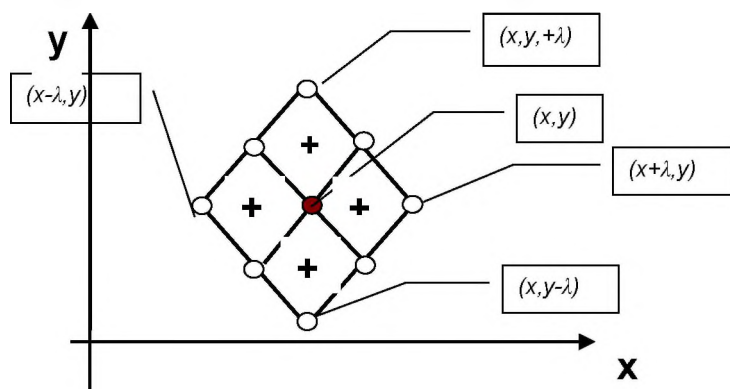
3-сүрөт. Тилкенин ажыратылган бөлүгүнүн дискреттик модель боюнча схемасы: сүрөттүн тегиздигинде жайгаштырылган «атомдор», тегиздиктердеги «+» - сүрөттүн тегиздигинен  $\pm \rho$  аралыгында жайгашкан «атомдор».

2<sup>0</sup>. Дискреттик моделдеги тилкенин тең салмактуу абалынын теңдемеси. Телонун ичинде анын ар бир «атому» жалпы учурда б «молекуланын» курамына кирет да, ал «молекулалардын» ичиндеги 18 «атом» менен өз ара таасир этишет (4-сүрөт). Мындай атомдун жылышуусу ага таасир этүүчү көлөмдүү күч менен, ошондой эле анын тегерегиндеги атомдордун жылышуулары менен байланыштуу. Жылышуу атомдордун өз ара

жайгашуусуна көз каранды болгон сырткы (активдүү) жана ички (реактивдүү) күчтөрдүн балансын талап кылган тең салмактуу абалдын шартына туура келиши керек. Бул координата окторуна проекциялоо менен жазылган теңдемелер төмөнкүдөй көрүнүшкө ээ [1]:

$$X(x,y)=-\lambda\mu/4\{18U(x,y)-U(x-\lambda,y)-U(x+\lambda,y)-4[U(x-\rho,y)+U(x+\rho,y)]-2[U(x-\rho,y-\rho)+U(x-\rho,y+\rho)+U(x+\rho,y+\rho)+U(x-\rho,y-\rho)]+W(x-\rho,y-\rho)-W(x-\rho,y+\rho)+W(x+\rho,y+\rho)-W(x+\rho,y-\rho)\} \quad (3)$$

$$Y(x,y)=-\lambda\mu/4\{18W(x,y)-W(x-\lambda,y)-W(x+\lambda,y)-4[W(x-\rho,y)+W(x+\rho,y)]-2[W(x-\rho,y-\rho)+W(x-\rho,y+\rho)+U(x+\rho,y)+U(x-\rho,y)+U(x-\rho,y-\rho)-U(x-\rho,y+\rho)+U(x+\rho,y+\rho)-U(x+\rho,y-\rho)]\}$$



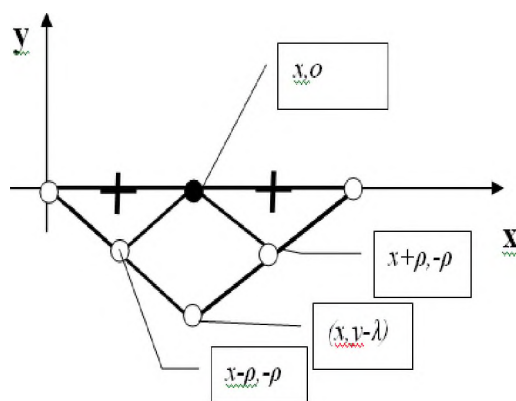
4-сүрөт. Тегереги толук курчалган атомдун байланыштары

Мында  $(x,y)$  – «ички» атомдун координаталары,  $X(x,y)$  жана  $Y(x,y)$  – бул атомго таасир этүүчү күчтүн  $ox$  жана  $oy$  окторуна проекциясы,  $U,W$  – тиешелүү атомдордун жылышууларынын горизонталдык жана вертикалдык түзүүчүлөрү (бөлүктөрү).

Телонун  $(x,0)$  координатасына ээ тегиздигинде жайгашкан атомдордун тегереги молекулалар менен толук курчалбайт да, алар 6 «молекула» менен гана өз ара таасир этишет (5-сүрөт). Бул учурда тең салмактуулук теңдемелери төмөнкү түргө келишет:

$$X(x,0)=-\lambda\mu/4\{14U(x,0)-U(x-\lambda,0)-U(x+\lambda,0)-4[U(x-\rho,0)+U(x+\rho,0)]-2[U(x-\rho,\rho)+U(x+\rho,-\rho)]+W(x-\rho,-\rho)-W(x+\rho,-\rho)\}$$

$$Y(x,0)=-\lambda\mu/4\{9W(x,0)-W(x,-\lambda)-2[W(x-\rho,\rho)+W(x+\rho,-\rho)+U(x-\rho,-\rho)-U(x+\rho,-\rho)]-4W(x-\rho)\} \quad (4)$$



5-сүрөт. Сырттагы «атомдун» өз ара таасир этишүүлөрү.

Сыртка жакын жайгашкан, координаталары  $(x,-\rho)$  болгон «атомдор» да «молекулалардын» толук курчалышына ээ болбойт (бул үчүн 1 атом жетишпейт (6-сүрөттү караңыз)). Алар үчүн тең салмактуулук теңдемеси төмөнкү түрдө жазылат:

$$X(x,y)=-\lambda\mu/4\{18U(x,y)-U(x-\lambda,y)-U(x+\lambda,y)-4[U(x-\rho,y)+U(x+\rho,y)]-2[U(x-\rho,y-\rho)+U(x-\rho,y+\rho)+U(x+\rho,y+\rho)+U(x-\rho,y-\rho)]+W(x-\rho,y-\rho)-W(x-\rho,y+\rho)+W(x+\rho,y+\rho)-W(x+\rho,y-\rho)\}$$

$$\begin{aligned}
 & \rho, y + \rho) + U(x + \rho, y) + U(x - \rho, y) + W(x - \rho, y - \rho) - W(x - \rho, y + \rho) + W(x + \rho, y + \rho) - W(x + \rho, y - \rho) \} \quad (5) \\
 Y(x, -\rho) = & -\lambda \mu / 4 \{ 17W(x, -\rho) - W(x, -3\rho) - 4[w(x, \lambda) + W(x, 0)] - 2[W(x - \rho, -\lambda) + W(x - \rho, 0) + W(x + \rho, 0) + \\
 & W(x + \rho, -\lambda) + U(x - \rho, -\lambda) - U(x - \rho, 0) + U(x + \rho, 0) - U(x + \rho, -\lambda)] \}
 \end{aligned}$$

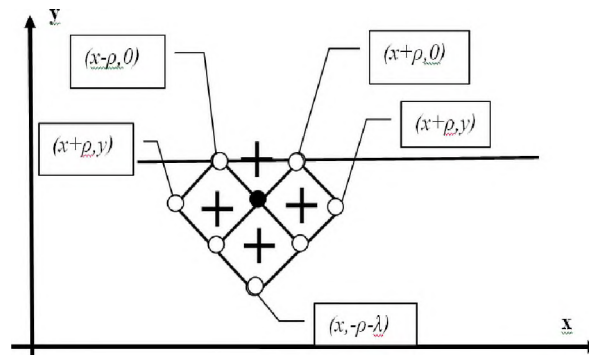


Рис.6

6-сүрөт. Сыртка жакын жайгашкан атомдордун өз ара таасир этишүүлөрү.

Чек аранын (сол чек ара, капталдагы чек ара) өзүндө жана бул чек арага жакын (андан  $\rho$  аралыкта) жайгашкан атомдор үчүн нормалдуу жана жылышуу деформацияларынын жоктугун шарт катары кабыл алабыз, бул төмөнкү катыштар менен берилет:


$$U(L, y) = U(L - \lambda, y); \quad V(L, y) = V(L - \lambda, y)$$


Сыртка жакын катмарда ( $x = L - \rho, y \in [0, -h]$ ) жайгашкан атомдор үчүн да ушундай эле шарт кабыл алынат. Анын шарттарын төмөнкү түрдө жазабыз:

$$U(L - \rho, y) = U(L - 3\rho, y), \quad V(L - \rho, y) = V(L - \rho, y).$$

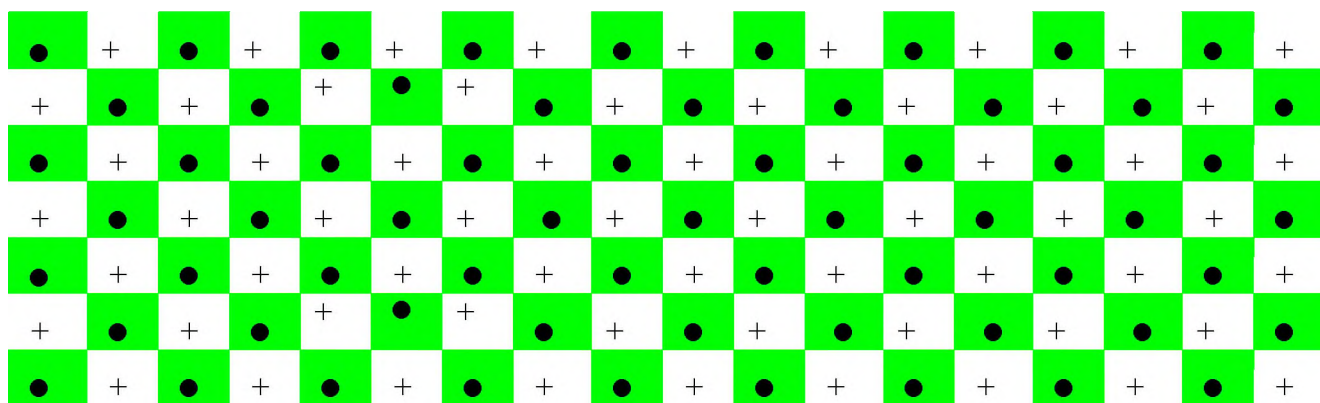
3<sup>0</sup>. Тендемелердин бул системасынын чыгарылышын заманбап маалыматтык технологиялардын, анын ичинде Excel офистик колдонмосунун мүмкүнчүлүктөрүн колдонуп, жеңил эле табууга болот. Маселенин сандык чыгарылышын табууда 2 учур каралды:

- 1)  $L = 50 \square, h = 20 \square,$
- 2)  $L = 25 \square, h = 11 \square.$

бул учурда сүрөттүн тегиздигинде жайгашкан «.»  « атомдорун» Excel барагында жашыл

түскө боёлгон уячалар менен белгилейбиз, ал эми сүрөттүн тегиздигинен  $\pm \rho$  аралыгында жайгашкан «+»  атомдорун боёлбогон (ак) уячалар менен белгилейбиз.

Ушундай жол менен бул колдонмодогу тилкенин каралып жаткан бөлүктөрүн уячалардын жыйындысы түрүндө моделдештирүүгө болот (7-сүрөттү караңыз). Ар бир уяча белгилүү бир «атомду» чагылдырат да, өзүндө (уячада) бул «атомдун» жылышуусунун маанисин камтыйт.



7-сүрөт. Excel колдонмосундагы эсептик схема.

Ар бир уячада бир гана функцияны эсептөөгө болот, ошондуктан эки компонентти – вертикалдык ( $V$ ) жана горизонталдык ( $U$ ) компоненттерди бөлүү үчүн Excel колдонмосунун эки барагы колдонулду: биринчи баракта  $U$  жылышуулары, экинчи баракта  $V$  жылышуулары эсептелди. Ошол эле учурда ар бир уячага (3),(4),(5) формулаларынын ичинен тиешелүүсү жана чек арага байланыштуу чектөөлөр киргизилет.

«Атомдордун» жылышууларын эсептөө бул колдонмонун теңдемелер системасын автоматтык түрдө чыгаруучу, итерациялык методду колдонгон функциясын колдонуу менен жүргүзүлдү.

Бул үчүн, ар бир уячага тиешелүү формула киргизилгенден кийин каалаган бош уячага (мисалы, H25) у күчүнүн мааниси киргизилет. Андан кийин F9 топчусун басуу менен эсептөө процессин баштоого команда берилет. Алынган натыйжалар (жылышуулардын сандык маанилери) ар бир уячада көрсөтүлөт (8-сүрөт).

Бул натыйжаларды автоматтык түрдө диаграмма түрүндө чагылдырууга болот (мисалы, 7,8,9,10,11-сүрөттөр).

Алынган натыйжалардын анализи  $x > 5 \div 6$  аралыктарында,  $y < -(5 \div 6)$  аралыктарындагыдай эле, атомдордун жылышуусу өтө кичине жана аларды дээрлик эске албай коюуга болот, ошондуктан биз базалык модель катары  $L=12, h=8$  өлчөмдүү тилкени тандап алдык.

Microsoft Excel - 10-25

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

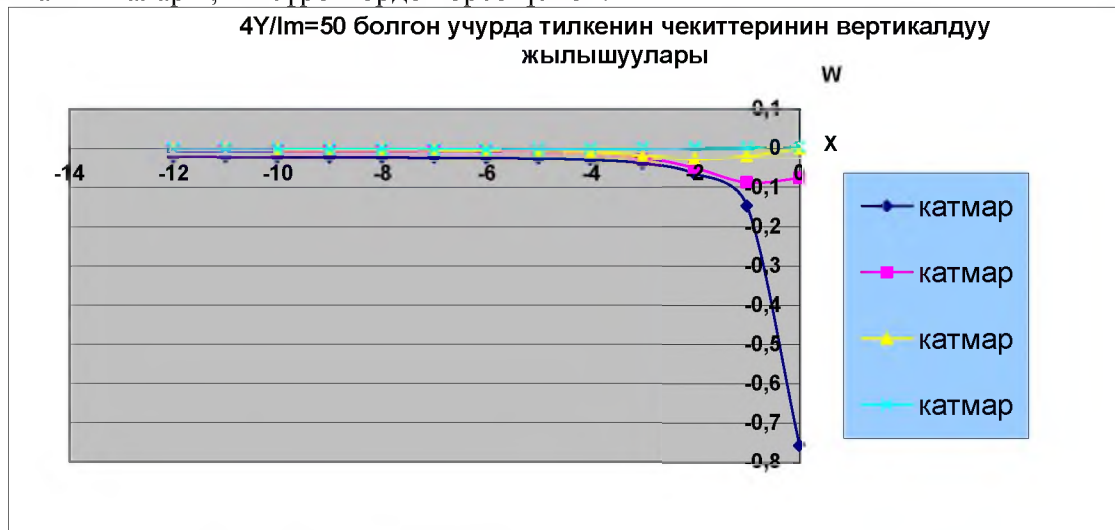
M18

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	-0.065	-0.061	-0.057	-0.052	-0.048	-0.044	-0.039	-0.035	-0.03	-0.027	-0.028	-0.04	-0.159	-0.159	-0.04	
2	-0.039	-0.036	-0.034	-0.031	-0.029	-0.026	-0.023	-0.021	-0.018	-0.017	-0.02	-0.041	-0.073	-0.073	-0.041	
3	-0.016	-0.015	-0.014	-0.013	-0.012	-0.011	-0.01	-0.009	-0.009	-0.01	-0.015	-0.021	-0.019	-0.019	-0.021	
4	-0.006	-0.006	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.004	-0.005	-0.005	-0.006	-0.008	-0.006	-0.002	-0.002	-0.002	-0.006
5	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-8E-04	0.0004	0.0004	-8E-04	
6	-7E-04	-7E-04	-8E-04	-8E-04	-9E-04	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.001	-5E-04	0.0002	0.0004	0.0004	0.0002	
7	-2E-04	-3E-04	-3E-04	-4E-04	-5E-04	-6E-04	-7E-04	-7E-04	-6E-04	-3E-04	-3E-05	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
8	-9E-05	-1E-04	-2E-04	-2E-04	-3E-04	-3E-04	-3E-04	-3E-04	-2E-04	-7E-05	4E-06	1E-05	1E-05	1E-05	1E-05	
9	-4E-05	-6E-05	-8E-05	-1E-04	-1E-04	-1E-04	1E-04	1E-04	-5E-05	2E-05	1E-05	-1E-05	2E-05	-2E-05	-1E-05	
10	-8E-06	-1E-05	-2E-05	-3E-05	-3E-05	-3E-05	2E-05	1E-05	-6E-06	-5E-06	-6E-06	-7E-06	-7E-06	-7E-06	-7E-06	
11	8E-06	1E-05	2E-05	3E-05	3E-05	3E-05	2E-05	1E-05	6E-06	5E-06	6E-06	7E-06	7E-06	7E-06	7E-06	
12	4E-05	6E-05	8E-05	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	1E-04	5E-05	2E-05	1E-05	1E-05	2E-05	2E-05	1E-05	
14	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0			
15																
16																

8-сүрөт. Уячалардын эсептөө процедурасы ишке ашкандан кийинки көрүнүшү

**Талкуунун натыйжалары**

Эсептөөлөр берилген күчтүн  $4F/\mu l = 1, 5, 10, 20, 30, 50$  маанилери боюнча жүргүзүлдү. Айрым натыйжалар 9, 10-сүрөттөрдө көрсөтүлгөн.



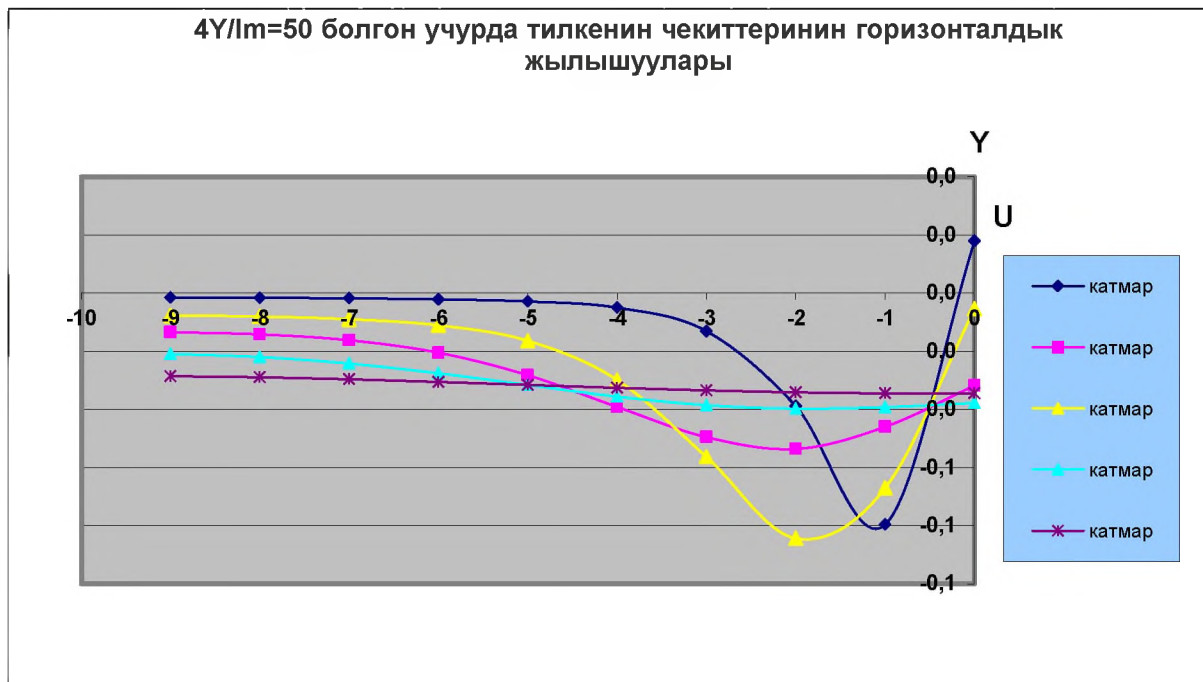
9-сүрөт. Вертикалдык жылышуулардын диаграммасы.

Мында 1-катар (●—●) сырткы атомдордун жылышууларын, 2-катар (●—●) –  $x = -\square$  кесилишиндеги атомдордун жылышууларын, 3-катар (◆—◆) –  $y = -3\rho$  кесилишиндеги атомдордун жылышууларын, ал эми 4-катар (●—●) –  $-3\square$  кесилишиндеги атомдордун жылышууларын сүрөттөп турат. Диаграммаларда көрүнүп тургандай, эң чоң жылышууларга устундун сырткы катмарында жайгашкан «атомдор» дуушар болушат. Күчтүн таасир этүү чекитинен алыс аралыктарда бул жылышуулар анча байкалбайт, ушуга байланыштуу маселенин чыгарылышын жеңилдетүү үчүн биз  $x \in (0, -8)$ ;  $y \in (0, -8)$  өлчөмдөгү аймакты

тандап алдык. Бул аймакта биз атомдордун жылышууларынын дээрлик бардык диапазонун көрө алабыз.

**F** күчүнүн бардык маанилеринде атомдордун вертикалдык жылышууларынын өзгөрүшүнүн картинасы бирдей, башкача айтканда – сызыктар окшош, атомдордун эң чоң жылышуулары күч таасир эткен аймакта болуп өтөт.

Ушундай эле көрүнүш вертикалдык кесилиштерде жайгашкан атомдордун горизонталдык жылышууларында да байкалат (10-сүрөт):



10-сүрөт. Горизонталдык жылышуулардын диаграммалары.

Мында 1-катмар (●—●)  $x=0$  кесилишиндеги атомдордун жылышууларын, 2-катмар (◆—◆) –  $x=-\rho$  кесилишиндеги атомдордун жылышууларын, 3-катмар (●—●) –  $x=-2\rho$  кесилишиндеги атомдордун жылышууларын, 4-катмар (▲—▲) –  $x=-7\rho$  кесилишиндеги атомдордун жылышууларын чагылдырып турат.

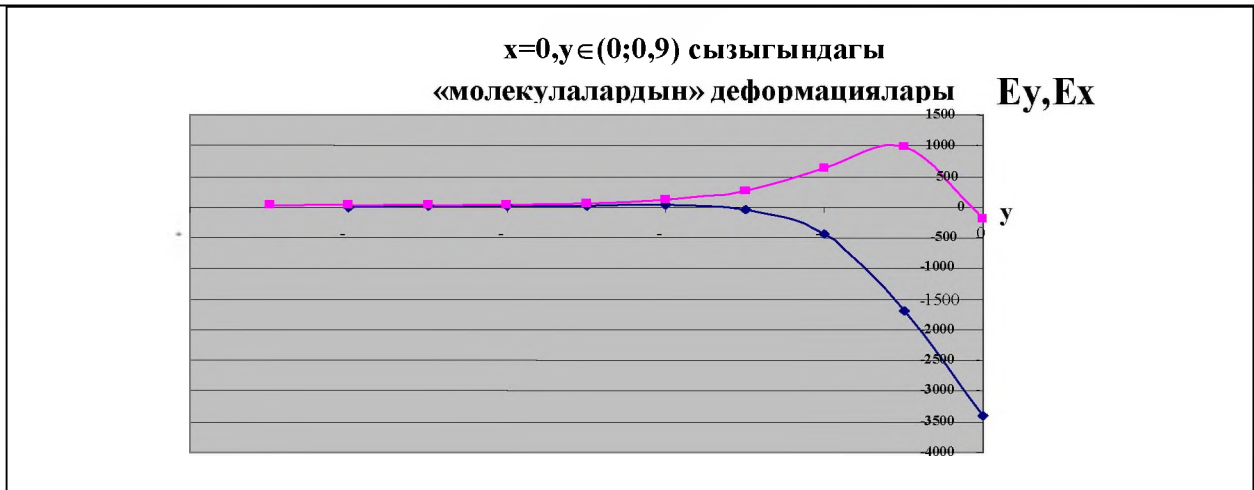
Бул сүрөттө (10-сүрөт) көрүнүп тургандай, эң чоң жылышууларга  $x=0$  кесилишинде,  $y = -(1 \div 2)\rho$  аралыкта жайгашкан атомдор дуушар болот.

Таасир этүүчү күчтүн ар кыл маанилеринде горизонталдык жылышуулардын картинасы бирдей, алардын маанилери гана өзгөрөт.

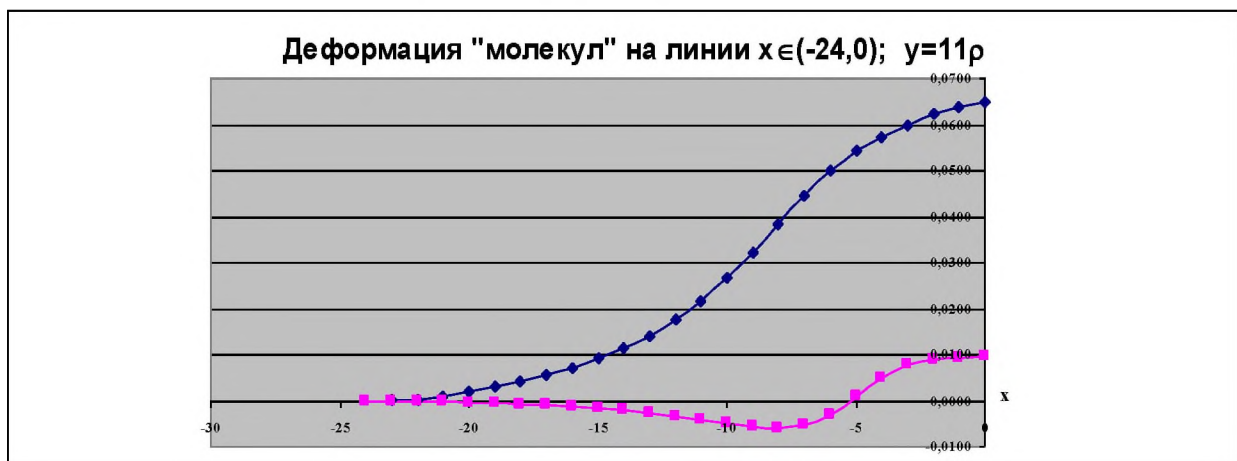
Белгилүү болгон компоненттери боюнча  $\epsilon_x = 1/\lambda * [U(x+\rho, y) - U(x-\rho, y)]$  и  $\epsilon_y = 1/\lambda * [V(y+\rho, x) - V(y-\rho, x)]$  деформациялары да жеңил эле эсептелет.

Алардын тилкенин кесилиштериндеги өзгөрүшүнүн мүнөзү 11- жана 12-сүрөттөрдө көрсөтүлгөн.





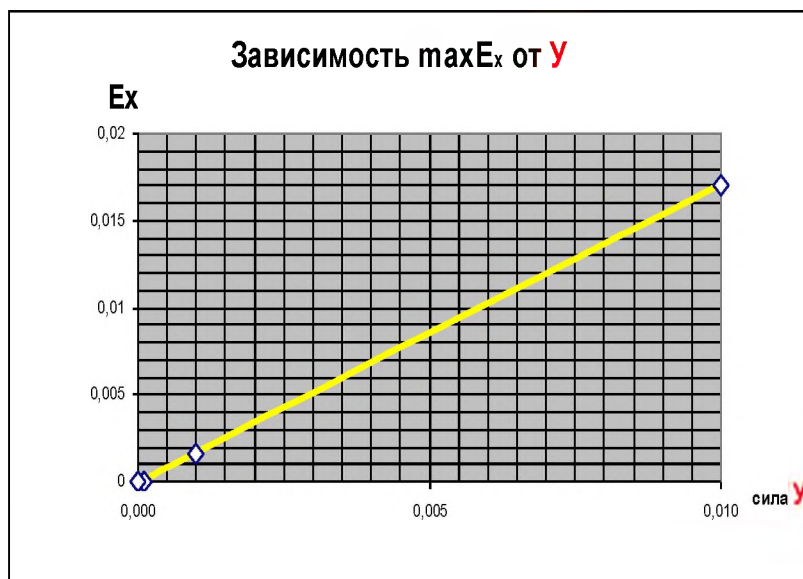
11-сүрөт.  $\epsilon_x, \epsilon_y$  деформацияларынын устундун симметриясынын вертикалдык огун бойлон бөлүштүрүлүшүнүн диаграммасы.



12-сүрөт.  $\epsilon_x, \epsilon_y$  деформацияларынын устундун симметриясынын горизонталдык огун бойлон бөлүштүрүлүшүнүн диаграммасы

Күчтүн ар бир маанисинде эң чоң чоюучу деформацияга  $U$  күчүнүн таасир этүү чекитинин алдында жайгашкан «молекула» дуушар болот.

Таасир этүүчү күч өзгөргөн учурда деформациянын өзгөрүшүнүн мүнөзү 13-сүрөттө жана 1-таблицада берилген.



F	$\varepsilon_x$
1	1,582
0,5	0,791
0,1	0,158
0,05	0,079
0,01	0,015

13-сүрөт.  $\max \varepsilon_x$  деформациясынын таасир эткен күчкө байланыштуу өзгөрүшүнүн диаграммасы.

Диаграммдан, мисалы  $\varepsilon_x = 0,01$  мааниси күчтүн мааниси  $U = 0,015$ ге барабар болгон учурда жетишилери аныктоого болот. Көрүнүп тургандай, бул диаграмма түз сызыктуу. Байкалган көз карандылыкты моделдин параметрлеринин сандык берилиштерин жана  $U$  күчүнүн маанилерин эске алып кайра эсептөөдөн кийин Excelдин каражаттары менен түз сызыктуу аппроксимациялоо  $\varepsilon_x = 63,4 F/\mu l$  ( $- 0,003$ ) көз карандылыгын берет, мында бош бөлүктү (...) жылышуулардын/деформациялардын (итерациялык) эсептелишинин жана аларды  $U$  күчүнүн аз маанилеринде аппроксимациялоонун жаңылыштыктары катары кароого болот.

### Адабияттар

1. Леонов М.Я. Механика деформации и разрушения. – Фрунзе: Илим, 1981. - 280 с.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978.
3. Салиев А.Б. Развитие и применение структурных представлений в механике материалов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук, 1996.

### УДК 621.3

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ, ПРОБЛЕМЫ И ИХ ВОЗМОЖНОСТИ

**Шарипова Биржан Дабаевна**, к.э.н., доцент, Алматинский технологический университет, Казахстан, г. Алматы, мкр. Мамыр-1. Тел: 8 702 201 01 49, e-mail: [Birjan2103@mail.ru](mailto:Birjan2103@mail.ru)

**Муканова Аксулу**, к.т.н., доцент, Алматинский технологический университет, Казахстан, г. Алматы.

**Абдылдаев Эркинбек Кыянович**, доктор технических наук, профессор, АО «Университет Нархоз», Казахстан, г. Алматы

**Аннотация.** Характеристика поисковых систем, заключается в том, что разработка алгоритма автоматического поиска научной и учебной литературы в сети Интернет и составление списка URL-ссылок на найденные документы. Для выполнения этой работы был выбран локальный сервер DENWER- Джентльменский набор web-разработчика,