

ISSN 2222-940X



NAXÇIVAN DÖVLƏT UNIVERSİTETİ

# ELMİ ƏSƏRLƏR

*FİZİKA-RİYAZIYYAT VƏ TEXNİKA  
ELMLƏRİ SERİYASI*

# SCIENTIFIC WORKS

*SERIES OF PHYSICAL, MATHEMATICAL  
AND TECHNICAL SCIENCES*

# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

*СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ  
И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК*

NAXÇIVAN, NDU, "QEYRƏT" - 2018

№ 8 (97)

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
NAXÇIVAN DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

ISSN 2222-940X

# ELMİ ƏSƏRLƏR

*Fizika-Riyaziyyat və Texnika elmlər seriyası*

*№ 8 (97)*

NAXÇIVAN – 2018

Naxçıvan Dövlət Universiteti. "Elmi əsərlər". *Fizika-Riyaziyyat və Texnika elmlər seriyası*. 2018, № 8 (97)

**BAŞ REDAKTOR:**

***SALEH MƏHƏRRƏMOV***

*Naxçıvan Dövlət Universitetinin rektoru,  
AMEA-nın müxbir üzvü*

**BAŞ REDAKTOR MÜAVİNİ:**

***MƏFTUN İSMAYILOV***

*Elmi katib, riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru,  
dosent*

**REDAKTOR:**

***SAMİR TARVERDİYEV***

**REDAKSIYA HEYƏTİ:** Saleh Məhərrəmov, Məftun İsmayılov, Klaus Haenssger (Almaniya), Sabir Mirzəyev (Bakı), Məhəmməd Hacıyev, Sahib Əliyev, Fərman Qocayev, Elşad Ağayev, Məhəmməd Namazov, Elşən Məmmədov, Cavanşir Zeynalov, Şəmsəddin Kazımov, Qulu Həziyev, Cabir Əsədov

## RİYAZİYYAT

**SAHİB ƏLİYEV**

*Naxçıvan Dövlət Universiteti*

[sahibali60@yahoo.com](mailto:sahibali60@yahoo.com)

**ELŞAD AĞAYEV**

*Naxçıvan Dövlət Universiteti*

[ağayev.elshad@gmail.com](mailto:ağayev.elshad@gmail.com)

**SƏFA ƏLİYEV**

*Naxçıvan Universiteti*

**UOT: 517**

### HİSSƏ-HİSSƏ BİRCİNS MÜHİT MODELİ ƏSASINDA DÜZ VƏ ƏKS FAZALI DÖVRÜ LAYLARIN GƏRGİNLİK - DEFORMASIYA VƏZİYYƏTİ

**Açar sözlər:** *bircins mühit, Teylor sırası, tənlik, tarazlıq, kompozit material, normal və toxunan qüvvə*

**Key words:** *ordinary environment, Teylorseries, equation, balans, composite materiale, normal and touching force*

**Ключевые слова:** *композиционные материал, баланс, уравнение*

Bir çox müəlliflərin elmi məqalələrində o cümlədən [1],[3],[4] işlərində əsas münasibətləri məlumdur. Məsələdə qoyulmuş [2]də var. [5]də növbələşən düz və eynifazlı dövrü əyri layların kompozit materiallarda gərginlik vəziyyəti tədqiq olunub. İndi isə bu elmi məqalədə hissə-hissə bircins modeli əsasında əksfazlı hal üçün gərginlik deformasiya vəziyyətinə baxacağıq.

“Sonsuzluqdan”  $OX_2$  oxu istiqamətində  $\langle p \rangle$  intensivli müntəzəm yayılmış normal qüvvələrə təsir edən əksfəzalı əyriləyli kompozit materiallarına baxaq. Burada əyilmə  $x_3$ -dən asılı deyil.

Hər bir layı  $OX_2$  oxu istiqamətində  $OX_1 X_2 X_3$  koordinat sistemindən paralel köçürmə vasitəsilə alınan  $O_m^{(k)} X_{1m}^{(k)} X_{2m}^{(k)} X_{3m}^{(k)}$  sisteminə  $\delta (H^{(1)} + H^{(2)})$  dövrülüyünü nəzərə alaraq baxılan materiallardan  $1^{(2)}, 1^{(1)}, 2^{(2)}, 2^{(1)}, 3^{(2)}, 3^{(1)}, 4^{(2)}, 4^{(1)}$  laylarına ayraq və bütün həll prosesini onlar üzərində aparaq.  $2^{(2)}$  layının orta səthinin tənliyini  $X_{22}^{(2)} = -L \sin(2\pi X_{12}^{(2)} / l)$  ilə,  $4^{(2)}$  layının orta səthinin tənliyini  $X_{24}^{(2)} = L \sin(2\pi X_{14}^{(2)} / l)$  şəklində göstərək.  $L \ll l$  qəbul edək və kiçik  $\varepsilon$  parametrini  $L/l$  götürək. Baxılan kompozit materiallarda müstəvi deformasiya vəziyyətini tədqiq edək. Əvvəlki işlərdə 0-cı yaxınlaşma üçün münasibətlər bizə məlumdur.

$$\sigma_{11}^{(1)m,0} = \langle P \rangle (\eta^{(1)} + \eta^{(2)}) \frac{E^{(2)}}{E^{(1)}} \cdot \frac{1 - (\nu^{(1)})^2}{1 - (\nu^{(2)})^2}^{-1}$$

$$\sigma_{11}^{(2)m,0} = \frac{E^{(2)}}{E^{(1)}} \cdot \frac{1 - (\nu^{(1)})^2}{1 - (\nu^{(2)})^2} \cdot \sigma_{11}^{(1),0}$$

$$\sigma_{12}^{(k)m,0} = \sigma_{22}^{(k)m,0}; U_1^{(k)m,0} = \frac{(1 - \nu^{(k)})^2}{E^{(k)}} \cdot \sigma_{11}^{(k)m,0} x_{1m}^{(k)}$$

$$U_2^{(k)m,0} = -\frac{\nu^{(k)}(1 + \nu^{(k)})}{E^{(k)}} \sigma_{11}^{(k)m,0} X_{2m}^{(k)} + C^{(k)m}$$

$$C^{(k)m} = const. \quad 3$$

$E^{(k)}$  Yunq modulu,  $\nu^{(k)}$  Puasson əmsalidir.

Aşağıdakı işarəmələri aparaq.

$$\sigma_{11}^{(1),0} = \sigma_{11}^{(1),1,0} = \sigma_{11}^{(1),2,0}; \sigma_{11}^{(2),0} = \sigma_{11}^{(2),1,0} = \sigma_{11}^{(2),2,0}$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{l}; X_{1m}^{(1)} = X_{1m}^{(2)} = X_1$$

Birinci yaxınlaşmaya baxmaq .

$$\sigma_{i2}^{(2)1,1}(t_1, -H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)1,1}(t_1, H^{(1)}); U_i^{(2)1,1}(t_1, -H^{(2)}) = U_i^{(1)1,1}(t_1, H^{(1)})$$

$$\sigma_{i2}^{(2)1,1}(t_1, H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)1,1}(t_1, -H^{(1)}) + 2\pi \cos \alpha t_1 (\sigma_{11}^{(2),0} - \sigma_{11}^{(1),0}) \delta_{i1};$$

$$U_i^{(2)2,1}(t_1, H^{(2)}) = U_i^{(1)1,1}(t_1, -H^{(1)}) - 2\pi H^{(2)} \cos \alpha t_1 \left( \frac{1-\nu^{(2)}}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{1-\nu^{(1)}}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i1} -$$

$$-l \sin \alpha t_1 \left( \frac{\nu^{(2)}(1+\nu^{(2)})}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{\nu^{(1)}(1+\nu^{(1)})}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i2};$$

$$\sigma_{i2}^{(2)2,1}(t_1, -H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)2,1}(t_1, H^{(1)}) + 2\pi \cos \alpha t_1 (\sigma_{11}^{(2),0} - \sigma_{11}^{(1),0}) \delta_{i1};$$

$$U_i^{(2)2,1}(t_1, -H^{(2)}) = U_i^{(1)2,1}(t_1, H^{(1)}) + 2\pi H^{(2)} \cos \alpha t_1 \left( \frac{1-\nu^{(2)}}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{1-\nu^{(1)}}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i1} -$$

$$-l \sin \alpha t_1 \left( \frac{\nu^{(2)}(1+\nu^{(2)})}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{\nu^{(1)}(1+\nu^{(1)})}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i2};$$

$$\sigma_{i2}^{(2)3,1}(t_1, H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)2,1}(t_1, -H^{(1)}); \quad ; \quad U_i^{(2)3,1}(t_1, H^{(2)}) = U_i^{(1)2,1}(t_1, -H^{(1)}) ;$$

$$\sigma_{i2}^{(2)3,1}(t_1, -H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)3,1}(t_1, H^{(1)}) \quad ; \quad U_i^{(2)3,1}(t_1, -H^{(2)}) = U_i^{(1)3,1}(t_1, H^{(1)}) \quad ;$$

$$\sigma_{i2}^{(2)4,1}(t_1, H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)3,1}(t_1, -H^{(1)}) - 2\pi \cos \alpha t_1 (\sigma_{11}^{(2),0} - \sigma_{11}^{(1),0}) \delta_{i1};$$

$$U_i^{(2)4,1}(t_1, H^{(2)}) = U_i^{(1)3,1}(t_1, -H^{(1)}) + 2\pi H^{(2)} \cos \alpha t_1 \left( \frac{1-\nu^{(2)}}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{1-\nu^{(1)}}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i1} +$$

$$+l \sin \alpha t_1 \left( \frac{\nu^{(2)}(1+\nu^{(2)})}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{\nu^{(1)}(1+\nu^{(1)})}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i2};$$

$$\sigma_{i2}^{(2)4,1}(t_1, -H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)3,1}(t_1, H^{(1)}) - 2\pi \cos \alpha t_1 (\sigma_{11}^{(2),0} - \sigma_{11}^{(1),0}) \delta_{i1};$$

$$U_i^{(2)4,1}(t_1, -H^{(2)}) = U_i^{(1)4,1}(t_1, H^{(1)}) - 2\pi H^{(2)} \cos \alpha t_1 \left( \frac{1 - \nu^{(2)}}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{1 - \nu^{(1)}}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i1} -$$

$$- l \sin \alpha t_1 \left( \frac{\nu^{(2)}(1 + \nu^{(2)})}{E^{(2)}} \sigma_{11}^{(2),0} - \frac{\nu^{(1)}(1 + \nu^{(1)})}{E^{(1)}} \sigma_{11}^{(1),0} \right) \delta_{i2};$$

$$\sigma_{i2}^{(2)1,1}(t_1, H^{(2)}) = \sigma_{i2}^{(1)4,1}(t_1, -H^{(1)}); \quad ; \quad U_i^{(2)1,1}(t_1, H^{(2)}) = U_i^{(1)4,1}(t_1, -H^{(1)}); \quad ;$$

İkinci, üçüncü və daha sonrakı yaxınlaşmalarında yazmaq olar.

Əksfəzalı lay üçün kompozit materiallarda gərginlik deformasiyanın vəziyyətinə baxaq. (1),(2),(3)-dən istifadə edib istənilən lay üçün gərginlik-deformasiya vəziyyətini xarakterizə edən müəyyən parametrlərə nəzərən aşağıdakı kimi sıralar şəklində aparsaq

$$\sigma_{ij}^{(k)} = \sum_{n>0} \varepsilon^n \sigma_{ij}^{(k),n} \quad e_{ij}^{(k)} = \sum_{n>0} \varepsilon^n e_{ij}^{(k),n} \quad u_i^{(k)} = \sum_{n>0} \varepsilon^n u_i^{(k),n}$$

Aydındır ki, hər bir yaxınlaşma üçün uyğun kompaktlıq və sərhəd şərtlərini nəzərə alsaq, qapalı tənliklər sistemini almış olarıq. 0-cı yaxınlaşma bütün layların ideal yerləşən kompozit materialların gərginlik deformasiya vəziyyətinə uyğun olacaq.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev S.Ə. Напряженное состояние в композитных материалах с частично периодическими искривленными слоями Автореферат .1991.23
2. Əliyev S.Ə., Акбаров С.Д. О распределении самоуравновешенных напряжений в слоистом композитном материале с частичными искривлениями в структуре. Деп.в Винити. №5507-V 06. Киев, 1986, с.428-433
3. Əliyev S.Ə. Laylı kompozit materiallarda bir əyilmiş layın gərginlik paylanmasına təsiri NDU, Müasir riyaziyyat və təbiətin problemləri. 2001
4. Əliyev S.Ə., Акбаров С.Д. Напряженное состояние в слоистых композитных материалах с частичными искривлениями в структуре. Баку, 1987 \Препринт\Ан.Аз.респ.институт Физики, 252
5. Əliyev S.Ə., Ağayev E. Növbələnən düz və eyni fəzalı dövrü əyri layların kompozit materiallarla gərginlik vəziyyətinin tədqiqi. NDU, Xəbərlər №4(93) səh 9-12, 2018

#### ABSTRACT

Situation of tension- deformation of phase layers flat and ante phase in single-part environment models. Investigation of tension –deformation status with the help of linear elastic equations on the basis of the single particle environment model was considered. It is assumed that the material under consideration is equally distributed in infinity, along with normal forces stretched across the layers.

#### РЕЗЮМЕ

Ситуация растяжения-деформации фазовых слоев плоской и ante-фазы в моделях, состоящих из одной части. Исследовано состояние растяжения-деформации с помощью линейных уравнений упругости на основе модели одночастичной среды. Предполагается, что рассматриваемый материал равномерно распределен по бесконечности наряду с нормальными силами, растянутыми по слоям

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə qərar tövsiyyə olunmuşdur. (Protokol № 05).

АБУЛЬФАЗ МАМЕДОВ

Нахичеванский Государственный Университет

УДК.517.95

**ОБ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ДВУХ НОРМ В ПРОСТРАНСТВЕ ТИПА  
СОБОЛЕВА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ОЦЕНКЕ НОРМ  
ОПЕРАТОРОВ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ**

**Ключевые слова:** самосопряжённый оператор, Гильбертово пространство, операторно-дифференциальное уравнение, норма оператора

**Açar sözlər:** özü-özünə qoşma operator, Hilbert fəzası, operator-diferensial tənlik, operatorun norması

**Key words:** self-adjointed operator, Hilbert space, operator-differential equation, norm of operator

Пусть  $C$  положительно-определённый, самосопряжённый оператор в сепарабельном гильбертовом пространстве  $H$ , а  $H_\gamma = D(C^\gamma)$  ( $\gamma \geq 0$ ) гильбертовы пространства с нормой  $\|x\|_\gamma = \|C^\gamma x\|_H$ . Здесь принято  $H_0 = H$ .

Рассмотрим краевую задачу

$$\begin{cases} L_0 u = \frac{d^3 u}{dt^3} - C^3 u = f(t), t \in R_+ = (0, +\infty), \\ u(0) = u''(0) = 0, \end{cases}$$

где  $u(t)$  и  $f(t)$  вектор-функций определённых в  $R_+ = (0, +\infty)$  со значениями в  $H$ .

Как в книге [1] гильбертовы пространства  $L_2(R_+; H)$  и  $W_2^3(R_+; H)$  определяются следующим образом:

$$L_2(R_+; H) = \left\{ f \mid \|f\|_{L_2(R_+; H)} = \left( \int_0^\infty \|f(t)\|_H^2 dt \right)^{1/2} < \infty \right\},$$

$$W_2^3(R_+; H) = \left\{ u \mid \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \in L_2(R_+; H), \|u\|_{W_2^3(R_+; H)}^2 = \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 + \|C^3 u\|_{L_2(R_+; H)}^2 \right\}.$$

Далее вводим полную подпространству пространства  $W_2^3(R_+; H)$  следующим образом:

$$W_2^3(R_+; H; 0; 2) = \left\{ u \mid u \in W_2^3(R_+; H); u(0) = u''(0) = 0 \right\}.$$

Здесь производные понимаются в смысле теории обобщённых функций [1].

В работе будет доказана, что в пространстве  $W_2^3(R_+; H; 0; 2)$  нормы  $\|u\|_{W_2^3(R_+; H)}$  и

$\|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)} = \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} - C^3 u \right\|_{L_2(R_+; H)}$  эквивалентны. Далее будут оценены нормы  $\left\| C \frac{d^2 u}{dt^2} \right\|_{L_2(R_+; H)}$  и

$\left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+; H)}$  через  $\|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)}$  (см. работу [2],[3],[4]).

Сначала докажем следующие вспомогательные предложения:

**Лемма-1.** При всех  $u \in W_2^3(R_+; H; 0; 2)$  имеет место равенство

$$\|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)}^2 = \|u\|_{W_2^3(R_+; H)}^2 - \|u'(0)\|_{3/2}^2 \quad (1)$$

**Доказательство.** Пусть  $u \in W_2^3(R_+; H; 0; 2)$ . Тогда

$$\begin{aligned} \|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)}^2 &= \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} - C^3 u \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 = \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 + \|C^3 u\|_{L_2(R_+; H)}^2 - 2 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} = \\ &= \|u\|_{W_2^3(R_+; H)}^2 - 2 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)}. \end{aligned} \quad (2)$$

С другой стороны

$$\begin{aligned} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} &= \int_0^\infty \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_H dt = \int_0^\infty \frac{d}{dt} \left( \frac{d^2 u}{dt^2}, C^3 u \right)_H dt - \int_0^\infty \left( \frac{d^2 u}{dt^2}, C^3 \frac{du}{dt} \right)_H dt = \\ &= - \int_0^\infty \frac{d}{dt} \left( \frac{du}{dt}, C^3 \frac{du}{dt} \right)_H dt + \int_0^\infty \left( \frac{du}{dt}, C^3 \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_H dt = \left( C^{3/2} u'(0), C^{3/2} u'(0) \right)_H + \int_0^\infty \frac{d}{dt} \left( u, C^3 \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_H dt - \\ &- \int_0^\infty \left( u, C^3 \frac{d^3 u}{dt^3} \right)_H dt = \|u'(0)\|_{3/2}^2 - \int_0^\infty \left( C^3 u, \frac{d^3 u}{dt^3} \right)_H dt = \|u'(0)\|_{3/2}^2 - \left( C^3 u, \frac{d^3 u}{dt^3} \right)_{L_2(R_+; H)}. \end{aligned}$$

Отсюда получается, что

$$2 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} = \|u'(0)\|_{3/2}^2.$$

Тогда из (2) получаем, что (1) верно. **Лемма доказано.**

**Лемма-2.** Оператор  $L_0 = \frac{d^3}{dt^3} - C^3$  изоморфно отображает пространство  $W_2^3(R_+; H; 0; 2)$  на пространство  $L_2(R_+; H)$ .

**Доказательство.** Пусть  $u(t) \in \operatorname{Ker} L_0$  и  $u(0) = u''(0) = 0$ , т.е.  $u \in W_2^3(R_+; H; 0; 2)$  и  $u''' - C^3 u = 0$ . Ясно, что общее решение этого уравнения из пространства  $W_2^3(R_+; H)$  имеет

вид  $u(t) = e^{\omega_1 t} \varphi_1 + e^{\omega_2 t} \varphi_2$ , где  $\varphi_1, \varphi_2 \in H_{3/2}$  и  $\omega_1 = -\frac{1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2}, \omega_2 = -\frac{1}{2} - i \frac{\sqrt{3}}{2}$ . Тогда из

условия  $u(0) = u''(0) = 0$  следует, что

$$\begin{cases} \varphi_1 + \varphi_2 = 0 \\ \omega_1^2 C^2 \varphi_1 + \omega_2^2 C^2 \varphi_2 = 0. \end{cases}$$

Из этой системы уравнений получаем, что  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ , т.е.  $\operatorname{Ker} L_0 = \{\theta\}$ , здесь  $\theta$  нулевой элемент пространства  $W_2^3(R_+; H)$ .

Докажем, что уравнение  $L_0 u = f$  имеет решение при любом  $f \in L_2(R_+; H)$ . Пусть

$$f_1(t) = \begin{cases} f(t), t \in R_+ = (0, \infty) \\ 0, t \in R_- = (-\infty, 0). \end{cases}$$

Тогда  $f_1(t) \in L_2(R; H)$  и  $\|f_1\|_{L_2(R; H)} = \|f\|_{L_2(R_+; H)}$ .

Рассмотрим уравнение



$$v'''(t) - C^3 v(t) = f_1(t), t \in R = (-\infty, \infty). \quad (3)$$

После преобразования Фурье имеем

$$(i\xi)^3 \hat{v}(\xi) - C^3 \hat{v}(\xi) = \hat{f}_1(\xi), \xi \in R, \quad (4)$$

т.е.

$$\hat{v}(\xi) = \left( (i\xi)^3 E - C^3 \right)^{-1} \hat{f}_1(\xi).$$

Здесь  $\hat{f}_1(\xi)$  и  $\hat{v}(\xi)$  есть преобразования Фурье функций  $f_1(t)$  и  $v(t)$  соответственно. Определим функцию

$$v(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \left( (i\xi)^3 E - C^3 \right)^{-1} \hat{f}_1(\xi) e^{i\xi t} d\xi, t \in R.$$

Очевидно, что  $v(t)$  удовлетворяет уравнению (3) почти всюду в  $R$ . Покажем, что  $v(t) \in W_2^3(R_+; H)$ .

По теореме Планшереля

$$\begin{aligned} \|C^3 v(t)\|_{L_2(R; H)} &= \|C^3 \hat{v}(\xi)\|_{L_2(R; H)} = \|C^3 \left( (i\xi)^3 E - C^3 \right)^{-1} \hat{f}_1(\xi)\|_{L_2(R; H)} \leq \\ &\leq \text{Sup}_{\xi \in R} \|C^3 \left( (i\xi)^3 E - C^3 \right)^{-1}\| \|\hat{f}_1(\xi)\|_{L_2(R; H)} = \text{Sup}_{\xi \in R} \|C^3 \left( (i\xi)^3 E - C^3 \right)^{-1}\| \|f_1\|_{L_2(R; H)} = \\ &= \text{Sup}_{\xi \in R} \|C^3 \left( (i\xi)^3 E - C^3 \right)^{-1}\| \|f\|_{L_2(R_+; H)}. \end{aligned}$$

С другой стороны при любом  $\xi \in R$  имеем:

$$\|C^3 \left( (i\xi)^3 E - C^3 \right)^{-1}\| = \text{Sup}_{\mu \in \sigma(C)} \left| \mu^3 \left( (i\xi)^3 - \mu^3 \right)^{-1} \right| = \text{Sup}_{\mu \in \sigma(C)} |\mu|^3 \left( \xi^6 + \mu^6 \right)^{-1/2} \leq 1.$$

Тогда получаем, что  $C^3 v \in L_2(R; H)$ . Отсюда вытекает, что  $v'''(t) = f(t) + C^3 v(t)$  также принадлежит  $L_2(R; H)$ . Следовательно  $v \in W_2^3(R; H)$ .

Пусть

$$v_1(t) = \begin{cases} v(t), t \in (0, \infty) \\ 0, t \in R \setminus [0, \infty). \end{cases}$$

Тогда очевидно, что  $v_1(t) \in W_2^3(R; H)$  и по теореме о следах  $v_1^{(k)}(0) \in H_{3-k-\frac{1}{2}}$  ( $k = 0, 1, 2$ ).

Теперь будем искать решение уравнения  $L_0 u = f$  в виде

$$u(t) = v_1(t) + e^{\omega_1 t C} x_1 + e^{\omega_2 t C} x_2,$$

где  $x_1, x_2$  пока неизвестные векторы из пространства  $H_{5/2}$ .

Из условия  $u(0) = u''(0) = 0$  получаем, что

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = -v_1(0) \\ \omega_1^2 x_1 + \omega_2^2 x_2 = -C^{-2} v_1''(0). \end{cases}$$

Так как  $v_1(0) \in H_{5/2}, C^{-2} v_1''(0) \in H_{5/2}$ , то получаем, что

$$x_1 = -\frac{i}{\sqrt{3}} C^{-2} v_1''(0) + \frac{i}{\sqrt{3}} \omega_2^2 v_1(0) \in H_{5/2}, \quad x_2 = x_1 - v_1(0) \in H_{5/2}.$$

Следовательно,  $u(t) \in W_2^3(R_+; H; 0; 2)$  и  $L_0 u = f$ .

Так как

$$\|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)} \leq 2 \left( \|u'''\|_{L_2(R_+;H)}^2 + \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)}^2 \right) = 2 \|u\|_{W_2^3(R_+;H)}^2,$$

то получаем, что  $L_0$  ограниченный оператор из  $W_2^3(R_+;H)$  на  $L_2(R_+;H)$ . Тогда по теореме

$$L_0 \cdot = \frac{d^3}{dt^3} - C^3.$$

Банаха об обратном операторе получаем, что  $L_0 \cdot$  есть изоморфизм между этими пространствами. **Лемма доказано.**

Из этой леммы получаем

**Следствие.** Нормы  $\|u\|_{W_2^3(R_+;H)}$  и  $\|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)}$  эквивалентны в пространстве  $W_2^3(R_+;H;0;2)$ .

По определению эквивалентности норм существует числа  $d_1 > 0, d_2 > 0$  такие, что

$$d_1 \|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)} \leq \|u\|_{W_2^3(R_+;H)} \leq d_2 \|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)}.$$

Теперь нас интересует найти точные значения коэффициента  $d_2$  в последнем неравенстве.

Имеет место следующая

**Теорема.** При всех  $u \in W_2^3(R_+;H;0;2)$  имеет место точная неравенство

$$\|u\|_{W_2^3(R_+;H)}^2 \leq \frac{2}{3} \left( \|u'''\|_{L_2(R_+;H)}^2 + \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)}^2 - \|u'(0)\|_{3/2}^2 \right) = \frac{2}{3} \|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)}^2. \quad (5)$$

**Доказательство.** Рассмотрим операторную полиному

$$F_0(\lambda, C) = (\lambda E - \omega_1 C)(\lambda E - \omega_2 C)(\lambda E + C),$$

здесь  $\omega_1 = -\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}$  и  $\omega_2 = -\frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}$ . При  $\mu \in \sigma(C)$  ( $\mu \geq \mu_0 > 0$ ) все корни уравнения  $F_0(\lambda, \mu) = (\lambda - \omega_1 \mu)(\lambda - \omega_2 \mu)(\lambda + \mu) = 0$

имеют отрицательные реальные части. Тогда задача Коши

$$\begin{cases} F_0\left(\frac{d}{dt}, C\right)u(t) = 0 \\ u(0) = 0, C^{3/2}u'(0) = \varphi, u''(0) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

имеет единственное решение  $u \in W_2^3(R_+;H;0;2)$ , здесь  $\varphi \in H$  любой вектор. С другой

стороны при любом  $u \in W_2^3(R_+;H;0;2)$

$$\begin{aligned} \left\| F_0\left(\frac{d}{dt}, C\right)u \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 &= \left\| \left( \frac{d}{dt} - \omega_1 C \right) \left( \frac{d}{dt} - \omega_2 C \right) \left( \frac{d}{dt} + C \right) u \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 = \\ &= \left\| \left( \frac{d^2}{dt^2} - (\omega_1 + \omega_2)C \frac{d}{dt} + \omega_1 \omega_2 C^2 \right) \left( \frac{d}{dt} + C \right) u \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 = \left\| \left( \frac{d^2}{dt^2} + C \frac{d}{dt} + C^2 \right) \left( \frac{d}{dt} + C \right) u \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 = \\ &= \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} + 2C \frac{d^2 u}{dt^2} + 2C^2 \frac{du}{dt} + C^3 u \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 = \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 + 4 \left\| C \frac{d^2 u}{dt^2} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 + 4 \left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 + \\ &+ \left\| C^3 u \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 + 4 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_{L_2(R_+;H)} + 4 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_{L_2(R_+;H)} + 2 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_{L_2(R_+;H)} + \end{aligned}$$

$$+ 8 \operatorname{Re} \left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_{L_2(R_+; H)} + 4 \operatorname{Re} \left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} + 4 \operatorname{Re} \left( C^2 \frac{du}{dt}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)}. \quad (7)$$

Так как при  $u \in W_2^3(R_+; H; 0; 2)$

$$\left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_{L_2(R_+; H)} = \left( C^{1/2} \frac{d^2 u}{dt^2}, C^{1/2} \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_H \Big|_0^\infty - \left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, \frac{d^3 u}{dt^3} \right)_{L_2(R_+; H)},$$

то

$$2 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_{L_2(R_+; H)} = \left\| C^{1/2} u''(0) \right\|_H^2 = 0. \quad (8)$$

С другой стороны

$$\left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_{L_2(R_+; H)} = \left( \frac{d^2 u}{dt^2} C^2 \frac{du}{dt} \right)_H \Big|_0^\infty - \left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, C \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_{L_2(R_+; H)} = - \left\| C \frac{d^2 u}{dt^2} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2,$$

т.е.

$$\operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_{L_2(R_+; H)} = - \left\| C \frac{d^2 u}{dt^2} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2. \quad (9)$$

Аналогично получаем

$$\begin{aligned} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} &= \left( \frac{d^2 u}{dt^2}, C^3 u \right)_H \Big|_0^\infty + \left\| C^{3/2} u'(0) \right\|^2 + \left( u, C^3 \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_H \Big|_0^\infty - \\ &- \int_0^\infty \left( C^3 u, \frac{d^3 u}{dt^3} \right)_H dt = \left\| u'(0) \right\|_{3/2}^2 - \left( C^3 u, \frac{d^3 u}{dt^3} \right)_{L_2(R_+; H)}, \end{aligned}$$

т.е.

$$2 \operatorname{Re} \left( \frac{d^3 u}{dt^3}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} = \left\| u'(0) \right\|_{3/2}^2. \quad (10)$$

Снова интегрируя по частям, получаем:

$$\begin{aligned} \left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_{L_2(R_+; H)} &= \left( C^{3/2} \frac{du}{dt}, C^{3/2} \frac{du}{dt} \right)_H \Big|_0^\infty - \int_0^\infty \left( C^2 \frac{du}{dt}, C \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_H dt = \\ &= \left\| u'(0) \right\|_{3/2}^2 - \left( C^2 \frac{du}{dt}, C \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_{L_2(R_+; H)}, \end{aligned}$$

т.е.

$$2 \operatorname{Re} \left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_{L_2(R_+; H)} = - \left\| u'(0) \right\|_{3/2}^2. \quad (11)$$

Аналогично имеем:

$$\left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} = \left( C \frac{du}{dt}, C^3 u \right)_H \Big|_0^\infty - \int_0^\infty \left( C^2 \frac{du}{dt}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_H dt = - \left\| C^2 u' \right\|_{L_2(R_+; H)}^2.$$

Следовательно,

$$\operatorname{Re} \left( C \frac{d^2 u}{dt^2}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} = - \left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2. \quad (12)$$

Наконец,

$$\left( C^2 \frac{du}{dt}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} = \left( C^2 u, C^3 u \right)_H \Big|_0^\infty - \int_0^\infty \left( C^3 u, C^2 \frac{du}{dt} \right)_H dt = - \left( C^3 u, C^2 \frac{du}{dt} \right)_{L_2(R_+; H)},$$

т.е.

$$2 \operatorname{Re} \left( C^2 \frac{du}{dt}, C^3 u \right)_{L_2(R_+; H)} = 0. \quad (13)$$

Учитывая равенства (8)-(13) в (7) получаем:

$$\left\| F_0 \left( \frac{d}{dt}, C \right) u \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 = \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 + \| C^3 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 - 3 \| u'(0) \|_{3/2}^2.$$

Отсюда имеем

$$\left\| F_0 \left( \frac{d}{dt}, C \right) u \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 + 3 \| u'(0) \|_{3/2}^2 = \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2.$$

Умножим это равенство на число  $1 - \beta$ ,  $0 < \beta < 1$ . Тогда получаем, что

$$(1 - \beta) \left\| F_0 \left( \frac{d}{dt}, C \right) u \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 + 3(1 - \beta) \| u'(0) \|_{3/2}^2 = (1 - \beta) \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2.$$

Учитывая (1), из последнего равенство получаем

$$\| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 - \beta \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2 = (1 - \beta) \left\| F_0 \left( \frac{d}{dt}, C \right) u \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 + (2 - 3\beta) \| u'(0) \|_{3/2}^2. \quad (14)$$

Очевидно, что в неравенстве

$$\| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2 \leq d_2^2 \| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 = d_2^2 \left( \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2 - \| u'(0) \|_{3/2}^2 \right)$$

$d_2 > 1$ . Так как  $\| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)} < \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}$ , то очевидно, что

$$N_0 = \sup_{u \in W_2^3(R_+; H)} \| u \|_{W_2^3(R_+; H)} \| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^{-1} > 1.$$

Поэтому, число  $N_0^{-2} \in (0, 1)$ .

Пусть  $u(t) \in W_2^3(R_+; H)$  решение задачи Коши (6). Тогда из (14) получаем

$$\| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 - \beta \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2 = (2 - 3\beta) \| u'(0) \|_{3/2}^2. \quad (15)$$

Пусть  $\beta \in (0, N_0^{-2})$ . Тогда имеем

$$\| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 - \beta \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2 = \left( 1 - \beta \frac{\| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2}{\| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2} \right) \| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 >$$

$$> \left( 1 - \beta \sup_{u \in W_2^3(R_+; H)} \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2 \| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^{-2} \right) \| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 > 0$$

С другой стороны при  $\beta \in (N_0^{-2}, 1)$

$$\| L_0 u \|_{L_2(R_+; H)}^2 - \beta \| u \|_{W_2^3(R_+; H)}^2 < 0.$$

Из равенства (15) получаем, что только при  $2 - 3\beta \leq 0$ , т.е. при  $0 < \beta \leq \frac{3}{2}$

$$\|u\|_{W_2^3(R_+;H)}^2 \leq \frac{1}{\beta} \|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)}^2.$$

Отсюда вытекает, что  $d_2^2 = N_0^2 = 3/2$ .

Следовательно, при всех  $u(t) \in W_2^3(R_+;H;0;2)$  имеет место точное неравенство

$$\|u\|_{W_2^3(R_+;H)} \leq \left(\frac{3}{2}\right)^{1/2} \|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)} \quad (16)$$

**Теорема доказана.**

*Следствие.* Из этой теоремы и равенства (1) получается, что при всех  $u \in W_2^3(R_+;H;0;2)$

$$\|u'(0)\|_{3/2} \leq \frac{1}{\sqrt{2}} \|L_0 u\|_{L_2(R_+;H)}$$

Теперь оценим промежуточные производные  $C^2 \frac{du}{dt}$  и  $C \frac{d^2 u}{dt^2}$ .

$$\begin{aligned} \left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 &= \int_0^\infty \left( C^2 \frac{du}{dt}, C^2 \frac{du}{dt} \right)_H dt = \left( C^2 u, C^2 \frac{du}{dt} \right)_H \Big|_0^\infty - \int_0^\infty \left( C^2 u, C^2 \frac{d^2 u}{dt^2} \right)_H dt \leq \\ &\leq \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)} \left\| C \frac{d^2 u}{dt^2} \right\|_{L_2(R_+;H)}. \end{aligned}$$

Аналогично имеем

$$\left\| C \frac{d^2 u}{dt^2} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 \leq \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+;H)} \left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)}.$$

Тогда получаем, что

$$\left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 \leq \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)} \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+;H)}^{1/2} \left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)}^{1/2},$$

т.е.

$$\left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)} \leq \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)}^{2/3} \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+;H)}^{1/3}.$$

Отсюда имеем

$$\left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 \leq \left( \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)}^2 \right)^{2/3} \left( \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 \right)^{1/3}.$$

Здесь применяя неравенство Юнга при  $\delta > 0$  получаем:

$$\begin{aligned} \left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 &\leq \left( \delta \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)}^2 \right)^{2/3} \left( \frac{1}{\delta^2} \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2 \right)^{1/3} \leq \\ &\leq \frac{2}{3} \delta \|C^3 u\|_{L_2(R_+;H)}^2 + \frac{1}{3\delta^2} \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+;H)}^2. \end{aligned}$$

Теперь выбираем  $\delta > 0$  так, чтобы  $\frac{2}{3} \delta = \frac{1}{3\delta^2}$ , т.е.  $\delta = 1/\sqrt[3]{2}$ .

Тогда используя неравенство (16) получаем

$$\begin{aligned} \left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 &\leq \frac{2^{2/3}}{3} \left( \left\| C^3 u \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 + \left\| \frac{d^3 u}{dt^3} \right\|_{L_2(R_+; H)}^2 \right) \leq \frac{2^{2/3}}{3} \|u\|_{W_2^3(R_+; H)}^2 \leq \\ &\leq \frac{2^{1/3}}{3} \cdot \frac{3}{2} \|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)}^2 = \frac{1}{\sqrt[3]{2}} \|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)}^2, \end{aligned}$$

т.е.

$$\left\| C^2 \frac{du}{dt} \right\|_{L_2(R_+; H)} \leq \frac{1}{\sqrt[3]{2}} \|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)}.$$

Аналогично получаем, что

$$\left\| C \frac{d^2 u}{dt^2} \right\|_{L_2(R_+; H)} \leq \frac{1}{\sqrt[3]{2}} \|L_0 u\|_{L_2(R_+; H)}$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ж.-Л.Лионс, Э.Мадженес. Неоднородные граничные задачи и их приложения. Изд. «Мир», Москва, 1971, 371 с.
2. Мирзоев С.С. Вопросы теории разрешимости краевых задач в гильбертовом пространстве и спектральные задачи связанные с ними. Автореферат докт. диссертации, Баку, 1993, 29 ст.
3. Abulfaz M. Mamedov On a boundary value problem for third order operator-differential equations, AMEA Riyaziyyat və Mexanika Institutunun ƏSƏRLƏRİ, XXV cild, BAKU-2006, “Elm”
4. Əbülfəz Məmmədov. Kəsilən əmsallı üçtərtibli sadə operator tənlik üçün bir sərhəd məsələsinin həll olunması haqda.,NDU ELMİ ƏSƏRLƏR, Fizika-Riyaziyyat və Texnika elmləri seriyası № 3 (28), Naxçıvan, NDU, “Qeyrət”-2009

## XÜLASƏ

### SOBOLEV TIPLİ FƏZADA İKİ NORMANIN EKVIVALENTLİYİ VƏ ONUN ARALIQ TÖRƏMƏ OPERATORLARIN NORMASININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNƏ TƏTBİQİ

İşdə separabel  $H$  hilbert fəzasında təyin olunan özü-özünə qoşma operator əmsallı, üç tərtibli sadə operator-diferensial tənlik üçün qoyulmuş sərhəd məsələsinə baxılmışdır. Bu sərhəd məsələsinə görə Sobolev tipli fəzada iki normanın ekvivalentliyi isbat edilmiş, dəqiq bərabərsizlik haqda teorem isbat edilmiş və iki aralıq törəmə operatorunun normaları sadə diferensial operatorun norması ilə qiymətləndirilmişdir.

## ABSTRACT

### ON THE EQUIVALENCE OF TWO NORMS IN A SOBOLEV-TYPE SPACE AND ITS APPLICATION TO THE ESTIMATE OF THE NORM OF OPERATORS OF INTERMEDIATE DERIVATIVES

The paper considers a boundary value problem posed for a simple third-order operator-differential equation with a self-adjointed operator coefficient defined in a separable Hilbert space  $H$ . By this boundary-value problem, the equivalence of two norms in a Sobolev-type space is proved, the theorem of two intermediate derivatives is estimated and norm of a simple differential operator.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

**ASƏF ƏLİYEV***Naxçıvan Dövlət Universiteti**aliyev-asef@mail.ru***ELVİRA XƏLİLOVA***Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti**flatifov@mail.ru***UOT 539.3****BƏRK MÜHİTLƏ SƏRT KONTAKTDA OLAN DOĞURANI İSTİQAMƏTİNDƏ ÇUBUQLARLA MÖHKƏMLƏNDİRİLMİŞ QEYRİ-BİRCİNS SİLİNDRİK ÖRTÜYÜN RƏQSLƏRİ****Açar sözlər:** *qeyri-bircins, silindrik örtük, mühit, sərt kontakt, çubuq, məxsusi rəqs, tezlik.***Key words:** *heterogeneity, cylindrical shell, environment, hard contact, rod, natural oscillations, frequency.***Ключевые слова:** *неоднородность, цилиндрическая оболочка, среда, жесткий контакт, стержень, собственное колебания, частота.*

Son zamanlar süni və kompozit materiallar texnologiyaları sürətlə inkişaf etdiyinə görə bir çox hallarda konstruksiyalar və ya konstruksiya elementləri bu cür materiallardan hazırlanırlar. Bu zaman materiallarda müxtəlif qeyri bircinslik xassələri əmələ gəlir və bunların konkret məsələlər həll edildiyi zaman nəzərə alınması zərurəti yaranır. Belə faktorların xüsusilə dayanıqlıq və rəqs məsələlərində nəzərə alınması çox əhəmiyyətlidir. Qeyd olunan konstruksiyalar və ya konstruksiya elementləri istismar şəraitində mühitlə təmasda olur, Respublikamız seysmik aktiv zonada yerləşdiyindən mühitin dinamik təsirinə məruz qalırlar. Baş verən rəqsi hərəkətdə rezonans tezliklərini aradan qaldırmaq üçün konstruksiyaları çubuqlarla möhkəmləndirirlər. Odur ki, mühitin təsirinə nəzərə almaqla silindrik formalı qeyri-bircins möhkəmləndirilmiş konstruksiyalar və ya konstruksiya elementlərinin dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqi öz aktuallığını indi də saxlamaqdadır.

Məqalədə qalınlığı boyu qeyri-bircins doğurani istiqamətində çubuqlarla möhkəmləndirilmiş bərk mühitlə sərt kontaktda olan silindrik örtüyün məxsusi rəqsləri tədqiq olunmuşdur. Silindrik örtüyün qalınlığı boyu qeyri-bircinsliyini iki müxtəlif üsulla nəzərə almaq olar: çoxlaylılıq [1] və qeyri-bircinslik funksiyası daxil etməklə. Məqalədə qeyri-bircinslik Yunq modulunu və materialın sıxlığını qalınlıq boyu dəyişən koordinatın funksiyası qəbul etməklə nəzərə alınmışdır.

Qalınlığı boyu qeyri-bircinsliyi nəzərə almaqla hamar silindrik örtüklərin parametrik rəqsləri [2-4] işlərində tədqiq olunmuşdur. Məsələnin həllində variasiya prinsipindən istifadə etməklə tədqiq olunan sistemin rəqs tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş və sistemi xarakterizə edən fiziki və həndəsi parametrlərdən asılı olaraq kökləri tapılmış, qüvvə-tezlik müstəvisində xarakterik əyrilər qurulmuşdur.

Silindrik örtüyün qalınlığı boyu qeyri-bircinsliyi nəzərə almaq üçün üçölçülü funksionaldan istifadə edəcəyik. Bu halda silindrik örtüyün tam enerjisi aşağıdakı şəkildədir:

$$U = \frac{1}{2} \iint \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} (\sigma_{\alpha} e_{\alpha} + \sigma_{\beta} e_{\beta} + \tau_{\alpha\beta} e_{\alpha\beta} + \rho(z) \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right)^2) d\alpha d\beta dz \quad (1)$$

Burada:

$$\sigma_\alpha = \frac{T_1}{h} + \frac{12M_1}{h^3}z; \quad \sigma_\beta = \frac{T_2}{h} + \frac{12M_2}{h^3}z; \quad \tau_{\alpha\beta} = \frac{S}{h} + \frac{12H}{h^3}z \quad (2)$$

Qeyri-bircinsliliyin nəzərə alınmasının müxtəlif üsulları var. Onlardan biri Yunq modulunun və materialın sıxlığının qalınlıq boyu dəyişən koordinatın funksiyası qəbul etməkdən ibarətdir [1]:  $E = E(z)$ ,  $\rho = \rho(z)$ . Hesab edirik ki, Puasson əmsalı sabitdir. Bu halda gərginlik-deformasiya münasibətləri aşağıdakı kimi yazılır:

$$e_\alpha = \frac{1}{E(z)}(\sigma_\alpha - \nu\sigma_\beta); \quad e_\beta = \frac{1}{E(z)}(\sigma_\beta - \nu\sigma_\alpha); \quad e_{\alpha\beta} = \frac{2(1+\nu)}{E(z)}\sigma_{\alpha\beta} \quad (3)$$

(2)-(3) ifadələrini və

$$\iint \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \left( \rho(z) \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \vartheta}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right) d\alpha d\beta dz = \iint (\rho_0 \left( \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \vartheta}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right) - 2\rho_1 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial t} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial t} \right) + \rho_2 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial t} \right)^2) d\alpha d\beta$$

bərabərliyini (1) –də nəzərə alsaq, yaza bilərik:

$$V = \frac{1}{h} \iint \left\{ T_1 \left[ \frac{1}{E_0} (2T_2 - \nu T_1) + \frac{12}{E_1 h^3} (M_2 - \nu M_1) \right] + T_2 \left[ -\frac{\nu T_2}{E_0} + \frac{12}{E_1 h^3} (M_1 - \nu M_2) \right] + 2(1+\nu) S \left( \frac{S}{E_0} + \frac{12H}{E_1 h^3} \right) + \frac{72}{E_2 h^6} (2M_1 M_2 - \nu M_1^2 - \nu M_2^2 + 2(1+\nu)H^2) \right\} d\alpha d\beta \quad (4)$$

Çubuqlar sisteminin tam enerjisini yazaq:

$$V_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{k_1} \int_0^L \left[ E_i F_i \left( \frac{\partial u_i}{\partial x} \right)^2 + E_i J_{yi} \left( \frac{\partial^2 \vartheta_i}{\partial x^2} \right)^2 + E_i J_{zi} \left( \frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2} \right)^2 + G_i J_{kpi} \left( \frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial x} \right)^2 \right] dx + \sum_{i=1}^{k_1} \rho_i F_i \int_0^L \left[ \left( \frac{\partial u_i}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \vartheta_i}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_i}{\partial t} \right)^2 + \frac{J_{kpi}}{F_i} \left( \frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial t} \right)^2 \right] dx \quad (5)$$

Mühitin silindrik örtüyə təsiri  $q_x, q_y, q_z$  xarici qüvvələri ilə əvəz olunur. Bu qüvvələrin örtüyün yerdəyişmələrində gördüyü iş

$$A_0 = -R \int_0^L \int_0^{2\pi} (q_x u + q_y \vartheta + q_z w) dx d\theta$$

olar.

Baxılan sistemin tam enerjisi

$$W = V + V_1 + A_0 \quad (6)$$

cəmindən ibarət olacaqdır.

(1) - (6) ifadələrində  $u, \vartheta, w$  - örtüyün yerdəyişmələri,  $u_i, \vartheta_i, w_i$  - çubuğun nöqtələrinin yerdəyişmələri,  $E, \nu$  - uyğun olaraq, silindrik örtüyün materialının elastikiyyət modulu və Puasson əmsalı,  $R, h$  - uyğun olaraq, silindrik örtüyün radiusu və qalınlığı,  $E_i$  - boyuna çubuğun elastikiyyət modulu,  $F_i$  - boyuna çubuğun en kəsiyinin sahəsi,  $G_i$  - boyuna çubuğun sürüşmədə elastikiyyət modulu,  $J_{yi}, J_{zi}, J_{kpi}$  - boyuna çubuğun en kəsiyinin ətalət momentləri,  $k_1$  - boyuna çubuqların sayı,  $q_x, q_y, q_z$  - mühit tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən təzyiqlik qüvvəsinin komponentləri və

$$\rho_i = \int_{-h}^h \rho(z) z^i dz \quad \frac{1}{E_i} = \int_{-h}^h \frac{z^i dz}{E(z)}$$

Nəzərdə tutulur ki, örtüklə çubuqlar arasında sərt kontakt şərtləri ödənilir:

$$u_i(x) = u(x, y_i) + h_i \varphi_1(x, y_i), \quad v_i(x) = v(x, y_i) + h_i \varphi_2(x, y_i), \quad (7)$$



$$w_i(x) = w(x, y_i), \varphi_i(x) = \varphi_1(x, y_i), \varphi_{\kappa i}(x) = \varphi_2(x, y_i); h_i = 0,5h + H_i^1,$$

Mühitin hərəkət tənlikləri sistemi silindrik koordinatlarda aşağıdakı kimi yazılır [5]:

$$\begin{aligned} (\lambda_s + 2\mu_s) \frac{\partial \theta}{\partial r} - \frac{2\mu_s}{r} \frac{\partial \omega_x}{\partial \varphi} + 2\mu_s \frac{\partial \omega_\varphi}{\partial x} - \rho_s \frac{\partial^2 s_x}{\partial t^2} &= 0 \\ (\lambda_s + 2\mu_s) \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial \varphi} - 2\mu_s \frac{\partial \omega_r}{\partial x} + 2\mu_s \frac{\partial \omega_x}{\partial r} - \rho_s \frac{\partial^2 s_\varphi}{\partial t^2} &= 0 \\ (\lambda_s + 2\mu_s) \frac{\partial \theta}{\partial x} - \frac{2\mu_s}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\omega_\varphi) + \frac{2\mu_s}{r} \frac{\partial \omega_r}{\partial \varphi} - \rho_s \frac{\partial^2 s_r}{\partial t^2} &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Burada  $s_x, s_\varphi, s_r$  - mühitin yerdəyişmə vektorunun komponentləri,  $\lambda_s, \mu_s$  - mühitin Lamé əmsalları,  $\rho_s$  - mühitin sıxlığı,  $x, r, \varphi$  - boyuna, radial, dairəvi koordinatlarıdır,

$$a_t = \sqrt{\frac{\lambda_s + 2\mu_s}{\rho_s}}, a_e = \sqrt{\frac{\mu_s}{\rho_s}}$$

Həcmi genişlənmə  $\theta$  və  $\omega_x, \omega_\varphi, \omega_r$  komponentləri aşağıdakı ifadələrin köməyi ilə hesablanır:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\partial s_r}{\partial r} + \frac{s_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial s_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial s_x}{\partial x}; \quad 2\omega_x = \frac{1}{r} \left[ \frac{\partial (rs_\varphi)}{\partial r} - \frac{\partial s_r}{\partial \varphi} \right] \\ 2\omega_\varphi &= \frac{\partial s_r}{\partial x} - \frac{\partial s_x}{\partial r}; \quad 2\omega_r = \frac{1}{r} \frac{\partial s_x}{\partial \varphi} - \frac{\partial s_\varphi}{\partial x} \end{aligned}$$

Mühitdə yaranan gərginliklər  $s_x, s_\varphi, s_r$  yerdəyişmələri ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\begin{aligned} \sigma_{rx} &= \mu_s \left( \frac{\partial s_x}{\partial r} + \frac{\partial s_r}{\partial x} \right); \quad \sigma_{r\theta} = \mu_s \left[ r \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{s_\theta}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial s_r}{\partial \theta} \right]; \\ \sigma_{rr} &= \lambda_s \left( \frac{\partial s_x}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial (rs_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial s_\theta}{\partial \theta} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

Çubuqlarla möhkəmləndirilmiş özlü-elastiki silindrik örtüyün mühit ilə rəqslərini tədqiq etmək üçün iki halı nəzərdən keçirəcəyik:

- rəqs prosesinə zəifdir;
- mühitin ətalət təsirini rəqsi hərəkətin tədqiqində nəzərdən atmaq olmaz.

a) halında mühitin yerdəyişmələri

$$s_x = \left[ \left( -kr \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r} - 4(1-\nu_s) k I_n(kr) \right) A_s + k I_n(kr) B_s \right] \cos n\theta \cos kx \sin \omega t \quad (10)$$

$$s_\theta = \left[ -\frac{n}{r} I_n(kr) B_s - \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r} C_s \right] \sin n\theta \sin kx \sin \omega t$$

$$s_r = \left[ -k^2 r I_n(kr) A_s + \frac{\partial I_n(kr)}{\partial r} B_s + \frac{n}{r} I_n(kr) C_s \right] \cos n\theta \sin kx \sin \omega t$$

b) halında isə

$$s_x = \left[ A_s k I_n(\gamma_e r) - \frac{C_s \gamma_t^2}{\mu_t} I_n(\gamma_t r) \right] \cos n\varphi \cos kx \sin \omega t$$

$$s_\theta = \left[ -\frac{A_s n}{r} I_n(\gamma_e r) - \frac{C_s n k}{r \mu_t} I_n(\gamma_t r) - \frac{B_s}{n} \frac{\partial I_n(\gamma_t r)}{\partial r} \right] \sin n\varphi \sin kx \sin \omega t \quad (11)$$

$$s_r = \left[ A_s \frac{\partial I_n(\gamma_e r)}{\partial r} - \frac{C_s k}{\mu_t} \frac{\partial I_n(\gamma_t r)}{\partial r} + \frac{B_s n}{r} I_n(\gamma_t r) \right] \cos n\varphi \sin kx \sin \omega t$$

şəklində olur.

Mühitin (8) hərəkət tənlikləri sisteminə kontakt şərtləri də əlavə edilir. Fərz edəcəyik ki, silindrik örtüklə mühitin kontakt səthləri sərt birləşmişdir. Bu halda

Yerdəyişmələrin bərabərlik şərti

$$s_x = u, s_\theta = \vartheta, s_r = w \quad (r = R) \quad (12)$$

Təzyiq qüvvələrinin bərabərlik şərti

$$q_x = -\sigma_{rx}, \quad q_\theta = -\sigma_{r\theta}, \quad q_z = -\sigma_{rz} \quad (r = R) \quad (13)$$

ödənməlidir.

Beləliklə, alınmış ifadələrin köməyi ilə mühit tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən qüvvələri təyin etmək olur. Nəticədə tədqiq olunan məsələnin həlli diskret paylanmış doğuranı istiqamətində çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, daxili oblastı mühitlə tam doldurulmuş silindrik örtükdən ibarət konstruksiyanın (6) tam enerjisinin, mühitin (8) hərəkət tənliklər sisteminin (12) və (13) sərhəd şərtləri daxilində birgə inteqrallanmasına gətirilir.

Örtüyün yerdəyişmələrini aşağıdakı şəkildə axtaraq:

$$\begin{aligned} u &= u_0 \cos n\theta \cos kx \sin \omega t \\ \vartheta &= \vartheta_0 \sin n\theta \sin kx \sin \omega t \\ w &= w_0 \cos n\theta \sin kx \sin \omega t \end{aligned} \quad (14)$$

Burada,  $u_0, \vartheta_0, w_0$  – naməlum sabitlərdir. (10) və ya (11) həllərini (9)-da yerinə yazıb, (12)-(13) kontakt şərtlərindən istifadə etsək,  $q_x, q_\theta, q_z$  təzyiq komponentlərinin ifadələrini aşağıdakı şəkildə göstərə bilərik:

$$\begin{aligned} q_x &= (q_{x1}u_0 + q_{x2}\vartheta_0 + q_{x3}w_0) \cos n\theta \cos kx \sin \omega t \\ q_\theta &= (q_{\theta1}u_0 + q_{\theta2}\vartheta_0 + q_{\theta3}w_0) \sin n\theta \sin kx \sin \omega t \\ q_z &= (q_{z1}u_0 + q_{z2}\vartheta_0 + q_{z3}w_0) \cos n\theta \sin kx \sin \omega t \end{aligned} \quad (15)$$

ifadələrini alırıq. (10), (11), (16) ifadələrində  $A_s, B_s, C_s$  – naməlum sabitlər,  $k, n, \gamma_e, \gamma_t$  – dalğa ədədləri,  $I_n$ -modifikasiya olunmuş  $n$ -ci tərtib, birinci növ Bessel funksiyasıdır,  $\gamma_e^2 = k^2 - \mu_e^2, \gamma_t^2 = k^2 - \mu_t^2, k^* = kR, \omega$  – naməlum tezlikdir. (15)-ə daxil olan  $q_{xi}, q_{\theta i}, q_{zi}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) kəmiyyətlərinin ifadələri mürəkkəb olduğundan burada verilmir.

(6) ifadəsində variyasilən kəmiyyətlər  $u, \vartheta, w, T_1, T_2, M_1, M_2, S, H$  -dir. (6) funksionalının stasionar qiymətini təyin edək. Bunun üçün Rits üsulundan istifadə edəcəyik. Naməlum kəmiyyətləri aşağıdakı şəkildə axtaracağıq:

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{10} \sin kx \sin n\theta \sin \omega t & S &= S_{10} \cos kx \sin n\theta \sin \omega t \\ T_2 &= T_{20} \cos kx \sin n\theta \sin \omega t & M_1 &= M_{10} \cos kx \sin n\theta \sin \omega t \\ M_2 &= M_{20} \cos kx \sin n\theta \sin \omega t & H &= H_{10} \cos kx \sin n\theta \sin \omega t \end{aligned} \quad (16)$$

(14) və (16) ifadələrini (6) funksionalında yerinə yazsaq,  $u_0, \vartheta_0, w_0, T_{10}, T_{20}, S_{10}, M_{10}, M_{20}, H_{10}$  dəyişənlərindən asılı funksiya alırıq. Alınan funksiyanın stasionarlıq şərti aşağıdakı sistemdən təyin olunur:

$$\begin{aligned} 1) \frac{\partial J}{\partial u_0} = 0; \quad 2) \frac{\partial J}{\partial \vartheta_0} = 0; \quad 3) \frac{\partial J}{\partial w_0} = 0; \quad 4) \frac{\partial J}{\partial T_{10}} = 0; \quad 5) \frac{\partial J}{\partial T_{20}} = 0; \quad 6) \frac{\partial J}{\partial S_{10}} = 0; \\ 7) \frac{\partial J}{\partial M_{10}} = 0; \quad 8) \frac{\partial J}{\partial M_{20}} = 0; \quad 9) \frac{\partial J}{\partial H_{10}} = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

(17) sistemi bircins olduğundan onun sıfırdan fərqli həllinin varlığı üçün baş determinanı sıfıra bərabər olmalıdır. Nəticədə tezlik tənliyini alırıq:

$$\det \|a_{ij}\| = 0, i, j = 1, 9 \quad (18)$$

(18) tənliyi ədədi üsulla tədqiq olunmuşdur. Mühit və örtüyün parametrləri üçün aşağıdakı qiymətlər götürülmüşdür:

$$h^* = \frac{h}{R} = 0,25 \cdot 10^{-2}; \quad \frac{F_i}{2\pi R h} = 0,1591 \cdot 10^{-1}; \quad \nu = 0,3; \quad \frac{I_{yi}}{2\pi R^3 h} = 0,8289 \cdot 10^{-6};$$

$$\frac{I_{zi}}{2\pi R^3 h} = 0,1326 \cdot 10^{-6}; \quad \frac{I_{kpi}}{2\pi R^3 h} = 0,5305 \cdot 10^{-6}; \quad h_i = 0,01375 R; \quad G_i = \frac{E_i}{2(1+\nu)};$$

$$E_i = E_0 = 6,67 \cdot 10^9 \text{ H} / \text{m}^2; \quad \alpha = 0,5; \quad \rho_i = 0,26 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{san}^2 / \text{m}^2; \quad a_e = 2,25 a_i;$$

$$a_i = 308 \text{ m} / \text{san}; \quad E_0 = E; \quad \rho_0 = \rho_i.$$

$$E(z) = E_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{z}{h} \right) \right]$$

Qeyri-bircinslik funksiyalarının iki halına baxılmışdır: xətti-

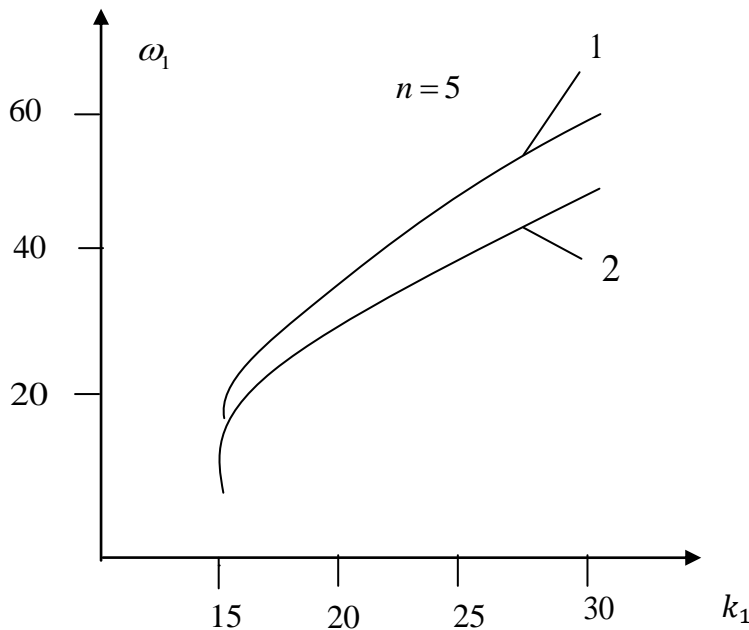
$$\rho(z) = \rho_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{z}{h} \right) \right] \text{ və parabolik-} \quad E(z) = E_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{z}{h} \right)^2 \right] \quad \rho(z) = \rho_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{z}{h} \right)^2 \right].$$

Burada Yunq modulu,  $\alpha$  - qeyri-bircinslik parametridir. Qeyd edək ki, xətti funksiya halında  $|\alpha| < 1$ , parabolik

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{(1-\nu^2) \rho_0 R^2 \omega^2}{E_0}}$$

qanun halında isə  $\alpha$  istənilən ədəddir və

Hesablamaların nəticəsi şəkil 1-də tezlik parametrlinin müxtəlif qeyri-bircinslik qanunları üçün çubuqların sayından asılılığı şəklində verilmişdir. 1 əyrilərinə qeyri-bircinslik qanunlarının xətti, 2 əyrilərinə qeyri-bircinslik qanunlarının parabolik dəyişmə halları uyğundur. Hesablamalar göstərir ki, qeyri-bircinslik qanunlarının xətti halına uyğun gələn rəqs tezlikləri parabolik dəyişmə halına uyğun rəqs tezliklərindən çoxdur. Şəkildən görüldüyü kimi çubuqların sayı artdıqca, sistemin rəqs tezlikləri artır.



Şəkil 1. Tezlik parametrlinin çubuqların sayından asılılığı.  
1-xətti qanun, 2-parabolik qanun

## ƏDƏBİYYAT

1. Ломакин В.А. Теория неоднородных тел. Изд-во МГУ, 1975,355с.
2. Пирмамедов И.Т. Параметрические колебания нелинейной и неоднородной по толщине вязкоупругой цилиндрической оболочки при динамическом взаимодействии со средой с учетом трения// Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2005, №1, стр. 82-89.
3. Пирмамедов И.Т. Исследования параметрических колебаний нелинейной и неоднородной по толщине вязкоупругой цилиндрической оболочки с заполнителем с применением модели Пастернака// Вестник Бакинского Университета, серия физико-математических наук, 2005, №2, стр. 93-99.
4. Пирмамедов И.Т. Расчет параметрических колебаний неоднородного по толщине вязкоупругого стержня в вязкоупругом грунте// Международный научно-технический журнал, Объединенный институт машиностроения НАН Белоруси, г. Минск, 2009, № 3(8), ст.52-56
5. Латифов Ф.С. Колебания оболочек с упругой и жидкой средой. Баку, “Элм”, 1999, 164 с.

## РЕЗЮМЕ

А.А.Алиев, Э.Н.Халилова

### КОЛЕБАНИЯ ПРОДОЛЬНО ПОДКРЕПЛЕННОЙ НЕОДНОРОДНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ЖЕСТКО КОНТАКТИРУЮЩЕЙ СРЕДОЙ

В представленной статье рассматривается колебания продольно подкрепленной неоднородной по толщине цилиндрической оболочки с жестко контактирующей средой. Влияния среды описывается системой уравнениями Ламе в перемещениях. Для учета неоднородности предполагается, что модуль упругости и плотность материала оболочки являются функциями нормальной координаты. Считается, что коэффициент Пуассона постоянная. Между оболочкой и средой рассматривается жесткий контакт. Используя принцип Гамильтона - Остроградского построен частотное уравнение и реализовано численно.

## ABSTRACT

A.A.Aliyev, E.N. Khalilova

### OSCILLATIONS OF LONGITUDINALLY SUPPORTED INHOMOGENEOUS CYLINDRICAL SHELL WITH RIGIDLY CONTACTING ENVIRONMENT

In the present article, we consider the oscillations of a cylindrical shell with a rigidly contacting medium, which is longitudinally supported by a heterogeneous thickness. The influence of the medium is described by the system of Lamé equations in displacements. To take into account the inhomogeneity, it is assumed that the elastic modulus and density of the shell material are functions of the normal coordinate. It is considered that Poisson's ratio is constant. Hard contact is considered between the shell and the medium. Using the Hamilton-Ostrogradsky principle, a frequency equation is constructed and implemented numerically.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə  
çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru,  
dosent Sahib Əliyev

**КОНУЛ МАМЕДОВА**

*Нахчыванский Государственный Университет*

[rustemli1976@gmail.com](mailto:rustemli1976@gmail.com)

**УОТ: 517.98**

**ПОВЕДЕНИЕ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ ДЛЯ НЕКОТОРОГО КЛАССА НЕДИВЕРГЕНТНЫХ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ**

**Açar sözlər :** *xətti , qeyri-hamar, cırlaşan, parabolik, başlanğıc-sərhəd məsələsi, sərhəd nöqtəsi ətrafında həlli tədbiqi .*

**Key words:** *linear, non smooth, degenerate parabolic, initial- boundary problem, behavior of solution*

**Ключовые слова:** *линейный, негладкий вырожденный, параболический, наголью – граничная задача, поведение решения охovo граничной точки.*

В ограниченной цилиндрической области  $Q$ , который содержится в евклидовом пространстве  $R^{n+1}_{x,t}$ , рассмотрим начально-граничную задачу

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \sum_{|\alpha| \leq m} (-1)^{|\alpha|} D^\alpha A_\alpha(x,t,u,\nabla u,\dots,\nabla^m u) = \sum_{|\alpha| \leq m} (-1)^{|\alpha|} D^\alpha F_\alpha(x,t)$$

$$u|_{t=0} = 0 \tag{1}$$

$$D^\alpha u|_\Gamma = 0, \quad |\alpha| \leq m-1$$

где

$$D^\alpha = \frac{\partial^{|\alpha|}}{\partial x_1^{\alpha_1} \partial x_2^{\alpha_2} \dots \partial x_n^{\alpha_n}}, \quad |\alpha| = \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n, \quad m \geq 1.$$

Область  $Q = \Omega \times (0, T)$  имеет негладкую границу  $\partial Q = \Gamma_0 \cup \Gamma_T \cup \Gamma$ , где  $\Gamma_0 = \partial Q \cap \{(x,t): t=0\}$ ,  $\Gamma_T = \partial Q \cap \{(x,t): t=T\}$ .

Предполагаем, что коэффициенты  $A_\alpha(x,t,\xi)$  измеримы по  $(x,t) \in Q$ , непрерывны по  $\xi \in R^M$  ( $M$  число различных мультииндексов длины не большей, чем  $m$ ) и удовлетворяют условиям

$$\sum_{|\alpha|=m} A_\alpha(x,t,\xi) \xi_\alpha^m \geq \omega(x) |\xi^m|^p - c_1 \omega(x) \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i|^p - f_1(x,t)$$

$$|A_\alpha(x,t,\xi)| \leq c_2 \omega(x) \sum_{i=0}^m |\xi^i|^{p-1} + f_2(x,t), \tag{2}$$

где

$$\xi = (\xi^0, \dots, \xi^m), \quad \xi^i = (\xi_\alpha^i), \quad |\alpha| = i, \quad c_1, c_2 > 0, \quad p > 1,$$

$$f_1(x, t) \in L_{p'}(0, T; L_{p, loc}(\Omega_t)), \quad p' = \frac{p}{p-1},$$

$$f_2(x, t) \in L_{1, loc}(Q), \quad \Omega_\tau = Q \cap \{(x, t) : t = \tau\}, \quad F_\alpha(x, t) \in L_{p', loc}(Q).$$

Пространство  $L_p(0, T, W_{q, \omega}^m(\Omega'_t))$  определяется как  $\left\{ u(x, t) : \int_0^T (\|u\|_{W_{q, \omega}^m(\Omega'_t)})^p dt < \infty \right\}$ ,

где  $Q'$  - ограниченная подобласть  $Q$ ,  $\Omega'_t = Q' \cap \{(x, t) : t = \tau\}$ .  $W_{q, \omega}^m(\Omega'_t)$  замыкание функций из  $C^m(\overline{\Omega}_t)$  относительно нормы.

$$\|u\|_{W_{q, \omega}^m(\Omega'_t)} = \left( \int_{\Omega'_t} \omega(x) \sum_{|\alpha| \leq m} |D^\alpha u|^q dx dt \right)^{\frac{1}{q}}.$$

$$u(x, t) \in L_p(0, T; \overset{\circ}{W}_{p, \omega, loc}^m(\Omega_t)) \cap W_2^1(0, T; L_{2, loc}(\Omega_t))$$

**Теорема 1.** Пусть

обобщенное решение задачи для (1). Предположим, что коэффициенты уравнения удовлетворяют условиям (2), область  $\Omega$  условию (B), вес  $\omega(x)$  условиям  $\int \omega^{-1/(\sigma-1)} dx < \infty$ ,

$\text{ess sup}_{x \in \Omega_\rho} \omega(x) \leq c_3 \rho^{n(\sigma-1)} \left( \int_{\Omega_\rho} \omega^{-\frac{1}{\sigma-1}} dx \right)^{1-\sigma}$ ,  $\frac{\omega(\Omega_s)}{\omega(\Omega_h)} \leq c_6 \left( \frac{s}{h} \right)^{n\mu}$ , . Пусть  $\bar{\varphi}(r)$  - произвольная неубывающая функция на  $(0, r_0)$ , удовлетворяющая неравенству  $\bar{\varphi}(r) < \varphi(r) \equiv r \tilde{\lambda}_p(r)$ , и предположим что выполняется условие

$$G(r) < c_{15} \exp \left( - \frac{(1-d)^m}{2c_{14} \ln d^{-1}} \int_r^{r_0} \frac{\bar{\varphi}^m(\tau) d\tau}{\tau} \right) G(r_0). \quad (3)$$

Тогда для  $J(r)$  справедлива оценка при  $\forall \nu > 0$

$$J(r) < c_{16} \exp \left( - \frac{(1-\nu)(1-d)^m}{2c_{14} \ln d^{-1}} \int_r^{r_0} \frac{\bar{\varphi}^m(\tau) d\tau}{\tau} \right) (J(r_0) + G(r_0)) \quad (4)$$

**Доказательство.** Для доказательства вернемся к интегральному тождеству

$$\left( \int_{\Omega_r \setminus \Omega_{r\nu(r)}} |D^m u|^p \sum_{|\alpha| \leq m} \sum_{|\beta| \leq |\alpha|} \left( \frac{\omega(x) D^\beta \xi}{\lambda_p^{m-|\alpha|+|\beta|}(\rho, \tau)} \right)^p dx dt \right)^{\frac{1}{p}} + \int_{\Omega_r} |f_1(x, t)| dx dt$$

Так как, мы взяли  $\psi(r) \equiv d$ ,  $0 < d < 1$ , соответственно  $\xi = \xi_d \left( \frac{g(x)}{r} \right)$

в  $\left( \int_{\Omega_r \setminus \Omega_{r\psi(r)}} |D^m u|^p \sum_{|\alpha| \leq m} \sum_{|\beta| \leq |\alpha|} \left( \frac{\omega(x) D^\beta \xi}{\lambda_p^{m-|\alpha|+|\beta|}(\rho, \tau)} \right)^p dx dt \right)^{\frac{1}{p}} + \int_{\Omega_r} |f_1(x, t)| dx dt$ . Воспользуюсь тем, что по условиям при  $\tau \rightarrow 0$ ,  $\lambda_p(\tau) \rightarrow \infty$ , и неравенством Юнга, для любого  $\delta > 0$  на интервале  $(0, r_0(\delta))$ , получим

$$J(dr) < (2c_2 k_2 \delta^p + c_3 k_1 k_3 \delta + \varepsilon) J(r) + \varepsilon^{1-p} k_4 G(r) + (r \tilde{\lambda}_p(r))^{-m} (1-d)^{-m} (2ac_3 k_8 + ak_9) \cdot \\ \cdot (J(r) - J(dr)) + (r \tilde{\lambda}_p(r))^{-m} (1-d)^{-m} ak_7 k_{10} (G(r) - G(dr)), \quad (5)$$

где  $a = \max a_i, i = \overline{1, m}$ . Пологая  $\delta$  и  $\varepsilon$  достаточно малыми из (5), получим

$$J(dr) < 2^{-1} J(r) + k_{10} G(r) + k_{11} (r \tilde{\lambda}_p(r))^{-m} (1-d)^{-m} (J(r) - \\ - J(dr)) + k_{12} (r \tilde{\lambda}_p(r))^{-m} (1-d)^{-m} (G(r) - G(dr)). \quad (6)$$

Отсюда после несложных вычислений, получим

$$J(dr) + lG(dr) < (1-g(r))(J(r) + lG(r)) + KG(r), \quad (7)$$

$$\text{где } l(r) \equiv \frac{k_{12}}{k_{11} + \varphi^m(r)(1-d)^m}, \quad g(r) = \frac{\varphi^m(r)(1-d)^m}{2k_{11} + \varphi^m(r)(1-d)^m},$$

$$K(r) = \varphi^m(r)(1-d)^m \left( \frac{k_{10}}{k_{11} + \varphi^m(r)(1-d)^m} + \frac{k_{12}}{2(k_{11} + \varphi^m(r)(1-d)^m)^2} \right), \quad \varphi(r) = r \tilde{\lambda}_p(r) < c_1 < \infty.$$

Верны оценки  $0 < l(r) < k_{12} k_{11}^{-1}$ ,  $K(r) < c(k_{10}, k_{11}, k_{12}) g(r)$ ,  $2^{-1}(k_{11} + c_1)^{-1} \varphi^m(r)(1-d)^m < g(r) < 2^{-1}$ . На основании этих оценок из неравенства (7) и Леммы из статьи(1) получаем оценку (4).

Теорема доказана.

**Замечание 1.** Максимальную скорость убывания  $J(r)$  дает оценка  $J(r) < \lambda^{-1} \exp \left( -\frac{\gamma}{\gamma+1} \ln \lambda^{-1} \int_r^{r_0} \frac{d\tau}{\tau \bar{\varphi}_0(r)} \right) J(r_0)$  при значении параметра  $d \equiv e^{-\frac{1}{m}}$ .

**Замечание 2.** Продемонстрированной методикой можно исследовать некоторый класс недивергентных линейных уравнений.

Сначала разделим области определения классы. А далее во второй части статьи покажем класс недивергентных линейных уравнений для которых с помощью указанной техники можно получить оценки решений.

Заметим эти результаты нови даже в линейной ситуации.

В дальнейшем рассматриваемые области разделим на два класса. Первый класс-это “узкие” области, т.е. такие, дополнение которых в окрестности точки 0 достаточно массивно, например, содержит некоторый конус с вершиной в этой точке. В терминах частоты множества этот класс областей удовлетворяет условию

$$r\lambda_p(r) > d_1 > 0, \quad \forall r \in (0, r_0), \quad r_0 > 0. \quad (\text{A})$$

Второй класс содержит “широкие области”, т.е. такие, которое, например, имеют “заострение вовнутрь” в точке 0. В терминах частоты множества этот класс областей удовлетворяет условию

$$r\lambda_p(r) < d_2 < \infty, \quad \forall r \in (0, r_0), \quad (\text{B})$$

Определим функцию  $\psi(r)$  на  $(0, r_0)$  неравенством

$$\inf_{r\psi(r) < |x| < r} \lambda_p(|x|)(r - r\psi(r))\omega(x) \geq \mu > 0, \quad (\text{8})$$

где  $\mu$  такое, что  $0 < 1 - c_0 < \psi(r) < 1$ . Неравенство (8) при монотонно убывающих функциях  $\lambda_p(r)$  (которое часто встречается в приложениях) принимает следующий вид

$$r\lambda_p(r)(1 - \psi(r))\omega(x) \geq \mu, \quad \text{при } \varphi(r) \equiv 1 - \psi(r) \geq \mu\omega^{-1}(x)(r\lambda_p(r))^{-1}. \quad (\text{9})$$

Сделаем следующие обозначение

$$J(r) = \int_{\Omega_r} \omega(x) |D^m u|^p dxdt, \quad G(r) = \int_{\Omega_r} \left( \sum_{|\alpha| \leq m} \omega(x) (|F_\alpha| + |f_2|)^{\frac{p}{p-1}} \lambda_p^{\frac{-m-|\alpha|}{p-1}}(|x|) + |f_1| \right) dxdt.$$

## 2. Некоторые примеры оценки решений для недивергентных линейных уравнений.

Рассмотрим следующую начально краевую задачу для уравнения

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \sum_{|\alpha| \leq m} a_\alpha(x) D^\alpha u = \sum_{|\alpha| \leq m} D^\alpha F_\alpha(x, t)$$

$$c_1 \omega(x) |\xi|^{2m} < \sum_{|\alpha|=m} a_\alpha \xi^\alpha < c_2 \omega(x) |\xi|^{2m}, \quad \forall x \in \Omega, \quad \forall \sigma \in R^n, \quad c_1, c_2 > 0.$$

Здесь  $F_\alpha(x) \in L_2(\Omega)$ ,  $a_\alpha(x) \in C^{|\alpha|-m}(\bar{\Omega})$ , при  $|\alpha| > m$ .  $a_i(x)$  – измеримые ограниченные функции при  $|\alpha| \leq m$ . Обобщенное решение рассматривается из

$$L_p \left( 0, T; W_{2, \omega, loc}^m(\Omega_t) \right) \cap W_2^1(0, T; L_{2, loc}(\Omega_t))$$

Приведем для некоторых областей примеры вычисления оценок

$$J(r) = \int_{\Omega_r} \omega(x) |D^m u|^p dxdt$$

**Пример 1.** Пусть область  $\Omega$  такова, что  $\lambda_p(r) \geq \lambda_p^{(0)}(r) = \lambda^{(0)} r^{-1}$ ,  $\lambda^{(0)} > 0$ .



В частности, это условие выполняется, если в окрестности точки 0 область лежит вне некоторого конуса с вершиной в точке 0.

Эта область класса (А), поэтому по (1.2.2) можем взять  $1 - \bar{\psi}(r) \equiv \mu(\omega(x))^{-1} (r\lambda_p^0(r))^{-1}$ ,  $\mu < \lambda^{(0)}$ . Так как выполняется условие  $\bar{\varphi}'_0(r) < \frac{1-c_0}{e(1+\delta)} r^{-1}$ ,  $\forall r \in (0, r_0)$ , для  $\bar{\varphi}_0 = 1 - \bar{\psi}(r)$ , достаточное для выполнения условия  $\int_r^{r_0} \frac{d\tau}{\tau(1-\bar{\psi}(\tau))} > e^{-1}(1-c_0)(1+\gamma) \ln \frac{1-\bar{\psi}(r_0)}{1-\bar{\psi}(r)}$ ,  $\forall r \in (0, r_0)$ ,  $\gamma > 0$ , то из следует теоремы оценка

$$J(r) < A_1 \exp\left(-\frac{B_1}{\mu} \int_r^{r_0} \lambda_p^{(0)}(\tau) d\tau\right) (J(r_0) + G(r_0)) = A_2 r^{\frac{B_1 \lambda^{(0)}}{\mu}} (J(r_0) + G(r_0)) \equiv A_2 r^\gamma (J(r_0) + G(r_0)),$$

где  $A_1, B_1, A_2$  – постоянные не зависящие от  $u(x)$ .

**Пример 2.** Пусть область  $\Omega$  такова, что  $\lambda_p(r) > \lambda_p^{(0)}(r) = \lambda^{(0)} r^{-1} \ln(r^{-1})$ ,  $\lambda^{(0)} = const > 0$ . В частности, это условие выполняется, если область  $\Omega$  в окрестности точки 0 лежит внутри тела вращения:  $|x_n| = \lambda^{(0)} |x'| (\ln|x'|^{-1})^{-1}$ ,  $x' = (x_1, \dots, x_{n-1})$ . Эта область из класса (А). Функция  $\bar{\psi}(r) \equiv 1 - \mu(\omega(x))^{-1} (r\lambda_p^0(r))^{-1}$ , где  $\mu$  – произвольная постоянная, такая, что  $0 < \mu < (r\lambda_p^0(r))$ ,  $\forall r \in (0, r_0)$  удовлетворяет условию Теоремы 1. и в силу выполнение

условия  $\bar{\varphi}'_0(r) < \frac{1-c_0}{e(1+\delta)} r^{-1}$ ,  $\forall r \in (0, r_0)$  для  $\bar{\varphi}_0 = 1 - \bar{\psi}(r)$ , достаточное для выполнения условия  $\int_r^{r_0} \frac{d\tau}{\tau(1-\bar{\psi}(\tau))} > e^{-1}(1-c_0)(1+\gamma) \ln \frac{1-\bar{\psi}(r_0)}{1-\bar{\psi}(r)}$ ,  $\forall r \in (0, r_0)$ ,  $\gamma > 0$ , из теоремы следует оценка

$$J(r) < A_1 \exp\left(-\frac{B_1}{\mu} \int_r^{r_0} \lambda_p^{(0)}(\tau) d\tau\right) (J(r_0) + G(r_0)) = A_2 r^{\frac{B_1 \lambda^{(0)} \ln r}{\mu}} (J(r_0) + G(r_0))$$

**Пример 3.** Пусть область  $\Omega$  такова, что  $\lambda_p(r) \geq \lambda_p^{(0)}(r) = \lambda^{(0)} r^{-1} (\ln(r^{-1}))^{-\alpha}$ ,  $\alpha > 0$  т.е., область  $\Omega$  класса (В). Функция  $\bar{\varphi}(r) = r\lambda_p^{(0)}(r)$  удовлетворяет условиям Теоремы 1. и поэтому справедлива оценка

$$J(r) < A_1 \exp\left(-B_1 \int_r^{r_0} \frac{[\tau\lambda_p^{(0)}(\tau)]^m}{\tau} d\tau\right) (J(r_0) + G(r_0)) = A_2 \exp\left(-B_2 (1-\alpha m)^{-1} (\ln(r^{-1}))^{1-\alpha m}\right) (J(r_0) + G(r_0)), 0 < \alpha < m^{-1}$$

и

$$J(r) < A_2 \exp\left(-B_2 \ln \ln(r^{-1})\right) (J(r_0) + G(r_0)), \alpha = m^{-1}, B_2 = B_1 (\lambda^{(0)})^m$$

**Замечание .** При  $m=1$  и не слишком сложной геометрии границы  $\partial\Omega$  в окрестности исследуемой точки  $0 \in \partial\Omega$  оценки скорости убывания  $J(r)$  будут следующими

$$J(r) < C \exp\left(-K \int_r^{r_0} \lambda_p(\tau) d\tau\right) (J(r_0) + G(r_0))$$

#### LITERATURA

1. Mamedova K.N. On behavior of solutions of higher order degenerate parabolic equations in nonsmooth bounded domains. // Proceedings of IMM of NAS of Azerbaijan, 2012, vol. XXXVI (XLIV), pp. 69-74.
2. Oleinik O.A., Josifian G.A. Boundary value problems for second order elliptic equations in unbounded domains and Saint-Venants principle. Ann. Scuola Norm. Super. Pisa. 1977, Ser. IV, vol. 2, pp. 269-290.
3. Oleinik O.A., Josifian G.A. On exceptional properties on a boundary and uniqueness of solutions of boundary value problems for second order elliptic and parabolic equations. Funk. Anal, 1977, vol. II, issue 3, pp. 54-67 (Russian).
4. Tedeev A.F., Shishkov A.E. On **quality** properties of solutions and subsolutions of quasilinear elliptic equations. Izv. Vuzov. Matematika. 1984, No 1, pp. 62-68 (Russian).
5. Gadjiev T.S. On behavior of solutions of mixed problems for quasilinear elliptic equations. Diff. Uravneniya, 1991, pp. 1031-1036 (Russian).
6. Bonafade S. Quasilinear degenerate elliptic variational inequalities with discontinuous coefficients. Comment. Math. Univ. Carolina. 1993, 34, No 1, pp. 55-61.
7. Chanillo S., Wkeeden R. Weighted Poincare and Sobolev inequalities and estimates for weighted Peano maximal functions. Mer. J. Math. 1985, 107, pp. 1191-1226.
8. *Miklyukov V.M.* On asymptotic properties of subsolutions of elliptic type quasilinear equations. *Mat. Sbor.* 1980, vol. 111 (145), No 1, pp. 42-66 (Russian).

#### XÜLASƏ

#### BƏZİ QEYRİ-DİVERGENT XƏTTİ TƏNLİKLƏR ÜÇÜN DİRİXLƏ MƏSƏLƏSİNİN HƏLLİNİN ÖZÜNÜ APARMASI

Məqalədə yüksək tərtibli cırılşan parabolik tənliklər üçün qoyulmuş başlangıç sərhəd məsələsinin həlli üçün qiymətləndirmələr alınmışdır. Baxılan oblastlar qeyri-hamar sərhəddə malikdirlər və müəyyən siniflərə bölünürlər. Geniş və dar siniflərə. Bu cür oblastlar siniflərində ümumiləşmiş həllər üçün Sant -Venant tipli xətti qiymətləndirmələr alınmışdır. Bu qiymətləndirmələr vasitəsilə həllin sərhəd nöqtələri ətrafında özünü aparması öyrənilir. Bu qiymətləndirmələr hətta xətti tənliklər halında da yenidir.

#### ABSTRACT

#### THE BEHAVIOR OF SOLUTION PROBLEM DIRICHLET FOR SOME CLASSES NONDIVERGENT LINEAR EQUATIONS

In paper for generalized solutions higher order nonlinear parabolic equations estimates is obtained. A domains is divided some classes with non smooth domains boundary. In this type domains of Sant -Venan estimates is obtained. The behavior of generalized solutions by help this estimates is study. This estimates in case of linear equations also is new.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).  
Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent Sahib Əliyev

**ASƏF ƏLİYEV**

*Naxçıvan Dövlət Universiteti*

*aliyev-asef@mail.ru*

**ZÜLFİYYƏ QULİYEVƏ**

*Bakı Mühəndislik Universiteti*

*flatifov@mail.ru*

**UOT 539.3**

**SIXICI QÜVVƏNİN TƏSİRİNƏ MƏRUZ QALAN MİLLƏRLƏ  
MÖHKƏMLƏNDİRİLMİŞ, ELASTİKİ SİMMETRİYA OXU KOORDİNAT OXU İLƏ  
MÜƏYYƏN BUCAQ ƏMƏLƏ GƏTİRƏN, ORTOTROP, ÖZLÜ-ELASTİKİ SİLİNDRİK  
ÖRTÜYÜN MÜHİTLƏ BİRLİKDƏ SƏRBƏST RƏQSLƏRİ**

**Açar sözlər:** *sıxıcı qüvvə, ortotrop, özlü-elastiki, silindrik örtük, mühit, sərbəst rəqs, möhkəmləndirilmiş.*

**Key words:** *compressive force, orthotropic, viscoelastic, cylindrical shell, medium, free oscillation, reinforced.*

**Ключевые слова:** *сжимающая сила, ортотропная, вязкоупругая, цилиндрическая оболочка, среда, свободное колебания, подкрепленная.*

Nazikdivarlı konstruksiyalardan maşınqayırmada, ötürmə sistemlərində, mülki tikinti sahəsində geniş istifadə olunur. İş şəraitində belə konstruksiyalar sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalır. Odur ki, onların dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqi və optimal variantının seçilməsi ilə bağlı məsələlər öz aktualılıqlarını saxlamaqdadır.

Təqdim olunan məqalədə sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, elastiki simmetriya oxu koordinat oxu ilə müəyyən bucaq əmələ gətirən, doğuranı boyu diskret paylanmış millərlə möhkəmləndirilmiş, bərk mühitlə doldurulmuş özlü-elastiki ortotrop silindrik örtükdən ibarət sistemin məxsusi rəqs tezliklərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Hamilton-Ostroqradski variasiya prinsipindən istifadə etməklə baxılan sistemin rəqs tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş, ədədi üsulla kökləri tapılmış, sistemi xarakterizə edən fiziki və həndəsi parametrlərdən asılı olaraq tədqiq olunmuşdur.

Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan möhkəmləndirilmiş elastiki simmetriya oxu koordinat oxu ilə üst-üstə düşən elastiki izotrop silindrik örtüyün sərbəst rəqslərinə [1] işində baxılmışdır. Mühitin təsirini nəzərə almaqla sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan möhkəmləndirilmiş elastiki simmetriya oxu koordinat oxu ilə üst-üstə düşən özlü-elastiki silindrik formalı konstruksiya elementlərinin dinamik sərtlik xarakteristikalarının tədqiqi öz həllini [2, 3, 4] işlərində tapmışdır. Məsələnin həllində Hamilton-Ostroqradski variasiya prinsipindən istifadə etməklə baxılan sistemin rəqs tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş və sistemi xarakterizə edən fiziki və həndəsi parametrlərdən asılı olaraq tədqiq olunmuş, sistemin məxsusi tezlikləri üçün analitik ifadələr alınmışdır. Tapılmış tezlik parametri əsasında konstruksiyanın optimal variantının seçilməsi məsələsi həll edilmişdir. Diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, mühitlə təmasda olan, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan elastiki silindrik örtüyün parametrlərinin optimal variantının seçilməsi və optimallaşdırma parametrlərinə mühiti xarakterizə edən kəmiyyətlərin, çubuqların sayının, sıxıcı qüvvənin təsiri [5, 6] işlərində öyrənilmişdir.

Variasiya prinsipi əsasında hamar, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan özlü-elastiki silindrik örtüklərin dayanıqlıq və rəqsləri [7, 8, 9] işlərində baxılmış, konstruksiyanın böhran vəziyyətini xarakterizə edən parametrlərin böhran qiyməti ədədi üsulla tapılmışdır.

Deformasiya prosesində konstruksiyada toplanan tam enerjinin ifadəsi aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\begin{aligned}
J = & \frac{1}{2} R^2 \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \{ N_{11} \varepsilon_{11} + N_{22} \varepsilon_{22} + N_{12} \varepsilon_{12} - M_{11} \chi_{11} - M_{22} \chi_{22} - M_{12} \chi_{12} \} dx dy \\
& + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{k_1} \int_{x_1}^{x_2} \left[ E_i F_i \left( \frac{\partial u_i}{\partial x} \right)^2 + E_i J_{y_i} \left( \frac{\partial^2 w_i}{\partial x^2} \right)^2 + E_i J_{z_i} \left( \frac{\partial^2 v_i}{\partial x^2} \right)^2 + G_i J_{kpi} \left( \frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial x} \right)^2 \right] dx + \\
& + \sum_{i=1}^{k_1} \rho_i F_i \int_{x_1}^{x_2} \left[ \left( \frac{\partial u_i}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial v_i}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_i}{\partial t} \right)^2 + \frac{J_{kpi}}{F_i} \left( \frac{\partial \varphi_{kpi}}{\partial t} \right)^2 \right] dx + \\
& + \rho_0 h \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right] dx dy - \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} (q_x u + q_y v + q_z w) dx dy - \frac{\sigma_x h}{2} \int_0^{x_1} \int_0^{2\pi} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 dx dy
\end{aligned} \quad (1)$$

Daxili qüvvə və momentlər üçün aşağıdakı münasibətlər götürülür:

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} (\sigma_{ij} + z w_{ij}) dz; \quad M_{ij} = - \int_{-h/2}^{h/2} (\sigma_{ij} + z w_{ij}) z dz \quad (2)$$

$$w_{11} = B_{11} \chi_{11} + B_{12} \chi_{22}; \quad w_{22} = B_{12} \chi_{11} + B_{22} \chi_{22}; \quad w_{21} = w_{12} = B_{66} \chi_{12} .$$

(2)-yə daxil olan  $\sigma_{ij}$  gərginlikləri  $\varepsilon_{ij}$  deformasiyaları vasitəsi ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\begin{aligned}
\sigma_{11} &= B_{11} \varepsilon_{11} + B_{12} \varepsilon_{22} \\
\sigma_{22} &= B_{12} \varepsilon_{11} + B_{22} \varepsilon_{22} \\
\sigma_{12} &= b_{66} \varepsilon_{12}
\end{aligned} \quad (3)$$

(2), (3) ifadələrində

$$\begin{aligned}
B_{11} &= b_{11} \cos^4 \varphi + b_{22} \sin^4 \varphi + (b_{66} + 0,5 b_{12}) \sin^2 2\varphi; \\
B_{22} &= b_{11} \sin^4 \varphi + b_{22} \cos^4 \varphi + (b_{66} + 0,5 b_{12}) \sin^2 2\varphi; \\
B_{12} &= (b_{11} + b_{22} - 4b_{66}) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + b_{12} (\sin^4 \varphi + \cos^4 \varphi); \\
B_{66} &= -(b_{11} + b_{22} - 2b_{12}) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + b_{66} \cos^2 2\varphi \\
B_{26} &= 1/2 (b_{22} \cos^2 \varphi - b_{11} \sin^2 \varphi) \sin 2\varphi - 1/4 (b_{12} + 2b_{66}) \sin 4\varphi \\
B_{16} &= 1/2 (b_{22} \sin^2 \varphi - b_{11} \cos^2 \varphi) \sin 2\varphi - 1/4 (b_{12} + 2b_{66}) \sin 4\varphi;
\end{aligned}$$

Burada:  $b_{11}, b_{22}, b_{12}, b_{66}$  – uyğun ortotrop materialın koordinat oxları istiqamətindəki əsas elastikiyyət modullarıdır və Yunq modulları  $E_1^0, E_2^0$ , Puasson əmsalları  $\nu_1, \nu_2$  ilə aşağıdakı kimi ifadə olunurlar:

$$b_{11} = \frac{E_1^0}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{22} = \frac{E_2^0}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{12} = \frac{\nu_2 E_1^0}{1 - \nu_1 \nu_2} = \frac{\nu_1 E_2^0}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{66} = G_{12} = G, \quad \varphi - \text{oriyentasiya bucağıdır.}$$

Deformasiyaları aşağıdakı şəkildə götürəcəyik:

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^0 + \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) \varepsilon_{ij}(\tau) d\tau \quad (4)$$

(1)-(4) ifadələrində

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial v}{\partial y} + w; \quad \varepsilon_{12} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}; \quad \chi_{11} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \chi_{22} = \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \chi_{12} = -2 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}; \quad \Gamma(t) = A e^{-\nu t};$$

$u, v, w$  - örtüyün yerdəyişmələri,  $R, h$  - uyğun olaraq, silindrik örtüyün radiusu və qalınlığı,  $E_i$  - boyuna çubuğun elastikiyyət modulu,  $F_i$  - boyuna çubuğun en kəsiyinin sahələri,  $I_{y_i}, I_{kpi}$  -

boyuna çubuğun en kəsiyinin ətalət momentləri,  $q_x, q_y, q_z$  - mühit tərəfindən silindrik örtüyə təsir edən təzyiqlik qüvvəsinin komponentləri,  $k_1$  - boyuna çubuqların sayı,  $G_i$  - boyuna çubuğun sürüşmədə elastikiyyət moduludur.

Mühitin hərəkət tənlikləri sistemi silindrik koordinatlarda aşağıdakı kimi yazılır [8]:

$$\begin{aligned}(\lambda_s + 2\mu_s)\frac{\partial\theta}{\partial r} - \frac{2\mu_s}{r}\frac{\partial\omega_x}{\partial\varphi} + 2\mu_s\frac{\partial\omega_\varphi}{\partial x} - \rho_s\frac{\partial^2 s_x}{\partial t^2} &= 0 \\(\lambda_s + 2\mu_s)\frac{1}{r}\frac{\partial\theta}{\partial\varphi} - 2\mu_s\frac{\partial\omega_r}{\partial x} + 2\mu_s\frac{\partial\omega_x}{\partial x} - \rho_s\frac{\partial^2 s_\varphi}{\partial t^2} &= 0 \\(\lambda_s + 2\mu_s)\frac{\partial\theta}{\partial x} - \frac{2\mu_s}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r\omega_\varphi) + \frac{2\mu_s}{r}\frac{\partial\omega_r}{\partial\varphi} - \rho_s\frac{\partial^2 s_r}{\partial t^2} &= 0\end{aligned}\quad (5)$$

Burada:  $s_x, s_\varphi, s_r$  - mühitin yerdəyişmə vektorunun komponentləri,  $\lambda_s, \mu_s$  - mühitin Lamé əmsalları,  $\rho_s$  - mühitin sıxlığı,  $x, r, \varphi$  - boyuna, radial, dairəvi koordinatlardır.

Həcmi genişlənmə  $\theta$  və  $\omega_x, \omega_\varphi, \omega_r$  komponentləri aşağıdakı ifadələrin köməyi ilə hesablanır:

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{\partial s_r}{\partial r} + \frac{s_r}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial s_\varphi}{\partial\varphi} + \frac{\partial s_x}{\partial x}; & 2\omega_x &= \frac{1}{r}\left[\frac{\partial(rs_\varphi)}{\partial r} - \frac{\partial s_r}{\partial\varphi}\right] \\2\omega_\varphi &= \frac{\partial s_r}{\partial x} - \frac{\partial s_x}{\partial r}; & 2\omega_r &= \frac{1}{r}\frac{\partial s_x}{\partial\varphi} - \frac{\partial s_\varphi}{\partial x}\end{aligned}$$

Mühitdə yaranan gərginliklər  $s_x, s_\varphi, s_r$  yerdəyişmələri ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\begin{aligned}\sigma_{rx} &= \mu_s\left(\frac{\partial s_x}{\partial r} + \frac{\partial s_r}{\partial x}\right) \\ \sigma_{r\varphi} &= \mu_s\left[r\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{s_\varphi}{r}\right) + \frac{1}{r}\frac{\partial s_r}{\partial\varphi}\right] \\ \sigma_{rr} &= \lambda_s\left(\frac{\partial s_x}{\partial x} + \frac{1}{r}\frac{\partial(rs_r)}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial s_\varphi}{\partial\varphi}\right) + 2\mu_s\frac{\partial s_r}{\partial r}\end{aligned}\quad (6)$$

Çubuqlarla möhkəmləndirilmiş özlü-elastiki silindrik örtüyün mühit ilə rəqslərini tədqiq edərkən fərz edəcəyik ki, mühitin ətalət təsirini rəqs prosesinin tədqiqində nəzərdən atmaq olmaz.

Bu halın (5) sisteminin həlli aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{aligned}s_x &= \left[A_s k I_n(\gamma_e r) - \frac{C_s \gamma_t^2}{\mu_t} I_n(\gamma_t r)\right] \cos n\varphi \cos kx \sin \omega t \\ s_\varphi &= \left[-\frac{A_s n}{r} I_n(\gamma_e r) - \frac{C_s n k}{r \mu_t} I_n(\gamma_t r) - \frac{B_s}{n} \frac{\partial I_n(\gamma_t r)}{\partial r}\right] \sin n\varphi \sin kx \sin \omega t \\ s_r &= \left[A_s \frac{\partial I_n(\gamma_e r)}{\partial r} - \frac{C_s k}{\mu_t} \frac{\partial I_n(\gamma_t r)}{\partial r} + \frac{B_s n}{r} I_n(\gamma_t r)\right] \cos n\varphi \sin kx \sin \omega t\end{aligned}\quad (7)$$

şəklində olur.

Mühitin hərəkət tənlikləri (5) sisteminə kontakt şərtləri də əlavə edilir. Fərz edəcəyik ki, silindrik örtüyün və mühitin toxunma səthləri biri digərinə nəzərən sərbəst sürüşür, lakin deformasiya prosesində bir-birindən ayrılmırlar. Mühitin silindrik örtüyün daxilində qalması üçün onun uclarına öz müstəvisində sərt, müstəvisindən kənarında əyilməyə müqaviməti olduqca zəif olan

membiran bərkidilir. Bu halda  $x = x_1$  və  $x = x_2$  kəsiklərində  $\sigma_{xx} = 0$ ;  $s_\theta = s_r = 0$  şərtləri ödənməlidir.

Yerdəyişmələrin normal komponentlərinin bərabərlik şərti

$$s_r = w \quad (r = R) \quad (8)$$

Təzyiq qüvvələrinin bərabərlik şərtləri

$$q_x = 0, \quad q_y = 0, \quad q_z = -\sigma_{rr} \quad (r = R) \quad (9)$$

Nəzərdə tutulur ki, örtük ilə çubuqlar arasında sərt kontakt şərtləri ödənilir:

$$u_i(x) = u(x, y_i) + h_i \varphi_1(x, y_i), \quad v_i(x) = v(x, y_i) + h_i \varphi_2(x, y_i),$$

$$w_i(x) = w(x, y_i), \quad \varphi_i(x) = \varphi_1(x, y_i), \quad \varphi_{\partial\partial i}(x) = \varphi_2(x, y_i); \quad h_i = 0,5h + H_i^1.$$

Beləliklə alınmış ifadələrin köməyi ilə mühit tərəfindən silindrə təsir edən qüvvələri təyin etmək olur. Nəticədə qoyulmuş məsələnin həlli diskret paylanmış çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, daxili oblastı tamamilə mühitlə doldurulmuş silindrik örtükdən ibarət konstruksiyanın (1) tam enerjisinin, mühitin (5) hərəkət tənlikləri sisteminin (8) və (9) sərhəd şərtləri daxilində birgə inteqrallanmasına gətirilir.

$q_z$  təzyiq komponentinin ifadəsini aşağıdakı şəkildə göstərək:

$$q_z = q_z^{(0)} C \cos n\varphi \sin kx \sin \omega t \quad (10)$$

Kontakt şərtləri (8), (9) -un, mühitin hərəkət tənlikləri sistemi (5)-in köməyi ilə  $q_z^{(0)}$  üçün

$$q_z^{(0)} = \frac{E_s}{1+\nu_s} I_n(\gamma_l^*) \left[ \frac{I_n(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \left( -\gamma_l^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} + \gamma_l^{*2} + n^2 - \frac{\nu_s}{1-2\nu_s} \mu_l^{*2} \right) \right. \\ \left. - n^2 k^{*2} \mu_t^* + \frac{R^4 k^{*3} \gamma_t^{*2} I_n^2(\gamma_t^*)}{\mu_t^* I_n^2(\gamma_t^*)} \right. \\ \left. + \frac{2nk^* \gamma_l^* \mu_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} + 2nk^{*3} \gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)}}{\mu_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} + \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)}} \right. \\ \left. - \frac{k^{*3} \gamma_l^* \gamma_t^{*2} \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)}}{\mu_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)}} \right. \\ \left. + \frac{2nk^* \gamma_l^* \mu_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} + 2nk^{*3} \gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)}}{\mu_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} + \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)}} \right) \\ \left. + \left( -n^2 + n\gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} + \frac{\nu_s}{1-2\nu_s} n\gamma_t^* \left( \gamma_t^* - \gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} \right) \right) \right] \\ + \left[ \frac{k^{*3} \gamma_l^* \gamma_t^{*2} \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)}}{\mu_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)}} \right] \\ \left. + \left( \frac{k^* \gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} + \gamma_t^{*2} + n^2 - \frac{\nu_s}{1-2\nu_s} \frac{2k^* \gamma_t^{*2}}{\mu_t^*} \right) \cdot \frac{\left[ \frac{k^{*3} \gamma_l^* \gamma_t^{*2} \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)}}{\mu_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n^2(\gamma_t^*)}{I_n^2(\gamma_t^*)}} \right]}{2k^{*2} \gamma_l^* \gamma_t^* \frac{I_n'(\gamma_l^*)}{I_n(\gamma_l^*)} \frac{I_n'(\gamma_t^*)}{I_n(\gamma_t^*)} - 2n^2 k^{*2}} \right] \quad (11)$$

ifadəsini alırıq.

(7)-(11) ifadələrində  $A_s, B_s, C_s$  - naməlum sabitlər,  $k, n, \gamma_e, \gamma_t$  - dalğa ədədləri,  $I_n$  - modifikasiya olunmuş  $n$ -ci tərtib, birinci növ Bessel funksiyasıdır,  $\gamma_e^2 = k^2 - \mu_e^2, \gamma_t^2 = k^2 - \mu_t^2$ ,  $k^* = kR$ .

Örtüyün yerdəyişmələrini aşağıdakı şəkildə axtaracağıq:

$$u = A \cos n\varphi \cos kx \sin \omega t;$$

$$v = B \sin n\varphi \sin kx \sin \omega t;$$

$$w = C \cos n\varphi \sin kx \xi \sin \omega t \quad (12)$$

Burada  $A, B, C$  - naməlum sabitlər,  $\omega$  - naməlum tezlikdir.

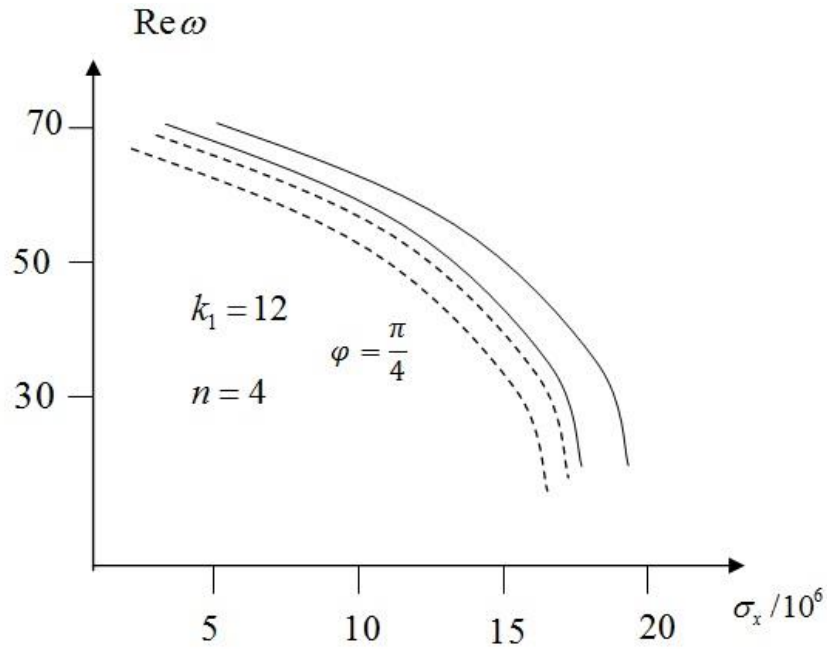
Ostragradski-Hamilton təsirinin qərarlaşma şərtindən, (12) həllərindən istifadə etməklə alınan kvadrat çoxhədlini asılı olmayan  $A, B, C$  sabitlərinə nəzərən variasiyalasaq və asılı olmayan variasiyaların əmsallarını sıfıra bərabər etsək, aşağıdakı bircins cəbri tənliklər sistemini alarıq. Alınan sistem xətti bircins cəbri tənliklər sistemi olduğundan, onun sıfırdan fərqli həllinin varlığı üçün zəruri və kafi şərt baş determinantının sıfıra bərabər olmasıdır.

Nəticədə aşağıdakı tezlik tənliyini alarıq:

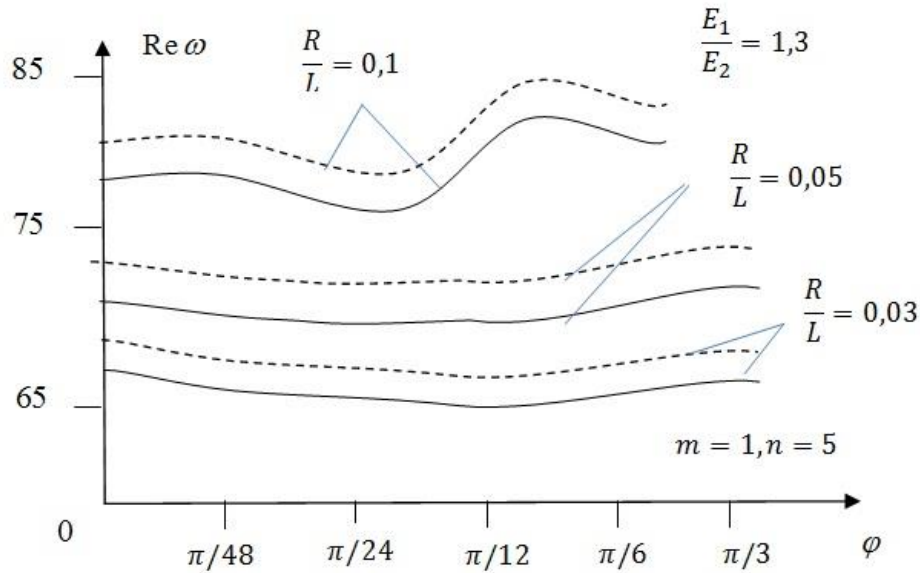
$$\begin{vmatrix} 2(\phi_{11} - \psi_{11}\omega^2) & \phi_{44} & \phi_{55} \\ \phi_{44} & 2(\phi_{22} - \psi_{22}\omega^2) & \phi_{66} \\ \phi_{55} & \phi_{66} & 2(\phi_{33} - \psi_{33}\omega^2 + l_1\sigma_x) \end{vmatrix} = 0 \quad (13)$$

(13) tənliyində iştirak edən kəmiyyətlərin ifadələri mürəkkəb olduğundan burada verilmir. Qeyd edək ki,  $\omega$  – ya nəzərən transendent tənlikdir və kökləri kompleks ədədlərdir. Bu köklərin həqiqi hissəsinə rəqs tezlikləri uyğun gəlir, xəyali hissəsi isə zamana görə rəqslərin sönməsini xarakterizə edir.

(13) tənliyinin kökləri ədədi üsulla hesablanmışdır. Hesablamada mühiti, örtüyü və çubuqları xarakterizə edən parametrlər üçün aşağıdakı qiymətlər götürülmüşdür:



Şəkil 1. Rəqs tezliyinin sıxıcı gərginlikdən asılılığı



Şəkil 2. Sistemin məxsusi rəqs tezliklərinin oriyentasiya bucağından asılılığı

$$E_i = 6,67 \cdot 10^9 \text{ N / m}^2; h_i = 1,39 \text{ mm}; R = 160 \text{ mm}; A = 0,1615; \beta = 0,05;$$

$$L_1 = 800 \text{ mm}; \frac{F_j}{2\pi R h} = 0,1591 \cdot 10^{-1}; \frac{I_{yj}}{2\pi R^3 h} = 0,8289 \cdot 10^{-6}; h = 0,45 \text{ mm};$$

$$\frac{I_{kpi}}{2\pi R^3 h} = 0,5305 \cdot 10^{-6}; a_l = 2,25 a_t, a_t = 308 \text{ m / san}, \rho / \rho_0 = 0,15;$$

$$b_{11} = 18,3 \text{ QPa}; b_{22} = 25,2 \text{ QPa}; b_{66} = 3,5 \text{ QPa}; b_{12} = 2,77 \text{ QPa}.$$

Hesablamanın nəticələri şəkil 1-də tezlik parametri  $Re \omega$ -in sıxıcı qüvvədən, şəkil 2-də isə oriyentasiya bucağından asılılığı verilmişdir. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi sıxıcı qüvvənin müəyyən qiymətinə qədər sistemin minimal tezlikləri cüzi azalır, sıxıcı qüvvənin müəyyən qiymətindən sonra isə kəskin azalaraq sıfıra qədər azalır. Çubuqların sayı artdıqca sistemin məxsusi rəqs tezlikləri də artır. Şəkil 2-dən aydın olur ki,  $R/L$  nisbətinin kiçik qiymətlərində sistemin məxsusi rəqs tezlikləri  $\varphi$  dolanma bucağından zəif aslı olur,  $\frac{R}{L} = 0,1$  olduqda böhran qüvvəsinin qiymətinin  $\varphi$  dolanma bucağından asılılığı mürəkkəb xarakter daşıyır.

## ƏDƏBİYYAT

1. Амиро И.Я., Заруцкий В.А., Поляков П.С. Ребристые цилиндрические оболочки. Киев, Наук. думка, 1973, 248 с.
2. Pirməmmədov İ.T., Qulieva Z. M. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan halqalarla möhkəmləndirilmiş özlü-elastiki ortotrop silindrik örtüyün mühitlə birlikdə sərbəst rəqsləri. AzMİU, Nəzəri və Tətbiqi Mexanika, 2014, №1(33), səh.15-20.
3. Latifov F.S., Iskanderov R.A., Qulieva Z.M. Free oscillations of orthotropic cylindrical shell filled with flowing liquid and reinforced by longitudinal systems of ribs under axial compressive forces. Problems of computational mechanics and strength of structures Collection of scientific articles, Dnepropetrovsk National University named after Oles Honchar, випуск 24, 2015, pp. 134-144.
4. Латифов Ф.С., Гулиева З.М. Свободные колебания усиленных перекрестными системами ребер и нагруженной осевыми сжимающими силами ортотропной вязкоупругой



цилиндрической оболочки, с протекающей жидкостью. Вісник Запорізького національного університету, Фізико-математичні науки, 2017, №1, стр. 244-251.

5. Латифов Ф.С., Мамедов Дж.Н. Оптимизации параметров цилиндрических оболочек, усиленных перекрестной системой ребер при осевом сжатии и динамическим взаимодействии со средой. Естественные и технические науки, Москва, 2008, №3(35), стр. 21-28.

6. Мамедов Дж.Н. Оптимизации параметров ребристых цилиндрических оболочек при осевом сжатии и осесимметричным динамическим взаимодействии со средой. Механика машингайырма, 2009, №2, с. 48-52.

7. Пирмамедов И.Т. Параметрические колебания нелинейной и неоднородной по толщине вязко-упругой цилиндрической оболочки, контактирующей с вязко-упругой средой с учетом трения//Доклад НАНА-а, 2008, № 2, стр. 35-42.

8. Пирмамедов И.Т. Расчет параметрических колебаний неоднородного по толщине вязкоупругого стержня в вязкоупругом грунте // Международный научно-технический журнал, Объединенный институт машиностроения НАН Белоруси, г. Минск, 2009, № 3(8), стр. 52-56.

9. Пирмамедов И.Т. Расчет параметрических колебаний поврежденного вязкоупругого стержня в вязкоупругой среде // Вторая международная конференция «Проблемы нелинейной механики деформируемого твердого тела», Казань, Россия, 2009, стр. 283-288.

10. Латифов Ф.С. Колебания оболочек с упругой и жидкой средой. Баку, “Элм”, 1999, 164 стр.

#### РЕЗЮМЕ

А.А.Алиев, З.М.Гулиева

#### СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ НАГРУЖЕННОЙ ОСЕВЫМИ СЖИМАЮЩИМИ СИЛАМИ И УСИЛЕННЫХ ПРОДОЛЬНЫМИ РЕБЕРАМИ ВЯЗКОУПРУГОЙ ОРТОТРОПНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ СО СРЕДОЙ

Данная статья посвящена исследованию свободных колебаний усиленные регулярно размещенными продольными ребрами и нагруженные осевыми сжимающими силами вязкоупругих ортотропных цилиндрических оболочек, со средой. Используя вариационный принцип Гамильтона-Остроградского построены частотные уравнения и исследованы влияния на эти частоты геометрических, физических и механических параметров характеризующих материалов оболочки, твердой среды и стержней.

#### ABSTRACT

A.A.Aliyev, Z.M.Guliyeva

#### FREE VIBRATIONS LOADED BY AXIAL COMPRESSIVE FORCES AND REINFORCED BY LONGITUDINAL RIBS OF A VISCOELASTIC ORTHOTROPIC CYLINDRICAL SHELL WITH A MEDIUM

This article is devoted to the study of free vibrations reinforced by regularly placed longitudinal ribs and loaded with axial compressive forces of viscoelastic orthotropic cylindrical shells with a medium. Using the Hamilton-Ostrogradsky variational principle, frequency equations were constructed and the effects on these frequencies of the geometric, physical and mechanical parameters of the characterizing materials of the shell, solid medium and rods were investigated.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru, dosent Sahib Əliyev

**FİZİKA**

**ШАМСАДДИН КАЗЫМОВ**  
**ВАЛИДЕ ГАДЖИЕВА**  
**НАМИГ ПАШАЕВ**

**UOT 548.736.3**

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В  
 КРИСТАЛЛАХ ХАЛЬКОГЕНИДАХ МЕДИ**

**Açar sözlər:** *Faza keçidləri, strukturlar, qarışıqlar, çevrilmələr, quruluş dəyişmə*

**Key words:** *Phase transitions, structures, solutions, reorganizations, modifications*

**Ключевые слова:** *Фазовые переходы, структуры, растворах, превращений, модификации*

Бинарные и тройные соединения и нестехиометрические составы материалы, сильно самолегированы собственными дефектами решетки. Интерес к этим классы материалов вызван, в основном тем, что они обладают фото-и электрофизическими свойствами, которые делают их пригодными для преобразователей тепла в электричество, фоторезисторов, фотодиодов и т.п.

Свойства кристаллов во многом определяются условиями их роста, характером дефектов, концентрацией компонентов, распределением малых примесей и т.д. Применение той или иной технологии для синтеза и получения кристаллов и дальнейшего использования их важных физических свойств, требует детального изучения реальной структуры, структурных фазовых превращений в них, механизма этих превращений, областей стабильности каждой из модификаций, в том числе и метастабильных, структурного соответствия матричных и новых фаз и т.д.

В структурах бинарных соединений халькогенидов меди атому меди находятся в адновалентном  $\text{Cu}^{+1}$  и двухвалентом  $\text{Cu}^{+2}$  состояниях. Адновалентные  $\text{Cu}^{+1}$  решетке располагаются в центрах треугольников, а  $\text{Cu}^{+2}$  занимают центры тетраэдров. Высокотемпературная, модификация, решетка которой при высокой температуре состоит из упаковки тетраэдров и треугольников, при понижении температуры в процессе упорядочения атомов металла становится двухфазной. По составу одна из фаз близка к стехиометрическому, а другая характеризуется большим дефицитом атомов металла.

В нестехиометрических соединениях  $\text{Cu}_{18}\text{Te}$  как показано в низкотемпературная гексагональная модификация при 730 К превращается в высокотемпературную ГЦК модификацию с периодом решетки  $a=6.083\text{Å}$ . В данном случае состав  $\text{AgCuS}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$  кристаллизующийся выше 573 К в структуре низкотемпературной фазы  $\text{Cu}_{18}\text{Te}$  при 623 К превращается ГЦК модификацию с периодом решетки  $a=6.531\text{Å}$ .

Подытожены структурные превращения в  $\text{CuAgSe}_2$ ,  $\text{CuAgSe}_{0.5}(\text{S,Te})_{0.5}$  и  $\text{Cu}_{1\pm x}\text{Ag}_{1\pm x}\text{Se}(\text{Te})$

Исследовались системы  $\text{Cu}_2\text{Se}-\text{AgSe}_2$ , и показано, что при соотношении 1:1 образуется соединение  $\text{CuAgSe}$ , а в других соотношениях при высоких температурах

образуется непрерывный ряд твердых растворов. Дело в том, что при высокой температуре  $\text{Cu}_2\text{Se}$  и  $\text{Ag}_2\text{Se}$  кристаллизуются в кубической сингонии с параметрами решетки  $a=5,84$  и  $a=4,98\text{\AA}$  соответственно. Высокотемпературная, модификация их позволяет растворить большого количества атомов металла. При охлаждении кристалла ниже температуры структурных превращений однородный кубический кристалл распадается на две фазы, отличающиеся параметрами решеток и концентрациями атомов металла. Ограниченная растворимость при комнатной температуре  $\text{Cu}_2\text{Se}$  в  $\text{Ag}_2\text{Se}$  и наоборот, связано отличием их кристаллических структур .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Асадов Ю.Г., Казымов Ш.К. Кристаллическая структура и полиморфный превращения в бинарных халькогенидах серебра Баку, 1987. 42 стр.
2. Якшыбаев Р.А. Конев В.Н. Исследование фазовых соотношений бинарных системы  $\text{Cu}_2\text{Se} - \text{Ag}_2\text{Se}$  методами высокотемпературной рентгенографии. Г. Караганда, 1996.
3. Тонков Е.Ю. Фазовые диаграммы элементов при высоком давлении, Москва, Наука, 1979. 250 стр.

## XÜLASƏ

**Şəmsəddin Kazimov**  
**Validə Hacıyeva**  
**Namiq Paşayev**

### MİS XALLOGENİDLƏRİNİN KRİSTALINDA BƏZİ STRUKTUR ÇEVİRMƏLƏRİ

Bu məqalədə müəlliflər rentgenodifraksiya üsulu ilə mis binar, üçqat birləşmə və bərk məhlullarında təhlil edərək belə nəticəyə müəyyən olunmuşdur ki, aşağı temperaturda fazada olan mis kristalı, yüksək temperaturda həcmə mərkəzləşmiş kup fazasına keçir. Elementar qəfəsin parametri  $a=6,083\text{\AA}$  olur.

## ABSTRACT

**Shamsaddin Kazimov**  
**Valida Hajiyeva**  
**Namik Pashayev**

### SOME STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN CRYSTALLINE COPPER CHALLOGENIDS

In this article, the authors analyzed by X-ray, copper bicarbonate, triple bonding and solid solutions, so that the copper crystal in the phase at low temperatures passes to the centrifugal phase at a high temperature. The earthed cage parameter is  $a = 6,083\text{\AA}$ .

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

MƏMMƏD HÜSEYNƏLİYEV

AMEA Naxçıvan Bölməsi

mamedhuss@mail.ru

UOT: 537. 533. 3

**YARIMKEÇİRİCİLƏRDƏ KOMPLEKS DIELEKTRİK FUNKSIYASININ  
NƏZƏRİ ANALİTİK İFADƏSİNƏ DAXİL OLAN PARAMETRLƏRİN  
FUNKSIYANIN GEDİŞİNƏ TƏSİRİ**

**Açar sözlər:** yarımkeçirici, kritik nöqtə, "Graphical analysis", fitting, kompleks dielektrik funksiyası, həqiqi hissə, xəyali hissə, parametr, ikinci tərtib törəmə

**Key words:** semiconductor, critical point, "Graphical analysis", fitting, complex dielectric function, real part, imaginary part, parameter, second derivative

**Ключевые слова:** полупроводник, критическая точка, "Graphical analysis", фиттинг, комплексная диэлектрическая функция, действительная часть, мнимая часть, параметр, второе производное

Yarımkeçiricilər fizikasında yarımkeçiricinin kritik nöqtələrinin təyini əsas məsələdir. Spektroskopik ellipsometriya ölçmələri bu nöqtələri təyin etməyə imkan verən tədqiqat üsullarından biridir.

Ellipsometrik ölçmələrdən nəticə olaraq  $\varepsilon$  kompleks dielektrik funksiyasının  $\varepsilon_1$  həqiqi və  $\varepsilon_2$  xəyali hissələrinin enerjidən asılılıq qrafikləri alınır. Bu funksiya həm də 700-dən çox nöqtənin asılılığı şəklində rəqəmsal olaraq koordinatlarla verilmiş olur və ona görə də bu asılılığı asanlıqla hər hansı bir proqramda qurmaq və analizini aparmaq mümkündür. Bir çox müəlliflər fitting prosesini yerinə yetirərkən çox mürəkkəb hesablamalardan, Savitski-Golay alqoritmlərindən, SA alqoritmlərindən [1-3], və s. istifadə etmişlər.

Halbuki "Graphical analysis" proqramı bu məqsəd üçün çox əlverişli bir proqramdır. Ona görə ki, əvvəla bu proqramla koordinatlarla verilmiş eksperimental əyri qurmaq mümkündür. Bu asılılığın birinci, ikinci tərtib törəmələrini çox asanlıqla almaq mümkündür və nəhayət həmin əyrinin və yaxud onun müəyyən oblastının fittingini aparmaq (yəni həmin əyri ilə maksimum üst-üstə düşə bilən nəzəri asılılıqları müəyyən etmək) mümkündür. Konkret olaraq spektroskopik ellipsometriya məsələlərinin həlli zamanı eksperimental kompleks dielektrik funksiyası  $\varepsilon(\omega)$ -nın ikinci tərtib törəmələrinin həqiqi və xəyali hissələri üçün aldığımız asılılıqların fittingi belə məsələlərin həllində istifadə olunan nəzəri funksiyaların vasitəsilə aparılır. Nəticədə bu funksiyalara daxil olan sabitlər təyin olunur. Bu sabitlərdən biri də  $E$ - kritik nöqtəsidir ki, bu da yarımkeçiricilər nəzəriyyəsi üçün çox mühüm kəmiyyətdir.

Bu proqramın üstünlükləri barədə əvvəlki işlərimizdə məlumat verilmişdir [4,5].

Bu məqalədə "Graphical analysis" proqramından istifadə etməklə yarımkeçiricilərdə kompleks dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrinin analitik ifadəsinə daxil olan parametrlərin funksiyanın gedişinə təsiri təhlil olunmuşdur.

**Məsələnin qoyuluşu**

Bildiyimiz kimi kompleks dielektrik funksiyası üçün nəzəri analitik ifadə  $m \neq 0$  halı üçün aşağıdakı şəkildədir [6,7]:

$$\varepsilon(\omega) = C - Ae^{i\theta} (\omega - E + i\Gamma)^m \quad (1)$$

burada  $A$ -amplituda,  $E$ -kritik nöqtə,  $\Gamma$  - genişlənmə,  $\theta$  -isə eksiton faza bucağıdır.

İfadəyə daxil olan  $m$  kəmiyyəti dörd müxtəlif qiymət ala bilər:  $m = \frac{1}{2}$  kritik nöqtənin üçölçülü (3D) halına aiddir;  $m = 0$  kritik nöqtənin ikiölçülü (2D) halına aiddir;  $m = -\frac{1}{2}$  kritik nöqtənin birölçülü (1D) halına aiddir;  $m = -1$  isə eksiton tip kritik nöqtədir [8].  $m = 0$  halı üçün (1) ifadəsi aşağıdakı kimi olur:

$$\varepsilon(\omega) = C - Ae^{i\theta} \ln(\omega - E + i\Gamma) \quad (2)$$

Lakin (1) və (2) funksiyalarına daxil olan parametrləri təyin etmək üçün (eləcə də  $C$  parametrini aradan qaldırmaq üçün)  $\varepsilon(\omega)$  dielektrik funksiyasının eksperimental qiymətlərinin

ikinci tərtib diferensiallanmasından alınan  $\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2}$  funksiyasından istifadə etmək lazım gəlir.

Bu halda (1) və (2) funksiyalarının ikinci tərtib törəmələri  $m \neq 0$  halı üçün

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = -m(m-1)Ae^{i\theta}(\omega - E + i\Gamma)^{m-2} \quad (3)$$

və ya triqonometrik formada yazsaq

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = A^1(\Omega)^{m-2/2} \left\{ \cos \left[ (m-2) \arg \cos \left( \frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] + i \sin \left[ (m-2) \arg \sin \left( \frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] \right\} \quad (4)$$

olacaqdır, burada  $A^1 = -m(m-1)A$  və  $\Omega = (\omega - E)^2 + \Gamma^2$ .  
 $m = 0$  halı üçün

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = Ae^{i\theta}(\omega - E + i\Gamma)^{-2} \quad (5)$$

və triqonometrik formada

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\omega^2} = \frac{A}{\Omega} \left\{ \cos \left[ -2 \arg \cos \left( \frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] + i \sin \left[ -2 \arg \sin \left( \frac{\omega - E}{\Omega^{1/2}} \right) + \theta \right] \right\} \quad (6)$$

Fitting apararkən triqonometrik formada yazılmış (4) ( $m \neq 0$  olduqda) və ya (6) ( $m = 0$  olduqda) funksiyasının həqiqi  $d^2\varepsilon_1(\omega)/d\omega^2$  və xəyali  $d^2\varepsilon_2(\omega)/d\omega^2$  komponentləri istifadə olunur.

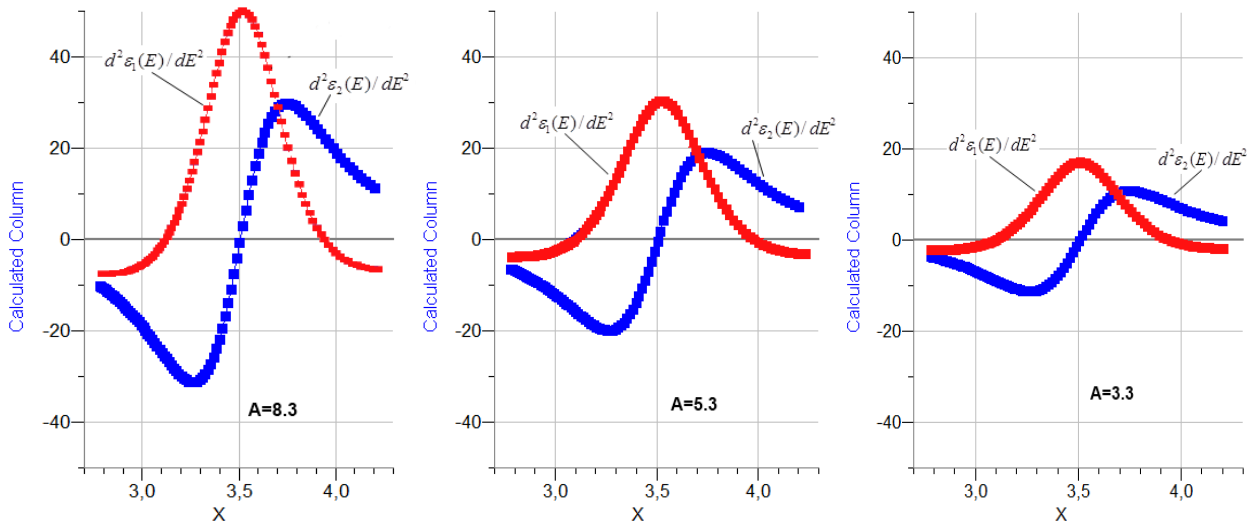
### **$A, E, \Gamma$ və $\theta$ -parametrlərinin nəzəri funksiyanın gedişinə təsiri**

(4) və (6) nəzəri asılılıqları fittingə cəlb olunarkən  $A, E, \Gamma$  və  $\theta$ -parametrlərinə müxtəlif qiymətlər verməklə eksperimental asılılıqla maksimum üst-üstə düşə bilən asılılığı axtarmaq lazım gəlir. Ona görə də bu parametrlərin kompleks dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrinin ikinci tərtib törəmələrinin enerjiden asılılığına necə təsir etməsi məsələsinə ayrıca baxaq. Konkretlik üçün  $m = 0$  (2D) halına baxacağıq. Araşdırmalardan müəyyən edilmişdir ki, alınan nəticələr kritik nöqtənin üçölçülü (3D)  $m = 1/2$ , birölçülü (1D)  $m = -1/2$  və eksiton tip kritik nöqtə  $m = -1$  halları üçün də doğrudur.

### **$A$ (amplitud) parametrinin təsiri**

Şəkil 1 - də (4) və (6) nəzəri asılılıqlarına xas olan əyrilər göstərilmişdir. Burada digər üç parametr ( $E=3,5$ ;  $\Gamma=0,42$  və  $\theta=3,1$ ) sabit saxlanılmaqla  $A$  parametrinə müxtəlif qiymətlər verməklə onun asılılığa necə təsir göstərdiyini aşkar görmək mümkündür. Göründüyü kimi  $A$  parametri  $d^2\varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2\varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarının qarşılıqlı vəziyyətinə, onların fiksə olunduğu yerə və

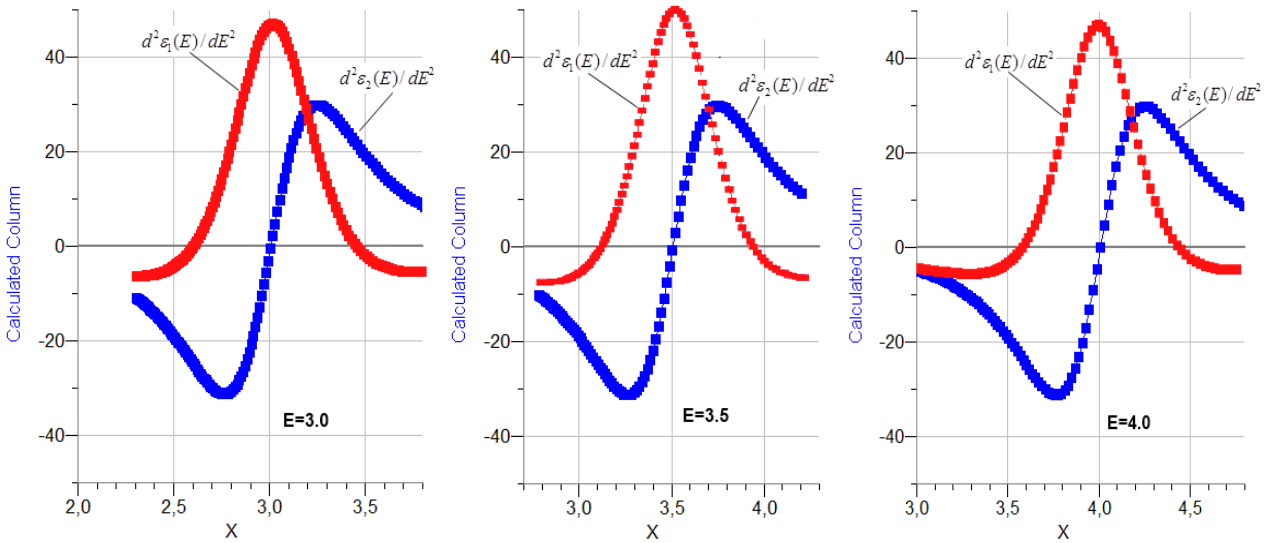
maksimumların yarım eninə təsir göstərmir, yalnız asılılığın amplituduna təsir edir. A parametri artdıqca amplitud da artır.



Şəkil 1. A- parametrinin  $d^2\varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2\varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarına təsiri.

**E (kritik nöqtə) parametrinin təsiri**

Yenə də digər üç parametri ( $A=8,3$ ;  $\Gamma=0,42$  və  $\theta=3,1$ ) sabit saxlamaqla E parametrinə müxtəlif qiymətlər verməklə onun asılılığa necə təsir göstərdiyi araşdırılmışdır.

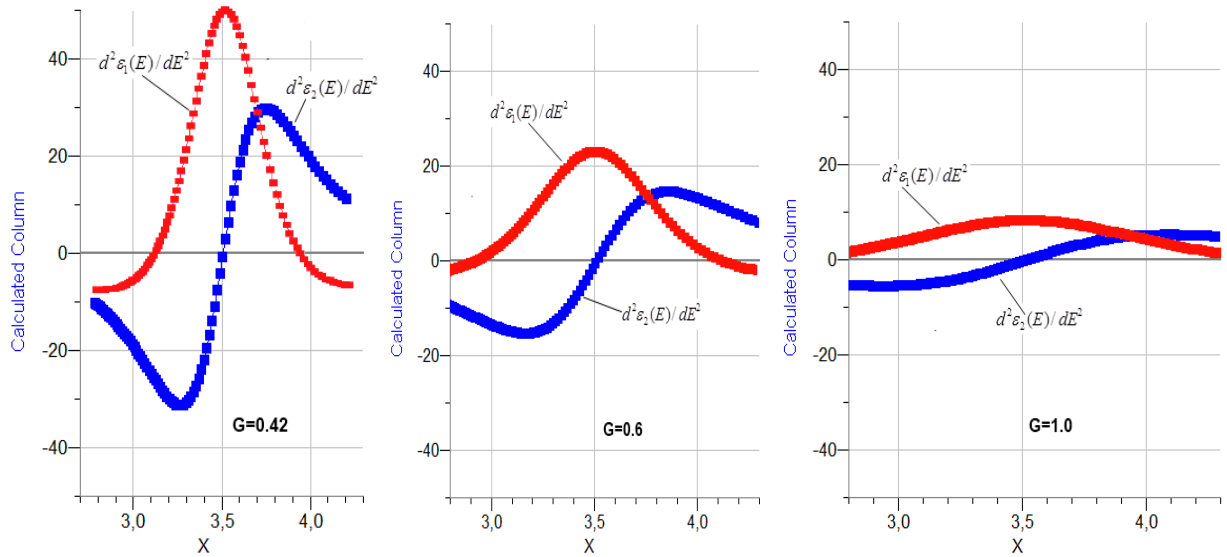


Şəkil 2. E- parametrinin  $d^2\varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2\varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarına təsiri

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi E parametri də  $d^2\varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2\varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarının qarşılıqlı vəziyyətinə, maksimumların qiymətinə və yarım eninə heç bir təsir göstərmir, yalnız bu asılılıqları absis oxu (enerji) boyunca sürüşdürür və enerjinin verilmiş qiymətinə uyğun yerdə fiksə olunur.

**$\Gamma$  (genişlənmə) parametrinin təsiri**

Bu parametr də kompleks dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrinin ikinci tərtib törəmələrinin enerjiden asılılıqlarının qarşılıqlı vəziyyətinə, onların fiksə olunduğu yerə heç bir təsir göstərmir. Adından da görüldüyü kimi bu parametr asılılıqlardakı maksimumların yarım eninin dəyişməsinə səbəb olur, başqa sözlə desək fit aralıklarını dəyişdirir.  $\Gamma$ -nin qiyməti artdıqca maksimumların yarım enləri və deməli fit aralıqları da artır.

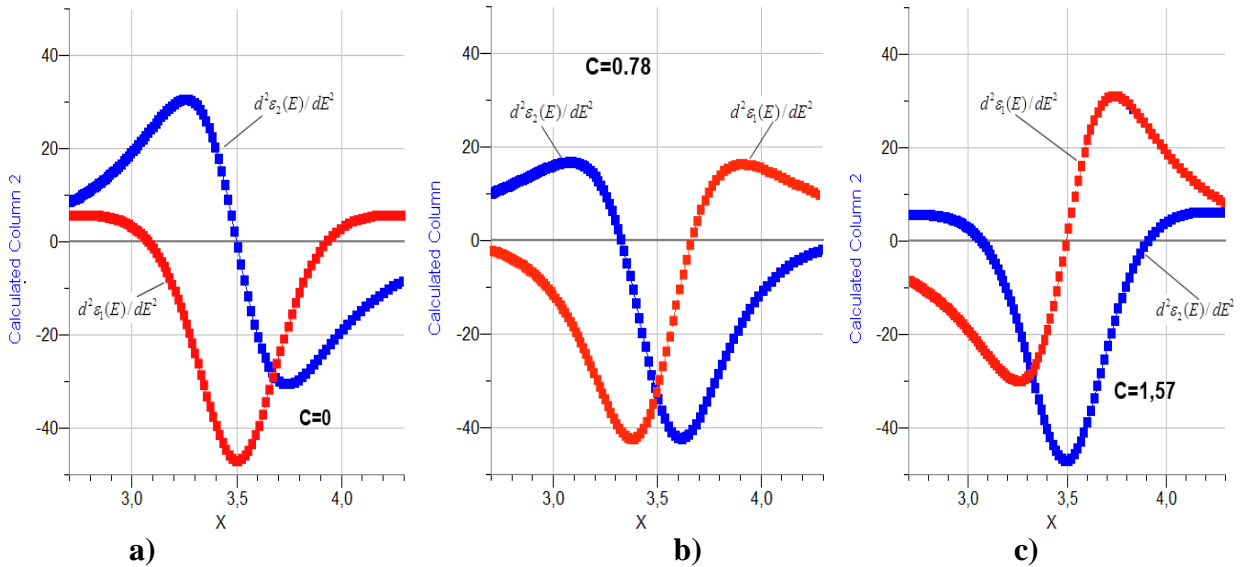


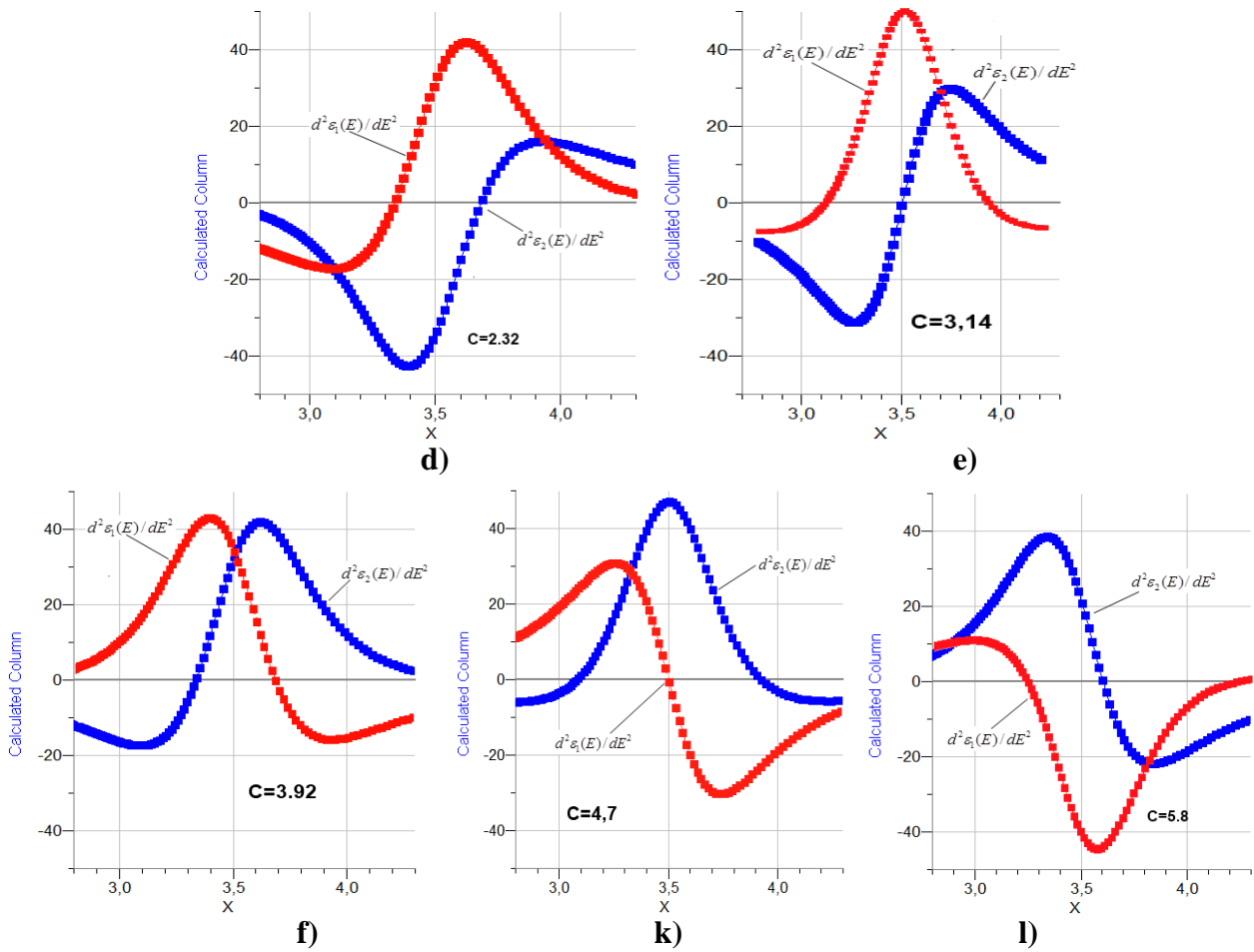
Şəkil 3.  $\Gamma$ - parametrinin  $d^2 \varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2 \varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarına təsiri.

Bundan başqa  $\Gamma$  həm də maksimumların boyuna təsir edir.  $\Gamma$  artdıqca amplitud azalır. Şəkil 3 -də  $A$ ,  $E$ , və  $\theta$  -parametrlərinin sabit qiymətlərində ( $A=8,3$ ;  $E=3,5$  və  $\theta=3,1$ )  $\Gamma$ -nin üç müxtəlif qiyməti üçün asılılıqlar göstərilmişdir.

#### $\theta$ (faza) parametrinin təsiri

Bu parametrin dəyişməsi maksimumların qiymətinə, onların yarım eninə və fiksə olunduğu yerə təsir göstərmir. Lakin bu parametr nəinki  $d^2 \varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2 \varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarının qarşılıqlı vəziyyətinə birbaşa təsir göstərir, həm də onların formalarını tamamilə dəyişdirir. Şəkil 4-də  $A$ ,  $E$ , və  $\Gamma$ -parametrlərinin sabit qiymətlərində ( $A=8,3$ ;  $E=3,5$  və  $\Gamma=0,42$ )  $\theta$ -parametrinin səkkiz müxtəlif qiyməti üçün asılılıqlar göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi  $\theta$ -parametrinin dəyişməsi ilə  $d^2 \varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2 \varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarının formaları və qarşılıqlı vəziyyətləri kəskin dəyişikliyə məruz qalır.





Şəkil 4.  $\theta$  (şəkilə C- ilə işarələnmişdir)- parametrimin  $d^2\varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2\varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarına təsiri

Bu asılılıqların, onların formalarının və qarşılıqlı vəziyyətlərinin xüsusiyyətləri haqqında aşağıdakıları söyləmək olar:

1. Hər şeydən öncə onu qeyd etmək lazımdır ki, xəyali hissə bütün hallarda həqiqi hissənin asılılığından sağda yerləşir. Bu əslində belə də olmalıdır, çünki həqiqi hissə (kosinus qanunu ilə dəyişir) xəyali hissəni (sinus qanunu ilə dəyişir) fazaca  $\pi/2$  bucağı qədər qabaqlayır.
2. Bir çox hallarda funksiyalardan hər hansı birinin maksimumu demək olar ki, digərinin sıfırına uyğun gəlir.
3. Bu asılılıqlarda xüsusi simmetrik (şəkil 4-də  $C=0$ ,  $C=0,78=\pi/4$ ,  $C=1,57=\pi/2$ ,  $C=3,14=\pi$ ,  $C=3,92=5\pi/4$ ,  $C=4,7=3\pi/2$  və s.) halların olması mümkündür.
4. Əgər fitinqə tam bir tsikl cəlb olunursa onda bu funksiyalar ən azı bir dəfə sıfır qiyməti almalıdır (ən çoxu iki dəfə).

Beləliklə, kompleks dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrinin eksperimental qiymətlərinin ikinci tərtib törəmələrinin enerjiddən asılılıqlarının (4) və (6) analitik nəzəri funksiyalarla fitinqi aparılarkən ilk növbədə onların  $\theta$  (faza) parametrinə uyğun forma dəyişikliklərinə görə müqayisəsi aparılmalıdır. Həmin eksperimental asılılıqlar eyni bir şəkildə və eyni miqyasda yerləşdirilməli və onların formaları və qarşılıqlı vəziyyətləri şəkil 4-də göstərilən asılılıqlarla tutuşdurulmalıdır. Bu halda şübhə yoxdur ki, eksperimental  $d^2\varepsilon_1(E)/dE^2$  və  $d^2\varepsilon_2(E)/dE^2$  asılılıqlarının müəyyən oblastlarının formaları və qarşılıqlı vəziyyətləri şəkildə göstərilmiş formalardan birinə uyğun gələcəkdir və həmin oblastların hər biri ayrıca olaraq "Graphical analysis" proqramında fitinqə cəlb edilməklə ən yaxşı fitinq halında bu oblastlara məxsus olan  $A$ ,  $E$ ,  $\Gamma$  və  $\theta$  parametrlərinin qiymətləri tapılmış olacaqdır.



## ƏDƏBİYYAT:

1. León, M., Serna, R., Levchenko, S., Nateprov, A., Nicorici, A., Merino, J. M. and Arushanov, E. Modeling the optical constants of  $\text{Cu}_2\text{In}_4\text{Se}_7$  and  $\text{CuGa}_3\text{Se}_5$  crystals. // J. Appl. Phys., 2007, vol. 101, p. 013524.
2. Corana, M., Marchesi, C., Martini, and Ridella, S. Minimizing multimodal functions of continuous variables with the "Simulated annealing" algorithm. // ACM Transactions on Mathematical Software, 1987, vol. 13, No. 3, p. 262-280
3. Кардона, М. Модуляционная спектроскопия. Москва: Мир, 1972, 416 с.
4. Hüseynəliyev M.H., Əhmədov O.R., Abdullayeva N.M., Xəlilova X.N., Qasimov N.A. Spektroskopik ellipsometriya ölçmələrinin tədqiqində "Graphical analysis" programının tətbiqinin üstünlükləri //Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, 2015 №5 s.100-103.
5. Hüseynəliyev M.H. Qurğuşun sulfid monokristallarının dielektrik xassələri və kritik nöqtələrinin təyini // AMEA Naxçıvan Bölməsi, "Xəbərlər", 2016, №4. s.240-246

## ABSTRACT

Mammad Huseynaliyev

### THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS INCLUDING IN THE THEORETICAL ANALYTIC EXPRESSION OF COMPLEX DIELECTRIC FUNCTION IN SEMICONDUCTORS ON THE COURSE OF FUNCTION

The influence of the parameters  $A$ ,  $E$ ,  $\Gamma$  and  $\theta$ , including in the theoretical analytic expression of the dependence of the complex dielectric function on energy in semiconductors on the course of the real and imaginary parts of the second derivative of the function, was investigated in the article. It was determined that this parameter affects not only the mutual position of the real and imaginary parts of the second derivative of the function, but also completely changes their forms. When fitting the energy dependence of the second derivatives of the real and imaginary parts of the experimental complex dielectric function with analytic theoretical functions, we first compare their relative positions and shapes that strongly depend on the  $\theta$  parameter.

## РЕЗЮМЕ

Мамед Гусейналиев

### ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВХОДЯЩИХ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ НА ХОД ФУНКЦИИ

В статье исследуется влияние параметров  $A$ ,  $E$ ,  $\Gamma$  и  $\theta$  - входящих в теоретически аналитическое выражение зависимости комплексной диэлектрической функции от энергии в полупроводниках на ход действительной и мнимой частей второй производной функции. Было определено, что этот параметр влияет не только на взаимное расположение действительной и мнимой частей второй производной функции, но и полностью меняет их формы. При фиттинге энергетической зависимости вторых производных действительной и мнимой частей экспериментальной комплексной диэлектрической функции с аналитическими теоретическими функциями, прежде всего сравниваются их взаимное расположение и формы, которые сильно зависят от параметра  $\theta$ .

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

NAZİLƏ MAHMUDOVA  
 RAFİQ QULİYEV  
 ƏSGƏROVA MƏRYƏM  
 AMEA Naxçıvan Bölməsi  
[graf1945@mail.ru](mailto:graf1945@mail.ru)

UOT:539

## MİS (II) TİOSTANNAT BİRLƏŞMƏSİNDƏN NAZİK TƏBƏQƏNİN ALINMASI VƏ ONUN TƏDQIQI

**Açar sözlər:** *qliserin, tablama, rentgenfaza analiz.*

**Key words:** *glycerol, annealing, x-ray facilities*

**Ключевые слова:** *глицерин, отжиг, рентгеновский анализ*

İşdə  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  birləşməsinin qliserin mühitində sintez şəraiti araşdırılmışdır. Sintez edilmiş  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  birləşməsinin tablama yolu ilə şüşə altlıq üzərində nazik təbəqəsi alınaraq onun rentgenfaza analizi aparılmış və UB-yi spektroskopiyaya vasitəsilə qadağan olunmuş zonanın eni tapılmışdır.

Dünyada sənayenin inkişafı ilə əlaqədar olaraq enerjiyə olan tələbat günü-gündən artır və müasir energetika qurğuları əsasən təbii ehtiyatları tükənə biləcək müxtəlif yanacaqlar (neft, qaz, kömür) əsasında qurulmuşdur. Enerjiyə olan tələbatı ödəmək üçün son zamanlar dünyada alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin öyrənilməsi və ondan istifadə edilməsi daha çox maraq kəsb edir. Ekoloji cəhətdən təmiz və tükənməyən resurs ehtiyatlarının olması, bu sahədə Günəş enerjisindən istifadə edilməsi məqsədi ilə, yeni günəş batareyalarının yaradılması, onlardan istifadə edilməsi bütün dünyada ilbəl artır. Ancaq günəş batareyaları ilə alınan enerjinin ənənəvi yolla alınan enerjidən baha başa gəlməsi, yeni daha ucuz və ekoloji cəhətdən təmiz materialların (günəş çeviricilərinin) yaradılmasını daha çox aktuallaşdırır.

Hal-hazırda istifadə olunan və yarımkeçirici fotoelementlər əsasında yaradılan günəş elementləri (GE) Günəş şüalarını birbaşa elektrik enerjisinə çevirir. Müasir dövrdə günəş energetikasının əsasını təşkil edən günəş elementləri (GE) bir neçə qrupa bölünür. Belə ki, silisium günəş elementləri (Si multi-kristallar, Si monokristal, amorf - Si təbəqəsi) istifadə olunan günəş elementlərinin 90 %-ni təşkil edir. Günəş elementlərinin 10 % ni isə silisiumsuz nazik təbəqələr əmələ gətirən birləşmələr ( $\text{CuInSe}_2$ ,  $\text{CdTe}$ ,  $\text{GaAs}$  /  $\text{Ge}$ ,  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  və s.) təşkil edir. Yüksək çeviricilik qabiliyyətinə baxmayaraq silisium əsasında alınan günəş elementlərinin istehsal texnologiyası mürəkkəbdir və çox baha başa gəlir. Buna görə də bir çox tədqiqatçılar günəş energetikasının gələcək inkişafını günəş elementlərinin hazırlanmasında üçlü və dördlü birləşmələrin nazik təbəqələrinin tətbiqində görürlər.

$\text{CdTe}$  nazik təbəqəsi əsasında sənayedə istehsal olunan günəş elementləri 10% effektivə malikdirlər (f.i.ə.=10%) və istehsal texnologiyası çox çətin [1].

Günəş şüalarını yüksək səviyyədə udma qabiliyyətinə malik  $\text{CuInGaSe}_2$  birləşməsi əsasında alınan naziktəbəqəli günəş elementləri çox effektivdir və faydalı iş əmsalı 19,9 %-ə bərabərdir [2]. Ancaq indiumun Yer qabığında miqdarı  $10^{-5}$  % təşkil edir. Eyni zamanda Ga və İn-un baha başa gəlməsi yeni texnologiyaların işlənilməsinə çətinlik yaradır.

Aparılan tədqiqatlar əsasında müəyyən edilmişdir ki,  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  və  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  birləşmələri p-tip yarımkeçiricilərə aiddir və yüksək işıq udma əmsalına malikdirlər ( $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  üçün  $10^5 \text{ sm}^{-1}$ ,  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  üçün  $10^4 \text{ sm}^{-1}$ ). Eyni zamanda qadağan olunmuş zonanın eni 1-1,5 eV həddindədir və 10% enerji çevirmə qabiliyyətinə malikdirlər [3,4]. Buna görə də bu tədqiqat işində  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  – ün

qliserin mühitində sintezi, ondan tablama yolu ilə nazik təbəqənin alınması və tədqiqi qarşıya məqsəd qoyulmuşdur.

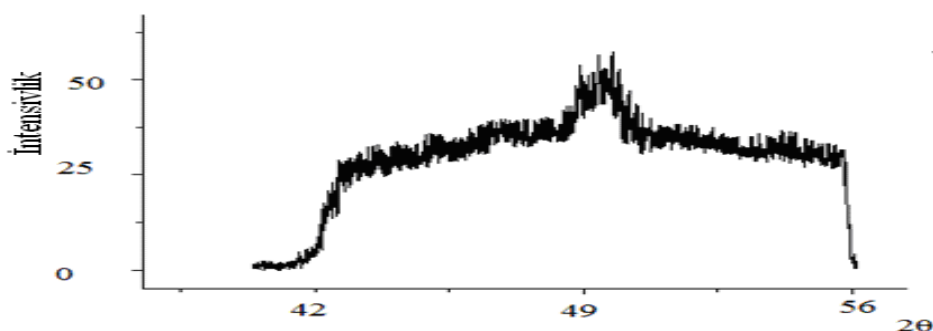
### Təcrübi hissə

0,1131 q.  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  və 0,172 q.  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  götürüb üzərinə 6 ml qliserin əlavə edib bir neçə dəqiqə qarışdırılır və qarışığa 0,117 q. tiomoçevina ( $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ ) töküüb zəif qızdırmaqla məhlul tam şəffaflaşana kimi qarışdırılır. Qarışıq qızdırıcıya yerləşdirilib  $160^\circ \text{C}$ -də 12 saat saxlanılır. Sonra qızdırıcıdan çıxarılıb soyudulmuş qarışıqın üzünü süzülüb və çöküntü bir neçə dəfə su ilə dekantasiya edildikdən sonra filtdən süzülür. Su ilə yuyulub təmizlənmiş və sabit çəkiyə gələnə kimi qurudulmuş çöküntüdən götürülən nümunə kimyəvi analiz edilir. Nümunənin  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$ -dən ibarət olması analizlərin nəticələri ilə təsdiqlənmişdir.

Yuxarıda göstərilən qaydada hazırlanmış qarışığa (qızdırıcıya qoymamışdan qabaq)  $0,6 \text{ sm} \times 0,2 \text{ sm} \times 0,20 \text{ sm}$  ölçüdə şüşə altlıq salınır və  $160^\circ \text{C}$ -də 12 saat saxlanılır. Prosesin sonunda reaksiya kolbasından çıxarılan şüşə altlıq bir tərəfi bağlı kvarts boruya yerləşdirilərək zəif vakuum altında  $400^\circ \text{C}$ -də 2 saat tablama aparılır.

Alınan birləşmənin fotohəssaslığını təyin etmək üçün tablama prosesi bir neçə variantda aparılmışdır. Birinci variantda təmiz yuyulub təmizlənmiş şüşə altlıq reaksiya aparılan kolbaya salınaraq 12 saat qızdırıcıda saxlandıqdan sonra tablama aparılmışdır. İkinci variantda isə optimal şəraitdə alınmış çöküntü süzülərək yuyulub təmizləndikdən sonra azca qliserində həll edilərək şüşə altlığa çəkilmişdir. Sonuncu olaraq reaksiya üçün hazırlanmış qarışıqdan bir neçə damcı şüşə altlığı üzərinə damcılaraq tablama aparılmışdır. Hər üç variantda tablama prosesi  $400^\circ \text{C}$ -də zəif vakuum altında 2 saat ərzində aparılmışdır. Alınan nazik təbəqələr (1-ci və 3-cü) distillə suyu ilə yuyulub qurudulduqdan sonra fotohəssaslığı ölçülmüşdür. Ən yaxşı nazik təbəqə 1-ci variantda alındığından tablama prosesi müxtəlif temperaturlarda və müxtəlif müddətdə aparılmışdır. Alınan nümunənin faza tərkibi ДР «Промконтроль – 1» rentgen difraktometrində təyin edilmişdir.

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi  $400^\circ \text{C}$ -də 2 saat müddətində tablama aparılmış  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  birləşməsinin spektrində ancaq bir pik müşahidə olunur ( $2\theta = 49,40$ ). Bu da əvvəllər aparılmış tədqiqat işlərində təyin edilmiş qiymətlərlə üst-üstə düşür [5] və alınan  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  birləşməsinin birləşməli olduğunu göstərir. Ancaq  $300^\circ \text{C}$ -də 2 saat müddətində tablama aparılmış  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  birləşməsinin spektrində isə 6 əsas pik müşahidə edilmişdir ( $2\theta = 37,5; 45; 51; 65; 77$  və  $92$ ). Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, aşağı temperaturda tablama aparılmış nümunədə başlanğıc maddələrin qarışığı qalmışdır.



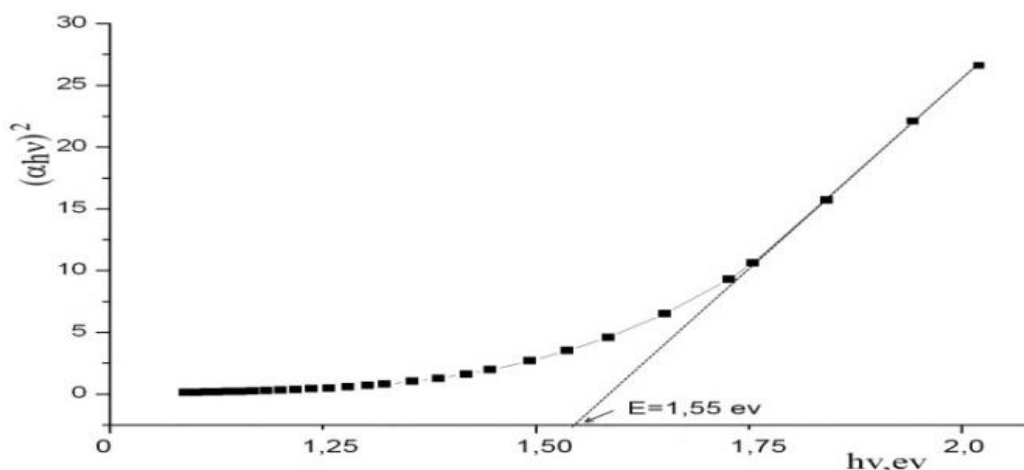
Şəkil 1.  $400^\circ \text{C}$  temperaturda 2 saat ərzində tablama aparılmış  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  birləşməsinin rentgen spektri .

Tablama yolu ilə alınmış  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  nazik təbəqəsinin U-5100 ultrabənövşəyi spektrofotometrində optik udma əyrisi çəkilmişdir. Alınan birləşmənin qadağan olunmuş zonasının enini hesablamaq üçün

$$(\alpha h\nu)^{\frac{1}{n}} = A(h\nu - E_g)$$

düsturundan istifadə edilmişdir.

$\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  düzgonalı yarımkəçirici olduğundan bu birləşmə üçün  $n=1/2$  qiyməti götürülərək  $(\alpha h\nu)^2$  -nin  $(h\nu)$  -dən asılılıq əyrisi qurulmuşdur (şəkil 2).



Şəkil 2.  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  nazik təbəqəsinin qadağan olunmuş zonasının enini tapmaq üçün qurulmuş  $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$  asılılığı

Bu asılılıqdan düz xətt oblastının absis ( $h\nu$ ) oxu ilə kəsişməsinə əsasən  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  nazik təbəqəsinin qadağan olunmuş zonasının eni müəyyən edilmişdir:  $E_g=1,55$  eV. Bu qiymət  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  birləşməsinin ədəbiyyatdan məlum olan qiymətinə uyğundur. [3].

### ƏDƏBİYYAT

1. Плеханов С. И., Наумов А. В. Оценка возможностей роста производства солнечных элементов на основе CdTe, CIGS и GaAs/Ge в период 2010 – 2025 г.г. ОАО НПП «КВАНТ», 2010. – Режим доступа: <http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/132-proizvodstvo-solnechnyh-elementov>. Html
2. Repins I., Contreras M. A., Egaas B., DeHart C., Scharf J., Perkins C.L., To B., And R. Noufi Prog. Photovolt. // Res. Appl. – 2008. – 16, s. 235.
3. Adelifard Mehdi, Mohaghedhi Mohamad Mehdi Bagheri, Eshghi Hosein. Preparation and characterization  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  ternary semiconductor nanostructure via the spray pyrolysis technique for photovoltaic applications // İopsiense. 85(2012). – s. 1-2.
4. Katagiri H., Jimbo K., Yamada S., Kamimura T., Maw W. S., Fukano T., Ito T., and T. Motohiro. // Appl. Phys. Express. – 2008 s. 256 -259.
5. Madarasz J., Bombicz P., Okuya M., Kaneko Sh. Thermal decomposition of thiourea complexes of Cu ( I ), Zn ( II ), and Sn ( II ) chlorides as precursors for the spray pyrolysis deposition of sulphide thin films // Solid State Ionics. – 2001. № 141. s. 445.

### ABSTRACT

**Nazile Mahmudova, Rafiq Guliyev, Asgarova Marya**

### COPPER (II) THIOSTANNATE THIN FILM PRODUCTION AND INVESTIGATION

In this work of the  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  compound synthesized in the environment of glycerol, the obtained thin film on a glass substrate. Carried out x-ray analysis and was found using UV spectroscopy the band gap.

### РЕЗЮМЕ

**Назиле Махмудова, Рафик Кулиев, Аскерова Мария**

### ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ ТИОСТАННАТА МЕДИ (II) И ЕЁ ИССЛЕДОВАНИЕ

В данной работе из соединения  $\text{Cu}_2\text{SnS}_3$  синтезированное в среде глицерина, с путем отжига получены тонкие пленки на стеклянной подложке. Проведен его рентгенофазовый анализ и найдено с помощью УФ – спектроскопии ширина запрещенной зоны.

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent Fərman Qocayev

**МАХБУБ КАЗЫМОВ  
РУСЛАН МАМЕДОВ**

*Нахчыванское Отделение НАНА  
mahbukazimov@yahoo.com*

**УДК 621. 548 ( 81237 ). ББК 31**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СОЛНЦА НА ТЕРРИТОРИИ НАХЧЫВАНСКОЙ  
АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Açar sözlər:** *Günəş şüaları, Günəş enerjisi, havanın temperaturu, atmosferin şəffaflığı, radiasiya balansı.*

**Keywords:** *solar rays, solar radiation, air temperature, atmospheric transparency, radiation balance*

**Ключевые слова:** *солнечные лучи, солнечное излучения, температура воздуха, прозрачность атмосферы, радиационный баланс.*

Из всех существующих возобновляемых источников энергии, солнце, является самым доступным и экологически чистым. Солнечная энергия обладает неоспоримым преимуществом перед традиционными источниками топлива. Солнце - источник жизни для всего живого на земле.

Использование солнечной энергии в больших масштабах не нарушает сложившийся энергетический баланс данной местности.

В борьбе за экологическую чистоту Земли, солнечная энергетика наиболее перспективная и заменяет энергию, получаемую от традиционных топливных ресурсов.

Солнце является раскаленным плазменным шаром. Внизу показаны характеристики Солнца:

– масса Солнца -  $2 \cdot 10^{23}$  кг; – радиус Солнца - 629 тыс. км; – объем Солнца -  $1,41 \cdot 10^{27}$  м<sup>3</sup>; – средняя плотность -  $1,41 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; – светимость -  $3,86 \cdot 10^{23}$  кВт; – температура поверхности Солнца 5780 К; – период вращения изменяется от 27 сут. на экваторе и до 32 сут. у полюсов; – ускорение свободного падения  $274$  м/с<sup>2</sup> [1].

В центральной части Солнца находится источник его энергии (ядро), которая нагревает его и не даёт ему остыть. В ядре, где температура достигает 15 МК, происходит выделение энергии. Ядро имеет радиус не более четверти общего радиуса Солнца. Однако в его объёме сосредоточена половина солнечной массы и выделяется практически вся энергия, которая поддерживает свечение Солнца.

Сразу вокруг ядра начинается зона лучистой передачи энергии, где она распространяется через поглощение и излучение квантов. Если бы вдруг внутри Солнца погасла бы ядро, то на земле узнали бы об этом только миллионы лет спустя.

Пройдя через внутренние солнечные слои поток энергии на своём пути встречает область, где непрозрачность газа сильно возрастает. Это зона называется конвективной зоной Солнца. Здесь энергия передаётся уже не излучением, а конвекцией. Это зона начинается на расстоянии 0,7 радиуса от центра и простирается практически до самой видимой поверхности Солнца, где перенос основного потока энергии вновь становится лучистым.

Фотосфера излучает зернистую структуру поверхности Солнца, называемые грануляцией.

На фотосфере можно увидеть небольшие темные солнечные пятна, которые на  $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$  холоднее окружающей их фотосферы ( $5800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Из-за разницы температур при наблюдении телескопом эти пятна и кажутся совершенно черными.

Над фотосферой расположен следующий, более разреженный слой хромосфера, то есть "окрашенная сфера". Такое название хромосфера получила благодаря своему красному цвету. Над хромосферой ней находится очень горячая и чрезвычайно разреженная часть солнечной атмосферы - корона (Рис.1).

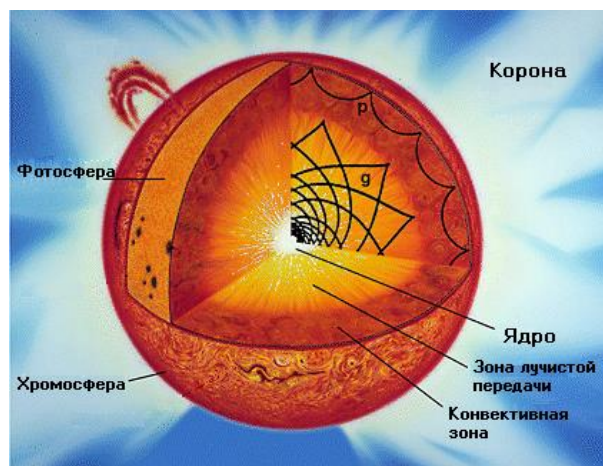


Рис.1. Строение Солнца

Солнце играет исключительную роль в жизни на Земле. Весь органический мир Земли обязан своим существованием Солнцу. Солнце является источником света, тепла и первоначальным источником других видов энергий (энергии нефти, угля, воды, ветра, рек и т.д.).

Солнце является одним из возобновляемых альтернативных источников энергии. Использование энергии солнца на земле играет важную роль в жизни человека. С давних времен люди начали использовать энергию солнца и для жилья люди предпочтение отдавали тихим, закрытым от холодных ветров и открытых солнечным лучам местам. При помощи своего тепла Солнце нагревает всю поверхность нашей планеты. Благодаря его тепловой мощности дуют ветра, существует все живое на земле [5].

На сегодняшний день возобновляемый источник энергии Солнца является самым доступным поставщиком энергии на Землю.

Солнце испаряет воду с океанов, морей, а затем заставляет снова падать на землю в виде дождя, снега, создавая, таким образом, гигантский круговорот влаги в атмосфере. Создав систему водяного и воздушного отопления нашей планеты, Солнце распределяет тепло по земной поверхности. Солнечный свет, попадая на растения, вызывает процесс фотосинтеза, определяет рост и развитие растений, давая тем самым жизненную силу находящимся в почве семенам, микроорганизмам и живым существам.

Солнце излучает огромное количество энергии  $1,1 \cdot 10^{20}$  кВт·ч. в секунду. Внешний слой атмосферы Земли перехватывает одну миллионную часть энергии, излучаемой Солнцем, ( $1,5 \cdot 10^{18}$  кВт·ч) ежегодно. Однако только 47% всей энергии достигает поверхности Земли. Остальные 30% солнечной энергии отражается обратно в космос. Примерно 23% испаряют воду, 1% энергии приходится на волны и течения и 0,01% на процесс образования фотосинтеза в природе.

Проблема обеспечения электрической энергией отраслей мирового хозяйства, постоянно растущих потребностей населения Земли становится все более насущной.

Энергия Солнца применяются для выработки электричества и тепла жилых домов и промышленных объектов. На сегодняшний день возобновляемые источники тепла используют в следующих сферах:

- в сельском хозяйстве;

- для электрификации населенных пунктов и для энергоснабжения объектов и учреждений;
- в сфере авиационной и космической промышленности;
- в освещении улиц, парков и т. д.;
- для отопления, электроснабжения и горячего водоснабжения жилых домов.

Значение Солнечной энергии существенно изменяется в процессе перехода от одной точки земной поверхности к другой. Солнечная энергия представляет собой энергию, без загрязнения воздуха, отсутствием глобального загрязнения окружающей среды. 18 солнечных дней на Земле содержит такое количество энергии, какая хранится во всех запасах планеты угля, нефти и природного газа.

По международному соглашению в качестве единого стандарта в расчетах значение солнечной энергии рекомендован – 1367 Вт/м<sup>2</sup>.

Основными факторами эффективного использования энергии солнца в данной местности является приход солнечных лучей в точку А ( $\varphi^0, \psi^0$ ). Нахчыванская АР расположен в 39<sup>0</sup> северной широты и 45<sup>0</sup> восточной долготы и соответственно для территории Нахчыванской АР эти координаты равны А ( $\varphi^0 = 39^0 ; \psi^0 = 45^0$ ).

В Нахчыванской АР роль географического рельефа в распределении солнечных лучей проявляется через крутизну гор, экспозицию склонов и закрытость горизонта. Прозрачность атмосферы на территории Нахчыванской АР носит сезонный характер: зимой 0,75, летом 0,85.

Территория Нахчыванская АР расположен в котловине, 800 – 4000м. н.у.м. В условиях сложного горного рельефа, каким является территория Нахчыванская АР неравномерное распределение солнечных лучей по склонам гор и крутизны склонов приводит к нагреву различных участков гор. Так как, солнечные лучи нагревают скалы и склоны гор и в котловине нагревание и охлаждение идут снизу и с боков. Склоны гор и холмы нагреваются днем больше, но слой воздуха вокруг них гораздо больше, чем на равной площади. Охлаждавшийся ночью воздух стекает со склонов гор вниз [4].

Нахчыванская АР окружен Даралаязско - Зангезурскими горными хребтами и с горными хребтами Иранской Исламской Республики. На территории Нахчыванской АР преобладает сухой климат и летом температура воздуха поднимается + 45 °С и выше.

На рис.3. показан схема распределения температуры в зимний период на территории Нахчыванской котловины. На юге и юге - восточных склонах температура на всех уровнях, кроме самого нижнего бывает выше, чем на севере и севере - западном склоне [2].

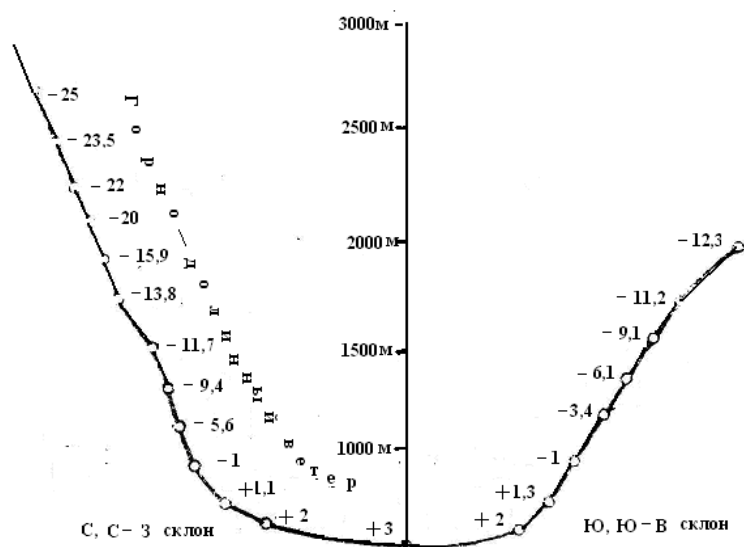


Рис. 2. Схема распределение температуры.

Значение падающих на территории Нахчыванской АР прямых солнечных лучей ( $S_p$ ) можно найти по формуле:

$$S_{\text{п}} = S' \cdot p$$

Где:  $S_{\text{п}}$  – падающие на территории Нахчыванской АР прямые солнечные лучи,  $p$  – прозрачность атмосферы на территории Нахчыванской АР.

Уровень поступления солнечной радиации на Нахчыванской АР достаточно высокий и составляет 2900÷3000 часов в год.

Продолжительность сияние солнца в Нахчыванской АР составляет: в март 290 -300 час, апрель 300 – 310 час, май 310 – 320 час, июнь 460 час, июль 470 час, август 470 час, сентябрь 320 -330час и в октябре 340 часов. Максимум солнечной радиации приходится на летние месяцы.

Продолжительность солнечного дня в данные сутки ( $T_c$ ) на территории Нахчыванской АР равно (Таблица 1).

Проведя измерение находим, значение падающих на территории Нахчыванской АР прямых солнечных лучей для летнего времени:  $S_{\text{пл}} = 1163 \text{ Вт/м}^2$ , для зимнего времени  $S_{\text{пз}} = 522 \text{ Вт/м}^2$ .

Таблица 1.

Продолжительность солнечного дня в сутки на территории Нахчыванской АР

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\delta^0$ ,град	-20,92	-12,95	-2,42	9,41	18,79	23,09	21,18	13,45	2,22	-9,6	-18,91	-23,05
$T_c$ , час	9,6	10,57	11,74	13,02	14,13	14,69	14,44	13,48	11,76	10,95	9,8	9,3

Из справочника Б.П. Алисова и Б.П. Полтарауса для территории Нахчыванской АР значение диффузных солнечных лучей равна:  $S_{\text{дл}} = 56,4 \text{ Вт/м}^2$ .

Тогда для территории Нахчыванской АР значение диффузных солнечных лучей ( $S_{\text{дл}}$ ) для летнего времени –  $S_{\text{дл}} = 51 \text{ Вт/м}^2$ , для зимнего времени –  $S_{\text{дз}} = 45 \text{ Вт/м}^2$ .

Тогда суммарное значение попадающихся на территории Нахчыванской АР солнечных лучей для летнего времени будет–  $S_{\text{сл}}(t) = 1214 \text{ Вт/м}^2$ , для зимнего времени –  $S_{\text{сз}}(t) = 567 \text{ Вт/м}^2$ .

Нами были получены значения радиационной характеристики для склонов Иланлыдагской горы и установлены закономерности их изменения в зависимости от высоты н.у.м. Радиационный баланс поверхности ( $\text{МДж/м}^2$ ) расположенный на территории Джульфинского района горы Иланлыдаг, при ясной погоде на различных высотах н.у.м. показан в таблице 2. [3].

С высотой н.у.м., максимальное значения радиации на каждые 100 метров высоты возрастает на  $0,14 \text{ кВт/м}^2$ .

Таблица 2.

Радиационный баланс поверхности расположенный Джульфинского района (горы Иланлыдаг)

Высот а, м.	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
750	3	47	129	217	309	376	391	323	219	124	24	-5	2157
1000	-14	31	121	201	294	347	363	311	212	114	16	-24	1972
1500	-32	14	99	187	273	314	329	295	205	107	6	-39	1758
2000	-51	-2	83	174	251	287	299	274	197	104	-3	-53	1560
2500	-68	-19	62	159	226	258	268	247	189	100	-11	-70	1341

Значение энергии суточного потока солнечной радиации  $\mathcal{E}_h$  (  $\text{кВт} \cdot \text{час/м}^2 \cdot \text{сутки}$ ) определяются по формуле [3].

$$\mathcal{E}_h = (2 \cdot T_c / \pi) \cdot R_h^{\text{max}} \cdot 10^{-3}$$

В таблице 3.приведены значения  $\mathcal{E}_h$  для территории Нахчыванской АР:



Таблица 3.

Значения  $\mathcal{E}_h$  для территории Нахчыванской АР

Месяц	Номер расчетного дня, n	$T_c$ , Час	$R_h^{\max}$ Вт/м <sup>2</sup>	$\mathcal{E}_h$ (кВт· час/ м <sup>2</sup> · сутки)
I	15	9,6	294,36	1,800
II	45	10,57	459,36	3,092
III	74	11,74	682,44	5,103
IV	105	13,02	900,24	7,466
V	135	14,13	1050,72	9,457
VI	166	14,69	1111,4	10,400
VII	196	14,44	1089,0	10,016
VIII	227	13,48	976,8	8,387
IX	258	11,76	778,8	5,834
X	288	10,95	543,84	3,793
XI	319	9,8	337,92	2,109
XII	349	9,3	242,88	1,438

Из таблицы видно, что энергии суточного потока солнечной радиации для Нахчыванской АР летний период имеют достаточно высокие значения для широкого внедрения как теплоэнергетического, так и для выработки электричества практически всей территории АР.

В Нахчыванской АР имеется достаточно высокий потенциал солнечной энергии для широкого внедрения как теплоэнергетического, так и для выработки электричества практически всей территории АР.

В условиях сложного, горного рельефа, каким является территория Нахчыванская АР неравномерное распределение солнечной радиации по склонам разных гор и крутизны приводит к большим микроклиматическим различиям, нагреву различных участков рельефа.

#### **Выводы:**

1. Определены плотность потока прямой солнечной радиации для летнего времени – 1214 Вт/м<sup>2</sup> и для зимнего времени – 567 Вт/м<sup>2</sup>
2. Доказано, что в Нахчыванском АР уровень поступления солнечной энергии составляет 2900 – 3000 часов в год.
3. Рассчитаны значения энергии потока солнечной радиации за данные сутки.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Андерсон Б., Солнечная энергия, Перевод Анисимова А.Р, Москва, Стройиздат, 1992 г, с. 375.
2. Борзенкова И.И., К вопросу о влиянии местных факторов на приход радиации в горной местности, Труды ГГО, 1997 г, вып.2, с. 70 –77.
3. Виссарионов В.И, Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А, Малинин Н.К, Расчет ресурсов солнечной энергетики, Москва, Изд-во МЭИ, 1999 г, с. 61.
4. Удалов С.Н., Возобновляемые источники энергии, учебник, Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007 г, с. 432.
5. Умаров Г.Я, Ершов А.А., Солнечная энергетика, Москва, Знание, 1994 г, с. 96.

## **XÜLASƏ**

### **Məhəbub Kazımov, Ruslan Məmmədov NAXÇIVAN MUXTAR RESPUBLİKASININ ƏRAZİSİNDƏ GÜNƏŞİN ENERJİ RESURSLARI**

Məqalədə Naxçıvan Muxtar Respublikasının ərazisində Günəşin enerji resurslarının elmi tədqiqinin nəticələri göstərilmişdir. Mürəkkəb dağ relyefi şəraitində ay və il ərzində Naxçıvan Muxtar Respublikasının ərazisinə düşən Günəş enerjisinin miqdarı analiz edilmişdir. Yer səthi ilə atmosfer arasındakı temperatur tarazlığının təbii xüsusiyyətlərinə baxılmışdır. Antropogen dəyişikliklərin dinamikası analiz edilmiş və göstərilən dəyişikliklərin havanın temperatur tarazlığının təsiri təhlil edilmişdir. Naxçıvan Muxtar Respublikası ərazisinə düşən Günəş enerjisinin enerji potensialı hesablanmışdır.

## **ABSTRACT**

### **Mahbub Kazimov, Ruslan Mammadov SOLAR ENERGY RESOURCES IN THE TERRITORY OF NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC**

Results of scientific research of solar energy resources in the territory of Nakhchivan Autonomous Republic are shown in the paper. The scientific analysis of sun rays amount coming to the territory of the Nakhchivan Autonomous Republic by month and year in a difficult mountain relief is carried out. The natural properties of the temperature balance between surface and atmosphere are examined. The dynamics of the anthropogenic changes were analyzed and the effects of the changes in air temperature were analyzed. Energy potential of the Sun falling on the territory of Nakhchivan Autonomous Republic is calculated.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent Fərman Qocayev

**TÜRKANƏ ƏLİYEVƏ**  
*turkane\_1990@mail.ru*  
**TÜRKAN MƏMMƏDOVA**  
*AMEA Naxçıvan Bölməsi*

UOT: 552.6

## PLANETLƏRARASI FƏZADA TOZ MÜHİTİ, METEORLAR VƏ METEORİTLƏR

**Açar sözlər:** *meteorlar, meteoritlər, xondritlər, Liridlər, Leonidlər, bolid.*

**Keywords:** *meteors, meteorites, chondrites, Lyrids, Leonides, bolide.*

**Ключевые слова:** *метеоры, метеориты, хондриты, Лириды, Леониды, болид.*

Planetlərarası toz mühitinin əmələ gəlməsində Günəş sistemində aid olan kiçik cisimlərin – komet və asteroidlərin xüsusi rolu vardır. Kometlərin muxtəlif ölçülü toz hissəciklərinin mənbəyi olmasına şübhə yoxdur. Bu hissəciklər həm kometlərin parçalanması nəticəsində yaranan, həm də Günəşə yaxınlaşarkən itələmə qüvvəsinin təsiri ilə kometləri tərk edən hissəciklərdir. Günəş sistemi ancaq müşahidə oluna bilən iri cisimlərdən ibarət deyildir. Planetlərarası fəza toz və diametri 10 mikrometri aşmayan hissəciklərlə doludur. Bu hissəciklərin bir hissəsi Günəş sistemi yaranandan mövcuddur, bir hissəsi ulduzlararası fəzadan daxil olur, bir hissəsi isə asteroid və kometlərin parçalanması nəticəsində əmələ gəlir. Planetlərarası toz əsasən ekliptika müstəvisində sıxlaşır və bunu biz zodiak işığı kimi müşahidə edirik. Kosmik aparatlarda qoyulan cihazlar planetlərarası toz hissəciklərinin toqquşmasını bilavasitə qeydə alır.

Planetlərarası toz mühiti içərisində ən dinamik maddə növü meteor maddəsidir. Bunların ən kiçikləri (< 0,5 mkm) işığın təzyiqi ilə Günəş sistemini tərk edirlər [1]. Nisbətən böyük meteor maddəsi Robertson-Poyntinq effekti nəticəsində Günəş sistemində qalır. Bunların hər birinin kütləsi qramın onda biri qədər, hətta daha kiçik olur. Nadir halda bəzi meteor cisminin kütləsi qramlarla ölçülür. Bu cisimlərin konsentrasiyası çox kiçikdir. Meteor maddələri Yer atmosferinə daxil olarkən sürütmə nəticəsində qızaraq sürətlə buxarlanır və atmosferdə işıqlı iz buraxaraq yox olur. Bu hadisəyə meteor hadisəsi deyilir. Meteor hadisəsi xalq arasında "ulduz axması", "ulduz uçması" kimi adlandırılır.

Meteorların müşahidəsində fotoqrafiya və radiolokasiyadan geniş istifadə edilir. (3-10)m dalğalarda işləyən radiolokatorlar vasitəsilə meteor hadisəsindən sonra əmələ gələn ionlaşmış hava sütunundan əks olunan impuls qeydə alınır. Bundan istifadə edərək meteorun hündürlüyü və meteor maddəsinin sürəti təyin olunur. Meteor axandan sonra parlaq iz qalır. Bu, ionlaşmış hava sütunundan meteorların həyəcanlanmasının nəticəsidir. Həmin parlaq iz bir neçə saniyədən bir neçə dəqiqəyədək yaşayır. Parlaq izin çox davam etməsi həm geosentrik sürətindən, həm də kütləsindən asılıdır. Bəzən meteor maddəsi iri kütləli komponentlərdən ibarət olur. Bunlar çox parlaq meteorlardır və *bolid* adlanırlar.

Meteorların görünmə tezliyi və onların Günəş sistemi fəzasında paylanması həmişə müntəzəm olmur. Dalbadal bir neçə gecə göyün eyni oblastında meteor selinin müşahidə edərək onların izlərini əks tərəfə uzatsaq görürük ki, bu izlər göyün eyni nöqtəsinə yığışır. Bu nöqtə meteor selinin *radiantı* adlanır. Belə müşahidələrdən məlum olmuşdur ki, hər bir meteor selinin radiantı göyün müəyyən nöqtəsində olmaqla yanaşı, meteor hadisəsinin təkrarlanması da dövrüdür. Məsələn, hər il iyulun ortalarından avqustun ortalarındanək radiantı Persey bürcündə olan meteorlar seli müşahidə olunur. Bunlara bürcün adına uyğun olaraq Perseidlər deyilir; yaxud hər il aprelin və noyabrın ortalarında radiantları uyğun olaraq Lira və Şir bürcündə olan meteor selləri müşahidə

olunur: bunlara uyğun olaraq Liridlər və Leonidlər deyilir. Bir maraqlı cəhətdə orasındadır ki, bu meteor selləri hər il eyni fəallıqda olmur.

Heç bir meteor selinə aid olmayan, başqa sözlə radiantı olmayan meteor selləri də olur. Bunlar *sporadik meteor seli* adlanır.

Hər hansı bir selə aid olmayan meteorlara sporadik meteorlar deyilir. Sporadik meteorların orbitlərinin statistik paylanması dəqiq öyrənilməmişdir. Ancaq bunu deməyə əsas vardır ki, onların orbitləri kimidir. Meteor sellərinə baxdıqda isə, onların əksəriyyətinin orbitləri məlum kometlərin orbitlərinə yaxındır. Bəzi hallarda komet yox olduqda belə (Biela kometi kimi) onunla bağlı olan meteor seli mövcudluğunu saxlamışdır. Bu isə onu deməyə əsas verir ki, meteor selləri kometlərin dağılması nəticəsində də əmələ gələ bilirlər. Meteorların spektrləri emissiya xətlərindən ibarətdir. Yer atmosferinə daxil olan meteor hissəciyi tormozlanma nəticəsində qızaraq buxarlanmağa başlayır və onun ətrafı işıq saçan bulud kimi qızmar qazlarla örtülür. Bu qazların şüalanmasının spektrində ionlaşmış kalsium və dəmir xətləri üstünlük təşkil edir.

Meteor hissəciklərinin atmosferdə tormozlanma sürəti elədir ki, sanki onların sıxlığı çox kiçik olub, təqribən  $0,1 \text{ q/sm}^3$  - ə bərabərdir [2]. Bu o deməkdir ki, meteor maddəsi məsaməli olaraq kiçik hissəciklərdən ibarətdir. Çox güman ki, məsamələr nə vaxtsa uçucu maddələrlə dolu olmuş, sonralar buxarlanmışdır. Tədqiqatlar göstərir ki, ulduz ölçüsü  $5^m$  olan meteorları yaratmaq üçün hissəciklərin kütləsi  $3\text{mq}$ , diametri  $0,3\text{mm}$  - ə yaxın, geosentrik sürəti isə  $59 - 60 \text{ km/san}$  olmalıdır. Əksər hallarda belə hissəciklərin sürəti aşağı olduğundan meteorlar daha zəif olurlar.

### **Meteoritlər**

Meteoritlər elə nisbətən böyük kütləyə malik obyektlərdir ki, onlar Yer cazibə sahəsinə daxil olarkən meteor maddəsi kimi atmosferdə yanıb yox olmur və yerin səthinə düşür. Ölçülərindən, kimyəvi tərkibindən və geosentrik sürətindən asılı olaraq meteor cisimləri bəzən yanıb qurtarmamış Yer səthinə düşürlər. Bunlar *meteoritlər* adlanır. Meteoritlər lap qədimlərdən insanlara məlum olmuşdur. Meteoritlərin "səma daşı" olması haqqında məlumatlar demək olar ki, bütün xalqların əfsanə və miflərində öz əksini tapmışdır. Tarixin müəyyən dövrlərində iri meteoritlər ilahiləşdirilərək sitayiş obyektinə çevrilmişlər. Yalnız XIX əsrin əvvəllərində meteoritlərin kosmik mənşəli olduqları elmi sürətdə təsdiq edilmişdir. İndiyədək yerdə  $3000$ -ə qədər meteorit tapılıb. Güman etmək olar ki, ibtidai insanlar bu meteorit parçalarından metal alətləri düzəltmək üçün istifadə edirlərmiş. Kimyəvi tərkiblərinə görə meteoritlər üç qrupa bölünür: daş (aerolit), dəmir-daş (siderolit) və dəmir (siderit) meteoritlər. Aerolitin tərkibində  $47\%$  oksigen,  $21\%$  silisium,  $16\%$  dəmir,  $14\%$  maqnezium və  $2\%$  qarışıq vardır [3]. Buradan görünür ki, daş meteoritin tərkibində  $O_2$  və  $Si$  elementlərinin nisbi miqdarı Yer qabığındakına yaxındır, metal isə çoxdur. Siderolitin tərkibində  $55\%$  dəmir,  $19\%$  oksigen,  $12\%$  maqnezium,  $8\%$  silisium,  $5\%$  nikel,  $1\%$  qarışıq vardır. Siderit  $91\%$  dəmirdən  $8\%$  nikeldən,  $0,5\%$  kobaltdan və qalan çox az hissə fosfor, kükürd və başqa qarışıqlardan ibarətdir. Meteorit növlərinin kimyəvi tərkibinin müqayisəsindən onlara verilən adların tərkibinə uyğun olduğu görünür. Yerdə tapılan meteoritlərin əksəriyyəti dəmir meteoritidir. Əslində isə daş meteorit əksəriyyəti ( $80-90\%$ -i) təşkil etməlidir. Bu uyğunsuzluq onunla əlaqədardır ki, daş meteorit atmosferdə daha kiçik qəlpələrə parçalanır və bunları yerdə tapmaq çətinləşir. Meteorit Yer atmosferindən keçəndə sürtünmə nəticəsində bərk qızır ( $2500^{\circ}$ - $3000^{\circ}$ -dək) səthi buxarlanır və yerə düşən meteorit yanmış daş və ya dəmir qalığını xatırladır.

Ən böyük meteoritlərdən biri Cənubi-Qərbi Afrikaya düşmüş Qoba meteoritidir. Onun kütləsi  $60 \text{ t}$ -dur. Rusiya ərazisində tapılan meteoritlər içərisində ən məşhuru Sixote-Alin dəmir meteoritidir ( $12 \text{ fevral } 1947\text{-ci ildə Uzaq Şərqdə Sixote-Alin dağ silsiləsinə düşüb}$ ); bu meteorit,  $2,4 \text{ km}^2$  sahədə tapılmış ümumi kütləsi  $100 \text{ t}$  olan dəmir qəlpələrindən ibarətdir [4]. Həmin qəlpələr Yer səthində çoxlu dərin qıf şəkilli çuxurlar əmələ gətirmişlər. Ən böyük meteoritlərdən biri də Pallasovo dəmir meteoritidir, onun kütləsi  $687 \text{ kq}$ -dır [4].

Quruluşuna və yaranma şəraitinə görə meteoritlər 2 qrupa bölünürlər: differensasiya olunmuş meteoritlə və xondritlər. Birincilər böyük cismin (ola bilsin asteroidin) dağılmasından əmələ gəlmişlər. Xondritlər isə kiçik hissəciklərin birləşməsindən əmələ gəlmişlər. Ola bilsin ki, bu kiçik hissəciklər maddənin planetə qədər mərhələsinin protoplanet dumanlığının tərkib hissəsidir.

Əgər belədirsə, xondritlərin tədqiqi Günəş sistemi planetlərin mənşəyinin öyrənilməsi baxımından xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Xondrit “xonda” sözündən götürülüb; xonda diametri 1mm olan silikat kürəcikdir və belə kürəciklərinə, müəyyən qaz mühiti soyuyarkən sıxılaraq bir yerə toplaşan maddə damcı əmələ gətirir. Əlbətdə, meteoritlərin yaşı ən çoxu bizim planet sisteminin yaşı tərtibdə olmalıdır. Doğrudan da meteoritlərin tərkibində olan az miqdarda radiaktiv elementlərə görə hesab edilir ki, meteoritlərin yaşı  $0,5 \cdot 10^9$ -dan  $4,5 \cdot 10^9$  ilə qədər ola bilər [2].

#### ƏDƏBİYYAT

1. R. Ə. Hüseynov. Astronomiya. Bakı: Maarif nəşriyyatı, 1997, 466 s.
2. Q. Ə. Həziyev. Günəş sisteminin iri cisimləri: planetlər. Naxşivan: “Əcəmi” Nəşriyyat-Poliqrafiya Birliyi, 2017, 200 s.
3. Бакулин П.И., Кононович Э.В., Мороз В.И. Курс общей астрономии. Москва: Наука, 1983, 560 с.
4. Маров М.Я. Планеты солнечной системы. Москва: Наука, 1986, 320 с.

#### РЕЗЮМЕ

Турканэ Алиева, Туркан Мамедова

#### ПЫЛЕВАЯ СРЕДА В МЕЖПЛАНЕТНОЙ ПРОСТРАНСТВЕ, МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ

В статье сделан краткий обзор пылевой среды в межпланетном пространстве, а также феномена метеоров и метеоритов. Указывается, что при формировании в межпланетном пространстве пылевой среды особая роль принадлежит малым телам Солнечной системы - кометам и астероидам. Отмечается, что малые частицы, относящиеся к межпланетной пылевой среде и относительно крупные тела межпланетного пространства, попадая в атмосферу Земли, сгорают в ней и создают феномен метеоров. Если масса и объем вещества метеора, ставшего причиной метеорного феномена, достаточно велики, то он не может сгореть до конца и падает на поверхность Земли. Часть вещества метеора, упавшая на поверхность Земли, называется метеоритом. Указаны виды представленных метеоритов и их отличающиеся характеристики. Приведены сведения о типах метеоритов по химическому составу, строению и условиям возникновения.

#### ABSTRACT

Turkana Aliyeva, Turkan Mammadova

#### METEORS AND METEORITES OF THE DUST MEDIUM IN INTERPLANETARY SPACE

The paper provides a brief review of the dust medium in interplanetary space, as well as the phenomenon of meteors and meteorites. It is specified that the small bodies of the Solar system – comets and asteroids – have a special role in the dust medium formation in the interplanetary space. It is noted that small particles related to the interplanetary dust medium and relatively large bodies of interplanetary space create a meteor phenomenon getting into the atmosphere of the Earth, and burning in it. If the mass and volume of the meteor substance causing a meteor phenomenon are large enough it can not burn completely and falls to the Earth's surface. Part of the meteor substance which fell to the Earth's surface is called a meteorite. The types of meteorites and their differing characteristics are shown. Information is provided on the types of meteorites according to chemical composition, structure and conditions of occurrence.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent Fərman Qocayev

## TEXNİKİ ELMLƏR

GÜLARƏ RƏHİMOVA  
KƏMALƏ İBRAHİMOVA  
*Naxçıvan Dövlət Universiteti*

UOT:519

### KRUSKAL ALQORİTMİ

**Açar sözlər:** *Qraflar nəzəriyyəsi, alqoritmlər nəzəriyyəsi, Kruskal alqoritm, çeşidləmə alqoritmləri, alqoritmlərin mürəkkəbliyi*

**Key words:** *theory of counts, theory of algorithms, algorithm Kruskala, sorting algorithm, complexity of algorithms*

**Ключевые слова:** *теория графов, теория алгоритмов, алгоритм Крускала, алгоритми сортировки, сложность алгоритмов*

**Giriş.** Diskret riyaziyyatın ən əhəmiyyətli bölmələrindən biri də qraflar və şəbəkələr nəzəriyyəsidir. Bu nəzəriyyələr müasir dövrdə mürəkkəb sistemlərin layihələndirilməsi, nəhəng obyektlərin tikintisi, mürəkkəb elmi problemlərin araşdırılması və başqa fəaliyyət sahələrində bir-birilə qarşılıqlı əlaqədə olan müxtəlif əməliyyatlardan ibarət prosesləri tədqiq edir.

Belə ki, nəzəri – qraf dilinin sadəliyi və əyaniliyi mürəkkəb tətbiqi məsələlərin qoyuluşunu və onların həlli üçün əlverişli üsulları almağa imkan verir.

Qraflar nəzəriyyəsinin yarandığı ilk gündən onun öyrəndiyi məsələlərin həlli üçün müəyyən alqoritmlərin verilməsi zərurəti meydana çıxmışdır. Məsələn, Köniqsberq körpüləri haqqında məsələni qeyd etmək olar.

Hesablama texnikası müxtəlif sahələrə tətbiqi riyaziyyatın, xüsusi halda, qraflar nəzəriyyəsinin qarşısında hər hansı məsələnin həlli üçün, ümumiyyətlə bu və ya digər alqoritm tapılması problemi yox, praktiki realizə olunacaq effektiv alqoritmlərin tapılması kimi mühüm məsələni qarşıya qoyur. Ona görə də qraflar nəzəriyyəsinin əsas anlayış və təklifləri, eləcə də, onlarla bağlı məsələlərin həlli üçün mövcud alqoritmlərin öyrənilməsi, elmi cəhətdən çox maraqlı və gərəklidir. Bu məsələ qraflar və şəbəkələr nəzəriyyəsinə alqoritmik yanaşmağı tələb edir.

Qrafların tədqiqi üçün çoxsaylı alqoritmlər işlənmişdir. İşdə biz Kruskal alqoritm haqqında danışacağıq.

**Kruskal alqoritm** - əlaqəli istiqamətlənməmiş qrafda çəkilmiş ağacın minimal karkasının qurulması üçün olan alqoritm hesab olunur. İlk dəfə 1956-cı ildə Cozef Kruskal tərəfindən hazırlanmışdır.

Kruskal alqoritm genişlənən (açılan) meşədə təhlükəsiz tilin, meşədə iki ağacı birləşdirən, bütün minimal çəkiyə malik tillər içərisində  $(u, v)$  tilinin axtarışı yolu ilə tapılmış tilin, əlavə edilməsi yolu ilə tapılır.  $(u, v)$  tilini birləşdirən İki ağacı  $C_1$  və  $C_2$  ilə işarə edək.  $(u, v)$  tili  $C_1$  üçün təhlükəsiz hesab olunur. Kruskal alqoritm xəsis alqoritm hesab olunur, beləki, hər bir addımda o meşəyə ən minimal çəkili til əlavə edir [2].

Kruskal alqoritmünün realizasiyası əlaqəli komponentlərin hesablanması üçün olan alqoritm xatırladır. O kəşiməyən çoxluqların təsviri üçün strukturadan istifadə edir. Hər bir çoxluq cari meşədə ağacın təpəsini də özündə saxlayır [3].

Find\_Set( $u$ )  $u$ -nu özündə saxlayan çoxluq elementini qaytarır. Beləliklə, biz FindJSet( $u$ ) və Find\_Set( $v$ ) bərabərliyini müqayisə etməklə iki  $u$  və  $v$  təpəsinin eyni bir ağaca məxsus olduğunu təyin edə bilərik. Ağacların birləşməsi Union prosedurunun köməyiylə həyata keçirilir.

FORMAL TƏSVİR

*MST\_Kruskal(G,w)*

```

1  A «- boş çoxluq
2  for (Üçün) hər bir təpə  $v \in V[G]$ 
3      do Make_Set( $v$ )
4  E-dən olan bütün tillərini azalmayan ardıcılıqla onların  $w$  çəkirlərinə görə nizamlayırıq
5  for (Üçün) hər bir  $G \in E$  -dən olan  $(u, v)$  üçün (çəkinin artma ardıcılığı ilə)
6      do if Find_Set( $u$ ) != Find_Set( $v$ )
7          then A «- A -nı  $\{(u, v)$  ilə birləşdirək}
8              Union( $u, v$ )
9  return A

```

1-3 sətirində A çoxluğunun boş çoxluqla inisializasiyası gedir və  $|V|$  ağacları yaradılır, onlardan hər biri bir təpəyə malikdir. 4 sətirində E-dəki tillər onların çəkirlərinə görə azalmayan ardıcılıqla çeşidlənir. Hər bir  $(u, v)$  tili üçün, 5-8 sətirindəki for dövrü onun sonlarının bu ağaca aid olub olmadığını yoxlayır. Əgər bu belədirsə, onda verilmiş til meşəyə, (bu məqsədlə dövr təşkil etmək üçün), əlavə oluna bilməz, ona görə də bu halda tili atırlar. Əks halda, nə zaman ki, tilin sonları müxtəlif ağaclara məxsusdur, onda 7 sətirində  $(u, v)$  tili A çoxluğuna əlavə olunur, və iki ağacın təpələri 8 sətirində birləşir [1].

*Mürəkkəbliyin qiymətləndirilməsi*

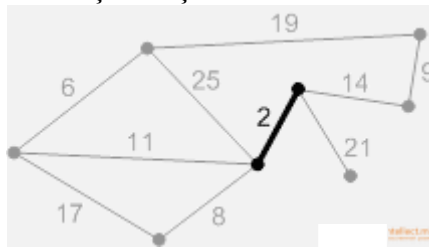
$G = (V, E)$  Qrafı üçün Kruskal alqoritminin icra müddəti kəsişməyən çoxluqlar üçün verilənlərin strukturunun realizasiyasından asılıdır. Belə hesab edəcəyik ki, kəsişməyən çoxluqlardan yaranmış meşə ranq üzrə birləşmələr aparmaqla, yolları sıxmağa əsaslanan evristi-kalarla realizə olunmuşdur, beləki, asimptotik olaraq bu daha yüksək sürətə malik məşhur realizasiyadır. 1 sətirində A çoxluğunun inisializasiyası  $O(1)$  zaman müddəti tələb edir, 4-cü sətirdə çoxluğun çeşidlənməsi üçün tələb olunan icra müddəti isə  $O(E \cdot \lg E)$  bərabərdir. ( $|V|$  əməliyyatlarının dəyəri 2-3 sətirində verilmiş for dövründəki Make\_Set) proseduru ilə müəyyən olunur. 5-8 sətirlərindəki dövr Find\_Set və Union proseduru ilə meşədə kəsişməyən çoxluqlar üzərində  $O(E)$  əməliyyatını icra edir.  $|V|$  və Make\_Set əməliyyatları birgə  $O((V + E) \cdot a(V))$  zaman müddəti tələb edir, harada ki,  $a$  — çox aşağı sürətlə artan funksiyadır. Beləki, biz fərz edirik ki,  $G$  — əlaqəli qrafdır,  $|E| \geq |V| - 1$  münasibəti həqiqətdir, beləki, kəsişməyən çoxluqlar üzərindəki əməliyyatlar  $O(E \cdot a(V))$  zaman müddəti tələb edir. Bundan başqa,  $a(|V|) = O(\lg V) = O(\lg E)$ , beləliklə, Kruskal alqoritminin ümumi icra müddəti  $O(E \cdot \lg E)$  bərabərdir. Qeyd edək ki,  $|E| < |V|^2$ , ona görə də,  $\lg |E| = O(\lg V)$  və beləliklə, **Kruskal alqoritminin icra müddətini  $O(E \cdot \lg V)$  şəklində ifadə etmək olar** [4].

Misal . Kruskal alqoritminin icrası:

1. Başlanğıc faza. Minimal meşə örtüyü boşdur.

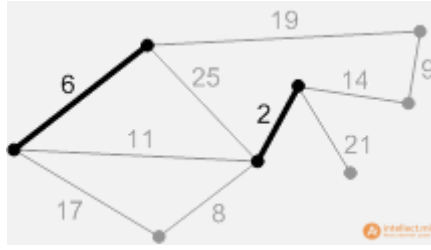


1. Çəkinin artması ardıcılığı ilə tilləri seçək: 2 çəkili birinci til. Onu A-ya əlavə edirik.



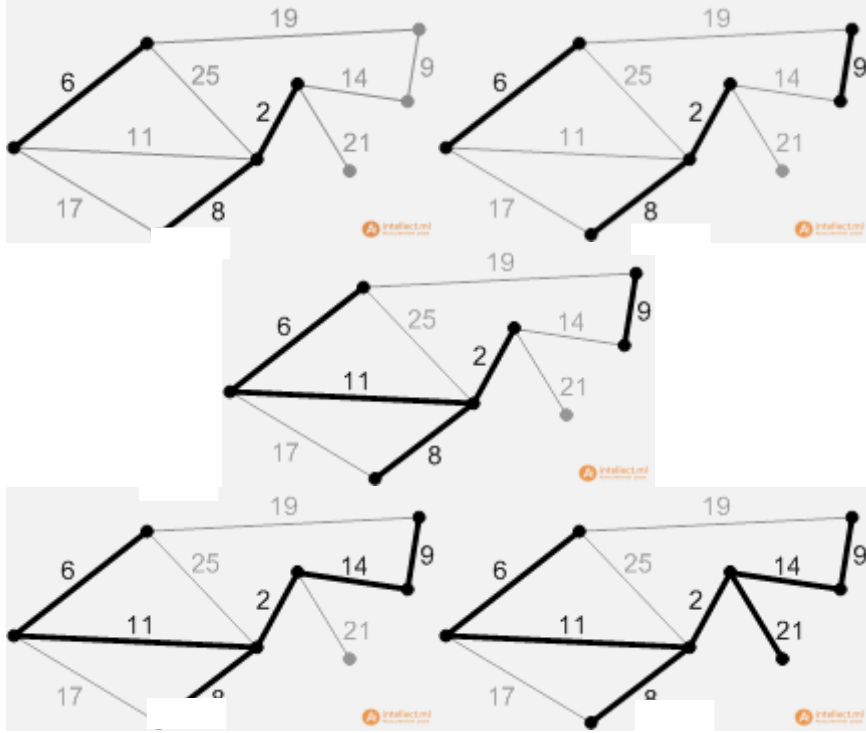
2.

3. 6 çəkili təhlükəsiz til aşağıdakı kimidir. Onu əlavə edirik.



4.

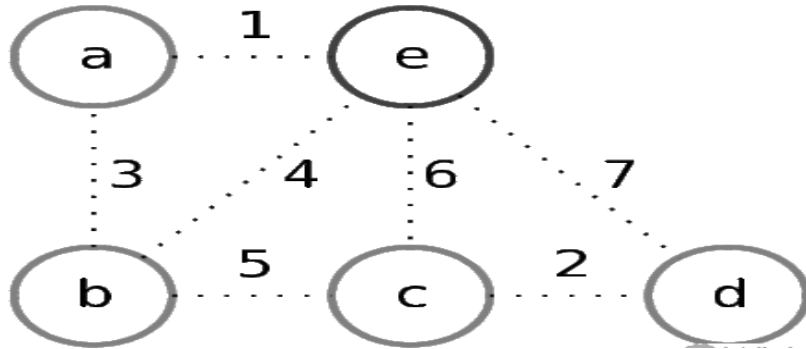
4-8. Digər təhlükəsiz tilləri əlavə edirik.



17, 19 və 25 – çəkili tillər təhlükəsiz deyil. Onların sonu əlaqəliyin bir komponentinin üzərinə düşür. 21 çəkili til – təhlükəlidir, ona görə də onu əlavə edirik. Ağacın Minimal karkası qurulmuşdur.

1. Bütün tilləri çeşidləyirik.
2. Dövr təşkil etməyən minimal tilləri seçirik

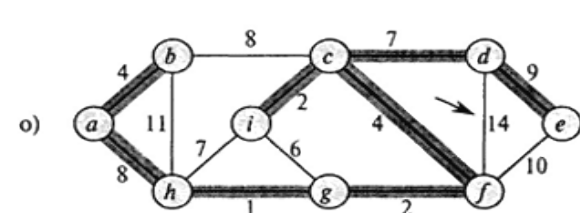
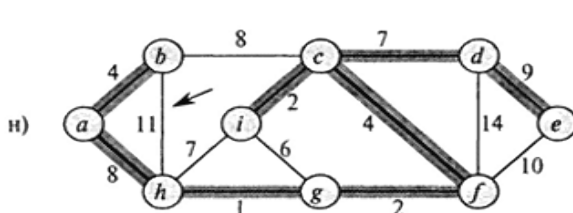
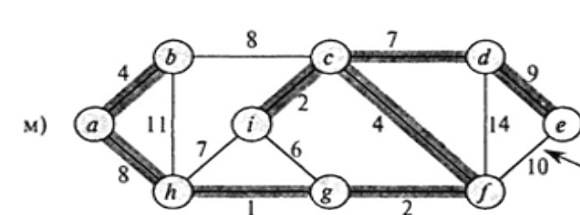
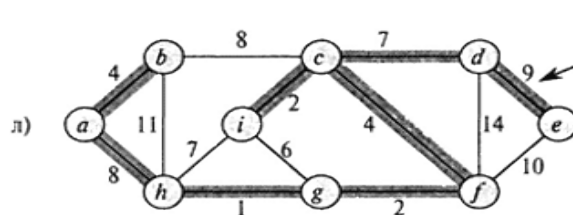
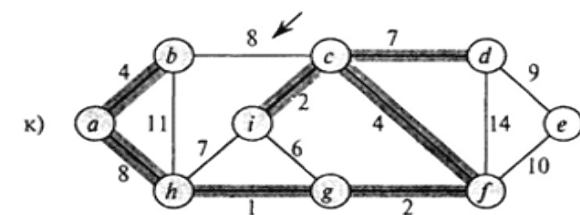
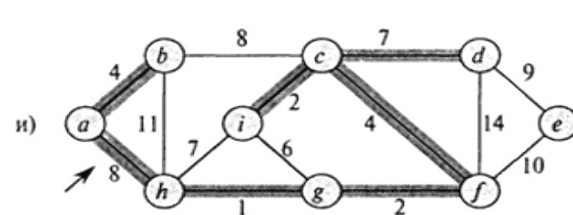
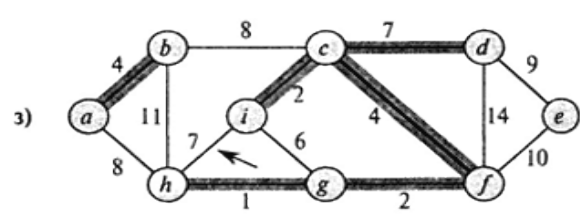
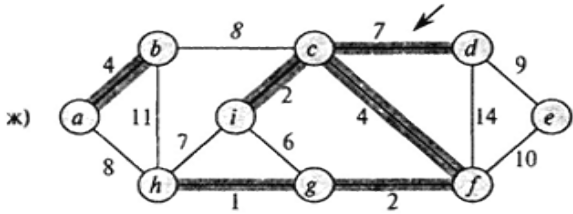
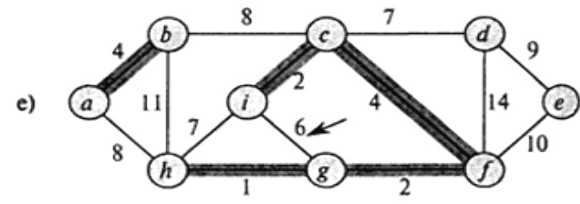
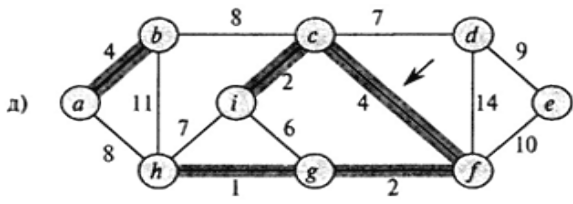
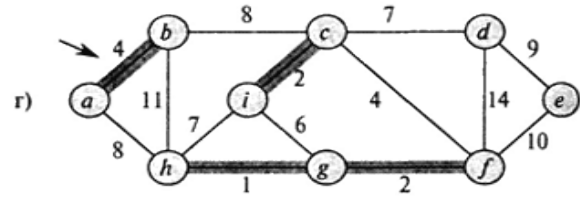
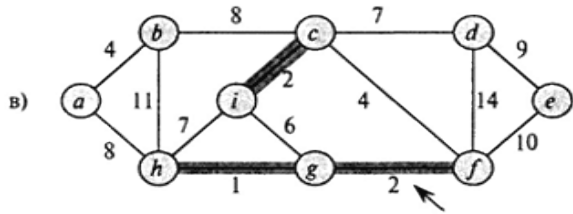
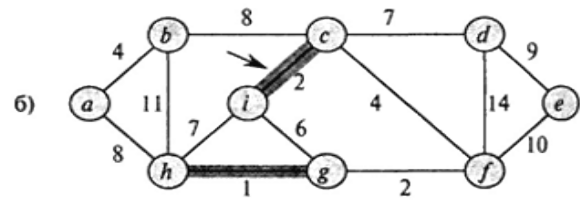
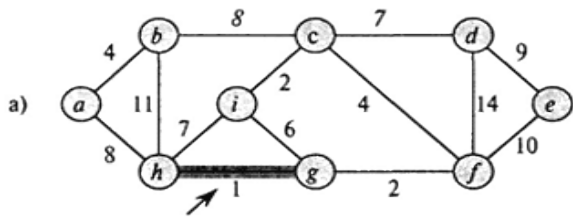
Tillər	ab	ae	bc	be	cd	ed	ec
Çəkilər	3	1	5	4	2	7	6



**Kruskal alqoritminin vizualizasiyası** – Alqoritm həmçinin Şteyner məsələsi üçün müəyyən əlavələrin tapılmasında da istifadə oluna bilər.

**Kruskal alqoritmi üçün vizualizator.** Kruskal alqoritminin yerinə yetirilməsi üçün daha bir misal. Ştrixlənmiş tillər artan meşəyə aiddirlər.





*Qraflarda dövrə vurma alqoritmləri*

Qraflarla iş üçün çoxsaylı alqoritmlər mövcuddur, beləki, bu alqoritmlərin əsasında qrafın tərələrinin sistemativ olaraq axtarışı durur, hər bir belə tərəyə, yalnız bir dəfə baxıla (baş çəkilə) bilər. Ona görə də qraflarda yaxşı axtarış metodlarının tapılması çox mühüm məsələ hesab olunur [6].

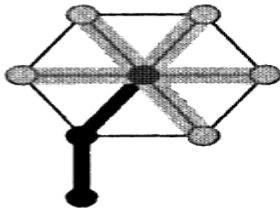
Qraflar üzrə gəzişmə (qraflarda axtarış) dedikdə, biz müəyyən şərtləri ödəyən tərənin axtarılması məqsədilə, qrafın bütün tərələrinə sistemətik baxış prosesini başa düşürük. V. Lipski axtarış metodunu o zaman yaxşı adlandırır ki, aşağıdakı şərtlər ödənsin:

- bizi maraqlandıran məsələnin həll alqoritminə elə imkan verilsin ki, o asanlıqla bu metoda “qayıtsın”;
- qrafın hər bir tili bir dəfədən çox analiz oluna bilmir (və ya, situasiyanı sabitlə məhdud-laşan sayda kifayət qədər dəyişmir).

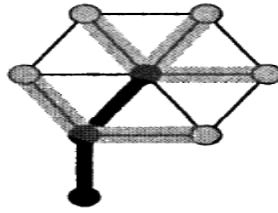
*Qraflarda **Eninə axtarış** (Breadth First Search), **dərinliyə doğru axtarış** (Depth First Search) alqoritmləri .*

Bu alqoritmlər verilən tərə ilə qonşu olan tərələrin axtarışı, iki tərə arasındakı sadə yolların tapılması, dövrlərin qurulması, qrafların əlaqəliyə görə yoxlanması və digər çoxsaylı məsələlərin həlli üçün effektiv istifadə oluna bilər [5].

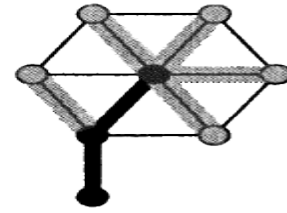
**DFS (dərinliyə axtarış)**



**BFS (eninə axtarış)**



**ümumi axtarış**



Qraflarda axtarış strategiyaları (*boz rənglə tilin tərələrinin axtarış zamanı göstərilmişdir*).

*İzomorfizm – sistemin (proseslərin, konstruksiyaların) qurulmasının (strukturun) eyniliyini ifadə edən məntiqi riyazi anlayışdır.* Ağaclar o zaman izomorf adlanır ki, onlar eyni struktura, lakin müxtəlif xarici görünüşə malik olurlar.

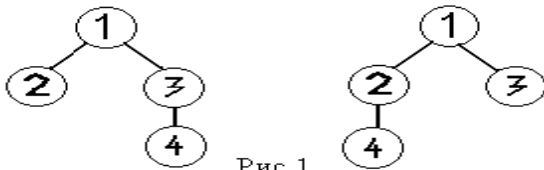


Рис 1.

Şək.1.

Şəkil 1-də eyni struktura, lakin müxtəlif xarici görünüşə malik qraflar təsvir olunub. Uyğun tərələr belədir : 1-1, 2-3, 3-2, 4-4.

*1. Müqayisə alqoritmi*

Müqayisə alqoritmi məsələsinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, o, tərələrin konkret qiymətləri üçün deyil, bütünlükdə ağacların strukturunu “görmək” və onları müqayisə etmək üçün tərtib olunur [7].

Hər bir tərəyə qarşı uyğun olaraq  $\{x, y, \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}\}$  ədədlər sırası qarşı qoyulur, harada ki,

$x$  – Hündürlük üzrə tərənin səviyyəsi;

$y$  - onun "ata" səviyyəsidir, b.s. nəsillərin maksimal yolunun uzunluğudur.

$\{a_1, \dots, a_n\}$  – ağacda "ata" nın oğulları səviyyələrinin sırasıdır.

Bizim misalda №1 ağacının tərələrinə bu cür rəqəmlər uyğundur:

1 -  $\{2, 2, \{0, 1\}\}$ , 2 -  $\{1, 0, \{0\}\}$ , 3 -  $\{1, 1, \{0\}\}$ , 4 -  $\{0, 0, \{0\}\}$ .

№2 ağacının tərələrinə isə

1 -  $\{2, 2, \{1, 0\}\}$ , 2 -  $\{1, 1, \{0\}\}$ , 3 -  $\{1, 0, \{0\}\}$ , 4 -  $\{0, 0, \{0\}\}$ .

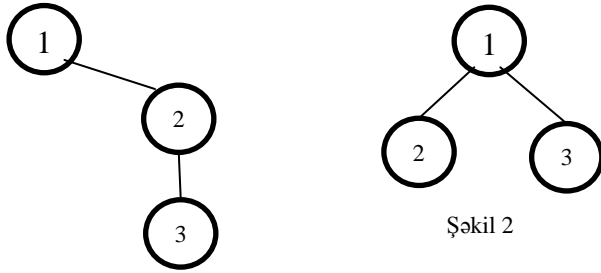
Beləliklə, biz iki yazı massivini aldıq və hökm etmək olar ki, əgər bu iki massivin elementləri arasında qarşılıqlı birqiymətli uyğunluq yaratmaq mümkündürsə, onda bu massivlərlə təyin olunmuş ağaclar izomorfdur. Bunun üçün aşağıdakıları bilmək lazımdır:

1. bu massivlərin müqayisəsi zamanı elementin sıra nömrəsi vacib deyil, b.s., bir massiv 2-ci elementi digər massiv 3-cü elementinə uyğun ola bilər;

2. “ata” nın “oğullar” səviyyəsi sırasının elementlərinin sıralanması vacib deyil .

B.s. yuxarıda göstərdiyimiz müqayisə şərtlərini nəzərə almaqla söyləyə bilərik ki, 2 elementi -  $\{1, 0, \{0\}\}$  3 elementinə- $\{1, 0, \{0\}\}$  uyğundur, 1 elementinə isə -  $\{2, 2, \{0, 1\}\}$  - 1 elementi uyğundur -  $\{2, 2, \{1, 0\}\}$ .

2. Təpələrin təyini alqoritmi.

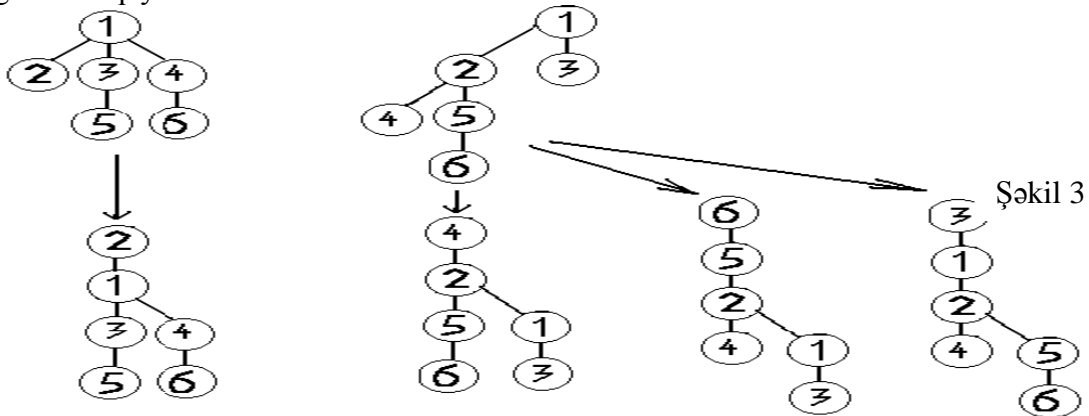


Şəkil 2

Müqayisə alqoritminin çatışmazlığı müxtəlif köklü təpələrə malik izomorf ağaclar üçün tətbiq oluna bilməyin mümkünsüzlüyüdür. Məsələn, şəkil 2-də izomorf ağaclar təsvir olunmuşdur, lakin, heç bir müqayisə alqoritmi onların izomorfluğunu müəyyən edə bilməz. Bu problemin həlli, ümumi şəkildə aşağıdakı metodla, ağacların transformasiyası hesab olunur.

Birinci ağacın son təpəsini tapırıq (hansı ki, onun “oğulları” yoxdur), və onu kök olaraq qəbul edirik, b.s., ağac sanki təpələrin birindən yuxarıya doğru uzadılır (şəkil 3). Belə "uzadılmaya" ata təpələrin adlarını onun oğullarından birinin adı ilə dəyişməklə nail oluruq, və əksinə, bu oğulun adına da atanın adını veririk. Alınmış ağacı biz etalon olaraq qəbul edirik.

Bu xassəyə əsaslanaraq söyləmək olar ki, izomorf ağacların birinin son təpəsi ikinci ağacın son təpəsinə uyğun olur, biz ikinci ağacın bütün son təpələrini seçirik, növbə ilə onları kök təpə edirik və hər dəfə “uzadılmış” ağacı, yuxarıda təsvir etdiyimiz müqayisə alqoritminin köməyiylə, etalon ağacla müqayisə edirik.



Şəkil 3

*Əgər müqayisə alqoritmi heç olmazsa bir dəfə müsbət nəticə verərsə, onda ağaclar izomorfdur. İzomorfizmin yoxlanılması üçün belə alqoritmin mürəkkəbliyi  $N^2$  təribli kəmiyyətə bərabərdir, harada ki,  $N$  –ixtiyari müqayisə olunan ağacın təpələrinin sayıdır.*

**ƏDƏBİYYAT**

1. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структуры данных и алгоритмы. М.: Видавничий будинок «Вільямс», 2013.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. М.: МЦНМО, 2012
3. Теория графов Н. Кристофидес – «Мир» Москва, 1978. Ссылки (links):
4. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Структуры данных и алгоритмы. - М.: Видавничий будинок «Вільямс», 2011.
5. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. - М.: МЦНМО, 2015.
6. <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/books/aho-2000>
7. <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/books/cormen-1999>

## ABSTRACT

**Gulara Rahimova  
Kamala Ibrahimova**

### ALGORITHM KRUSKALA

In article I was the program realizing an algorithm Kruskala, search of the maximum ostovny tree is developed.

The algorithm Kruskala really finds the ostovny wood of the maximum weight as it is a special case of an algorithm of Rado - Edmonds for a graphic matroid where independent sets - acyclic sets of edges.

The algorithm Kruskala can build a tree at the same time for several connectivity component which in the course of the decision unite in one connected tree.

The full count is set by the list of edges. Before work the list of edges is sorted by increase of length. On each step the list of edges, since the edge following for entered the decision on the previous step is checked, and attach that edge which doesn't form a cycle with the edges which are already included in the decision to a subtree under construction.

## РЕЗЮМЕ

**Гюлара Рагимова  
Камала Ибрагимова**

### АЛГОРИТМ КРУСКАЛА

В статье был разработана программа, реализующая алгоритм Краскала, поиск максимального остовного дерева.

Алгоритм Краскала действительно находит остовный лес максимального веса, поскольку он является частным случаем алгоритма Радо - Эдмондса для графического матроида, где независимые множества - ациклические множества рёбер.

Алгоритм Краскала может строить дерево одновременно для нескольких компонент связности, которые в процессе решения объединяются в одно связанное дерево.

Полный граф задается списком ребер. Перед работой список ребер сортируется по возрастанию длины. На каждом шаге просматривается список ребер, начиная с ребра, следующего за вошедшим в решение на предыдущем шаге, и к строящемуся поддереву присоединяют то ребро, которое не образует цикла с ребрами, уже включенными в решение.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

QADİR ƏLİYEV

kadiraliyev@yahoo.com.

Naxçıvan Dövlət Universiteti

UOT: 726,04

## MÖMİNƏ XATUN TÜRBƏSİNİN GÜNBEZ VƏ ÇATMA TAĞ ƏYRİLƏRİNİN HESABLANMASINA DAİR

**Key Words:** *Dome, arch curvatures, normal force, cutting force, bending moment, durability*

**Ключевые слова:** *купол, закругление арк, нормальная сила, сила резания, изгибающий момент, долговечность.*

Azərbaycan, o cümlədən Naxçıvan Muxtar Respublikası ərazisində olan memarlıq abidələrinin, o cümlədən türbələrin çatma tağ və günbəzlərinin konstruksiyalarının hesablanması çox böyük texniki və praktiki əhəmiyyəti vardır. Məlumdur ki, hər bir qurğunun uzunömürlü ola bilməsi üçün istər onun ayrı-ayrı elementləri, istərsə də bütövlükdə qurğunun özü təsir edən xarici və daxili qüvvələrə möhkəm və dayanıqlı müqavimət göstərməli və lazımı sərtliyə malik olmalıdır. Xarici qüvvələrin təsiri altında olan qurğu elementlərinin möhkəmliyə, sərtliyə və dayanıqlığa görə hesablanması ilə materiallar müqaviməti və inşaat mexanikası elmləri məşğul olur. Qurğuların möhkəmliyə və dayanıqlığa görə hesablamada onların kifayət qədər təhlükəsiz işləyə bilməsi, dayanıqlı, uzunömürlü olması və iqtisadi nöqteyi-nəzərdən tam qənaətli olması təmin edilmiş olur. Sərtliyə görə hesablamada isə istisimar nöqteyi-nəzərdən qurğu üçün təhlükəli sayılan deformasiyaların meydana çıxmasına yol verməmək məqsədi güdülür. Qurğuların, o cümlədən türbələrin möhkəmliyi, sərtliyi və dayanıqlığı haqqında ətraflı təsəvvür əldə etmək üçün birinci növbədə xarici qüvvələrin necə təsir etdiyi, onların hissələrində daxili qüvvələrin necə paylaşıldığı öyrənilməlidir. Bundan başqa, materialların texniki xassələrini nəzərdə tutmaqla, qurğuların ən əlverişli formalarının necə seçildiyini də bilmək lazımdır.

-Beləliklə, qarşıya qoyulan problemin həllində aşağıdakı məsələlər durur.

-Xarici qüvvələrin təsiri altında türbə konstruksiyalarında əmələ gələn daxili qüvvələrin və deformasiyaların təyin edilməsi.

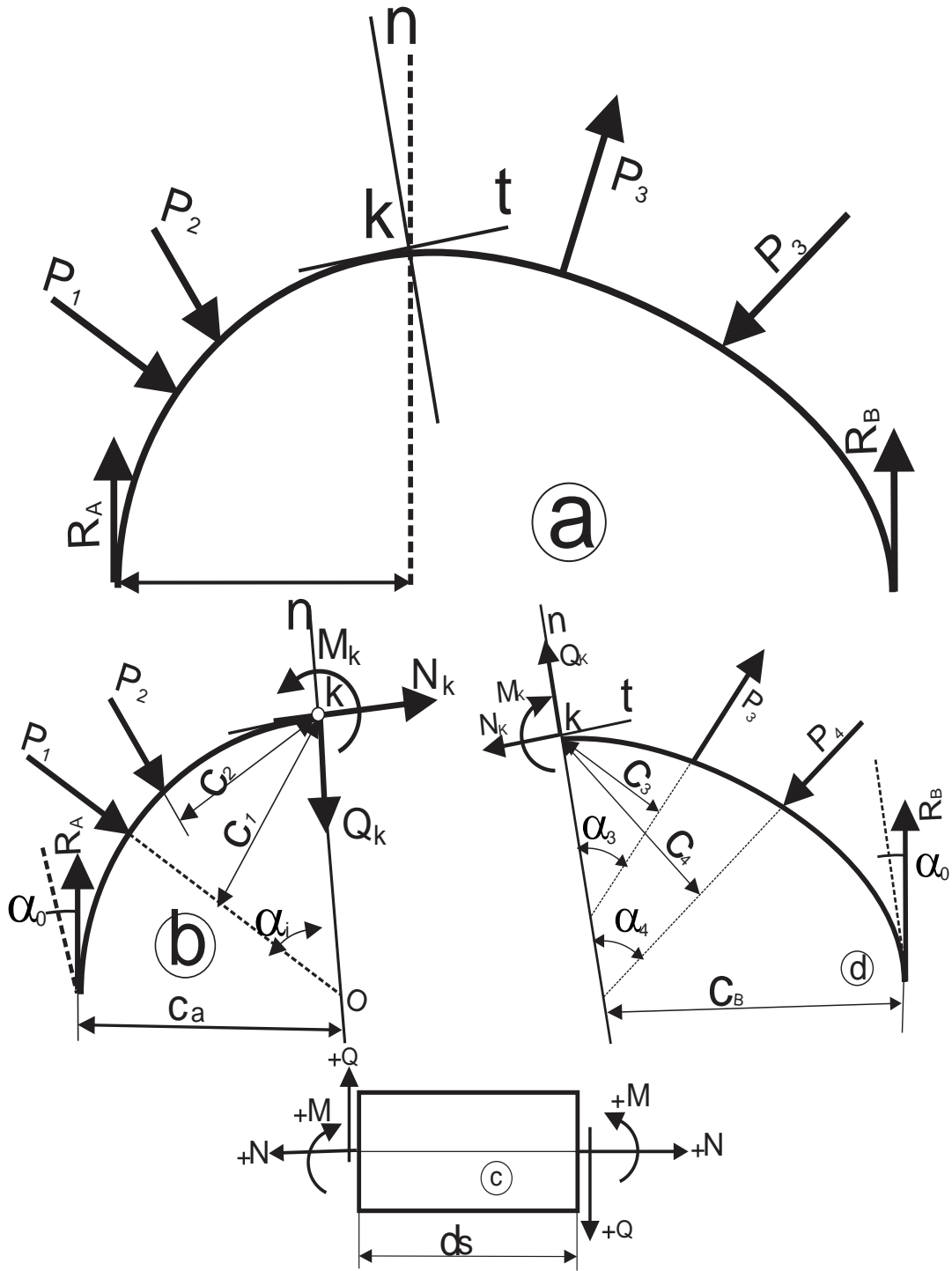
-İqtisadi nöqteyi nəzərdən ən əlverişli və qənaətli üsulların müəyyənləşdirilməsi.

Məlumdur ki, qurğular və türbələr hesablanarkən analitik və qrafiki üsullardan istifadə olunur. Biz də problemin həllində bu üsullardan istifadə edəcəyik. Bunun üçün sınıq və əyri oxlu tirlər üçün əyici moment ( $M$ ), kəsici qüvvə ( $Q$ ) və normal qüvvə ( $N$ ) epürlərinin qurulma qaydalarından istifadə edəcəyik. Əvvəlcə ümumi prinsipləri nəzərdən keçirək.

**Sınıq və əyri oxlu tirlər üçün əyici moment ( $M$ ), kəsici qüvvə ( $Q$ ) və normal qüvvə ( $N$ ) epürlərinin qurulması.**

Məlumdur ki, “tağlar elə ayrışətli sistemə deyilir ki, bu sistemə təsir edən xarici qüvvələrin təsirindən sistemdə üfüqi dayağ reaksiyaları əmələ gəlir. Həmin üfüqi qüvvələrə dafiyə qüvvələri deyilir” (3, s.70)

Qarşıya qoyulan problemin həlli üçün daxili qüvvələrin hesablanması çox əhəmiyyətli yer tutur. Bunları ayrılıqda nəzərdən keçirək. Tutaq ki, şəkil 1-də göstəriləni kimi  $P_1$   $P_2$   $P_3$   $P_4$  qüvvələrin təsiri altında olan tirin  $R_A$  və  $R_B$  dayağ reaksiyaları da tapılıb və tirə tətbiq olunub. İndi sol dayaqdan  $x$  məsafədə olan kəsikdə əyici momenti, kəsici qüvvəni və normal qüvvəni təyin etmək lazımdır.



Şəkil 1. a) Əyri oxlu tirin yüklənmə sxemi.

b) Kəsimdən solda əyri oxlu tirin yüklənmə sxemi.

d) Kəsimdən sağda əyri oxlu tirin yüklənmə sxemi.

c) Elementar hissəciyin yüklənmə sxemi (2. s, 65)

Əyici momentin tərifindən bəllidir ki, kəsimdən bir tərəfdə (sol və ya sağ) yerləşən bütün xarici qüvvələrin bu kəsimin mərkəzinə nəzərən momentlərinin cəbri cəmi həmin kəsimdə təsir edən əyici momentə bərabərdir. Bu tərifə görə  $k$  kəsimində əyici moment:

1) Kəsimdən solda yerləşən qüvvələr nəzərdə tutulduqda,

$$M_k = R_A c_a - P_1 c_1 - P_2 c_2$$

2) Kəsimdən sağda yerləşən qüvvələr nəzərdə tutulduqda

$$M_k = R_B c_b - P_3 c_3 - P_4 c_4$$

Burada  $C_A, C_1, \dots, C_B$  ilə qüvvələrin kəsim mərkəzindən olan qolları işarə edilmişdir.

Əyici momentlər hesablandıqda tirin hər səciyəvi məntəqəsi üçün əyici momentin ifadəsi yazılır. Bu ifadədəki dəyişən koordinata (adətən  $x$  məsafəsinə) məntəqənin hədləri daxilində müxtəlif qiymətlər verilir və beləliklə, istənilən kəsimdə əyici momentin qiymətləri tapılır. Sonra seçilmiş miqyasda həmin ordinarlar tirin oxuna perpendikulyar istiqamətdə qeyd edilir və bu ordinarların uclarını birləşdirməklə əyici moment epürü qurulur.

Nəzərdən keçirdiyimiz  $K$  kəsində kəsici və normal qüvvələri təyin etmək üçün kəsimin mərkəzindən tirin oxuna  $t$  toxunanı və  $n$  normalı çəkilir. Sonra həmin oxlarla qüvvələrin istiqamətləri arasında qalan bucaqlar təyin edilir.

Kəsici qüvvənin tərifində deyilir: “Kəsimdən bir tərəfdə (solda və ya sağda) duran bütün qüvvələrin bu kəsində oxa çəkilən normal üzərində proyeksiyalarının cəbri cəmi kəsici qüvvəyə bərabər olur” (2,s. 66).

Həmin tərifə görə  $K$  kəsindəki kəsici qüvvə, sol tərəfdəki qüvvələri nəzərdə tutduqda:

$$Q_K = R_A \cos \alpha_0 - P_1 \cos \alpha_1 - P_2 \cos \alpha_2$$

Sağ tərəfdəki qüvvələri nəzərdə tutduqda isə

$$Q_K = -R_B \cos \alpha_0 - P_1 \cos \alpha_1 - P_2 \cos \alpha_2$$

Normal qüvvənin isə tərfi belədir: “Nəzərdən keçirdiyimiz kəsindən bir tərəfdə (solda və ya sağda) duran bütün qüvvələrin bu kəsində oxa çəkilən toxunan üzərində proyeksiyalarının cəbri cəmi normal qüvvəyə bərabərdir” (2,s. 66).

Həmin tərifə görə  $K$  kəsindəki normal qüvvə

$$N_K = -R_A \sin \alpha_0 - P_1 \sin \alpha_1 - P_2 \sin \alpha_2$$

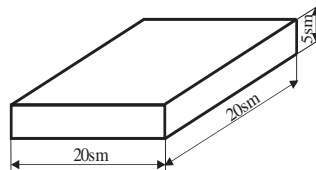
Yaxud

$$N_K = R_B \sin \alpha_0 + P_3 \sin \alpha_3 + P_4 \sin \alpha_4$$

Normal qüvvə nəzərdən keçirdiyimiz kəsimin yanında götürülən  $ds$  elementində dartılma yaradırsa müsbət, sıxılma yaradırsa mənfi sayılır. İndi problemin konkret həllinə keçə bilərik.



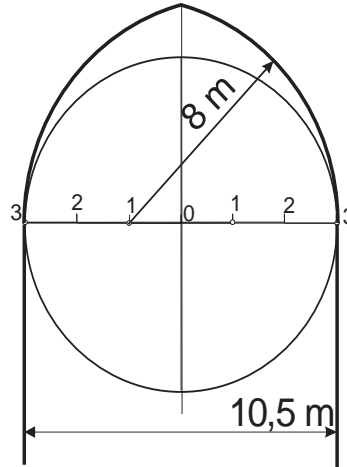
Şəkil 2 .Möminə xatun türbəsi



Şəkil 3. Möminə Xatun türbəsi.

Günbəzin inşa edildiyi bişmiş kərpicin forması (2. S. 99)

Şəkil 3-də Möminə Xatun türbəsinin bir kərpicinin ölçüləri, şəkil 4-də isə günbəz əyrisinin qurulmasının qrafiki analizi göstərilib.



Şəkil 4. Möminə Xatun türbəsi.

Günbəz əyrisinin qurulmasının qrafiki analizi (1. s. 102)

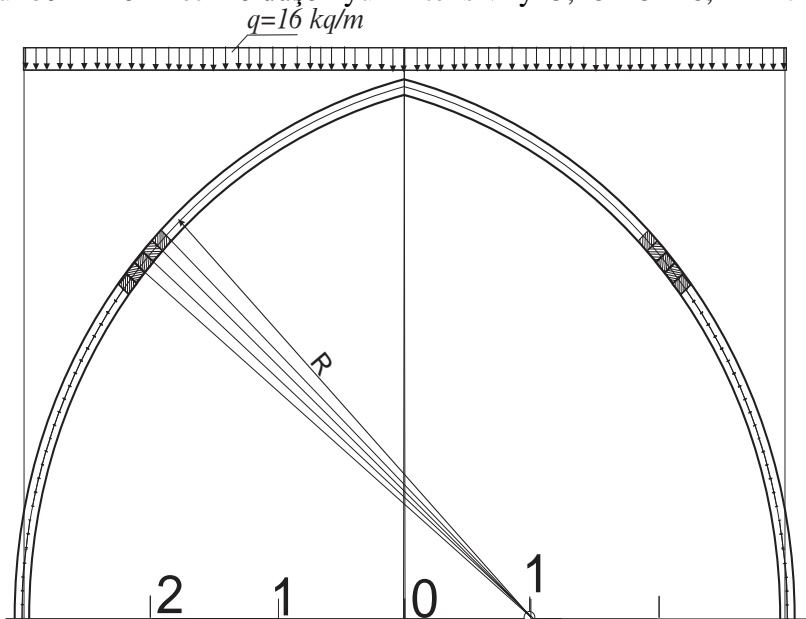
Əvvəlcə günbəzə təsir edən yayılmış yükün intensivliyini müəyyənləşdirək. Hesablama nəticəsində

aydın olur ki, bişmiş kərpicin həcmi çəkisi  $1,64 \frac{qr}{sm^3}$ .

Möminə xatun türbəsinin bişmiş kərpicin ölçüləri  $20 \times 20 \times 5 sm = 2000 sm^3$

Bir kərpicin çəkisi:  $1,64 \times 2000 = 3,28 kq$

Künbəzin hər metrinə düşən yük intensivliyi  $3,28 \times 5 = 16,4 \approx 16 \frac{kq}{m}$



Şəkil 5. Möminə Xatun türbəsi.

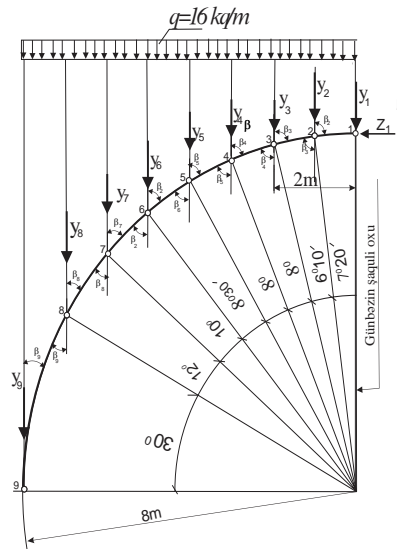
Günbəz əyrisi boyu kərpiclərin düzülüşü və yükləmə sxemi

Beləliklə, problemin həlli aşağıda göstərilən məsələnin həllinə gəlir

Künbəz əyrisi bunun üfqi proyeksiyası üzrə müntəzəm yayılmış yüklə yüklənmişdir.

(şəkil5.)  $G$  ünbəz əyriyə radiusu  $r=8m$ , yükün intensivliyi isə,  $16 \frac{kq}{m}$ . Künbəzin xarakter hissələrində boyuna qüvvələri ( $S$ ) və normal qüvvələri ( $N$ ) hesablayın.





Şəkil 6. Möminə Xatun türbəsi. Günbəz əyrisinin hesabat sxemi

Günbəz simmetrik yükləndiyi üçün onun bir tərəfi üçün hesabat aparmaq kifayət edir. Yuxarıda göstərilənlər nəzərə alındıqda məlum olur ki, hesabat momentsiz nəzəriyyəyə görə aparılmalıdır. Qabıq konstruksiyalarda dairəvi və meridional qüvvələr aşağıdakı düsturlarla hesablanır (4, s. 9):

$$N_i^s = \frac{N_i^s \cos \beta_i + Y_i^s}{\cos \beta_{i+1}} \quad (1)$$

$$S_i^s = \frac{N_i^{-s} (\cos \beta_i \operatorname{tg} \beta_{i+1} - \sin \beta_i) + Z_i^s + Y_i^s \operatorname{tg} \beta_{i+1}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2)$$

Qüvvələrin təyin olunmasına 1-ci düyündən başlayırıq.

Burada  $N_1=0$ ,  $Y_1=0$ ,  $Z_1=0$

İndi ikinci düyünə keçə bilərik. Əvvəlki halda olduğu kimi

$$N_2 = N_1 = 0$$

$$N_2 = N_2 \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_3} + Y_2 \frac{1}{\cos \beta_3} = -16 \frac{1}{\cos 75^\circ} = -16 \frac{1}{0,26} = -60,8 \text{ kq}$$

Dairəvi qüvvələri aşağıdakı düsturla hesablayırıq:

$$S_2 = N_2 \frac{\cos \beta_2 \operatorname{tg} \beta_3 - \sin \beta_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + Y_2 \frac{\operatorname{tg} \beta_3}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = -16 \frac{\operatorname{tg} 75^\circ}{2 \sin 7^\circ} = -16 \frac{3,73}{2 \times 0,12} = -246,4 \text{ kq}$$

**3-cü düyünü hesablayırıq**

$$N_3 = N_2 = -60,8 \text{ kq}$$

$$N_3 = N_3 \frac{\cos \beta_3}{\cos \beta_4} + Y_3 \frac{1}{\cos \beta_4} = -60,8 \frac{\cos 75^\circ}{\cos 67^\circ} - 16 \frac{1}{\cos 67^\circ} = -60,8 \frac{0,26}{0,39} - 16 \frac{1}{0,39} = -39,52 - 40 = -79,52 \text{ kq}$$

Dairəvi qüvvələri aşağıdakı düsturla hesablayırıq:

$$S_3 = N_3 \frac{\cos \beta_3 \operatorname{tg} \beta_4 - \sin \beta_3}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + Y_3 \frac{\operatorname{tg} \beta_4}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = -60,8 \frac{\cos 75^\circ \operatorname{tg} 67^\circ - \sin 75^\circ}{2 \sin 4^\circ} - 16 \frac{\operatorname{tg} 67^\circ}{2 \sin 4^\circ} =$$

$$-60,8 \frac{0,26 \times 2,36 - 0,97}{2 \times 0,07} - 16 \frac{2,36}{2 \times 0,07} = 158,1 - 272 = -114 \text{ kq}$$

#### 4-cü düyünü hesablayırıq

$$\bar{N}_4 = \bar{N}_3 = -79,52 \text{ kq}$$

$$\bar{N}_4 = \bar{N}_4 \frac{\cos \beta_4}{\cos \beta_5} + Y_4 \frac{1}{\cos \beta_5} = -79,52 \frac{\cos 67^\circ}{\cos 58^\circ} - 16 \frac{1}{\cos 58^\circ} = -72,52 \frac{0,39}{0,53} - 16 \frac{1}{0,53} = -56 - 32 = -88 \text{ kq}$$

Dairəvi qüvvələri aşağıdakı düsturla hesablayırıq:

$$\begin{aligned} S_4 = \bar{N}_4 \frac{\cos \beta_4 \operatorname{tg} \beta_5 - \sin \beta_4}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + Y \frac{\operatorname{tg} \beta_5}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} &= -79,52 \frac{\cos 67^\circ \operatorname{tg} 58^\circ - \sin 58^\circ}{2 \sin 4^\circ} - 16 \frac{\operatorname{tg} 58^\circ}{2 \sin 4^\circ} = \\ -79,52 \frac{0,39 \times 1,6 - 0,85}{2 \times 0,07} - 16 \frac{1,6}{2 \times 0,07} &= 119,28 - 182,4 = -68,1 \text{ kq} \end{aligned}$$

#### 5-ci düyün

$$\bar{N}_5 = \bar{N}_4 = -88 \text{ kq}$$

$$\bar{N}_5 = \bar{N}_5 \frac{\cos \beta_5}{\cos \beta_6} + Y_5 \frac{1}{\cos \beta_6} = -88 \frac{\cos 58^\circ}{\cos 51^\circ} - 16 \frac{1}{\cos 51^\circ} = -88 \frac{0,53}{0,63} - 16 \frac{1}{0,63} = -74 - 25,6 = -99,6 \text{ kq}$$

Dairəvi qüvvələr:

$$\begin{aligned} S_5 = \bar{N}_5 \frac{\cos \beta_5 \operatorname{tg} \beta_6 - \sin \beta_5}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + Y \frac{\operatorname{tg} \beta_6}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} &= -99,6 \frac{\cos 58^\circ \operatorname{tg} 51^\circ - \sin 58^\circ}{2 \sin 4^\circ} - 16 \frac{\operatorname{tg} 51^\circ}{2 \sin 4^\circ} = \\ -99,6 \frac{0,53 \times 1,23 - 0,85}{2 \times 0,07} - 16 \frac{1,23}{2 \times 0,07} &= 140 - 140,8 \approx 0 \text{ kq} \end{aligned}$$

#### 6-ci düyün

$$\bar{N}_6 = \bar{N}_5 = -99,6 \text{ kq}$$

$$\bar{N}_6 = \bar{N}_6 \frac{\cos \beta_6}{\cos \beta_7} + Y_6 \frac{1}{\cos \beta_7} = -99,6 \frac{\cos 51^\circ}{\cos 39^\circ} - 16 \frac{1}{\cos 39^\circ} = -99,6 \frac{0,63}{0,78} - 16 \frac{1}{0,78} = -80 - 20,8 = -100,8 \text{ kq}$$

Dairəvi qüvvələr:

$$\begin{aligned} S_6 = \bar{N}_6 \frac{\cos \beta_6 \operatorname{tg} \beta_7 - \sin \beta_6}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + Y \frac{\operatorname{tg} \beta_7}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} &= -100,8 \frac{\cos 51^\circ \operatorname{tg} 39^\circ - \sin 51^\circ}{2 \sin 5^\circ} - 16 \frac{\operatorname{tg} 39^\circ}{2 \sin 5^\circ} = \\ -100,8 \frac{0,63 \times 0,81 - 0,78}{2 \times 0,09} - 16 \frac{1,23}{2 \times 0,09} &= 131 - 97,6 \approx 33,4 \text{ kq} \end{aligned}$$

#### 7-ci düyün

$$\bar{N}_7 = \bar{N}_6 = -100,8 \text{ kq}$$

$$\bar{N}_7 = \bar{N}_7 \frac{\cos \beta_7}{\cos \beta_8} + Y_7 \frac{1}{\cos \beta_8} = -100,8 \frac{\cos 39^\circ}{\cos 30^\circ} - 16 \frac{1}{\cos 30^\circ} = -100,8 \frac{0,78}{0,87} - 16 \frac{1}{0,87} = -90,72 - 17,6 = -108,32 \text{ kq}$$

Dairəvi qüvvələr:

$$\begin{aligned} S_7 = \bar{N}_7 \frac{\cos \beta_7 \operatorname{tg} \beta_8 - \sin \beta_7}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + Y \frac{\operatorname{tg} \beta_8}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} &= -100,32 \frac{\cos 39^\circ \operatorname{tg} 30^\circ - \sin 39^\circ}{2 \sin 6^\circ} - 16 \frac{\operatorname{tg} 39^\circ}{2 \sin 6^\circ} = \\ -100,8 \frac{0,78 \times 0,58 - 0,63}{2 \times 0,1} - 16 \frac{1,23}{2 \times 0,1} &= 90,72 - 99,2 \approx 8,38 \text{ kq} \end{aligned}$$

#### 8-ci düyün

$$\bar{N}_8 = N_7 = -108,32 \text{ kq}$$

$$N_8 = \bar{N}_8 = -108,32 \text{ kq}$$

Dairəvi qüvvələr:

$$S_8 = N_8 \frac{\cos \beta_8 \operatorname{tg} \beta_9 - \sin \beta_8}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + Y \frac{\operatorname{tg} \beta_8}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = -100,32 \frac{\cos 30^\circ \operatorname{tg} 0^\circ - \sin 30^\circ}{2 \sin 15^\circ} - 16 \frac{\operatorname{tg} 30^\circ}{2 \sin 15^\circ} =$$

$$-108,32 \frac{0,87 \times 0 - 0,5}{2 \times 0,1} \approx 222,1 \text{ kq}$$

Beləliklə, günbəzin xarakter hissələrində daxili qüvvələr hesablanır.

### ƏDƏBİYYAT

1. Qadir Əliyev. Memar Əcəmi Naxçıvani yaradıcılığında ahəngdarlıq. Bakı: “Şərq-Qərb”, 2007, 159s.
2. H. Muradxanov. Statik həll olunan sistemlərin inşaat mexanikası. Bakı: “Maarif” nəşriyyatı, 1972, 339s.
3. A. B. Дарков, Н. Н. Шапошников. Строительная механика. Москва: “Высшая школа”, 1986, 606 с.
4. А. А. Уманского. Расчет пространственных конструкций. Москва: “Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам”, 1962, 324с.

### ABSTRACT

Gadir Aliyev

#### CALCULATION OF THE DOME AND ARCH CURVATURES OF THE MOMUNE KHATUN TOMB

The forms of medieval Azerbaijan also Nakhchivan architectural monuments, have been studied somehow but their constructions still remain unrevealed. Apparently, to provide durability of each device it must contain strong and durable resistance to the external and internal forces affecting its individual elements or the entire installation. In this regard, calculation of the structures Momune Khatun tomb, which is said to be the pearl of medieval Azerbaijani architecture, is of crucial scientific importance in the architectural theory. The article describes the dome and arch curvatures of the Momune Khatun tomb and the forces affecting the character parts are calculated.

### РЕЗЮМЕ

Кадир Алиев

#### РАСЧЕТ КРИВЫХ КУПОЛА И ЗАКРУГЛЕНИЙ АРК МОГИЛЫ МОМУНЕ ХАТУН

Формы средневекового Азербайджана и Нахчыванские архитектурные памятники были изучены как-то, но их конструкции до сих пор не раскрыты. По-видимому, для обеспечения долговечности каждого устройства он должен содержать прочное и долговечное сопротивление внешним и внутренним силам, влияющим на его отдельные элементы или всю установку. В связи с этим расчет строений могилы Момуне Хатун, который считается жемчужиной средневековой азербайджанской архитектуры, имеет решающее научное значение в архитектурной теории. В статье описываются кривизна купола и арки могилы Момуне Хатун, и рассчитываются силы, воздействующие на эти черты.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

QULU BAĞIROV

Naxçıvan Dövlət Universiteti

UOT: 621.395

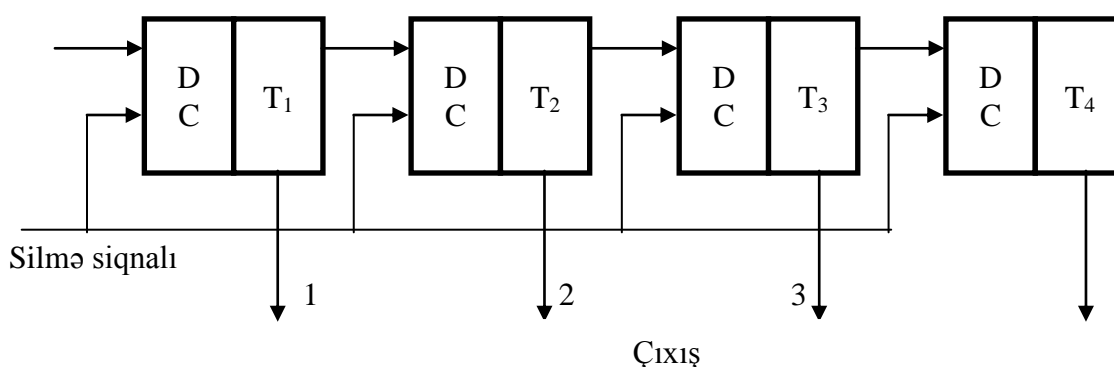
### ŞIFRATOR (KODER) VƏ DEŞIFRATOR (DEKODER) ELEKTRON QURĞULARI

**Açar sözlər:** kod, dekoder, histeresiz, triqker.

Rəqəm texnikasının, xüsusən kompüter cihazların və avtomatik idarəetmə sistemlərinin vacib elementlərindən biri sayılan şifrator və deşifrator elektron qurğularıdır. İnformasiya sistemlərində informasiyanın qəbul edilməsində, saxlanmasında və emalında başlıca rol oynayan bu elektron qurğuları Elektron hesablama maşınlarının (kompüterlərin) istehsalında və məişətdə tətbiqindən sonra istifadə olunmağa başladı.

Şifrator elektron qurğusunun vəzifəsi ona daxil olan analog formalı onluq say sistemlərini ikili say sisteminə (rəqəm) çevirmək üçün nəzərdə tutulur ( $1,2,3 \rightarrow 011, 010, 001$ ) onluq say sisteminin siqnalları şifratorun girişinə ardıcı

şəklində daxil olaraq onu şifrələnmiş formaya salır. Şifratorun əsasını biri-birilə ardıcıl şəkildə birləşdirilmiş statik triqkerlər təşkil edir. Hər bir triqkerin çıxışı özündən sonra gələn triqkerlə diferensial dövrəcik vasitəsilə birləşdirilir. Diferensial dövrəciciyin vəzifəsi triqkerin çıxışında yaranan düzbucaqlı inteqral formalı siqnalı iti uclu siqnala çevirmək üçün tətbiq olunur. Biri-biri ilə birləşdirilmiş triqkerlər vahid registr rolunu oynayır və həmişə gözləmə rejimində işləyir, yəni onun girişinə siqnal daxil olmayınca o, özündə ikili say kombinasiyasını dəyişmədən saxlayır. Reqistrdə triqkerlərin sayı ikili say sisteminin dərəcə sayından asılıdır. ( $2^1, 2^2, 2^3, 2^4, \dots, 2^a$ ). Adətən register xətasız olaraq işləsin deyərək onu təşkil edən elementlərin (detalların) nominal qiymətləri texniki normaya uyğun olaraq görünür. əvvəldə şifrator aktiv olaraq ferrit-tranzistor elementləri üzərində hazırlayırdılar. Lakin ferrit elementlərinin işində bir sıra qüsurlar olduğuna görə (maqnit qisteresiz əyrisində əngəlli siqnal yarandığına) istismardan çıxarıldı. Sonra ancaq tranzistorlar üzərində hazırlanmağa başladı.



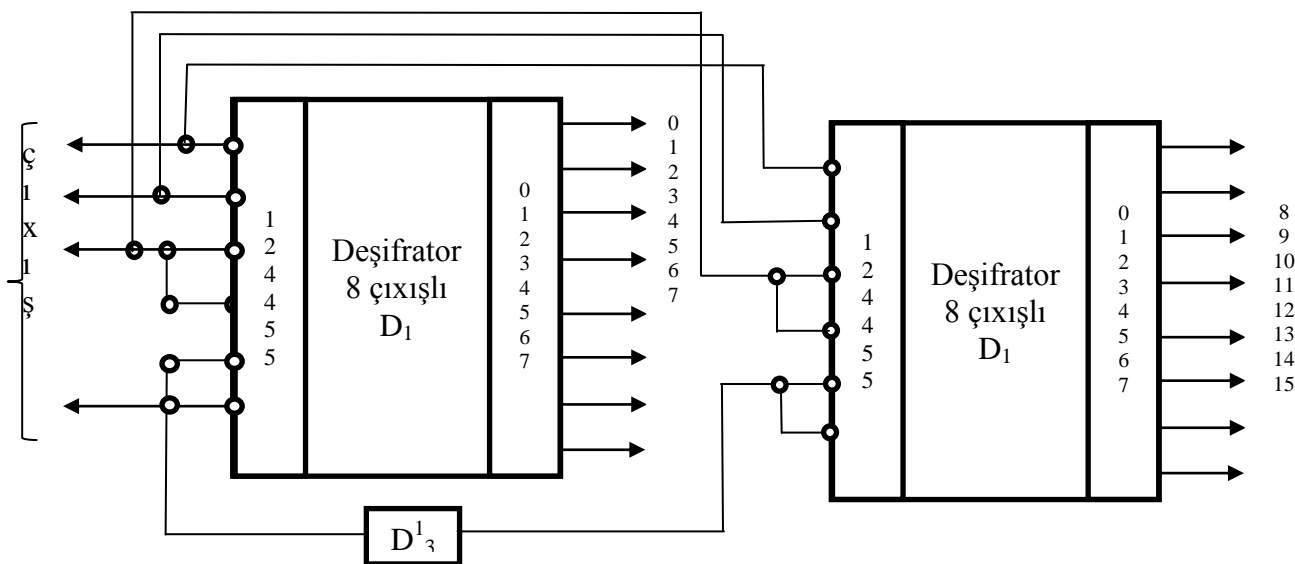
**Şəkil 1.** Şifratorun prinsipal elektrik sxem

Triqkerlər və onu təşkil edən elementlər platalarda çox yer tutduğuna görə registrlər (şifratorlar) inteqral mikrosxemlər üzərində hazırlanmağa başladılar.

2-ci elektron qurğu olan deşifrator şifratorun aldığı ikili say sistemini (rəqəm) onluq say sistemə çevirmək üçün nəzərdə tutulur. Deşifratorun girişi şifratorun çıxışı ilə əlaqələndirilir. Deşifratora daxil olan ikili (rəqəm) siqnalı onluq say sistemə çevrildikdən sonra çıxışda onu işıq diodu vasitəsilə müşahidə etmək olar.

Məsələn deşifratorun girişinə adi ikili 011 rəqəm kombinasiyası daxil olmuşsa onun çıxışında 3 onluq rəqəminə uyğun olan işıq diodu işə düşəcəkdir. Deşifratorlar əvvəllərdə açıq diod matrisası şəklində hazırlanırdı. lakin çox keçmədi ki, bir qədər orta ölçüdə olan mikrosxemlər (inteqral) şəklində tətbiq olunmağa başladı. Hər iki elektron qurğu praktiki olaraq laboratoriya şəraitində hazırlanmış və sınaqdan keçirilmişdir. Qurğular 3 saat sınaq müddətində avtomatik olaraq xətasız işləmişdir.

Məqalə elektron elmi sahəsində çalışan tələbə və mühəndis-texniki işçilər üçün faydalı vəsait ola bilər.



Şəkil 2. 16 çıxışlı deşifratorun elektrik prinsipl sxemi

## ƏDƏBİYYAT

1. Радиоэлектроника . Автоматика и элементы ЭВМ. Москва 1995 г.
2. Мальцева П. А . Основы цифровой техники 2003. Радио и связь.

## РЕЗЮМЕ

Одними и очень важных элементов цифровой техники в особенно в компьютерных системах автоматического управления являются шифраторы и дешифраторные цифровые электронные устройство.

В настоящее время выше указанные электронные устройства практически в схемном варианте разработаны и работают нормально

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor Cavanşir Zeynalov

**ZÜMRÜD SƏFƏROVA**  
**AYSEN MƏMMƏDOVA**  
*Naxçıvan Dövlət Universiteti*  
[seferovazumrud@ymail.com](mailto:seferovazumrud@ymail.com)

**UOT: 004,81**

## **EKSPERT SİSTEMLƏRİNDƏ BİLİKLƏRİN TƏRKİBİ VƏ TƏŞKİLİ**

**Açar sözlər:** *ekspert sistemlər, interpretasiya oluna bilən biliklər, idarəetmə bilikləri, metabiliklər, verilənlərin müəyyənlik əmsalları, istiqamətləndirici biliklər, həlledici biliklər, qeyri-səlis məntiq, intellektual sistemlər*

**Keywords:** *expert systems, interpretation knowledge, managerial knowledge, metaphora, data reliability ratios, directing knowledge, decisive knowledge, fuzzy logic, intellectual systems*

**Ключевые слова:** *экспертные системы, знание интерпретации, управленческие знания, метафора, коэффициенты достоверности данных, направляющие знания, решающие знания, нечеткая логика, интеллектуальные системы*

Biliklərin təsvirində həlli tələb olunan əsas məsələlərdən biri biliklərin tərkibinin təyin olunmasıdır, yəni «nəyi təsvir etməli» sualına cavab verilməlidir. Bu sualın düzgün cavabı sistemdə modelləşdirilən mahiyyətlərin adekvat əks olunmasına zəmin yaradır. İkinci məsələ biliklərin necə təsvir olunmasıdır. Bu iki məsələ arasında müəyyən asılılıq var. Doğurdandan da, bəzi hallarda seçilən təsvir üsulu müəyyən biliklərin ifadə olunması üçün səmərəsiz olur və ya heç yaramır.

Biliklərin necə təsvir olunması sualını iki müstəqil məsələyə ayırmaq olar: 1) bilikləri necə təşkil etməli (strukturlaşdırılmalı); 2) seçilən formalizmdə bilikləri necə təsvir etməli.

Beləliklə, biliklərin təsviri problemi aşağıdakı məsələləri əhatə edir:

- təsvir olunan biliklərin tərkibi;
- biliklərin təşkili;
- biliklərin təsviri, yəni təsvir modellərinin təyini.

ES-də biliklərin tərkibi aşağıdakı amillərlə təyin edilir:

- mövzu sahəsi;
- ekspert sisteminin arxitekturası;
- istifadəçilərin tələbləri və məqsədləri;
- istifadəçi ilə ünsiyyət dili.

Statik ES-in fəaliyyəti üçün aşağıdakı biliklər tələb olunur:

- məsələnin həll prosesində çıxarış mexanizminin istifadə etdiyi biliklər (idarəetmə bilikləri);
- ünsiyyət dili və dialoqun təşkili haqqında interfeysin istifadə etdiyi biliklər;
- biliklərin təsviri və modifikasiya üsulları haqqında biliklərin alınması komponenti tərəfindən istifadə olunan biliklər;

- izahetmə komponenti tərəfindən istifadə olunan köməkçi struktur və idarəetmə bilikləri.

Dinamik ES üçün əlavə olaraq xarici əhatə ilə qarşılıqlı əlaqə metodları və xarici aləmin modeli haqqında biliklər tələb olunur.

Biliklərin tərkibinin istifadəçinin tələblərindən asılılığı aşağıdakılarla ifadə oluna bilər:

- istifadəçi hansı verilənlərlə hansı məsələləri həll etmək istəyir;
- məsələnin həlli üçün hansı üsul və metodlara üstünlük verilir;
- cavabların sayma və onların alınmasına qoyulan məhdudluqlar;
- ünsiyyət dilinə və dialoqun təşkilinə qoyulan tələblər;
- problem sahəsi haqqında biliklərin istifadəçi üçün mümkün olan ümumilik (və ya konkretlik) dərəcəsi;

- istifadəçinin məqsədləri.

Ünsiyyət dili haqqında biliklərin tərkibi həm ünsiyyət dilindən, həm də onun başa düşülməsi səviyyəsindən asılıdır.

ES-in arxitekturasını nəzərə almaqla bilikləri iki tipə ayırmaq məqsədə uyğundur: interpretasiya olunan və interpretasiya olunmayan biliklər. 1-ci tipə çıxarış mexanizmi tərəfindən interpretasiya oluna bilən biliklər aiddir. Digər biliklər isə 2-ci tipə aid edilir. Çıxarış mexanizmi onların strukturunu və məzmununu bilmir. Əgər bu biliklər sisteminin hər hansı bir komponenti tərəfindən istifadə olunursa, o, həmin bilikləri «dərək etmir». Interpretasiya olunmayan bilikləri köməkçi və dayaq biliklərinə ayırırlar.

Köməkçi biliklər ünsiyyət dilinin leksikası, qrammatikası və dialoqun strukturu haqqında informasiya daşıyırlar. Bu biliklərdən sistemin interfeysi istifadəçi ilə təbii dildə dialoq apararkən istifadə edir.

Dayaq biliklərindən sistemin qurulması və həllin nəticələrinin izahı zamanı istifadə olunur. Onlar interpretasiya olunan biliklərin və sistemin işinin şərh (əsaslandırılması) rolunu oynayırlar. Dayaq biliklərini texnoloji və semantik biliklərə ayırırlar. Texnoloji dayaq bilikləri onların şərh etdikləri biliklərin yaradılma vaxtı, müəllifi və s. haqqında məlumatlardan ibarət olurlar. Semantik dayaq biliklər isə şərh olunan biliklərin mənalərini ifadə edirlər. Onlar biliklərin daxil edilməsi səbəbləri, biliklərin vəzifəsi, biliklərdən istifadə olunma üsulları, alınan səmərə və s. haqqında informasiya daşıyırlar. Dayaq biliklər təsviri xarakter daşıyırlar.

İnterpretasiya olunan bilikləri 3 növə ayırmaq olar: mövzu bilikləri, idarəetmə bilikləri və təsvir haqqında biliklər.

Təsvir haqqında biliklər interpretasiya olunan biliklərin sistemdə necə (hansı strukturlarla) təsvir olunması haqqında informasiya daşıyırlar.

Mövzu bilikləri mövzu sahəsi haqqında verilənləri və qoyulan məsələlərin həlli zamanı bu verilənlərin çevrilmə üsulları haqqında informasiyanı saxlayırlar. Qeyd edək ki, mövzu bilikləri ilə münasibətdə təsvir haqqında biliklər və idarəetmə bilikləri metabiliklər hesab olunurlar. Mövzu bilikləri təsvireddicilərdən və mövzu biliklərinin özlərindən ibarət olurlar. Təsvireddicilər mövzu bilikləri haqqında müəyyən informasiya saxlayırlar, məsələn, qaydaların və verilənlərin müəyyənlik əmsalları, vaciblik və mürəkkəblik ölçüləri və s. Mövzu biliklərin özləri isə faktlardan və icra olunan müddələrdən ibarət olurlar. Faktlar mahiyyətlərinin mümkün qiymətlərini və mövzu sahəsinin xarakteristikalarını təyin edirlər. İcra olunan müddələrdə isə məsələnin həlli gedişində mövzu sahəsinin təsvirinin necə dəyişdirilə bilməsi haqqında informasiya saxlanılır. Başqa sözlə, icra olunan müddələr emal prosesini göstərən biliklərdir. Bu biliklər təkə prosedur formasında deyil, deklarativ formada da verilə bilər.

İdarəetmə biliklərini iki növə ayırmaq olar: istiqamətləndirici və həlledici biliklər. İstiqamətləndirici biliklər bu və ya digər situasiyada hansı biliklərdən istifadə edilməsini təmin edirlər. Adətən istiqamətləndirici biliklər müəyyən hipotezlərin yoxlanması üçün baxılması məqsəduyğun olan obyektlər və ya qaydalar haqqında məlumat saxlayırlar. Birinci halda diqqət işçi yaddaşın elementləri üzərində, ikinci halda isə biliklər bazasının qaydaları üzərində fokuslanır. Həlledici biliklərdən cari situasiyaya uyğun interpretasiya üsulunun seçilməsi üçün istifadə olunur. Bu biliklər baxılan məsələnin həlli üçün daha səmərəli strategiyanın seçilməsi məqsədilə tətbiq olunur.

Metabiliklərdən istifadə etməklə ES-in keyfiyyət və kəmiyyət göstəricilərini xeyli yaxşılaşdırmaq olar. Metabilik bilik haqqında bilikdir. Metabiliklər hər hansı bir mahiyyəti əks etdirmirlər. Onlardan müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunur. Onların mümkün təyinatları aşağıdakılardır :

- 1) metabiliklər strateji metaqaydalar formasında məqsədyönlü qaydaların seçilməsi üçün istifadə olunur;
- 2) metabiliklər əsas biliklərlə əlaqədar faktlar haqqında informasiya saxlaya bilirlər;
- 3) metabiliklər qaydaların tətbiqinin məqsədə uyğunluğunu əsaslandırma bilirlər;
- 4) metabiliklər qaydalardakı sintaksis və semantik səhvləri aşkarlamaq üçün istifadə oluna bilirlər;
- 5) metaqaydalar mövzu qaydalarının və funksiyaların yenidən qurulması yolu ilə sistemi əhatə mühitinə uyğunlaşdırma bilirlər;

6) metaqaydalar sistemin imkanım və məhduduluqlarını, yəni sistemin nəyi bilməsini və nəyi bilməməsini aşkar şəkildə göstərməyə imkan verirlər.

Biliklərin təşkili məsələsinə hər bir təsvir üsulunda baxmaq lazımdır və bu məsələnin həlli seçilən təsvir üsulundan (modeldən) asılıdır. Biliklərin işçi yaddaşında və biliklər bazasında təşkilinə ayrı-ayrılıqda baxılır.

Biliklər üç əsas sistemə ayrılırlar:

1. İnsana məxsus qanunlar və faktorların toplusu olan tam faktiki biliklər.
2. Dünyaya məxsus sistemin universal və xüsusi metodlar toplusu olan aktual biliklər.
3. Axtarış istiqamətini müəyyən edən və alternativ yolların seçilməsini təmin edən proqramatik biliklər.

Biliklər aşağıdakı kimi də klassifikasiya oluna bilər:

-Səthi biliklər- predmet sahəsində ayrı-ayrı hadisələr və faktlar arasında görünən qarşılıqlı əlaqələr haqqında biliklərdir.

-Dərin biliklər- predmet sahəsində baş verən proseslərin strukturunu və təbiətinə əks etdirən abstraksiyalar, analogiyalar, sxemlərdir. Bu biliklər gerçəkliklər izah edir və obyektin vəziyyətinin (davranışının) proqnozlaşdırılması üçün istifadə oluna bilər.

Daha başqa bir təsnifata görə biliklərin belə klassifikasiyası mümkündür:

1. Predmet sahəsinə aid biliklər: konkret obyektlərin, gerçəkliyin və bunlara aid elementlərin kəmiyyət və keyfiyyət xarakterli bilikləri;
2. Prosedur biliklər: sistem tərəfindən həyata keçirilən müxtəlif əməliyyatlar, metodlar, alqoritmlər və proqramlar.
3. Konseptual biliklər: bir predmet sahəsində istifadə olunan anlayışlar, terminlər, xassələr, anlayış əlaqələri toplusu.
4. Struktur biliklər: Predmet sahəsinə aid obyektlərin fərqli hissələri üçün qarşılıqlı əlaqəsi və mümkün ola biləcək quruluşu haqqında biliklər.

Əgər biliklərə bir predmet sahəsində problemlərin həlli baxımından yanaşılarsa, bunları faktlara və evristikalara bölmək əlverişlidir. Birinci kateqoriyadan olan biliklər predmet sahəsində yaxşı məlum olan halları ifadə edir. Bu kateqoriya biliklər xüsusi predmet sahəsinə aid kitablarda və tədris vəsaitlərində əks olunurlar və odur ki, çox vaxt mətni bilik adlandırılırlar. Evristik biliklər baxılan predmet sahəsində mütəxəssislərin-ekspertlərin şəxsi çoxillik təcrübəsi əsasında toplanan biliklərə əsaslanır. Ekspert sistemlərdə məhz bu qəbildən olan biliklər sistemin səmərəliliyinin yüksəldilməsində həlledici rol oynayır.

Biliklərə əsaslanan sistemlərin 90%-dən çoxu ekspert sistemlərdir. Bu sistemlər konkret predmet sahəsinə aid bilikləri cəmləşdirən, məntiqi çıxarışı təmin edən və həll edən intellektual proqramlardır. Deməli, belə sistemlərin yaradılmasında ən vacib əməliyyatlardan biri ekspertlər tərəfindən uyğun biliklərin əldə olunmasıdır.

Bəs ekspertlər kimdir?

Ekspert müəyyən predmet sahəsində yüksək kvalifikasiyalı mütəxəssisdir. Ətrafımızda müxtəlif ekspertlər - mütəxəssislər vardır: həkim, müəllim, proqramçı və s. Ekspertlərin əsas xüsusiyyətləri hansılardır?

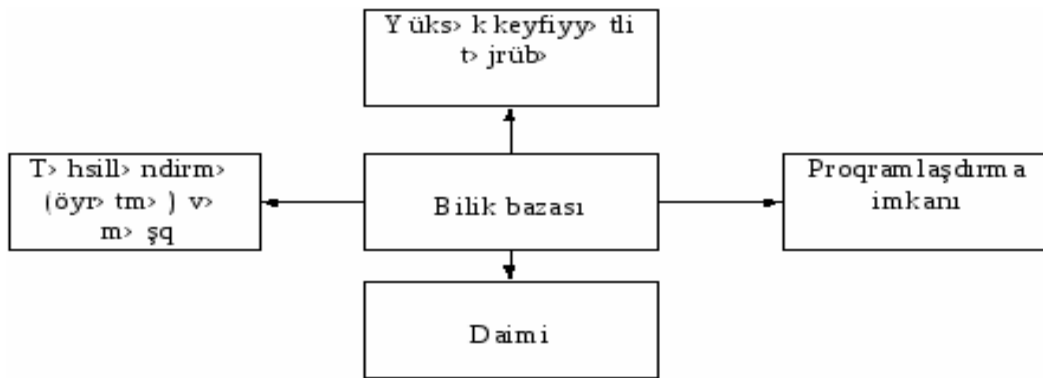
- Konkret sahədə geniş biliyə malikdirlər;
- Bu sahədə böyük təcrübəyə malikdirlər;
- Problemin dəqiq təyin olunmasını və doğru həllini həyata keçirirlər.

İntellektual həll probleminin əsasında növbəti prinsip durur: sistem alternativlər fəzasında seçimli və effektiv qərar qəbul etməlidir. Ekspert lazımsız gedişlər etməsin deyə lazımsız gedişləri minimuma endirərək bu alternativlər fəzasında seçimli axtarış aparır. Bilik ekspertə imkan verir ki, lap əvvəl mərhələlərdə dəyərli informasiyanı tapsın, daha real yollar açsın.

Biliklər sistemində biliklərin təsvirinin məntiqi və məhsullar modelləri ES-in qurulması prosesində toplanıb əmələ gəlir.



Biliyin yığılması və təşkili-məntiqi modellər əsasında həyata keçirilir və ES-in ən vacib cəhətlərindən biridir (şəkil 1).



Şəkil 1. BB-nın mənbələri.

Bu faktın olması müəyyən sinif məsələlərin həlli üçün nəzərdə tutulmuş proqramın qurulması hədlərini aşır. Səbəb odur ki, ES-in əsası olan bilik aydın və əldə oluna biləndir, bu cəhət də bu sistemi başqa ənənəvi proqramlardan fərqləndirir.

İnsan kompotentləri ilə süni kompotentlərin müqayisəsi: süni kompotentlərin çatışmamazlıqları.

1. Yaradıcılıq qabiliyyətinin olması. Məlumdur ki, ən ağıllı proqramla müqayisədə insan yaradıcılıq, kəşf etmək qabiliyyətinə malikdir. İnsan-ekspert informasiyanı yenidən təşkil etmək və ondan yeni biliyin sintezi üçün istifadə etmək qabiliyyətinə malikdir, ES isə yaradıcılıq qabiliyyətindən məhrumdur. Ekspertlər hadisənin gedişində gözlənilməz dəyişikliklərin öhdəsindən gələ bilir və məsələnin həllinə yeni yanaşmanı və tamamilə başqa predmet sahəsindən olan situasiyalar baxımından analogi davranışla həyata keçirə bilirlər. Proqramların isə belə vəziyyətə heç bir şansı yoxdur.

2. İnsan kompetentliyinin sünidən üstünlüyü onun təhsillənməsidir. Ekspertlər dəyişilmiş şəraitə adaptasiya olunurlar, onlar öz strategiyalarını şəraitə uyğun olaraq dəyişməyi bacarırlar. ES isə yeni konsepsiya və qaydalarla təhsillənməyə qadir deyil.

3. Ekspertlər hər cür ötürülən sensor informasiyaları qəbul etməyə qadirdirlər, istəyir vizual olsun, səsli-səssiz, rəsmi və ya qeyri-rəsmi. ES-də isə tək-cə simvollar var ki, bunlarla BB-nın konsepsiyası əks olunur. Odur ki, sensor informasiyaları sistemə aydın olan simvol formasına çevirmək lazımdır. Bu çevirmə zamanı informasiyanın bir hissəsi itir, xüsusilə vizual təsvirlər obyektlər çoxluğu və onlar arasında əlaqələr şəklində təsvir olunduqda.

4. Ekspert-insanlar bir təsvirə baxarkən onu bütövlüklə mənimsəyirlər- problemin bütün aspektlərini tədqiq etməyə qadirdirlər, ES isə əsas məsələyə diqqət ayırır digər aspektləri -hətta əsas məsələ ilə bağlı olub bilavasitə ona daxil olmayanları kənara qoyur.

5. Nəhayət, hər bir insan sağlam düşüncəyə və ya hamının qəbul edə biləcəyi biliyə malikdirlər- bu dünya haqqında, onda mövcud olan biliklərin geniş spektridir, onun qanunlarıdır, daha doğrusu o biliklər ki, hər birimiz bilir və əməl edirik, daima istifadə edirik. İnsanda sağlam ağıl kimi qruplaşdırılmış bilik intellektual proqramda qruplaşdırıla bilmir, o ki qaldı intellektual sistem- ES ola.

Məsələn:

1) Xəstənin kitabçasında yazılıb: yaşı 12, çəkisi 140- bunu görə hər bir insan başa düşür ki, bu ola bilməz, çəki yazılarkən "1" artıq düşüb. Həkimə kömək məqsədi ilə istifadə olunan ES isə heç vaxt bunu tutmayacaqdır.

2) Bizdən xarici işlər nazirinin telefonunu istəsələr o dəqiqə biləcəyik ki, biz bu suala cavab verməyə qadir deyilik. Maşın isə bu qabiliyyətə malik deyil və başlayır qaydalar, faktlar arasında axtarış etməyə və həmin informasiyanı tapmadıqda xəbər verir ki, bu biliyə malik deyil və tələb edəcək ki, lazımı biliklə BB-nı doldurmaq lazımdır.

Bu səbəblərdən də ictimaiyyət tərəfindən qəbul olunmuş ES müəyyən predmet sahəsində məsləhətçi kimi konsultant və ya ekspert köməkçilərindən istifadə edir.

### **ƏDƏBİYYAT**

1. S.Q.Kərimov ,N.Ə.Rəhimova “Ekspert sistemlər”-Bakı 2004
2. S.Q.Kərimov ,N.Ə.Rəhimova “Obyektyönlü proqramlaşdırma” –Bakı , 2001
3. [http://cs.bsu.edu.az/az/content/sni\\_intellekt\\_v\\_ekspert\\_sistemlr](http://cs.bsu.edu.az/az/content/sni_intellekt_v_ekspert_sistemlr)
4. <http://www.noormags.com/view/fa/ArticlePage/315491>.
5. S.Q.Kərimov,S.B.Həbibullayev ,T.İ.İbrahimzadə İnformatika Bakı,2002
6. Артамонов Б.Н. Основы современных компьютерных технологий .-С.-П.» Корона принт» ,1998

### **ABSTRACT**

The description of the knowledge in expert systems is discussed. Logical, frame, semantic networking, productivity and objectivity models are used to describe the content and organization of the knowledge, the description of the knowledge.

### **РЕЗЮМЕ**

Обсуждается описание знаний в экспертных системах. Логические, каркасные, семантические сети, модели продуктивности и объективности используются для описания содержания и организации знаний, описания знаний.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor Cavanşir Zeynalov

**AKİM AXUNDOV**  
**HEYDƏR ƏSƏDOV**  
[akhundov7@gmail.com](mailto:akhundov7@gmail.com)

*Naxçıvan Dövlət Universiteti*

**UOT: 004,81**

## **AZƏRBAYCANDA ATMOSFERİ ÇİRLƏNDİRƏN MƏNBƏLƏRİN YARATDIĞI FƏSADLAR VƏ ÇİRLƏNMƏDƏN QORUNMAQ ÜÇÜN MÜBARİZƏ TƏDBİRLƏRİ**

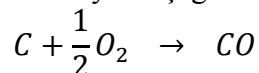
**Açar sözlər:** *atmosfer , antropogen , ekosistem , hemoqlobin , oksigen , qlobal , perspektiv .*

**Key words:** *atmosphere, anthropogenic, ecosystem, hemoglobin, oxygen, global, perspective.*

**Ключевые слова:** *атмосферные, антропогенные, экосистемные, гемоглобиновые, кислородные, глобальные, перспективные*

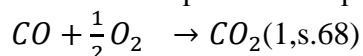
Atmosfer həyat mənbəyi olmaqla bərabər, hər bir dövlətin mühüm strateji əhəmiyyət kəsb edən sərvətlərindəndir. Atmosfer yerin xarici qaz təbəqəsidir və böyük ekoloji məna kəsb edir. O yerdə olan bütün canlı aləmi kosmik şüaların təsirindən və meteor zərbələrindən qoruyur. Həmçinin atmosfer yer səthində temperatur fərqi tarazlaşdırır. Atmosferin əsas hissəsini hava təbəqəsi tutur. Hava isə sözsüz ki, bütün canlı aləmin həyat fəaliyyəti üçün əhəmiyyətlidir. Lakin, müasir dövrdə bir sıra iri sənaye sahələri və istehsal müəssisələri tərəfindən hava təbəqəsi çirklənməyə məruz qalır. Atmosfer ən çox antropogen, yəni, insan fəaliyyəti təsirləri nəticəsində çirklənir. Avtonəqliyyat, neft-qaz, dağ-mədən, istilik energetikası və s. atmosferin əsas kimyəvi çirklənmə mənbələridir. Atmosferə külli miqdarda qaz, toz və asılı hissəciklər atılır. Atmosferi ən çox çirkləndirən qazlar karbon 2 oksid- $CO$  (dəm qazı) və kükürd qazlarıdır

1)  $CO$ -karbon 2 oksid,  $CO_2$ -karbon 4 oksid, bəzi karbohidrogenlər, benzapiren, qurğuşun havaya benzinlə işləyən avtomobillər tərəfindən buraxılır. Avtomobil mühərrikinin daxilində olan yanacağın tərkibindəki karbonun yanma reaksiyası aşağıdakı kimidir. (1,s.66)



$CO$  hava ilə udularaq qana daxil olur və hemoqlobin uğrunda oksigenlə rəqabətə girir. Hemoqlobin qanda olan mürəkkəb zülaldır və o ciyərlərdə olan oksigeni orqanizmin hüceyrələrinə daşıyır.  $CO$  hemoqlobin molekulları ilə daha möhkəm birləşir və nəticədə orqanizmin hüceyrələrinə az miqdarda oksigen çatır. Bu səbəbdən də böyük miqdarda  $CO$  ölüm təhlükəsi yaradır. Hətta insana az miqdarda təsir edən dəm qazı əsas iki simptomu səbəb olur. Bunlardan birincisi xarici mühitdən gələn səs siqnallarının qavranma qabiliyyətinin digəri isə işığın parlaqlığının artmasını ayırd etmə qabiliyyətinin azalmasıdır. Nəqliyyatın ən qızgın iş saatlarında piyadalarda kefsizlik, beynin funksional yorulması bundan əlavə ağciyərlərdə və tənəffüz yollarında qıcıqlanma, iltihab, baş ağrısı, əsəbi pozğunluq, gözün selikli qişasında qıcıqlanma və s. müşahidə olunur.

Dəm qazının tullantıları ilə mübarizədə atılan ilk addım benzinlə işləyən mühərrikin qarışığında yanacağı nisbətən oksigenin miqdarının artırılmasıdır. Oksigen benzinin tam yanmasına şərait yaradır və dəm qazının miqdarını azaldır və dəm qazı karbon qazına kimi oksidləşir.



Dünya əhalisinin sayının artması, antropogen fəaliyyət nəticəsində çirklənmə səviyyəsinin yüksəlməsi, qlobal iqlim dəyişiklikləri və digər səbəblərlə əlaqədar olaraq təmiz havaya olan tələbat gündən-günə artmaqdadır.

Bu baxımdan, ekosistemin tarazlığının, eyni zamanda, əhalinin sağlamlığının qorunmasında atmosferin çirklənmədən qorunması və mühafizə olunması daima aktualıq kəsb edən bir məsələlərdəndir.

Avtomobillərdən havaya buraxılan tullantıları azaltmaq və ya tam yox etmək üçün daxili yanma mühərrikləri daima təkmilləşdirilməsinə, benzindən toksikliyi az olan qaz yanacağından istifadəyə üstünlük verilməlidir. Müasir dövrdə daxili yanma mühərrikləri üçün əsas yanacaq kimi xam neftin emalından alınan benzin və dizel yanacağı istifadə olunur. Dünya miqyasında daxili yanma mühərriklərinin sayı durmadan artdığından benzin və dizel yanacağının istehsalı da sürətlə artır. Bu isə həm atmosferin çirklənməsinə və bununla da atmosfer yağıntıları nəticəsində su hövzələrinin çirklənməsinə səbəb olur. Digər tərəfdən isə mütəxəssislər tərəfindən bildirilir ki, neft ehtiyatları 40-60 ilə tükənə bilər. Bunun üçün qeyri-neft mənşəli yanacaqlar istifadə olunmalıdır. Perspektiv yanacaq seçilərkən onun həm istehsal səmərəliliyi, həm mühərrikdə istifadə olunma effektivliyi, həm də ekoloji göstəricilər nöqtəyi-nəzərindən üstünlük verilməlidir. Belə ehtimal olunur ki, gələcəkdə qeyri-neft mənşəli perspektiv yanacaqlar kimi tərkibinə müxtəlif komponentlər əlavə edilmiş, kömürdən, qazdan və ya bitki xammalından alınmış karbohidrogen əsaslı yanacaqlardan istifadə olunacaqdır.

Kükürd qazları isə əsasən kömür və mazutun yandırılmasından havaya daxil olur. İri sənaye şəhərlərində İstilik elektrik stansiyaları və başqa sənaye müəssisələri tərəfindən atmosfərə xeyli sulfat anhidridi buraxır. Yanma nəticəsində əmələ gələn kükürd oksidləri havanı çirkləndirir. Bir çox kömür növlərində 0,5% kükürd olduğu halda bəzi növlərdə onun miqdarı 6% çatır. Kömür poladın istehsalında və elektrik enerjisinin alınmasında da istifadə olunur. Elektrik enerjisinin alınmasında istifadə olunan kömürün tərkibində təxminən 2,5% kükürd var. Neftin emalı zamanı 1% - ə qədər kükürd ayrılır. Yanma nəticəsində kükürd oksidləşir. Bu zaman ilk öncə kükürd 2 oksid ( $SO_2$ ) əmələ gəlir.  $SO_2$  havada olan oksigenlə oksidləşir və kükürd 3 oksid ( $SO_3$ ) - ə keçir. Əmələ gələn  $SO_3$  su buxarı ilə reaksiyaya girərək duman şəklində sulfat turşusu ( $H_2SO_4$ ) yaradır. Bundan əlavə kükürd iki oksid bir başa su buxarı ilə reaksiyaya girə bilər. Nəticədə sulfat turşusu ( $H_2SO_4$ ) yaranır. Sulfat turşusu havadakı oksigenlə birləşərək sulfat turşusuna çevrilir. Küləklər sulfat turşusunu onun atıldığı yerdən 100 km- lərlə uzaqlığa yaya bilər. (1,s.47,48,50)

Bunun nəticəsində mərmər və əhəng kimi tikinti materialları, metallar korroziyaya uğrayır, parça və geyimlər dağılır, bitkilərin ciddi zədələnməsi hadisəsi müşahidə olunur. Havada kükürd oksidlərinin yüksək miqdarı xəstəliklərin artmasına hətta ölüm hallarının çoxalmasına təsir edir. Kükürd oksidləri orqanizmdə zəhərlənməyə, qanın tərkibinin dəyişməsinə, ağciyərlərin zədələnməsinə, astma, bronxit, bronxopnevmaniya, rinit, rinofarinqit, emfizema və s. kimi xəstəliklərə səbəb olur. Sənaye müəssisələrinin hündür tüstü borularında ətrafa yayılan kükürd oksidləri turşulu yağışlara səbəb olur. Bunun nəticəsində su hövzələri turşulaşır və bəzi zonalarda meşələrin irimiqyaslı məhvi hadisəsi baş verir. Belə hadisələrin baş verməməsi üçün bir sıra tədbirlər görülməlidir. Tərkibində az miqdarda kükürd olan kömürdən istifadə etməklə yanaşı, İES- lər tərəfindən tullanan kükürd qazının miqdarını, kömürü yandırmamışdan əvvəl kükürddən təmizləməklə almaq olar. Kömürdə kükürd qeyri üzvi və üzvi formada mövcuddur. Qeyri üzvi kükürd pirit şəklində yəni metal sulfidləri şəklində mövcuddur. Üzvi kükürd kimyəvi cəhətdən təbii kömürün karbonu ilə bağlıdır. Qeyri üzvi kükürdü yox etmək üçün kömürü xüsusi şəkildə mərhələlərlə yumaq lazımdır. Üzvi kükürdü yox etmək üçün isə, kimyəvi emaldan istifadə olunur.

Neft və kömürdən fərqli olaraq təbii qazın tərkibində kükürd yoxdur. Bu nöqtəyi-nəzərdən sənayedə təbii qazdan istifadə edilməsi daha əlverişlidir. (1,s.49)

İstehsalatda tullantısız və yaxud aztullantılı texnologiya tətbiq olunmalıdır. Bu texnologiya ondan ibarətdir ki, zavodda, fabrikdə və hər hansı bir istehsal müəssisəsində istehsal olunan xammal istifadə olunduqdan sonra qalan tullantılardan təkrar xammal resursları yaradılmalı və istifadəyə verilməlidir. İstilik elektrik stansiyalarının tüstülərindən  $SO_2$ - ni ayıraraq sulfat turşusu hazırlamaq olar. Atmosferin çirklənmədən qorunması üçün aşağıdakı tədbirlər görülməlidir.:

— Şəhərlərdə yaşıllıqların artırılması.

- Sənaye və qazanxanaların tullantılarının havaya buraxılmasından əvvəl təmizlənməsi;
- Fabrik və zavodların tüstü qazları, avtomobillərin buraxdığı yanma məhsulları ciddi şəkildə təmizlənməli və onların daima təkmilləşdirilməsinə nəzarət edilməlidir.
- İstehsalat sahəsində tullantısız texnologiya sisteminin tətbiqi;
- Neft məsullarından toksikliyi az olan qaz yanacağına və ya elektrik avtomobillərin tətbiqinə keçirilsin.

Bu qeyd olunanlar yerinə yetirilərsə, atmosfer çirklənmədən xeyli mühafizə olunar və təmiz hava problemləri qismən həll oluna bilər.

## **ƏDƏBİYYAT**

1. Ş.Əhmədov, N.Muradov Ekologiya, "Atmosferin çirklənməsi" Bakı «Qismət»-2008
2. M.Fərzəliyev, F. Həsənov "Daxili yanma mühərriklərinin ekoloji təhlükəsizliyi" Bakı, "Təhsil" NPM, 2007.
3. Q.Məmmədov, M.Xəlilov "Ekologiya, ətraf mühitin mühafizəsi" Bakı; – «Elm» – 2005
4. E.İsgəndər "Bitki ekologiyası" Bakı 2007.
5. T.Ağayev, Ş.Əhmədov, T.Xəlilov "Ekoloji təhlükəsizlik" Sumqayıt 2013.
6. Mahmudov C.N. İstehsal sahələrinin toksikologiyası və sənaye ekologiyası. Bakı, 2001.
7. Cəfərov E.F. Bəzi kimyəvi birləşmələrin canlı aləmə və ətraf mühitə təsiri. Bakı, 2003
8. Məmmədov Q. Ş., Xəlilov M.Y. Ekoloqların məlumat kitabı. Bakı, 2003, 516 səh
9. Общая токсикология /Под ред.Б.А. Курляндского, В.А. Филова. - М. Медицина, 2002, 608с.

## **ABSTRACT**

**Akim Akhundov**  
**Haydar Asadov**

### **COMPLICATIONS CAUSED BY POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERE IN AZERBAIJAN AND MEASURES TO PREVENT CONTAMINATION**

Atmosphere is a source of life and it is one of the strategically important resources of each state.

Demand for fresh air is rising day by day due to the increase in the world population, increase in pollution levels, due to anthropogenic activity, global climate change and other reasons.

From this point of view, protection of the ecosystem balance, protection of the atmosphere for the health and protection of population are often the most actual issues.

## **РЕЗЮМЕ**

**Аким Ахундов**  
**Гейдар Асадов**

### **ОСЛОЖНЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМИ В АТМОСФЕРЕ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ, И МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Как источник жизни, атмосфера одна из стратегически важных ресурсов каждого государства. Спрос на свежий воздух растет день ото дня из-за роста населения мира, увеличения уровней загрязнения из-за антропогенной активности, глобального изменения климата и других причин. С этой точки зрения защита атмосферы от загрязнения является одним из наиболее актуальных примеров сбалансированности экосистем, в то же время защищая здоровье населения.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor Cavanşir Zeynalov

**NAİLƏ QARDAŞBƏYOVA**  
**AYGÜN SULTANOVA**  
*Naxçıvan Dövlət Universiteti*

**UOT: 372.8:53**

## **TİBBİ VƏ BİOLOJİ FİZİKA KURSUNUN TƏDRİSİ METODİKASININ YENİLƏŞDİRİLMƏSİ ÜZRƏ İŞİN QURULMASI**

**Açar sözlər:** *empirik, intellektual, maqnezium, elektromaqnit.*

**Key words:** *empiric, intellectual, magnetism, electromagnet*

**Ключевые слова:** *эмпирический, интеллектуальный, магний, электромагнитный.*

Fizika kursuna daxil olan müxtəlif xarakterli materialların hər birinin özünəməxsus fərdi tədrisi metodikası vardır. Həmçinin tibbi və bioloji fizikanın tədrisi metodikası tibbi ixtisas fənlərinin tədrisi metodikasından tamamilə fərqlidir. Lakin bu fərqə baxmayaraq ixtisas fənləri öz fəaliyyətlərində fizikanın elmi və tədrisi metodikalarından istifadə edə bilirlər.

Fizika qanunlarının tədrisi metodikasının bir neçə xüsusiyyəti vardır [3].

1. Hər qanun müəyyən ümumləşdirmənin nəticəsi olduğuna görə ümumiləşdir-mədə əhatə edilən cism və hadisələr, eləcə də əlaqələrin xarakteri tələbələrə qanun keçilənə qədər tamam aydın olmalıdır. Qanun keçilənə qədər burada istifadə ediləcək bütün materiallar tələbələr tərəfindən mənimsənilməlidir. Qanunun öyrənilməsinə hazırlıq mərhələsində tələbələr müvafiq bilik və bacarıqlara yiyələnməli, müəllim qanunun öyrədilməsinə münasib baza yaratmalıdır. Yəni tələbələri psixoloji cəhətdən axtarıqlara cəlb etməlidir.

2. Yeni keçirilmiş qanunun tələbə tərəfindən mənimsənilməsidir. Bu mərhələnin əsas xüsusiyyəti qanunların bir neçə formada məslən, şifahi, riyazi, qrafik şəkildə ifadə edilməsidir.

3. Qanun mükəmməl öyrənildikdən sonra onun tibbi diaqnostika və müalicədə ixtisas fənlərində tətbiq sahələri göstərilməlidir. Beləliklə, qanunların tədrisinin əsas mərhələləri tədrisin gedişi və tətbiq mərhələləri nəzərə alınmalıdır.

Fizika kursunun tədrisi prosesində bir sıra təlim metodları tətbiq edilməlidir [2]. Fizikanın tədrisi metodikası üzrə tədqiqatlar əsasında müəyyən edilmiş metodu aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar.

1. Müəllimin şərh (müsahibə, mühazirə, təlimat).
2. Kitab (dərslük, dərs vəsaiti, elmi-kütləvi ədəbiyyat) üzərində müstəqil iş.
3. Nümayiş (təcrübələr, cihaz və qurğular, sxem və çertyojlar və s).
4. Laboratoya işləri və praktikumlar.
5. Tələbələrin texniki yaradıcılığı üzrə (cihaz, model və sadə cihazlar hazırlamaq və s) iş.
6. Problemlə təlim (tədqiqatçılıq metodları).
7. Tələbələrə məruzə, referat, məsələlər tərtib etdirmək.
8. Təbiət hadisələri üzərində tələbələrin məqsəduyğun və sistemli müşahidələri.
9. Tələbələrin bilik, bacarıq və vərdişlərinin yoxlanılması, qiymətləndirilməsi.
10. Riyazi təhlil.

Təlim metodları dərstdə müəllim - tələbə cütünün iş formasına uyğun seçməli və tətbiq olunmalıdır.

Təlim metodları bilik mənbələrinin xüsusiyyətlərinə görə seçilməlidir. Metodların seçilməsində və tətbiq edilməsində didaktik məqsədlər, tələbələrin idrak fəaliyyəti və s. əsas götürülməlidir [5].

Qanunları tədris etmək üçün müəllim metodları seçərkən ilk növbədə qanunların xarakterini nəzərə almalıdır.

Daha doğrusu metodlar məzmunu görə seçilməlidir [6]. Çünki müəllimlə tələbənin bilik əldə edəcəkləri mənbələr üzərində müstəqil işi də, məhz məzmunla bağlıdır.

Elmin inkişafı göstərir ki, ən böyük kəşflərin bir çoxu müxtəlif sahələr üzrə biliklərin intellektual sintezi nəticəsində mümkün olmuşdur. Məsələn, Faradey maqnetizm və elektrik hadisələri üzrə müşahidələrin nəticələrini elektromaqnetizm konsepsiyası şəklində sintez etməklə elektromaqnit induksiyası qanununu kəşf etmişdir. Qaliley-Nyuton mexanikasının qanunlarını astronomiya sahəsində uzun illər aparılmış tədqiqatların nəticələrini, Faradey, Maksvelin tədqiqatları əsasında yaradılmış elektromaqnetizm nəzəriyyəsini sintez etməklə nisbilik nəzəriyyəsini və bu nəzəriyyədə əhatə olunan bir sıra qanunları kəşf etmişlər [1].

Fizika elmində iki qrup: empirik və nəzəri tədqiqat metodlarından istifadə olunur. Empirik metodların dörd növü var.

1. Fiziki hadisələrin müşahidə metodları.  
Bu metodun əsas məqsədi fiziki hadisələri öyrənməkdir.
2. Fiziki kəmiyyətlərin ölçülmə metodları.  
Bu metodların məqsədi fiziki hadisələri xarakterizə edən parametrləri kəmiyyətcə təyin etməkdir.
3. Fiziki amillərin maddəyə təsir etmək metodları.  
Bu metodların məqsədi maddənin halını dəyişmək və bu dəyişikliyi aparmaq üçün yollar, üsullar işləyib hazırlamaqdır.
4. Nümunələr hazırlamağın xüsusi metodları.  
Bu metodların əsas məqsədi əvvəlcədən nəzərdə tutulmuş tələblərə cavab verə bilən nümunələr hazırlanmaqdan ibarətdir.

Tibbi təhsil sistemində bu empirik metodlardan istifadə edib, tədrisin keyfiyyətini yüksəltmək olur [4].

Tibbi və bioloji fizika kursunun məzmunu elmi-texniki tərəqqinin son nailiyyətlərini özündə əks etdirməlidir. Ona görə kursun məzmunu müasirləşdirilməlidir, bunu üçün fizikada kəşf edilən və tibbi praktikada öz əksini tapan fizika qanunları tibbi və biofizikanın məzmununa daxil edilməlidir.

Bütün bunlar onu göstərir ki, tibbi təhsildə tədris edilən fizikanın və onun qanunlarının tədris xüsusiyyətlərinə görə, başqa tədris kurslarından tamamilə fərqləndiyindən, tibbi və biofizikanın tədris imkanları, səhiyyənin bütün tələblərini ödəməli, tibb elmi üçün baza fənni olmaq funksiyasını yerinə yetirməlidir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Бугаев В.А. Методика преподавания физики в средней школе. Москва прсвещение, 1981.
2. İmanov S.Ş., Mirzəyev B.M., Nəsiyeva Z.F. Fizikadan məsələ həlli praktikumuna dair iş. Bakı, 1990.
3. İmanov S.Ş., Məktəbdə təlimin texniki vasitələri. Bakı, Maarif, 1972
4. Orucov V.Ö. Fizikanın tədrisi metodikasının aktual problemləri. Bakı, "Nurlan", 2007.
5. Qaralov Z.İ. Fizika qanunlarının tədrisi. Bakı, 1994.
6. Orucov V.Ö. Fizikanın öyrənilməsi ilə bağlı elmi fikirlərinin inkişafı. Bakı, "Nurlan" 2006.

## ABSTRACT

**N.Kardashbekova, A.Sultanova**

### **ESTABLISHING OF WORK ON THE RENEWAL OF METHODS OF METHODS OF TEACHING BIOMEDICAL PHYSICS COURSE**

The article states that while teaching physics laws in the medical education system, detailed study of the possibilities of their application in medicine is of great importance.

It has also been shown that physics and its laws taught in medical education system as well as teaching opportunities of biomedical physics for their teaching opportunities should meet all requirements of public health and as a vase subject in medical science.

## РЕЗЮМЕ

М.Гардашбекова, А.Султанова

### СТРУКТУРА РАБОТЫ ПО ОБНОВЛЕНИЮ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕТОДИКИ КУРСА МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

В статье разъяснены возможности применения и обстоятельного изучения физических законов в системе медицинского образования.

Автор статьи обосновывает мысль, что по особенностям преподавания физики и ее законов, преподаваемых в медицинском образовании, возможности обучения медицинской и биологической физики должны удовлетворить все требования здравоохранения, выполнить функции быть базовой дисциплиной для медицинской науки.

---

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).  
Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor Cavanşir Zeynalov



**ƏBÜLFƏT PƏLƏNGOV**

*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti*

**UOT: 372.8.513**

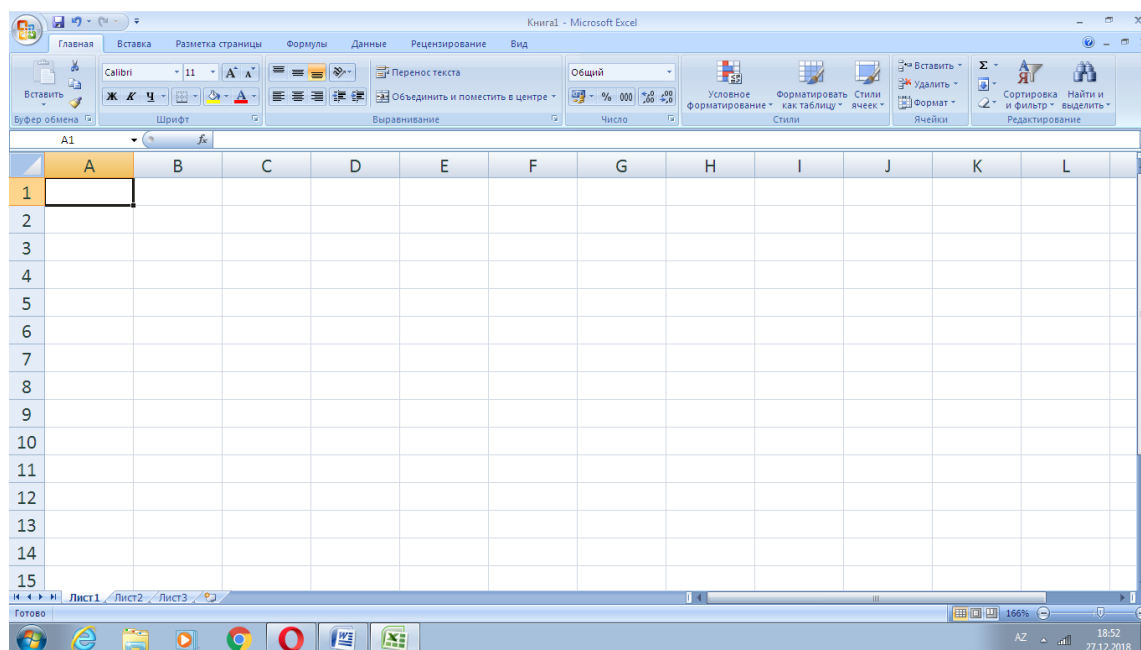
**MS EXCEL PROQRAMINDA SMARTART FUNKSİYASINDAN İSTİFADƏ**

**Açar sözlər:** *Elektron cədvəl, SmartArt funksiyası, resurs, təqdimat.*

**Key words:** *Electronic spreadsheet, SmartArt function, resource, presentation.*

**Ключевые слова:** *Электронная таблица, функция SmartArt, ресурс, презентация.*

Microsoft Excel 2007 proqramı gündəlik həyatdan çox ədədlərlə işləyənlər, məsələn, mühasib və bank işçilərinə lazım olur. Lakin, informasiyanın cədvəl formasında təqdim olunduğu bütün hallarda Excel əvəzolunmaz köməkçi rolunu oynayır. Bu proqram vasitəsilə tərtib olunmuş cədvəllərin yaradılması, redaktə edilməsi və çapı yerinə yetirilir. Ona daxil edilmiş müxtəlif kateqoriyalı funksiyaların köməyi ilə ədədlər və mətnlər üzərində əməliyyatların yerinə yetirilməsi və çox mürəkkəb hesablamaların aparılması, verilənlərin təqdimatını asanlaşdıran diaqramların və qrafiklərin qurulması mümkündür.



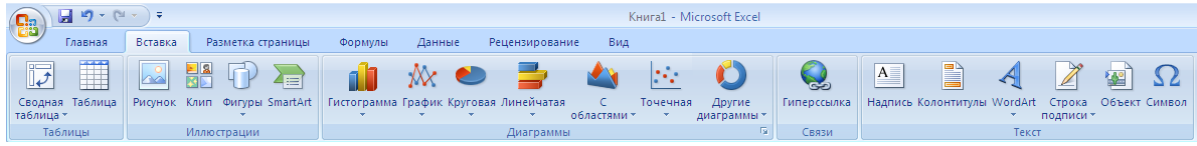
Excel 2007 proqram pəncərəsinin görünüşü

Elektron cədvəl faylına iş kitabı, yaxud kitab deyilir. İş kitabı bir neçə iş vərəqindən ibarət olur. Bu vərəqlərin sayını artırmaq olar. İş vərəqlərindən sadəcə biri ekranda görünür. O biri vərəqləri açmaq üçün uyğun vərəqin yarlığını çıqqıldatmaq lazımdır. Hər bir vərəq 16384 sütun və 1048576 sətirdən ibarətdir. Yeni işçi kitabı açılarkən ekranda təmiz işçi vərəq görünür. MS Excel sənədində işçi vərəqlərin sayı 255-ə qədər ola bilər.

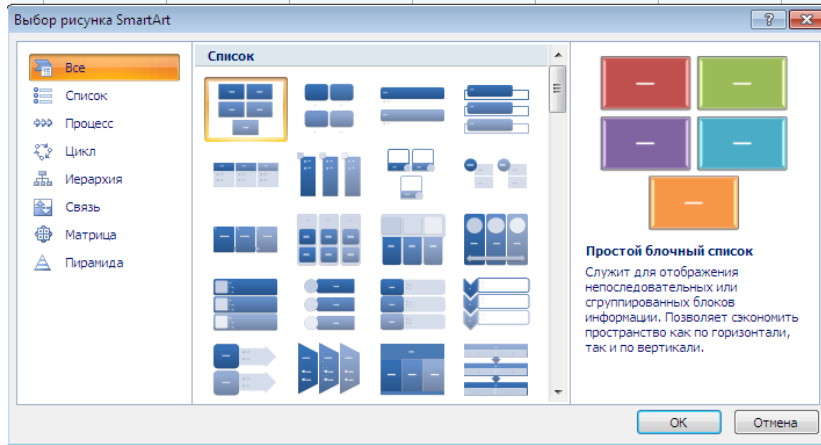
Excel proqramının iş vərəqində xanalar klaviaturadan lazım olan informasiyalar daxil edilməklə doldurulur. Bəzi xanalarda yerləşən ədədlər üzərində hesablamalar aparmaq üçün iş vərəqinin üst hissəsində düstur panelindən istifadə edə bilərik. Bəzi əməliyyatlar isə klaviaturadan da daxil edilə bilər.

Excel 2007 proqramında istənilən cədvəl tərtib edib, iş vərəqinin daha formalı, baxımlı olması üçün bəzi işlər apara bilərik. Bunları həyata keçirmək üçün proqram pncərəsinin Insert(Вставка/ Əlavə et) tabının əməllərindən istifadə edərək iş vərəqinə müxtəlif obyektlər

yerləşdirə bilərik. Bu lent tabının köməyi ilə iş vərəqinə müxtəlif şəkillər əlavə etmək, qrafiki obyektlər yerləşdirmək, müxtəlif formalı diaqramlar yaratmaq, Word mətn prosessorunda olan SmartArt və WordArt obyektlərini yerləşdirmək olar.



Excel proqramında informasiyanın daha baxımlı olması üçün SmartArt funksiyasının qrafiki elementlərindən istifadə edilir. Insert (Bastavka/ Əlavə et) tabından bu əmri seçməklə SmartArt qrafiki elementlərinin daxil olduğu dialoq pəncərəsi ekrana çıxır. Bu elementlərdən seçim edib iş vərəqinə əlavə edilir və onun üzərində bəzi redaktə işləri apararaq informasiyanı baxımlı formaya gətirmək olar.



İndi isə Excel 2007 proqramında ixtiyari bir cədvəl quraq və SmartArt funksiyasından istifadə etməklə iş vərəqində bu cədvələ uyğun olan bir qrafiki element yerləşdirək.

Tutaq ki, tələbələrin imtahan ballarına uyğun bir cədvəl qururuq.

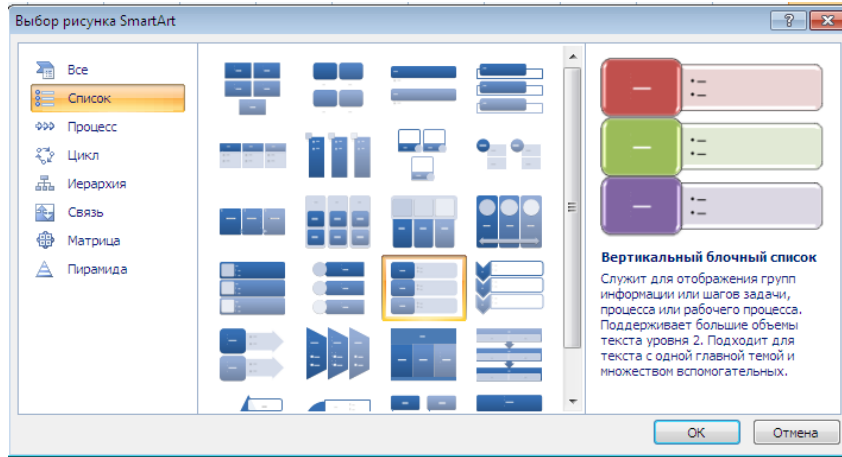
	A	B	C	D	E	F	G
1	imtahan nəticələri						
2	1	Surahi	36	33	69	kecdi	
3	2	Günel	44	49	93	kecdi	
4	3	Nurana	35	44	79	kecdi	
5	4	Pınar	24	23	47	kesildi	
6	5	Vəfa	35	45	80	kecdi	
7	6	Reyhan	33	33	66	kecdi	
8	7	Röya	46	37	83	kecdi	
9	8	Məryəm	19	39	58	kecdi	
10	9	Nərmin	37	42	79	kecdi	
11	10	Zərifə	42	43	85	kecdi	
12							

yaratdığımız "imtahan nəticələri" adlı cədvəl

İlk olaraq lazım olan informasiyalrı daxil edirik. Daha sonra SmartArt düyməsini klikləyərək qrafik təsvirlərdən cədvəldə verilən informasiyaların göstərilməsi üçün uyğun olanını seçirik.

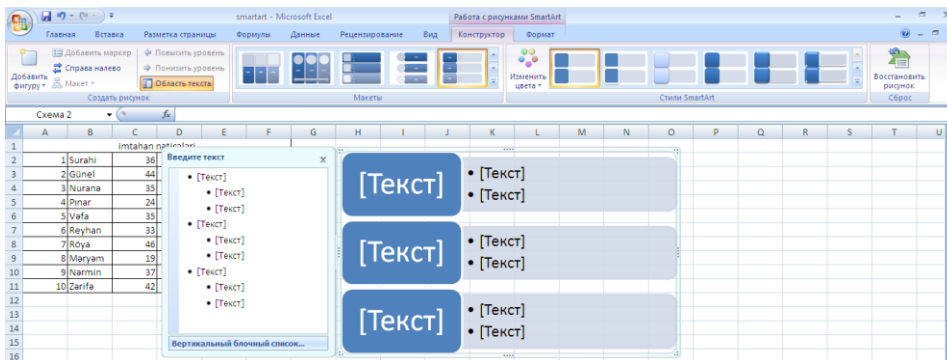
Bizim cədvəlimiz tələbələrin imtahanadan keçib və ya keçməməsini göstərən bir cədvəldir. Buna uyğun olaraq biz SmartArt qrafiki elementində keçən və kəsilən tələbələrin adlarını qeyd edə bilirik və ya ən çox bal toplayan və ən az bal toplayan tələbənin adlarını qeyd edə bilirik.

SmartArt funksiyasının dialoq pəncərəsində kateqoriyalar hissəsindən lazım olanını seçirik və ona uyğun qrafiki təsvirlər görünür. Bunlardan istədiyimiz birini klikləməklə həmin qrafik təsviri ekrana gətiririk.

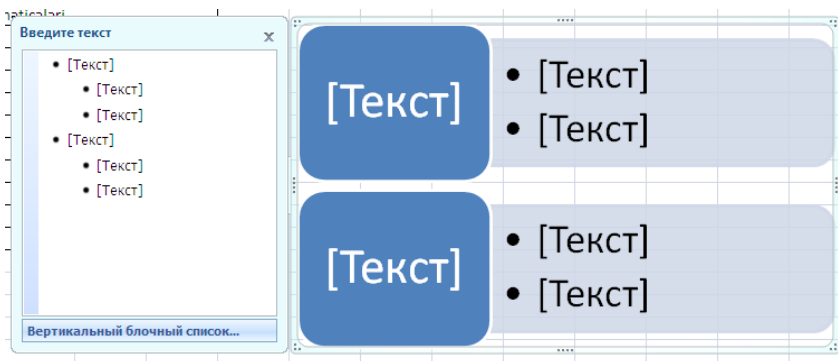


Bu dialoq pəncərəsinin Siyahı kateqoriyasına klikləyərək lazım olan qrafiki elementi seçirik və OK düyməsini basırıq. Seçdiyimiz təsvir iş vərəqində görünəcək.

Bu zaman Lent interfeysində əlavə lentlər görünəcək. Bu lent tablaları qrafik təsvir üzərində redaktə işləri aparmaq, rəngini, ölçüsünü, formasını dəyişmək və s. əməliyyatlar üçün əlverişlidir.

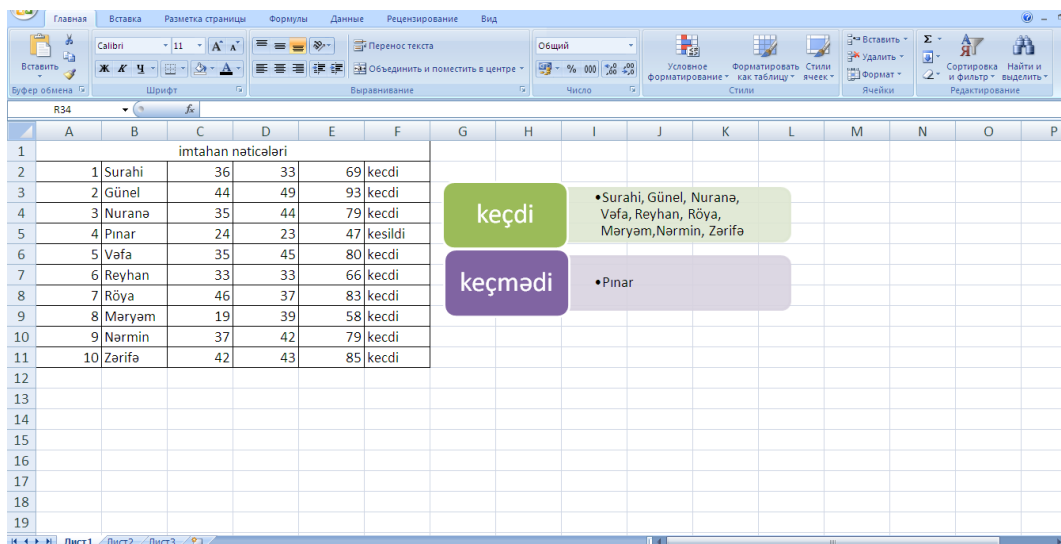
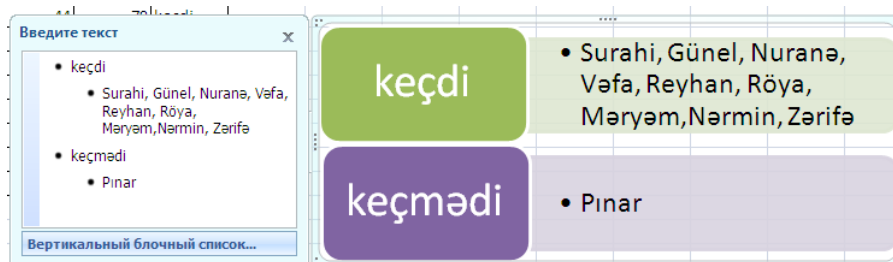


Bu 3 siyahılı qrafik təsvirdir. Onu azalda və ya artırmaq mümkündür. Bunun üçün mətni daxil etdiyimiz sahənin yanında orada yazılan informasiyanın maketindən istifadə olunur. Biz indi bu sayı 2 edəcəyik.



Daha sonra onun rəngini və ölçüsünü dəyişirik. Mətni daxil edərək işi yekunlaşdırırıq.

İş vərəqinin son görünüşü aşağıdakı kimi olacaqdır.



Beləliklə, biz SmartArt funksiyasından istifadə etməklə informasiyanın təqdimatını daha baxımlı göstərməyə çalışdıq.

## ƏDƏBİYYAT

1. Ə.Q.Pələngov, M.V. Abdullayeva. Orta məktəbdə İnformatikanın tədrisi metodikası, Bakı, Elm-2015.
2. В.В. Малеев. Общая методика преподавания информатики, Воронеж, 2005
3. Salih Bardakçı, Hafize Keser. Bilişim texnologiyalarının tədrisə inteqrasiyası.
4. Elmir Vəlizadə, Ziyafət Əmirov, Microsoft Office 2007 paketi, Bakı, "Şərq-Qərb", 2012, 756 s.

## ABSTRACT

**A.G.Palangov**

MS Excel can perform various types of operations. The development of these operations in the form of creative tasks is of interest to students in the classroom. First, the article gives examples of how to develop students' creative abilities, explaining the nature of the program with examples, and then complicating the task.

## РЕЗЮМЕ

**А.Г.Палангов**

MS Excel может выполнять различные типы операций. Разработка этих операций в форме творческих заданий представляет интерес для учащихся на уроке. Сначала в статье приводятся примеры того, как развивать творческие способности учащихся, объясняя с помощью примеров природу программы, а затем усложняя задачу.

NDU-nun Elmi Şurasının 27 dekabr 2018-ci il tarixli qərarı ilə çapa tövsiyyə olunmuşdur. (protokol № 05).

Məqaləni çapa təqdim etdi: Riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor Cavanşir Zeynalov

## MÜNDƏRİCAT RİYAZİYYAT

1. **Sahib Əliyev, Elşad Ağayev, Səfa Əliyev.** Hissə-hissə bircins mühit modeli əsasında düz və əks fazalı dövrü layların gərginlik - deformasiya vəziyyəti..... 3
2. **Абульфаз Мамедов.** Об эквивалентности двух норм в пространстве типа соболева и его применение к оценке норм операторов промежуточных производных..... 6
3. **Asəf Əliyev, Elvira Xəlilova.** Bərk mühitlə sərt kontaktda olan doğuranı istiqamətində çubuqlarla möhkəmləndirilmiş qeyri-bircins silindrik örtüyün rəqsləri..... 14
4. **Конул Мамедова** Поведение решений задачи Дирихле для некоторого класса недивергентных линейных уравнений ..... 20
5. **Asəf Əliyev, Zülfiyyə Quliyeva.** Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan millərlə möhkəmləndirilmiş, elastiki simmetriya oxu koordinat oxu ilə müəyyən bucaq əmələ gətirən, ortotrop, özlü-elastiki silindrik örtüyün mühitlə birlikdə sərbəst rəqsləri..... 26

## FİZİKA

6. **Шамсадин Казымов, Валиде Гаджиева, Намиг Пашаев.** Некоторые особенности структурных превращений в кристаллах халькогенидах меди..... 33
7. **Məmməd Hüseynəliyev.** Yarımkəçiricilərdə kompleks dielektrik funksiyasının nəzəri analitik ifadəsinə daxil olan parametrlərin funksiyanın gedişinə təsiri..... 35
8. **Nazilə Mahmudova, Rafiq Quliyev, Məryəm Əsgərova.** Mis (II) tiostannat birləşməsindən nazik təbəqənin alınması və onun tədqiqi..... 41
9. **Махбуб Казымов, Руслан Мамедов.** Энергетические ресурсы солнца на территории Нахчыванской Автономной Республики..... 44
10. **Türkanə Əliyeva, Türkan Məmmədova.** Planetlərarası fəzada toz mühiti, meteorlar və meteoritlər..... 50

## TEXNİKİ ELMLƏR

11. **Gülarə Rəhimova, Kəmalə İbrahimova.** Kruskal alqoritmi..... 53
12. **Qadir Əliyev.** Möminə xatun türbəsinin günbəz və çatma tağ ayrılmasının hesablanmasına dair..60
13. **Qulu Bağırov.** Şifrator (koder ) və Deşifrator ( dekoder ) elektron qurğuları..... 67
14. **Zümrüd Səfərova, Aysen Məmmədova.** Ekspert sistemlərində biliklərin tərkibi və təşkili.69
15. **Akim Axundov, Heydər Əsədov.** Azərbaycanca atmosferi çirkləndirən mənbələrin yaratdığı fəsadlar və çirklənmədən qorunmaq üçün mübarizə tədbirləri..... 74
16. **Nailə Qardaşbəyova, Aygün Sultanova.** Tibbi və bioloji fizika kursunun tədrisi metodikasının yeniləşdirilməsi üzrə işin qurulması..... 77
17. **Əbülfət Pələngov.** Ms Excel programında smartart funksiyasından istifadə..... 80