П-169

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН

ХӘБӘРЛӘРИ

ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ФИЗИКА-РИЈАЗИЈЈАТ ВӘ ТЕХНИКА ЕЛМЛӘРИ СЕРИЈАСЫ

☆

СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

3

1960

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕА НӘШРИЈЈАТЫ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
БАКЫ— БАКУ

№ 26571
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А.Н. Азербайджанской ССР

РЕДАКСИЈА ҺЕЈ'ӘТИ: З. И. Хәлилов (редактор), С. М. Гулијев (редактор мүавини), Һ. Б. Абдуллајев, Ч. М. Чуварлы, И. И. Ибраһимов, А. Ә. Әфәндизадә, Һ. Ф. Султанов.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

М. Һ. ЧАВАДОВ

ИКИТӘРТИБЛИ ҺИПЕРБОЛИК ТИПЛИ ДИФФЕРЕНСИАЛ ТӘНЛИКЛӘР ҮЧҮН ҒОЈУЛМУШ ГАРЫШЫГ МӘСӘЛӘНИН ҮМУМИЛӘШМИШ ФУНКСИЈАЛАР СИНФИНДӘ ҺӘЛЛИ

Үмуми һиперболик типли тәнликләр үчүн гојулмуш гарышыг мәсәлә бир чох мүәллифләр тәрәфиндән арашдырылмыш вә онун һәлли үчүн мүхтәлиф методлар ишләниб һазырланмышдыр.

Һиперболик типли тәнликләр үчүн гојулмуш гарышыг мәсәлә, үмуми шәкилдә, сонлу фәрг методу илә О. А. Ладыженскаја тәрәфиндән һәлл олунмушдур [3].

[2] ишиндә биз,

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_0^2} = \sum_{ij=1}^{n} a_{ij} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i=0}^{n} \frac{\partial u}{\partial x_i} + au + f(x_0, X)$$

тәнлији үчүн ғојулмуш гарышыг мәсәлә һәллинин үмумиләшмиш функсијалар синфиндә варлығыны вә јеканәлијини исбат етмишдик. Бу мәсәләнин һәллиндә истифадә олунан әсас метод үмуми еллиптик типли тәнликләр үчүн гојулмуш сәрһәд мәсәләләринин һәллиндә акад. С. Л. Соболев вә М. И. Вишик тәрәфиндән ишләнилиб һазырланмышдыр.

Бу мәгаләдә әсас мәгсәд, С. Л. Соболев вә М. И. Вишикин јухарыда ады чәкилән методундан истифадә едәрәк [2] вә [4] ишләриндә бахдығымыз мәсәләләри үмуми шәкилдә һәлл етмәкдән ибарәтдир.

Фәрз едәк ки, $(n+1)$ өлчүлү фәзада $Q = \Omega \times [0 \leqslant x_0 \leqslant l]$ силиндри верилмишдир. Бурада Ω $n-$өлчүлү фәзада сәрһәдди S олан ихтијары областдыр.

Q силиндринин јан сәтһини F илә, Ω областынын ихтијари нөгтәсини исә $X = (x_1, \cdots, x_n)$ илә ишарә едәк вә ашағыдакы кими бир мәсәләјә бахаг.

Q силиндриндә

$$Lu = f(x_0, X) \tag{1}$$

тәнлијинин елә һәллини тапмаг лазымдыр ки, бу һәлл

$$U\Big|_{x_0=0} = \varphi(X), \quad \frac{\partial u}{\partial x_0}\Big|_{x_0=0} = \Psi(X) \tag{2}$$

башланғыч шәртләрини вә

$$U\big|_{\Gamma} = 0 \tag{3}$$

сәрһәд шәртини өдәсин.

Бурада

$$Lu \equiv \sum_{ij=0}^{n} a_{ij}(x_0, X)\frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} + \sum_{i=0}^{n} a_i(x_0, X)\frac{du}{dx_i} + a(x_0, X)u,$$

$$F = SX \quad [0 \leqslant x_0 \leqslant l].$$

Фәрз едәк ки, (1) тәнлијинин әмсаллары ашағыдакы шәртләри өдәјир (һиперболиклик шәртләри)

$$a_{00} = 1, \quad a_{ij} = a_{ji}$$

вә

$$-\sum_{ij=1}^{n} a_{ij}\xi_i\xi_j \geqslant \alpha\sum_{i=1}^{n}\xi_i^2.$$

Бурада α мүәјјән мүсбәт сабит, $\xi_1, \xi_2, \cdots, \xi_n$-ләр исә һәгиги әдәдләрдир.

$U(x_0, X)$ вә $f(x_0, X)$ функсијаларыны $\bar{Q}$ силиндриндән кәнарда сыфыр олмаг шәртилә бүтүн фәзаја давам етдириб, U функсијасына $W_p^{(m)}(R_{n+1})$ фәзасында тә'сир едән үмумиләшмиш функсија кими бахаг.

$W_p^{(m)}(R_{n+1})$ фәзасында тә'сир едән вә $\bar{Q}$ силиндриндән кәнарда сыфыр олан үмумиләшмиш функсијалар чохлуғуну $z_{m;p}(\bar{Q})$ илә вә $W_p^{(m)}(R_{n+1})$ фәзасындан көтүрүлмүш, бахдығымыз областын сәрһәддиндә сыфра чеврилән $v(x_0, X)$ функсијалар чохлуғуну исә E илә ишарә едәк.

Тә'риф: $z_{0;2}(\bar{Q})$ фәзасына дахил олуб, E чохлуғундан көтүрүлмүш ихтијари v функсијасы үчүн ашағыдакы бәрабәрлији өдәјән u функсијасына (1), (2), (3) мәсәләсинин һәлли дејәчәјик

$$(u, L^* v) = (\rho_1, v). \tag{4}$$

бурада

$$L^* v \equiv \frac{\partial^2 v}{\partial x_0^2} + 2\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{0i}\frac{\partial v}{\partial x_0}\right) + \sum_{ij=1}^{n}\frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{ij}\frac{\partial v}{\partial x_j}\right) +$$

$$+ 2\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\partial a_{0i}}{\partial x_0}\cdot v\right) + \sum_{ij=1}^{n}\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\partial a_{ij}}{\partial x_i}v\right) - \sum_{i=1}^{n}\frac{\partial}{\partial x_i}(a_i v) + av,$$

$$\rho_1 = -f + \Psi\delta_\Omega - a_0\varphi\delta_\Omega - \frac{\partial(\varphi\delta_\Omega)}{\partial x_0} + 2\sum_{i=1}^{n} a_{0i}\frac{\partial(\varphi\delta_\Omega)}{\partial x_i},$$

(1)—бүтүн фәза үзрә скаљар һасил, δ_Ω —исә Ω областында чәмләнмиш вә сыхлығы ваһидә бәрабәр олан Дирак функсијадыр.

Фәрз едәк ки, L оператору $Z_{k;p_1}(\bar{Q})$ фәзасындан $(W_p^{(m)}(Q))^*$ фәзасына тә'сир едән оператор, (бурада $(W_p^{(m)}(Q))^*$ — $W_p^{(m)}(Q)$ фәзасында тә'сир едән функсијалар чохлуғудур ρ-исә $Z_{m;p}(\bar{Q})$ фәзасына дахил олан ихтијари үмумиләшмиш функсијадыр.

Ашағыдакы мәсәләјә бахаг:

[1] Гејд едәк ки, сәрһәд шәраитинин сыфыр олмасы һәлл едәчәјимиз мәсәләнин үмумилијини азалтмыр, чүнки сәрһәд шәрти сыфырдан фәргли олсајды (5) бәрабәрлијинин сағ тәрәфинә бир артыг һәдд әлавә олунарды.

$Z_{k;p}(\bar{Q})$ фәзасына дахил олан елә u функсијасы ахтарылыр ки, о функсија F-дән көтүрүлмүш ихтијари v үчүн ашағыдакы шәрти өдәсин.

$$(Lu, v) = (\rho, v) \tag{6}$$

(6) бәрабәрлијини ашағыдакы шәкилдә јазмаг олар.

$$(u, L^* v) = (\rho, v) \tag{7}$$

Бурада $L^* L$—операторуна гошма оператордур.

[2] ишдә исбат олунуб ки, әкәр бахдығымыз областын сәрһәдди $C^{(m)}$ синфинә дахил олан һиссә-һиссә сәтһдирсә вә $W_p^{(k_1)}$ — фәзасындан көтүрүлмүш ихтијари Ψ функсијасы үчүн

$$L^*\tilde{v} = \tilde{\Psi}$$

$$\tilde{v}\big|_{\Gamma} = 0$$

мәсәләнин

$$\|\tilde{v}\|_{W_p^{(m)}} \leqslant M\|\tilde{\Psi}\|_{W_p^{(k_0)}}, \qquad (m = m(k))$$

шәртини өдәјән јеканә һәлли варса, онда (7) мәсәләсинин јеканә һәлли вар.

Исбат олунан бу теоремдән истифадә едәрәк (1), (2), (3) мәсәләсинин јухарыда тә'риф етдијимиз мә'нада һәллинин варлығыны вә јеканәлијини исбат едәк.

Теорем. *Фәрз едәк ки,*

1. a_{ij} *әмсаллары кәсилмәздир вә* $\dfrac{\partial a_{ij}}{\partial x_i}$, $\dfrac{\partial a_{ij}}{\partial x_0}$ *кими бир дәрәчәли вә* $\dfrac{\partial^2 a_{ij}}{\partial x_i \partial x_j}$ *кими ики дәрәчәли мәһдуд үмумиләшмиш төрәмәләри вар;*

2. a_i *әмсаллары мәһдуддур вә* $\dfrac{\partial a_i}{\partial x_i}$ *кими бир дәрәчәли мәһдуд үмумиләшмиш төрәмәләри вар;*

3. a *әмсалы мәһдуд өлчүлән функсијадыр.*

4. $f \in L_2(Q), \varphi \in D^\circ(\Omega), \Psi \in L_2(\Omega), Q$ *силиндринин сәрһәдди исә* $C^{(3)}$ *синфинә дахил олан һиссә-һиссә һамар сәтһдир:*

Онда әкәр, $\rho_1 \in Z_{1,2}(\bar{Q})$ *олса, гојулмуш гарышыг мәсәләнин* $Z_{0;2}(\bar{Q})$ *синфинә дахил олан јеканә һәлли вар.*

Исбаты. Теоремин шәртләри дахилиндә

$$L^*\tilde{v} = \tilde{\Psi}$$

$$\tilde{v}\Big|_{x_0=0} = 0, \qquad \frac{\partial\tilde{v}}{\partial x_0}\Big|_{x_0=0} = 0$$

$$\tilde{v}\big|_{\Gamma} = 0.$$

мәсәләсинин

$$\|\tilde{v}\|_{W_2^{(1)}} \leqslant M\|\tilde{\Psi}\|_{W_2^{(0)}}$$

шәртини өдәјән јеканә һәлли вар.

Онда јухарыда адыны чәкдијимиз үмуми теоремә әсасән (1), (2), (3) мәсәләсинин

$Z_{0;2}(\bar{Q})$ синфинә дахил олан јеканә һәлли олар.

ƏDƏBİJJAT

1. Вишик М. И. и С. Л. Соболев. Общая постановка некоторых краевых задач для эллиптических дифференциальных уравнений в частных производных, „ДАН СССР" т. 111, 1956, № 3.
2. Джавадов М. Г. Об исследовании смешанной задачи в классе обобщенных функций. „ДАН Азерб. ССР". т. XIV, 1958, № 3.
3. Ладыженская О. А. Смешанная задача для гиперболического уравнения М., ГИТТЛ, 1953.
4. Чавадов. М. Һ. Һиперболик типли тənликлəр үчүн гојулмуш гарышыг мəсəлənин һəлли һаггында, Азəрбајчан ССР ЕА „Хəбəрləри". № 3, 1959.

М. Г. Джавадов

Решение смешанной задачи для общего гиперболического уравнения второго порядка в классе обобщенных функций

РЕЗЮМЕ

В работе исследуется смешанная задача для общего гиперболического уравнения (1).

Основным результатом является следующая

Теорема: *Предположим, что коэффициенты уравнения (1) удовлетворяют условиям:*

1) a_{ij}—*непрерывны и имеют ограниченные обобщенные производные первого порядка вида* $\frac{da_{ij}}{dx_i}$, $\frac{da_{ij}}{dx_0}$ *и ограниченные обобщенные производные второго порядка вида* $\frac{\partial^2 a_{ij}}{\partial x_i \partial x_j}$;

2) a^i—*ограничены и имеют ограниченные обобщенные производные первого порядка вида* $\frac{da_i}{dx_i}$;

3) a—*ограничена и измерима.*

Пусть $f \in L_2(Q)$, $\varphi \in D^0(\Omega)$, $\Psi \in L_2(\Omega)$ и граница Q—кусочно-гладкая граница класса $C^{(3)}$.

Тогда, если $\rho \in Z_{1;2}(\overline{Q})$, то задача (1), (2), (3) имеют решение, причем единственное в классе $Z_{0;2}(\overline{Q})$.

АЗƏРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛƏР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХƏБƏРЛƏРИ
Физика-рижазијјат вə техника елмləри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

С. Я. ЯКУБОВ

О САМОСОПРЯЖЕННЫХ РАСШИРЕНИЯХ СИММЕТРИЧНОГО ОПЕРАТОРА В БАНАХОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Используя известный метод Фридрихса [4] для расширения положительно-определенного оператора, действующего в гильбертовом пространстве, до самосопряженного, М. Ш. Бирман [1] исследовал вопрос о самосопряженном расширении положительно-определенного оператора, действующего из регулярного пространства Банаха в ему сопряженное. В настоящей статье рассмотрен тот же вопрос без предположения регулярности и вещественности пространства.

Пусть E комплексное банахово пространство. Обозначим через E^*, E^{**} сопряженное и второе сопряженное пространство к E (известные определения взяты из книг [2] и [3]). Соответственно через x, x^*, x^{**} будем обозначать элементы E, E^*, E^{**}, а через (x, x^*) и (x^*, x^{**}) значение функционала x^* в точке x и значение функционала x^{**} в точке x^*. В отличие от некоторых авторов, умножение на комплексные числа в E^* определяется формулой

$$(x, \lambda x^*) = \overline{\lambda}(x, x^*), \quad (x^* \in E^*, x \in E), \tag{1}$$

а топологическое включение E в $^rE^{**}$ осуществляется при помощи функционалов $x^{**}_{x_0}$, определенные формулой[1]

$$(x^*, x^{**}_{x_0}) = \overline{(x_0, x^*)} \ (x^* \in E^*).$$

Для удобств отождествив элементы $x^{**}_{x_0}$ и x_0, запишем последнюю формулу в виде:

$$(x^*, x) = \overline{(x, x^*)} \tag{2}$$

при всех $x \in E, x^* \in E^*$.

В дальнейшем нам придется пользоваться понятием топологическое вложение двух банаховых пространств. Поэтому вкратце выясним, что именно будет подразумеваться под этим понятием.

Определение 1. Банахово пространство E_1 называется топологически вложимым в банаховом пространстве E_2, или частью E_2, если

1) существует взаимно однозначное линейное отображение всего E_1 в E_2;

2) из сходимости в E_1 вытекает сходимость соответствующих образов в E_2.

[1] Целесообразность этих формул оправдывается в случае комплексного гильбертова пространства. См. например, Л. В. Канторович и Г. П. Акилов. Функциональный анализ в нормированных пространствах. Л., 1959. стр. 146—148.

При этом обычно отождествляются соответственные элементы, и топологическое вложение обозначается $E_1 \subset E_2$. Например, любое банахово пространство E топологически вложимо в свое второе сопряженное пространство E^{**}, о чем и говорилось выше.

В дальнейшем будем рассматривать только линейные, т. е. аддитивные и однородные операторы.

Определение 2. Оператор A, действующий из E в E^*, называется симметричным, если $D(A)$ плотна в E и

$$(x, Ay) = \overline{(y, Ax)} \tag{3}$$

для любых $x, y \in D(A)$[2].

Определение 2′. Оператор A, действующий из E в E^*, называется симметричным, если $D(A)$ плотна в E и

$$(x, Ay) = (Ax, y)$$

для любых $x, y \in D(A)$.

Определения 2 и 2′ эквивалентны. Действительно, учитывая формулу (2), получаем при всех $x, y \in D(A)$

$$(x, Ay) = \overline{(y, Ax)} = \overline{(Ax, y)} = (Ax, y),$$

и наоборот, при всех $x, y \in D(A)$

$$(x, Ay) = (Ax, y) = \overline{(y\, Ax)}.$$

По определению, сопряженный оператор A^* к A вводится следующим образом: если при некотором x^{**} величина (Ax, x^{**}) окажется ограниченным функционалом над x, т. е., если существует $x^* \in E^*$ такой, что

$$(Ax, x^{**}) = (x, x^*) \qquad (x \in D(A)),$$

то говорят, что x^* принадлежит области определения $D(A^*)$, сопряженного с A оператора A^* и $A^* x^{**} = x^*$. Очевидно, A^* переводит E^{**} в E^*. Покажем, что A^* является расширением A. Пусть $x_0 \in D(A)$. Так как из (2) получаем, что при всех $x^* \in E^*$

$$(x^*, x_0) = \overline{(x_0, x^*)},$$

то при всех $x \in D(A)$

$$(Ax, x_0) = \overline{(x_0, Ax)} = \overline{(x_0, Ax_0)} = (x, Ax_0),$$

т. е. $A^* x_0 = Ax_0$.

Определение 3. Если $A = A^*$, т. е. $D(A^*) = D(A)$, то оператор A называется самосопряженным.

Установим некоторые вспомогательные результаты.

Лемма 1. *Пусть E_1 и E_2 банаховы пространства. Если оператор A, действующий из E_1 в E_2 имеет обратный A^{-1} и если $D(A)$ и $D(A^{-1})$ плотны соответственно в E_1 и E_2, то $(A^*)^{-1}$ существует и*

$$(A^{-1})^* = (A^*)^{-1}, \tag{4}$$

Доказательство. При $x_1 \in D(A) \subset E_1$, $x_1^* = D[(A^{-1})^*] \subset E_1^*$

$$(x_1, x_1^*) = (A^{-1} A x_1, x_1^*) = (Ax_1, (A^{-1})^* x_1^*);$$

[2] Аналогично вводится понятие симметричного оператора A, действующего из E^* в E:

1) $\overline{D(A)} = E^*$,

2) $(A x^*, y^*) = \overline{(Ay^*, x^*)}$ при всех $x^*, y^* \in D(A)$.

отсюда

$$(A^{-1})^* x_1^* \in D(A^*)$$

и

$$A^* (A^{-1})^* x_1^* = x_1^*. \tag{5}$$

С другой стороны, при $x_2 \in D(A^{-1})$, $x_2^* \in D(A^*)$

$$(x_2, x_2^*) = (A A^{-1} x_2, x_2^*) = (A^{-1} x_2, A^* x_2^*).$$

Отсюда

$$A^* x_2^* \in D[(A^{-1})^*]$$

и

$$(A^{-1})^* \cdot A^* x_2^* = x_2^* \tag{6}$$

Равенства (5) и (6) показывают, что оператор $(A^*)^{-1}$ существует и удовлетворяется (4).

Теорема 1. *Если A самосопряженный оператор, действующий из E^* в E, и имеет обратный, то A^{-1}—также самосопряженный оператор из E в E^*.*

Доказательство. Сперва покажем, что

$$\overline{D(A^{-1})} = R(A) = E.$$

Допустим, противное, т. е. $\overline{R(A)} \neq E$. Тогда существует функционал x_0^* такой, что

$$(x, x_0^*) = 0$$

для всех $x \in \overline{R(A)}$ и $x_0^* \neq 0$.

Так как при всех $x^* \in D(A)$

$$(Ax^*, x_0^*) = 0,$$

то $A^* x_0^* = 0$. Значит, ввиду самосопряженности оператора A, $Ax_0 = A^* x_0^* = 0$, что противоречит существованию оператора A^{-1}.

Тогда, по только что доказанной лемме, получаем

$$(A^{-1})^* = (A^*)^{-1} = A^{-1},$$

так как A самосопряженный оператор.

Аналогично доказывается следующая

Теорема 2. *Если A самосопряженный оператор, действующий из E в E^*, и имеет обратный, то A^{-1} также самосопряженный оператор из E^* в E.*

Определение 4. Оператор A, действующий из E в E^*, называется ограниченным снизу, если $D(A)$ плотна в E и $(x, Ax) \geqslant K|x|_E^2$ (K—вещественное число) для всех $x \in D(A)$[3]. Аналогично оператор A, действующий из E в E^*, называется ограниченным сверху, если $D(A)$ плотна в E и при всех $x \in D(A)$

$$(x, Ax) \leqslant M \cdot |x|_E^2.$$

Оператор A, действующий из E в E^*, называется полуограниченным, если он ограничен или снизу или же сверху. В дальнейшем будем рассматривать только ограниченные снизу операторы, и тем не менее полученные результаты будут справедливы и для полуограниченных операторов, так как если A ограничен сверху, то $-A$ ограничен снизу.

[3] Оператор A, действующий из E^* в E, называется ограниченным снизу, если $D(A)$ плотна в E^* и

$$(Ax^*, x^*) \geqslant K|x^*|_{E^*}^2$$

для всех $x^* \in D(A)$.

Если $D(A)$ плотна в E и

$$(x, Ax) \geqslant \gamma^2 \cdot |x|_E^2$$

для всех $x \in D(A)$, то оператор A, действующий из E в E^*, называется положительно-определенным.

Лемма 2. *Пусть A оператор, действующий из E в E^*. Для того, чтобы при всех $x, y \in D(A)$ выполнялось равенство*

$$(x, Ay) = \overline{(y, Ax)} \tag{7}$$

необходимо и достаточно вещественность (x, Ax) при всех $x \in D(A)$.

Достаточность. Так как (x, Ax)—вещественная, то ввиду формулы (2) при всех $x, y \in D(A)$

$$(x + iy, A(x + iy)) = (A(x + iy), x + iy).$$
$$(x + y, A(x + y)) = (A(x + y), x + y).$$

Раскрывая скобки и применяя во внимание формулу (1) получаем равенства:

$$(x, Ax) - i(x, Ay) + i(y, Ax) + (y, Ay) =$$
$$+ (Ax, x) - i(Ax, y) + i(Ay, x) + (Ay, y)$$
$$(x, Ax) + (x, Ay) + (y, Ax) + (y, Ay) =$$
$$= (Ax, x) + (Ax, y) + (Ay, x) + (Ay, y).$$

или же

$$(x, Ay) - (y, Ax) = (Ax, y) - (Ay, x)$$
$$(x, Ay) + (y, Ax) = (Ax, y) + (Ay, x).$$

Складывая полученные равенства почленно, получаем (7), что и требовалось доказать.

Необходимость. Если положить в равенстве (7) $y = x$ и принять во внимание формулу (2), получаем, что при всех $x \in D(A)$

$$(x, Ax) = \overline{(x, Ax)},$$

Откуда и вытекает вещественность (x, Ax).

Лемма 3. *Полуограниченный оператор A, действующий из E в E^**, симметричный.

Замечание 1. Если A симметричный оператор, действующий из E в E^*, то (x, Ax) вещественна при всех $x \in D(A)$.

Замечание 2. Леммы 2 и 3 верны и в случае операторов, действующих из E^* в E.

Пусть A положительно-определенный оператор, действующий из E в E^*, т. е. $D(A)$ плотна в E и

$$(x, Ax) \geqslant \gamma^2 |x|_E^2, \quad \gamma > 0 \tag{8}$$

при всех $x \in D(A)$. Воспользуемся следующим построением, принадлежащим К. Фридрихсу [4]: введем на $D(A)$ скалярное произведение $[x, y]$, формулой

$$[x, y] = (x, Ay). \tag{9}$$

Нетрудно проверить, что в силу такого определения $D(A)$ превращается, вообще говоря, в неполное гильбертово пространство. Пополнение его обычным образом обозначим через H_A.

Очевидно

$$|x|_E \leqslant \frac{1}{\gamma} |x|_A \tag{10}$$

при всех $x \in D(A)$.

Теорема 3. *H_A топологически вложимо в E, т. е. $H_A \subset E$.*

Доказательство. Каждому элементу $x \in H_A$ поставим в соответствие единственный элемент из E. Пусть $x \in H_A$, тогда существует $x_n \in D(A)$ такой, что $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n - x|_A = 0$. Значит $\{x_n\}_{n=1}$ фундаментальна в H_A, т. е. $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n - x_m|_A = 0$ и $x_n - x_m \in D(A)$. Ввиду (10), $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n - x_m|_E = 0$. Значит существует единственный элемент $x' \in E$ такой, что $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n - x'|_E = 0$. Элемент $x' \in E$ мы и приведем соответствие элементу $x \in H_A$. Нетрудно видеть, что установленное нами соответствие $x \to x'$ линейно.

Покажем, что при установленном соответствии разным элементам из H_A соответствуют разные элементы E, т. е. установленное соответствие линейно и взаимно однозначно отображает все H_A в E.

Пусть элементам x_1 и $x_2 \in H_A$ отвечает один и тот же элемент из E. Тогда элементу $x = x_1 - x_2$ отвечает нулевой элемент пространства E. Докажем, что x—нулевой элемент H_A и, следовательно $x_1 = x_2$. Так как $x \to 0$, то по построению соответствия существует $x_n \in D(A)$ такая, что $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n - x|_A = 0$ и $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n|_E = 0$. Но по формуле (9)

$$[x_n, y] = (x_n, Ay) \quad \overline{n = 1, \infty}$$

при всех $y \in D(A)$. Переходя к пределу в обе части, получаем

$$[x, y] = 0$$

при всех $y \in D(A)$. Таким образом, x ортогонален ко множеству $D(A)$, плотному в H_A; это значит, что x есть нулевой элемент H_A.

Остается доказать, что из сходимости в H_A вытекает сходимость соответствующих образов в E. Так как при установленном соответствии, если $x \to x'$, то существует $x_n \in D(A)$ такая, что $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n - x|_A = 0$ и $\lim\limits_{n\to\infty} |x_n - x'|_E = 0$, то

$$\lim_{n\to\infty} |x_n|_A = |x|_A \text{ и } \lim_{n\to\infty} |x_n|_E = |x'|_E.$$

С другой стороны, так как $x_n \in D(A)$, то неравенство (10)

$$|x_n|_E \leqslant \frac{1}{\gamma} |x_n|_A,$$

откуда, переходя к пределу, получаем

$$|x'|_E \leqslant \frac{1}{\gamma} |x|_A.$$

при всех $x \in H_A$, откуда и вытекает требуемое.

Итак теорема полностью доказана.

Замечание 3. Учитывая сказанное, об отождествлении соответственных элементов при топологическом вложении, последнее неравенство напишем в виде.

$$|x|_E \leqslant \frac{1}{\gamma} |x|_A \tag{11}$$

при всех $x \in H_A$.

Замечание 4. Формула (9) была введена для элементов $D(A)$. Докажем, что она остается в силе $x \in H_A$, $y \in D(A)$.

Так как $D(A)$ плотна в H_A, то существует последовательность $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ из $D(A)$ такая, что $\lim_{n\to\infty} |x_n - x|_A = 0$. Так как $H_A \subset E$, то $\lim_{n\to\infty} |x_n - x|_E = 0$. С другой стороны, на основании формулы (9) верна

$$[x_n, y] = (x_n, Ay),$$

откуда, переходя к пределу, при $n \to \infty$ получаем, что

$$[x, y] = (x, Ay)$$

при всех

$$x \in H_A \text{ и } y \in D(A).$$

Теорема 4. *Положительно-определенный оператор A, действующий из E в E^*, имеет самосопряженное расширение, причем для расширенного оператора неравенство (8) сохраняют силу.*

Доказательство. Возьмем любой элемент $x^* \in E^*$. Принимая во внимание (11), получаем, что при всех $x \in H_A$

$$|(x, x^*)| \leqslant |x^*|_{E^*} \cdot |x|_E \leqslant \frac{1}{\gamma} |x^*|_{E^*} \cdot |x|_A,$$

т. е. (x, x^*) есть органиченный функционал в H_A. Согласно теореме Ф. Рисса, его можно представить в виде

$$(x, x^*) = [x, z],$$

где z некоторый элемент H_A. Таким образом, оператор $Bx^* = z$ переводит все E^* в H_A и при всех $x \in H_A x^* \in E^*$

$$(x, x^*) = [x, Bx^*]. \tag{12}$$

Так как оператор B переводит все E^* в H_A, то на основании (12) получаем, что при всех $x^*, y^* \in E^*$

$$(Bx^*, y^*) = [Bx^*, By^*] = \overline{[By^*, Bx^*]} = \overline{(By^*, x^*)},$$

т. е. B как оператор, действующий из E^* в E, симметричен. С другой стороны, так как B определен во всем E^*, то B самосопряженный оператор, действующий из E^* в E[1]. Действительно, так как оператор B симметричен и определен во всем E^*, то $E^* = D(B) \subset D(B^*)$, а из общей теории сопряженных операторов $D(B^*) \subseteq E^*$. Значит, $D(B) = D(B^*) = E^*$, откуда следует самосопряженность оператора B.

Если $Bx^* = 0$, то из

$$(x, x^*) = [x, Bx^*] = 0, \quad x \in H_A$$

и плотности H_A в E вытекает, что $x^* = 0$, согласно чему вытекает существование оператора B^{-1}. По первой теореме B^{-1} есть самосопряженный оператор, действующий из E в E^*. Покажем, что B^{-1} есть расширение A.

Пуст $x_0 \in D(A)$, тогда на основании замечания 4 и формулы (12) получаем при всех $y \in H_A$

$$[y, x_0] = (y, A x_0) = [y, B A x_0],$$

т. е.

$$x_0 = BAx_0,$$

или же

$$B^{-1}x_0 = Ax_0.$$

Наконец, если $x \in D(B^{-1})$ и $B^{-1}x = x^*$, то так как

$$D(B^{-1}) \subset H_A \text{ и } x^* \in R(B^{-1}) = D(B) = E^*,$$

$$(x, B^{-1}, x) = (Bx^*, x^*) [Bx, Bx^*] = |Bx^*|_A^2 \geqslant \gamma^2 |Bx^*|_E^2 = \gamma^2 |x|_E^2.$$

Тем самым теорема полностью доказана.

Замечание 5. Попутно нами доказано, что самосопряженное положительно-определенного оператора A, действующего из E в E^*, имеет ограниченный обратный определенный во всем пространстве E^*. Значит положительно-определенный самосопряженный оператор, действующий из E в E^*, имеет ограниченный обратный определенный во всем пространстве E^*.

[1] Существуют симметричные операторы, действующие из E в E^*, определенные во всем E, но не самосопряженные. Например, если E не регулярна и если A ограничен во всем E^{**}, так как из неравенства:

$$|(Ax, x^{**})| \leqslant |x^{**}|_{E^{**}} \cdot |Ax|_{E^*} \leqslant |A| \cdot |x^{**}|_{E^{**}} \cdot |x|_E$$

вытекает непрерывность функционала на E^*. Значит оператор A не самосопряженный, так как $E \neq E^{**}$, т. е. $D(A) \neq D(A^*)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирман М. Ш. О методе Фридрихса—расширения положительно-определенного оператора до самосопряженного. Зап. Ленинградск. горн. ин-та, т. 33, вып. 3, 1956.
2. Люстерник Л. А. и Соболев В. И. Элементы функционального анализа. М., 1951.
3. Халилов З. И. Основы функционального анализа. Баку, 1951.
4. Friedrichs K. Spektraltheorie halbbeschankter operatoren und Anwendung auf die spectralzerlegung von Differentialoperatoren. Math. Ann., 1934. Bd. 109, H. 4—5.

С. Ј. Јағубов

Банах фәзасында симметрик операторларын өз-өзүнә гошма кенишләнмәләри һаггында

ХҮЛАСӘ

E комплекс банах фәзасындан онун E^* гошма фәзасына тә'сир едән A оператору

1. $\overline{D(A)} = E$

2. $\overline{(x, A, y)} = (y, A, x)$ ихтијари $x, y \in D(A)$ үчүн шәртләрини өдәјәрсә, она симметрик оператор дејилир. Бурада (Ax, y) илә Ax функсионалынын y нөгтәсиндә гијмәти ифадә олунур. Симметрик A оператору $(x, Ax) \geqslant K|x|_E^2$, (1) K һәгиги әдәддир шәртини өдәјәрсә, она ашағыдан мәһдуд оператор дејәчәјик. Мәгаләдә исбат олунан теоремләр ашағыдакылардыр:

1-чи теорем: *E^*-дән E-јә тә'сир едән өз-өзүнә гошма A операторунун тәрси варса, тәрс оператор A^{-1}-дә E-дән E^*-ја тә'сир едән өз-өзүнә гошма операторду р.*

2-чи теорем: *E-дән E^*-ја тә'сир едән мүсбәт-мүәјјән A операторунун өз-өзүнә гошма кенишләнмәси вар вә һәмин кенишләнмиш оператор үчүн* (1) *бәрабәрсизлији доғрудур.*

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-рижазиҹҹат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Г. Ә. НӘЧӘФОВ

БИР СИНИФ ХӘТТИ ОЛМАЈАН ИНТЕГРАЛ ТӘНЛИКЛӘР СИСТЕМИ ҺӘЛЛИНИН БУДАГЛАНМА НӨГТӘСИ

Бу ишдә ашағыдакы шәкилдә хәтти олмајан интеграл тәнликләр системинә бахылыр:

$$\varphi_i(x) = \sum_{j=1}^{n} \lambda^j \int_0^1 K_{ij}(x,s) f_j[s, \lambda, \varphi_1(s), \varphi_2(s), \ldots, \varphi_n(s)]ds \qquad (1)$$

$$(i = \overline{1,n})$$

бурада $\varphi_i(x)$ ахтарылан функсијалар, λ—параметр, K_{ij}— $0 \leqslant x, s \leqslant 1$ квадратында регулјар нүвә, f_j—[0,1] парчасында s-ә көрә арасы кәсилмәз вә λ, φ_1, φ_2, . . . ,φ_n аргументләринә нәзәрән аналитик функсијадыр. Верилмиш (1) тәнликләр системинин $\lambda = \lambda_0$ гијмәтиндә һәллинин $\varphi_{i0}(x)$ $(i = \overline{1,n})$ олдуғуну фәрз едәк.

$$\lambda = \lambda_0 + \mu \text{ вә } \varphi_i(x) = \varphi_{i0}(x) + \psi_i(x)$$

әвәзләмәләриндән истифадә едәрәк (1) тәнлијини ашағыдакы шәкилдә јазмаг олар:

$$\psi_i(x) = \mu \int_0^1 K_{i1} f_1 ds + \int_0^1 \sum_{j=2}^{n} (\lambda_0 + \mu)^j K_{ij} f_j ds \qquad (2)$$

бурада

$K_{ij} = K_{ij}(x,s)$; $f_j = f_j[s, \lambda_0 + \mu, (\varphi_{10} + \psi_1), (\varphi_{20} + \psi_2), \ldots, (\varphi_{n0} + \psi_n)]$

нәзәрдә тутулур.

f_j-аналитик функсијасыны $\psi_1 = 0$, $\psi_2 = 0$, . . . , $\psi_n = 0$, $\mu = 0$ нөгтәси әтрафында гүввәт сырасына ајырдыгдан сонра, (2) тәнлији ашағыдакы шәкли алар:

$$\psi_i(x) = \mu \int_0^1 K_{i1} \Big(\sum_{r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma}^{0,\infty} A_{1, r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma} \psi_1^{r_1} \psi_2^{r_2} \ldots \psi_n^{r_n} \mu^{\sigma} \Big) ds +$$

$$+ (\lambda_0 + \mu)^2 \int_0^1 K_{i2} \Big(\sum_{r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma}^{0,\infty} A_{1, r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma} \psi_1^{r_1} \psi_2^{r_2} \ldots \psi_n^{r_n} \mu^{\sigma} \Big) ds +$$

$$+ \ldots + (\lambda_0 + \mu)^n \int_0^1 K_{in} \Big(\sum_{r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma}^{0,\infty} A_{n, r_1 r_2, \ldots, r_n, \sigma} \psi_1^{r_1} \psi_2^{r_2} \ldots \psi_n^{r_n} \mu^{\sigma} \Big) ds \qquad (3)$$

аларыг. Бурада

$$(i = \overline{1,n})$$

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Г. Ә. НӘЧӘФОВ

БИР СИНИФ ХӘТТИ ОЛМАЈАН ИНТЕГРАЛ ТӘНЛИКЛӘР СИСТЕМИ ҺӘЛЛИНИН БУДАГЛАНМА НӨГТӘСИ

Бу ишдә ашағыдакы шәкилдә хәтти олмајан интеграл тәнликләр системинә бахылыр:

$$\varphi_i(x) = \sum_{j=1}^{n} \lambda^j \int_0^1 K_{ij}(x,s) f_j[s, \lambda, \varphi_1(s), \varphi_2(s), \ldots, \varphi_n(s)]ds \qquad (1)$$

$$(i = \overline{1,n})$$

бурада $\varphi_i(x)$ ахтарылан функсијалар, λ—параметр, K_{ij}— $0 \leqslant x, s \leqslant 1$ квадратында регуљар нүвә, f_j—[0,1] парчасында s-ә көрә арасы кәсилмәз вә λ, φ_1. φ_2, . . . ,φ_n аргументләринә нәзәрән аналитик функсијадыр. Верилмиш (1) тәнликләр системинин $\lambda = \lambda_0$ гијмәтиндә һәллинин $\varphi_{i0}(x)$ $(i = \overline{1,n})$ олдуғуну фәрз едәк.

$$\lambda = \lambda_0 + \mu \text{ вә } \varphi_i(x) = \varphi_{i0}(x) + \psi_i(x)$$

әвәзләмәләриндән истифадә едәрәк (1) тәнлијини ашағыдакы шәкилдә јазмаг олар:

$$\psi_i(x) = \mu \int_0^1 K_{i1} f_1 ds + \int_0^1 \sum_{j=2}^{n} (\lambda_0 + \mu)^j K_{ij} f_j ds \qquad (2)$$

бурада

$K_{ij} = K_{ij}(x, s)$; $f_j = f_j[s, \lambda_0 + \mu, (\varphi_{10} + \psi_1), (\varphi_{20} + \psi_2), \ldots, (\varphi_{n0} + \psi_n)]$

нәзәрдә тутулур.

f_j-аналитик функсијасыны $\psi_1 = 0, \psi_2 = 0, \ldots, \psi_n = 0, \mu = 0$ нөгтәси әтрафында гүввәт сырасына ајырдыгдан сонра, (2) тәнлији ашағыдакы шәкли алар:

$$\psi_i(x) = \mu \int_0^1 K_{i1} \Big(\sum_{r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma}^{0,\infty} A_{1, r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma} \psi_1^{r_1} \psi_2^{r_2} \ldots \psi_n^{r_n} \mu^{\sigma} \Big) ds +$$

$$+ (\lambda_0 + \mu)^2 \int_0^1 K_{i2} \Big(\sum_{r_1, r_2 \ldots, r_n, \sigma}^{0,\infty} A_{1, r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma} \psi_1^{r_1} \psi_2^{r_2} \ldots \psi_n^{r_n} \mu^{\sigma} \Big) ds +$$

$$+ \ldots + (\lambda_0 + \mu)^n \int_0^1 K_{in} \Big(\sum_{r_1, r_2, \ldots, r_n, \sigma}^{0;\infty} A_{n, r_1 r_2, \ldots, r_n, \sigma} \psi_1^{r_1} \psi_2^{r_2} \ldots \psi_n^{r_n} \mu^{\sigma} \Big) ds \qquad (3)$$

аларыг. Бурада

$$(i = \overline{1,n})$$

$$A_{j,r_1,r_2,\ldots,r_n,\sigma} = A_{j,r_1,r_2,\ldots,r_n,\sigma}(s,\lambda_0) =$$
$$= \frac{1}{(r_1+r_2+\cdots+r_n+\sigma)!}\cdot\frac{\partial^{r_1+r_2+\ldots+r_n+\sigma} f_j}{\partial\varphi_{10}^{r_1}\cdot\partial\varphi_{20}^{r_2}\ldots\partial\varphi_{n0}^{r_n}\lambda_0^{\sigma}}$$

(3) системинин һәллини

$$\psi_i(x) = \sum_{k=1}^{\infty}\mu^k\psi_{ik}(x) \qquad (4)$$
$$(i=\overline{1,n})$$

сырасы шәклиндә ахтараг. Она көрә (4)-дән $\psi_i(x)$-ин ифадәсини (3) системиндә јеринә јазыб μ-үн ејни дәрәчәләринин әмсалларыны мүгаjисә етсәк,

$$\psi_{i1}(x) = \int_0^1\sum_{j=1}^n Q_{ij}\psi_{j1}(s)ds + \bar{f}_{i1}(x)$$

$$\psi_{i2}(x) = \int_0^1\sum_{j=1}^n Q_{ij}\psi_{j2}(s)ds + \bar{f}_{i2}(x,\psi_{11},\psi_{21},\ldots,\psi_{n1}) \qquad (5)$$

. . . . . .

. . . . . .

$$\psi_{ik}(x) = \int_0^1\sum_{j=1}^n Q_{ij}\psi_{jk}(s)ds + \bar{f}_{ik}(x,\psi_{11},\psi_{21},\ldots,\psi_{ni},\ldots,\psi_{1,k-1},\ldots,\psi_{n,k-1})$$

. . . . . .

. . . . . .

$$(i=\overline{1,n})$$

аларыг.

Бурада $Q_{ij}(x,s) = \sum_{p=1}^{n}\lambda_0^p K_{ip}A_{p,r_1,r_2,\ldots,r_m,0}$. Белә ки, $P=m$ олдугда $r_m=1$, лакин $p\neq m$ олдугда исә $r_m=0$ көтүрүлүр.

$$\bar{f}_{i_1}(x) = \int_0^1\sum_{p=1}^n K_{ip}\lambda_0^{p-1}(PA_{p,0,0,\ldots,0,0} + \lambda_0 A_{p,0,0,\ldots,0,1})ds$$

Үмумиjјәтлә (5) системинә дахил олан сәрбәст һәдләр x-дән асыл функсиjалар олачагдыр. Әкәр $F_{ik}(x) = \bar{f}_{ik}(x,\ \psi_{11},\ \psi_{21},\ldots,\ \psi_{n,k-1})$ ишарә етсәк, онда (5) системини ашағыдакы шәкилдә јазмаг олар:

$$\left.\begin{aligned}
\psi_{i1}(x) &= \int_0^1\sum_{j=1}^n Q_{ij}\psi_{j1}(s)ds + F_{i1}(x)\\
\psi_{i2}(x) &= \int_0^1\sum_{j=1}^n Q_{ij}\psi_{j2}(s)ds + F_{i2}(x)\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
\psi_{ik}(x) &= \int_0^1\sum_{j=0}^n Q_{ij}\psi_{jk}(s)ds + F_{ik}(x)\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$
$$(i=\overline{1,n})$$

(6) системиндән ашкар көрүнүр ки, бунун һәр тәнлиjи хәтти интеграл тәнликләр системиндән ибарәтдир. Интеграл тәнликләр нәзәриjjәсиндән мә'лумдур ки, хәтти интеграл тәнликләр системинин һәллини нүвәсинин координат охларына параллел кәсилмә хәтләри олан бир хәтти интеграл тәнлиjинин һәллинә кәтирмәк олар. Она көрә

$$\left.\begin{aligned} i-1 < x < i\\ j-1 < s < j\end{aligned}\right\}$$ гиjмәтләри үчүн $Q_{ij}(x-i+1,\ s-j+1) = Q(x,s)$

Бурада i, p там әдәдләри 1-дән n-ә кими гиjмәтләр алыр. $i-1<x<i$ үчүн $R_1(x)=F_{i1}(x-i+1)$ (6) олса, онда ашағыдакы $x=1,2,3,\ldots,n-1$ вә $s=1,2,3,\ldots,n-1$ дүз хәтләри үмумиjјәтлә $Q(x,\ s)$ функсиjасы үчүн кәсилмә хәтләри олар.

Фәрз едәк ки, (6) системинин биринчи тәнлиjинин һәлли ψ_{11}, ψ_{21}, $\psi_{31}\ldots,\psi_{n1}$-дир. Онда n функсиjаларын көмәjи илә $(0,\ n)$ интервалында ашағыдакы $\phi_1(x)$ функсиjасыны гурмаг олар.

$i-1<x<i$ үчүн $\psi_{i1}(x-i+1)=\phi_1(x)$ олсун.

Бу гаjда илә (6) системинин икинчи тәнлиjи үчүн $\phi_2(x)$ функсиjасыны, үчүнчү тәнлиjи үчүн $\phi_3(x)$ вә илахыр K-чы тәнлиjи үчүн $\phi_k(x)$ көмәкчи функсиjаларыны гурмаг олар. Онда (6) тәнликләр системини

$$\left.\begin{aligned}
\phi_1(x) &= \int_0^n Q(x,\ s)\,\phi_1(s)ds + R_1(x)\\
\phi_2(x) &= \int_0^n Q\,(x,\ s)\phi_2(s)ds + R_2(x)\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
\phi_k(x) &= \int_0^n Q(x,\ s)\phi_k(s)\,ds + R_k(x)\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

шәкилдә јазмаг олар.

Әкәр вahид $Q(x,\ s)$ нүвәсинин рангы бир олан характеристик әдәдидирсә, онда Фредголмун үчүнчү теореминә көрә (7) системинин биринчи тәнлиjинин һәлл олмасы үчүн лазыми вә кафи шәрт

$$\int_0^n R_1(s)\omega(s)ds = 0 \qquad (8)$$

өдәнилмәсидир. Бурада $\omega(s)$ функсиjасы (7) системинин биринчи тәнлиjинә уjгун бирчинсли рабитәли тәнлиjин хүсуси функсиjасыдыр.

(8) шәрти өдәнилдикдә (7) системинин биринчи тәнлиjинин һәлли:

$$\phi_1(x) = d_1\omega(x) + R_1(x) + \int_0^n TR_1ds$$

Бурада $T-Q(x,\ s)$ нүвәсинин псевдорезолвентидир;
jахуд $\phi_1(x) = d_1\omega(x) + P_1(x)$ олар.

Бурада $P_1(x)$ тамамилә тә'jин едилмиш функсиjа, d_1 исә ге.римүәjjән сабитдир.

П 26571

(7) системинин икинчи тәнлијинин һәлли үчүн лазыми вә кафи шәрт

$$\int_0^1 R_2(s)\omega(s)ds = 0 \tag{9}$$

өдәнилмәсидир.

$R_2(s)$[6] гијмәтини (9) да јеринә јазсаг, онда

$$\int_0^n [B_2(s)+c_1(s)\phi_1(s) + c_0(s)\phi_1^2(s)]\omega(s)ds = 0$$

јахуд

$$\int_0^n \{B_2(s)+C_1(s)[d_1\omega(s)+P_1(s)+C_0(s)[d_1\omega(s) + P_1(s)]^2\}\omega(s)ds = 0$$

алары г. Бурада мә'лум елементар чевирмәләрдән сонра d_1-ә нәзәрән

$$ad_1^2 + bd + c = 0 \tag{10}$$

квадрат тәнлијини алары г.

Бурада a, b вә c мә'лум сабит әдәдләрдир. Әкәр (10) тәнлијинин көкләри һәгиги әдәдләрдирсә, онда $d_{1,1}$ вә $d_{1,2}$ әдәдләринә гаршы ујғун олараг тамамилә тә'јин едилмиш $\phi_{1,\theta}(x) = d_{1,\theta}\omega(x) + P_1(x)$ (бурада $\theta = 1; 2$) функсијасыны алары г. Әкәр $\phi^{1,\theta}(x)$ јухарыда көстәрилән гајда үзрә тә'јин едилмишдирсә, онда $\phi_2(x)$ функсијасы үчүн ашағыдакы ифадәни јазмаг олар:

$$\phi_{2,\theta}(x) = d_{2,\theta}\omega(x) + R_2(x, \phi_1) + \int_0^n TR_2 ds$$

Бурада T—Q (x, s) нүвәсинин псевдорезолвентидир; јахуд $\phi_{2,\theta}(x) = d_{2,\theta}\omega(x) + P_{2,\theta}(x)$ шәклиндә јазмаг олар, бурада $P_{2,\theta}(x)$ тамамилә тә'јин едилмиш функсија, $d_{2,\theta}$ исә мә'лум олмајан сабитдир.

(7) системинин үчүнчү тәнлијинин һәлли үчүн

$$\int_0^n R_3(s, \phi_1, \phi_2)\omega(s)\,ds = 0 \tag{11}$$

бәрабәрлији өдәнилмәлидир.

$R_3(s, \phi_1, \phi_2,)$ (6) гијмәтини (11)-дә јеринә јазсаг,

$$\int_0^n [B_3 + c_2\phi_{1,\theta} + c_1(d_{2,\theta}\omega + P_{2,\theta}) + c_0\phi_{1,\theta}(d_{2,\theta}\omega + p_{2,\theta})]\omega(s)ds = 0$$

буradan

$$d_{2,\theta} = \frac{F_{2,\theta}}{F_\theta} \tag{12}$$

олар, бурада

$$F_{2,\theta} = \int_0^n (B_3 + c_2\phi_{1,\theta} + c_1P_{2,\theta} + c_0\phi_{1,\theta}P_{2,\theta})\,\omega(s)ds$$

$$F_\theta = -\int_0^n (c_1 + c_0\phi_{1,\theta})\omega^2(s)ds$$

Бурада $F_\theta \neq 0$ фәрз олунур. (12) бәрабәрлијиндән ашкардыр ки, $d_{2,\theta}$ сабити биргијмәтли тә'јин едилир. Бу гајда илә

$$\phi_{3,\theta}(x) = d_{3,\theta}\omega(x) + R_{3,\theta}(x, \phi_1, \phi_2) + \int_0^n TR_{3,\theta}ds$$

јахуд

$$\phi_{3,\theta}(x) = d_{3,\theta}\omega(x) + P_{3,\theta}(x).$$

Бурада $P_{3,\theta}(x)$ мә'лум функсија, $d_{3,\theta}$ исә мүәјјән олмајан сабитдир.

$d_{3,\theta}$ сабитини дә $d_{2,\theta}$ сабитини тапдығымыз гајда үзрә $d_{3,\theta} = \frac{F_{3,\theta}}{F_\theta}$ олдуғуну тә'јин едирик, бурада $F_{3,\theta}$ вә F_θ мә'лум сабит әдәдләрдир. Үмуми јәтлә $\phi_{m,\theta}(x)$ функсијасыны $\phi_{m,\theta}(x) = d_{m,\theta}\omega(x) + P_{m,\theta}(x)$ $(m = \overline{1, \infty},\ \theta = 1; 2)$ дүстуру васитәсилә ифадә етмәк олар. Бурада $d_{m,\theta} = \frac{F_{m,\theta}}{F_\theta}$ вә

$$P_{m,\theta}(x) = R_{m,\theta}(x, \phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_{m-1}) + \int_0^n TR_{m,\theta}(s, \phi_1, \ldots, \phi_{m-1})\,\omega\,ds$$

Јухарыда апарылан әмәлијјатлардан ашкар көрүнүр ки, ардычыл олараг гурдуғумуз $\phi_{m,\theta}(x)$ функсијаларын көмәјилә формал ики сыра алыныр.

Инди исбат едәк ки, (4) сырасы $\mu = 0$ нөгтәси әтрафында јығылыр. Бу сыранын јығылан олдуғуну исбат етмәк үчүн x_0 әдәдини ашағыдакы шәрт дахилиндә тә'јин едәк.

$[0, n]$ парчасында

$$|\phi_{1,\theta}(x)| = |d_{1,\theta}\omega(x) + P_1(x)| < x_0$$

олсун.

$$S(z) = R\left[\frac{1}{(1-z)(1-\mu)} - (1 + \mu + z)\right] \tag{13}$$

көмәкчи функсионал тәнлијинә бахаг. Бурада R сабит әдәддир. (13) тәнликдә z әвәзинә

$$z = \mu x_0 + \mu^2(x_1 + y_1) + \mu^3(x_2 + y_2) + \ldots + \mu^{m+1}(x_m + y_m) + \ldots$$

сырасыны јазыб, алынан ифадәни $\mu = 0$ нөгтәси әтрафында сыраја ајырсаг, онда

$$S(\mu) = \mu^2S_2 + \mu^2S_3 + \ldots + \mu^mS_m + \ldots \tag{14}$$

алары г, бурада

$$S_2(0) = R(1 + x_0 + x_0^2)$$

$$S_3(0) = R[1 + x_0 + x_0^2 + x_0^3 + x_1 + y_1 + 2x_0(x_1 + y_1)]$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$S_m(0) = R\left[1 + \sum_{j=0}^{m-1}\sum_{\alpha=1}^{m-j}\prod_{i=1}^{\alpha}(X_{r_i-1} + Y_{r_i-1})\right],$$

(бурада квадрат мөтәрәзәдәки икигат чәмдә, $j = 0$, $\alpha \neq 1$ олдугда $\sum_{i=1}^{\alpha} r_i = m-j$ бәрабәрлији өдәнилмәк шәртилә бүтүн мүмкүн олан там әдәдләр көтүрүлүр) белә ки, $Y_0 = 0$-дыр.

Инди көстәрәк ки, $P_{2,\theta}(x)$—ифадәсинин мажаранты S_2-дир. Доғрудан да

$$|P_{2,\theta}(x)| < |B_2(x)| + |c_1(x)\,\|\,\phi_{1,\theta}(x)| + |c_0(x)\,\|\,\phi_{1,\theta}(x)|^2 < R + Rx_0 + Rx_0^2$$

онда

$$|P_{2,\theta}(x)| < R(1 + x_0 + x_0^2)$$

јахуд

$$|P_{2,\theta}(x)| < S_2 \text{ олар.}$$

Бу гајда илә

$$|P_{3,\theta}(x)| < R[1 + x_0 + x_0^2 + x_0^3 + x_1 + y_1 + 2x_0(x_1 + y_1)]$$

олар. Үмуми јәтлә $x_m + y_m$ ифадәси $\phi_{m+1,\theta}(x)$ функсијасынын мажаран-

ты олдугда, $P_{m,\theta}(x)$ функсијасынын мажаранты S_m олар. ($m = 1, 2, 3, \ldots$) әкәр $S_{m+1} = Y_m$ ишарә етсәк, онда $|(P_{m,\theta}(x)| < y_{m-1}$ олар. X_m сабитини ашағыдакы бәрабәрликдән тә'јин едәк.

$$[|F_0| + a^2R(1+2x_0)]x_m = a^2(S_{m+2} + Y_m) \qquad (15)$$

Бурада $|F_\theta| = \int_0^n (c_1 + c_0\phi_{1,0})\omega^2(s)ds, \qquad [0, n]$

парчасында $|\omega(x)| < a$ ашкардыр ки, (15) бәрабәрлијиндән $|d_{m+1,\theta}\varphi_1(x)| < x_m$ олар.

Онда $|\phi_{m+1,\theta}(x)| < x_m + y_m$ олар.

Әкәр $X = \sum_{i=2}^{\infty} \mu^i X_{i-1}$ вә $y = \sum_{i=2}^{\infty} \mu^i y_{i-1}$ функсијаларыны ишарә етсәк, онда $z = \mu x_0 + x + y$ олар.

Асанлыгла көрмәк олар ки, $x_1, x_2, \ldots, x_m; y_1, y_2, \ldots, y_m$ әдәдләринин тә'јин олунмасы

$$y = R\left[\frac{1}{(1-\mu x_0 - x - y)(1-\mu)} - (1 + \mu + \mu x_0 + x + y)\right]$$

$$[|F_\theta| + a^2R(1+2x_0)]\mu x = a^2R\left[\frac{1}{(1-\mu x_0 - x - y)(1-\mu)} - (1 + \mu + \mu x_0 + x + y) - \mu^2(1 + x_0 + x_0^2)\right] + a^2\mu y \quad . \qquad (16)$$

Систем тәнлијинин x вә y-ә нәзәрән һәлли илә бир күчдәдир.

$$\frac{1}{(1-z)(1-\mu)} - (1 + \mu + z) = \frac{z^2}{(1-z)(1-\mu)} + \frac{\mu(\mu + z)}{1-\mu}$$

Ејнилијиндән истифадә едәрәк (16) систем тәнлијини ашағыдакы шәкилдә јазмаг олар:

$$\mu Y = R\left[\frac{(\mu x_0 + \mu X + \mu Y)^2}{(1-\mu x_0 - \mu X - \mu Y)(1-\mu)} + \frac{\mu(\mu + \mu x_0 + \mu X + \mu Y)}{1-\mu}\right]$$

$$[|F_\theta| + a^2R(1+2x_0)]\mu^2 X = a^2R\left[\frac{(\mu x_0 + \mu X + \mu Y)^2}{(1-\mu x_0 - \mu X - \mu Y)(1-\mu)} + \frac{\mu^2(1 + x_0 + X + Y)}{1-\mu} - \mu^2(1 + x_0 + x_0^2)\right] + a^2\mu^2 Y \quad . \qquad (17)$$

Бурада $x = \mu X$; $y = \mu Y$ (17) системин биринчи тәнлијини исә μ^2 икинчи тәнлијини исә μ^2 ихтисар етсәк, онда

$$F_1 \equiv Y - R\left[\frac{\mu(x_0 + X + Y)^2}{(1-\mu x_0 - \mu X - \mu Y)(1-\mu)} + \frac{\mu(1 + x_0 + X + Y)}{1-\mu}\right] = 0$$

$$F_2 \equiv [|F_\theta| + a^2R(1+2x_0)]X - a^2R\left[\frac{(x_0 + X + Y)^2}{(1-\mu x_0 - \mu X - \mu Y(1-\mu)} + \frac{1 + x_0 + X + Y}{1-\mu} - (1 + x_0 + x_0^2)\right] - a^2Y = 0 \quad . \qquad (18)$$

(18) системиндән $\mu = 0$ нөгтәсинин мүәјјән әтрафында μ-дән асылы олан X вә Y һоломорф функсијаларыны тә'јин етмәк үчүн лазыми вә кафи шәрт $X = Y = \mu = 0$ олдугда,

$\Delta = \dfrac{D(F_1, F_2)}{D(X, Y)} \neq 0$ олмалыдыр. Доғрудан да (18) системиндән

$$\left.\frac{\partial F_1}{\partial X}\right|_{X=Y=\mu=0} = 0 \quad ; \quad \left.\frac{\partial F_1}{\partial Y}\right|_{X=Y=\mu=0} = 1$$

$$\left.\frac{\partial F_2}{\partial X}\right|_{X=Y=\mu=0} = |F_0| ; \quad \left.\frac{\partial F_2}{\partial Y}\right|_{X=Y=\mu=0} = -a^2(1 + R + 2x_0R)$$

Онда

$$\Delta = \begin{vmatrix} \dfrac{\partial F_1}{\partial X} & \dfrac{\partial F_1}{\partial Y} \\ \dfrac{\partial F_2}{\partial X} & \dfrac{\partial F_2}{\partial Y} \end{vmatrix} = -|F_\theta| \text{ олар.}$$

$\Delta \neq 0$ олдуғу үчүн (18) системиндән

$$X = \mu x_1 + \mu^2 x_2 + \mu^3 x_3 + \ldots$$

$$Y = \mu y_1 + \mu^2 y_2 + \mu^3 y_3 + \ldots$$

тә'јин едирик.

Бурадан ашкар көрүнүр ки, x вә y функсијаларыны тә'јин едән сыраларын $\mu = 0$ нөгтәси әтрафында сонлу јығылма радиусу вардыр. Она көрә дә $z = \mu x_0 + \mu^2(x_1 + y_1) + \mu^3(x_2 + y_2) + \ldots$ сырасынын да сонлу јығылма радиусу олачагдыр. Ахырынчы сыра исә (4) сырасынын мажарантыдыр, ја'ни бу сыра да јығыландыр. Онда ашағыдакы теоремин јери вардыр.

Теорем. *Әкәр вахид, $K_{ij}(x, s)$ ($i, j = \overline{1, n}$) нүвәсинин көмәји илә дүзәлмиш $Q(x, s)$ нүвәсинин рангы бир олан характеристик әдәдидирсә, онда верилмиш* (1) *интеграл тәнликләр системинин $\lambda = \lambda_0$ нөгтәсинин мүәјјән әтрафында ики $\varphi_{i,0}(x) = \varphi_{i,0}(x) + \sum_{m=1}^{\infty}(\lambda - \lambda_0)^m \psi_{m,\theta}$ шәклиндә олан һоломорф һәлли вар вә*

$$\lim_{\lambda \to \lambda_0} \varphi_{i,0}(x) = \varphi_{i,0}(x) \qquad (\theta = 1; 2, \ i = \overline{1, n})$$

олур.

ӘДӘБИЈЈАТ

1. Ахмедов К. Т. Теоремы существования решения некоторых систем нелинейных уравнений. Труды АГУ им. С. М. Кирова, серия физ.-мат., IV вып. Изд. АГУ, 1954.
2. Голубев В. В. Лекция по аналитической теории дифференциальных уравнений. Гостехиздат, 1950.
3. Гурса Э. Курс математического анализа, т. III, ч. II, ОНТИ, 1936.
4. Наджафов К. А. Существование и разветвления решений одного класса нелинейного интегрального уравнения. Труды АзИИ им. М. Азизбекова, вып. IX Азнефтеиздат, 1955.
5. Наджафов К. А. Точки разветвления решений одного класса нелинейных интегро-дифференциальных уравнений. Труды АзНИИ им. М. Азизбекова, вып. XIX. Азнефтеиздат, 1957.
6. Назаров Н. Н. Нелинейные интегральные уравнения типа Гамперштейна. Труды Среднеаз. гос. ун-та, серия V, математ., вып. 33. Ташкент, Узгосиздат 1941.

К. А. Наджафов

Точки разветвления решений одной системы нелинейных интегральных уравнений

РЕЗЮМЕ

В настоящей работе исследуются точки разветвления решений системы уравнений, имеющих вид:

$$\varphi_i(x) = \sum_{j=1}^{n} \lambda^j \int_0^1 K_{ij}(x,\ s) f_j[s, \lambda, \varphi_1(s), \varphi_2(s), \ldots, \varphi_n(s)]\, ds, \qquad (1)$$

где $\varphi_i(x)$—суть искомые функции, K_{ij}—регулярные ядра в $0 \leqslant x, s \leqslant 1$, f_j—суть непрерывные функции s в $0 \leqslant s \leqslant 1$ и аналитические относительно λ, $\varphi_1(s)$, $\varphi_2(s)$, . . . , $\varphi_n(s)$.

В результате исследования доказывается следующая

Теорема. *Если единица является характеристическим числом ранга единица ядра* $Q(x,s)$, *построенного при помощи* $K_{ij}(x,s)$ $(i, j = \overline{1, n})$, *то в определенной окрестности точки* $\lambda = \lambda_0$ *система интегральных уравнения* (1) *допускает два голоморфных решения, представимых в виде ряда*

$$\varphi_{i,\theta}(x) = \varphi_{i,0}(x) + \sum_{m=1}^{\infty} (\lambda - \lambda_0)^m \psi_{m,\theta}, \quad (i = \overline{1, n};\ \theta = 1, 2)$$

причем

$$\lim_{\lambda \to \lambda_0} \varphi_{i,\theta}(x) = \varphi_{i,0}(x).$$

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960 № 3

К. А. КЕРИМОВ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДАРНОЙ ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЙ ПРИ БОЛЬШИХ ДЕФОРМАЦИЯХ

Среди широкого круга вопросов механики сплошных сред важное место занимают динамические задачи, относящиеся к проблеме распространения ударных волн в различных средах и применению этой теории к исследованию динамической прочности материалов, конструкций и сооружений.

Теория сопротивления твердых тел деформированию и разрушению при импульсивных кратковременных нагрузках типа удара и взрыва за последние годы привлекает все большее внимание исследователей и инженеров-практиков как у нас, так и за рубежом.

Постановка и решение основных задач о распространении волн в упруго-пластической среде принадлежат Х. А. Рахматулину [2], исследовавшему закон распространения плоских волн в стержнях (с учетом необратимости процесса пластических деформаций). При этом им впервые показано существование так называемой „волны разгрузки“[1], обусловленной необратимостью процесса пластических деформаций, скорость распространения которой больше скорости волны Римана, несущей максимальную пластическую деформацию, и меньше скорости звука при упругих деформациях. Х. А. Рахматулиным решен также ряд задач относительно поперечного удара по упруго-пластической нити.

В работе [4] дан подробный обзор полученных результатов по современным задачам динамики при упруго-пластических деформациях в СССР и зарубежом.

Достижения теории продольного и поперечного удара позволяют создать экспериментальные методы определения динамической кривой „напряжение—деформация“ сжатия или растяжения для различных материалов.

В настоящее время в литературе имеется несколько методов определения динамической кривой $\sigma = \sigma(\varepsilon)$, основанных на знании остаточной деформации материалов, полученной из эксперимента. Зная величину остаточной деформации, можно определить одновременно напряжение и деформацию исследуемых материалов. Указанные методы разработаны Х. А. Рахматулиным, В. С. Ленским и автором настоящей статьи. С помощью этих методов построены динамические диаграммы сжатия для металлов.

[1] Волна разгрузки ныне называется „волной Рахматулина“.

Однако существующие методы, в основном, пригодны только для случая малых деформаций. В данной работе, в отличие от существующих, дается метод определения ударной диаграммы „натяжение—деформация" растяжений при больших деформациях в случае поперечного нагружающего удара, и этот метод иллюстрирован на примере построения динамической диаграммы для резины.

1. **Случай нормального удара.** Известно, что в этом случае картина изменения деформации будет иметь вид, показанный на рис. 1.

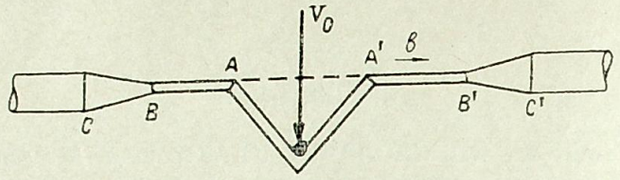


Рис. 1

Как видно из рисунка, в частях BC, $B'C'$ деформация переменна по длине. За сечениями C и C' лежат невозмущенные ударом области. Точки A' и A являются точками перехода продольного движения в поперечное.

Из теории [3], известно, что если деформации при ударе сопровождаются слабыми разрывами, т. е. для участков нити CB и $C'B'$ (на волнах Римана), где деформация переменна, будем иметь:

$$u = \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} a(\varepsilon)\, d\varepsilon = \psi(\varepsilon) - \psi(\varepsilon_0), \tag{1,1}$$

где $a(\varepsilon) = \sqrt{\frac{1}{\rho_0}\frac{dT}{d\varepsilon}}$ —скорость распространения возмущения, а в окресности излома—

$$\rho_0 (b + u)^2 = (1 + \varepsilon)\, T(\varepsilon)\,. \tag{1,2}$$

Здесь ρ_0—масса единицы длины нити;
ε_0—начальная деформация нити;
v_0—скорость удара;
b—скорость распространения точки излома A и A';
γ—угол между прогнутой частью нити и ее начальным направлением;
$T = T(\varepsilon)$—искомый закон растяжения.

Пусть из эксперимента известна картина движения частицы т. е.

$$v_0 = v_0(\gamma); \tag{1,3}$$

с другой стороны, пользуясь соотношениями

$$b + u = b \sec\gamma \quad \text{и} \quad v_0 = b \operatorname{tg}\gamma$$

для (1,1) и (1,2), получим:

$$\int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} a(\varepsilon)\, d\varepsilon = \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} \sqrt{\frac{1}{\rho_0}\frac{dT}{d\varepsilon}}\, d\varepsilon = \frac{(1 - \cos\gamma) v_0(\gamma)}{\sin\gamma} = \varphi(\gamma)\,. \tag{1,4}$$

$$(1 + \varepsilon)\, T(\varepsilon) = \rho_0 \left(\frac{v_0(\gamma)}{\sin\gamma}\right)^2 = f(\gamma). \tag{1,5}$$

Продифференцируя выражения (1,4) и (1,5) по γ, имеем:

$$\frac{d\,[(1 + \varepsilon)\, T(\varepsilon)]}{d\gamma} = \frac{df(\gamma)}{d\gamma}, \tag{1,6}$$

$$\left(\frac{d\varphi}{d\gamma}\right)^2 = \frac{1}{\rho_0}\frac{dT}{d\varepsilon}\left(\frac{d\varepsilon}{d\gamma}\right)^2. \tag{1,7}$$

Исключив из выражений (1,6) и (1,7) $\frac{dT}{d\varepsilon}$, получим:

$$f(\gamma)\left(\frac{d\varepsilon}{d\gamma}\right)^2 - \frac{df}{d\gamma}(1 + \varepsilon)\frac{d\varepsilon}{d\gamma} + \rho_0 (1 + \varepsilon)^2 \left(\frac{d\varphi}{d\gamma}\right)^2 = 0\,. \tag{1,8}$$

Таким образом, решение поставленной задачи определения диаграммы растяжения сводится к решению нелинейного дифференциального уравнения вида (1,8).

В случае малой деформации, т. е. когда ε мало по сравнению с единицей, дифференциальное уравнение будет иметь вид[2].

$$\frac{1}{\rho_0}\frac{df}{d\gamma}\left(\frac{d\varepsilon}{d\gamma}\right) = \left(\frac{d\varphi}{d\gamma}\right)^2. \tag{1,9}$$

Решение полученного дифференциального уравнения (1,8) легко сводится к квадратурам.

Действительно, решая квадратное уравнение (1,8) относительно $\frac{d\varepsilon}{d\gamma}$ и разделяя переменные, получим:

$$\left(\frac{d\varepsilon}{d\gamma}\right)^2 - \lambda_1 (1 + \varepsilon)\frac{d\varepsilon}{d\gamma} + \lambda_2 (1 + \varepsilon)^2 = 0,$$

где

$$\lambda_1 = \frac{1}{f(\gamma)} \cdot \frac{df(\gamma)}{d\gamma}; \quad \lambda_2 = \frac{\rho_0}{f(\gamma)}\left(\frac{d\varphi}{d\gamma}\right)^2;$$

$$\frac{d\varepsilon}{1 + \varepsilon} = \left(\frac{\lambda_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\lambda_1}{2}\right)^2 - \lambda_2}\right) d\gamma.$$

Интегрируя, имеем:

$$\ln\left(\frac{1 + \varepsilon}{c}\right) = \int_{\gamma_0}^{\gamma} \left[\frac{\lambda_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\lambda_1}{2}\right)^2 - \lambda_2}\right] d\gamma.$$

Постоянная c определяется из начального условия, т. е. при $\gamma = \gamma_0$

$$c = 1 + \varepsilon_0.$$

Следовательно, окончательно имеем:

$$\varepsilon = (1 + \varepsilon_0)\, e^{\Phi} - 1, \tag{1,10}$$

где через Φ обозначено

$$\Phi = \int_{\gamma_0}^{\gamma} \left[\frac{\lambda_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\lambda_1}{2}\right)^2 - \lambda_2}\right] d\gamma.$$

---

[2] Это уравнение получено Рахматулиным.

Для T из выражения (1,5) имеем:

$$T=\frac{f(\gamma)}{1+\varepsilon}. \tag{1,11}$$

Таким образом, решение задачи сводится к нахождению ε, T как функции γ

$$T=T(\gamma),\quad \varepsilon=\varepsilon(\gamma). \tag{1,12}$$

2. **Случай сильного разрыва.** При этом картина изменения деформации будет иметь вид, указанный на рис. 2.

Известно, что в этом случае для скорости частицы u равенство 1,1) не справедливо.

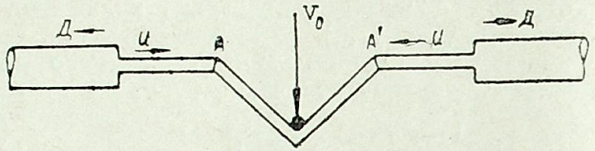


Рис. 2

Рассмотрим элемент в окрестности поверхности разрыва $B—B$, (рис. 3).

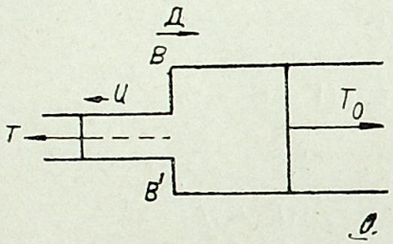


Рис. 3

Применяя теорему об изменении количества движения и условия сохранения массы к рассматриваемому элементу, будем иметь:

$$D\rho_0' u=T-T_0 \tag{2,1}$$

$$(D+u)\rho=D\rho_0', \tag{2,2}$$

где ρ_0 и ρ—плотность нити соответственно до и после деформации;

D—скорость распространения поверхности сильного разрыва;

u—скорость движения частицы;

$T=T(\varepsilon)$—по-прежнему искомый закон растяжений.

Здесь неизвестными величинами являются D, u, ε.

В силу определения деформации имеет место следующее равенство:

$$\frac{D-l_0}{l_0}=\varepsilon_0,\ \text{откуда}\ D=l_0(1+\varepsilon_0)$$

С другой стороны, после деформации

$$\frac{D}{1+\varepsilon_0}=\frac{D+u}{1+\varepsilon}. \tag{2,3}$$

Следовательно, для D имеем:

$$D=u\frac{(1+\varepsilon_0)}{\varepsilon-\varepsilon_0}. \tag{2,4}$$

Подставляя значение D в выражение (2,1), (имея в виду, что $\rho_0'=\frac{\rho_0}{1+\varepsilon_0}$), получим:

$$\rho_0 u^2=(\varepsilon-\varepsilon_0)(T-T_0). \tag{2,5}$$

Пользуясь соотношениями (1,2), (1,3) будем иметь:

$$\rho_0 v_0^2\frac{(1-\cos\gamma)^2}{\sin^2\gamma}=(\varepsilon-\varepsilon_0)(T-T_0), \tag{2,6}$$

$$\rho_0\frac{v_0^2}{\sin^2\gamma}=(1+\varepsilon)T. \tag{2,7}$$

Введем следующие обозначения:

$$B=\frac{\rho_0 v_0^2}{\sin^2\gamma},\quad A=B.\ (1-\cos\gamma)^2.$$

Тогда имеем:

$$A=(T-T_0)(\varepsilon-\varepsilon_0), \tag{2,6'}$$

$$B=(1+\varepsilon)T. \tag{2,7'}$$

Подставляя значение ε из (2,7) в (2,6) получим следующее квадратное уравнение относительно T:

$$(1+\varepsilon_0)T^2+(A-B-(1+\varepsilon_0(T_0)T+BT_0=0. \tag{2,8}$$

Как видно, в этом случае задача определения зависимости между натяжением и деформацией сводится к решению указанного квадратного уравнения.

Или

$$T^2-\frac{B-A+T_0(1+\varepsilon_0)}{1+\varepsilon_0}T+\frac{B}{1+\varepsilon_0}T_0=0,$$

откуда для T имеем:

$$T=\frac{B-A+T_0(1+\varepsilon_0)}{2(1+\varepsilon_0)}\pm\sqrt{\left[\frac{B-A+T_0(1+\varepsilon_0)}{2(1+\varepsilon_0)}\right]^2-\frac{BT_0}{1+\varepsilon_0}}, \tag{2,9}$$

а следовательно, для ε имеем:

$$\varepsilon=\frac{B}{T}-1. \tag{2,10}$$

Таким образом, при заданном $v_0=v_0(\gamma)$ окончательно можем определить T и ε как функцию

$$T=T(\gamma);\qquad \varepsilon=\varepsilon(\gamma).$$

3. Теперь применим в качестве иллюстрации выводы, полученные нами на примере построения ударной диаграммы для резины.

Для построения этой диаграммы нами использованы экспериментальные данные, полученные сотрудниками лаборатории динамики МГУ Р. И. Надеевой, В. Рябовой. Испытание проводилось над резиновым шнуром диаметром $\alpha=8{,}25$ *мм* с начальной деформацией $\varepsilon_0=0{,}5$, с линейной массой, приходящейся на один сантиметр длины шнура, равной $0{,}0586\cdot10^{-4}\ \frac{кг\ сек^2}{см^2}$. Удары были осуществлены с различными скоростями при помощи груза, вес которого равен 260 *г*.

На основании этих данных полученная кривая зависимости скорости удара от угла наклона шнура γ имеет вид показанный на (рис. 4).

Кривая зависимости $v=v(\gamma)$ нами оппроксимирована с достаточно приемлемой точностью функцией

$$v_0 = A\gamma^2 + B\gamma. \tag{3,1}$$

Расчетные формулы (1,10) и (1,11) для случая слабого разрыва после подстановок и преобразований принимают вид:

$$T = \frac{\rho_0 v_0^2}{(1+\varepsilon)\sin\gamma}, \tag{3,2}$$

$$\varepsilon = (1+\varepsilon_0)\, e^{\int_0^{\gamma} \frac{\left[V_0'\sin\gamma - V_0\cos\gamma\right] - \sqrt{\left(V_0'\sin\gamma - V_0\cos\gamma\right)^3 - \frac{-(1-\cos\gamma)^2\left(V_0 + V_0'\sin\gamma\right)^3}{V_0\sin\gamma}}}{V_0\sin\gamma} d\gamma} - 1. \tag{3,3}$$

Расчетные формулы для определения ε и T в случае сильного разрыва имеют вид:

$$T = \frac{[B - A + T_0(1+\varepsilon)]}{2(1+\varepsilon_0)} - \sqrt{\left[\frac{B - A + T_0(1+\varepsilon_0)}{2(1+\varepsilon_0)}\right]^2 - 30\cdot B} \tag{3,4}$$

$$\varepsilon = \frac{\rho_0 v_0^2}{T\sin^2\gamma} - 1, \tag{3,5}$$

где $\dfrac{T_0}{1+\varepsilon_0} = 30$, $\varepsilon_0 = 0{,}5$.

В этих формулах перед корнем был взят знак минуса, так как только при этом формулы дают реальный результат для деформации.

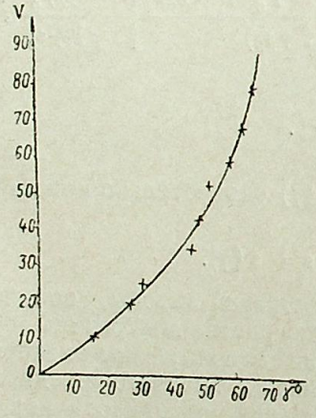
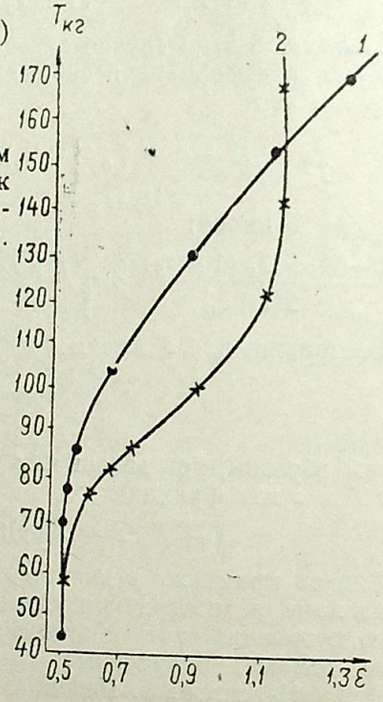


Рис. 4



Рис, 5

При помощи полученных формул для ε и T составлены таблицы (табл. 1 и 2) и построены диаграммы (рис. 5) для резины при слабом разрыве (*1*) и при сильном разрыве (*2*).

Таблица 1

Для случая слабого разрыва	ε	0,5	0,506	0,516	0,534	0,566	0,612	0,681	0,776	0,890	1,022	1,100
	T, *кг*	45	63,18	67,07	71,67	76,59	82,29	88,62	96,2	106,76	123,78	157,78

Таблица 2

Для случая сильного разрыва	ε	0,504	0,516	0,532	0,607	0,643	0,762	0,900	1,013	1,123	1,277
	T, *кг*	70,32	77,06	85,416	90,89	104,1	106,4	127,36	134,5	153,25	168,09

Ход кривой $T=T(\varepsilon)$ показывает, что для резины при рассмотренном диапазоне скорости удара сильный разрыв невозможен, так как с увеличением деформации ε (тангенс угла касательной уменьшается) скорость распространения волн уменьшается, что дает противоречивый результат.

Следует отметить, что формула (3,2) остается в силе при взятой нами опроксимирующей функции (3,1), что отвечает тому, что $\gamma \leqslant 58°$, в противном случае формула для ε при слабом разрыве теряет свой смысл.

В работе для сопоставления приведена диаграмма $T=T(\varepsilon)$ при статическом нагружении этой резины (рис. 6).

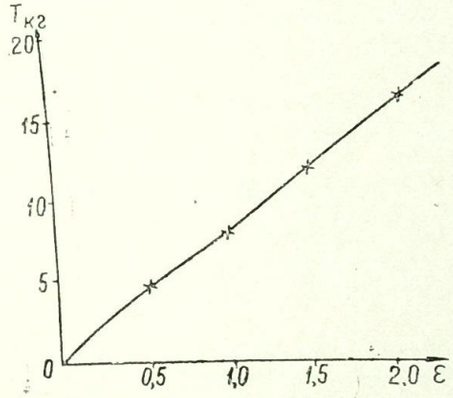


Рис. 6

Сопоставление диаграмм $T=-T(\varepsilon)$ при динамическом и статическом нагружениях показывает существенное различие сопротивления резины на статической и динамической нагрузках. Например, при статическом нагружении натяжению $T=7{,}5$ *кг*, $\varepsilon=1$, тогда как при динамическом нагружении при $\varepsilon=1$ соответствующее натяжение T примерно равно 123.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленский В. С. Об упруго-пластическом ударе стержня о жесткую преграду. „Прикл. матем. и мех.“, т. XIII, 1949, № 2.

2. Рахматулин Х. А. О распространении волны разгрузки. „Прикл. матем. мех.“, т. IX, 1945, № 1.

3. Рахматулин Х. А. Об ударе по гибкой нити. „Прикл. матем. и мех.“ т. XI, 1947, № 3.

4. Рахматулин Х. А. и Шипиро Г. С. Распространение возмущений в нелинейно-упругой и неупругой среде. „Изв. АН СССР“. отд. техн. наук, 1955, № 2.

К. Ә. Кәримов

Бөјүк деформасијаларда дартылан зәрбә диаграмынын тә'јин үсулу

ХҮЛАСӘ

Мәгаләдә телә енинә зәрбә заманы бөјүк деформасијалар һалында кәркинликлә деформасија арасында олан асылылығын тә'јини үчүн јени үсул тәклиф едилир.

Бурада һәм зәиф гырылма, һәм дә күчлү гырылма һаллары арашдырылмышдыр вә һәр ики һал үчүн кәркинликлә деформасија арасында олан динамик әлагә дүстурлары верилмишдир.

Мәгаләдә ејни заманда, М. В. Ломоносов адына Москва Дөвләт Университетинин динамика лабораторијасында резин үзәриндә тәчрүбәләрдән Р. И. Надејева вә В. Рјабова тәрәфиндән алынан рәгәмләрә әсасән, „кәркинлик деформасија“ диаграмы гурулмушдур.

Алынан нәтичәләр верилмиш нәзәрииәнин доғрулуғуну көстәрир

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Ә. М. СУЛТАНОВ, Ә. Х. ХӘЛИЛОВ

БӘ'ЗИ ПОЛИКРИСТАЛЛИК КРИСТАЛЛОФОСФОРЛАРДА ИШЫГВЕРМӘНИН СӨНМӘ ГАНУНЛАРЫНЫН ОССИЛЛОГРАФИК ФОСФОРОСКОП ВАСИТӘСИЛӘ ТӘДГИГИ

Мә'лумдур ки, фосфороссенсијанын мүасир нәзәрииәси гисмән ишыгвермәнин сөнмә просесләринин експериментал тәдгигиндән алынан нәтичәләрә әсасланараг гурулмушдур [1]. Мүхтәлиф консентрасијалы активләшдиричи ашгарларын, еләчә дә мүхтәлиф далға узунлуғу һәјәчанландырычы шүаларын, лүминессенсијанын шиддәтләнмә вә сөнмә просесләринә тә'сирини тәдгиг етмәклә, кристаллофосфорларын ишыг вермәсинин кинетикасыны тәдгиг етмәклә, лүминессенсија едән маддәләрин оптик хассәләрини идарә етмәк имканлары һагда мә'лумат алмаг олар. Фосфороссенсијанын кинетикасы үчүн мүһүм мәсәләләрдән бири дә лүминессенсијанын сөнмә (релаксасија) просесләринә аид олан илк мәрһәләнин експериментал тәдгиги мәсәләсидир. Белә мәгсәдләр үчүн истифадә олунан тәдгиг методлары ичәрисиндә өз үстүнлүкләри илә мәшһурлашмыш „оссиллографик фосфороскоп“ үсулундан истифадә етмәк даһа јахшыдыр [5].

Бу ишдә ZnS, ZnSCdS вә бә'зи силикатлар әсасында дүзәлдилмиш мүхтәлиф консентрасијалы, Ag, Cu, Mn ашгарлары вурулмуш фосфорларда мүхтәлиф далға узунлуглу һәјәчанландырычы шүаларын доғурдуғу лүминессенсијанын сөнмә просесиндә баш верән дәјишикликләрин експериментал тәдгигиндән бәһс олунур.

Синк сулфидләри синк-кадмиум сулфидләри, еләчә дә синк силикаты вә синк-бериллиум силикаты әсасында дүзәлдилмиш мүхтәлиф консентрасијалы активләшдиричи ашгарлара малик олан белә ишыгверичи маддәләр (лүминофорлар) мүһүм техники вә елми әһәмијјәтә малик олдуғуна көрә онларда кедән лүминессенсијанын сөнмә просесләринин „оссиллографик фосфороскоп“ үсулу илә тәдгигинин елм вә техника үчүн нә гәдәр вачиб олмасы мә'лумдур [23].

Бу мәгаләдә бир нечә кристаллофосфор үчүн „оссиллографик фосфороскоп“дан истифадә едәрәк „порсиал вахт“ үсулу [4, 5] илә 10^{-5}—10^{-1} *сан*, фасиләсиндә кедән сөнмә просесләринин, аз өјрәнилмиш, илк мәрһәләсинин тәдгигинә аид әлдә етдијимиз експериментал нәтичәләрин бир һиссәси һагда мә'лумат верилир.

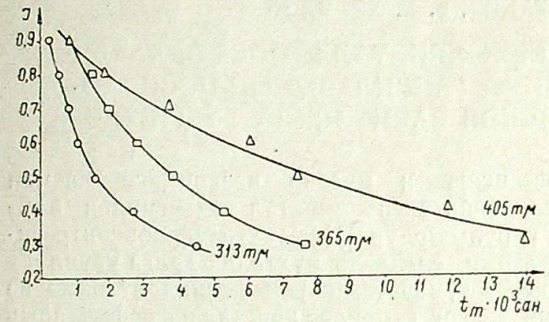
Тәдгиг олунан нүмунәләр: 1) консентрасијалары $C=0{,}028\%$ вә $c=0{,}014\%$ олан күмүш (Ag) ашгарлары вурулмуш синк-сулфид (ZnS·Ag); 2) консентрасијасы $C=0{,}0014\%$ олан мис (Cu) ашгары вурулмуш синк-сулфид (ZnS·Cu); 3) консентрасијалары $c=0{,}037\%$ вә $c=0{,}81\%$ олан мис(Cu) ашгарлары вурулмуш синк-сулфид кадмиум-

сулфид (ZnS·CdS·Cu) (ZnS—61,18%, CdS—32,94%); 4) консентрасијасы C=1,96% олан манган (Mn) ашгарлары вурулмуш синк силикаты олмушдур.

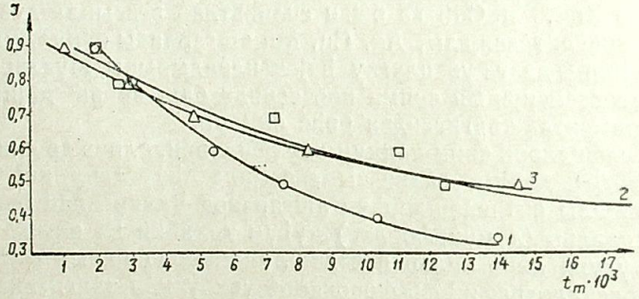
Тәдгиг олунан маддәләрдән галынлығы 1 *мм* вә диаметри 19 *мм* олан, поликристал тоз тәбәгәси шәклиндә нүмунәләр һазырланмышдыр.

Тәчрүбә заманы „оссиллографик фосфороскоп“ун гәбуледичи һиссәси олан фотоелектрик күчләндиричиси, нүмунәјә һәјәчанландырычы шуа дәстәси дүшән тәрәфдә, онунла 70° бучаг әмәлә кәтирән истигамәтдә јерләшдирилмишдир [4].

Луминессенсијанын сөнмә ганунларынын һәјәчанландырычы ишыг далғасынын узунлуғундан асылылығыны тәдгиг едәркән, тәчрүбәләрдә һәјәчанландырычы амил кими СВДШ—250 *вт* типли чивә лампасының 313 *мμ*, 365 *мμ* вә 405 *мμ* далға узунлуғу хәтләриндән истифадә едилмишдир. Експеримент тәдгиг објектләриндә сөнмә просесинин експоненсиал олмајан ганунла дәјишдијини тәсдиг едир. Белә һалда, адәтән, луминессенсијанын сөнмә просесләринин „порсиал вахт“ үсулу илә тәдгиг едилмәси лазымдыр. Бу үсулла тәдгиг етдијимиз нүмунәләр үчүн ишыгвермәнин сөнмә просесинин дәјишмәсини көстәрән әјриләр гурулмушдур (1—5-чи шәкилләрә бах).

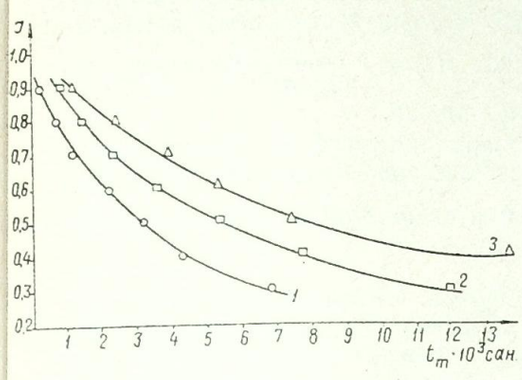


1-чи шәкил.
Консентрасијасы C=0,028% олан күмүш (Ag) ашгарлы синк-сулфид үчүн сөнмә әјриләри:
1—λ_h =313 *мμ*; *2*—λ_h =365 *мμ*; *3*—λ_h =405 *мμ*

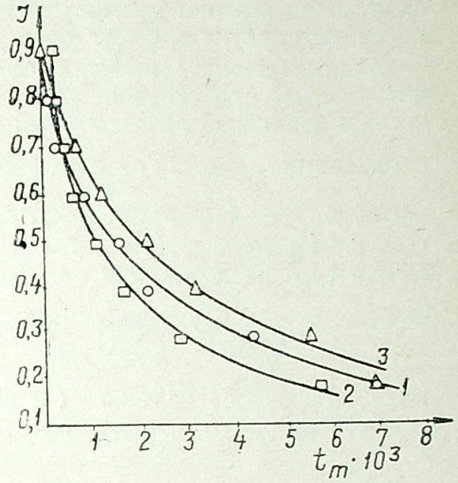


2-чи шәкил
Консентрасијасы C=0,014% олан күмүш (Ag) ашгарлы синк-сулфид үчүн сөнмә әјриләри: *1*—λ_h =313 *мμ*; *2*—λ_h =365 *мμ*; *3*—λ_h =405 *мμ*

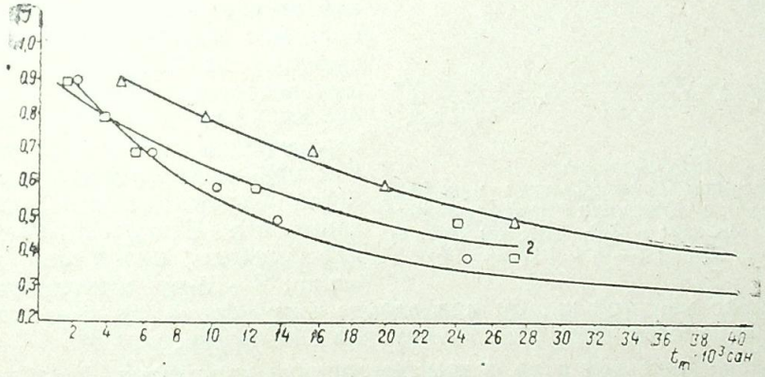
Експериментин нәтичәләри көстәрир ки, бүтүн нүмунәләрдә сөнмә әјриси монотон дәјишмәклә релаксасијанын биргијмәтли олмамасы мүшаһидә олунур. Нүмунәләримизин һамысыны 365 *мμ* далға узунлуглу чивә хәтти илә һәјәчанландырдыгда, 313 вә 405 *мμ* далға узунлуглу чивә хәтләриндән фәргли олараг, максимум ишыгвермә парлаглығы алыныр.



3-чү шәкил
Консентрасијасы C=0,81% олан мис (Cu) ашгарлы синк-сулфид вә кадмиум-сулфид үчүн сөнмә әјриләри: *1*—λ_h =313 *мμ*; *2*—λ_h =365 *мμ*; *3*—λ_h =405 *мμ*



4-чү шәкил
Консентрасијасы C=0,037 олан мис (Cu) ашгарлы синк-сулфид вә кадмиум-сулфид үчүн сөнмә әјриләри: *1*—λ_h =113 *мμ*; *2*—λ_h =365 *мμ*; *3*—λ_h = 405 *мμ*



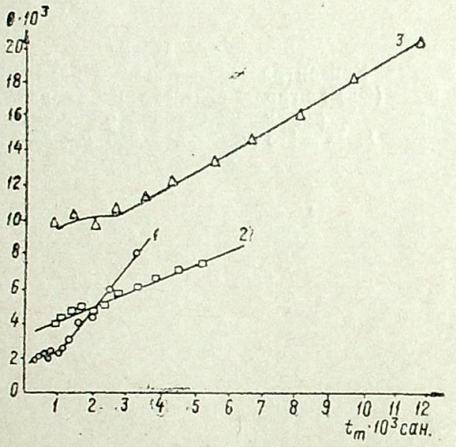
5-чи шәкил
Консентрасијасы C=0,0014% олан мис (Cu) ашгарлы синк-сулфид үчүн сөнмә әјриләри: *1*—λ_h =313 *мμ*; *2*—λ_h =365 *мμ*; *3*—λ_h =405 *мμ*

Тәчрүбә заманы нүмунәләрин әксәриjjәти үчүн осциллограф екранында алынан илкәjин голлары медиал хәттин мәркәзинә нисбәтән симметриклиjә jахындыр.

Һәjәчанландырычы ишыг далғасының узунлуғу артдыгча 1, 2, 3 вә 5-чи шәкилләрдән $I(t)$ графикләри әjрилиjинин азалмасыны көрмәк олар. Jә'ни әjринин дүшмә сүр'әти азалыр. Хүсуси һалда мүхтәлиф далға узунлуғуна тәфавүт едән $I(t)$ әjриләри паралел дә олур.

Алынмыш експериментал нәтичәләрин тәһлили вә һесабламалар көстәрир ки, нүмунәләрин әксәриjjәти үчүн ишыгвермәнин сөнмә просесләри Беккерел ганунуна аид олуб, $\theta(t)$-нин хәтти олараг дәjишмәсини тә'мин едир. Jә'ни сөнмә просеси $I(t)=\frac{I_0}{(1+at)^{\alpha}}$ дүстуру илә ифадә олунан һипербола гануну илә дәjишир.

Алдығымыз експериментал нәтичәләрә әсасән θ, t_m координатларында гурулмуш әjриләр 6—10-чу шәкилләрдә көстәрилмишдир. Бурада $\theta=-\frac{I}{\frac{dI}{dt}}$ олуб, верилмиш әjринин експоненсиал дәjишмәси һалы үчүн релаксасиjа вахтына (τ) бәрабәрдир. θ верилмиш просесин „ани релаксасиjа вахты“ адлана биләр. t_m „порсиал замандыр“. θ-нин гиjмәтләри $I(t)$ әjрисини логарифмик дифференсиаллама jолу илә алынмышдыр.

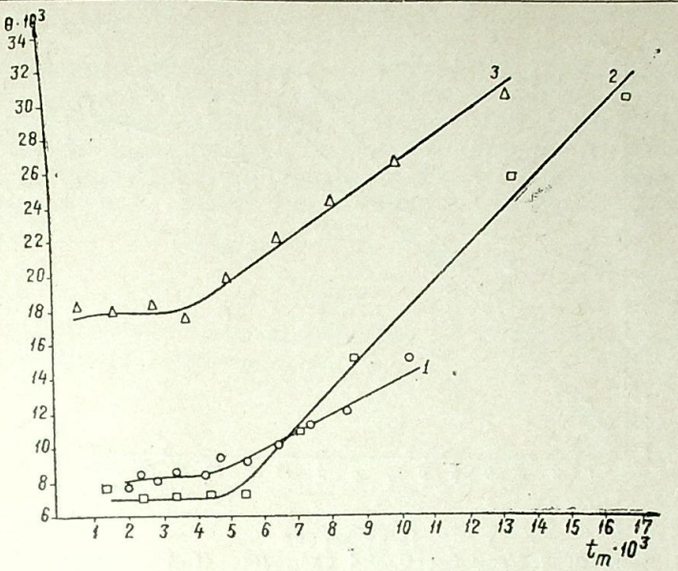


6-чы шәкил
Консентрасиjасы $C = 0{,}028$ олан күмүш (Ag) ашгарлы синк-сулфид үчүн $\theta(t)$ асылылығыны көстәрән әjриләр: *1*—$\lambda_h = 313$ *мμ*; *2*—$\lambda_h = 365$ *мμ*; *3*—$\lambda_h = 405$ *мμ*

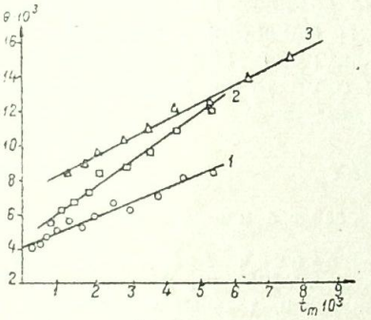
Бу графикләрдән асанлыгла $I(t)$ әjриләринин дәjишмә гануну көрүнүр: тәдгиг етдиjимиз нүмунәләр ичәрисиндә консентрасиjасы $C = 0{,}0014\%$ олан күмүш (Ag) ашгарлы синк-сулфид луминессенсиjасыны һәр үч далға узунлуглу (313, 365, 405 *мμ*) чивә хәтләри илә вә консентрасиjасы $c = 0{,}037\%$ олан мис (Cu) ашгарлы синк-сулфид вә кадмиум-сулфид луминессенсиjасыны исә анчаг 405 *мμ* далға узунлуглу хәтлә һәjәчанландырдыгда $I(t)$ әjриси илк мәрһәләдә ($t<0{,}0005$ *сан*) хәтти олмаjан ганунла, даһа сонра исә Беккерел гануну илә (кәсирли һипербола) дәjишир. 6—10-чу шәкилләрдән ашкар олараг көрүнүр ки, бу маддәләрдә бүтүн сөнмә интервалында релаксасиjа просеси һипербола гануну илә баш верир.

$\theta(t)$ графикләриндән α вә a кәмиjjәтләринин гиjмәтләри һесабланмышдыр. Дүз хәтләрин мejл бучағының танкенси $1/\alpha$-ны онун ординат охундан кәсдиjи хәтт парчасы илә $1/a\alpha$-ны көстәрир.

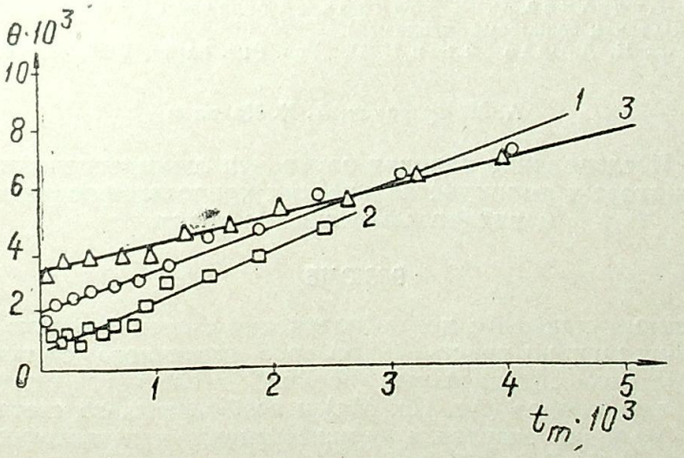
a-нын гиjмәтләри һәjәчанландырычы шуа далғасы узунлуғундан вә ашгар консентрасиjасының дәjишмәсиндән асылы олараг (аз да олса) дәjишир. Лакин експеримент материалының кифаjәт мигдарда олмамасына көрә, һәлəлик, бу кәмиjjәтләр арасында нечә асылылыг олмаг хүсусда чидди фикир сөjләмәк тез оларды.



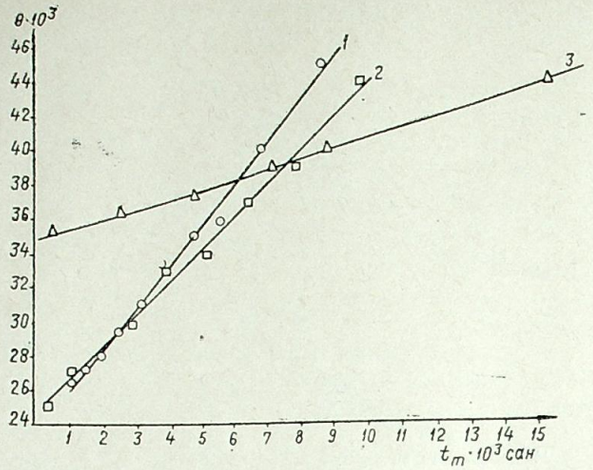
7-чи шәкил
Консентрасиjасы $C = 0{,}014\%$ олан күмүш (Ag) ашгарлы синк-сулфид үчүн $\theta(t)$ графикләри: *1*—$\lambda_h = 313$ *мμ*; *2*—$\lambda_h = 365$ *мμ*; *3*—$\lambda_h = 405$ *мμ*



8-чи шәкил
Консентрасиjасы $C = 0{,}81\%$ олан мис (Cu) ашгарлы синк-сулфид вә кадмиум-сулфид үчүн $\theta(t)$ графикләри: *1*—$\lambda_h = 313$ *мμ*; *2*—$\lambda_h = 365$ *мμ*; *3*—$\lambda_h = 405$ *мμ*



9-чу шәкил
Консентрасиjасы $C = 0{,}037\%$ олан мис (Cu) ашгарлы синк-сулфид вә кадмиум-сулфид үчүн $\theta(t)$ графикләри: *1*—$\lambda_h = 313$ *мμ*; *2*—$\lambda_h = 365$ *мμ*; *3*—$\lambda_h = 405$ *мμ*



10-чу шәкил
Консентрасијасы $C = 0{,}0014$ олан мис (Cu) ашгарлы үчүн θ (t) графикләри: *1*—$\lambda_h = 313$ *мμ*; *2*—$\lambda_h = 365$ *мμ*; *3*—$\lambda_h = 405$ *мμ*

Гејд етмәк лазымдыр ки, тәдгиг етдијимиз мүхтәлиф нүмунәләрдә $I(t)$ әјриләринин Беккерел гануну илә дәјишән һиссәләри үчүн α-нын гијмәтләри 2-дән аздыр. *a* сабитинин гијмәтләринә кәлдикдә, ән илк релаксасија мәрһәләсинин Беккерел ганунуна табе олдуғуну һөкм едә билмәдијимиздән $\theta(t)$ графикләриндән онун тә'јин едилмиш гијмәтләринә мүәјјән физики мә'на вермәк чәтиндир.

ӘДӘБИЈЈАТ

1. Е. И. Адирович. Кристаллик фосфорларда лүминессенсија нәзәријјәси ин бә'зи мәсәләләри. М—Л, 1951
2. Архангельская В. А., Бонч-Бруевич А. М., Толстой Н. А. Феофилов П. П. „Журн. эксперим. и теор. физ.," 1951, 21, 2.
3. Левшин Л. В. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ.
4. Ә. М. Султанов, Ә. Х. Хәлилов. „Азәрбајчан ССР ЕА Физика вә Ријазијјат Институтунун әсәрләри" (чапдадыр).
5. Толстой Н. А., Феофилов П. П. „Усп. физ. наук", 1950, 41, 44.

А. М. Султанов, А. Х. Халилов

Исследование законов затухания люминесценции некоторых поликристаллических кристаллофосфоров осциллографическим методом

РЕЗЮМЕ

Эксперимент ставился с целью получения сведений о законах затухания люминесценции кристаллофосфоров различного состава и назначения. Методом „парциальных времен" исследуется влияние концентрации активаторов (Ag, Cu, Mn) и возбуждающего света различной длины волн на затухание люминесценции кристаллофосфоров с основаниями ZnS, ZnS·CdS, SiZn.

Эксперимент показывает, что с увеличением длин волн возбуждающего кривые затухания света $I(t)$ выпрямляются, т. е. скорость

спадания кривых уменьшается. В частности, кривые $I(t)$, соответствующие различной длине волны, идут параллельно.

Затухание люминесценции для исследованных веществ в интервале $t > 0{,}0005$ *сек* меняется не по экспоненциальному закону. Анализ полученных экспериментальных результатов подтверждает линейную зависимость мгновенных времен релаксации (θ) от времени t

$$\left(\theta(t) = -\frac{I}{\frac{dI}{dt}} = \frac{1}{a\alpha} + \frac{1}{at}\right)$$

которая свойственна гиперболическому (беккереловскому) закону затухания с дробным показателем.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри сериjасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

А. Х. ХАЛИЛОВ, Э. Ю. САЛАЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОВЫСВЕЧИВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОЛИАКТИВИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОФОСФОРОВ

Как известно, физические свойства кристаллофосфоров сильно зависят от природы и расположения центров захвата, которым соответствуют локальные электронные и дырочные уровни, расположенные в запрещенной энергетической зоне кристалла.

Среди оптических методов исследования центров захвата наиболее чувствительным является метод термического высвечивания кристаллофосфоров. Для получения данных о центрах захвата в щелочно-галоидных кристаллах, активированных Cu, Ag, Tl, указанный метод был использован в работах [1—8, 13, 14], в которых применялись большие скорости нагрева (2—3 *град/сек*).

В работе [2] была применена значительно меньшая скорость нагрева (0,15 *град/сек*), что позволило получать большее разрешение в спектре локальных уровней захвата щелочно-галоидных кристаллов с активаторами Cu, Ag и Tl.

Дальнейшее понижение скорости нагрева очень сильно понижает яркость свечения кристаллофосфоров, затрудняя методику измерения.

Для этой цели необходимо было собрать более чувствительную установку, позволяющую измерять свечение с ничтожной яркостью и обладающую минимальным ползанием „нуля установки". Последнее при большой чувствительности установки и за большой промежуток времени записи одной кривой термовысвечивания (2—2,5 *час*) в обычных установках становится значительным и очень сильно искажает полученные результаты.

Нами была собрана и налажена саморегистрирующая фотоэлектрическая установка, состоящая из фотоумножителя ФЭУ=18, двухлампового усилителя с коэффициентом усиления по току 10^8, самопищущего электронного потенциометра ЭПП-09 (10 *мв*, 2,5 *сек*) и блоков электронных стабилизаторов для питания фотоумножителя и усилителя. Эта установка позволяет регистрировать свечения с очень незначительной яркостью и обладает ничтожным ползанием нуля (2—3 *мм* за 1—1,5 *час*) при максимальном усилении усилителя.

Установка позволила при всех наших измерениях пользоваться скоростью нагрева 0,05 *град/сек*, а в некоторых случаях—0,01 *град/сек*, и разрешить целый ряд деталей спектра локальных уровней захвата кристаллофосфоров, перечисленных в таблице.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

А. Х. ХАЛИЛОВ, Э. Ю. САЛАЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОВЫСВЕЧИВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОЛИАКТИВИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОФОСФОРОВ

Как известно, физические свойства кристаллофосфоров сильно зависят от природы и расположения центров захвата, которым соответствуют локальные электронные и дырочные уровни, расположенные в запрещенной энергетической зоне кристалла.

Среди оптических методов исследования центров захвата наиболее чувствительным является метод термического высвечивания кристаллофосфоров. Для получения данных о центрах захвата в щелочно-галоидных кристаллах, активированных Cu, Ag, Tl, указанный метод был использован в работах [1—8, 13, 14], в которых применялись большие скорости нагрева (2—3 *град/сек*).

В работе [2] была применена значительно меньшая скорость нагрева (0,15 *град/сек*), что позволило получать большее разрешение в спектре локальных уровней захвата щелочно-галоидных кристаллов с активаторами Cu, Ag и Tl.

Дальнейшее понижение скорости нагрева очень сильно понижает яркость свечения кристаллофосфоров, затрудняя методику измерения.

Для этой цели необходимо было собрать более чувствительную установку, позволяющую измерять свечение с ничтожной яркостью и обладающую минимальным ползанием „нуля установки". Последнее при большой чувствительности установки и за большой промежуток времени записи одной кривой термовысвечивания (2—2,5 *час*) в обычных установках становится значительным и очень сильно искажает полученные результаты.

Нами была собрана и налажена саморегистрирующая фотоэлектрическая установка, состоящая из фотоумножителя ФЭУ=18, двухлампового усилителя с коэффициентом усиления по току 10^8, самопишущего электронного потенциометра ЭПП-09 (10 *мв*, 2,5 *сек*) и блоков электронных стабилизаторов для питания фотоумножителя и усилителя. Эта установка позволяет регистрировать свечения с очень незначительной яркостью и обладает ничтожным ползанием нуля (2—3 *мм* за 1—1,5 *час*) при максимальном усилении усилителя.

Установка позволила при всех наших измерениях пользоваться скоростью нагрева 0,05 *град/сек*, а в некоторых случаях—0,01 *град/сек*, и разрешить целый ряд деталей спектра локальных уровней захвата кристаллофосфоров, перечисленных в таблице.

Фосфоры	Полосы термовысвечивания									
	I		II		III		IV		V	
	T_m	I_m	T_m	I_m	T_m	I_m	T_m	I_m	T_m	I_m
KCl	50	1	65	1	—	—	—	—	148	1
KCl+AgCl	—	—	82	133	90	—	—	—	—	—
KCl+TlCl	38	138	65	85	90	36	115	31	165	17
KCl+$CuCl_2$	45	9	70	14	90	24	115	9	175	34
KCl+AgCu+$CuCl_2$	50	49	78	45	100	42	—	—	—	—
KCl+AgCl+TlCl	62	45	—	—	95	—	—	—	—	—
KCl+TlCl+$CuCl_2$	42	43	72	19	102	16	—	—	150	10

В настоящей работе приводятся результаты исследования кривых термовысвечивания полиактивированных монокристаллических кристаллофосфоров KCl+$CuCl_2$+AgCl; KCl+$CuCl_2$+TlCl; KCl+AgCl+ +TlCl и соответстнующих одноактиваторных кристаллофосфоров.

Спектры возбужденного поглощения, возбуждения видимого и ультрафиолетового свечения и влияния облучения видимым светом на спектры возбужденного поглощения этих фосфоров изучены в работах [9, 10, 11].

Исследование спектров термовысвечивания полиактивированных фосфоров при минимальной скорости нагрева позволило бы выяснить детальную структуру сложного спектра центров захвата.

Монокристаллы были выращены из расплава методом Киропулоса. Концентрация активаторов в расплаве во всех одноактиваторных и двухактиваторных кристаллофосфорах была взята одинаковой (1 *мол %*) за исключениеми Ag, концентрация которого составляла 0,5 *мол %*. Были постоянным также условия выращивания и охлаждения полученных монокристаллов.

Из полученных монокристаллов выкаливались образцы размерами 20×12×1 *мм*. Кривые термовысвечивания у всех монокристаллов были записаны при одинаковых условиях работы усилителя, фотоумножителя, ЭПП-09 и режима нагрева спустя 20 *мин* после рентгенизации монокристаллов. Рентгенизация кристаллов производилась вольфрамовой трубкой (ток 15 *ма*, напряжение—40 *кв*), время рентгенизации для всех кристаллофосфоров было 45 *мин*. Во время рентгенизации кристаллы защищались от действия видимого света.

Кривые термовысвечивания, автоматически записанные на ленте ЭПП-09, приведены на рис. 1—7, где на оси абсцисс указана температура в °С, а на оси ординат отложены отношения интегральной интенсивности свечения фосфоров к интенсивности свечения чистых кристаллов KCl.

Значения температуры и интенсивности в максимуме, соответствующие различным термопикам, приведены в таблице.

На рис. 1—6 цифрой *1* обозначены кривые термовысвечивания, записанные через 20 *мин* после рентгенизации; *2*—то же после рентгенизации и 20-минутного *F*-облучения; *3*—кривые термовысвечивания, записанные через фильтр УФС-2 перед ФЭУ-18 для выделения ультрафиолетовой части свечения кристаллофосфоров; *4*—то же, но через фильтр ЖС-4 перед ФЭУ-18 для выделения видимой части свечения кристаллофосфоров. Масштаб кривых *3*, *4* увеличен в 20 раз по сравнению с кривыми *1*, *2*.

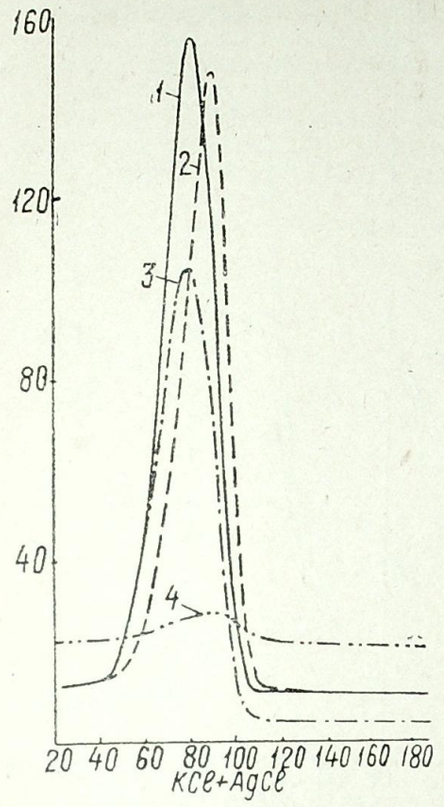


Рис. 1

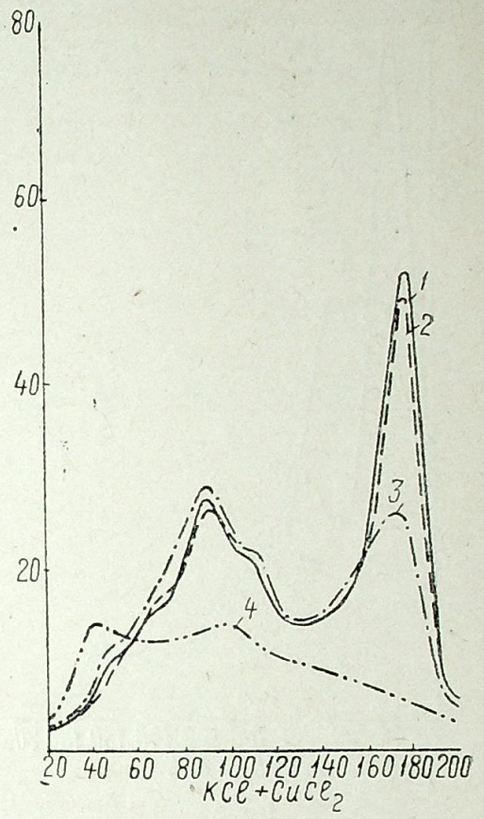


Рис. 2

Как видно из рис. 1—7 и таблицы, введение в монокристаллы KCl активаторов Ag, Cu, Tl и их парных комбинаций изменяет T_m и I_m термопиков, соответствующих чистым кристаллам KCl и создает новые дополнительные термопики (рис. 1—6), отсутствующие при термовысвечивании чистых кристаллов KCl.

Следует заметить, что наши данные для фосфоров KCl+$CuCl_2$, KCl+AgCl и KCl+TlCl совпадают с данными [2].

Сравнение кривых термовысвечивания рентгенизованных кристаллофосфоров, перечисленных в таблице, до облучения *F*-светом (кривые *1* на рис. 1—6) и после облучения *F*-светом (кривые *2* на рис. 1—6) показывает, что наиболее высокотемпературные термопики фосфоров KCl+Cu, KCl+Tl и KCl+Tl+Cu обусловлены рекомбинацией электронов, освобожденных из *F*-центров захвата кристаллофосфоров, ибо указанные термопики после *F*-облучения сильно ослабляются. Однако указанные термопики у KCl+Ag, KCl+Ag+Cu после *F*-облучения усиливаются, что указывает на их принадлежность к другим электронным центрам захвата.

На рис. 8 изображена идеальная зонная схема, согласно которой объясняется явление термовысвечивания кристаллофосфоров. Во время рентгенизации кристаллофосфора свободные электроны, вырванные из его решетки, переходят из заполненной зоны ионов Cl^- в пустую зону ионов K^+ и локализуются на локальных уровнях захвата различ-

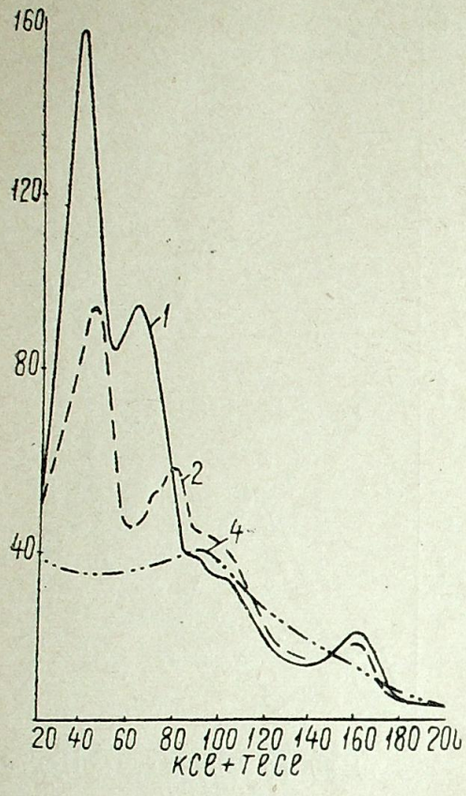


Рис. 3

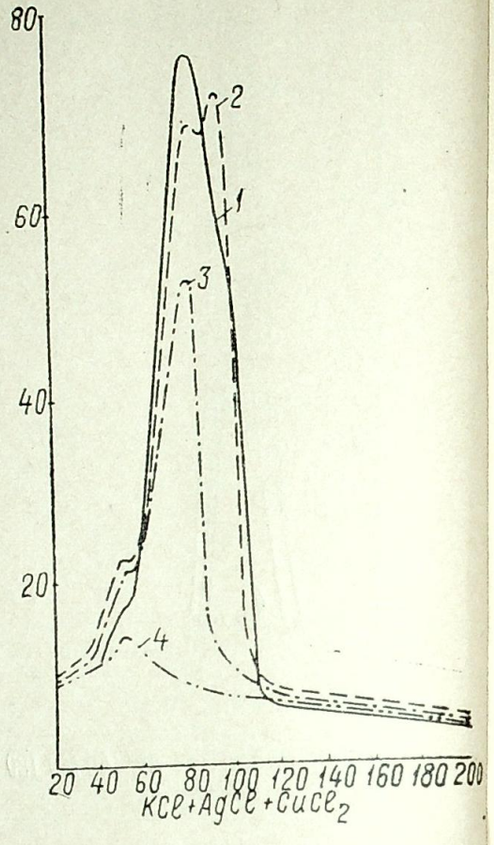


Рис. 4

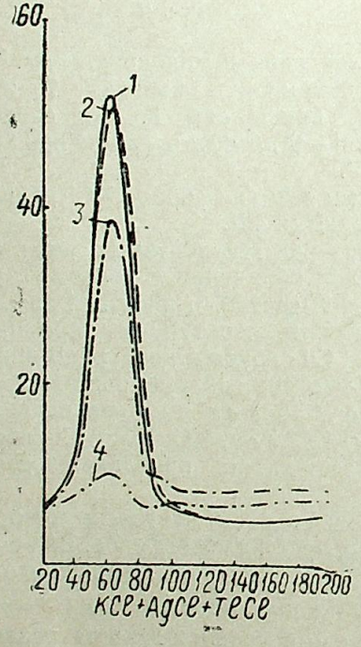


Рис. 5

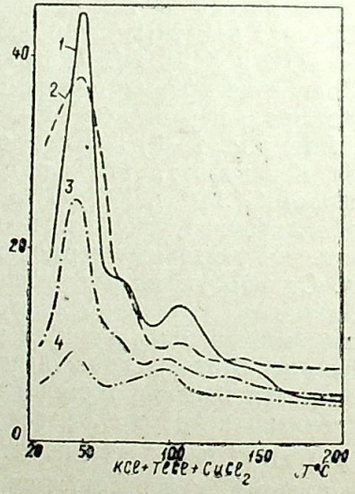


Рис. 6

ной глубины (переходы C_1, C_2, C_3 и C_F). Эти уровни захвата обусловлены тепловыми микродефектами решетки и активирующими или неактивирующими примесными микродефектами или различной комбинацией обоих микродефектов. Тепловому микродефекту, состоящему из электрона, локализованного на анионной вакансии решетки (F-центру), и активаторным центрам захвата соответствуют наиболее глубокие уровни захвата (F-уровень на рис. 8).

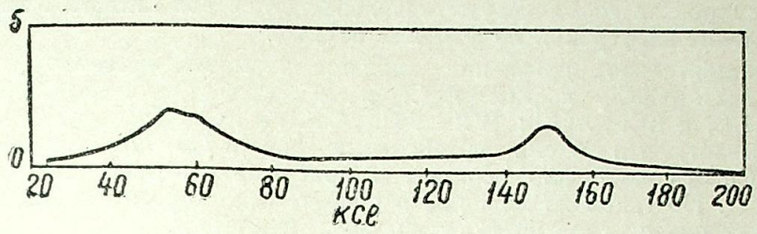


Рис. 7

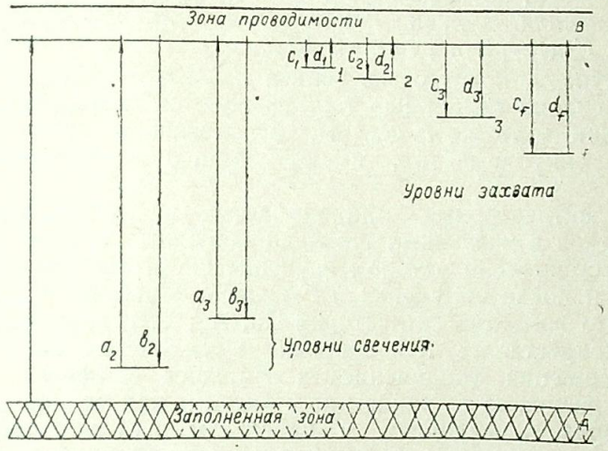


Рис. 8

При нагреве кристалла с постоянной скоростью за счет энергии тепловых квантов происходит тепловая ионизация центров захвата (переходы d_1, d_2, d_3, d_F). В результате этого локализованные электроны переходят в пустую зону и оттуда или повторно локализуются на центрах захвата, или рекомбинируют с дырками, сидящими на центрах свечения кристаллофосфора или дырками, находящимися на дырочных центрах захвата, ближе к верхнему краю заполненной зоны. Такие рекомбинации могут сопровождаться свечением кристалла, что называется термовысвечиванием.

Далее, как видно из сравнения положения наиболее высокотемпературных термопиков, активированных кристаллов KCl с чистыми кристаллами KCl, в присутствии активирующих примесей Ag и парных активаторов Ag+Tl, Tl+Cu, Ag+Cu, положения высокотемпературных F-термопиков смещены в сторону меньших температур по сравнению с чистыми монокристаллами KCl. Это свидетельствует, очевидно, о том, что указанные активаторы уменьшают термическую стабильность F-центров решетки KCl.

Следует заметить, что если активаторы двухвалентной меди и таллия смещают F-термопики в сторону высоких температур, то в присутствии у этих активаторов второго активатора имеет место обратный эффект, т. е. уменьшение T_m F-пиков.

Сравнение кривых термовысвечивания двухактиваторных и соответствующих одноактиваторных кристаллофосфоров показывает, что у одноактиваторных фосфоров нет аддитивности во влиянии отдельных активаторов на термическую стабильность центров захвата и на распределение электронов по уровням захвата.

Действительно, сравнение кривых термовысвечивания систем KCl+AgCl+$CuCl_2$ с KCl+AgCl и KCl+$CuCl_2$; KCl+AgCl+TlCl с KCl+TlCl и KCl+$AgCl_2$: KCl+TlCl+$CuCl_2$ с KCl+TlCl и KCl+$CuCl_2$ показывает, что очень интенсивный пик с T_m=175° С в фосфоре KCl+$CuCl_2$ совершенно исчезает в присутствии вторых активаторов Ag и Tl. По такой же причине в присутствии второго активатора Ag исчезает пик с T_m=165° С у фосфора KCl+TlCl.

Это, очевидно, обусловлено взаимодействием F-центров и активирующих примесей, которые в зависимости от одиночного или парного расположения вблизи F-центров в различной степени взаимодействуют с F-центрами решетки KCl.

Таким образом, присутствие вблизи F-центров активаторных микродефектов сильно влияет на термическую стабильность F-центров. При этом одни и те же F-центры, расположенные у различных активаторных микродефектов, имеют различную термическую стабильность.

Влияние активаторных микродефектов на оптическую устойчивость F-центров в указанных щелочно-галоидных кристаллофосфорах нами было установлено методом изучения спектров добавочного поглощения до и после облучения в F-полосе: в работе [12] нами было сообщено, что введение активаторов Cu, Ag, Tl и их парных комбинаций в монокристаллы KCl приводит к увеличению скорости оптического разрешения (облучением в F-полосе фосфора) F-центров захвата по сравнению с таковыми у чистых кристаллов KCl.

Таким образом, введением в кристаллы KCl различных активаторов можно регулировать термическую или оптическую стабильность F-центров захвата, в которых накапливается в процессе возбуждения основная часть энергии возбуждения, что имеет немаловажное значение для регулирования инерционных и аккумуляционных свойств кристаллофосфоров.

Если учитывать, что в случае меньшей вероятности повторных захватов электронов на уровнях захвата площадь пиков термовысвечивания или интенсивность в максимуме пиков характеризует число электронов, локализованных на центрах захвата, то сравнение данных об интенсивности полос термовысвечивания (см. в таблице графы I_m) показывает, что введение активаторов в решетку KCl не только влияет на глубины расположения центров захвата в запрещенной зоне энергий кристалла, но и сильно меняет распределение электронов по центрам захвата.

Например, как видно из данных таблицы, наибольшее значение I_m наблюдается у фосфоров, в которых активаторами являются Ag, Tl. Несколько меньшие значения I_m наблюдаются у фосфоров KCl+$CuCl_2$.

Для установления спектрального состава различных термопиков изученных кристаллофосфоров в настоящей работе на рис. 1—6 для сравнения приведены кривые термовысвечивания, обозначенные цифрами *3*, *4*. Эти кривые записаны с установленными перед ФЭУ-18 фильтрами УФС-2 и ЖС-4, пропускающими соответственно ультрафиолетовую и видимую части свечения фосфоров при нагреве их с постоянной скоростью.

Как видно из сравнения на рис. 1—6 кривых термовысвечивания *3*, *4* с кривыми *1*, записанными без фильтров перед ФЭУ-18, у всех кристаллофосфоров свечение, соответствующее отдельным термоникам, содержит ультрафиолетовые лучи. Однако у некоторых кристаллофосфоров отдельные термоники, например, пик с T_m=90° С у KCl+AgCl; пик с T_m=45 и 90° С у KCl+$CuCl_2$; пик с T_m=90° С у KC+TlCl; пик с T_m=50° С у KCl+AgCl+$CuCl_2$ содержат также видимую часть свечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кац М. Л. Оптика и спектроскопия, т. 1, вып. 2, Л., 1956.
2. Лущик Ч. Б. Диссертация. ЛГУ, 1954.
3. Парфианович И. А. „Изв АН СССР", 1949, 13, 161,
4. Парфианович И. А. „Ж. эксперим. и теор. физ.", 1949, 19, 605.
5. Парфианович И. А. „Ж. эксперим. и теор. физ.", 1951, 21,1389.
6. Парфианович И. А. „Ж. эксперим. и теор. физ.", 1951, 21, 314.
7. Парфианович И. А. „Ж. эксперим. и теор. физ.," 1951, 24, 117.
8. Парфианович И. А. „Ж. эксперим. и теор. физ.", 1953 25, 614.
9. Халилов А. Х., Салаев Э. Ю. „Изв. АН Азерб. ССР", сер. физ.-мат. и техн. наук, 1958, № 5.
10. Халилов А. Х., Салаев Э. Ю. „Изв. АН Азерб. ССР", сер. физ.-мат. и техн. наук, 1958, № 6.
11. Халилов А. Х.. Салаев Э. Ю. „Изв. АН Азерб. СССР", сер. физ.-мат. и техн, наук, 1959, № 6.
12. Халилов А. Х., Салаев Э. Ю. „ДАН Азер. ССР", 1959, № 1.
13. Randall J., Wilkins M. Proc. Roy. Soc. 1945, A, 184, 366.
14. Smoller B., May, Freedman. Phys. Rev., 1952, 87, №3.
15. Smoller B., Avery E. Phys. Rev. 1953, 92, 232.

Э. Х. Хәлилов, Е. Ј. Салајев

Бә'зи чохактиваторлу гәләви-һалокен кристаллофосфорларын термошүаланмасынын тәдгиги

ХҮЛАСӘ

Бу үсул кристалларын физики хассәләринин тәнзим едилмәсиндә мүһүм рол ојнајан електрон вә дешик локал сәвијјәләринин хассәләрини бөјүк дәгиглик вә һәссаслыгла өјрәнмәјә имкан верир.

Мүәллифләр лабораторијада KCl-а Ag, Cu, Tl активләшдиричиләрини бир-бир вә ики-ики вурарағ монокристаллар һазырламышлар. Һәмин монокристаллары рентген шүалары илә һәјәчанландырдыгдан сонра онларын термошүаланма спектрләри лабораторијада һазырланмыш өзүјазан спектрометрдә өјрәнилмишдир вә ашағыдакы нәтичәләр алынмышдыр.

1. KCl монокристалына Ag, Cu, Tl активләшдиричиләринин бир-бир вә ики-ики дахил едилмәси KCl монокристалындакы локал електрон сәвијјәләрини вә һәмин сәвијјәләрдәкн електронларын пајланмасыны дәјишир.

2. Jүксәк температурлу термозолаглар *F*-електронтутучу мәркәзләрдән азад едилмиш електронларын, ашағы температурлу термозолаглар илә *M*-тутучу мәркәзләрдән азад едилмиш електронларын ишыгвермә мәркәзләри илә рекомбинасијасына аиддир.

3. *F*-електронтутучу мәркәзләрин јахынлығында активләшдиричи ионларын јаратдығы микродефектләрин олмасы онун термик стабиллијинә бөјүк тә'сир көстәрир.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

М. И. АЛИЕВ, С. А АХУНДОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТАЛЛИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕЛЕНА

Влиянию различных примесей на электрические, термо-электрические, оптические, тепловые и другие физические свойства селена посвящено множество работ. В результате этих работ установлена зависимость электрических свойств селена от количества и природы примесей. Но многие вопросы, связанные с механизмом проводимости селена, пока еще не выяснены.

Влияние малых примесей на теплопроводность селена исследовано незначительно. Изучено влияние галоидных [1, 2, 4, 5] и некоторых металлических примесей [6] на теплопроводность аморфного и кристаллического селена.

Особо интересно влияние галоидов и таллия на физические свойства селена, так как известно, что галоидные примеси сильно увеличивают, а таллий уменьшает его электропроводность [3, 8—12].

С увеличением количества галоидных примесей электропроводность селена растет, достигает максимума, а затем падает, теплопроводность же проходит через минимум [3].

На значительное увеличение сопротивления селена, содержащего таллий, указывает ряд авторов. Показано, что ничтожное количество таллия увеличивает удельное сопротивление селена до 10^8 *ом·см*.

Нейланд исследовал электропроводность селена с примесью таллия в высокочастотных электрических полях. Он предполагает, что поликристаллический селен состоит из хорошо проводящих кристалликов, внедренных в плохо проводящие слои аморфного селена. Таллий, концентрируясь в межкристаллических прослойках, увеличивает сопротивление, в основном, этих слоев и почти не влияет на сопротивление отдельных микрокристалликов.

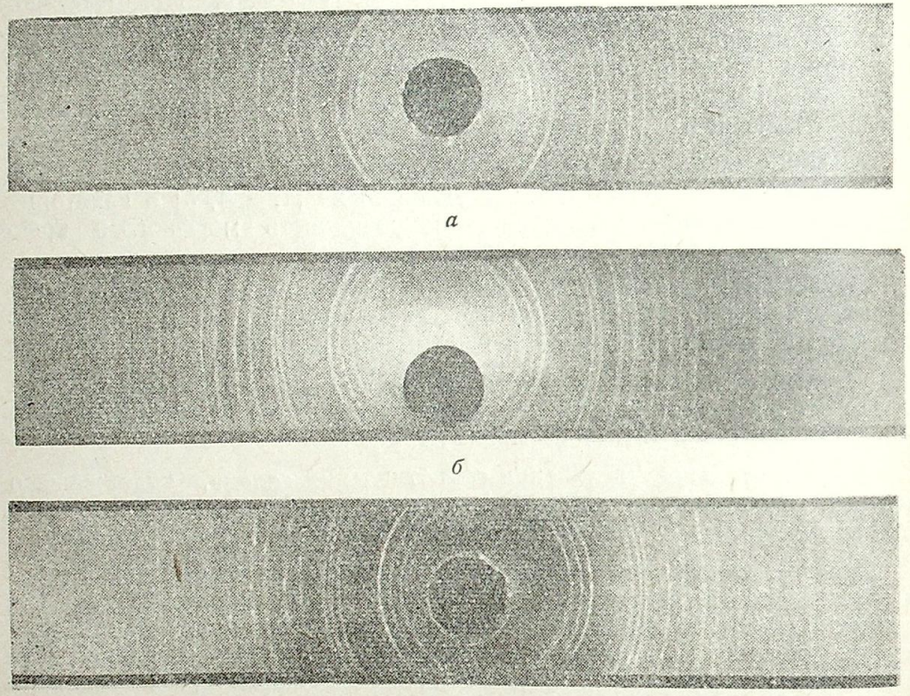
Влияние таллия на теплопроводность селена не было исследовано.

Исследование влияния таллия на физические свойства селена, кроме чисто научного значения, имеет еще и практическое значение, так как в технологии селеновых выпрямителей для увеличения сопротивления запирающего слоя применяется таллий. Наличие таллия в селене ведет к значительному улучшению электрических параметров выпрямителей.

Кристаллизация смесей селена с различным количеством таллия

Для исследования влияния таллия на физические свойства селена были изготовлены смеси селена, содержащие различное количество таллия. Они были получены путем совместного плавления и последующего охлаждения селена чистотой 99,996% и Tl_2Sl в стеклянных ампулах при вакууме порядка 10^{-4} *мм* ртутного столба. Смеси имели следующие количества примеси таллия (в весовых процентах): 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}; 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1; 0,5; 0,75; 1; 1,5%.

Для измерения электропроводности из смесей были изготовлены цилиндрические образцы диаметром основания 5—7 *мм*, высотой 10—15 *мм*, для измерения теплопроводности—диаметром основания 16 *мм*, высотой 8—10 *мм*. Все образцы были изготовлены при одинаковых термических условиях: одинаковым образом из расплава были резко охлаждены до комнатной температуры и прошли одинаковую термическую обработку—отжиг при температурах 110 и 210° С с выдержкой при каждой температуре в течение одного часа. При этом получаются образцы поликристаллического селена гексагональной модификации.



а

б

в

Рис. 1

Из литературных данных известно, что расплавленный селен с примесью таллия кристаллизуется уже в процессе охлаждения [7]. Это было наблюдено и в наших опытах. После резкого охлаждения до комнатной температуры явно была видна кристалличность полученных смесей, причем чем больше количество таллия, тем больше была выражена кристалличность. Это подтвердили и рентгенографические исследования. Таким образом, установлено, что таллий сильно увеличивает скорость кристаллизации селена, которая в свою очередь зависит от количества таллия.

Аморфный селен состоит из колец двух типов. По предположению Кребса, около одной трети колец состоит из восьми, а остальные—из многих, доходящих до тысячи, атомов. Процесс криталлизации селена заключается в разрыве длинных атомных цепей аморфного селена на короткие цепочки и образовании упорядоченных микрокристаллических областей.

Определяющим фактором, влияющим на процесс перехода из аморфной фазы в кристаллическую, является подвижность молекул (цепочек). Последняя же зависит от размеров цепочек—чем меньше размер цепочек, тем больше подвижность.

Посторонние примеси влияют на скорость превращения аморфного селена в гексагональный. Одни примеси ускоряют, другие—замедляют этот процесс.

Как уже было отмечено, таллий сильно влияет на скорость кристаллизации селена и чем больше таллия, тем она больше. Этот факт говорит о том, что при охлаждении расплавленного селена и последующей термической обработке образовавшийся микрокристаллический селен, в зависимости от количества таллия будет иметь различной величины зерна т. е. таллий будет влиять на структуру зерен поликристаллического селена. Действительно, рентгенографические исследования показывают, что чем больше таллия в селене, тем он более крупнозернистый. Были сняты рентгенограммы селена, содержащего различное количество таллия (рис. 1).

Влияние таллия на электрические свойства селена

Электропроводность образцов селена, содержащего примеси таллия от 10^{-6} до 1,5%, измерялась в интервале температур 25—160° С.

Измерения показали, что таллий сильно уменьшает электропроводность селена, причем при всех температурах электропроводность достигает минимума у образца, содержащего около 0,05% таллия.

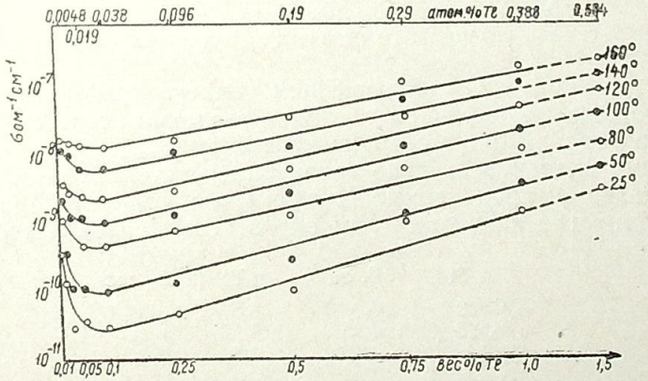


Рис. 2

Зависимость электропроводности селена от количества примеси таллия при различных температурах

На рис. 2 представлены кривые зависимости электропроводности селена от концентрации таллия. Как видно, глубина минимума с повышением температуры уменьшается и кривая выравнивается при 160° С.

На рис. 3 приведена температурная зависимость электропроводности. Как видно, в пределах концентрации таллия 0,0125÷1,5% образцы имеют полупроводниковый характер температурной зависимости электропроводности. При измерении электропроводности образцов селена с малым содержанием таллия (10^{-4}, -10^{-5}, 10^{-6}%) наблюдалось интересное явление. Как видно из рисунка, эти образцы при нагревании до 80÷100° С имеют металлический характер температурной зависимости проводимости.

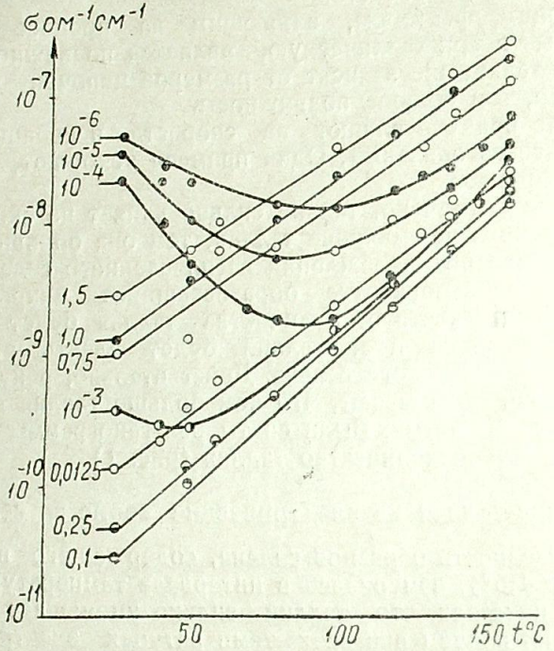


Рис. 3

Температурная зависимость электропроводности селена, содержащего различное количество таллия

Однако выше 100° С с повышением температуры увеличивается и электропроводность. Причина такого поведения селена при малых количествах таллия остается пока непонятной.

Приводим значения энергии активации носителей тока для некоторых образцов, определенные из зависимости $\lg\sigma$ от обратной температуры (энергия активации дырок в селене, как известно, равна 0,37 *эв*):

%Tl	ΔE, *эв*	% Tl	ΔE, *эв*
0,0125	0,64	0,5	0,61
0,025	0,65	1	0,55
0,1	0,66	1,5	0,54
0,25	0,64		

Влияние таллия на теплопроводность селена

Для исследования влияния таллия на теплопроводность селена были изготовлены образцы, содержащие в весовых количествах 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1; 0,5; 0,75; 1 и 1,5% таллия. Не было возможности исследовать влияние таллия на теплопроводность аморфного селена, так как образцы селена с таллием кристаллизовались уже в процессе охлаждения.

Таким образом, было изучено влияние таллия на теплопроводность поликристаллического селена.

Теплопроводность изготовленных образцов измерялась при стационарном тепловом режиме с помощью прибора с охранным кольцом, имеющего чувствительный полупроводниковый термоэлемент [5] в интервале температур от 20 до 90° С.

На рис. 4 представлена зависимость теплопроводности селена от количества таллия при различных температурах. Как видно, в об-

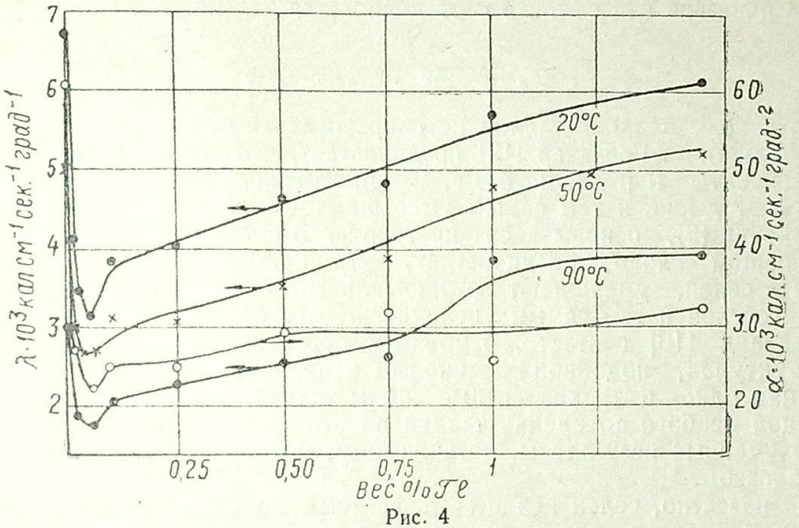


Рис. 4

Зависимость теплопроводности (λ) и ее температурного коэффициента (α) селена от количества таллия при различных температурах.

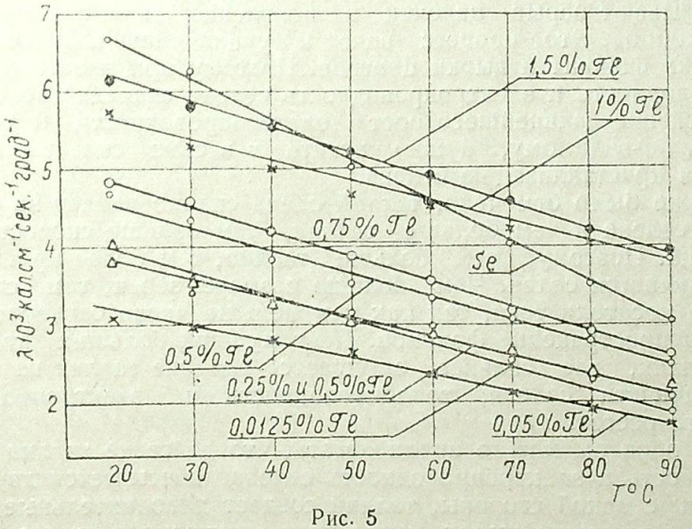


Рис. 5

Температурная зависимость теплопроводности селена, содержащего различное количество примеси таллия

ласти концентраций таллия в 0,05% наблюдается минимум теплопроводности селена.

На рис. 5 дается температурная зависимость теплопроводности исследуемых образцов.

Теплопроводность всех образцов с повышением температуры линейно убывает и описывается уравнением: $\lambda=\lambda_0+\alpha T$. Здесь угловой коэффициент α представляет собой температурный коэффициент теплопроводности. Температурный коэффициент теплопроводности вычислили из значений тангенсов угла наклона прямых с осью абсцисс.

Оказалось, что α, так же как и λ, зависит от количества таллия, причем в области концентраций 0,05% проходит через минимум. На рис. 4 показана зависимость α от количества таллия.

Обсуждение результатов

По поводу влияния таллия на сопротивление селена имеются различные мнения. Гоффман [12] предполагает, что таллий в селене создает дефекты II рода, которые, в противоположность акцепторам связывают дырки и тем самым уменьшают число носителей тока.

Леховец [9], основываясь на теорию Шоттки о выпрямителях с запирающим слоем, предполагает, что катионы Tl^{+++}, диффундируя в селен, уменьшают отрицательный объемный заряд запирающего слоя и тем самым увеличивают его сопротивление.

Нейланд [10] считает возможным образование селенида таллия со структурой, подобной селеновым цепочкам, содержащим одновременно одно- и трехвалентные ионы таллия, которые могут быть причиной особого поведения таллия по отношению к селену.

Полученные результаты, по-видимому, можно объяснить следующим образом.

Как известно, селен является дефектным полупроводником, кристаллизующимся в виде спиральных цепочек, содержащих пустые концы. Эти дефекты являются основными центрами теплового и электрического сопротивлений. Атомы таллия, входя в решетку селена, вызывают обрыв цепочек и появление таким образом новых пустых концов. Этот процесс ведет к увеличению количества рассеивающих фононы и дырки центров. Поэтому при введении таллия теплопроводность и электропроводность селена сначала уменьшаются.

Объяснение дальнейшего роста электропроводности и теплопроводности, по-видимому, нужно искать в весьма сильном действии таллия на кристаллизацию селена.

Как уже было отмечено, таллий очень сильно влияет на кристаллизацию селена и чем больше таллия, тем больше скорость кристаллизации. Поэтому, чем больше таллия, тем более крупнозернистым получается селен. Чем больше размеры зерен, тем свободнее движутся носители тока, так как тем меньше число барьеров и свободнее распространение фононов. Поэтому, при больших концентрациях таллия, где сильнее ощущается влияние таллия на степень кристалличности селена, теплопроводность и электропроводность последнего растет.

Таким образом можно предполагать, что действие таллия на теплопроводность и электропроводность селена описывается двумя механизмами: с одной стороны, таллий создает дополнительные центры рассеяния фононов и дырок, уменьшает электропроводность и теплопроводность селена, с другой стороны, влияя на размеры зерен, увеличивает их. При малых количествах примеси, по-видимому, превалирует первый, а при больших—второй механизм.

Поэтому, в зависимости от количества таллия наблюдается минимум теплопроводности и электропроводности селена.

Авторы выражают глубокую благодарность проф. Г. Б. Абдуллаеву за ценные советы при выполнении данной работы и обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Г. Б., Алиев М. И. „ДАН СССР“, 1957, 114, 5.
2. Абдуллаев Г. Б., Башшалиев А. А. „Ж. техн. физ.“, 1957, 27, 9.
3. Алиев М. И. „Изв. АН Азерб. ССР“. 1957, № 5.
4. Алиев Г. М., Абдуллаев Г. Б. „ДАН СССР“, 1957, 116, 4.
5. Алиев М. И., Ахундова С. А. „Уч. зап. АГУ им. С. М. Кирова, 1959, № 3.
6. Алиев Н. А., Ибрагимов Н. И. „Ж. физ. тверд. тела“, 1959, 1, 11.
7. Кребс Г. Сб. „Полупроводниковые материалы“ М., ИЛ, 1954.
8. Blackburn E. T. Appl. Phys., 1948, 19, 51—54.
9. Lehovec K. Zs. f. Phys., 1948, 124, 278, 1949, 125, 451,
10. Nijland L. M. Philips Rec, Rep., 1954, 9, 259—294.
11. Plessner K. W. Proc. Phys. Soc., 1951, 64, 671.
12. Schweickert H. Zs. f. Phys., 1950, 128, 47—55.

М. И. Әлијев, С. А. Ахундова

Таллиумун селенин физики хассәләринә тә'сиринин тәдгиги

ХҮЛАСӘ

Селенин електрик, термоелектрик, оптик, истилик вә башга физики хассәләринә мүхтәлиф ашгарларын тә'сир етмәсинә аид бир сыра ишләр вардыр. Лакин онун кечиричилик механизми илә әлагәдар олан бир чох мәсәләләр һәләлик ајдынлашдырылмамышдыр. Селенин истиликкечирмәсинә ашгарларын тә'сири чох аз өјрәнилмишдир.

Ишдә таллиум ашгарларынын селенин кристаллашмасына, електрик вә истиликкечирмәсинә тә'сири тәдгиг едилмишдир. Бу мәгсәдлә $10^{-6}\%\div1{,}5\%$ интервалында таллиум ашгарлы селен нүмунәләри һазырланмышдыр.

Тәчрүбәләр көстәрмишдир ки, таллиум селенин кристаллашмасыны кәскин сүр'әтләндирир. Ренткенографик тәһлил, мүхтәлиф мигдарда таллиум ашгарлары олан поликристаллик селенин кристал зәррәчикләринин мүхтәлиф өлчүдә олдуғуну көстәрмишдир.

Таллиум селенин електриккечирмәсини кәскин азалдыр. Ашгарларын мигдарындан асылы олараг, селенин електрик вә истиликкечирмәси минимумдан кечир (0,05% Tl олдугда). Бүтүн нүмунәләрдә истиликкечирмә температур јүксәлдикчә хәтти олараг азалыр. Истиликкечирмәнин температур әмсалы да ашгарларын мигдарындан асылыдыр.

Алынан нәтичәләр селенин дефект гурулушу вә кристал зәррәчикләринин өлчүләринин таллиумун мигдарындан асылылығы илә изаһ олунур.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Г. Б. АБДУЛЛАЕВ, Р. Х. НАНИ, Я. Н. НАСИРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО КОБАЛЬТИНА

Исследование свойств полупроводниковых трехкомпонентных соединений приобрело большое научное и практическое значения. Работ, посвященных исследованию указанных соединений, весьма мало.

В работе [5] исследована выпрямляющая характеристика точечного контакта на монокристаллах кобальтина, а в работах [2, 3] изучены химические связи и легирования различных соединений кобальтина.

В литературе мы не встречали данных по тепловым и электрическим свойствам природного кобальтина. Для нас представляло интерес исследование теплопроводности, электропроводности и термоэдс природного кобальтина месторождений Азербайджана.

По данным спектрального анализа [4] исследованный нами минерал CoAs S содержит Co∼31,93%, As∼46,38%, S∼18,22%, примеси; Ni∼0,18%, Cu—0,08%, Sn—0,01%, Fe—0,11%.

Все взятые для исследования образцы кобальтина имели дырочную проводимость.

1. Зависимость электропроводности от температуры. Электропроводность измерялась нами зондовым методом на образцах, выточенных из природного мелкокристаллического кобальтина размером 6×7×25 *мм* в интервале температур 20—650°С.

Электропроводность исследуемых нами образцов при комнатной температуре составляла $12{,}8 \cdot 10^{-2}$ $ом^{-1}$ $см^{-1}$. С повышением температуры до 530°С электропроводность увеличивается до $57{,}0 \cdot 10^{-2} ом^{-1} см^{-1}$, т. е. примерно в 4—5 раз. Максимум электропроводности всех образцов соответствует температуре 530—540°С.

При дальнейшем повышении температуры до 650°С электропроводность уменьшается до $52{,}5 \cdot 10^{-2}$ $ом^{-1}$ $см^{-1}$, что можно видеть на рис. 1.

Такая же зависимость была получена и для других образцов. При повторных измерениях в том же интервале температур не обнаружено необратимых изменений.

Такая сложная зависимость электропроводности от температуры в образцах природного кобальтина месторождений Азербайджана обусловлена, по-видимому, наличием различных примесей в них.

Вычисленное значение термической энергии активации носителей тока для нескольких образцов на участке полупроводниковой проводимости, соответствующему интервалу температур 20—530°С, колеб-

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Г. Б. АБДУЛЛАЕВ, Р. Х. НАНИ, Я. Н. НАСИРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО КОБАЛЬТИНА

Исследование свойств полупроводниковых трехкомпонентных соединений приобрело большое научное и практическое значения. Работ, посвященных исследованию указанных соединений, весьма мало.

В работе [5] исследована выпрямляющая характеристика точечного контакта на монокристаллах кобальтина, а в работах [2, 3] изучены химические связи и легирования различных соединений кобальтина.

В литературе мы не встречали данных по тепловым и электрическим свойствам природного кобальтина. Для нас представляло интерес исследование теплопроводности, электропроводности и термоэдс природного кобальтина месторождений Азербайджана.

По данным спектрального анализа [4] исследованный нами минерал CoAs S содержит Co~31,93%, As~46,38%, S~18,22%, примеси; Ni~0,18%, Cu—0,08%, Sn—0,01%, Fe—0,11%.

Все взятые для исследования образцы кобальтина имели дырочную проводимость.

1. **Зависимость электропроводности от температуры.** Электропроводность измерялась нами зондовым методом на образцах, выточенных из природного мелкокристаллического кобальтина размером 6×7×25 *мм* в интервале температур 20—650°С.

Электропроводность исследуемых нами образцов при комнатной температуре составляла $12{,}8 \cdot 10^{-2}$ *ом*$^{-1}$ *см*$^{-1}$. С повышением температуры до 530°С электропроводность увеличивается до $57{,}0 \cdot 10^{-2}$ *ом*$^{-1}$*см*$^{-1}$, т. е. примерно в 4—5 раз. Максимум электропроводности всех образцов соответствует температуре 530—540°С.

При дальнейшем повышении температуры до 650°С электропроводность уменьшается до $52{,}5 \cdot 10^{-2}$ *ом*$^{-1}$ *см*$^{-1}$, что можно видеть на рис. 1.

Такая же зависимость была получена и для других образцов. При повторных измерениях в том же интервале температур не обнаружено необратимых изменений.

Такая сложная зависимость электропроводности от температуры в образцах природного кобальтина месторождений Азербайджана обусловлена, по-видимому, наличием различных примесей в них.

Вычисленное значение термической энергии активации носителей тока для нескольких образцов на участке полупроводниковой проводимости, соответствующему интервалу температур 20—530°С, колеб-

лется от 0,34 до 0,36 *эв*, а на участке примесной проводимости, соответствующему интервалу температур 530—650°С,—от 0,42 до 0,43 *эв*.

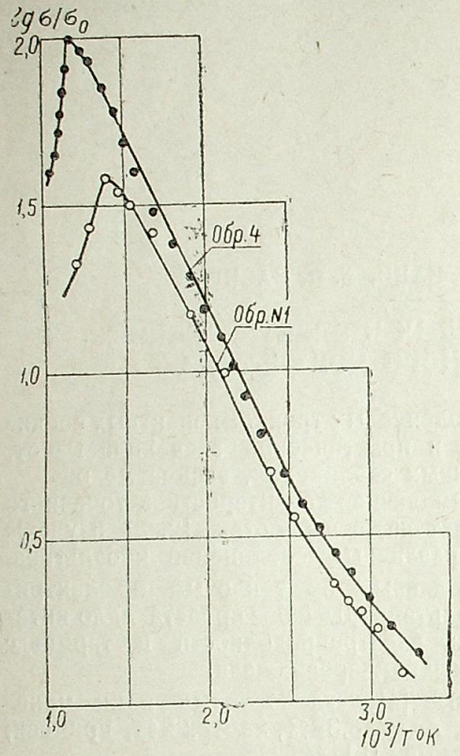


Рис. 1

2. Зависимость термоэдс от температуры. Термоэдс изучалась в интервале температур от комнатной до 650°С. Образцы мелко-кристаллического кобальтина зажимались между нагревателем и холодильником, температура которого поддерживалась постоянной с точностью ±0,2°С.

Опыты показали, что с увеличением разности температур между концами образца эдс растет. При температуре горячего спая порядка 400°С и холодного спая—80°С, что примерно соответствует режиму термоэлектрогенератора ТГК-3 [1], эдс образцов составляет 45—50 *мв* (рис. 2).

Измерение коэффициента термо эдс производили при перепаде температур от 20 до 480°С.

При комнатной температуре коэффициент термоэдс для образцов колеблется в пределах 33,0 *мкв/град*. С ростом температуры коэффициент термоэдс растет, достигая максимума при температуре 450°С (90 *мкв/град*). При дальнейшем увеличении температуры до 480°С коэффициент термоэдс остается практически постоянным (рис. 3).

3. Зависимость теплопроводности от температуры. Теплопроводность образцов из природного мелкокристаллического кобальтина была измерена плоским цилиндрическим методом с применением чувствительного полупроводникового кольца в интервале температур от комнатной до 100°С. Образцы имели цилиндрическую форму диаметром 8—9 *мм* и высотой 10—11 *мм*. Точность метода составляла ~2—3%.

Опыты показывают (рис. 4), что с повышением температуры в исследуемом интервале теплопроводность увеличивается. Теплопроводность при комнатной температуре равна $32{,}0 \cdot 10^{-3}$ *кал/см·сек*.

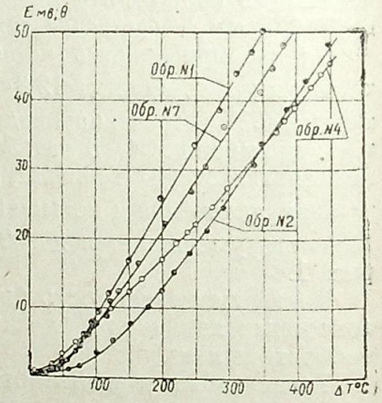


Рис. 2

4. О термоэлементах из кобальтина. Выпиливанием образцов из куска природного кобальтина месторождений Азербайджана без дополнительных обработок нами изготовлены термоэлементы размером

5×7×25 *мм*, эдс каждого элемента в режиме керосиновой лампы составляет 0,05 *в*.

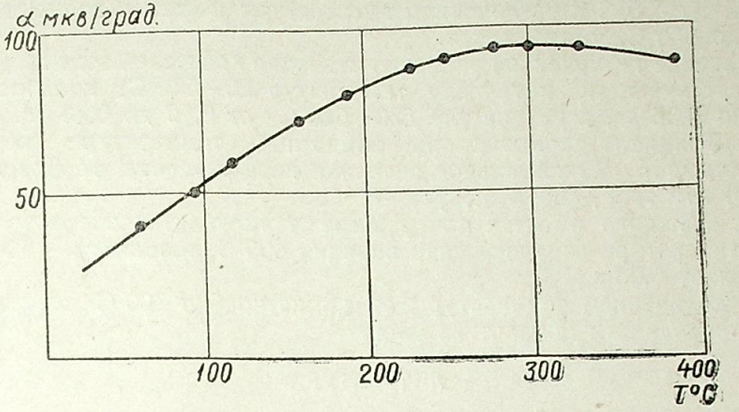


Рис. 3

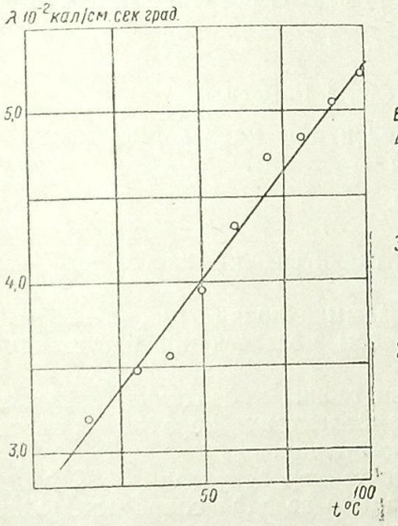


Рис. 4

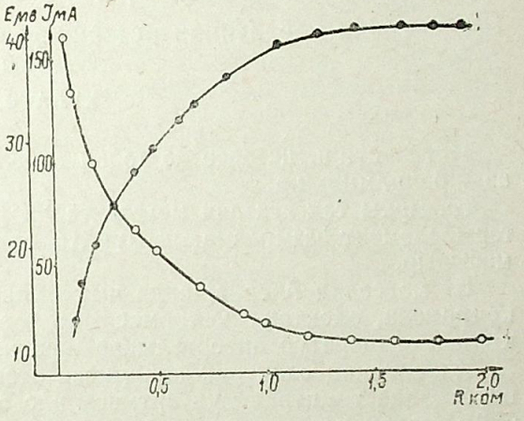


Рис. 5

На рис. 5 дана кривая зависимости эдс и силы тока от сопротивления внешней нагрузки.

Из графика видно, что с увеличением сопротивления до 10.000 *ом* эдс термоэлемента растет, а сила тока уменьшается; при дальнейшем увеличении сопротивления внешней нагрузки E и J остаются практически постоянными.

Зависимость эдс и силы тока от сопротивления внешней нагрузки снята по потенциометрической схеме.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность проф. Г. Х. Эфендиеву за представленные образцы и консультации по работе.

Выводы

Электропроводность кобальтина в интервале температур от комнатной до 530°С с увеличением температуры растет, а далее, в интервале до 650°С, уменьшается.

Значение термической энергии активации носителей тока на участке, соответствующему интервалу температур 20—530°С, колеблется от 0,34 до 0,36 *эв*, а на участке 530—650°С—от 0,42 до 0,43 *эв*.

Коэффициент термоэдс при комнатной температуре составляет 33,0 *мкв/град*. Максимальное значение коэффициента термоэдс, равное 90 *мкв/град*, соответствует 480°С.

эдс каждого образца при режиме термоэлектрогенератора, т. е. при температуре горячего спая порядка 400°С, холодного — 70—80°С, составляет 0,05 *в*.

С увеличением температуры от комнатной до 100°С коэффициент теплопроводности кобальтина растет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин А. Н. Полупроводниковые термоэлектрогенераторы. М., 1957.
2. Дудкин Л. Д. „Ж. техн. физ.", 1958, 28, № 2.
3. Дудкин Л. Д., Абрикосов Н. Х, „Ж. физ. тверд. тела", 1959, 1, № 1.
4. Эфендиев Г. Х. Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Баку, 1957.
5. Low G. G. E. Proc. Phys. Sos., 1954, в 67, № 7.

Һ. Б. Абдуллајев, Р. Һ. Нани, Ј. Н. Нәсиров

Тәбии кобалтинин истилик вә електрик хассәләринин тәдгиги

ХҮЛАСӘ

Истәр сүн'и, истәрсә дә тәбии кобалтинин физики хассәләри чох аз өјрәнилмишдир.

Һазырқы тәдгигатдан мәгсәд тәбии јарымкечиричи минераллардан термоелемент һазырламағын мүмкүн олмасы мәсәләсинин арашдырылмасыдыр.

Бу мәгсәдлә Азәрбајчанда чыхарылан тәбии кобалтинин истилик кечирмәси, електрик кечирмәси вә термоелектрик һәрәкәт гүввәси кениш температур интервалында өјрәнилмишдир.

Кобалтинин електрик кечирмәси отаг температурундан 530°С гәдәр интервалда температурун артмасы илә артыр вә даһа сонра исә, јә'ни 650°С гәдәр истилик интервалында азалыр. Һесабламалара көрә електронларын чыхыш иши 20—530°С интервалында 0,34—0,36 *ев*, 530—650°С интервалында исә 0,42—0,43 *ев* тәфавүт едир.

Термоелектрик һәрәкәт гүввәси әмсалы отаг температурунда 33,0 $\frac{мкв}{дәр}$-дир; 480°С максимум гијмәт алыр вә 90 $\frac{мкв}{дәр}$-јә чатыр.

Һәр нүмунә термоелектрокенератор шәраитиндә 0,05 волт кәркинлијә малик олур.

Истиликкечирмә әмсалы тәдгигат апарылан интервалда температурун артмасы илә артыр.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Ә. Х. ХӘЛИЛОВ, Һ. Ә. СУЛТАНОВ

МОЛЕКУЛЛАРЫН ЈАРЫМКЕЧИРИЧИ КРИСТАЛЛАРЫН СӘТҺИНДӘ АДСОРБСИЈАСЫНЫН КРИСТАЛЛАРЫН ДИФФУЗ ӘКСЕТДИРМӘ СПЕКТРЛӘРИНӘ ТӘ'СИРИ

Мә'лумдур ки, кристалын сәтһи илә кимјәви реаксијаја кирмәјән, анчаг физики адсорбсија шәраитиндә кристал сәтһинә отурдулмуш ајры-ајры молекуллар һәмин кристалын гадаған олунмуш енержиләр золағында локал сәвијјәләр јарадыр ки, бу сәвијјәләр кристалда кедән оптик просеслӘрдә өзүнү көстәрмәлидир [1, 2].

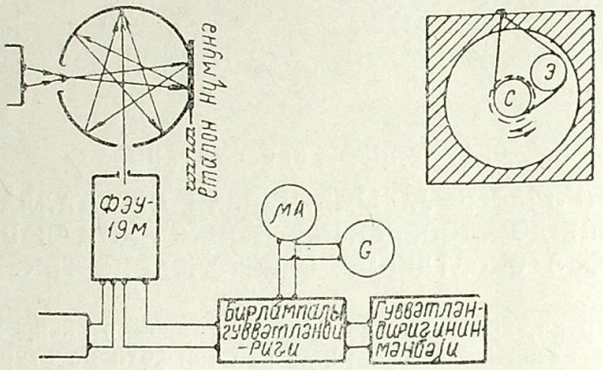
Башга сөзлә, бу чүр јолла молекулларын физики адсорбсијасы кристалларын вә молекулларын оптик хассәләринә тә'сир етмәлидир. Бу тә'сирин өјрәнилмәси сонрадан тәрс мәсәләнин һәлли үчүн чох мүһүмдүр; јә'ни кристал сәтһилә тәмасда олан һәр һансы молекулјар системин нә кими дәјишикликләрә вә деформасијаја мә'руз галдығыны, онун кристал сәтһи илә гаршылыглы тә'сирини өјрәнмәк үчүн белә системин оптик хассәләринин өјрәнилмәси гијмәтли нәтичәләр верә биләр. Бу мәгсәдлә гојулмуш тәчрүбәләр кимја сәнајесиндә катализаторлар кими кениш тәтбиг олунан бир чох јарымкечиричи маддәләрин адсорбсија просеслӘриндә молекулларын кимјәви рабитәләрини деформасија етмәси вә үмумијјәтлә бәрк чисим сәтһилә молекулјар систем арасында електрон мүбадиләси механизмини ајдынлашдырмаг үчүн мараглы нәтичәләр верә биләр [1—3].

Бу мәгаләдә поликристаллик ZnO, ZnS вә CdS маддәләринин диффуз әксетдирмә спектрләринә һәмин маддәләрин сәтһиндә адсорбсија олунмуш бојаг маддәләри (кристаллик бәнөвшәји, малахит јашылы вә аурамин) молекулларынын тә'сири тәдгигатының нәтичәләри верилмишдир.

Көстәрилән маддәләрин диффуз әксетдирмә спектрләри көрүнән областда СФ-2М өзүјазан чиһазын васитәсилә өјрәнилмишдир.

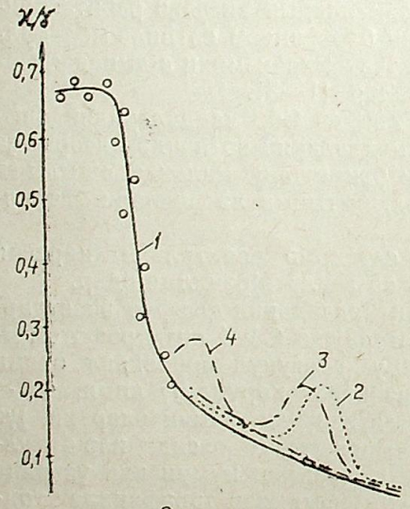
Ултрабәнөвшәји областда исә һәмин маддәләрин диффуз әксетдирмә спектрләрини өјрәнмәк үчүн лабораторијада СФ-4 спектрофотометринә әлавә гурғу һазырланмышдыр. Бу гурғунун принсипал схеми 1-чи шәкилдә көстәрилмишдир. 1-чи шәкилдән көрүндүјү кими, СФ-4 монохроматорундан чыхан ишыг дәстәси ичәриси, демәк олар ки, јүз фаиз гајтарма габилијјәтинә малик олан магнезиум оксиди илә өртүлмүш топлајычы шарын дал диварында јерләшмиш нүмунәнин үзәринә дүшүр. Нүмунәдән диффуз әкс олунмуш ишыг шар тәрәфиндән топланараг, онун ашағы һиссәсиндә јерләшмиш антрасен кристалы васитәсилә көрүнән ишыға чевриләрәк, ФЕУ—19 фотоелектрик күчләндиричисинин үзәринә дүшүр.

Бурада ишыг сигналы електрик сигналына чевриlмəклə күчлəнир вə лампалы күчлəндиричијə верилир. Бу ахырынчы тəрəфиндəн күчлəндирилмиш сигнал өлчү чиһазына верилир. Өлчү заманы монохроматордан кəлəн шүанын габағында каһ өлчүлəчəк нүмунə, каһ да еталон, магнезиум оксиди гојулур. Һəр бир далға узунлуғунда һəм нүмунə, һəм дə еталон үчүн өлчү чиһазынын көстəриши көтүрүлүр. Һəр



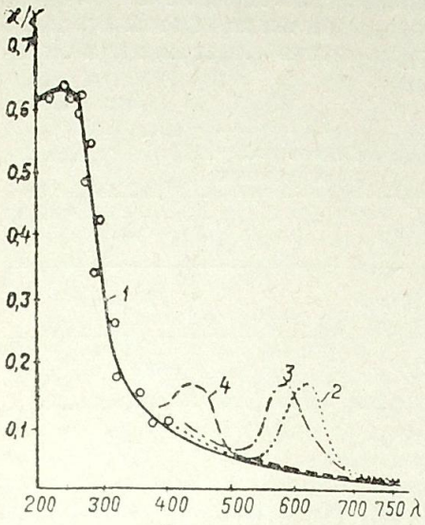
1-чи шəкил
Диффуз əксолунманы өлчмək үчүн гурғу

далға узунлуғу үчүн нүмунənин көстəришинин ($R_н$) еталонун көстəришинə ($R_е$) нисбəти $\left(R=\frac{R_н}{R_е}\right)$ һесабланыр. Белəликлə, һəмин нүмунənин əксетдирмə спектри алыныр. Бу ахырынчыдан исə удма спектри $\frac{K}{\gamma}=\frac{(1-R)^2}{2R}$ дүстуруна көрə һесабланыр [4]. Бурада $R=\frac{R_{нүмунə}}{R_{еталон}}$

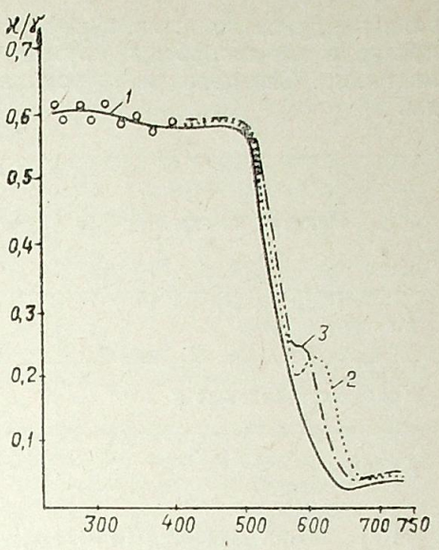


2-чи шəкил
Удма əјриləри *1*—ZnO; *2*—ZnO+малахит јашылы; *3*—ZnO+ кристаллик бənөвшəји; *4*—ZnO+аурамин

СФ-2М, јахуд СФ-4 гурғуларында өлчүлмүш диффуз əксетдирмə əмсалынын гиjмəтидир. K—удма əмсалы, γ исə маддənин сəпичи габилиjjətини көстəрир. Əкəр γ-нын λ-дан асылы олмамасы һалыны көтүрəрсəк, онда һəмин дүстурла R-ин λ-дан асылылығыны биләрək K-нын λ-дан асылылығыны һесабламаг олар. Бу үсулла адлары јухарыда чəкилмиш маддəлəр үчүн $K/\gamma=f(\lambda)$ əјриləри 2, 3, 4-чү шəкилləрдə көстəрилмишдир. Бу шəкилləрдə тəмиз ZnO, ZnS, CdS маддələри үчүн вə онларын кристалчыгларынын сəтһləри үзəриндə Малахит јашылы, кристаллик бənөвшəји вə аурамин маддəлəринин адсорбсија олунмуш (10^{-5} *мол*% спирт мəһлулларындан) һалы үчүн уjғун əјриләр көстəрилмишдир.



3-чү шəкил
Удма əјриləри *1*—ZnS; *2*—ZnS+ малахит јашылы; *3*—ZnS+кристаллик бənөвшəји; *4*—ZnS+аурамин



4-чү шəкил
Удма əјриləри *1*—CdS; *2*—CdS+малахит јашылы; *3*—CdS+кристаллик бənөвшəји; *4*—CdS+аурамин

1-чи чədвəл

Адсорбсија едилмиш молекулларын ады / Кристалларын ады	Малахит јашылы	Кристаллик бənөвшəји	Аурамин
	$\lambda_{мак}$	$\lambda_{мак}$	$\lambda_{мак}$
CdS	620 *мμ*	598 *мμ*	—
ZnS	625 *мμ*	593 *мμ*	436 *мμ*
ZnO	625 *мμ*	598 *мμ*	436 *мμ*

Бу əјриləрин мүгаjисəси көстəрир ки, сəтһиндə молекуллар адсорбсија олунмуш ZnO, ZnS, CdS маддəлəринин удма əјриləри, үзəриндə адсорбсија олунмуш молекулларын удма золаглары jерləшən спектрал интервалда əлавə удма золаглары əмəлə кəлир. Бу золагларын максимумларынын далға узунлуглары 2-чи чədвəлдə көстəрилмишдир.

Ајдындыр ки, адсорбсиjаја мə'руз галмыш ZnO, ZnS вə CdS маддəлəринин удма спектрləриндə əмəлə кəлəн дəjишикликлəр адсорбсија олмуш молекулларын тə'сири нəтичəсидир. Буна инанмаг үчүн һəмин молекулларын спиртдəки 10^{-5} *мол*%-ли мəһлулларынын удма золаглары максимумларынын далға узунлуглары верилмиш 1-чи чədвəли 2-чи чədвəллə мүгаjисə етмək лазымдыр.

Биз өjрəнилəн маддələри удма спектрləриндəн алынан нəтичələрлə мүгаjисə етмək үчүн һəмин маддəлəрин фотоһəссаслығынын спектрал паjланмасына адсорбсиjанын тə'сирини лабораториjада jығылмыш

олан конденсатор үсулу гурғусу илә јохламаг истәдик, лакин тәчрүбә көстәрди ки, адсорбсија олунан маддәләр ајрылыгда фотоһәссаслыға маликдир. Она көрә дә бу үсулла мүәјјән нәтичә алмаг мүмкүн олмады.

2-чи чәдвәл

Маддәләрин ады	10^{-5} *мол*%-ли спирт мәһлулларынын удма золагларынын $\lambda_{мак}$	
	$\lambda_{мак}$	$\lambda_{мак}$
Малахит јашылы	425 *мμ*	620 *мμ*
Кристаллик бәнөвшәји	550 *мμ*	590 *мμ*
Аурамин	430 *мμ*	—

Гејд етмәк лазымдыр ки, јухарыдакы тәчрүбәләрдә адсорбсија олунмуш молекуллар арасында ики-ики груплашма вә даһа бөјүк ассосиасијалар әмәлә кәлмәси имканлары арадан галдырылмышды. Буна һәмин маддәләрин чох зәиф мәһлулларындан истифадә етмәклә вә һәмин мәһлулларын удма спектрләри васитәсилә контроллуг едилмишдир.

ӘДӘБИЈЈАТ

1. Дебур. Электронные процессы в кристаллах. М.—Л. 1947
2. Котов Е. И. Оптика и спектроскопия, т. 3, вып. 2. Л., 1957.
3. Теренин А. Н. Фотохимия красителей и родственных органических соединений. Л., 1947.
4. Gurevich M. Phys. Zs., 1930, 31, 753.

А. Х. Халилов, Г. А. Султанов

Влияние адсорбции молекул на поверхности полупроводниковых кристаллов на спектры диффузного отражения кристаллов

РЕЗЮМЕ

Известно, что отдельные молекулы, нанесенные на поверхность кристаллов физической адсорбцией, но не входящие в химическую реакцию с поверхностью кристалла, создают в запрещенной энергетической зоне кристалла локальные энергетические уровни. Эти уровни обнаруживают себя в оптических процессах, происходящих в кристалле.

Иными словами, физическая адсорбция молекул должна влиять на оптические свойства и кристалла и молекул. Изучение этого влияния важно для решения обратной задачи: т. е. изучение оптических свойств поверхности кристалла с соприкасающейся с ней какой-либо молекулярной системой может дать ценные сведения для изучения взаимодействия этой системы с поверхностью кристалла и ответ на вопрос о изменениях и деформациях, которым она подвергается.

Опыты, поставленные с этой целью, могут дать интересные результаты о деформации химических связей молекул в процессах адсорбции на поверхности многих полупроводниковых веществ, широко применяемых в химической промышленности в качестве катализаторов. Они также могут дать интересные результаты для выяснения механизма электронного обмена между поверхностью твердого тела и молекулярной системой.

В этой статье даны результаты исследования влияния адсорбированных молекул красителей (кристаллического фиолетового, малахитового зеленого и аурамина) на спектры диффузного отражения поликристаллических веществ ZnO, ZnS и CdS.

Спектры диффузного отражения указанных веществ в видимой области спектра изучены на регистрирующем спектрофотометре СФ-2М.

Для изучения, спектров диффузного отражения в ультрафиолетовой области тех же веществ в лаборатории изготовлена добавочная приставка к спектрофотометру СФ-4.

Принципиальная схема этой приставки показана на рис. 1. Как видно из рисунка, пучок света, выходящий из монохроматора СФ-4, попадает на образец, помещенный на задней стенке интегрирующего шара. Изнутри он покрыт окисью магния, которая отражает свет почти стопроцентно. Диффузно отраженный от образца свет, собираясь шаром, попадает на кристалл антрацена, помещенный в нижней части шара, и затем, превращаясь в видимый свет, падает на ФЭУ-19. Здесь световой сигнал, превращаясь в электрический, усиливается и подается на ламповый усилитель. Усиленный последним, сигнал подается на измерительный прибор. Во время измерения перед лучом, идущим из монохроматора, ставится то измеряемый образец, то эталон—окись магния. Для каждой длины волны снимается показание и для эталона $R_э$ и для образца $R_н$. Затем берется отношение показаний для образца ($R_н$) к показанию для эталона ($R_э$).

$R = \frac{R_н}{R_э}$ для каждой длины волны.

Таким образом получается спектр отражения для данного образца. Отсюда вычисляется спектр поглощения.

На рис. 2, 3, 4 показаны кривые для чистых веществ ZnO, ZnS, и CdS и таких же слоев, на которых адсорбированы красители малахитового зеленого, кристаллического фиолетового и аурамина (из спиртовых растворов с концентрацией 10^{-5} *мол* %).

Сравнение этих кривых показывает, что на кривых ZnO, ZnS и CdS с адсорбированными на них молекулами появляются добавочные полосы в спектральном интервале, где лежат полосы поглощения этих молекул. Длины волн максимумов этих полос показаны в табл. 1.

Ясно, что изменения, происходящие в спектрах поглощения веществ ZnO, ZnS, CdS, подвергнутых адсорбции, являются результатом влияния адсорбированных молекул.

Чтобы убедиться в этом, надо сравнивать табл. 1 с табл. 2, где даны длины волн максимумов полос поглощения спиртовых растворов этих молекул с концентрацией 10^{-5} *мол* %.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри сериjасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Ч. М. ДЖУВАРЛЫ, Л. А. МУХАРСКАЯ

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ НАТРИЕВЫЕ МЫЛА НАФТЕНОВЫХ КИСЛОТ—ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО

Исследование влияния поверхностно-активных добавок на электрические свойства системы натриевые мыла—трансформаторное масло проводилось на веществах, в некоторой степени присутствующих в трансформаторных маслах: смолах, нафтеновых кислотах и воде. Изучение влияния смолистых веществ производилось тремя различными способами.

Первый из них непосредственно вытекал из технологического режима изготовления масел, принятого на нефтеперерабатывающих заводах. В соответствии с этим, для получения трехфазной системы смолы—мыла—трансформаторное масло неочищенный серной кислотой дистиллят подвергался обработке водным раствором едкого натра крепостью 10° Бе. Выщелоченный дистиллят отстаивался до нейтральной реакции и сушился без промывок. В результате такой обработки содержащиеся в дистилляте нафтеновые кислоты нейтрализовались и превращались в натриевые мыла, которые частично удалялись со щелочными отбросами. Большая часть мыл оставалась в выщелоченном дистилляте, так как промывок водой после выщелачивания не производилось. Об этом свидетельствовали повышенные значения зольности и натровой пробы. Выщелоченный дистиллят, наряду с мылами, содержит перешедшие в него из исходного дистиллята смолистые вещества, которые в процессе обработки не подвергались никакому воздействию.

По второму способу трансформаторный дистиллят, не подвергаясь никакой предварительной обработке, сушился в термостате в течение нескольких часов, после, чего в него вводились натриевые мыла в количестве 0,1%. Приготовленный образец, как и предыдущий, наряду с введенными натриевыми мылами содержит находившиеся в дистилляте смолистые вещества.

Наконец, для получения трехфазной системы смолы—мыла—минеральное масло, выделенные из дистиллята смолистые вещества и натриевые мыла вводились одновременно в трансформаторное масло, имеющее достаточно низкую собственную электропроводность ($\mathrm{tg}\,\delta_{70}=0{,}6\%$). При этом смолы выделялись из трансформаторного дистиллята при помощи адсорбировавшего их силикагеля. Дистиллят перемешивался с силикагелем, предварительно прокаленным при температуре 200—250°, после чего отстаивался в течение суток и фильтровался

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-рижазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Ч. М. ДЖУВАРЛЫ, Л. А. МУХАРСКАЯ

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ НАТРИЕВЫЕ МЫЛА НАФТЕНОВЫХ КИСЛОТ—ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО

Исследование влияния поверхностно-активных добавок на электрические свойства системы натриевые мыла—трансформаторное масло проводилось на веществах, в некоторой степени присутствующих в трансформаторных маслах: смолах, нафтеновых кислотах и воде. Изучение влияния смолистых веществ производилось тремя различными способами.

Первый из них непосредственно вытекал из технологического режима изготовления масел, принятого на нефтеперерабатывающих заводах. В соответствии с этим, для получения трехфазной системы смолы—мыла—трансформаторное масло неочищенный серной кислотой дистиллят подвергался обработке водным раствором едкого натра крепостью 10° Бе. Выщелоченный дистиллят отстаивался до нейтральной реакции и сушился без промывок. В результате такой обработки содержащиеся в дистилляте нафтеновые кислоты нейтрализовались и превращались в натриевые мыла, которые частично удалялись со щелочными отбросами. Большая часть мыл оставалась в выщелоченном дистилляте, так как промывок водой после выщелачивания не производилось. Об этом свидетельствовали повышенные значения зольности и натровой пробы. Выщелоченный дистиллят, наряду с мылами, содержит перешедшие в него из исходного дистиллята смолистые вещества, которые в процессе обработки не подвергались никакому воздействию.

По второму способу трансформаторный дистиллят, не подвергаясь никакой предварительной обработке, сушился в термостате в течение нескольких часов, после, чего в него вводились натриевые мыла в количестве 0,1%. Приготовленный образец, как и предыдущий, наряду с введенными натриевыми мылами содержит находившиеся в дистилляте смолистые вещества.

Наконец, для получения трехфазной системы смолы—мыла—минеральное масло, выделенные из дистиллята смолистые вещества и натриевые мыла вводились одновременно в трансформаторное масло, имеющее достаточно низкую собственную электропроводность ($\mathrm{tg}\,\delta_{70}$= 0,6%). При этом смолы выделялись из трансформаторного дистиллята при помощи адсорбировавшего их силикагеля. Дистиллят перемешивался с силикагелем, предварительно прокаленным при температуре 200—250°, после чего отстаивался в течение суток и фильтровался

через воронку Бюхнера. Оставшийся на фильтре силикагель загружался в экстракционный сосуд прибора Сокслета, где из него извлекались сначала масло,—петролейным эфиром, а затем смолистые вещества—спиртобензолом. Спиртобензол выпаривался на водяной бане, а стаканчик со смолами доводили до постоянного веса в термостате при температуре 105—110°. В результате, из дистиллята были выделены смолы в количестве 2,5%, которые в том же процентном содержании вводились в эталонное трансформаторное масло; после этого в то же масло добавлялись натриевые мыла в количестве 0,1%.

Образцы масел, полученные описанными способами, проходили фильтрацию и сушку, после чего определялись их электрические характеристики: тангенс угла диэлектрических потерь—tg δ, удельная объемная электропроводность — $\gamma_{уст.}$ и диэлектрическая проницаемость—ε. Результаты приведены в таблице.

Характеристика образца	Температура измерения, °С	tgδ, %	$\gamma_{уст.}$, $ом^{-1} \cdot см^{-1}$	ε
Трансформаторный дистиллят	20	0,5	$0{,}31 \cdot 13^{-12}$	2,23
	70	5,6	$3{,}37 \cdot 10^{-12}$	2,17
Тот же дистиллят, выщелоченный без промывок	20	0,5	$0{,}31 \cdot 10^{-12}$	2,23
	70	5,6	$3{,}37 \cdot 10^{-12}$	2,17
Тот же дистиллят + 0,1% натриевых мыл нафтеновых кислот	20	0,5	$0{,}31 \cdot 10^{-12}$	2,23
	70	5,6	$0{,}37 \cdot 10^{-12}$	2,17
Эталонное трансформаторное масло	20	0,07	$0{,}04 \cdot 10^{-12}$	2,23
	70	0,6	$0{,}36 \cdot 10^{-12}$	2,17
То же масло+2,5% смол	20	0,5	$0{,}31 \cdot 10^{-12}$	2,23
	70	5,4	$0{,}36 \cdot 10^{-12}$	2,17
То же масло+2,5% смол+0,1% натриевых мыл нафтеновых кислот	20	0,5	$0{,}31 \cdot 10^{-12}$	2,23
	70	5,4	$3{,}36 \cdot 10^{-12}$	2,17
То же масло+0,1% натриевых мыл нафтеновых кислот	20	4,6	$2{,}84 \cdot 10^{-12}$	2,23
	70	34	$20{,}5 \cdot 10^{-12}$	2,17
То же масло+0,1% натриевых мыл нафтеновых кислот+0,5% нафтеновых кислот	20	0,3	$0{,}18 \cdot 10^{-12}$	2,23
	70	3.8	$2{,}29 \cdot 10^{-12}$	2,17

Исследование образцов, изготовленных тремя указанными способами, приводит к одинаковым результатам. Во всех случаях мыла в присутствии смолистых веществ не проявляют характерных для них электрических свойств. В то же время натриевые мыла, введенные в количестве 0,1% в очищенное трансформаторное масло, повышают tg δ последнего до 34% при 70°; те же мыла, введенные в том же количестве в трансформаторный дистиллят, практически не влияют на его электрические характеристики. То же самое имеет место для мыл, образовавшихся при выщелачивании дистиллята, а также при введении натриевых мыл в трансформаторное масло, содержащее 2,5% смол.

На основании полученных результатов можно придти к выводу, что смолы пассивируют действие мыл. Природу этого явления вероятнее всего искать в адсорбционном взаимодействии смол с коллоидными частицами мыл. При адсорбции последними смолистых веществ

исследуемая система смолы—мыла—трансформаторное масло принимает свойства растворов смол в трасформаторном масле. При этом смолы, обволакивая частицы мыл, создают защитные оболочки, препятствующие свободному передвижению коллоидных частиц мыл под действием электрического поля.

Такое же пассивирующее действие на электропроводность системы мыла трансформаторное масло оказывают нафтеновые кислоты. Для исследования влияния их в эталонное масло, содержащее 0,1% натриевых мыл, вводились нафтеновые кислоты в количестве 0,5%. Результаты определения электрических характеристик полученных образцов приведены в таблице.

Добавление нафтеновых кислот в качестве третьего компонента понижает электропроводность исследуемой системы мыла—трансформаторное масло. Такое действие нафтеновых кислот, как и смолистых веществ, обусловлено адсорбцией нафтеновых кислот коллоидными частицами мыл.

Переходя к влиянию воды, необходимо прежде всего отметить, что проведенные опыты показали повышение электропроводности системы мыла—минеральное масло при добавлении к ней в качестве третьего компонента воды. Повышение электропроводности трансформаторных масел при их увлажнении не раз отмечалось и в литературе [1 и 2].

Остановимся на зависимости электропроводности масел от времени воздействия электрического поля. При этом имеется в виду не изменение проводимости под действием постоянного напряжения, вызванное абсорбцией или электроочисткой жидкости, а явление, на которое указали Меллингер [3].

Изучая при различных частотах (f=53, 73 и 87,5 *гц*) зависимость tg δ от времени, Меллингер установил, что для недостаточно очищенных масел имеет место повышение tg δ со временем нахождения масла под напряжением. Опыты Меллингера проводились при различных расстояниях между электродами и при различных напряженностях поля. Результаты приведены на рис. 1. Кривая *1* показывает прирост tg δ со времени включения под напряжение, а кривая *2*—изменеие tg δ после отключения напряжения.

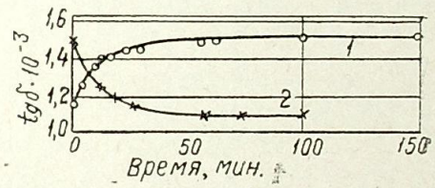


Рис. 1

Меллингер исследовал масла одинаковой степени чистоты, поэтому на основании его исследований трудно установить влияние качества самого масла на характер зависимости tg δ от времени.

В связи с этим нами исследовался характер изменения tg δ, или, что то же самое, электропроводности от времени для различных трансформаторных масел—товарных, недостаточно промытых с повышенным tg δ, а также с введенными натриевыми мылами нафтеновых кислот. Масла исследовались как в сухом состоянии, так и после их увлажнения.

Определение tg δ, производилось при промышленной частоте, при температуре 20° С.

Исследование при разных расстояниях между электродами, но при одном и том же градиенте показало, что при изменении расстояния в пределах 1—5 *мм* получаются аналогичные результаты, т. е., так

же как у Миллингера, изменение расстояния в определенных пределах не оказывает влияния на характер изменения tg δ от времени.

В дальнейшем измерение tg δ проводилось в конденсаторе с цилиндрическими электродами при расстоянии между последними в 5 *мм*.

Полученные результаты, подтверждая самый факт повышения tg δ со временем, показали, что такое повышение tg δ является характерным признаком масел, содержащих в какой-то степени влагу. Из всех исследованных образцов только увлажненные масла обнаруживали изменение tg δ по времени, причем повышение tg δ имело место для всех увлажненных масел, в том числе и недостаточно просушенных товарных.

Особенно заметно изменение tg δ по времени при увлажнении масел, имеющих повышенные диэлектрические потери,—масла недостаточно промытые и с введенными натриевыми мылами. В качестве примера можно привести трансформаторное масло, отобранное с установки до промывок с tg δ=9% при 20°. Испытание этого масла в сухом состоянии показало, что изменение tg δ по времени не происходит. Это же масло после его увлажнения характеризовалось повышением tg δ со времени нахождения его под напряжением (рис. 2). Начальное значение tg δ=9%, характеризовавшее образец в сухом состоянии, при увлажнении повысилось до 12,4%.

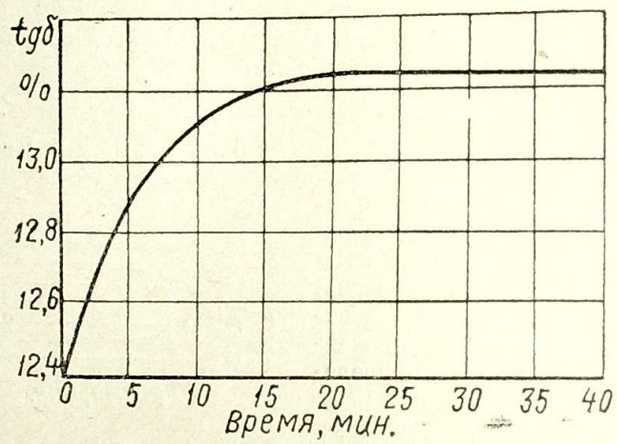


Рис. 2

Изменение tg δ обусловливается ничтожным, не обнаруживаемым по потрескиванию и методом Дина—Старка, количеством гигроскопической влаги, которая появляется в маслах после выдержки их в камерах влажности в течение различного времени, определяющего соответствующую степень увлажнения. Степень увлажнения исследуемых образцов характеризовалась величиной tg δ.

Для исследования влияния степени увлажнения масла на характер зависимости $\operatorname{tg}\delta = f(t)$ трансформаторное масло с введенными в него в количестве 0,1% натриевыми мылами нафтеновых кислот, обусловливающими tg δ=4,6%, (рис. 3, *1*) выдерживалось в течение различного времени в камере влажности. В результате были получены образцы с различным содержанием влаги и соответственно повышенными значениями tg δ—7, 10 и 16% (рис. 3, *2*, *3*, *4*).

В то время как tg δ масла с введенными натриевыми мылами со временем включения под напряжение не меняется, то же масло после

его увлажнения характеризуется повышением tg δ по времени, которое проявляется тем резче, чем больше степень увлажнения масла. С увеличением степени увлажнения масла время, необходимое для установления процесса, возрастает.

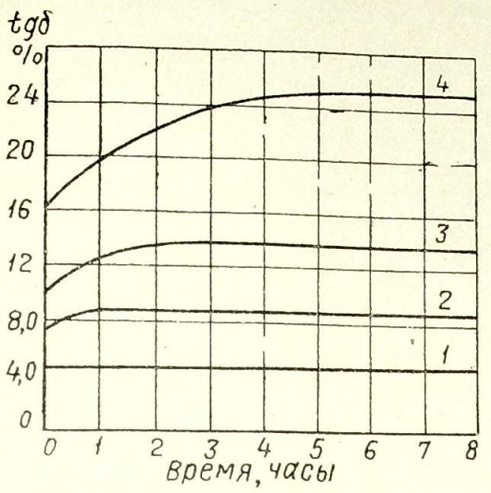


Рис. 3

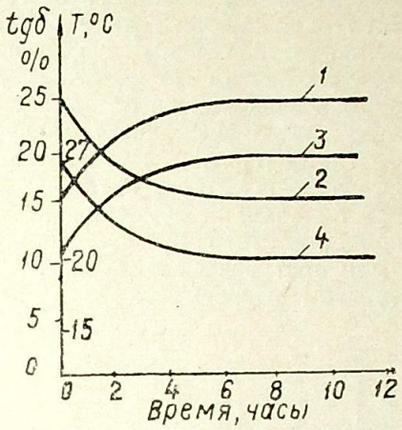


Рис. 4

На рис. 4 представлены зависимости $\operatorname{tg}\delta = f(t)$ для сильно увлажненного образца—tg δ=16%. Кривая *1* показывает повышение tg δ со времени нахождения масла под напряжением, а кривая *2*—изменение tg δ по времени после отключения напряжения. Измерение tg δ для каждой точки кривой *2* производилось при кратковременном включении напряжения. Кривые спада $\operatorname{tg}\delta = f(t)$ при отключении напряжения симметричны кривым подъема $\operatorname{tg}\delta = f(t)$ при включении напряжения.

Исследование $\operatorname{tg}\delta = f(t)$ при разных напряженностях (10, 16 и 20 *кв/см*) показало, что изменение напряженности в указанных пределах не влияет на характер кривой $\operatorname{tg}\delta = f(t)$. Это согласуется с данными Меллингера.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что прибавление к системе мыла—трансформаторное масло воды приводит к существенному изменению поведения этой системы в электрическом поле, которое выражается в повышении tg δ и электропроводности.

Для выяснения причины повышения электропроводности исследовались форма кривой тока, а также изменения химических свойств и температурного режима масла под влиянием приложенного напряжения.

Осциллографирование тока по методике, предложенной А. Геманом (Gemant [5]) не обнаружило искажений формы кривой тока. Последний во время испытания оставался синусоидальным.

Не было обнаружено также изменение химических характеристик исследуемых масел под воздействием электрического поля.

Повышение tg δ, соответственно и электропроводности, оказалось непосредственно связанным с изменением температурного режима масла под действием электрического поля. Температура сухих масел, характеризующихся неизменным во времени значением tg δ, под действием электрического поля не менялась. Для увлажненных масел

повышение tg δ со времени нахождения их под напряжением сопровождалось соответствующим повышением температуры самого масла. После отключения напряжения восстанавливалось первоначальное состояние масла; при этом температура его снижалась, достигая в течение определенного времени исходного значения, в соответствии с этим уменьшался и tg δ.

Характер изменения температуры масла под действием приложенного напряжения, а также после его отключения для ранее исследованного увлажненного образца с введенными натриевыми мылами показан на том же рис. 4. Кривая *3* показывает повышение температуры в зависимости от времени нахождения масла под напряжением, а кривая *4*—снижение температуры после отключения напряжения.

Таким образом, одинаковый характер кривых *1* и *3*, а также *2* и *4* на рис. 4 позволяет предположить, что для влажных масел изменение tg δ по времени обусловлено повышением температуры масла. Для проверки этого предположения на основании кривых *1* и *3* рис. 4 были построены зависимости tg δ от температуры. Полученная таким образом зависимость $\operatorname{tg}\delta = f(T)$, представленная кривой *1* рис. 5, сравнивалась с зависимостью tg δ от температуры, полученной для того же масла путем его нагрева. Измерение tg δ производилось при кратковременном включении напряжения в специально герметизированном для этой цели измерительном конденсаторе. При этом исключалось влияние подсушки масла на величину tg δ. Построенная таким образом кривая *2* рис. 5 совпадает с кривой *1* того же рисунка, что указывает на тепловую природу повышения tg δ со времени включения под напряжение. Подобное поведение увлажненных масел в электрическом поле связано с дипольным характером строения молекул воды.

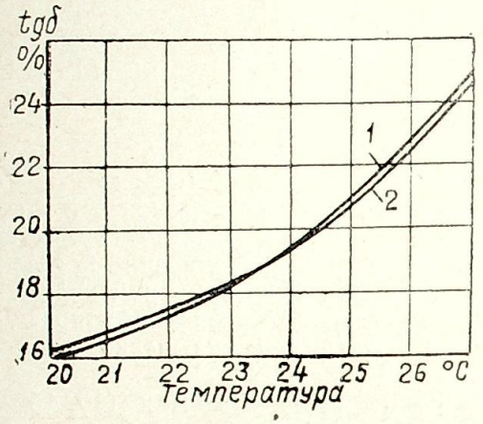


Рис. 5

При добавлении воды в систему мыла—трансформаторное масло, как было показано П. А. Ребиндером [4] и К. А. Поспеловой [3], вода поглощается полярной частью мицелл мыла, коллоидно растворенного в масле. Наружную часть мицеллы, обращенную к внешней фазе системы—маслу, составляют неполярные углеводородные цепи молекулы мыла. Внутренней частью мицеллярных структур являются полярные группы мыла, гидратирующиеся водой. Проникающая в мицеллу вода значительно повышает степень диссоциации полярной части молекул мыла на отрицательно заряженные группы COO и катионы Na, увеличивая тем самым величину электропроводности масел, что и наблюдалось в действительности.

Следствием повышения степени диссоциации молекул мыла являются следующие возможные изменения в структуре растворов мыл в масле при добавлении к ним воды. Повышение степени диссоциации, не меняя катафоретического характера электропроводности, свойственного неувлажненной системе мыла—трансформаторное масло, приводит к увеличению заряда коллоидной мицеллы мыла в масле. Повышение степени диссоциации может привести к изменению механизма электропроводности масел. К катафоретической проводимости, свойственной сухим маслам, при их увлажнении добавится ионная электропроводность, обусловленная диссоциированными ионами молекул мыла.

Таким образом, в увлажненных маслах приходится допустить наличие двух электропроводностей—катафоретической и ионной. Преобладание той или другой будет зависеть от ряда факторов—степени увлажнения масла, концентрации мыл, температуры и др.

Помимо диссоциации, на поведение увлажненных масел в электрическом поле будет оказывать влияние и образование гидратных оболочек. Гидратация в применении к системам мыла—трансформаторное масло может быть представлена следующим образом. При добавлении воды последняя в случае катафоретической электропроводности образует вокруг заряженной мицеллы мыла оболочку из ориентированных молекул воды. Эта гидратная оболочка в электрическом поле перемещается совместно со связывающей ее мицеллой мыла. То же самое имеет место в случае ионной электропроводности. При этом диссоциированные ионы, связываясь со своими гидратными оболочками, перемещаются под действием поля совместно с ними.

В свете вышесказанного повышение tg δ и температуры с течением времени в системе мыла—трансформаторное масло в присутствии влаги можно объяснить следующим образом. В присутствии влаги увеличивается степень диссоциации полярной части молекул мыла. С течением времени включения под напряжение число диссоциированных частиц, а также их подвижность увеличиваются, что обусловливает повышение электропроводности и tg δ. С другой стороны, вследствие увеличения поверхности коллоидных частиц и диссоциированных ионов гидратными оболочками увеличивается поверхность трения при перемещении этих частиц в электрическом поле, что обусловливает повышение температуры. Повышение температуры объясняется также перераспределением и образованием новых гидратных оболочек и, в свою очередь, приводит к повышению электропроводности и tg δ. Процесс продолжается до тех пор, пока не установится стационарный режим.

Выводы

1. Добавление к системе натриевые мыла—трансформаторное масло в качестве третьего компонента смолистых веществ, а также нафтеновых кислот понижает электропроводность этой системы. Такое действие добавок обусловливается адсорбцией смол и нафтеновых кислот коллоидными частицами мыл.

2. Добавление к системе натриевые мыла—трансформаторное масло воды приводит к изменению механизма электропроводности масел. К катафоретической электропроводности, свойственной двухфазной системе мыла—трансформаторное масло, при увлажнении добавляется ионная электропроводность, вызываемая перемещением под действием поля диссоциированных ионов молекул мыла.

3. Повышение степени диссоциации и гидратация обусловливают изменение поведения в электрическом поле системы мыла—трансформаторное масло при добавлении к ней воды. Это изменение выражается в повышении tg δ и электропроводности такой системы в течение времени нахождения под напряжением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич Л. Г. Научные основы переработки нефти. М.—Баку, 1940.
2. Никурадзе А. Жидкие диэлектрики. М.—Л., 1935.
3. Поспелова К. А. Индуцированная растворимость бензола в воде и воды в бензоле. „Коллоид. ж.", 1949, № 3.
4. Ребиндер П. А. К теории эмульсий. „Коллоид. ж"., 1946, № 3.
5. Möllinger N. Verlustwinkelmessung an Transformatorenöl. „Archiv für Elektrotechnik", 18, 5, 1927.
6. Gemant A. Oszillographie von Strömen in Isolierstoffen. „Archiv fur Elektrotechnik", 23, 6, 1930.

Ч. М. Чуварлы, Л. А. Мухарскаја

Трансформатор јағы—нафтен туршуларынын натриум сабунлары системинин електрик хассәләринә сәтһи актив маддәләрин әлавә олунмасынын тә'сири

ХҮЛАСӘ

Трансформатор јағы—нафтен туршуларынын натриум сабунлары системинин електрик хассәләринә сәтһи-актив маддәләрин әлавә олунмасынын тә'сири трансформатор јағларынын тәркибиндә олан гәтранлар, нафтен туршулары вә су үзәриндә тәдгиг едилмишдир.

Апарылан тәдгигатлар көстәрир ки, гәтранлар сабунларын тә'сирини пассивләшдирир. Бунун сәбәбини гәтранла сабунун коллоид һиссәчикләринин адсорбсион гаршылыглы тә'сириндә ахтармаг лазымдыр. Бу һалда гәтранлар сабун һиссәчикләрини бүрүјәрәк, онларын үзәриндә мүһафизә өртүјү әмәлә кәтирир. Һәмин өртүкләр сабунларын коллоид һиссәчикләринин сәрбәст һәрәкәтинә мане олур. Ејнилә нафтен туршуларында тәдгиг олунан сабунлар—трансформатор јағы системинә үчүнчү тәшкиледичи кими әлавә етдикдә, системин үмуми електрик кечиричилији азалыр.

Тәркибинә су әлавә едилмиш сабунлар—трансформатор јағы системинин електрик саһәсиндә тәдгиг едилмәси бөјүк мараг ојадыр.

Апарылан тәдгигатлар көстәрди ки, сабунлар—трансформатор јағы системинә су әлавә едиб, електрик саһәсинин тә'сири алтында сахладыгда һәмин мүддәт әрзиндә системин $tg\delta$ вә електрик кечиричилији артыр. Буну, су молекуллары гурулушунун дипол характердә олмасы илә изаһ етмәк олар.

Сабунлар—трансформатор јағы системинә су әлавә етдикдә, һәмин су јағда коллоид сурәтдә һәлл олмуш сабун миселласынын полјар һиссәси тәрәфиндән удулур. Миселлаја дахил олмуш су сабун молекулларынын полјар һиссәсинин мәнфи јүкләнмиш COO групуна вә Na катионларына ајрылма диссосиасијасынын дәрәчәсини артырыр.

Диссосиасија дәрәчәсинин артмасы јағларын електрик кечиричилији механизминин дәјишмәсинә сәбәб ола биләр. Јағлары нәмләшдирдикдә онларын гуру һалындакы катафоретик кечиричилијинин үзәринә сабун молекулларынын диссосиасија етмиш ионларындан әмәлә кәлмиш ион кечиричилији дә әлавә едиләчәкдир.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960. № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Ј. Б. ГӘДИМОВ, Б. А. ЛИСТЕНГАРТЕН

ИМПУЛС ДӨВРӘЛӘРИ НӘЗӘРИЈЈӘСИНИН НЕФТ ГУЈУЛАРЫ ГАЗЫМАСЫНДАКЫ ЕЛЕКТРИК ИНТИГАЛЫНЫН ТӘДГИГИ ҮЧҮН ТӘТБИГИ

Бундан әввәл дәрч едилмиш мәгаләләрдә [1, 2, 3] пајланмыш параметри олан електрик интигалынын бә'зи мәсәләләринә бахылмышды.

Бу ишләрдә пајланмыш параметрли звено Лапласын дискрет чеврилиши васитәси илә [3] импулс дөврәләринә кәтирилирди.

Нефт гујуларынын газылмасынын електрик интигалына газыма боруларындан ибарәт узун сүтун дахилдир. Гују дибиндәки момент електрик интигалына һәмин сүтун васитәсилә верилир. Һазырда боруларын узунлуғу 5000 *м* гәдәрә чатыр.

Газымада електрик интигалында ахан електромеханики просесләри һесабламаг үчүн пајланмыш параметри нәзәрә алан системдәки ријази мүнасибәти алмаг лазымдыр.

Газыма сүтунунун јухарысында M моменти вә ω сүр'әти арасындакы мүнасибәти тапаг:

Сүтунун сонунда (балтада) јүк олмадыгда вә иткиләр нәзәрә алынмадыгда, M вә ω арасындакы асылылыг оператор шәклиндә ашағыдакы тәнликлә тә'јин олунур:

$$\overline{M} = \frac{1}{z_c}\frac{shp\,\tau}{chp\,\tau}\overline{\omega}(p) \qquad (1)$$

Бурада $z_c = \sqrt{\frac{C}{I}}$ —борулардан ибарәт сүтунун характеристикасыдыр.

$\tau = \frac{l}{v}$ —сүтунун узунлуғу үзрә далғанын јајылма вахтыдыр.

$v = \frac{1}{\sqrt{IC}}$ —далғанын јајылма сүр'әтидир.

I— метр узунлуғундакы сүтун күтләсинин әталәт моментидир.

C—боруларын еластигијјәт әмсалыдыр.

(1) тәнликдә $\overline{q}=2\tau p=\lambda p$ јеринә јазсаг,

$$\overline{M} = \frac{1}{z_c}\frac{e^{\overline{q}}-1}{e^{\overline{q}}+1}\overline{\omega}(\overline{q}) \qquad (2)$$

аларыг.

Арасыкәсилмәз вә она тәвафүг едән гәфәсли функсијаларын хәјаллары арасындакы асылылыг теоријасына әсасән [5]

$$F^*(q,\varepsilon)=\sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{(q+2\pi jr)\varepsilon}\ F(q+2\pi jr) \tag{3}$$

дискрет шәклиндә моментин ифадәсини алмыш олуруг:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{(\bar{q}+2\pi jr)\varepsilon}\frac{e^{\bar{q}+2\pi jr}-1}{e^{\bar{q}+2\pi jr}+1}\,\omega(\bar{q}+2\pi jr) \tag{4}$$

r—там әдәд олуб, $-\infty$-дан $+\infty$-а гәдәр гијмәтләр ала биләр. Буна әсасән $e^{q}(\cos 2\pi jr+j\sin 2\pi jr)=e^{q}$ вә (4) тәнлик ашағыдакы шәкли алыр:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^{q}-1}{e^{q}+1}\sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{(q+2\pi jr)\varepsilon}\ \omega(q+2\pi jr) \tag{5}$$

(3) тәнлијә әсасән

$$\omega^*(q,\varepsilon)=\sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{(q+2\pi jr)\varepsilon}\ \omega(q+2\pi jr) \tag{6}$$

(5) вә (6) тәнликләрә әсасән моментин дискрет тәнликдәки ифадәсини алырыг:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^{q}-1}{e^{q}+1}\,\omega^*(q,\varepsilon) \tag{7}$$

$\omega^*=\frac{e^{q}}{e^{q}-1}\omega$ јә'ни сүр'әт сабит оланда момент вә сүр'әт арасындакы асылылыг ашағыдакы шәкли алыр:

$$M^*(q)=\frac{1}{z_c}\frac{e^{q}}{e^{q}+1}\omega. \tag{8}$$

Сыфыр олмајан башланғыч шәртләриндә ($M_{баш}$ вә $\omega_{баш}$ оланда) M вә ω арасындакы асылылыг ашағыдакы тәнликлә тә'јин едилир:

$$\overline{M}=\frac{1}{z_c}\frac{shp\,\tau}{chp\,\tau}\,\omega(p)+M_{баш}\frac{chp\,\tau-1}{chp\,\tau}-\frac{1}{z_c}\frac{shp\,\tau}{chp\,\tau}\,\omega_{баш} \tag{9}$$

вә ја дискрет шәкилдә:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^{q}-1}{e^{q}+1}\,\omega^*(q,\varepsilon)+M_{баш}\frac{e^{q}}{e^{q}-1}\left[1-\frac{2e^{q}\cdot e^{-0{,}5q}}{e^{q}+1}\right]-$$
$$-\frac{1}{z_c}\,\omega_{баш}\frac{e^{q}}{e^{q}+1}. \tag{10}$$

Һәр һансы бир хәјалы $e^{-0,5q}$-ә вурмаг, һәмин хәјалы e^{-q}-ә вурмаг вә ε параметрини $\varepsilon+0{,}5$ илә әвәз етмәјә тәфавүг едир. Итки нәзәрә алынмадыгда сүтунун сону јүкләндикдә, момент вә сүр'әт арасындакы асылылыг оператор шәклиндә ашағыдакы тәнликлә тә'јин едилир.

$$\overline{M}=\frac{1}{z_c}\frac{z_2 shp\,\tau+z_c chp\,\tau-}{z_2 chp\,\tau+z_c shp\,\tau}\omega(p) \tag{11}$$

вә ја бә'зи әмәлијјатлардан сонра

$$\overline{M}=\frac{1}{z_c}\frac{e^{\bar{q}}-m}{e^{\bar{q}}+m}\,\omega(\bar{q}) \tag{12}$$

алырыг. Бурада:

$$m=\frac{z_2-z_c}{z_2+z_c}.$$

Јухарыдакы әмәлијјатлары апармагла моментин дискрет формада ифадәсини алмыш олуруг:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^{q}-m}{e^{q}+m}\omega^*(q,\varepsilon) \tag{13}$$

Сүр'әт сабит олдугда:

$$M^*(q)=\frac{1}{z_c}\frac{(e^{q}-m)e^{q}}{(e^{q}+m)(e^{q}-1)}\omega. \tag{14}$$

олур.

Сүтунун сону бәркидиләндә, јүкүн мүгавимәти $z_2=0$ вә m әмсалы мәнфи бирә бәрабәр олур. (13) тәнликдә $m=-1$ гијмәтини јазсаг:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^{q}+1}{e^{q}-1}\omega^*(q,\varepsilon) \tag{15}$$

алырыг.

Сабит сүр'әтдә һәмин ифадә

$$M^*(q)=\frac{1}{z_c}\frac{(e^{q}+1)e^{q}}{(e^{q}-1)^2}\omega \tag{16}$$

олур.

Конкрет газыма гурғусу електрик интигалындакы кечид просесинин һесабыны кәтирәк.

Борулар фырлананда балта бирдән-бирә сүхурдан ајрылан вә балта пәрчимләнән вахты, бору сүтунунун јухарысындакы фырланма сүр'әтини, моменти вә боруларда әмәлә кәлән бурулма кәркинлијини тә'јин едәк.

Балтанын сүхурдан ајрылмасы сүтунун сонунда јүк олмајан иш режиминә тәфавүг едир. Балтанын пәрчимләнмәси исә сүтунун сонунда јүкүн сонсуз гијмәтиндәки иш режиминә тәфавүг едир. Фәрз едәк ки, 4″ бору сүтунуну $P_н=160$ *квт*; $n=735$ *дөвр/дәг* олан МАД-128-8 типли асинхрон електрик мүһәррики фырладыр.

Мүһәррикин ротор масасына кәтирилмиш параметрләринин гијмәтләри ашағыдакылардыр: максимал момент $M_м=a=1360$ *кгм*; механики характеристикасынын маиллијини тә'јин едән әмсал $b=69{,}5$ *кгм·сан*; әталәт моменти $=26$ *кгм·см*^{2}; башланғыч фырланма сүр'әти $\omega_{баш}=15{,}7'/$*сан*; ротор масасынын фырланма сүр'әти 150 *дөвр/дәг*; башланғыч моменти $M_{баш}=600$ *кгм*; 1 *м* узунлуғундакы сүтунун әталәт моменти

$$I_1=\frac{\gamma\cdot j\cdot 10^{-5}}{g},$$

еластигијјәт әмсалы:

$$c=\frac{10^4}{G\gamma},$$

Бурада γ—бору поладынын $г/см^3$ вахидиндә хүсуси чәкисидир.
g—ағырлыг күввәсинин $м/сан^2$ вахидиндә тәчилидир.
j—ен кәсијинин $см^4$ вахидиндә әталәт моментидир.
G—јер дәјишмәнин $кг/см^2$ вахидиндә модулудур.

4″ бору сүтуну үчүн:

$$\gamma=7{,}8\ г/см^3; \qquad j=324\ см^4; \qquad G=7{,}5\cdot10^5\ кг/см^2;$$

$$I_1=258\cdot10^{-5}\ кгсан^2 \qquad v=3070\ м/сан.$$

[3] көстәрилмиш методикаја әсасән, ҝајланмыш параметрал електрик интигалы тәнлији әкс әлагәли импулс дөврәләри тәнлијинә кәтирилирди. Бору сүтунун сонунда олмадыгда, јүксүз електрик интигралынын механики характеристикасы дүз хәтт гәбул едиләндә вә сыфыр башланғыч шәртиндә фырланма сүр'әтинин дискрет шәкилдә ифадәси ашағыдакы тәнликлә јазылыр:

$$\omega^*(q,\varepsilon)=az_c\kappa_1^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q-1}+\frac{az_c\kappa^*\kappa_{11}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q-1}+$$

$$+\frac{Iz_c\omega_{баш}}{\lambda}\frac{\kappa^*\kappa_{21}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q-1}+\omega_{баш}\frac{Iz_c}{\lambda}\kappa_2^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q-1}. \qquad (17)$$

Бурада:

$$\kappa_1^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{bz_c+1}\left[1-\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}\right]; \qquad (18)$$

$$\kappa_{11}^*(q_1\varepsilon)=\frac{1}{(bz_c+1)^2}\left[1-\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}-\alpha\varepsilon e^{-\alpha\varepsilon}\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}-\right.$$

$$\left.-\alpha e^{-\alpha\varepsilon}e^{-\alpha}\frac{e^q-1}{(e^q-e^{-\alpha})^2}\right] \qquad (19)$$

$$\kappa_2^*(q,\varepsilon)=\frac{\alpha}{bz_c+1}\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon} \qquad (20)$$

$$\kappa_{21}^*(q,\varepsilon)=\frac{\alpha^2}{(bz_c+1)^2}\left[\varepsilon\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}+e^{-\alpha}e^{-\alpha\varepsilon}\frac{e^q-1}{(e^q-e^{-\alpha})^2}\right] \qquad (21)$$

$$\kappa^*(q)=\frac{2e^q}{e^q+1} \qquad (22)$$

$$\alpha=\frac{\lambda}{T_1}; \qquad T_1=\frac{Iz_c}{bz_c+1}; \qquad (23)$$

Сыфыр олмајан башланғыч шәртләриндә (10) тәнлик нәзәрә алынмагла, (17) ифадә бир гәдәр дәјишир. Фәрз едәк ки, газыма борусунун сүтуну $\omega_{баш}$ сүр'әти илә фырланыр вә борулара сабит $M_{баш}$ моменти верилир, бу заман боруларда сабит σ бурма кәркинлији әмәлә кәләчәкдир. Кечид просесинин башланғычыны балтанын сүхурдан ајрылма заманындан һесаб едирик.

Бу вахт балтадакы момент бирдән-бирә сыфра енир, белә һал сыфыр олмајан башланғыч шәртләри илә јүксүз ишләмә режиминә тәфавүг едир. Бу һал үчүн бору сүтунунун башланғычындакы фырланма сүр'әтинин дискрет шәкилдә ифадәси ($0\leqslant\varepsilon\leqslant0{,}5$ үчүн):

$$\omega^*(q,\varepsilon)=(a-M_{баш})z_c\kappa_1^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q-1}+\frac{(a-M_{баш})z_c\kappa^*\kappa_{11}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q-1}+$$

$$+\omega_{баш}\frac{Iz_c}{\lambda}\kappa_2^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q-1}+\frac{Iz_c\omega_{баш}}{\lambda}\frac{\kappa^*\kappa_{21}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q-1}+$$

$$+M_{баш}z_c\kappa_1^*(q,\varepsilon+0{,}5)\frac{e^q}{e^q-1}+\frac{M_{баш}z_c\kappa^*\kappa_{11}^*(q_1\varepsilon+0{,}5)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}-\frac{2e^q}{(e^q-1)(e^q+1)}+$$

$$+\frac{\omega_{баш}\kappa^*\kappa_{11}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q+1}+\omega_{баш}\kappa^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q+1} \qquad (24)$$

олачагдыр.

$\omega^*(q,\varepsilon)$ вә $M_c^*(q,\varepsilon)$ арасындакы әлагәни тә'јин едән (7) тәнлијә әсасән, $M_c^*(q,\varepsilon)$ моментинин ифадәсини дискрет шәкилдә тә'јин едирик:

$$M_c^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\omega^*(q_1\varepsilon)\frac{e^q-1}{e^q+1}$$

Бурада $\omega^*(q,\varepsilon)$ (24) тәнликдән тә'јин едилир. Газыма борусу сүтунунун јухарысына тә'сир едән бурма кәркинлијини тә'јин едән үмуми момент (10) тәнлијә әсасән дискрет шәкилдә ашағыдакы ифадәдән тә'јин едилир.

$$M_{үм}^*(q,\varepsilon)=M_c^*(q,\varepsilon)+M_{баш}\frac{e^q}{e^q-1}\left[1-\frac{2e^q\cdot e^{-0{,}5q}}{e^q+1}\right]-\frac{1}{z_c}\omega_{баш}\frac{e^q}{e^q+1} \qquad (25)$$

Лапласын әкс дискрет чеврилишиндән истифадә едәрәк, моментин замандан $M=f[n,\varepsilon]$ асылылығыны тә'јин едирик, бурада:

$$n+\varepsilon=\bar{t}; \qquad \bar{t}=\frac{t}{\lambda}$$

Јухарыда верилмиш параметрләрә әсасән моментин гијмәти дискрет ($\varepsilon=0$, $n=0$, 1, 2, 3,) јә'ни $t=2\tau n$ заманлары үчүн тә'јин едилмишдир. Боруларда әмәлә кәлән бурулма кәркинлијинин гијмәти, боруја тәтбиг едилмиш моментә әсасән, ашағыдакы ифадәдән тә'јин едилир:

$$\sigma=\frac{Gr}{v}\omega=\frac{G\cdot rz_c}{v}M$$

4″ борулар үчүн $\frac{Grz_c}{v}$ әмсалы 1,7-ә бәрабәрдир. Јә'ни

$$\frac{G\cdot rz_c}{v}=1{,}7.$$

1-чи чәдвәлдә јухарыда көстәрилмиш методикаја көрә апарылмыш һесабатын нәтичәси верилмишдир.

Башланғыч шәртләриндәки моментин гијмәти $M_{баш.ш}$ индекси көстәрилмишдир.

Балта бирдән-бирә пәрчимләнәндә, (бу һал үчүн бору сүтуну сонундакы моментин сонсузлуға бәрабәр олмасына тәфавүг едир $\omega^*(q,\varepsilon)$ фырланма сүр'әтинин дискрет шәкилдәки ифадәси ашағыдакы кими олур:

$$\omega^*(q,\varepsilon)=\left\{\frac{az_c}{bz_c+1}\left[1-\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}\right]-\right.$$

$$-\frac{2az_c\{(e^q-e^{-\alpha})^2-e^{-\alpha\varepsilon}(e^q-1)[(e^q-e^{-\alpha})(1+\alpha\varepsilon)+\alpha e^{-\alpha}]\}}{(e^q-e^{-\alpha})[(bz_c+1)(e^q+1)(e^q-e^{-\alpha})+2e^q(1-e^{-\alpha})](bz_c+1)}\cdot\frac{e^q}{e^q-1}+$$

$$+\frac{Iz_c\omega_{баш}}{\lambda(bz_c+1)}\alpha e^{-\alpha\varepsilon}\frac{e^q}{e^q-e^{-\alpha}}-$$

$$\left.-\frac{2Iz_c\omega_{баш}e^q\{\alpha^2e^{-\alpha\varepsilon}[\varepsilon(e^q-e^{-\alpha})+e^{-\alpha}]\}}{\lambda(bz_c+1)(e^q-e^{-\alpha})[(bz_c+1)(e^q+1)(e^q-e^{-\alpha})+2e^q(1-e^{-\alpha})]}\right\}\qquad(26)$$

Бу һал үчүн моментин ифадәсини дискрет шәкилдә алмагдан өтрү момент вә фырланма сүр'әти арасындакы асылылыг ифадәсиндән истифадә едирик:

Онда моментин ифадәси ашағыдакы кими олар:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{a}{bz_c+1}\frac{e^q(e^q+1)}{(e^q-1)^2}\left[1-\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}\right]-$$

$$-\frac{2a\{(e^q-e^{-\alpha})^2-e^{-\alpha\varepsilon}(e^q-1)[(e^q-e^{-\alpha})(1+\alpha\varepsilon)+\alpha e^{-\alpha}]\}}{(qz_c+1)(e^q-e^{-\alpha})[(bz_c+1)(e^q+1)(e^q-e^{-\alpha})+2e^q(1-e^{-\alpha})]}\frac{e^q(e^q+1)}{(e^q-1)^2}+$$

$$+\frac{I\omega_{баш}\alpha e^{-\alpha\varepsilon}\cdot e^q(e^q+1)}{\lambda(bz_c+1)(e^q-e^{-\alpha})(e^q-1)}-$$

$$-\frac{2I\omega_{баш}e^q\{\alpha^2e^{-\alpha\varepsilon}[\varepsilon(e^q-e^{-\alpha})+e^{-\alpha}]\}}{\lambda(bz_c+1)(e^q-e^{-\alpha})[(bz_c+1)(e^q+1)(e^q-e^{-\alpha})+2e^q(1-e^{-\alpha})]}\cdot\frac{e^q+1}{e^q-1}.\qquad(27)$$

Лапласын әкс дискрет чеврилішиндән истифадә едәрәк, гују дибиндән долаға әкс олунан вахта тәфвағ едән заманлар үчүн моментин вә она уjғун бурма кәркинлиjинин гиjмәтләри һесабланмышдыр.

	Балтанын сүхурдан ајрылмасы				Балтанын пәрчимләнмәси	
n	M_c кгм	$M_{баш.ш}$ кгм	$M_{үм}$ кгм	σ кг/см²	$M_{үм}$ кгм	σ кг/см²
0	125	475	600	1020	126	214
1	—44	—475	—519	—865	392	665
2	—54	475	421	715	644	1095
3	137	—475	—338	—574	844	1435
4	—211	475	264	448	1004	1705

[4] иш газыма борулары сүтуну үзрә бурулма кәркинлик далғаларының јајылмасыны нәзәрә алараг, газма интигалы характеристикасынын сечилмәсинә һәср едилмишдир. Бу ишдә моментин гиjмәти јалныз ики $0<t<T$ вә $T<t<2T$ заманлары үчүн һесабландығына көрә, алынан нәтичәләр, физики һадисәни олдуғу кими там ашкара чыхара билмәмишдир. Бунун да сәбәби Д'аланбер методу үзрә һесаблама сырасы үзрә апарылдығы үчүн онун һесабланмасы чох мүрәккәбдир вә бу һесабланма [4] јалныз $t>2T$ көрә апарылдығындан һадисә там сурәтдә тәдгиг едилмәмишдир.

Һазырқы ишдә алынмыш тәнликләрин тәһлили көстәрир ки, балта сүхурдан ајрылдыгда, боруларын гују кәнары илә сүртүнмәдән әмәлә кәлән иткиләр нәзәрә алынмазса, бору сүтуну јухарысында момент артыр вә өз гиjмәтинин ишарәсини дәjишир. Бу моментин гиjмәти балта сүхурдан ајрылан заман балтада олан кәркинлиjин гиjмәтиндән асылы олмајараг олдугча бөjүк гиjмәтләр ала биләр вә бу да боруларын бир-бириндән ајрылмасына, jә'ни ачылмағына сәбәб олур. Алынмыш рәгәмләрдән көрүнүр ки, илк заманларда моментин гиjмәти чох бөjүк олмур, бу вахт борулары мүдафиә етмәк тамамилә мүмкүндүр. Балта пәрчимләнәндә һәмчинин, борулардакы кәркинлик артыр. Јалныз бу вахт момент вә бурулма кәркинлиjи өз ишарәсини дәjишдирир.

ӘДӘБИЈЈАТ

1. Ј. Б. Гәдимов, Б. А. Листенгартен. Пајланмыш параметрли автоматик тәнзим системләринин тәдгигиндә дискрет Лаплас чевирмәсинин тәдгиги. Азәрбајчан ССР ЕА „Хәбәрләри", № 5 1958,

2. Кадымов Я. Б. Применение дискретного преобразования Лапласа к исследованию звеньев с распределенными параметрами. „Изв. АН СССР" (энергетика и автоматика) 1959, № 5.

3. Кадымов Я. Б. Некоторые вопросы электропривода, включающего звенья с распределенными параметрами. Третье Всесоюзное объед. совещание по автомат. производств. процессов и автоматизированному электроприводу в промышленности. М., 1959.

4. Плющ Б. М. О выборе характеристики привода для бурения нефтяных скважин. АНХ, 1940, № 5.

5. Цыпкин Я. З. Теория импульсных систем М., Гос. изд. физ.-мат. лит., 1958.

Я. Б. Кадымов, Б. А. Листенгартен

Применение теории импульсных цепей для исследования электропривода бурения нефтяных скважин

РЕЗЮМЕ

В работах [1, 2, 3] были представлены некоторые вопросы теории электропривода, включающего звенья с распределенными параметрами, которые приводились к импульсным цепям. Привод бурения включает длинный вал—колонну бурильных труб, доходящую до 5000 *м*. При ненагруженном конце вала без учета потерь между моментом и скоростью вращения в дискретной форме существует следующее соотношение

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^q-1}{e^q+1}\omega^*(q,\varepsilon).\qquad(1)$$

При ненулевых начальных условиях (при $t=0$, $\omega=\omega_{нач}$, $M=M_{нач}$) зависимость между M^* и ω^* усложняется:

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^q-1}{e^q+1}\omega^*(q,\varepsilon)+M_{нач}\frac{e^q}{e^q-1}\left[1-\frac{2e^q\cdot e^{-0,5q}}{e^q+1}\right]-$$

$$-\frac{1}{z_c}\omega_{нач}\frac{e^q}{e^q+1}\qquad(2)$$

При нагруженном конце вала

$$M^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{z_c}\frac{e^q-m}{e^q+m}\omega^*(q,\varepsilon), \qquad (3)$$

где

$$m=\frac{z_2-z_c}{z_2+z_c}$$

Произведем расчет электромеханического переходного процесса в буровом электроприводе, вызванного внезапным срывом и внезапным заклиниванием долота. До срыва долота колонна вращалась со скоростью $\omega_{нач}$ и передаваемый момент трубам был $M_{нач}$. На основании метода, изложенного в работе [3], с учетом ненулевых начальных условий, получили выражение для скорость вращения в дискретной форме в следующем виде: для $0\leqslant\varepsilon\leqslant 0{,}5$

$$\omega^*(q,\varepsilon)=(a-M_{нач})z_c\kappa_1^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q-1}+$$

$$+\frac{(a-M_{нач})z_c\kappa^*\kappa_{11}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q-1}+\frac{\omega_{нач}Iz_c}{\lambda}\kappa_2^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q-1}+$$

$$+\frac{\omega_{нач}Iz_c}{\lambda}\frac{\kappa^*\kappa_{21}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q-1}+M_{нач}z_c\kappa_1^*(q,\varepsilon+0{,}5)\times$$

$$\times\frac{2e^q}{(e^q-1)(e^q+1)}+\frac{M_{нач}z_c\kappa^*\kappa_{11}^*(q,\varepsilon+0{,}5)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{2e^q}{(e^q-1)(e^q+1)}+$$

$$+\omega_{нач}\kappa_1^*(q,\varepsilon)\frac{e^q}{e^q+1}+\frac{\omega_{нач}\kappa^*\kappa_{11}^*(q,\varepsilon)}{1-\kappa^*\kappa_1^*(q,0)}\frac{e^q}{e^q+1}, \qquad (4)$$

где

$$\kappa_1^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{bz_c+1}\left[1-\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}\right].$$

$$\kappa_{11}^*(q,\varepsilon)=\frac{1}{(bz_c+1)}\left[1-\frac{e^q-1}{b^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}-\alpha\varepsilon e^{-\alpha\varepsilon}\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}-\right.$$

$$\left.-\alpha e^{-\alpha\varepsilon}e^{-\alpha}\frac{e^q-1}{(e^q-e^{-\alpha})^2}\right];$$

$$\kappa_2^*(q,\varepsilon)=\frac{\alpha}{bz_c+1}\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon};$$

$$\kappa_{21}^*(q,\varepsilon)=\frac{\alpha^2}{(bz_c+1)^2}\left\{\varepsilon\frac{e^q-1}{e^q-e^{-\alpha}}e^{-\alpha\varepsilon}+e^{-\alpha}e^{-\alpha\varepsilon}\frac{e^q-1}{(e^q-e^{-\alpha})^2}\right];$$

$$\kappa^*(q)=\frac{2e^q}{e^q+1};\qquad \alpha=\frac{\lambda}{T_1};\qquad T_1=\frac{Iz_c}{bz_c+1};\qquad \lambda=2\tau$$

соответственно определяется выражения $\omega^*(q,\varepsilon)$ для $0{,}5\leqslant\varepsilon\leqslant 1$

Момент, передаваемый трубам, определяется по уравнению (2), в котором $\omega^*(q,\varepsilon)$ находится из выражения (4).

Применив обратное дискретное преобразование Лапласа, определим момент в функции времени $M=f[n,\varepsilon]$, где $n+\varepsilon=\bar{t}$; $\bar{t}=\frac{t}{\lambda}$. Возникающие в трубах напряжения кручения σ пропорциональны моменту. Для 4″ труб $\sigma=1{,}7\,M$.

Численный расчет провели для конкретной системы бурового привода. Двигатель МАД-128/8, $P_{ном}=160$ *квт*, $a=M_{мак}=1360$ *кгм*, $b=69{,}5$ *кгм·сек*, $I=26$ *кгм·сек*^{2}, $\omega_{нач}=15{,}7$ 1/*сек*, $M_{нач}=600$ *кгм*.

Для 4″ колонны труб $z_c=0{,}125$ 1/*кгм·сек*.

Используя ту же методику, провели расчет и при внезапном заклинивании долота. Данные расчета представлены в таблице.

	Внезапный срыв долота				Внезапное заклинивание	
$\bar{t}=n$	M, *кгм*	$M_{ну}$ *кгм*	$M_{общ.}$, *кгм*	σ, *кг/см*^{2}	$M_{общ}$, *кгм*	σ, *кг/см*^{2}
0	125	475	600	1020	126	214
1	—44	—475	—519	—865	392	665
2	—54	475	421	715	649	1095
3	137	—475	—338	—574	844	1435
4	—211	475	264	448	1004	1705

Полученные нами данные показывают, что если в первые промежутки времени, при срыве долота без учета потерь, когда начальный момент превалирует над моментом, получающимся от изменения скорости, напряжение кручения в трубах не нарастает, то в последующее время оно будет возрастать без ограничения, попеременно меняя знак. Вне зависимости от значения первоначального момента напряжения достигнут и превысят допустимые. Попеременное изменение знака момента может привести к саморазвинчиванию труб.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

А. С. ӘЛИЗАДӘ, В. И. ЈЕСМАН

АЗӘРБАЈЧАНЫН КҮЛӘК ЕНЕРЖИСИ ЕҺТИЈАТЛАРЫ ВӘ ОНЛАРЫН ХАЛГ ТӘСӘРРҮФАТЫНДА ИСТИФАДӘ ЕДИЛМӘСИ

Једдиллик план өлкәнин истеһсалат гүввәләрини һәртәрәфли инкишаф етдирмәји, тәбии сәрвәтләрин кениш вә сәмәрәли истифадә едилмәсини нәзәрдә тутур. Тәбиәтин зәнкин енержи еһтијатларындан бири күләк енержисидир. Һазырда бу енержидән халг тәсәррүфатында чох зәиф истифадә олунур. Ејни заманда гејд етмәк лазымдыр ки, Совет Иттифагынын бир сыра вилајәтләриндә, о чүмләдән Азәрбајчанда бу чүр зәнкин енержи еһтијатынын халг тәсәррүфатынын мүхтәлиф саһәләриндә, хүсусилә колхоз вә совхозларда иш просесләринин механикләшдирилмәсиндә вә електрикләшдирилмәсиндә, су галдырмада вә с. һалларда тәтбиги бөјүк әһәмијјәтә маликдир.

Һөкумәтимизин гәрарына әсасән Азәрбајчан ССР ЕА Енеркетика Институту сон илләр әрзиндә республикада күләк енержиси еһтијатларыны тәдгиг едәрәк, онун сәмәрәли истифадә олунмасы үзәриндә ишләр апармышдыр. Һазырда күләк енержиси кадастрынын тәртиби баша чатдырылыр, мүхтәлиф күләк мүһәррикләринин иши Азәрбајчанын метеороложи шәраитиндә өјрәнилмиш, күләк гурғуларында автоматик тәнзим системи јарадылмыш, стабилизатор тәнзими тәдгиг едиләрәк реконструксија едилмиш вә с. ишләр көрүлмүшдүр. Ашағыда бу ишләрин бә'зи нәтичәләри көстәрилир.

Азәрбајчанын күләк енержиси режими вә ондан истифадә зоналары

Күләк енержиси рајонларынын перспектив енеркетик истифадә едилмәси барәдә мүлаһизәләр јүрүтмәк үчүн, һәр шејдән әввәл, һәмин јерләрдә күләјин орта иллик сүр'әти һаггында мә'лумат олмалыдыр. Күләјин орта иллик сүр'әти рајонун физики-чоғрафи шәраитиндән асылыдыр. Хәзәр дәнизи кими бөјүк су һөвзәси Азәрбајчанда күләјин орта иллик сүр'әтинин дәјишмәсинә мүәјјән тә'сир көстәрир.

Хәзәр дәнизинин саһил рајонларында, хүсусән Абшерон јарымадасында күләјин орта иллик сүр'әти чох бөјүкдүр. Материкин шәргиндән гәрбинә доғру кетдикчә күләјин шиддәти азалыр, Бөјүк вә Кичик Гафгаз дағлыг рајонларында исә ән зәиф гијмәт алыр.

Үмумијјәтлә көтүрдүкдә республика үзрә күләјин орта иллик сүр'әти 1—3 *м/сан*, ајры-ајры һалларда күләјин сүр'әти 15—20 *м/сан*, Күр вадисиндә 24 *м/сан*, Абшеронда исә 30—35 *м/сан* вә надирән 40 *м/сан*-јә (туфан) чатыр.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

А. С. ӘЛИЗАДӘ, В. И. ЈЕСМАН

АЗӘРБАЈЧАНЫН КҮЛӘК ЕНЕРЖИСИ ЕһТИЈАТЛАРЫ ВӘ ОНЛАРЫН ХАЛГ ТӘСӘРРҮФАТЫНДА ИСТИФАДӘ ЕДИЛМӘСИ

Једдиллик план өлкәнин истеһсалат гүввәләрини һәртәрәфли инкишаф етдирмәји, тәбии сәрвәтләрин кениш вә сәмәрәли истифадә едилмәсини нәзәрдә тутур. Тәбиәтин зәнкин енержи еһтијатларындан бири күләк енержисидир. Һазырда бу енержидән халг тәсәррүфатында чох зәиф истифадә олунур. Ејни заманда гејд етмәк лазымдыр ки, Совет Иттифагынын бир сыра вилајәтләриндә, о чүмләдән Азәрбајчанда бу чүр зәнкин енержи еһтијатынын халг тәсәррүфатынын мүхтәлиф саһәләриндә, хүсусилә колхоз вә совхозларда иш просесләринин механикләшдирилмәсиндә вә електрикләшдирилмәсиндә, су галдырмада вә с. һалларда тәтбиги бөјүк әһәмијјәтә маликдир.

Һөкумәтимизин гәрарына әсасән Азәрбајчан ССР ЕА Енеркетика Институту сон илләр әрзиндә республикада күләк енержиси еһтијатларыны тәдгиг едәрәк, онун сәмәрәли истифадә олунмасы үзәриндә ишләр апармышдыр. Һазырда күләк енержиси кадастрынын тәртиби баша чатдырылыр, мүхтәлиф күләк мүһәррикләринин иши Азәрбајчанын метеороложи шәраитиндә өјрәнилмиш, күләк гурғуларында автоматик тәнзим системи јарадылмыш, стабилизатор тәнзими тәдгиг едиләрәк реконструксија едилмиш вә с. ишләр көрүлмүшдүр. Ашағыда бу ишләрин бә'зи нәтичәләри көстәрилир.

Азәрбајчанын күләк енержиси режими вә ондан истифадә зоналары

Күләк енержиси рајонларынын перспектив енеркетик истифадә едилмәси барәдә мүлаһизәләр јүрүтмәк үчүн, һәр шејдән әввәл, һәмин јерләрдә күләјин орта иллик сүр'әти һаггында мә'лумат олмалыдыр. Күләјин орта иллик сүр'әти рајонун физики-чоғрафи шәраитиндән асылыдыр. Хәзәр дәнизи кими бөјүк су һөвзәси Азәрбајчанда күләјин орта иллик сүр'әтинин дәјишмәсинә мүәјјән тә'сир көстәрир.

Хәзәр дәнизинин саһил рајонларында, хүсусән Абшерон јарымадасында күләјин орта иллик сүр'әти чох бөјүкдүр. Материкин шәргиндән гәрбинә доғру кетдикчә күләјин шиддәти азалыр, Бөјүк вә Кичик Гафгаз дағлыг рајонларында исә ән зәиф гијмәт алыр.

Үмумијјәтлә көтүрдүкдә республика үзрә күләјин орта иллик сүр'әти 1—3 *м/сан*, ајры-ајры һалларда күләјин сүр'әти 15—20 *м/сан*, Күр вадисиндә 24 *м/сан*, Абшеронда исә 30—35 *м/сан* вә надирән 40 *м/сан*-јә (туфан) чатыр.

Мә'лумдур ки, күләк мүһәррикләриндән истифадә етмәк јалныз орта иллик сүр'әти 4 *м/сан* аз олмајан рајонларда мәгсәдә ујғундур. Бә'зи һалларда, мәсәлән енержи истифадәси үчүн сәрт график олмазса, күләк мүһәррикләриндән орта иллик сүр'әт 3—3,5 *м/сан* олан рајонларда да истифадә етмәк олар.

Белә бир нөгтеји-нәзәрдән Азәрбајчанын саһәсини 3 зонаја бөлмәк олар:

А зонасы, бурада күләјин орта иллик сүр'әти 4 *м/сан*-дән аз дејил вә күләк енержисиндән истифадә тамамилә әлверишлидир. *Б* зонасы, орта иллик сүр'әти 3,0—3,5 *м/сан* олан вә енержидән истифадә јалныз нисбәтән әлверишлидир. *В* зонасы, орта иллик сүр'әти 3,0 *м/сан*-јә гәдәр олан енержидән истифадә үмумијјәтлә әлверишли һесаб олунмур.

Зоналарын һәр үчүнү 1-чи шәкилдә көстәрилән Азәрбајчанын хәритәсиндә ајдын көрмәк мүмкүндүр.

А зонасына Абшерон јарымадасы вә Хәзәр дәнизинин республиканын шимал сәрһәдләриндән Күр бурну да дахил олмагла Киров адына көрфәзә гәдәр дар саһил боју золағы дахилдир. Бу зонанын орта иллик сүр'әти 4 *м/сан* ашағы дүшмәјәрәк гәрбдән шәргә доғру артыр, Артјом адасында вә Абшерона јахын адаларда өзүнүн ән бөјүк гијмәтләринә (9,0 *м/сан*) чатыр.

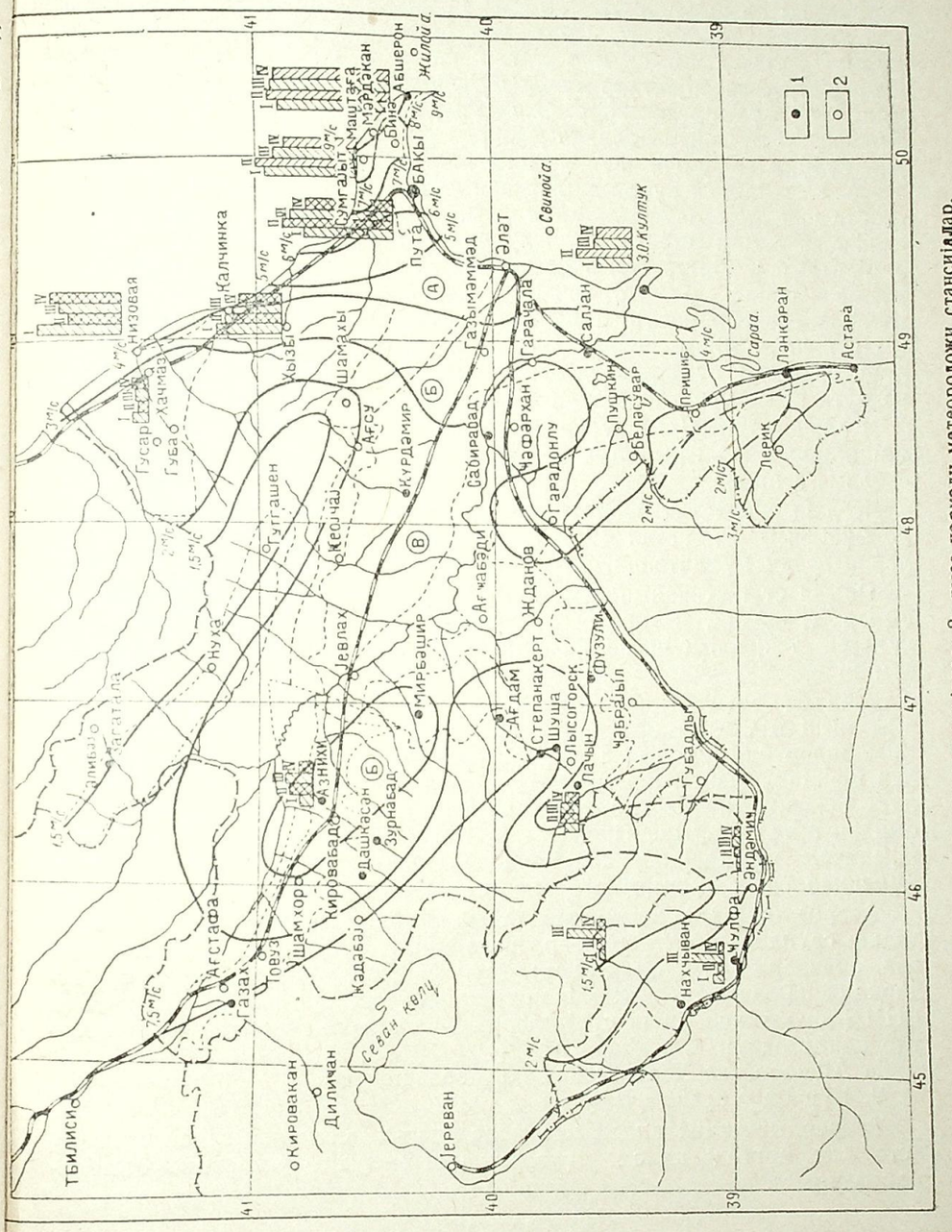
Б зонасы билаваситә *А* зонасы илә говушараг нисбәтән кениш олмајан золаг боју республиканын шимал сәрһәдләриндән чәнуба гәдәр узаныр, Күр вадисиндә кенишләнир. Минкәчевир су амбарынын чәнубундакы саһә дә *Б* зонасына аид едилир. Зонада орта иллик сүр'әт 3,0—4 *м/сан* гәдәр дәјишир.

В зонасына Азәрбајчанын биринчи ики зонаја дахил олмајан галан саһәләри аиддир. Бу зонада иллик сүр'әт 3,0 *м/сан*-дән аздыр. Она көрә дә, јухарыда гејд олундуғу кими, үмумијјәтлә күләк енержисиндән истифадә етмәк әлверишли дејилдир.

Лакин гејд етмәк лазымдыр ки, әсасән *В* зонасына дахил олан дағлыг рајонларын иглим хүсусијјәтләри индијә гәдәр чох зәиф өјрәнилмишдир. Кадастр тәртиби үчүн әсас көтүрүлән, фљуксер мүшаһидәләриндән истифадә етдијимиз Азәрбајчан ССР һМСИ метеороложи стансијалары бүтүн һалларда күләјә көрә сәмәрәли јерләшдирилмәмишдир (мәс., дағлыг рајонларда стансијаларын олмамасы, стансијаларын гәсәбәләрдә күләјин тә'сиринә јахшы мә'руз галмајан јерләрдә гурулмасы вә с.) вә орадан алынан мә'луматлар күләјин режимини олдуғу кими характеризә едә билмир. Дағлыг рајонларда даг арасы күләкләр вә фјонлар јерли һава чәрәјанларынын әмәлә кәлмәсинә сәбәб олур, она көрә дә бу јерләрдә күләк енержисиндән истифадә етмәк әлверишли ола билир. Белә рајонлара Нахчыван МССР-нын чәнубунда Араз сәрһәдди боју узанан золаг мисал ола биләр.

Күләк енержиси һесабламалары методикасы

Јерин мүәјјән нөгтәләриндә бу вә ја башга типли мүһәррикләрин енержи һасилаты һаггында тәсәввүр етмәк үчүн һәмин јерин күләјә көрә ашағыдакы хүсусијјәтләрини билмәк лазымдыр. Орта иллик сүр'әт, күләјин мөвсүм боју орта сүр'әтләринин кедиши, күләјин ишчи сүр'әтләринин тәкрарлығы, һәмчинин кечә-күндүз әрзиндә күләјин кедиши вә хүсусән күләк мүһәррикләринин еһтијат енержи мәнбәјинин күчүнү һесабламаг үчүн күләјин енержи сакитлији, јә'ни күләк мүһәррикинин енержи һасил етмәдији күләк сүр'әтләринин даваметмә мүддәти.



1 — даҗаг метеороложи стансијалар; *2* — гыса чәркәли метеороложи стансијалар.

Һесабламаларда ҺМСИ шәбәкәсиндә Вилд флјукери илә күләк сүр'әтләринин мүшаһидәси, һәмчинин бизим тәрәфимиздән республиканын характер зоналарында апарылмыш анемометрик кәшфијјат васитәсилә алдығымыз мә'луматлар әсас көтүрүлмүшдүр. Бу мә'луматлардан истифадә етмәк үчүн онлары мүәјјән дәрәчәдә екстраполјасија етмәк лазымдыр, чүнки күләк мүһәррикинин метеороложи стансија олан јердә гурулмасы еһтималы аздыр. Дикәр тәрәфдән мүһәррикин метстансијадан кәнар јерләрдә гурулмасы метстансијанын вердији мә'луматлара мүәјјән дүзәлишләр вермәк тәләб едир, чүнки о јери характеризә едән релјеф вә објектләр күләк мүһәррикинин енержи һасили режиминә бөјүк тә'сир көстәрир. Она көрә, һәр шејдән әввәл, флјукерин билаваситә мүшаһидә олунан јерләрдә гурулмасы шәраитини вә мүһәррик гурулачаг јерин күләк маниәләрини нәзәрә алмаг лазымдыр. Мәсәлә асанлыгла күләк сүр'әтләри үчүн екстраполјасија номограмы васитәсилә һәлл олунур. Бунун үчүн базис метстансијасынын ачыглыг синфи вә һәмин стансијада флјукерин гурулма һүндүрлүјү мә'лум олмалыдыр. Әлбәттә стансијанын ачыглыг синфини тә'јин етмәк субјектив хасијјәт дашыјыр, анчаг практики олараг номографик һәллин дәгиглији флјукер мүшаһидәләри әсасында көзләнилән дәгигликдән гат-гат артыг олур. Беләликлә, јахындакы базис стансијаларынын мә'луматларындан истифадә едәрәк, истәнилән нөгтәдә күләјин орта иллик вә орта ајлыг сүр'әтини тә'јин едә биләрик.

Күләјин орта ајлыг сүр'әтләри бизә мөвсүм әрзиндә күләјин кедишини ајдынлашдырмаға вә көзләнилән ајлыг енержи истеһсалыны һесабламаға имкан верир.

Күләји енеркетик чәһәтдән характеризә едән көстәричиләрдән бири дә мүәјјән бир нөгтәдә мүхтәлиф заманлар әрзиндә әсән ејни сүр'әтләрин давам мүддәтинин саатларла ифадәси олан тәкрарлыгдыр.

Ријазн статистиканын үсулларыны тәтбиг едәрәк бир сыра тәдгигатчылар (Гадолин, Памортсев, Гуллен, Средзневски вә башгалары) күләјин тәкрарлығынын пајланмасы үчүн ганун тапмағы тәшәббүс етмишләр.

Мөвчуд әдәбијјатда Помортсевин вә Гулленин әјриләри кениш јајылмышдыр. Ајры-ајры һалларда тәчрүбә илә јахшы ујғунлуг верән бу әјриләр бир чох һалларда мүшаһидәләрдән ајрылыр. Сәһв һесабланан әјриләрдә күләјин мүшаһидә олунан көстәричиләри илә ујғунсузлуғу физики-чоғрафи шәраитин вә физики мүһитин нәзәрә алынмамасындан ортаја чыхыр. Проф. Г. А. Гриневич орта иллик сүр'әтләрин јајылмасы әјриләринин тә'јининдә физики-чоғрафи шәраитин бүтүн мүрәккәб јерли хүсусијјәтләрини нәзәрә алмағы тәклиф едир.

Азәрбајчан үзрә топланмыш бүтүн флјукер мүшаһидәләринин мүхтәлиф груплара бөлүнмүш вариантларынын анализи бизи марагландыран зоналар үчүн ландшафта ујғун рајонлара көрә күләк сүр'әтләринин пајланмасы режиминин ики нөв олдуғу мүәјјән едилмиш вә ЕНИН-дә күләјин ишчи сүр'әтләринин тәкрарлығы үчүн чәдвәл тәртиб едилмишдир.

1. Абшерон вә Хәзәр саһил боју золағы үчүн
2. Күр боју аранлығы үчүн

Тәкрарлыг чәдвәлиндән истифадә едәрәк истәнилән заман әрзиндә, истәнилән нөгтәдә күләк мүһәррикинин енержи һасилатыны һесабламаг олур.

$$A_{фак} = C \sum_{V_{min}}^{V_y} v_i^3 t_i + N_y t_{v>v_y}$$

Бурада: $A_{фак}$—күләк мүһәррикинин фактик һасилаты, *ат гүв. саат*-ла. Әдәди әмсал $C=0{,}000645\ \xi D^2$

D—күләк чархынын диаметри *м*-лә.

ξ—күләк енержисиндән истифадә әмсалы; $\xi=0{,}3$.

v_{min}—мүһәррикин ишләнмәси үчүн күләјин минимал сүр'әти, *м/сан*-лә.

v_y—күләјин һесаблама сүр'әти, *м/сан*-лә орта иллик сүр'әти 5 *м/сан*-јә гәдәр олан рајонлар үчүн $V_y=8$ *м/сан.* гәбул едилир.

Даһа јүксәк орта иллик сүр'әтә малик олан рајонлар үчүн хүсуси тә'јин олунур (мәсәлән $V_y=1{,}6\ V_o$; V_o күләјин орта иллик сүр'әти;)

v_i—v_{min}-дан v_y-јә гәдәр күләјин ишчи сүр'әти

t_i—һәр бир v_i (v_{min}-дан v_y-јә гәдәр) сүр'әтиндә мүһәррикин ишләмә вахты, *саат*-ла.

$t_v > v_y$—мүһәррикин һесаблама v_y сүр'әтләриндәк бөјүк сүр'әтләрдә саатларла ишләмә вахты.

N_y—күләк мүһәррикилә v_y сүр'әтиндә алдығы гурулма күчү, *ат. гүв.*-лә

Мисал үчүн, *А* зонасында орта иллик сүр'әти $v_o=6{,}0$ *м/сан* олан Д-12 типли күләк мүһәррикинин иллик һасилатыны һесаблајаг. Д-12 мүһәррикинин режими тәнзим едән насосла ишләмәсини нәзәрә алараг, мүһәррикин ишә дүшмәси үчүн ән кичик сүр'әти 3 *м/сан* һесаб едирик.

Һесаблама сүр'әти $v_y=1{,}6\ v_o=10$ *м/сан* олур. Күләк сүр'әтләринин $v_{min}\left(<\frac{1}{2},\ 1{,}2\ м/сан\right)$ енеркетик сакитлијиндә мүһәррик ишләмир.

v_y-дан бөјүк сүр'әтләрдә (11, 12, 13, 14, 15 вә 15) тәнзимчи ишә дүшәрәк күләк чархынын сајыны һүдудлашдырыр, о, сабит дөврләр сајы алыр вә сабит күч верилмәсини тә'мин едир.

Даһа сонра һесабламалары чәдвәл шәклиндә апарырыг.

v_i	v_i^3	t_i	$v^3 t_i$
3	27	964	26028
4	64	920	58880
5	125	850	106250
6	216	765	165240
7	343	667	228781
8	512	569	291328
9	729	475	346245
10	1000	397	397000

Чәми: $\sum_{V_{min}}^{V_y} v_i^3 \cdot t_i = 1.619.782$

$C=0{,}000654\ D^2\ \xi=0{,}00654 \cdot 12^2 \cdot 0{,}3=0{,}028$

$N_y=14{,}5$ *ат. гүв.*

$$t_{v>v_y} = 1279\ саат$$

$$A_{фак} = G \sum_{V_{min}}^{V_y} v_i^3 t_i + N_y t_{v>v_y} = 0{,}028 \cdot 1{,}619782 + 14{,}5 \cdot 1279 =$$

$$= 45353{,}9 + 18545{,}5 \approx 63900\ ат\ гүв\ саат$$

Буна охшар олараг мүһәррикин мөвсүм вә ајлар боју һасилатыны һесабламаг мүмкүндүр.

Мүһәррикин һасилатыны диаграм шәклиндә мөвсүм боју зоналар үзрә көстәрсәк, *А* зонасында ил боју һасилатын нисбәтән сабит олдуғуну көрәрик (1-чи шәклә бах).

1 *км*^{2}-дән күләк мүһәррикләри васитәсилә алынан енержини $A_{(фак)км^2}=A_{фак}\cdot n$ тапмаг олар.

Бурада n—1 *км*^{2} саһәдә гурулан ујғун типли мүһәррикләрин сајыдыр

$$n=\frac{5100}{D^2}$$

Д-12 күләк мүһәррикләри үчүн $n=35$

Зоналар үзрә күләк мүһәррикләринин сечилмәси

Верилән нөгтә үчүн күләк мүһәррикини сечәркән онун механики мөһкәмлијини нәзәрә алмаг лазымдыр, чүнки о, күләјин јалныз мүәјјән максимум сүр'әтләринә көрә һесабланыр вә күләјин сүр'әти һесабламa һәддини кечәрсә, мүһәррик сырадан чыха биләр.

Аздөврлү (чохпәрли) мүһәррикләр әксәрән механики мөһкәмлијә көрә күләјин максимум 25—30 *м/сан* гијмәтләринә һесабланыр. Чохдөврлү (азпәрли) мүһәррикләр исә күләјин 50—60 *м/сан* фыртына сүр'әтләринә асанлыгла давам едир.

Абшеронда вә Хәзәр саһили рајонунда күләјин сүр'әти 40 *м/сан* гәдәр олдуғундан, *А* зонасында чохдөврлү Д-12, Д-18, Д-18 нөвлү мүһәррикләрин гурулмасы мәсләһәт көрүлүр. Дикәр тәрәфдән аздөврлү күләк мүһәррикләринин пәрләринин бөјүк сәтһи олдуғундан, онлар бөјүк башланғыч моментинә малик олур вә һәтта јүк алтында күләјин кичик сүр'әтләриндә һәрләнмәјә башлајыр. Аздөврлү күләк мүһәррикләринин ишләмәси күләјин минимал 3 *м/сан* сүр'әтләриндә баш верир. Чохдөврлү мүһәррикләрдә пәрләрин сајы вә сәтһи нисбәтән аз олдуғундан башланғыч моменти дә кичик олур, она көрә онун јүк алтында һәрләнмәси үчүн даһа бөјүк сүр'әтләр, јә'ни 4—5 *м/сан* олмасы лазым кәлир.

Беләликлә бир нөгтәдә гурулан аз вә чохдөврлү күләк мүһәррикләри ејни күләк режиминдә мүхтәлиф ишләмә мүддәтинә малик олачагдыр.

Зәиф күләкли, јә'ни кичик орта иллик сүр'әтли рајонларда аздөврлү күләк мүһәррикләри чохдөврлүләрә нисбәтән даһа чох ишләмиш оачагдыр, чүнки сонунчу зәиф күләјин минимал гијмәтләриндән истифадә едә билмир. Бөјүк орта иллик күләк сүр'әтинә малик олан рајонларда исә аздөврлү мүһәррикләр шиддәтли күләкләрдә ишләмәдијинә көрә тез-тез дајанмаға мәчбур олур.

Б зонасынын орта иллик сүр'әт аз олдуғундан бурада ТВ-8 вә ВП-3 типли аздөврлү күләк мүһәррикләринин ишләдилмәси мәгсәдә ујғундур. Күләк компрессор гурғусу ВКУ-3,5 мүһәррикиндә гојулан автоматик күләк чархы номинал дөврләр алдыгдан сонра мүһәррики јүкә гошан муфтадан *Б* зонасында истифадә етмәк олар.

Чохдөврлү мүһәррикләрдә гошма муфтасындан истифадә едилмәси она аздөврлү мүһәррикин јахшы чәһәтләрини әлавә едир, о аздөврлү мүһәррикләр кими нисбәтән кичик күләк сүр'әтләриндә дә ишләјә билир.

Беләликлә гошма муфтасындан истифадә едиб *Б* зонасында Д-12 күләк мүһәррикиндән сәмәрәли истифадә етмәк олар. Д-12 күләк мүһәррикинин чархголсуз насосла ишләмәси даһа да сәмәрәли олар, лакин насосун режимини автоматик чиһазла тәнзим етмәк лазымдыр.

Бурадан белә бир нәтичә чыхармаг олар ки, *Б* зонасында ТВ-8 вә ВП-3 нөвлү аздөврлү, һәм дә Д-12 иш режимини автоматик тәнзим шәртилә вә һәмчинин ВКУ-3,5 кими чохдөврлү мүһәррикләрдән истифадә олуна биләр.

А зонасында исә јалныз Д-12, Д-18, Д-18, ВЕ-2 типли мүһәррикләрин ишләмәсини тәклиф етмәк олар.

Күләк мүһәррикинин тәтбиги

Мә'лумдур ки, күләк енержисиндән истифадә олунмасында онун әлдә едилмәсинә, башгаларында олдуғу кими, әлавә хәрч лазым кәлмир вә онун нәглијјаты мәсәләси арадан чыхыр. Бу чәһәтдән електрик енержи мәнбәләриндән узаг јерләрдә вә һәмчинин кәнд тәсәрруфатынын мүхтәлиф саһәләриндә күләк мүһәррикләринин кениш истифадә олунмасына шәраит јараныр.

Күләк мүһәррикләринин тәтбиги колхоз вә совхозларда әмәји јүнкүлләшдирмәјә, су тәчһизатына, тахыл үјүтмәјә, ағыр ишләри механикләшдирмәјә, електрик енержиси алмага вә с. имкан верир.

Верилән рајонда күләјин тәкрарлығы мә'лум оларса, һәр бир мүстәсна һал үчүн күләк гурғуларындан көзләнилән игтисади ефекти һесабламаг мүмкүндүр.

Орта һесабла күләјин орта иллик сүр'әти 5 *м/сан* олан рајонлар үчүн күләк һесабына алынан енержинин гијмәти 0,4 *ман/квт-с*, дуру јаначагла ишләјән мүһәррикдә исә 1 *ман/квт-с* олур. Орта иллик сүр'әт 5 *м/сан*-дән чох олан рајонлар үчүн бу гијмәт даһа да аз ола биләр.

Әкәр күләк електрик стансијасы (КЕС) һидрокен аккумулјатору гурғусу илә бирликдә ишләјирсә, игтисади чәһәтдән онун дуру јаначаглы еһтијат мүһәррики илә ишләмәсиндән даһа әлверишли олур. Һесабламалар көстәрир ки, күләјин орта иллик сүр'әти 5 *м/сан* оларса, дуру јаначаглы еһтијат мүһәррики илә ишләјән 1Д-18 КЕС-да енержи гијмәти 0,766 *ман/квт-с*, һидрокен аккумулјатору гурғусу олан һәмин стансијанын енержи гијмәти 0,626 *ман/квт-с* олур.

Нисбәтән бөјүк күчлү КЕС вә СЕС бирликдә паралел ишләмәси даһа сәмәрәли олар, чүнки күләјин режиминдән асылы олараг СЕС-ин режими тәнзим едилир.

Америкалы Томас Пек көстәрир ки, КЕС енержиси АБШ шәраитиндә атом стансијаларынын енержисиндән учуз ола биләр. (КЕС енержисинин гијмәти атом стансијасынын *квт-с* гијмәтинин 50—60%-и гәдәр ола биләр).

Дедикләримиздән белә нәтичәјә кәлирик ки, әлверишли күләк режими олан рајонлардан истифадә игтисади чәһәтдән диггәтәлајигдир вә техники чәһәтдән тамамилә һәјата кечирилә биләр.

Күр-Араз аранлығында шоранлыг торпагларын шагули дренажында вә республиканын башга рајонларында јералты суларын чәкилмәсиндә күләк гурғуларындан истифадә етмәји ирәли сүрән досент А. К. Бећбудовун тәклифи диггәтәлајигдир. Азәрбајчанын саһәсиндә бөјүк саһәләрдә чохлу су гујуларынын олмасы, сујун чыхарылмасы үчүн күләк гурғуларынын әлверишли олдуғу ајдындыр. Күләк мүһәррикиндән бүтүн бу ишләрдә күләк режиминин имкан вердији гәдәр истифадә етмәк олар.

Азәрбајҹанын көстәрилән хәритәсиндә мә'дән суларынын тә'сири нәтичәсиндә торпагларын шоранлыг дәрәҹәси ајдын көзә чарпыр, бу исә шагули дренаж үчүн мүһәррикләрин нә дәрәҹәдә тәтбиг олунмасыны ајдынлашдырыр.

Көрүндүјү кими, мә'дән сулары нәтичәсиндә дузланмыш торпагларын тәгрибән 50%-и *А* вә *Б* зоналарына дүшүр, демәли, бу торпаглар күләк енержиси васитәсилә јарарлы һала кәтирилә биләр, шоран торпагларынын исә 75%-ини јумаг олар.

Ширин мә'дән сују олан торпаглар әксәриҹҹәт е'тибарилә *В* зонасында јерләшир вә јалныз 10—15%-и *А* вә *Б* зоналарына дахилдир.

Бурадан белә бир нәтичәјә кәлмәк олар ки, Азәрбајҹан шәраитиндә шоран торпагларын 50%-дән чохуну, күләк енержисиндән истифадә етмәклә, әкинчилик үчүн јарарлы һала кәтирмәк олар.

Гејд етмәк лазымдыр ки, бу јерләрдә електрик мәнбәләринин узаглыгыны нәзәрә алараг, шагули дренажда електрик енержисини истифадә етмәк игтисади чәһәтдән әлверишли олмаз.

Абшерон вә Хәзәр саһили зонасында 1000 вә даһа чох *квт* күчлү күләк електрик стансијаларындан тутмуш ВЕ-2 нөвлү күләк агрегатларына гәдәр истифадә олунмасы зәрури һесаб олуна биләр.

100,1000 *квт* вә даһа чох күчлү КЕС-ләрин Азәрбајҹан енержи системи илә паралел ишләмәси мүмкүндүр вә бу системин тә'мин күчләринин 25—30% галдыра биләр.

Орта күчлү КЕС истәр мүстәгил, истәрсә јерли енержи системи илә паралел вә јахуд да јаначаг еһтијат мүһәррики илә вә ја һидрокен аккумулјатору гурғусу илә ишләмәси бөјүк игтисади ефект верә биләр, онларын әсасында һејвандарлыг фермаларында комплекс механикләшдирмә ишләриндә, јашајыш мәнтәгәләринин ишыгландырмасында, дәмир јолу стансијаларында, МТС вә с. тәтбиг олуна биләр.

Азкүчлү күләк мүһәррикләри исә енержи мәнбәләриндән узаг олан ајры-ајры објектләрин ишыгландырмасында макистрал кәмәрләрин катод мүдафиәсиндә, аккумулјаторларын долдурулмасында ишләдилә биләр.

А. С. Ализаде, В. И. Есьман

Ветроэнергетические ресурсы Азербайджана и пути их использования в народном хозяйстве

РЕЗЮМЕ

Энергетический институт Академии наук Азербайджанской ССР на протяжении последних лет занимался изучением ветроэнергетических ресурсов республики и способов их рационального использования в народном хозяйстве.

Исследованы режимы ветров и целесообразность их использования в различных местах республики; определены основные типы ветродвигателей в зависимости от метеорологических условий Азербайджана; разработана система автоматически регулируемых ветронасосных установок, исследована и реконструирована система стабилизации регулирования и др.

На карте Азербайджана изолиниями среднегодовых скоростей территория разбита на три зоны: зона *А* со среднегодовой скоростью ветра не ниже 4 *м/сек*, где использование энергии ветра безусловно целесообразно; зона *Б* со среднегодовой скоростью ветра 3—4 *м/сек*—использование энергии ветра относительно целесообразно; зона *В* со среднегодовой скоростью ветра ниже 3 *м/сек*—использование энергии ветра нецелесообразно.

В зону *А* входит Апшеронский полуостров и узкая береговая полоса вдоль Каспийского моря от северных границ республики до залива им. Кирова, включая Куринскую косу. Среднегодовая скорость ветра в этой зоне не опускается ниже 4 *м/сек* и, увеличиваясь с запада на восток, достигает своего максимума (9 *м/сек*) на о-ве Артема и других, прилегающих к Апшерону, островах.

Зона *Б*, примыкающая непосредственно к зоне *А*, сравнительно неширокой полосой тянется от северной границы республики до южной. К зоне *Б* можно отнести также небольшой участок, расположенный южнее Мингечаурского водохранилища.

К зоне *В* относятся все остальные районы республики, не вошедшие в первые две зоны.

В работе рассматривается методика ветроэнергетических расчетов с целью определения производительности и режима работы ветросилового агрегата для той или иной местности и конструкции ветродвигателя.

Исходными данными для расчета являются результаты наблюдений за скоростью ветра на опорной сети УГМС, а также данные, полученные в результате произведенных нами кратковременных анемометрических разведок в характерных зонах республики. Так как мало вероятно, чтобы метеостанция находилась непосредственно в пункте строительства ветросилового агрегата, то для практического использования данных метеостанции необходимо их в той или иной мере экстраполировать. Для этого необходимо знать класс открытости базисной метеостанции, высоту установки флюгера на ней и класс открытости места установки ветродвигателя.

Таким образом, пользуясь данными близлежащей базисной метеостанции, можно определить среднегодовую и среднемесячную скорости ветра в интересующей нас точке.

В зависимости от величины наблюдаемой максимальной скорости ветра определяется тип ветродвигателя, с учетом его механической прочности.

Так как на Апшероне и в прибрежной части Каспия наблюдаются ветры со скоростями до 40 *м/сек*, то в зоне *А* можно рекомендовать к использованию только быстроходные ветродвигатели типа Д-12, Д-18, 1Д-18 и др.

Поскольку зона *Б* относится к районам с низкими среднегодовыми скоростями ветра, то здесь целесообразно применять тихоходные ветродвигатели типа ТВ-8 и ВП-3.

Следует отметить, что у быстроходных ветродвигателей поверхность лопастей очень мала по сравнению с тихоходными, начальный момент также невелик и для того, чтобы двигатель начал раскручиваться под нагрузкой, требуется большая скорость ветра порядка $v_{min}=4-5$ *м/сек*, а у тихоходных ветродвигателей—обычно $v_{min}=3$ *м/сек*.

Значит, тихоходные и быстроходные ветродвигатели, установленные в одной и той же местности, будут иметь неодинаковую продолжительность работы.

Применение автоматической муфты включения, отключающей нагрузку в момент трогания с места и подключающей ее, наделяет быстроходный ветродвигатель достоинствами тихоходного: он начинает работать при таких же слабых скоростях ветра, как и тихоходный ветродвигатель.

В работе рассматривается область применения ветродвигателей и их экономический эффект.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Н. М. МӘММӘДОВ

ЕНЛИ АСТАНАЛЫ СУАШЫРАНЫН СӘРФ ӘМСАЛЫНЫН АРАЛЫГ ДАЈАГЛАРЫН ПЛАНДА ЈЕРЛӘШДИРИЛМӘСИНДӘН АСЫЛЫ ОЛАРАГ ДӘЈИШМӘСИ

Һидротехники тәчрүбәдә енли астаналы суашырана чох кениш мигјасда раст кәлирик. Бу суашыранлар ахымын јан вә аралыг дајаглары тәрәфиндән сыхылмасы шәраитиндә ишләјир. Белә олан һалларда суашыранын субурахма габилијјәти јан сыхылмасы олмајан енли астаналы суашыранлара нисбәтән аз олур. Ахымын јан сыхылмасына малик олан енли астаналы суашыранлар аз тәдгиг едилмиш вә бу мөвзу илә бир нечә алим мәшғул олмушдур.

Кечән әсрин орталарында Френсис, даһа сонра исә Крикер суашыранларын һидравлик һесабламасында ахымын јан сыхылмасынын һесаба алынмасы үчүн дүстур вермишләр. Бу дүстур назик диварлы суашыран үчүн верилмиш вә башга тип суашыранлара да дүзкүн олмајараг тәтбиг едилмишдир. Совет алимләри енли астаналы суашыран үзәриндә ахымын јан сыхылмасынын өјрәнилмәси вә һесаба алынмасы үчүн тәдгигат ишләри илә мәшғул олмушлар. В. А. Шаумјан, Д. И. Кумин, А. Р. Березински вә башгалары кениш мигјасда тәчрүбә апармышлар.

Бу мөвзу илә мәшғул олан алимләр суашыранда ахымын јан сыхылмасынын суашыранын субурахма габилијјәтини азалтмасы тә'сирини вә бу тә'сирин ләғв едилмәсини гејд етмишләр. Анчаг һәлә индијә гәдәр суашыранларда ахымын јан сыхылмасынын сәрф әмсалына олан тә'сиринин нечә ләғв едилмәси тәдгиг едилмәмишдир.

Һидротехники тәчрүбәдә енли астаналы суашыран кими ишләјән бүтүн гурғулар ахымын јан сыхылмасы шәраитиндә ишләјир.

Бунун үчүн јухарыда көстәриләнләри нәзәрә алараг, јан сыхылмасы олан енли астаналы суашыранларын ишини өјрәнмәк үчүн кениш тәдгигат вә тәчрүбә ишләринин апарылмасы ән вачиб мәсәләдир.

Мәсәләнин гојулушу

Јан сыхылмасы олан енли астаналы суашыранын субурахма габилијјәтинин азалмасынын сәбәби нәдир?

Бу сәбәби ајдынлашдыраг. Суашыран үзәриндә ахымын сыхылмасы јухарыда гејд етдијимиз кими, јан вә аралыг дајагларын ахыма тә'сири нәтичәсиндә олур. Чох ашырымлы бәндләрдә ахымын сыхылмасы, әсасән, аралыг дајаглар васитәсилә әмәлә кәлир. Чүнки бурада аралыг дајаглар чох олдуғуна көрә әмәлә кәлән јан сыхылмаларын

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Н. М. МӘММӘДОВ

ЕНЛИ АСТАНАЛЫ СУАШЫРАНЫН СӘРФ ӘМСАЛЫНЫН АРАЛЫГ ДАЈАГЛАРЫН ПЛАНДА ЈЕРЛӘШДИРИЛМӘСИНДӘН АСЫЛЫ ОЛАРАГ ДӘЈИШМӘСИ

Һидротехники тәчрүбәдә енли астаналы суашырана чох кениш мигјасда раст кәлирик. Бу суашыранлар ахымын јан вә аралыг дајаглары тәрәфиндән сыхылмасы шәраитиндә ишләјир. Белә олан һалларда суашыранын субурахма габилијјәти јан сыхылмасы олмајан енли астаналы суашыранлара нисбәтән аз олур. Ахымын јан сыхылмасына малик олан енли астаналы суашыранлар аз тәдгиг едилмиш вә бу мөвзу илә бир нечә алим мәшғул олмушдур.

Кечән әсрин орталарында Френсис, даһа сонра исә Крикер суашыранларын һидравлик һесабламасында ахымын јан сыхылмасынын һесаба алынмасы үчүн дүстур вермишләр. Бу дүстур назик диварлы суашыран үчүн верилмиш вә башга тип суашыранлара да дүзкүн олмајараг тәтбиг едилмишдир. Совет алимләри енли астаналы суашыран үзәриндә ахымын јан сыхылмасынын өјрәнилмәси вә һесаба алынмасы үчүн тәдгигат ишләри илә мәшғул олмушлар. В. А. Шаумјан, Д. И. Кумин, А. Р. Березински вә башгалары кениш мигјасда тәчрүбә апармышлар.

Бу мөвзу илә мәшғул олан алимләр суашыранда ахымын јан сыхылмасынын суашыранын субурахма габилијјәтини азалтмасы тә'сирини вә бу тә'сирин ләғв едилмәсини гејд етмишләр. Анчаг һәлә индијә гәдәр суашыранларда ахымын јан сыхылмасынын сәрф әмсалына олан тә'сиринин нечә ләғв едилмәси тәдгиг едилмәмишдир.

Һидротехники тәчрүбәдә енли астаналы суашыран кими ишләјән бүтүн гурғулар ахымын јан сыхылмасы шәраитиндә ишләјир.

Бунун үчүн јухарыда көстәриләнләри нәзәрә алараг, јан сыхылмасы олан енли астаналы суашыранларын ишини өјрәнмәк үчүн кениш тәдгигат вә тәчрүбә ишләринин апарылмасы ән вачиб мәсәләдир.

Мәсәләнин гојулушу

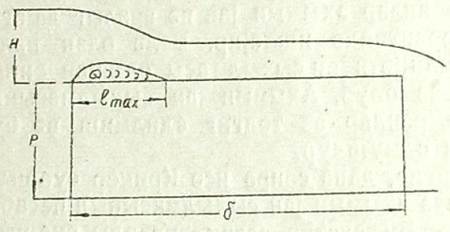
Јан сыхылмасы олан енли астаналы суашыранын субурахма габилијјәтинин азалмасынын сәбәби нәдир?

Бу сәбәби ајдынлашдыраг. Суашыран үзәриндә ахымын сыхылмасы јухарыда гејд етдијимиз кими, јан вә аралыг дајагларын ахыма тә'сири нәтичәсиндә олур. Чох ашырымлы бәндләрдә ахымын сыхылмасы, әсасән, аралыг дајаглар васитәсилә әмәлә кәлир. Чүнки бурада аралыг дајаглар чох олдуғуна көрә әмәлә кәлән јан сыхылмаларын

сајы да чох олур. Бу сыхылма су ашыранларда ахымын чанлы ен кәсијини азалдараг, онун субурахма габилијјәтини нисбәтән азалдыр. Одур ки, индики һалда биз аралыг дајагларын васитәсилә әмәлә кәлән сыхылмаларын тә'сирини нәзәрә алачағыг.

Бизим фикримизчә, јан сыхылмасы олан суашыранын субурахма габилијјәтинин дәјишмәси, јә'ни азалмасы аралыг дајагларын астана үзәриндә планда јерләшдирилмәсиндән асылы олмалыдыр. Чүнки сујун һәрәкәти заманы суашыранын кириш һиссәсиндә, астананын олмасына көрә, шагули сыхылмыш зона әмәлә кәлир.

Проф. В. А. Шаумјан көстәрир ки, әмәлә кәлән үфүги охлу, бурулғанлы зона кириш һиссәдә чанлы кәсијин һүндүрлүјүнү кичилдир вә буна көрә дә суашыранын субурахма габилијјәти азалыр. Шагули сыхылма зонасынын өлчүләри проф. В. А. Шаумјанын көстәрдији кими, суашыран астанасынын һүндүрлүјүндән вә астана үзәриндә олан сујун басгысындан асылыдыр. Аралыг дајагларын бир һиссәси бу зонада — шагули сыхылма зонасында јерләшир. Одур ки, бир тәрәфдән астана васитәсилә әмәлә кәлән шагули сыхылма, дикәр тәрәфдән исә аралыг дајагларын васитәсилә әмәлә кәлән јан сыхылма, әлавә мүгавимәт олараг, ејни вахтда, бирликдә суашыранын субурахма габилијјәтинә тә'сир көстәрир. Һәр ики сыхылма — шагули вә јан сыхылма суашыранын субурахма габилијјәтини хејли азалдыр. Бу сыхылмаларлә әлаг едиләрсә, јәгин суашыранын субурахма габилијјәти артар. Һазырда бу сыхылмалардан биринин—јан сыхылмасын ләғв едилмәси үсулу үзәриндә дајанаг.



1-чи шәкил
Кириши дүзбучаглы олан енли астаналы суашыранын схеми

Әкәр аралыг дајаглар шагули сыхылма зонасындан кәнарда гојуларса ахымын јан сыхылмасы ләғв едилмиш олар. Онда суашыранын субурахма габилијјәтинә јалныз шагули сыхылма тә'сир едәчәкдир ки, бунун да һаггында кәләчәк ишләримиздә бәһс едәчәјик. Демәли, аралыг дајаглары планда сәмәрәли јерләшдирмәклә суашыранын субурахма габилијјәтини артырмаг олар.

Бу мәсәләни, јә'ни ахымын јан сыхылмасынын нечә ләғв едилмәсини һәлл етмәк үчүн Азәрбајчан ССР ЕА Енеркетика Институту һидравлика лабораторијасынын бөјүк шүшәли новунда кәнд тәсәррүфаты елмләри намизәди М. Ј. Бәһабовун рәһбәрлији алтында тәчрүбәләр апарылмышдыр. Бу тәчрүбәләрин кедиши һаггында изаһат верилир.

Тәчрүбәләрин кедиши

Енли астаналы суашыран үзәриндә тәчрүбәләр узунлуғу 30 *м*, ени 2 *м* вә дәринлији 1,2 *м* олан шүшәли новда апарылмышдыр. Астанасынын ени 1,0 *м* вә һүндүрлүјү 0,395 *м* олан суашыранын модели новун шүшәли һиссәсиндә гојулмушдур. Суашыранын үстүндә габаг тәрәфдән јарымдаирәви ики аралыг дајаг гојулмушдур.

Суашыран моделинин үзәриндә кечән сујун сәрфи $Q = 0{,}050 \div 0{,}274$ *м³/сан* вә басгысы $H = 0{,}07 - 0{,}234$ *м* олмушдур. Суашыранын сәрф әмсалы m ашағыдакы дүстурдан тә'јин олунур:

$$Q = m\,в\sqrt{2g}\,H_0^{3/2}$$

Бурадан: $m = \dfrac{Q}{b\sqrt{2g}\,H_0^{3/2}}$

Бурада b—суашыранын ени;

H_0—јахынлашма сүр'әтини нәзәрә алмагла астана үзәриндәки басгы, јә'ни $H_0 = H + \dfrac{V_0^2}{2g}$,

Аралыг дајаглары ахымын јан сыхылмасыны ләғв етмәк мәгсәдилә суашыран астанасынын кириш кәнарындан мүәјјән мәсафәдә, јә'ни шагули сыхылма зонасындан кәнарда гојулмалыдыр. Буна көрә дә шагули сыхылманын өлчүләрини проф. В. А. Шаумјанын тәклиф етдији дүстурла тә'јин едәк.

Сыхылма зонасынын узунлуғу: $l_{max} = 0{,}62\ (P + H)$ бу һалда басгы $H = 0{,}20$ *м* гәбул едилмишдир. Онда:

$$l_{max} = 0{,}62\ (0{,}335 + 0{,}20) = 0{,}332\ м$$

Тәчрүбәләр ашағыдакы серијаларда апарылмышдыр.

Биринчи серија: Тәчрүбәләр әввәлчә јан сыхылмасы олмајан енли астаналы суашыран үзәриндә апарылмышдыр.

Сәрф әмсалы $m = 0{,}316 \div 0{,}328$, бу әмсалын орта гијмәти исә $m = 0{,}322$ олмушдур.

1-чи чәдвәл

Сыра №-си	Сәрф Q *м³/сан*	Басгы $H_{ом}$	Сәрф әмсалы m	$\frac{\delta}{H_0}$	$\frac{P}{H_0}$
1	0,052	0,0700	0,316	14,30	5,65
2	0,082	0,0925	0,328	10,80	4,26
3	0,0975	0,1066	0,316	9,45	3,70
4	0,132	0,129	0,324	7,83	3,06
5	0,133	0,130	0,321	7,75	3,04
6	0,154	0,1443	0,318	7,00	2,72
7	0,158	0,1468	0,318	6,87	2,68
8	0,173	0,1555	0,32	6,50	2,54
9	0,179	0,1600	0,316	6,25	2,46
10	0,210	0,1760	0,323	5,68	2,24
11	0,259	0,2029	0,320	5,0	1,94
12	0,273	0,2100	0,320	4,85	1,88

Икинчи серија. Аралыг дајаглар суашыранын габаг дивары илә бир сәвијјәдә гојулмушдур, јә'ни дајаглар шагули сыхылма зонасыны там әһатә едир. Бу һалда сәрф әмсалы $m = 0{,}312 \div 0{,}319$, бу әмсалын орта гијмәти исә $m = 0{,}315$ олмушдур. 2-чи чәдвәлдә суашыранын нисби ени $\frac{\delta}{H}$ вә һүндүрлүјүндән $\frac{P}{H}$ асылы олараг, сәрф әмсалынын гијмәти верилмишдир.

2-чи чәдвәл

Сыра №-си	Q *м³/сан*	$H_{ом}$	$\frac{\delta}{H_0}$	$\frac{P}{H_0}$	m
1	0,052	0,079	13,0	5,0	0,312
2	0,087	0,112	9,0	3,6	0,314
3	0,201	0,1928	5,2	2,04	0,315
4	0,250	0,223	4,5	1,76	0,316

Үчүнчү серија: Аралыг дајаглар суашыранын кириш кәнарындан $S = 0{,}25$ *м* мәсафәдә аралы гојулмушдур, јә'ни дајаглар сыхылма зонасыны там әһатә етмир. Бу һалда сәрф әмсалы $m = 0{,}324 \div 0{,}333$, бу әмсалын орта гијмәти исә $m = 0{,}329$ олмушдур. 3-чү чәдвәлдә суашыранын нисби ени $\frac{\delta}{H}$ вә нисби һүндүрлүјүндән $\frac{P}{H}$ асылы олараг, сәрф әмсалынын гијмәти верилмишдир.

3-чү чәдвәл

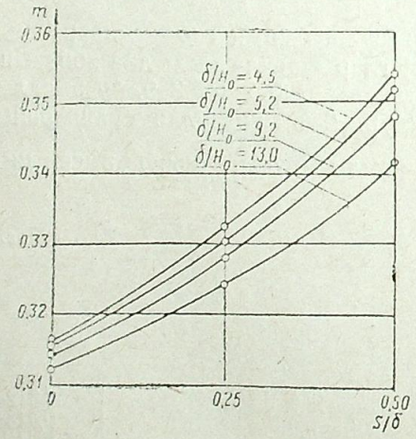
Сыра №-си	Q *м*³/*сан*	$H_{ом}$	$\frac{\delta}{H_0}$	$\frac{P}{H_0}$	m
1	0,053	0,0782	13,0	5,0	0,324
2	0,087	0,1075	9,3	3,5	0,328
3	0,210	0,193	5,2	2,00	0,33
4	0,266	0,224	4,5	1,76	0,332

Дөрдүнчү серија: Аралыг дајаглары суашыранын кириш кәнарындан $S = 0{,}50$ *м* мәсафәдә аралы, јә'ни шагули сыхылма зонасындан кәнарда гојулмушдур. Бу һалда сәрф әмсалы $m = 0{,}34 \div 0{,}354$, бу әмсалын орта гијмәти исә $m = 0{,}35$ олмушдур. 4-чү чәдвәлдә суашыранын нисби ени $\frac{\delta}{H}$ вә нисби һүндүрлүјүндән $\frac{P}{H}$ асылы олараг, сәрф әмсалынын гијмәти верилмишдир.

4-чү чәдвәл

Сыра №-си	Q *м*³/*сан*	$H_{ом}$	$\frac{\delta}{H_0}$	$\frac{P}{H_0}$	m
1	0,055	0,0772	13	5,0	0,341
2	0,093	0,108	9,2	3,5	0,348
3	0,222	0,192	5,2	2,00	0,352
4	0,279	0,222	4,5	1,76	0,354

Аралыг дајагларын јерләшдирилмәсиндән асылы олараг, сәрф әмсалынын дәјишмәси 2-чи шәкилдә верилмишдир. 2-чи шәкилдән көрүнүр ки, сәрф әмсалынын дәјишмәсини көстәрән әјри суашыранын нисби ениндән асылыдыр. Бу шәкилдә $\frac{\delta}{H_0} = 4{,}5$; $\frac{\delta}{H_0} = 5{,}2$; $\frac{\delta}{H_0} = 9{,}2$; $\frac{\delta}{H_0} = 13{,}0$ олан һалларда әјриләр көстәрилмишдир. Бу әјриләрин габарыглыгы ашағы тәрәфәдир.



2-чи шәкил

Сәрф әмсалынын (m) аралыг дајагларын планда јерләшдирилмәсиндән $\left(\frac{S}{\delta}\right)$ асылылыг графики

Аралыг дајагларын планда јерләшдирилмәсиндән асылы олараг сәрф әмсалынын дәјишмәси (артымы) 5-чи чәдвәлдә фаизлә көстәрилмишдир.

5-чи чәдвәл

Сыра №	Аралыг дајагларын планда јерләшдирилмәси	Сәрф әмсалы, m	Биринчи һалдакына көрә артым, %-лә
1	Дајаглар суашыранын габаг дивары илә бир сәвијјәдә гојулмушдур ($S/\delta = 0$)	0,315	
2	Дајаглар суашыранын кириш кәнарындан $S/\delta = 0{,}25$-ә гәдәр аралы гојулмушдур	0,329	$\frac{0{,}329 - 0{,}315}{0{,}315} \cdot 100 = 4{,}45$
3	Дајаглар суашыранын кириш кәнарындан $S/\delta = 0{,}5$-ә гәдәр аралы гојулмушдур (јә'ни шагули сыхылма зонасындан кәнарда)	0,35	$\frac{0{,}35 - 0{,}315}{0{,}315} \cdot 100 = 11{,}1$

Јухарыда дејиләнләрдән ашағыдакы нәтичәјә кәлмәк олар:

1. Проф В. А. Шаумјанын шагули сыхылма зонасынын сәрф әмсалына мәнфи тә'сири һаггында олан фикирләри (тәдгигатлары) јухарыда көстәрилән тәчрүбәләр васитәсилә бир даһа тәсдиг едилир вә аралыг дајагларын шагули сыхылма зонасындан кәнарда гојулмасы нәтичәсиндә ахымын јан сыхылмасы ләғв едилмиш олур вә сәрф әмсалы

$$m = \frac{0{,}350 - 0{,}315}{0{,}315} = 11{,}1\%$$

артыр.

2. Әјриләрдән көрүнүр ки, әввәлки тәчрүбәләрдә олдуғу кими, суашыранын нисби ени $\frac{\delta}{H_0}$ азалдыгча сәрф әмсалы m артыр вә әксинә, нисби ени $\frac{\delta}{H_0}$ артдыгча сәрф әмсалы азалыр.

3. Апарылмыш тәчрүбәләрин нәтичәси һидротехники гурғуларын лајиһәләшдирилмәси үчүн мәсләһәт көрүлә биләр.

ӘДӘБИЈАТ

1. Березинский А. Р. Пропускная способность водослива с широким порогом. Стройиздат, 1950.

2. Мәммәдов Н. М. Енли астаналы суашыранын тәдгиги мәсәләсинә даир Азәрбајчан ССР ЕА „Хәбәрләри" (физика-техника вә кимја елмләри серијасы). № 5, 1958.

3. Шаумян В. А. Научные основы орошения и оросительных сооружений Сельхозгиз, 1948.

Н. М. Мамедов

Изменение коэффициента расхода водослива с широким порогом в зависимости от планового расположения бычков

РЕЗЮМЕ

В гидротехнической практике водосливы с широким порогом работают в условиях бокового сжатия. При этом пропускная способность водослива становится меньше чем у водосливов без бокового сжатия.

Водослив с боковым сжатием изучен мало. В середине прошлого столетия Френсисом предложена формула для учета бокового сжатия на водосливе с тонкой стенкой. В дальнейшем эта формула была дополнена Кригером коэффициентом формы быка и произвольно распространена на другие типы водосливов без учета физической картины их работы, существенно отличающейся от таковой на водосливе с тонкой стенкой.

Советские ученые В. А. Шаумян, Д. И. Кулин, А. Р. Березинский и другие проводили исследования по водосливу с боковым сжатием. Были изучены влияния бокового сжатия на пропускную способность водослива, правильный учет бокового сжатия и т. д. Было отмечено также, что необходимо практически исключить влияние бокового сжатия.

Однако до сего времени практически не разрешено как исключить это вредное влияние бокового сжатия.

Следует отметить исследования проф. В. А. Шаумяна, который, наряду с выяснением физической сущности явления и теоретическим освещением, достаточно удачно разрешил практическое применение, исключающее вредное действие вертикального сжатия.

Нами были проведены специальные исследования и выяснено, что одним из основных факторов, влияющих на пропускную способность водослива, является плановое расположение бычков.

Для подтверждения этого в гидравлической лаборатории Энергетического института Академии наук Азербайджанской ССР были поставлены опыты над моделью водослива с широким порогом с бычками. Бычки были установлены в трех положениях: на уровне передней стенки водослива; от входной кромки водослива на расстоянии $\frac{S}{\delta}=0{,}5$, т. е. вне вертикальной отжимной зоны; в среднем положении.

В зависимости от планового расположения бычков коэффициент расхода меняется, т. е. с удалением бычков от входной кромки водослива коэффициент расхода увеличивается.

Увеличение коэффициента расхода происходит потому, что с установлением бычков на уровне передней стенки водослива они находятся в вертикальной отжимной зоне. При этом на коэффициент расхода одновременно влияют вертикальная отжимная зона и боковое сжатие со стороны бычков. А при расположении бычков от водной кромки водослива на расстоянии $\frac{S}{\delta}=0{,}5$, вне отжимной зоны, влияние бокового сжатия со стороны бычков исключается и поэтому коэффициент расхода водослива увеличивается до 11%.

На основании опытов построен график зависимости коэффициента расхода m от планового расположения бычков $\frac{S}{\delta}$ при постоянном значении $\frac{\delta}{H_0}$ и $\frac{P}{H_0}$. Выпуклость этих кривых направлена вниз.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Ч. К. НАБИБЕКОВ

ФАЗОВОЕ КОМПАУНДИРОВАНИЕ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С МАШИННЫМ ВОЗБУДИТЕЛЕМ

За последнее время в литературе опубликован ряд работ, в которых рассмотрены различные схемы фазового компаундирования синхронных генераторов [3]. Так, для маломощных и самовозбуждающихся генераторов большое распространение получила схема с трехобмоточным стабилизирующим трансформатором, предложенная С. Б. Юдицким, а для генераторов средней и большой мощности—управляемая фазовая схема типа УБК, предложенная институтом электротехники Академии наук Украинской ССР. В этих работах под фазовыми схемами компаундирования понимаются такие схемы, в которых регулирование тока возбуждения осуществляется в зависимости как от величины тока нагрузки, так и от ее фазы.

Отсутствие должной ориентации между составляющими векторами тока возбуждения в этих схемах требует больших мощностей от корректирующего органа для снижения статизма напряжения до $\pm 1\%$. А так как мощности измерительных органов, корректирующих цепи, бывают обычно недостаточными, то возникает необходимость в магнитном усилителе, что в свою очередь усложняет схему регулирования.

Для автоматического поддержания постоянства напряжения на зажимах генератора необходимо, чтобы ток возбуждения при изменении нагрузки изменялся не просто в зависимости от величины и фазы тока нагрузки, а пропорционально э. д. с.

$$E = U + jIX_c,$$

где U—напряжение на зажимах синхронного генератора;

I—вектор тока нагрузки;

X_c—синхронная реактивность генератора.

В связи с этим заслуживает внимания более простая схема фазового компаундирования, предложенная Г. Ф. Стормом для самовозбуждающихся маломощных генераторов частотою 420 *гц*, исследованная в лаборатории энергосистем Энергетического института Академии наук Азербайджанской ССР с целью усовершенствования ее и применения к генераторам с машинным возбуждением средней и большой мощности.

Регулятор возбуждения состоит из устройства фазового компаундирования и корректора напряжения. Принципиальная схема регулятора применительно к низковольтному генератору приведена на рис. 1.

Основными элементами схемы являются три трансформатора тока, управляемые насыщением—ТТН, трехфазный дроссель и селеновый выпрямитель, собранный по схеме Ларионова. Трансформаторы тока ТТН имеют три обмотки, расположенные на Ш-образном сердечнике,

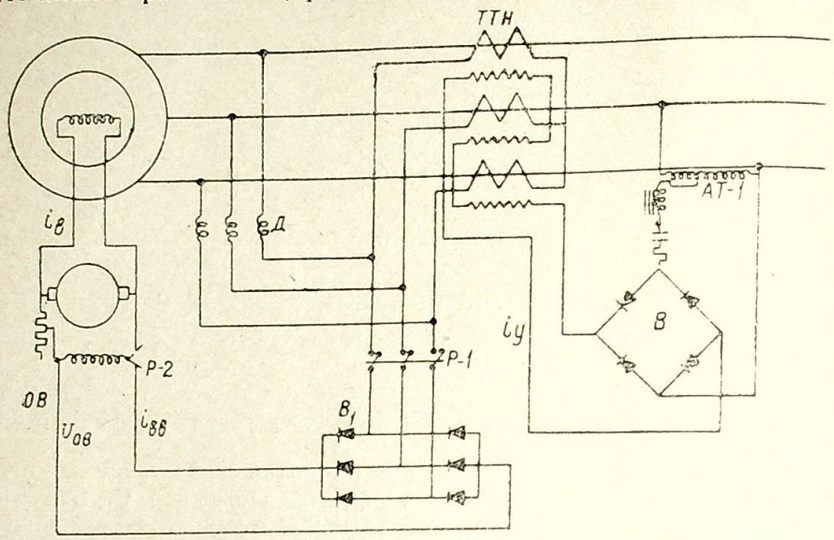


Рис. 1
Схема фазового компаундирования с корректором напряжения

Первичная последовательная обмотка намотана на крайние стержни и включена в цепь тока статора. Вторичная обмотка, от которой питается выпрямитель B_1, намотана также на крайние стержни, третья—обмотка управления—намотана на средний стержень. Первичная и вторичная обмотки секционированы, что дает возможность получить различные коэффициенты трансформации. Первичные и вторичные обмотки трансформаторов тока ТТН соединяются таким образом, что переменные потоки замыкаются через крайние стержни, минуя средний стержень. Выпрямитель B_1 питается также от зажимов генератора через трехфазный дроссель с воздушным зазором, соединенный параллельно со вторичной обмоткой ТТН.

Таким образом, в обмотку возбуждения возбудителя подается геометрическая сумма двух токов, один из которых пропорционален напряжению генератора, а другой—току нагрузки. Соответствующим выбором параметров можно добиться того, чтобы составляющие тока возбуждения возбудителя, пропорциональные напряжению и току нагрузки, ориентировались между собой точно так, как ток и напряжение статора генератора.

Однако в реальных условиях даже при точном расчете и выборе параметров системы регулирования, схема фазового компаундирования обладает статизмом напряжения порядка 3%. Эти отклонения имеют место из-за явнополюсности и насыщения магнитной системы генератора и возбудителя, а также из-за изменения сопротивления обмоток от изменения температуры.

Для компенсации этих отклонений в схеме предусмотрен феррорезонансный корректор напряжения, который состоит из последовательно соединенной цепочки R, L, C и селенового выпрямителя, собранного по двухполупериодной схеме.

Параметры цепи корректора выбраны такими, чтоб в области рабочей точки (A, рис. 2) малым отклонениям напряжения на ее входе соответствовали бы резкие изменения тока выхода корректора. Так как в данной схеме фазового компаундирования потребная мощность цепи корректора незначительна, то нет необходимости использовать в ней отдельный промежуточный магнитный усилитель. Применение в схеме возбудителя с независимым возбуждением и корректора с большим коэффициентом усиления обеспечивает более быструю и высокую форсировку возбуждения возбудителя, чем существующие обычные или фазовые схемы компаундирования с электромагнитным корректором. При этом устойчивость регулирования напряжения как при холостом ходе, так и в нагрузочном режиме обеспечивается без дополнительных средств стабилизации.

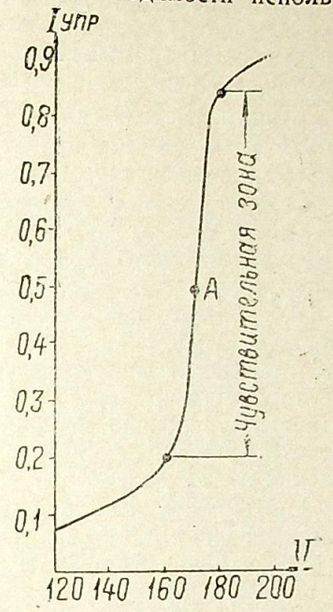


Рис. 2
V—A—характеристика цепи корректора

Регулирование реактивной нагрузки при параллельной работе генератора осуществляется автотрансформатором (АТ-1) цепи управления, с помощью которого меняется ток подмагничивания ТТН. Чувствительность корректора при изменении тока подмагничивания с целью регулирования практически не снижается, так как корректор имеет большой запас чувствительной зоны.

Для компаундирования высоковольтных генераторов применяются стандартные трансформаторы тока, а трансформаторы ТТН используются в качестве промежуточных. Питание ненасыщенного дросселя (D) и корректора в этом случае осуществляются через трансформатор напряжения.

Интересно отметить, что габариты элементов схемы в основном зависят от параметров возбудителя (скорость вращения, напряжение возбуждения, возбудителя и т. д.). Так, элементы схемы, изготовленные для гидрогенератора мощностью в 150 *ква* и турбогенератора 30 *мва*, имели расчетные данные обмоток, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Элементы схемы	Генератор 150 *ква*		Генератор 30 *мва*	
	Диаметр провода, *мм*	Количество витков на 1 стержень	Диаметр провода, *мм*	Количество витков на 1 стержень
ТТН первичной обмотки	S=2,5× ×20	2	1,2	112, 102, 92, 72
ТТН вторичной обмотки	1,56	160, 170, 180	1,56	160, 170, 180
ТТН обмотки управления	0,64	600	0.64	600
3-фазный дроссель	1,56	700	1,4	700
Дроссель цепи управления	1,2	760	1,2	760

Несмотря на такое различие в мощностях, регуляторы имели приблизительно одинаковые размеры и веса. При этом сердечники элементов обоих регуляторов были собраны из одинакового по геометрическим размерам железа.

Трансформаторы тока ТТН и дроссель цепи корректора были изготовлены из Ш-образного сердечника с толщиной набора пакета соответственно 60 и 40 *мм*. Ненасыщенный дроссель был изготовлен из трехстержневого железа с толщиной пакета 55 *мм*.

Общий вес всего регулятора вместе с автотрансформатором типа ЛАТР-2 составляет около 50 *кг*.

Исследование схемы проводилось на генераторах мощностью 150 *ква* и 30 *ква*.

Опыты показывают, что генераторы при регулировании по исследуемой схеме устойчиво возбуждаются при остаточном напряжении генератора около 3—3,5% от номинального.

В настоящее время данная схема проходит производственные испытания на одном из генераторов мощностью 150 *ква* действующей станции. Опыт десятимесячной эксплуатации показывает, что схема не требует в процессе работы дополнительных регулировок, ухода и отвечает требованиям, предъявляемым к автоматическим регуляторам возбуждения, предусматриваемым правилами устройства электротехнических установок.

Ниже приводятся некоторые данные производственных испытаний исследованной схемы на генераторе мощностью 150 *ква* при загрузке его реактивной нагрузкой:

Таблица 2

$V_{ст.}$, %	$I_{ст.}$, *а*	$I_{в.г.}$, %	$I_{в.в.}$, *а*	$I_{упр.}$, *а*
100	80	71	7	0,42
100	120	79	9	0,38
100	150	96	12	0,33
99,5	180	108	15	0,28
99	210	118	19	0,22

Как видно, при изменении реактивного тока в широких пределах напряжение на зажимах генератора практически не меняется.

На осцилограмме (рис. 3) показано нарастание напряжения до номинальной величины при возбуждении генератора по исследуемой схеме.

На рис. 4 показаны переходные процессы, возникающие при набросе и отключении защитой большой реактивной нагрузки, порядка 2,5-кратной от номинальной. До наброса и после сброса генератор нес нагрузку около 0,5 $I_н$.

На рис. 5 показан наброс и сброс нагрузки в 180 *а*. Как видно из осцилограммы, напряжение через 0,31 *сек* достигает 98% своего номинального значения, а через 2,5 *сек*—практически номинальной величины.

На рис. 6 показан процесс самосинхронизации генератора по исследованной схеме с другим генератором без регулирования возбуждения.

В заключение следует отметить, что при регулировании возбуждения по исследованной схеме генератор хорошо синхронизируется как методом точной синхронизации, так и методом самосинхронизации.

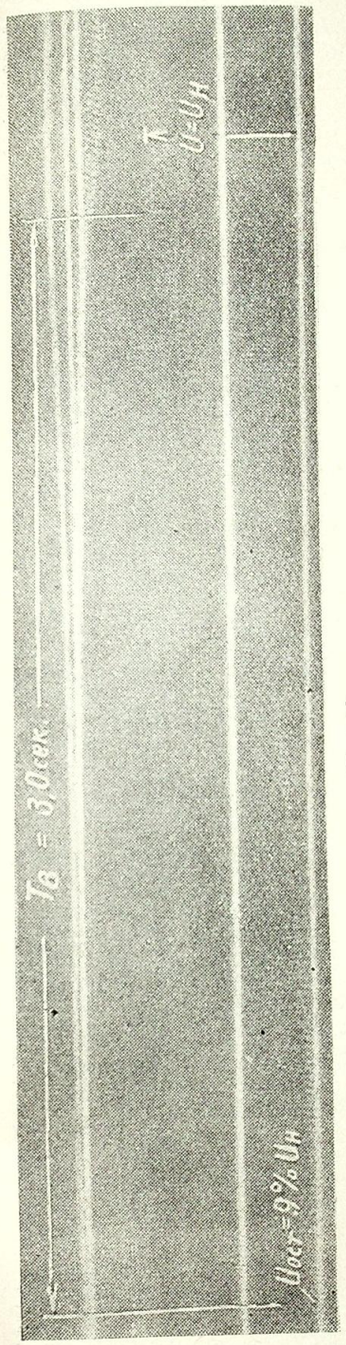


Рис. 3

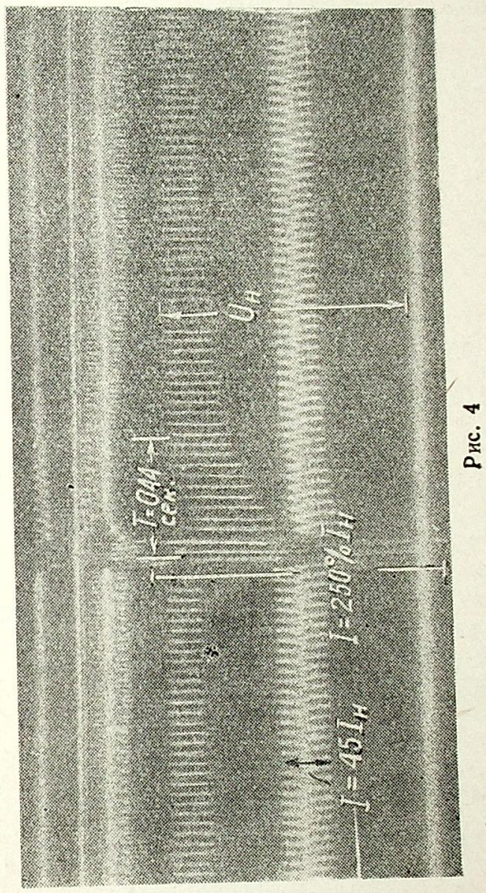


Рис. 4

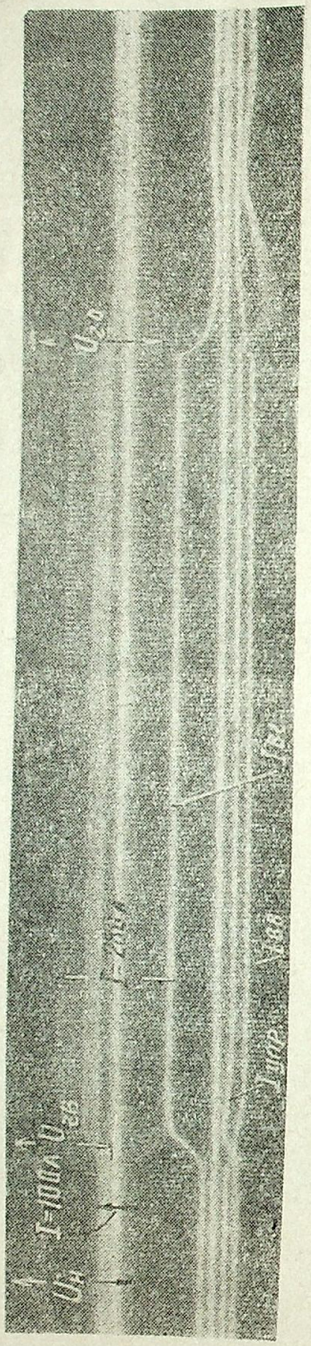


Рис. 5

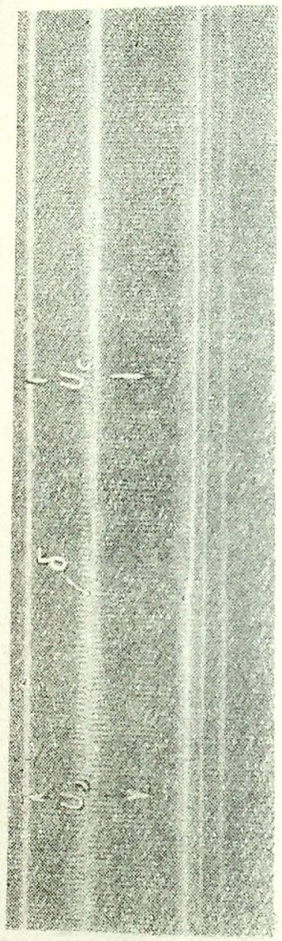


Рис. 6

Выводы

1. Исследованная схема при своей простоте наладки и эксплуатации обеспечивает надежность, отвечая требованиям, предъявляемым к автоматическим регуляторам возбуждения.
2. Поддерживает напряжение на зажимах генератора с точностью $\pm 1\%$ при изменении нагрузки как по величине, так и по фазе (рис. 5)
3. Обеспечивает самовозбуждение генераторов при остаточном напряжении 3—3,5% от номинального (рис. 3).
4. Процесс втягивания в синхронизм при самосинхронизации происходит без больших толчков тока (рис. 6).
5. Обеспечивается 2—2,5-кратная форсировка при набросах большой нагрузки и коротких замыканиях (рис. 4).
6. Возможно точно распределить нагрузку между параллельно работающими генераторами.
7. Исследованная схема может быть использована для автоматического регулирования генераторов с машинным возбуждением независимо от мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сторм Г. Ф. Магнитные усилители. М., ИЛ, 1957,
2. Талышинский Р. И. Кандидатская диссертация. ЭНИИ им, Г. М. Кржижановского, 1956.
3. Цукерник Л. В. и др. Об автоматическом регулировании возбуждения синхронных генераторов малой мощности. „Энергетика". 1957, №3.

Ч. К. Нәбибәјов

Машын тә'сирләндиричиси илә тәчһиз едилән синхрон кенераторларын фаз компаундлашдырылмасы

ХҮЛАСӘ

Мәгаләдә машын тә'сирләндиричили кенераторун фаз компаундлашдырылмасының бә'зи нәтичәләри вә еләчә дә бу схемин башга фаз компаундлашдырылмасы схемләринә нисбәтән принсипиал фәрг вә үстүнлүкләри көстәрилир.

Тә'сирләндиричинин тә'сирләндирмә чәрәјанының $U+jX_cI$ мүтәнасиб тәнзим олунмасы нәтичәсиндә схем јүкүн һәм фаза вә һәм дә гијмәтинә көрә өз-өзүнә тәнзим олунма габилијјәти кәсб едир. Бу һалда кенераторун вә тә'сирләндиричинин дојмасы, кенераторун ајдын гүтблү олмасы вә еләчә дә температурдан асылы олараг долаг мүгавимәтинин дәјишмәси сәбәбләриндән кәркинлијин дәјишмәси номинал гијмәтин 3—4%-индән артыг олмур.

Кенераторун кәркинлијинин сабитлик дәрәчәсини $\pm 0{,}6—1\%$-ә гәдәр чатдырмаг үчүн, схемдә кәркинлијин дәјишмәсинә һәссас олан феррорезонанс дөврә васитәсилә тә'сирләнмә чәрәјанының коррексијасы нәзәрә алынмышдыр.

Ардычыл бирләшдирилмиш R, L, C елементләрин вә дүзләндиричидән ибарәт олан корректор $T1H$ чәрәјан трансформаторлары нүвәсинин магнитләшмәсинә, бу да, үјғун олараг, онларын индуктив мүгавимәтинин дәјишмәсинә сәбәб олур. Тәнзим системи өзү тәнзим олундуғундан корректор дөврәсиндән дәјишмәни компенсасија етмәк үчүн азачыг күчләндирмә тәләб олунур.

Белә ликлә, корректор дөврәсиндә хүсуси магнит күчләндиричисинин олмасы тәләб олунмур ки, бу да схеми әһәмијјәтли дәрәчәдә садәләшдирир.

Бундан башга гејд етмәк лазымдыр ки, корректор бу схемдә анчаг кәркинлијин азачыг дәјишмәсини компенсасија етмәкдән өтрү дејил, еләчә дә бу фаз компаундлашдырылмасы схеминә малик олан кенераторлар паралел ишләјәркән, системин дајаныглығыны артырмаг вә реактив јүкү һәмин кенераторлар арасында пајлашдырмагдан өтрүдүр.

Тәдгигат көстәрир ки, бу схем гурулушу вә истисмарынын садә олмасы илә бәрабәр тә'сирләнмә чәрәјанынын е'тибарлы автоматик тәнзимини тә'мин едир, она гаршы гојулмуш әсас шәртләри өдәјир, јүкүн һәр чүр, истәр гијмәтчә, истәрсә дә фазча дәјишмәси заманы кенераторун кәркинлијини ±1% дәгигликлә сахлајыр; өз-өзүнә синхронлашма заманы бөјүк чәрәјан зәрбәләри олмадан өз-өзүнә тә'сирләнмә вә синхронлашманы тә'мин едир. Бу схем гыса гапанма заманы тә'сирләнмәни 2—3 гат артырмаға имкан верир.

Нәтичәдә гејд етмәк лазымдыр ки, бу схемдән, күч вә кәркинлијиндән асылы олмајараг, машын тә'сирләндиричили вә еләчә дә өзү тә'сирләнән кенераторларын тә'сирләндирилмәси үчүн мүвәффәгијјәтлә истифадә етмәк олар.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Ч. Р. ДАДАШОВ

АВТОМОБИЛИН СҮР'ӘТЛӘНДИРИЛМӘ ҺӘРӘКӘТИНИН ЕКСПЕРИМЕНТАЛ ТӘДГИГИ ҮСУЛУ ҺАГГЫНДА

Истисмар мүддәтиндә автомобил гәрарлашмыш сүр'әтләрдә һәрәкәтлә бирликдә чох тез-тез сүр'әтләндирмә һәрәкәтиндә олур. Автомобилин јериндән тәрпәнмәси вә гәрарлашмыш сүр'әтләрә салынмасы заманы һәрәкәт сүр'әтләндирмә һәрәкәти адланыр. Буна көрә сүр'әтләндирмә һәрәкәти дә гәрарлашмыш һәрәкәтлә бир сырада автомобилин әсас иш режимидир.

Автомобилин һәрәкәтини тәдгиг едәркән онун дартма динамикасы вә гәнаәтлилији кими әсас кејфијјәтләринин өјрәнилмәси чох бөјүк әһәмијјәтә маликдир.

Автомобилин бу кејфијјәтләринин өјрәнилмәсинә һәср едилән ишләрин, демәк олар ки, һамысы лабораторија шәраитиндә апарылмыш вә һәм дә мүһәррикин статик характеристикаларына әсасланмышдыр.

Лакин мә'лумдур ки, мүһәррикин стенддә иш шәраити автомобил үзәриндәки иш шәраитиндән вә онун статик характеристикалары сүр'әтләндирмә заманы алынан динамик характеристикаларындан чидди сурәтдә фәргләнир.

Бу сәбәбдән дә автомобилин сүр'әтләндирмәси заманы онун динамики вә гәнаәтлилик кејфијјәтләринин тәдгиги чох мараглыдыр.

Мүәллиф мәгаләдә сүр'әтләндирмә заманы автомобилин динамикасы вә јанаҹаг гәнаәтлилијинин тәчрүби өјрәнилмәси үсулуну изаһ едир.

Бу ишдән өтрү биз хүсуси јазычы електромагнит [1] вә јанаҹаг сәрфини өлчән [2] чиһазлар конструксија етмишик. Һәрәкәт заманы автомобилин јарымохларындакы бурујучу моментләри өлчмәк үчүн проф. Г. Ј. Шхватсабаја тәрәфиндән конструксија едилмиш фырланма динамометрләриндән истифадә едилмишдир [4].

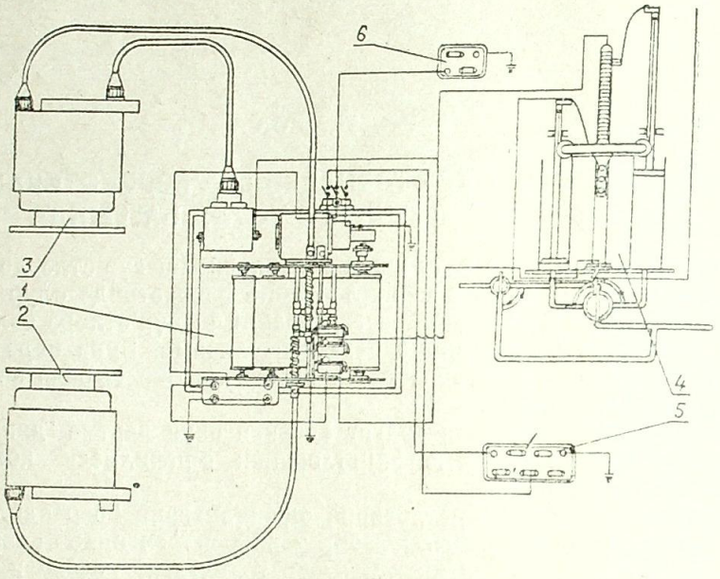
Јазычы електромагнит чиһаз јарымохлар үзәриндә (1) гурашдырылмыш, фырланма динамометрләри (2 вә 3) вә јанаҹаг сәрфөлчәни (4) илә әлагәләндирилмишдир.

Јанаҹаг сәрфөлчәни (4) һәр муәјјән һәчм јанаҹағын сәрфи заманы јазычы чиһазын мүвафиг електромагнитинә импулс көндәрир, електромагнит исә јазычыны ишә сараг сәрф олунмуш јанаҹаг мигдарыны һәрәкәтдә олан лент үзәринә гејд едир.

Фырланма динамометрләри (2 вә 3) полад тросlар васитәсилә јазычы чиһазын сүрүнчәкләринә бағлыдыр. Динамометрләр ишләркән үзәриндә гәләмләри олан сүрүнчәкләр һәрәкәтдә олан лентин еninә јерини дәјишәрәк, јарымохларда олан бурујучу моментин гијмәт вә дәјишмә характерини гејд едир.

Јаначаг сәрфи вә буручу моментдән башга јазычы електромагнит чиһазын кағыз ленти үзәриндә автомобилин кетдији јол вә заман да гејд олунур.

Тәчрүбәләрин апарылмасы үчүн нормал шәраитләри тә'мин етмәк мәгсәди илә узунлуғу 2÷3 *км* олан хүсуси сынаг мәнтәгәси сечилир. Күләјин вә јолун јохушлуғунун гисмән тә'сирини арадан чыхармаг үчүн өлчмәләр автомобилин сечилән мәнтәгәдә һәр ики тәрәфә һәрәкәтләри шәраитиндә апарылыр.



1-чи шәкил

Сүр'әтләндирилмә заманы автомобилин динамикасы вә гәнаәтлилијини өјрәнмәк үчүн биз ашағыдакы әсас тәчрүбәләри апармышыг:

1. Дросселин там ачыг вәзијјәтиндә ајры-ајры өтүрмәләрдә сүр'әтләндирмә заманы јаначаг сәрфи вә јарымохларда мүмкүн олан буручу моментләрин тә'јини.

2. Автомобилин јарымохларында олан јолун вә һаванын мүгавимәтинә итирилән мүмкүн үмуми буручу моментин тапылмасы (бу тәчрүбәләр автомобилин гәрарлашмыш сүр'әтләриндә апарылыр).

Биринчи бәнддә нәзәрдә тутулан тәчрүбәләрдә автомобилин сүр'әтләндирилмәсинин башланғычында дроссел ани олараг там ачылыр. Бу дросселин мүәјјән тәрпәнмәз вәзијјәтиндә, сүр'әтләндирмә, әсасән, автомобилин һәр һансы андакы күч еһтијаты һесабына олдуғу заман, өјрәнилмәси мәгсәди илә едилир.

Һәгигәтдә сүр'әтләндирмә чох вахт дросселин дәјишән ачыглығы заманы баш верир, анчаг дросселин ачылма гануну тамамилә гејри-мүәјјәндир вә бир сыра амилләрдән вә һәр шејдән әввәл, сүрүчүнүн вәрдишләриндән асылыдыр.

Буна көрә дә сүр'әтләндирмәнин башланғычында дросселин ани ачылмасы, һәр чүр гејри-мүәјјәнликләри арадан галдырараг, автомобилин сүр'әтләндирилмә заманы динамика вә гәнаәтлилијинин јалныз автомобилин өзүнүн гурулушу илә шәртләнән амилләрдән асылы олараг өјрәнилмәсинә имкан верир.

Апарылан тәчрүбәләр заманы ајры-ајры өтүрмәләрдә сүр'әтләндирмәни давам етдирмәк үчүн мәсләһәт көрүлән һүдуд сүр'әтләри ашағыдакы формул васитәсилә [3] тәхмини һесабланыр.

$$V_{к\text{һүдуд}} = \frac{V_{max}}{i_к}$$

бурада $V_{к\text{һүдуд}}$ — көтүрүлән өтүрмә үчүн сүр'әтләндирмәнин һүдуд сүр'әти;
V_{max} — бирбаша өтүрмәдә автомобилин максимум сүр'әти;
$i_к$ — сүр'әтләр гутусунда мүвафиг өтүрмәдәки өтүрмә әдәдидир.

Бирбаша өтүрмә үчүн сүр'әтләндирмәнин һүдуд сүр'әти автомобилин максимум сүр'әтинин (V_{max}) 85÷90%-и гәдәр көтүрүлүр.

Автомобилин ајры-ајры өтүрмәләрдәки сүр'әтләндирилмәси тәчрүбәләри ашағыдакы тәрздә апарылыр:

Автомобил мүәјјән өтүрмәдә минимал дәјанәтли сүр'әтлә өлчү мәнтәгәсинә јахынлашыр. Өлчү мәнтәгәсинә дахил оларкән чиһазлар ишә гошулур вә сүрүчү ани олараг дроссели тамамилә ачыб сүр'әтләндирмәни башлајыр.

Јухарыда гејд едилдији кими, тәчрүбәнин кедишиндә јазычы електромагнит чиһазын ленти үзәринә јол, сүр'әтләндирмә вахты, јаначаг сәрфи вә јарымохларда мүмкүн олан буручу моментләрин гијмәтләри јазылыр. Автомобилин мүхтәлиф өтүрмәләрдәки һүдуд сүр'әтләри, тәхмини олараг, спидометрин көстәришинә әсасән тә'јин едилир. Сүр'әтләндирмәнин сонунда ишарә үзрә чиһазлар ишдән ачылыр.

Тәчрүбәләр мәнтәгә үзрә һәр ики тәрәфә һәрәкәт үчүн ики дәфә олмагла апарылыр.

Һаванын вә јолун мүгавимәтинә сәрф едилән јарымохлардакы үмуми буручу моментләр автомобилин бирбаша өтүрмәсиндә, гәрарлашмыш сүр'әтләриндә, һәрәкәти шәраитиндә тә'јин едилир. Бу заман тәчрүбәләр габагчадан сечилмиш бир нечә (минимум сүр'әтдән башлајараг өлчү мәнтәгәсиндә алына билән максимум сүр'әтә гәдәр) сүр'әтдә апарылыр.

Бу тәчрүбәләр өлчү мәнтәгәсинин јарымкилометрлик мәсафәләриндә апарылыр.

Тәчрүбәләр ашағыдакы гајдада апарылыр:

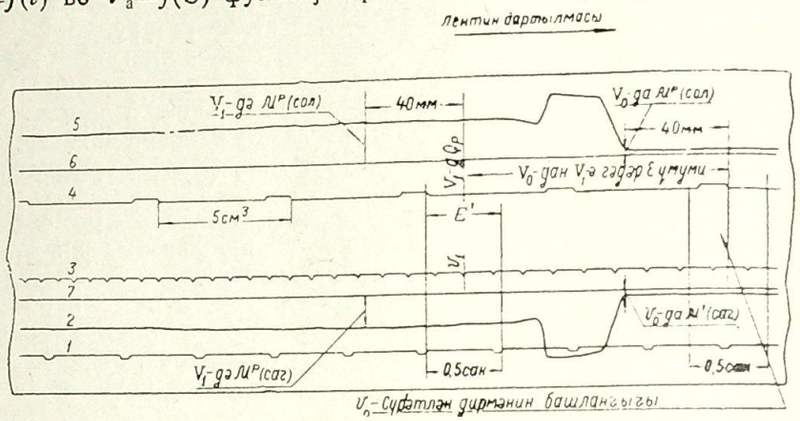
Автомобил көтүрүлән өтүрмәдәки минимал гәрарлашмыш сүр'әтлә өлчү мәнтәгәсинә јахынлашыр. Мәнтәгәјә дахил оларкән өлчү чиһазлары ишә гошулур. Бурада, тәчрүбәнин кедишиндә, јазычы електромагнит чиһаздан истифадә едәрәк, јалныз јарымохлардакы мүмкүн олан чәм буручу моментләрин гијмәгләри гејдә алыныр. Сечилмиш јарымкилометрлик мәнтәгәнин сонунда чиһазлар ишдән ачылыр вә тәчрүбә гуртарыр. Һәмин өтүрмәдә тәчрүбәләр аналожи гајдада һәмчинин дикәр, габагчадан нәзәрдә тутулмуш, гәрарлашмыш сүр'әтләр үчүн дә апарылыр. Тәчрүбәләр заманы автомобилин сүр'әти спидометрә көрә тә'јин едилир, гијмәтләрин дәгигләшдирилмәси исә нәтичәләри ишләјән заман едилир. Тәчрүбәләрин һәр бири һәр ики истигамәтдә һәрәкәт заманы ики дәфә тәкрар едилир.

Бүтүн һалларда тәчрүбәнин әввәлиндән ахырына кими дросселин (автомобилин өлчү мәнтәгәсинә кирдији сечилмиш мүвафиг сүр'әтә ујғун олан) әввәлинчи ачылыш вәзијјәти сабит сахланылыр.

Тәчрүбә вахты сүр'әтин мүмкүн кичик дәјишмәләри нәзәрә алынмыр (јолун кәләкөтүрүлүјү, күләјин тә'сири вә с. нәтичәсиндә ола билән дәјишмәләр).

2-чи шәкилдә тәчрүбә заманы өлчүлән кәмијјәтләрин јазылмыш олдуғу лентин нүмунәси верилир.

Бурада електромагнит чиһазын ленти мүнтәзәм олараг чәкилдији үчүн 0,5 *сан*-јә бәрабәр олан вахт интерваллары (1-чи јазы) електромагнит вахтгејдедичиси тәрәфиндән чох дәгиг парчалар шәклиндә гејд едилир. Бу парчалара әсасән сүр'әтләндирмә заманы ани сүр'әтләрин гијмәтләри, санијәлик јаначаг сәрфи вә јарымохлардакы мүмкүн бурујучу моментләр тапылыр. Бу мәгсәдлә 0,5 *сан*-лик заман парчасының һәр ики учундан перпендикуљарлар галдырылыр. Бу перпендикуљарлар арасында јерләшән мәсафә (3-чү јазы) сечилмиш заман парчасының ортасына ујғун кәлән ани сүр'әти тә'јин етмәјә имкан верир. Бурада вахт интервалының кичик олдуғуну нәзәрә алараг һәмин интервалда $V_a=f(t)$ вә $V_a=f(S)$ функсијаларының хәтти олдуғлары гәбул едилир.



2-чи шәкил

Лентдәки јазы үзәриндәки һәр нишанын гијмәтини биләрәк (көтүрдүјүмүз һалда бу нишанлар арасы мәсафә автомобилин чархынын јарым дөврүнә мүвафиг јола бәрабәрдир) 0,5 *сан*-дә кедилән јолу (S) вә ани сүр'әти (*км/саат*-ла) ашағыдакы ифадәдән тапмаг олар:

$$V_a=3{,}6\frac{S}{t}$$

Аналожи јолла Q_p—динамики санијәлик (ани) јаначаг сәрфинин гијмәти дә тапылыр. Бурада да һәмчинин 0,5 санијәјә бәрабәр вахт интервалында $Q_p=f(t)$ вә $Q_p=f(F')$ функсијаларының хәтти олдуғу гәбул едилир.

Јухарыда гејд едилмишдир ки, јазычы чиһазын ленти үзәриндә јаначаг сәрфинин һәр мүәјјән һәчмә бәрабәр мигдары гејд едилир (4-чү јазы). Көтүрүлән һалда гејд еднлән һәр сәрф едилмиш јаначаг мигдары 5 *см*³-дир. Бу заман интервалы, кәнарларындан чәкилмиш перпендикуљарлар арасында галан 5 *см*³-лик јаначаг сәрфи интервалының һиссәләринә әсасән, E' 0,5 санијәлик јаначаг сәрфләрини тә'јин етмәјә имкан верир.

E'-и тапдыгдан сонра

$$Q_p=\frac{E'}{t}\ см^3/сан$$ ифадәсиндән

асанлыгла автомобилин көтүрүлән ани сүр'әтиндә санијәлик динамики јаначаг сәрфини тапмаг олар.

Јазычы електромагнит чиһазын гурулушуна көрә јарымохлардакы бурујучу моментләри јазан гәләмләр заманы, јаначаг сәрфини вә јолу гејд едән гәләмләрдән 40 *мм* мәсафәдә дајаныр. Буна көрә дә көтүрүлән ани сүр'әтдә јарымохлардакы бурујучу момент диаграмынын (2

вә 5-чи јазылары) һүндүрлүјүнә көрә көтүрүлүр (лентин чәкилмә истигамәтинин әксинә тәрәф 40 *мм* мәсафәдә олмагла).

Диаграмын һүндүрлүјү тәчрүбәнин нәтичәләрини ишләмәјә башларкән лент үзәриндә чәкилмиш сыфыр хәтләриндән (6 вә 7 хәтләри) көтүрүлүр.

Диаграмын өлчүлмүш һүндүрлүјүнү фырланма динамометрләрин јајларыны низамлајаркән мүәјјән едилмиш мигјаса вуруб автомобилин верилән ани сүр'әтиндә јарымохлардакы ани бурујучу моментин гијмәтини алырыг.

Сүр'әтләндирмәнин башланғычында дросселин ани ачылышы јарымохлардакы мүмкүн бурујучу моментләр диаграмынын кәскин јүксәлишинә сәбәб олур. Бу, автомобилин сүр'әтләндирилмәсинин башланғыч сүр'әтинин тапылмасына имкан верир. 5 *см*³-лик јаначаг сәрфи диаграмы исә, асанлыгла сүр'әтләндирилмәнин башланғычындан тә'јин едилән ани сүр'әтә чатана гәдәр вахтда, үмуми јаначаг сәрфинин (E) гијмәтләрини тапмаға имкан верир.

Лент үзәриндәки јазыларын ишләнмәсини асанлашдырмаг мәгсәдилә ани сүр'әтләр вә беләликлә дә башга кәмијјәтләрин гијмәтләрини бирбаша өтүрмәдә 5÷6, үчүнчү өтүрмәдә 3÷4, икинчи өтүрмәдә 2÷3 вә биринчи өтүрмәдә 1÷1,5 санијәлик интерваллар үчүн һесаблајырыг. Статик санијәлик вә саатлыг јаначаг сәрфләрини тә'јин етмәк үчүн автомобилин гәрарлашмыш сүр'әтләрдә һәрәкәти заманы апарылан тәчрүбәләр вахты лентдә алынан јазылар сүр'әтләндирмә вахты алынан јазылардан фәргли олур. Бу һалда јол вә јаначаг сәрфинин гијмәтләри лент үзәриндә, демәк олар ки, ејни парчалар шәклиндә алыныр.

Бу јазыларын ишләнмәси бир гәдәр башга јолла апарылыр. Јухарыда шәрһ едилмиш үсулла бир нечә сечилмиш нөгтәдә ани сүр'әтләри мүәјјән едиб, көтүрүлән тәчрүбә шәраитиндә автомобилин јарымкилометрлик мәнтәгәдәки орта сүр'әти тапылыр. Сонра орта сүр'әтә әсасән автомобилин һәмин мәнтәгәдәки һәрәкәт мүддәти вә һәмчинин һәмин мүддәтдәки үмуми јаначаг сәрфи —E_y тә'јин едилир. Һәмин тапылмыш гијмәтләрә әсасән, нәһајәт, автомобилин верилән орта сүр'әтлә һәрәкәти заманы статик санијәлик јаначаг сәрфи ашағыдакы формул васитәсилә һесабланыр;

$$Q_y=\frac{E_y}{t}\ см^3/сан.$$

Бурада E_y—јарымкилометрлик мәнтәгәдә үмуми јаначаг сәрфи;
t—автомобилин һәмин мәнтәгәдә орта сүр'әтлә һәрәкәт мүддәтидир.

Автомобилин јарымохларындакы јолун вә һаванын мүгавимәтинә сәрф олунан мүмкүн бурујучу моментин тапылмасы мәгсәдилә гәрарлашмыш сүр'әтләрдә чыхарылмыш јазыларын да ишләнмәси аналожи гајдада апарылыр. Бурада һәр бир ани сүр'әти тапаркән һәмчинин јарымохлардакы мүмкүн бурујучу моментләрин дә гијмәтләри һесабланыр. Сонра бу моментләрин, көтүрүлән тәчрүбә заманы автомобилин орта сүр'әтләринә мүвафиг олан, орта гијмәтләри мүәјјән едилир.

Јухарыда шәрһ едилән автомобилин сүр'әтләндирилмәсинин тәдгиги үсулу васитәсилә мүһәррикин гәрарлашмамыш режимләрдә ишинин автомобилин динамикасына, реал һәрәкәт шәраитиндә, тә'сири мүәјјән едилир. О чимләдән хүсусән мүһәррикин бу иш режиминин автомобилин апарычы чархларындакы бурујучу моментин гијмәтинә тә'сири мүәјјән едилир. Сүр'әтләндирмә вахты јарымохларда олан өлчүлмүш мүмкүн бурујучу моментләрин гијмәтләриндән истифадә едәрәк, мүһәр-

рикин гəрарлашмамыш режимлəрдə иши заманы автомобилин дартма вə күч балансы, сүр'этлəндирилəн автомобилин мүхтəлиф өтүрмəлəрдəки динамики характеристикасы гурула билəр вə автомобилин тə'чили тə'јин едилə билəр.

Бу үсул һəмчинин бирбаша тəчрүбə мə'луматларына əсасən сүр'ət интервалындан асылы олараг үмуми јаначаг сəрфləрини, динамики саниjəлик јаначаг сəрфləрини вə сүр'этлəндирмə заманы мүхтəлиф ани сүр'этлəрдə 100 *км* јола сəрф едилəн јаначаг мигдарыны тапмаға имкан верир.

ƏДƏБИЈЈАТ

1. Дадашев Д. Р. Записывающий электромагнитный прибор. Труды АзПИ, 1958, № 3.
2. Дадашев Д. Р., Матикашвили И. В. Всережимный топливный расходомер. „Изв. АН Азерб. ССР. 1959, № 3.
3. Фалькевич Б. С., Диваков Н. В. Испытание автомобиля. Машгиз, 1952.
4. Шхвацабая Г. Я. Вращательный динамограф. Сборники трудов по земледельческой механике. Сельхозгиз, 1952.

Д. Р. Дадашев

К методике экспериментального исследования разгона автомобиля

РЕЗЮМЕ

Разгон автомобиля, как и работа его на установившихся скоростях, является одним из основных режимов движения. В условиях эксплуатации движение автомобиля весьма часто сопровождается разгоном.

При исследовании движения автомобиля наибольшее значение имеет изучение таких его важных качеств, как динамика и топливная экономичность. Исследованию этих качеств автомобиля при разгоне посвящено весьма ограниченное число работ, причем почти все они проведены в лабораторных условиях и опираются на статические характеристики двигателя. Однако указанные условия отличаются от условий работы автомобиля, а статические характеристики не соответствуют его динамическим характеристикам, имеющим место при разгоне.

В настоящей работе излагается методика экспериментального изучения динамических и экономических качеств автомобиля в реальных условиях его разгона.

На основании изложенной методики исследования разгона устанавливается влияние неустановившегося режима работы двигателя на динамику автомобиля в реальных условиях его движения. В частности, влияние этого режима работы двигателя на изменение величины крутящего момента на ведущих колесах автомобиля. Пользуясь величинами возможного крутящего момента, замеренными на полуосях при разгоне, могут быть построены тяговой и мощностной балансы автомобиля при неустановившемся режиме работы его двигателя, динамическая характеристика разгоняемого автомобиля на передачах и определены его ускорения.

Методика эта позволяет также в процессе разгона, непосредственно по экспериментальным данным, определить общие расходы топлива в зависимости от интервала скоростей и найти величины динамических секундных расходов топлива.

АЗƏРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛƏР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХƏБƏРЛƏРИ
Физика-риjазиjjат вə техника елмləри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

О. С. МƏММƏДЈАРОВ

ГАПАЛЫ ШƏБƏКƏЛƏРДƏ КҮЧЛƏРИН ИГТИСАДИ ПАЈЛАНМАСЫНЫН ТƏНЗИМЧИ ТРАНСФОРМАТОРЛАРЛА ƏЛДƏ ЕДИЛМƏСИ

Гејри-бирчинсли гапалы шəбəкəлəрдə, мəсəлəн, мүхтəлиф кəркинликли паралел ишлəjən шəбəкəлəрдə күчлəрин сəрбəст паjланмасы игтисади паjланмадан фəргlənир, бу да бөjүк күч итkиләрини jарадыр. Белə шəбəкəлəрдə күчлəрин игтисади паjланмасынын кəркинлиjи енинə вə узунуна тənзим едилən трансформатор васитəсилə тə'мин етмək олар.

Шəбəкənин jүкləри дəjишдикдə jени игтисади паjланманы тə'мин етмək үчүн тənзимчи трансформаторун əлавə кəркинлиjини дəjишмək лазымдыр.

Трансформаторун jени jүкləрə уjғун олан узунуна $\Delta E'$ вə енинə $\Delta E''$ ЕһГ-нин тə'jин олунмасы чох вахт апаран һесабламалар тələб едир ки, бунларын да истисмар шəраитиндə көрүнмəси мүмкүн дејилдир. Буна көрə дə күчлəрин паjланмасынын игтисади паjланмаjа уjғун олуб-олмамасы вə игтисади паjланманы тə'мин етмək үчүн тənзимчи трансформаторун $\Delta E'$ вə $\Delta E''$ гиjмəтləринин тапылмасы мəгсəдə уjғундур.

Мəгаləдə бу мəгсəд үчүн истифадə едилə билən гурғу тəсвир едилир.

Чыхарышлар əввəлчə ən садə һал—jалныз бир jүкү олан шəбəкə үчүн апарыларағ, сонра бир нечə jүкү олан гапалы шəбəкəjə дə тəтбиг едилмишдир.

Анчаг бир jүкү олан шəбəкə тənзимчи трансформатор икинчи əсас трансформаторун нejтралында jерləшдирилмишдир.

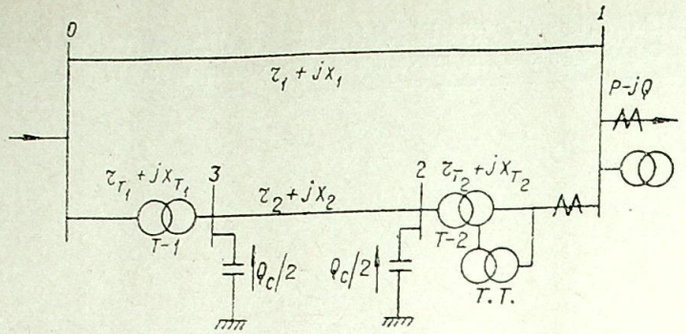
Бу һал үчүн тənзимчи трансформатор jерləшən 1—2 һиссəдən кечən игтисади актив вə реактив күч белə тапылыр:

$$P_{21_и} = P_{03_и} = P\frac{r_1}{R_0},$$

$$Q_{21_и} = Q_{03_и} + Q_c = Q\frac{r_1}{R_0} - \frac{Q_c}{2}\frac{r_1+r_{т_2}}{R_0} - \frac{Q_c}{2}\frac{r_1+r_{т_2}+r_2}{R_0} + Q_c =$$

$$= Q\frac{r_1}{R_0} - Q_c\left(\frac{2r_1+2r_{т_2}+r_2}{R_0} - 1\right) = Q\frac{r_1}{R_0} - Q_c',$$

Бурада $Q_c' = Q_c\left(\frac{2r_1+2r_{т_2}+r_2}{R_0} - 1\right)$ —сабит кəмиjjətдир. Əкəр һəги-



1-чи шәкил

гәтдә 1—2 һиссәдән кечән P_{21} вә Q_{21} күчләр игтисади күчләрә бәрабәр дејилдирсә, онда шәбәкәдә бәрабәрләшдиричи күч јаранар, онун да рәдд едилмәси үчүн тәнзимчи трансформаторун $\Delta E'$ вә $\Delta E''$ әлавә ЕһГ-и истифадә олунур. Симметрик системин бир фазынын бәрабәрләшдиричи актив вә реактив күчләри

$$P_{бф}=P_{21_{иф}}-P_{21ф}=P_ф\frac{r_1}{R_0}-P_{21ф} \qquad (1)$$

$$Q_{бф}=Q_{21\,иф}-Q_{21ф}=Q_ф\frac{r_1}{R_0}-Q_{21\,ф}-\frac{Q_c'}{3} \qquad (2)$$

$P_{бф}$ вә $Q_{бф}$ биләрәк тәләб олунан әлавә ЕһГ-ни белә тапмаг олар [1]:

$$\Delta E_э'=\frac{3P_{бф}\cdot R_0+3Q_{бф}\cdot X_0}{И_н}$$

$$\Delta E_э''=\frac{3P_{бф}\cdot X_0-3Q_{бф}\cdot R_0}{U_н}$$

вә ја фаизлә

$$\Delta E_э'\,\%=\frac{\Delta E_э'}{U_н}\cdot 100=P_{бф}\frac{3R_0}{U_н^2}\cdot 100+Q_{бф}\frac{3X_0}{U_н^2}\cdot 100 \qquad (3)$$

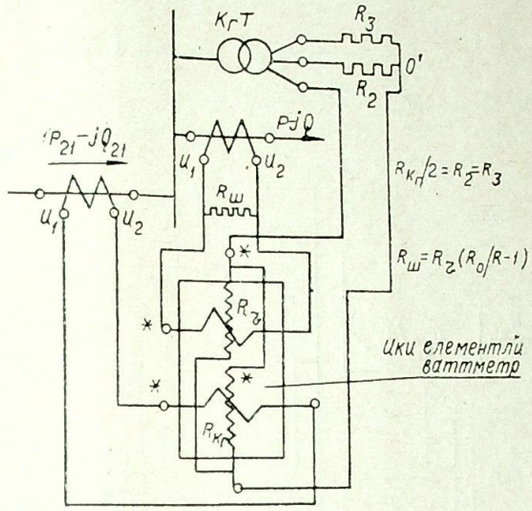
$$\Delta E_э''\,\%=\frac{\Delta E_э''}{U_н}\cdot 100=P_{бф}\frac{3X_0}{U_н^2}\cdot 100+Q_{бф}\frac{3R_0}{U_н^2}\cdot 100 \qquad (4)$$

Ахырынчы ифадәләрдән көрүнүр ки, $\Delta E_э'$ бәрабәрләшдиричи актив вә реактив күчләрә мүтәнасиб кәмиҗәтләрин чәми илә, $\Delta E_э''$-исә $P_{бф}$ вә $Q_{бф}$ мүтәнасиб кәмиҗәтләрин фәрги илә тә'јин олунур.

Бир фазын бәрабәрләшдиричи актив күчүнү белә јазмаг олар:

$$P_{бф}=U_{1ф}\cdot I\cdot\cos\varphi\frac{r_1}{R_0}-U_{1ф}\cdot I_{21}\cos\varphi_{21} \qquad (5)$$

Бу ифадәјә көрә бәрабәрләшдиричи актив күчү оху үзәриндә дәјишән конденсатор јерләшдирилмиш үчфазлы икиелементли ваттметр васитәсилә өлчмәк олар. Ваттметрин биринчи елементинин кәркинлик долағына 1-чи јарымстансијанын фаз кәркинлији (сүн'и сыфыр нөгтәсинин јарадылмасы илә), чәрәјан долағына исә $R_ш$ мүгавимәти илә $\frac{r_1}{R_0}$ дәфә азалдылмыш чәрәјан верилмәлидир. Ваттметрин икинчи елементинә $U_{1ф}$ кәркинлији вә 1—2 һиссәсинин чәрәјаны верилир. Јүкүн чәрәјаны I вә 1—2 һиссәнин чәрәјаны I_{21} әкс гошулдуғу үчүн бу ваттметрин көстәриши она верилән күчләрин фәргини көстәрәчәк. Ваттметрин гошулмасынын схеми 2-чи шәкилдә көстәрилмишдир.



2-чи шәкил

Чәрәјан долағынын $R_ч$ мүгавимәтинә көрә паралел гошулмуш $R_ш$ мүгавимәтләринин гиҗмәти:

$$R_ш=\frac{R_ч}{\frac{R_0}{r_1}-1}$$

Бир фазын бәрабәрләшдиричи реактив күчүнү дә белә јазмаг олар:

$$Q_{бф}=U_{1ф}\cdot I\cdot\sin\varphi\cdot\frac{r_1}{R_0}-U_{1ф}\cdot I_{21}\cdot\sin\varphi_{21}-\frac{Q_c'}{3} \qquad (6)$$

Мә'лумдур ки, бир фазын (мәсәлән, A фазынын) реактив күчүнү өлчмәк үчүн ваттметрин кәркинлик долағына $\sqrt{3}$ дәфә азалдылмыш $U_{вс}$ хәтт кәркинлији верилмәлидир.

Бәрабәрләшдиричи реактив күчү өлчмәк үчүн дә икиелементли ваттметрдән истифадә едилир. (6) ифадәнин ахырынчы һәдди $\frac{Q_c'}{3}$ ваттметрин јајынын дартылмасы илә белә әлдә едилир ки, ваттметрдән $\frac{Q_c'}{3}$ гәдәр күч кечәндә онун әгрәби сыфры көстәрсин.

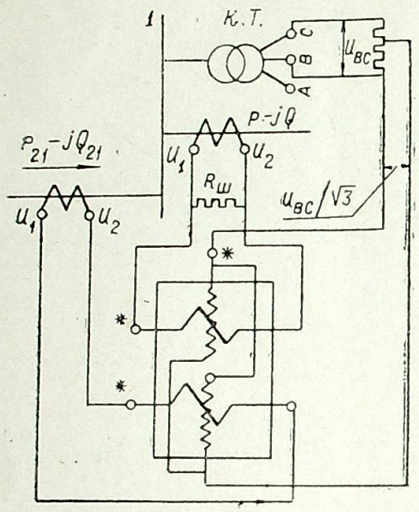
Бәрабәрләшдиричи реактив күчүн өлчүлмәси үчүн ваттметрин гошулмасынын схеми 3-чү шәкилдә көстәрилир.

Бизи марагландыран әлавә енинә вә узунуна ЕһГ тә'јин етмәк үчүн ваттметрләрин охларына бирләшдирилмиш дәјишән конденсаторлардан истифадә олунур. Бу конденсаторларын тутумлары ваттметрләрин охунун дөнмә бучағындан асылы олдуғуна көрә бәрабәрләшдиричи актив вә реактив күчләрә мүтәнасиб олачагдыр. $\Delta E'$ вә $\Delta E''$

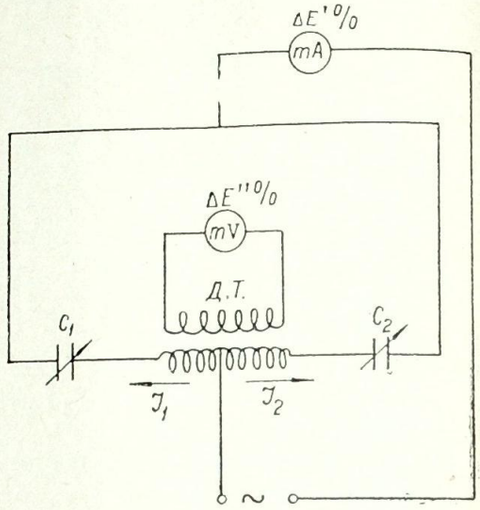
өлчүлмәси 4-чү шәкилдә көстәрилир. Бурада C_1 вә C_2 дәјишән конденсаторлардыр, $D\,T$—дифференсиал трансформатордур. Бу схемдә

$$I_1 = \frac{U}{\frac{x_D}{2} - x_{c_1}} = f_1(C_1) = f_2(P_{бф})$$

$$I_2 = \frac{U}{\frac{x_D}{2} - x_{c_2}} = \varphi_1(C_2) = \varphi_2(Q_{бф})$$



3-чү шәкил



-чү шәкил

Миллиампермотрдән I_1 вә I_2 чәрәјанларынын чәми кечди инә көрә онун көстәриши $P_{бф} + Q_{бф}$ вә ја (3)-ә көрә $\Delta E'\%$-ә мүтәнасибдир. Миллиампермотрин шкаласы әлавә узунуна Е һ Г фаизи илә дәрәчәләнмәлидир.

Дифференсиал трансформаторун икинчи тәрәфиндәки кәркинлик I_1 вә I_2 чәрәјанларын фәргиндән асылы олдуғуна көрә милливолтметрин көстәриши $P_{бф} - Q_{бф}$ вә ја (4)-ә көрә $\Delta E''\%$-ә мүтәнасибдир. Милливолтметрин дә шкаласы әлавә енинә ЕһГ фаизи илә дәрәчәләнмәлидир.

Бир нечә јүкү олан гапалы шәбәкә, тәнзимчи трансформатор 2—3 хәттинә ардычыл гошулуб вә 3-чү јарымстансијада јерләшдирилмишдир.

Бу һал үчүн:

$$P_{23_и} = P_{05_и} - P_3 = \frac{1}{R_0}\left[P_1 \cdot r_1 + P_2\,(r_1 + r_2) + P_3\,(r_1 + r_2 + r_3)\right] - P_3 =$$

$$= P_1\frac{r_1}{R_0} + P_2\frac{r_1 + r_2}{R_0} + P_3\frac{r_1 + r_2 + r_3 - R_0}{R_0}$$

Тутаг ки, $P_1 = \kappa_1 \cdot P_3$ вә $P_2 = \kappa_2 \cdot P_3$

онда:

$$P_{23_и} = P_3\,\frac{r_1\,(1 + \kappa_1 + \kappa_2) + r_2\,(1 + \kappa_2) + r_3 - R_0}{R_0} = P_3\,\frac{R}{R_0}$$

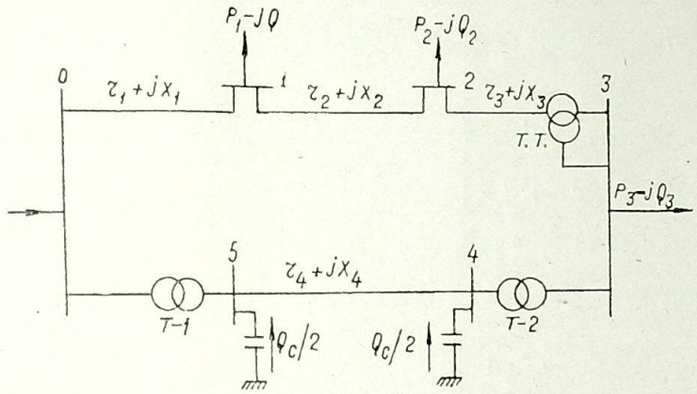
Әкәр $r_1\,(1 + \kappa_1 + \kappa_2) + r_2\,(1 + \kappa_2) + r_3 - R_0$ ифадәни R_0 илә ишарә етсәк, бәрабәрләшдиричи актив күчү белә тапарыг

$$P_б = P_{23_и} - P_{23} = P_3\,\frac{R}{R_0} - P_{23}$$

вә ја

$$P_б = U_{3ф} \cdot I_3 \cdot \cos\varphi_3 - U_{3ф} \cdot I_{23} \cdot \cos\varphi_{23} \qquad (5')$$

(5′) илә (5) мүгајисә етдикдә көрәрик ки, бир нечә јүкү олан шәбәкә үчүн дә бәрабәрләшдиричи актив күчү икиелементли ватт-метр илә өлчмәк олар.



5-чи шәкил

Гејд етмәк лазымдыр ки, јүкләрин дәјишилмәси нәтичәсиндә K_1 вә K_2 әмсаллары да дәјишилә биләр вә бу да R-и дәјишдирәчәк. Бу мәгсәдлә биринчи елементин чәрәјан долағына гошулмуш паралел мүгавимәт $R_ш$ тәнзимедичи олмалыдыр.

Тәнзимчи трансформаторун әлавә ЕһГ-ни тә'јин етмәк үчүн K_1 вә K_2-дән асылы олараг $R_ш$ мүгавимәтләринин гијмәтини дөври тәнзим етмәк лазым кәлир. $R_ш$ мүгавимәтинин гијмәти ашағыдакы үсулларла тапыла биләр:

1. Әкәр 3-чү јарымстансијада 1 вә 2-ли јарымстансијаларын күчүнүн телеөлчүсү варса, һәмин јүкләрә көрә билаваситә K_1 вә K_2 тә'јин олунуб $\frac{R}{R_0}$ вә $R_ш$ мүгавимәтинин гијмәти белә тапылачаг:

$$R_ш = \frac{R_ч}{\left(\frac{R_0}{R} - 1\right)}$$

2. Әкәр 3-чү јарымстансијада 1 вә 2-чи јарымстансијаларын јүкләринин телеөлчүсү јохдурса, бу јарымстансијаларын јүк графикләринә көрә κ_1 вә κ_2-нин замандан асылылыг чәдвәлини дүзәлдиб $\frac{R}{R_0}$ вә $R_ш$ гијмәтләрини јухарыда көстәрилән кими тапмаг олар.

Тәнзимчи трансформаторларын тәнзим едилмәсинин тезлији күн әрзиндә бир нечә дәфә илә мәһдудлашдырылдығына көрә трансформаторун әлавә кәркинлијинин тәнзим едилмәси дә күч әрзиндә бир нечә дәфә илә мәһдудлашдырылыр.

Бу шәбәкәдә бәрабәрләшдирићи реактив күч:

$$Q_б = Q_{23_и} - Q_{23} = Q_{05_и} + Q_c - Q_{23} - Q_3 =$$

$$= \frac{1}{R_0}\left\{Q_1 r_1 + Q_2 (r_1 + r_2) + Q_3 (r_1 + r_2 + r_3) - \frac{Q_c}{2} [2 (r_1 + \right.$$

$$\left. + r_2 + r_3 + r_{т_2}) + r_4]\right\} + Q_c - Q_{23} - Q_3 = Q_1 \frac{r_1}{R_0} + Q_2 \frac{r_1 + r_2}{R_0} +$$

$$+ Q_3 \frac{r_1 + r_2 + r_3}{R_0} + Q_c \left[1 - \frac{2 (r_1 + r_2 + r_3 + r_{т_2}) + r_4}{2 R_0}\right] - Q_3 - Q_{23}$$

Тутаг ки, $Q_1 = m_1 \cdot Q_3$ вә $Q_2 = m_2 \cdot Q_3$

Онда:

$$Q_б = Q_3 \frac{r_1 (1 + m_1 + m_2) + r_2 (1 + m_2) + r_3 - R_0}{R_0} - Q_{23} +$$

$$+ Q_c \left[1 - \frac{2 (r_1 + r_2 + r_3 + r_{т_2}) + r_4}{2 R_0}\right] \cdot r_1 (1 + m_1 + m_2) + r_2 (1 + m_2) + r_3 - R_0$$

ифадәсини R' илә $Q_c \left[1 - \frac{2 (r_1 + r_2 + r_3 + r_{т_2}) + r_4}{2 R_0}\right]$ исә Q_c' илә ишарә едиб

$$Q_б = Q_3 \frac{R'}{R_0} - Q_{23} + Q_c'$$

тапарыг вә јахуд

$$Q_б = U_{3ф} \cdot I_3 \cdot \sin \varphi_3 \frac{R'}{R_0} - U_{3ф} \cdot I_{23} \cdot \sin \varphi_{23} + Q_c' \qquad (6')$$

ја'ни (6′) вә (6) ифадәләри дә аноложи алыныр вә буна көрә дә бәрабәрләшдирићи реактив күч дә ики елементли ваттметр илә өлчүлә биләр. Бурада да m_1 вә m_2, $к_1$ вә $к_2$ кими тапылачаг.

Беләликлә һәм бир јүкү, һәм дә бир нечә јүкү олан шәбәкәләрдә тәнзимчи трансформаторун әлавә ЕһГ-ни 4-чү шәкилдә көстәрилән кими тапмаг олар. Лакин бир нечә јүкү олан шәбәкәдә әлавә ЕһГ-ни тапмадан габаг тәнзим едилән $R_ш$ мүгавимәтләринин гиҗмәтини јарымстансијаларын јүкләриндән асылы олараг дәјишмәк лазымдыр.

Тәнзимчи трансформаторлар ики чүр һазырланыр:

1. Енинә вә узунуна истигамәтләрдә әлавә кәркинликләри бир-бириндән асылы олмајан тәнзимчи трансформаторлар.

2. Сабит фазлы тәнзимчи трансформаторлар, ја'ни трансформаторун әлавә кәркинлији илә хәттин әсас кәркинлији арасындакы бучаг сабит галыр (30°, 60°, 90°).

Сабит фазлы тәнзимчи трансформаторлар үчүн анчаг бир узунуна әлавә кәркинлији билмәк кифајәтдир. Одур ки, белә тәнзимчи трансформаторлар үчүн 4-чү шәкилдәки дифференсиал трансформаторун әһәмиҗјәти итир вә схем бир аз садәләшир.

ӘДӘБИЈЈАТ

1. Холмский В. Г. Применение регулируемых трансформаторов в электрических сетях. ГЭИ. 1950.

О. С. Мамедъяров

Достижение экономического распределения мощностей в замкнутых сетях с помощью трансформаторов с поперечным регулированием напряжения

РЕЗЮМЕ

Для достижения экономического распределения мощностей в неоднородных замкнутых сетях используются вольтодобавочные трансформаторы с продольно-поперечным регулированием напряжения. При изменении режима нагрузок требуется изменение величины продольной и поперечной э.д.с. трансформатора, аналитическое определение новых значений которых требует значительного времени для выполнения трудоемких расчетов.

В статье рассматривается схема устройства, с помощью которого можно непосредственно определять величину необходимой добавочной э. д. с., обеспечивающей экономическое распределение мощностей.

Выводы произведены для случая сети с одной нагрузкой и затем распространены на сети с несколькими нагрузками.

Для сети с одной нагрузкой, представленной на рис. 1, величина фазовых активных и реактивных уравнительных мощностей, обеспечивающих экономическое распределение мощностей в соответствии с выражениями (1) и (2), могут выражаться через фазовые мощности нагрузки и мощности, протекающие по участку, где устанавливается добавочный трансформатор. Величины необходимых добавочных э.д.с., согласно (3) и (4), также определяются через указанные уравнительные мощности. Следовательно, для определения добавочных э. д. с, необходимо измерение активной и реактивной уравнительных мощностей.

Измерение уравнительных мощностей осуществляется при помощи двух трехфазных двухэлементных ваттметров, на осях которых устанавливаются конденсаторы переменной емкости.

Согласно (1) и (2), к первым элементам ваттметров подводятся фазовые активная (или реактивная) мощности нагрузки, уменьшенные в $\frac{r_1}{R_0}$ раз с помощью параллельно включенных сопротивлений $R_ш$, а ко вторым элементам — фазовые активная (или реактивная) мощности участка, на котором установлен добавочный трансформатор. Токовые обмотки первого и второго элементов ваттметров включаются встречно и поэтому их показания будут соответствовать измеряемым уравнительным мощностям.

Схема включения ваттметра для измерения активной уравнительной мощности показана на рис. 2, а реактивной—на рис. 3. Конденсаторы, установленные на осях ваттметров, емкости которых пропорциональны активной и реактивной уравнительным мощностям, включаются и по схеме рис. 4.

Токи J_1 и J_2, зависящие от емкости конденсаторов C_1 и C_2, пропорциональны уравнительным мощностям.

На рис. 4 миллиамперметр измеряет сумму токов I_1 и I_2, и поэтому его показание, согласно (3), будет пропорционально продольной составляющей э. д. с. добавочного трансформатора. Милливольтметр включен ко вторичной обмотке дифференциального трансформатора Д. Т., и измеряемой им напряжение пропорционально разности токов J_1 и J_2,

а его показание, согласно (4),—поперечной составляющей э. д. с. добавочного трансформатора.

В случае сети с несколькими нагрузками (рис. 5) и установке добавочного трансформатора на участке *2—3* активная и реактивная уравнительные мощности определяются по выражениям (5′) и (6′), аналогичным случаю сети с одной нагрузкой и, следовательно, могут измеряться теми же способами. При этом параллельно включенные, для уменьшения тока, сопротивления $R_{ш1}=\frac{R}{R_0}$ и $R_{ш2}=\frac{R'}{R_0}$ должны иметь отводы для периодического регулирования величины этого сопротивления, так как R и R' с изменением нагрузок подстанций могут изменяться.

Таким образом, указанная схема может применяться для непосредственного выяснения и обеспечения экономического распределения мощностей как в замкнутой сети с одной нагрузкой, так и в сети с несколькими нагрузками.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

И. И. ГЮЛЬМАМЕДОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

При эксплуатации асинхронных двигателей приходится довольно часто сталкиваться с такими режимами работы, когда имеют место достаточно длительные отклонения напряжения и частоты от нормальных значений. Эти отклонения могут быть вызваны ненормальным режимом работы питающих генераторов (например, в автономных системах малой мощности), использованием двигателей иностранных конструкций, рассчитанных на частоту 60 *гц*, специальным выбором значений частоты и напряжения для получения желаемых характеристик двигателя и т. д. В этих случаях опредение эквивалентного сопротивления асинхронного двигателя приобретает особое значение, так как с ним связано дальнейшее определение таких параметров, определяющих работу двигателя, как развиваемый момент, потребляемый ток, потребляемая мощность и т. д., на основании которых представляется возможным судить о соответствии получающегося режима технологическим требованиям объекта.

Индуктивное сопротивление асинхронного двигателя может менять свое значение в довольно широких пределах в зависимости от изменения величины тока в обмотках и главного магнитного потока, вызывающих изменение магнитного насыщения зубцового слоя машины.

В различных работах были сделаны попытки учесть влияние насыщения магнитной системы машины на характеристики двигателя. Определенная работа в этом вопросе была проделана проф. Г. Н. Петровым, установившим на основании ряда опытов и расчетов закономерность изменения индуктивного сопротивления статора и ротора в зависимости от скольжения [2].

В настоящей работе дается метод аналитического определения индуктивных сопротивлений асинхронного двигателя, пользуясь его заводскими данными и системой относительных единиц.

При опыте короткого замыкания асинхронного двигателя основную роль играет сопротивление $z_к=z_1+z_2$, тогда как влияние сопротивления контура намагничивания z_0 на общее сопротивление двигателя незначительно.

Характеристика короткого замыкания двигателя имеет вид кривой, представленной на рис. 1 сплошной линией. Эта характеристика после точки, соответствующей току короткого замыкания, равному номинальному, обычно почти прямолинейна.

В предлагаемом методе характеристика короткого замыкания двигателя линеаризуется раздельно двумя прямыми, одна из которых используется для начальной (ненасыщенной) части, а другая—для части характеристики после тока короткого замыкания, ровного номинальному.

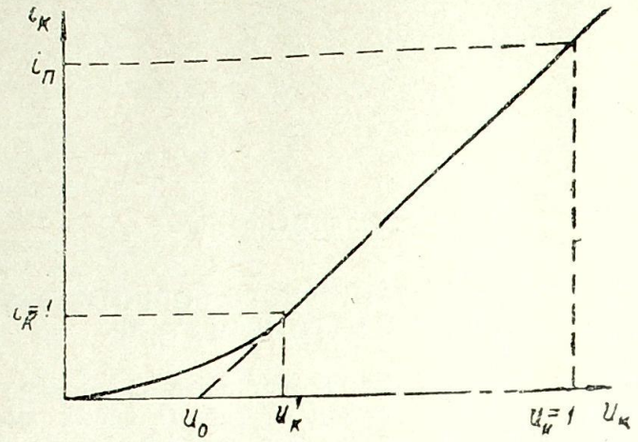


Рис. 1

Продолжим насыщенную часть характеристики до пересечения с осью абсцисс. Пусковой ток при номинальном напряжении тогда найдется как

$$\lambda_1 = \frac{1-u_0}{u_к'-u_0}, \tag{1}$$

или, имея в виду, что $u_к'=z_к'$, где величина сопротивления $z_к'$ находится из опыта короткого замыкания при токе, равном номинальному (в отличие от текущего значения, обозначаемого как $z_к$), получим

$$\lambda_1 = \frac{1-u_0}{z_к'-u_0}, \tag{2}$$

откуда

$$u_0 = \frac{\lambda_1 z_к' - 1}{\lambda_1 - 1}. \tag{3}$$

Уравнение спрямленной характеристики короткого замыкания, таким образом, приобретает вид:

$$u_к = u_0 + k\, i_к. \tag{4}$$

При $u_к'$ ток $i_к=1$ и угловой коэффициент k определится как

$$k = u_к' - u_0 = z_к' - u_0, \tag{5}$$

тогда

$$u_к = u_0 + (z_к' - u_0)\, i_к. \tag{6}$$

Откуда, подставляя значение u_0, имеем:

$$i_к = \frac{u_к(\lambda_1-1) - \lambda_1 z_к' + 1}{1 - z_к'}. \tag{7}$$

На участке кривой короткого замыкания от тока, равного нулю, до точки, определяемой номинальным током, сопротивление $x_к$ можно принять постоянным с достаточной для практики точностью. Этот участок кривой можно спрямить без особых погрешностей, причем угловой коэффициент спрямленного участка кривой определяется сопротивлением $z_к'$.

Задаваясь различными значениями напряжения, находится с помощью выражения (7) ток $i_к$, зная который, нетрудно уже определить соответствующее этому напряжению и току значение сопротивления $z_к$.

Так как для асинхронных двигателей нормального исполнения составляющая $r_к$ — практически постоянная известная величина, то легко определяется искомое сопротивление

$$x_к = \sqrt{z_к^2 - r_к^2}. \tag{8}$$

Из схемы замещения асинхронного двигателя следует, что

$$i_2' = \frac{u}{\sqrt{\left(r_{к_1} + c\,\frac{r_2'}{s}\right)^2 + x_к^2}} \tag{9}$$

вторичный ток для режима короткого замыкания может быть определен как

$$i_2' \approx \frac{i_к}{c}. \tag{10}$$

Тогда соответствующее рассчитанному току скольжение найдется как

$$s = \frac{c\, r_2'}{\sqrt{\frac{u^2 c^2}{i_к^2} - x_к^2 - r_{к_1}}}. \tag{11}$$

На рис. 2 приведена характеристика короткого замыкания двигателя с короткозамкнутым ротором 4,8 *квт* и кривая изменения $x_к$. На рис. 3 приведены кривые $I_к = f(s)$ и $x_к = f(s)$. Рассчитанные по изложенному выше способу кривые нанесены на рисунках пунктирными линиями. Пример расчета дан в приложении 1.

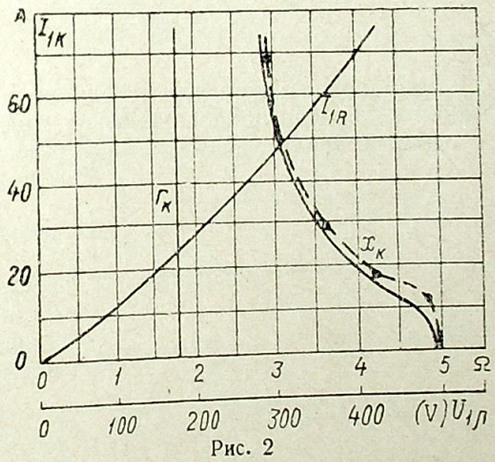


Рис. 2

Влияние сопротивления z_0 на величину полного сопротивления двигателя практически сказывается лишь при сравнительно небольших значениях скольжения, а в точке идеального холостого хода оно приобретает основное свое значение, так как сопротивление вторичной цепи становится равным бесконечности.

Активная составляющая сопротивления z_0 обычно принимается как главпостоянная величина [2], реактивная же составляющая зависит, главным образом, от насыщения, создаваемого основным магнитным пото-

ком. Поэтому определение величины z_0 целесообразно произвести по характеристике холостого хода. Пусть

$$u = \frac{U}{U_н} \text{ и } \nu = \frac{f}{f_н}, \tag{12}$$

где $f_н$ и $U_н$—номинальные значения частоты и напряжения.

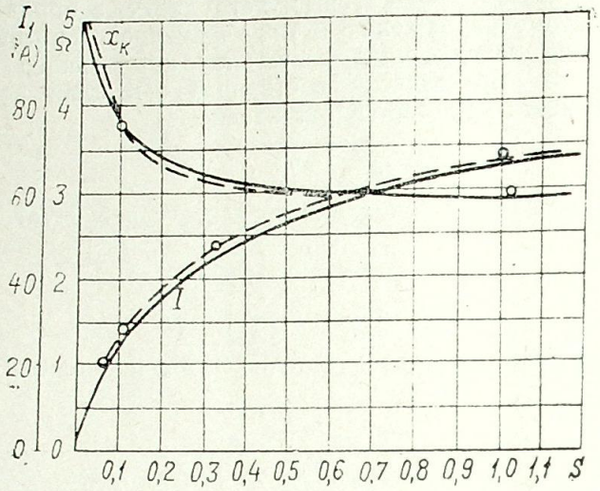


Рис. 3

Для асинхронного двигателя известно соотношение

$$U \approx c\,E = k'\,f\,\Phi, \tag{13}$$

где k'—постоянный коэффициент.

Отнеся написанное выражение для U к номинальному его значению, имеем:

$$\phi = \frac{\Phi}{\Phi_н} = \frac{u}{\nu}, \tag{14}$$

т. е. изменение магнитного потока пропорционально изменению напряжения и обратно пропорционально изменению частоты.

Универсальную характеристику холостого хода асинхронной машины

$$\phi = f(i_0) \text{ рис. 4),}$$

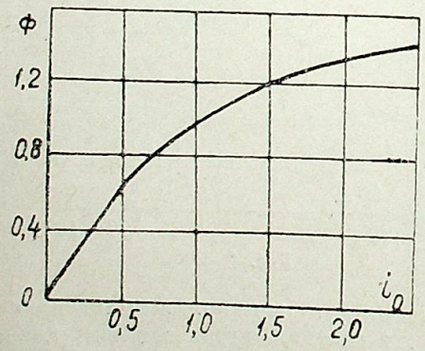


Рис. 4

где $i_0 = \frac{I_0}{I_{он}}$ ток холостого хода, построенную в относительных единицах [4], можно представить в виде следующей эмпирической записи [1]:

$$\phi = \frac{1+A}{1+A\,i_0}\,i_0, \tag{15}$$

где A — постоянный коэффициент, равный 1,21.

Среднее отклонение от действительной кривой это выражение дает

около 2,9%, в то же время достаточная простота делает его удобным для различного рода выкладок.

Зная величину напряжения и частоты, находится отношение (14). Используя далее выражение (15), находится ток холостого хода:

$$i_0 = \frac{\phi}{1+A\,(1-\phi)}. \tag{16}$$

По определенной величине тока холостого хода легко определяется сопротивление z_0, из которого, зная r_0, находится величина x_0.

Пользуясь результатами расчета, можно построить графические зависимости $x_0 = f(U)$ и $x_0 = f(I_0)$ для любого значения частоты.

Для нахождения зависимости $x_0 = f(s)$ необходимо определить изменение величины э. д. с. двигателя в функции скольжения.

Как известно из теории асинхронной машины [3], величина э. д. с. обмотки статора определяется из выражения:

$$\frac{E_1}{U} = \sqrt{\frac{\left(\frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_2'^2}{\left(R_1 + \frac{c\,R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + c\,X_2')^2}}. \tag{17}$$

Зная напряжение на зажимах двигателя и его параметры, достаточно просто рассчитывается искомая кривая.

По выбранным значениям э. д. с. определяют по характеристике холостого хода соответствующие значения тока холостого хода и вычисляют значения сопротивления контура намагничивания.

Методика расчета приведена в приложениях 2 и 3.

Приложение 1

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым исполнением ротора имеет следующие данные [12]: мощность 4,8 *квт*, напряжение 380/220 *в*, фазовый ток 13 *а*, ток холостого хода 4,1 *а*, кратность пускового тока 4,9, скорость вращения ротора 1440 *об/мин*, номинальное скольжение 0,04, $C = 1{,}045$, сопротивления: $R_к = 1{,}81$ *ом*, $R_2' = 0{,}8$ *ом*, $z_к' = 5{,}22$ *ом*, $R_0 = 10$ *ом*, $X_0 = 53$ *ом*, или в относительных единицах: $r_к = 0{,}107$, $r_2' = 0{,}048$, $z_к' = 0{,}308$.

Проведем расчет для линейного напряжения 200 *в* (или $u = 0{,}527$):

$$i_к = \frac{0{,}527\ (4{,}9-1) - 4{,}9 \cdot 0{,}308 + 1}{1-0{,}308} = 2{,}22,$$

или $I_к = 2{,}22 \cdot 13 = 28{,}9$ *а*.

Сопротивление $z_к$ определяется как:

$$z_к = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 28{,}9} = 3{,}99 \text{ ом}$$

и

$$x_к = \sqrt{3{,}99^2 - 1{,}81^2} = 3{,}57 \text{ ом}.$$

Скольжение двигателя, соответствующее найденному току и реактивному сопротивлению, тогда будет:

$$S = \frac{1{,}045 \cdot 0{,}8}{\sqrt{\frac{220^2 \cdot 1{,}045^2}{28{,}9^2} - 3{,}57^2} - 1{,}01} = 0{,}137.$$

Аналогичные расчеты проведены и для других точек. Результаты расчетов представлены в виде кривых на рис. 2 и 3.

Приложение 2

Асинхронный двигатель МТ-41-8, имеющий следующие данные: мощность 11,0 *квт*, при ПВ=25%, напряжение 380/220 *в*, потребляемый ток 53,2/30,8 *а*, номинальная скорость вращения ротора 715 *об/мин*, ток холостого хода 22,2 *а*, сопротивления: $R_1=0{,}44$ *ом*, 715 *об/мин*, $R_2'=0{,}453$ *ом*, $X_1=0{,}52$ *ом*, $X_2^1=0{,}95$ *ом*, $R_0=0{,}915$ *ом*, $X_0=9{,}21$ *ом*— работает на холостом ходу от синхронного генератора МСА-72/4А при напряжении на его зажимах 245 *в* и частоте питающего тока 58,5 *пер/сек*. Соединение обмоток статора двигателя треугольником.

Определим ток холостого хода и сопротивление асинхронного двигателя.

В относительных единицах напряжение $u=1{,}112$ и частота $\nu=1{,}165$, тогда

$$\phi=\frac{1{,}112}{1{,}165}=0{,}956,$$

и

$$i_0=\frac{0{,}956}{1+1{,}21\ (1-0{,}956)}=0{,}906,$$

или в абсолютных единицах:

$$I_{оф}=22{,}2\cdot 0{,}906=20{,}1\ a$$

и

$$I_{ол}=34{,}8\ a.$$

На рис. 5 приведена осциллограмма холостого хода двигателя МТ-41-8 при заданных выше условиях. При этом потребляемый линейный ток равен 35,2 *а*. Как видно, совпадение удовлетворительное.

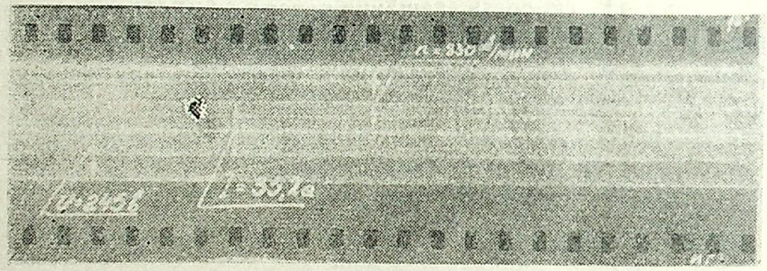


Рис 5.

Сопротивление двигателя при холостом ходе тогда будет:

$$Z_0=\frac{245}{20{,}1}=12{,}2\ ом$$

и

$$z_1=\sqrt{0{,}44^2+(0{,}52\cdot 1{,}165)^2}=0{,}747\ ом.$$

Сопротивление контура намагничивания

$$z_m=12{,}2-0{,}747=11{,}45\ ом$$

откуда

$$x_m=\sqrt{11{,}45^2-0{,}915^2}=11{,}4\ ом.$$

Приложение 3

Определим изменение X_0 в функции скольжения для условий, приведенных в приложении 1.

Приведем расчет для напряжения $u=0{,}7$.

Ток холостого хода

$$i_0=\frac{0{,}7}{1+1{,}21\ (1-0{,}7)}=0{,}514$$

или

$$I_0=2{,}11\ a,\ \text{тогда}\ z_0=\frac{0{,}7\cdot 220}{2{,}11}=72{,}8\ ом$$

и

$$X_0=\sqrt{72{,}8^2-10^2}=72\ ом.$$

Величина э. д. с. при холостом ходе будет:

$$E=\frac{0{,}7\cdot 220}{1{,}045}=147\ в.$$

Тогда, пользуясь выражением (17), определим скольжение:

$$s=\frac{-(8\cdot 1{,}81\cdot 0{,}7)+\sqrt{(8\cdot 1{,}81\cdot 0{,}8\cdot 0{,}7)^2-4\,(4\cdot 3{,}276\cdot 0{,}7^2-}}{2\,(4\cdot 3{,}276\cdot 0{,}7^2+4\cdot 2{,}89^2\cdot 0{,}7^2-2{,}89^2)}$$

$$\frac{\sqrt{+4\cdot 2{,}89^2\cdot 0{,}7^2-2{,}89^2\ (4\ 0.64\cdot 07^2-4\cdot 0{,}64)}}{2\ (4\cdot 3{,}276\cdot 0{,}7^2+4\cdot 2{,}89^2\cdot 0{,}7^2-2{,}89^2)}=0{,}142.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский Б. И. Аналитическое выражение кривой намагничивания электрических машин. „Электричество", 1950, № 3.

2. Петров Г. Н. Влияние насыщения на характеристики и диаграмму тока асинхронной машины. „Электричество", 1948, № 12.

3. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных электродвигателей. Госэнергоиздат, 1955.

4. Толвинский В. А. Универсальная приведенная характеристика генераторного холостого хода динамоэлектрических машин и ее аналитическое выражение. Сб. „Электросила", 1945, № 2—3.

И. И. Күлмәммәдов

Асинхрон мүһәррикин индуктив мүгавимәтинин тә'јин едилмәси

ХҮЛАСӘ

Асинхрон мүһәррикләрин истисмары заманы чох һалларда елә иш режимләринә тәсадүф олунур ки, кәркинлик вә тезлик узун мүддәтдә нормал гијмәтдән фәргләнир. Бу фәргләнмәнин сәбәби кенератор-ларын гејри-нормал режимдә ишләнмәси нәтичәсиндә мејдана чыхыр (мәсәлән, кичик күчлү мухтар системләрдә). Белә һалларда асин-хрон мүһәррикләрин еквивалент мүгавимәти хүсуси фәргә һасил олур.

Долагларда чәрәјанын дәјишмәсиндән асылы олараг асинхрон мүһәррикин индуктив мүгавимәти өз гијмәтини вә мүһәррикин дишчик гатынын магнит дојмасыны дәјишдирән баш магнит селини кафи гәдәр кениш сәрһәдләрдә дәјишә биләр.

Бир сыра мүәллифләр өз елми әсәрләриндә мүһәррикин магнит системинин дојмасынын мүһәррикин характеристикасына тә'сирини

өјрәнмәјә тәшәббүс етмишләр. Бу саһәдә проф. Г. И. Петровун ишини көстәрмәк олар [2].

Мәсаләдә нисби вапидләр системиндә мүһәррикин паспорту әсасында мүәјјән едилмиш асинхрон мүһәррикин индуктив мүгавимәтинин аналитик үсулунун тә'јин едилмәси верилмишдир.

Асинхрон мүһәррикин гыса гапанма тәчрүбәсиндә әсас ролу $Z_к=Z_1+Z_2'$ мүгавимәти ојнајыр. Белә һалда мүгавимәтин магнитләшмәнин контуруна тә'сири Z_0 үмуми мүгавимәтиндән аздыр.

Тәгдим етдијимиз үсулла гыса гапанма характеристикасы ики дүз хәтлә көстәрилир. Бунлардан биринчисиндән башланғыч һиссәдә, икинчидән исә гыса гапанма чәрәјанынын номинал чәрәјана бәрабәр олан нөгтәдән сонра мүәјјән едилмәсиндә истифадә едилир.

2-чи шәкилдә 4,8 *квт* гыса гапаныглы мүһәррикин гыса гапама характеристикасы вә $x_к$ дәјишмә әјриси көстәрилир 3-чү шәкилдә исә $I_к=f(s)$ вә $x_к=f(s)$ әјриләри көстәрилир. Јухарыда көстәрилән үсулла һесабланан әјриләр бу шәкилләрдә гырыг хәтлә көстәрилир. Һесабланма мисалы әлавәдә верилмишдир.

Z_0 мүгавимәти мүһәррикин там мүгавимәтинә сүрүшмәнин јалныз чох кичик гијмәтиндә тә'сир едир. Анчаг икинчи дөврәнин мүгавимәти консузлуға бәрабәр олдуғу үчүн идеал јүксүз ишләмә нөгтәсиндә Z_0 мүгавимәти өзүнүн әсас гијмәтини алыр.

Z_0 мүгавимәтинин актив һиссәси, адәтән, сабит гәбул олунур, лакин реактив һиссәси магнит дојмасындан асылыдыр. Она көрә дә Z_0 кәмијјәтини тә'јин етмәк үчүн ону јүксүз ишләмә характеристикасына кәтирмәк мәгсәдә ујғундур. Кәркинлик вә тезлијин гијмәтини биләндән сонра (14) ифадәси тапылыр. Сонра (15) ифадәсиндән истифадә едәрәк, јүксүз ишләмә чәрәјаны тапылыр. (16) ифадәсиндән тапылан i_0-дан Z_0 мүгавимәти асанлыгла тапылыр.

Һесаблама нәтичәләриндән истифадә етмәклә тезлијин истәнилән гијмәти үчүн $x_0=f(u)$ вә $x_0=f(I_0)$ ифадәләринин график асылылығыны гура биләрик. $x_0=f(s)$ асылылығыны тапмаг үчүн мүһәррикин ЕһГ-нин дәјишмәсини сүрүшмәнин функсијасы кими тапмаг зәруридир.

ЕһГ-нин сечилмиш гијмәтләрində көрә јүксүз һәрәкәтин чәрәјаны вә Z_0 тапылыр. Һесабламасы әлавәдә верилмишдир.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Г. В. АХУНДОВА, Ш. ДАРЧИЯ

К МЕТОДИКЕ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗВЕЗД

Методика определения диффракционных изображений звезд

Оценка качества изображений звезд по теории Данжона—Кудера заключается в следующем: состояние атмосферы может характеризоваться наибольшим углом смещения лучей, пришедших в глаз наблюдателя от светил. Угол этот называется углом турбуленции t'' [1, 2].

Обычно звезды наблюдают на разных зенитных расстояниях и определяют для них соответствующий угол турбуленции t''_z. Зная t''_z, можно найти значение t''_0—угла турбуленции в зените. Действительно, принимая во внимание, что толщина пронизываемого лучами воздушного слоя растет пропорционально $\sec z$ и считая, что пропорционально этой же величине должен возрастать и угол турбуленции t''_z, строят график зависимости t''_z от $\sec z$. Последний по теории Данжона — Кудера должен представлять собой некоторую прямую, проходящую через начало координат [2]. Если на этой прямой взять точку с абсциссой, равной 1, что будет соответствовать зениту, то соответствующая ордината будет углом турбуленции в зените t''_0 (рис. 1).

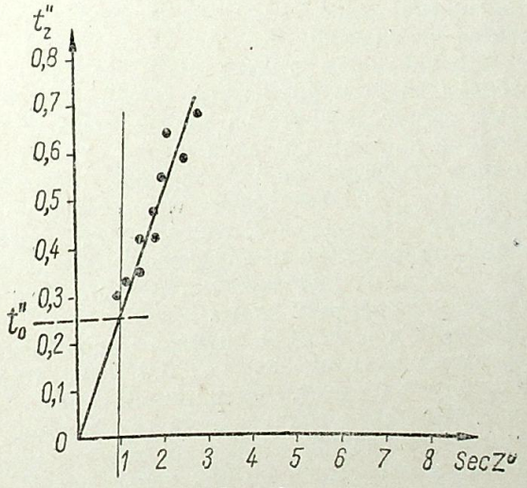


Рис. 1

Зависимость между качеством изображения и турбуленцией по Данжону и Кудеру выражается несколькими эмпирическими формулами для разных величин t''_z. Последняя выражается через угловую величину α''— радиуса диффракционного кружка. С другой стороны в определение α'' входит диаметр объектива телескопа $\left(\alpha''=\frac{140}{D_{мм}}\right)$,

что в принципе дает возможность связывать наблюдения, полученные на разных приборах, отличающихся друг от друга диаметрами объектива[1].

В табл. 1 дается зависимость между качеством изображения звезд и турбуленцией t'' по Данжону и Кудеру, а также соответственные оценки в баллах (последний столбец). Эти оценки в баллах приняты и используются сейчас во время наблюдений большинством

Таблица 1

Зависимость между качеством изображений звезд и турбуленцией по Данжону и Кудеру

Эмпирические формулы	Разные виды диффракционной картины звезд	Оценка в баллах
$\frac{t''}{\alpha''} < \frac{1}{4}$	Полное и совершенно спокойное диффракционное изображение	1,0
$\frac{t''}{\alpha''} = \frac{1}{4}$	Диффракционные кольца с пробегающими по ним сгустками света	2,0
$\frac{t''}{\alpha''} = \frac{1}{2}$	Волнующееся изображение с разрывающимися кольцами и волнующимся диффракционным кружком	3,0
$\frac{t''}{\alpha''} = 1$	Сильно волнующееся изображение. Диффракционные кольца видны только иногда. Из ядра выбрасываются лучи	4,0
$\frac{t''}{\alpha''} > 1{,}5$	Изображение звезды в виде бурлящего пятна	5,0

наблюдателей, которые считают, что этим существенно облегчается работа (при записи и дальнейшей обработке). Но этим не ограничивается их значение. Как видно из табл. 1, следуя Данжону и Кудеру, можно оценивать только пять различных диффракционных картин звезд. При этом два разных (любых) изображения (в баллах) отличаются друг от друга на целое число. Ясно, что оценка диффракционной картины по такой шкале будет грубой. Существуют и переходные диффракционные картины, которые, возможно, неопытный глаз не в силах точно определить, но опытный наблюдатель их различит отчетливо. Следовательно, опытный наблюдатель может оценивать качество изображений звезд не только целыми значениями балла, но и их половинками. А часто глаз способен уловить промежуточную картину даже между оценками, например, 3,0 и 3,5; 3,5 и 4,0 и т. д. Для примера можно описать вид диффракционной картины между оценками в 3,0 и 4,0 балла. Баллом 3,0, согласно Данжону и Кудеру, оценивается такая диффракционная картина, когда мы видим волнующееся изображение с разрывающимися кольцами и волнующимся диффракционным кружком (см. табл. 1). Кольца видны отчетливо, но они непостоянны, „бегают" вокруг ядра и в разрывах видны темные промежутки. Баллу же 4,0 соответствует

[1] Существенную роль при сравнении наблюдений, полученных на разных телескопах, кроме диаметра объектива, играет еще используемое увеличение.

картина, когда кольца видны лишь изредка, а отчетливо мы видим лучи, выбрасывающиеся из ядра и очень непостоянные. Очевидно, что такую картину, когда мы почти одинаково видим и разрывающиеся кольца и лучи, мы можем оценить баллом 3,5. Кроме того, мы можем видеть одновременно и кольца и лучи, но или рвущиеся кольца превалируют над лучами, или наоборот. Тогда мы можем сказать, что первая картина является промежуточной между оценками в 3,0 и 3,5, а вторая—между оценками в 3,5 и 4,0 балла. Но, конечно, последние две картины отчетливо оценены быть не могут. Мы предлагаем в аналогичных случаях ставить две оценки: например 3,0—3,5; 3,5—4,0 и т. д.

Точно также мы можем оценивать промежуточную картину между баллами 4,0 и 5,0 (по увеличению ядра и его волнению), баллами 2,0 и 3,0 (например, баллу 2,5 соответствует картина, когда видны разрывы—темные промежутки между кольцами—но кольца более спокойны).

Совместные наблюдения нескольких наблюдателей показали, что различие в их оценках не превышает 0,3 балла (см. ниже). Следовательно, оценки промежуточных диффракционных картин между целыми значениями баллов вполне правомочны.

Надо отметить, что хотя такую промежуточную градацию на практике применяет большинство наблюдателей, нигде в литературе мы с ней не встречались.

Точность наблюдений

Надо иметь в виду, что поскольку наблюдения визуальные, основная составляющая ошибки имеет субъективный характер, поэтому возможны разные оценки одной и той же диффракционной картины разными наблюдателями. Для выяснения относительной ошибки данного метода использовались два приема: наблюдение одного наблюдателя и наблюдения трех наблюдателей.

В первом случае использовались наблюдения одного человека, произведенные в две последующие, одинаковые по качеству изображений звезд ночи, примерно в одно и то же время. Звезды брались на зенитном расстоянии между 10 и 20° в разных азимутах. Вычисления показали, что относительная ошибка оценок по средней квадратичной составляет $\pm 4\%$.

Во втором случае три разных наблюдателя производили оценку качества изображений одних и тех же звезд с помощью одного и того же инструмента в сравнительно короткий промежуток времени. Всего наблюдалось 50 звезд в разных азимутах и на разных зенитных расстояниях. Результаты вычислений даны в табл. 2.

Анализ полученных результатов показывает, что, во-первых, в случайных ошибках наблюдений нет никакого хода по зенитному расстоянию и, во-вторых, величина относительной ошибки по средним квадратичным во втором случае получается того же порядка (5%), что и в первом случае (4%). Это убеждает нас в достоверности полученных результатов (см. табл. 2).

Небольшое значение относительной ошибки наблюдений позволяет сравнивать результаты разных наблюдателей, работающих в разных пунктах. При этом нужно учесть, что ввиду субъективности визуальных наблюдений, кроме случайных ошибок, могут иметь место и систематические. Один наблюдатель может систематически завышать, а другой—занижать качество изображений звезд. Чтобы снизить

систематнческие ошибки, необходимо; а) производить наблюдения в одной системе, т. е. с помощью тренировки добиться того, чтобы различие в оценках одних и тех же картин разными наблюдателями не превышало 0,5 балла; б) желательно, чтобы приборы, на которых ведутся наблюдения в разных пунктах, были совершенно одинаковы.

Таблица 2

Ошибки наблюдений

Прием	Ошибка одного наблюдения				Ошибки приема			
	в баллах		в процентах		в баллах		в процентах	
	ϑ_0	m_0	0_0	M_0	ϑ	m	0	M
1	0,44	0,57	11	14	0,01	0,15	2	4
2	0,22	0,22	6	6	0,11	0,17	3	5

Для составления табл. 2 использовались следующие величины в первом приеме $A=\frac{1}{16}\sum_{i=1}^{16}\delta^i$; $\varepsilon_i=A-\delta_i$ (δ—оценка, даваемая в баллах); во втором приеме A—средняя арифметическая из трех оценок $A=\frac{\delta_1+\delta_2+\delta_2}{3}$ (δ_1, δ_2, δ_3 оценки в баллах, даваемые соответственно первым, вторым и третьим наблюдателями)

Для обоих случаев $\vartheta_0=\frac{\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i}{n}$, $\vartheta=\frac{\sum_{i=1}^{n}|\varepsilon_i|}{n(n-1)}$

средняя арифметическая ошибка в баллах,

$$m_0=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2}{n}},\quad m=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2}{n(n-1)}}$$

—средняя квадратичная ошибка (в баллах), $0_0=\frac{\vartheta_0}{A}$, $0=\frac{\vartheta}{A}$—относительная ошибка (по средней арифметической), $M=\pm\frac{m_0}{A}$, $M=\pm\frac{m}{A}$—относительная ошибка (по средней квадратичной).

Как показал опыт работы, совместные тренировочные наблюдения нескольких наблюдателей с взаимным контролем снижают субъективные систематические ошибки. Так, например, проведенные на станции Суворовской совместные наблюдения показали, что в среднем расхождение в оценках трех наблюдателей (отклонение от среднего из трех результатов) не превышает 0,3 балла, а максимальное отклонение в отдельных случаях (всего два случая из пятидесяти) достигает 0,8 балла.

При сравнении пунктов наблюдений необходимо учитывать систематические ошибки наблюдателей (если таковые имеют место), чтобы не создалось ложного впечатления о преимуществах одного пункта над другим.

Типы распределения качества изображений по вертикалу

Как было сказано выше, толщина слоя атмосферы, пронизываемая лучом света от звезды, растет пропорционально $\sec z$; пропорционально этой же величине растет и угол турбуленции t_z''. На наш взгляд, такая закономерность могла бы иметь место только в том случае, если вся толщина атмосферы от зенита до горизонта была бы однородной и в ней не развивались бы различные метеорологические процессы. В действительности мы имеем дело не с идеальными однородными слоями атмосферы. Последние резко различаются по физическим свойствам: насыщенности парами воды, пылью, температуре, скорости и направлению ветра. При этом ветер может меняться мгновенно и очень резко (прохождение фронтонов, различных масс).

Все эти факторы, вместе взятые, обязательно должны нарушить пропорциональность величин t_z'' и $\sec z$. В сказанном выше легко убедиться при анализе кривых, дающих функциональную зависимость δ (в баллах) от зенитного расстояния z (рис. 2). Эти кривые построены нами на основе большого количества наблюдений, полученных на различных астрономических станциях. Оказалось, что обычно величина размытости диффракционного изображения (баллы) с увеличением зенитного расстояния увеличивается, но не всегда одинаково и равномерно. Указанные на рис. 2 основные шесть характерных типов кривых назовем „типами изображений". Они же приведены на рис. 3 в углах турбуленции.

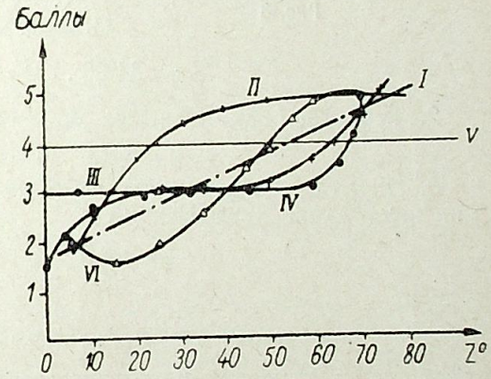


Рис. 2

На рис. 4 построены зависимости t_z'' от $\sec z$ для шести типов изображений. Прямые 1—6 являются графиками зависимости t_z'' от $\sec z$ по Данжону и Кудеру. Точки пересечения прямых 1—6 с прямыми $y=1$ дают величину угла турбуленции в зените соответственно для всех шести типов изображений. Из рис. 4 видно, что, во-первых, не во всех случаях можно считать, что угол турбуленции меняется пропорционально $\sec z$, и, во-вторых, приведение к t_0'' в ряде случаев (для разных типов изображений) дает большое значение ошибок. Точки, наиболее уклоняющиеся от прямых 1—6, соединены с началом координат прямыми линиями. Пересечения последних с прямыми

$y=1$ дают максимальные и минимальные значения t_0''. Разница между ними Δ'' характеризует величину разброса точек. Все эти величины даются в табл. 3. Значения столбцов таблицы понятны без объяснений, за исключением последнего, где приводится Δ''—интервал, внутри которого может меняться значение t_0''.

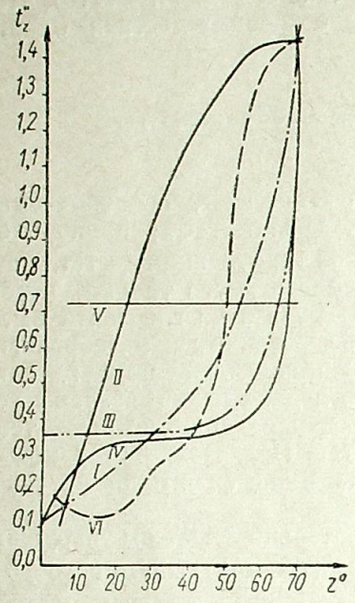


Рис. 3

Большие значения Δ приводят к большому разбросу точек, и тогда приведение t_z'' к t_0'' теряет смысл.

Табл. 3 показывает, что лишь тогда, тогда функциональная зависимость между δ и z выражена третьим и четвертым типами изображений, ошибки одинаковы и малы и можно без ущерба делу применить метод приведения к зениту значений t_z''. В остальных случаях, особенно при $\delta=f(z)$, выраженной вторым и пятым типами изображений, приведение t_z'' к t_0'' может заключать в себе значительные ошибки.

В табл. 4 дается процентное соотношение типов изображений на различных станциях.

Координаты станций, перечисленных в табл. 4, следующие:

1. Суворовская (в районе Ессентуков Ставропольского края)

$\varphi=44°36'$, $\lambda=42°30'$.

2. Турчидаг (Лакский район Дагестана)

$\varphi=42°15'$, $\lambda=47°09'$.

3. Пиркули (Шемахинская астрофизическая обсерватория Академии наук Азербайджанской ССР

$\varphi=40°46'$ $\lambda=48°45'$.

Таблица 3

Значение Δ'' для разных случаев типов изображений

Типы изображений	t_0'' максимальное	t_0'' минимальное	t_0'' среднее	Δ''
I	0,40	0,17	0,28	0,23
II	0,61	0,16	0,38	0,45
III	0,35	0,21	0,28	0,14
IV	0,31	0,17	0,24	0,14
V	0,70	0,22	0,46	0,48
VI	0,47	0,14	0,30	0,33

Из табл. 4 видно, что типы III и IV составляют около 50%. Значит, лишь около половины наблюдений приходится на такие условия распределения атмосферных слоев, когда $t_z''=p\cdot\sec z$.

Некоторые авторы утверждают, что угол турбуленции меняется пропорционально $\sqrt{\sec z}$. Может быть такая зависимость и имеет место, но не для всех пунктов, а только для находящихся в определенных условиях. Для другого пункта эта зависимость может быть совсем иной. В конечном счете такой разнобой закона изменения t_z'' обусловливается рельефом и подстилающей поверхностью вблизи пункта наблюдения, что определяет и метеорологическую обстановку данного места. От последней и будет зависеть турбулентность атмосферы.

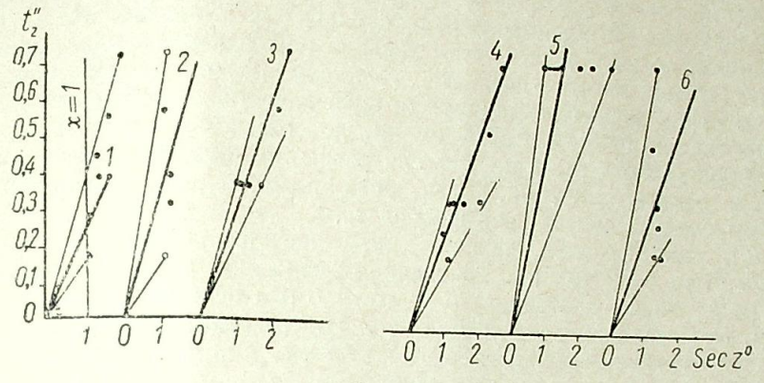


Рис. 4

Таблица 4

Количество разных типов изображений в процентах

Пункты	Количество кривых	Типы изображений I	II	III	IV	V	VI
Суворовская	233	16,7	10,3	24,4	23,6	21,1	3,9
Турчидаг	303	26,7	8,0	36,0	25,1	2,6	1,6
Пиркули	445	18,9	9,8	45,2	14,3	11,8	0,0

Поскольку не всегда $t_z''=p\cdot\sec z$, то для окончательных выводов относительно качества изображений на том или ином пункте недостаточно пользоваться только одними значениями турбуленции в зените t_0''. Вернее будет брать за основу при исследованиях первичные значения t_z'' или баллы. Удобнее всего сравнивать между собой значения турбуленции на каких-либо конкретных зенитных расстояниях: например, на $z=20$, 45 и 70°. Для этого для каждого срока наблюдений и для каждого азимута отдельно нужно построить кривые $\delta=f(z)$. Затем на основе этих кривых для $z=20$, 45 и 70° определить значения δ_{20}, δ_{45} и δ_{70} в баллах или соответственно значения турбуленции t_{20}'', t_{45}'' и t_{70}''.

Необходимо остановиться еще на одном возможном возражении относительно выведенных здесь типов изображений. Дело в том, что часто в течение одного визуального обзора наблюдения в разных азимутах бывают представленными разными типами изображений. Поскольку наблюдения во всех 4 азимутах занимают около получаса, можно подумать, что различие это обусловлено изменением атмос-

ферных условий за это время. Действительно, иногда бывают неустойчивые, быстро меняющиеся во времени изображения. Но наблюдатель это сразу же замечает и затем или повторяет обзор или отмечает в журнале наблюдений, что изображения неустойчивы и исследовать зависимость их от азимута нельзя.

Необходимо провести специальный ряд наблюдений с повторением после обзора наблюдений в первом азимуте. Зависимость качества изображений от небольших промежутков времени сразу же может быть выявлена. Авторы намерены проделать эту работу в будущем.

Кроме того, следует обратить особое внимание при наблюдениях на близзенитную область. В ряде случаев мы сталкивались с таким явлением, когда в зените изображения были несколько хуже, чем на расстоянии десяти—двадцати градусов от него. Причина этого нам пока не ясна. Помимо этого, если качество изображений звезд за небольшие промежутки времени не меняется, то кривые, представляющие типы изображений для разных азимутов, должны совпадать в зените. Поэтому, когда есть возможность, околозенитные звезды следует обязательно наблюдать.

Есть еще немало вопросов методического характера, которые могут быть подняты при детальном изучении астроклимата. Наша статья не может претендовать на то, что она освещает все эти вопросы. Мы ставили перед собой только ту цель, чтобы наблюдения на всех пунктах обрабатывались по одной методике. Иначе пункты невозможно будет сравнивать между собой.

Кривая стандарта

Чтобы сравнить между собой качество изображений звезд разных пунктов наблюдения, надо принять за основу какую-то постоянную, общую для всех пунктов градацию оценок диффракционных картин. Для этой цели необходимо, в первую очередь, устранить из шкалы Данжона—Кудера неудобство, заключающееся в следующем. В то время как при оценках в баллах 2,0, 3,0 и 4,0 для данного телескопа углы турбуленции в секундах дуги вполне определены, при оценках в баллах 1,0 и 5,0 они имеют неопределенный характер. Так, для АЗТ-7 (D=200 *мм*) балл 1,0 означает, что $t_z'' < \frac{1}{4}\alpha''$ т. е. $t_z'' < 0'',18$, балл 5,0—$t_z'' > 1{,}5\alpha''$, т. е. $t_z'' > 1'',05$. Здесь α''—радиус диффракционного кружка: в случае АЗТ-7 $\alpha'' = 0'',698 \approx 0'',70$. Для того, чтобы сделать сравнимыми наблюдения в разных пунктах и в тех случаях, когда, изображения звезд оцениваются баллами 1,0 и 5,0, необходимо прежде всего установить однозначную зависимость между баллами δ и t_z'' для любого случая диффракционной картины звезд. Здесь же отметим, что для качественного сравнения разных пунктов не имеет принципиального значения разнородность шкал баллов (линейная) и турбуленции (логарифмическая). Достаточно, чтобы была возможность для каждого значения балла находить только одно определенное значение t_z'' и в тех случаях, когда качество изображений оценивается баллами $<2{,}0$ и $>4{,}0$. Для этого будем рассуждать следующим образом. В случае АЗТ-7 $\alpha'' = 0'',70$, тогда из табл. 1 можно составить табл. 5.

Примем в первом приближении, что функция $t_z'' = f(\delta)$ между баллами 2,0 и 3,0; 3,0 и 4,0 линейная. Тогда между баллами 2,0 и 3,0 значение 0,1 балла в угловых размерах будет равно величине $\frac{0'',35 - 0'',18}{10} = 0{,}017$ (не вдаваясь в строгий математический анализ, можно сказать, что при этом ошибки, вызванные заменой кривой $t_z'' = f(\delta)$ прямыми между соседними значениями δ, не выйдут за пределы той ошибки, которую мы допускаем при оценке качества изображений звезд, округляя десятичные значения балла). Аналогично можно получить значения 0,1 балла в секундах дуги между баллами 3,0 и 4,0, равное величине 0″,035.

Таблица 5

Связь между оценками в баллах и турбуленцией (для АЗТ-7)

Баллы	t_z''
1,0	$<0{,}18$
2,0	0,18
3,0	0,35
4,0	0,80
5,0	$>1{,}05$

Таким образом, цена 0,1 балла в секундах дуги между баллами 3,0 и 4,0 увеличивается относительно такого же значения между баллами 2,0 и 3,0 в n раз, где n можно определить из равенства: $0'',017 \times n = 0'',035$, откуда $n = 2{,}06$.

Условимся, что в первом приближении n остается таким же и для случая промежутка между 4,0 и 5,0. Тогда цена 0,1 балла в этом промежутке будет $0'',035 \times 2{,}06 = 0'',072$.

Аналогично получим значение 0,1 балла между 0 и 1,0, 1,0 и 2,0. В табл. 6 приводятся эти значения.

Таблица 6

Значения 0,1 балла в секундах дуги

Промежутки между баллами	Значения 0,1 балла в ″	$\pm\sigma''$
0—1	0,004	0,004
1—2	0,008	0,008
2—3	0,017	0,017
3—4	0,035	0,035
4—5	0,072	0,072

Уместно заметить, что ошибки наблюдений в секундах дуги ($\pm\sigma''$) в интервалах, указанных в табл. 6, будут разные. Они равны значению 0,1 балла в секундах дуги (ошибка наблюдения в баллах, как видно из табл. 2, больше).

Таблица 7

Соотношение между оценками (в баллах) и турбуленцией (в секундах дуги)

Баллы	t_z''	Баллы	t_z''
0,0	0,06	2,5	0,26
0,5	0,08	3,0	0,35
1,0	0,10	3,5	0,52
1,5	0,14	4,0	0,70
2,0	0,18	4,5	1,07
2,5	0,26	5,0	1,42

Исходя из табл. 5 и 6 можно составить табл. 7, в которой дается соотношение между оценками в баллах и турбуленцией.

Таблица 8

Значения турбуленции t'', полученные по формуле (1)

δ	t''	$\varepsilon''=t''_z-t''$	δ	t''	$\varepsilon''=t''_z-t''$
0,0	0,045	+0,015	2,5	0,26	0,00
0,5	0,06	+0,020	3,0	0,36	—0,01
1,0	0,09	+0,010	3,5	0,52	0,00
1,5	0,13	+0,010	4,0	0,72	—0,02
2,0	0,18	0,000	4,5	1,04	+0,03
2,5	0,26	0,000	5,0	1,44	—0,02

Кроме того на основе 2, 3 и 4 строк табл. 5 можно получить следующую аналитическую зависимость между δ и t''_z.

$$t''_z=0'',18\times 2^{(\delta-2)} \qquad (1)$$

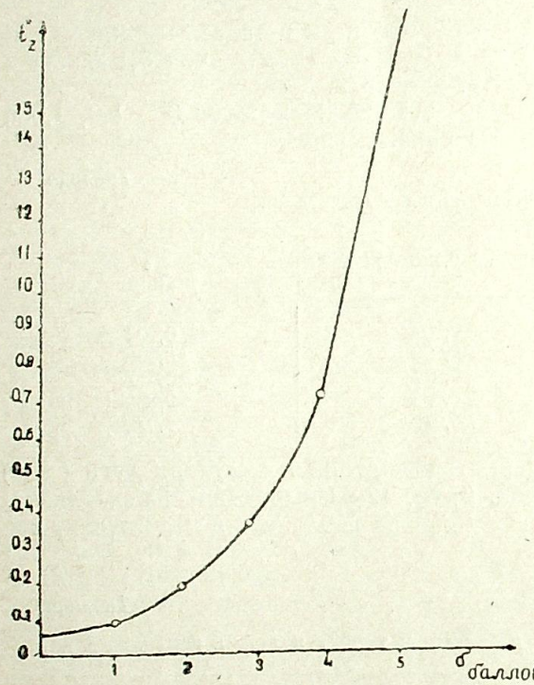


Рис. 5

Допустим, что характер функции (1) не меняется за пределами тех значений δ и t''_z, которыми мы пользовались для получения этой формулы. Тогда последняя формула для всех возможных случаев δ даст значения, очень близкие значениям t''_z из табл. 7. Обозначим эти значения через t'' и составим табл. 8. Здесь ε показывает различие между значениями турбуленции, приведенными в табл. 7 и 8. Это различие (ε) не выходит за пределы допустимых ошибок, что дает право пользоваться равным образом этими двумя таблицами.

Построим с помощью табл. 8 кривую, выражающую функциональную зависимость t'' от δ (рис. 5) и назовем ее кривой стандарта. Последняя дает возможность перехода от балла к углу турбуленции в секундах дуги для каждого случая диффракционной картины звезд. Конечно, кривые стандарта для разных телескопов будут разные, поскольку при вычислении турбуленции мы пользовались формулой, в которую входит диаметр объектива.

Таким образом, мы освободились от неравенств, которыми определялись баллы 1,0 и 5,0 и имеем возможность любую оценку в баллах выразить посредством турбуленции в секундах дуги. Ошибки, которые мы допускаем при этом, не будут превышать ошибки, допускаемые при оценке качества изображений звезд.

Градация качества изображений звезд по всему небу

Имея кривую стандарта, можно градуировать качество изображений звезд по всему небу, но мы ограничились только тремя зенитными расстояниями (20, 45 и 70°).

Мы допускаем такое состояние атмосферы, когда строго выполняется закон $t''_z=p\cdot\sec z$. Условимся считать отличным качеством изображений такое, когда в зените наблюдается диффракционная картина, оцениваемая баллом 1,0 (при наблюдении с помощью АЗТ-7), что по табл. 8 соответствует $t''=0'',09$. Тогда можно решить вопрос, какое должно быть значение t'' и соответственные оценки в баллах на зенитных расстояниях, равных 20, 45 и 70°.

Поскольку допущено и требуется выполнение условия $t''_z=p\cdot\sec z$, где p—коэффициент пропорциональности, то для данного времени наблюдения и азимута p должно быть постоянным. Тогда на основе табл. 8 для $z=0°$ и для $z=20°$ можно написать: $t''_0=p\cdot\sec 0°$; $t''_{20}=p\cdot\sec 20°$, откуда $t''_{20}=0'',10$. С помощью кривой стандарта (рис. 5) можно получить соответствующее значение в баллах (1, 2). Это означает, что при отличных изображениях, когда в зените наблюдается балл 1,0 (или $t''_0=0'',09$), на $z=20°$ должна наблюдаться диффракционная картина, характеризующаяся углом турбуленции 0″,10, или при использовании кривой стандарта она будет оцениваться в 1,2 балла.

Аналогично получиться $t''_{45}=0'',13$, в баллах—1,5 и $t''_{70}=0'',27$, в баллах—2,6.

Таблица 9

Полная градация качества изображений звезд

z^0	Оценка									
	отлично		хорошо		посредственно		плохо		очень плохо	
	δ	t''_z	δ	t''_z	δ	t''_z	δ	t''_z	δ	t''_z
20	1,2	0,10	2,0	0,19	3,0	0,36	4,0	0,72	—5,1	1,55
45	1,5	0,13	2,4	0,25	3,5	0,52	4,5	1,04	—5,5	2,10
70	2,6	0,27	3,5	0,52	4,5	1,04	—5,5	2,10	—6,5	4,23

В таблице баллы с черточкой выходят за пределы шкалы Данжона и Кудера но для полноты таблицы мы поместили и эти значения, полученные путем интерполирования. С другой стороны, как видно из табл. 10, для наших выводов такие „сверхшкальные" значения баллов не играют никакой роли, так как мы рассматриваем только хорошие изображения.

Таблица 10

Градация качества изображений звезд

z^0	Хорошее		Посредственное		Плохое	
	в баллах	t''	в баллах	t''	в баллах	t''
20	$\leqslant$2,5	$\leqslant$0,26	2,6—3,4	0,27—0,35	$\geqslant$3,5	$\geqslant$0,36
45	$\leqslant$3,0	$\leqslant$0,36	3,1—3,9	0,37—0,51	$\geqslant$4,0	$\geqslant$0,52
70	$\leqslant$4,0	$\leqslant$0,72	4,1—4,9	0,73—1,03	$\geqslant$5,0	$\geqslant$1,04

Таким образом, получается градация для отличных изображений по z. Аналогичным путем можно получить градацию по z при хороших, посредственных, плохих и очень плохих изображениях в зените, оцененных соответственно баллами 2,0, 3,0, 4,0 и 5,0.

Ограничиваясь двумя знаками после запятой, для t''_z получим следующую градацию качества изображений звезд (табл. 9).

На первом этапе наблюдений, когда наблюдательный материал невелик, вместо дифференциальной табл. 9 выгоднее пользоваться табл. 10. При большом количестве наблюдений и детальном исследовании пункта, разумеется, целесообразнее пользоваться табл. 9.

При построении табл. 10 мы разделили интервал между хорошими и посредственными, посредственными и плохими изображениями для каждого зенитного расстояния пополам.

На основании значений табл. 10 можно построить графики, своего рода „шаблоны“, для быстрого решения вопроса об оценке качества изображений данного разреза неба, представленного графиком $\delta=f(z)$ (рис. 6). При этом кривые, пересекающие полосы „хорошо“, „посред-

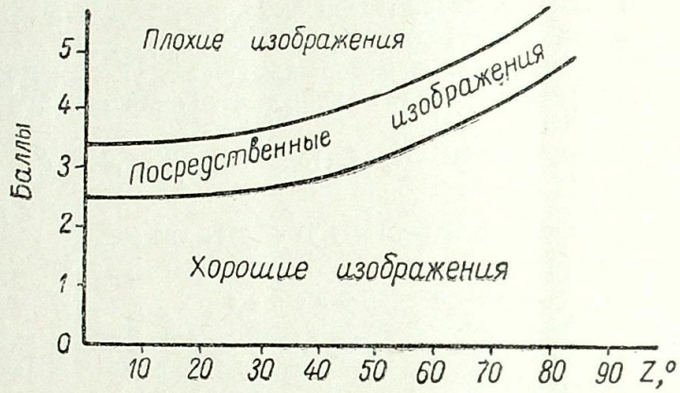


Рис. 6

ственно“ и „плохо“ относятся к „хорошему“, „посредственному“ или „плохому“ изображениям не целиком, а для зенитных расстояний, на которых происходят переходы.

Заключение

Описанная выше методика позволяет вынести суждение о качестве изображений звезд и сравнить между собой разные пункты наблюдений. При этом наиболее важной характеристикой пункта нужно считать общий процент хороших изображений на конкретных зенитных расстояниях (20, 45, и 70°). Вычисления делаются на основании табл. 10, причем за 100% принимается общее число наблюдений на данном (z).

Второй важной характеристикой пункта могут служить границы перехода оценки качества изображений от одного балла к другому. Для этой цели нужно установить и сравнить между собой для разных пунктов те зенитные расстояния, на которых происходят переходы от одного балла к другому. Такие зенитные расстояния мы и называем границами перехода. Последние позволяют судить, как далеко от зенита наблюдаются те или иные оценки качества изображений звезд; первые (общий процент хороших, посредственных и плохих изображений) — как часто эти оценки наблюдаются.

И, наконец, если наблюдательный материал невелик, можно сравнить пункты по величине турбуленции в зените (t''_0), выявляя минимальные, максимальные значения t''_0 и среднее значение t''_0 из всех наблюдений.

Следующей важной задачей обработки наблюдений является исследование зависимости угла турбуленции от а) азимута; б) времени наблюдения в течение ночи; в) метеорологических данных (температуры приземного слоя воздуха, давления, влажности, скорости и направления ветра).

Опять за основу принимается табл. 10 и вычисляется для $z=20, 45$ и 70° процент хороших изображений в зависимости от перечисленных выше факторов.

Причину различия турбуленции в разных азимутах, и разное время ночи можно искать в особенностях рельефа этих пунктов и свойств окружающей местности.

В нашем распоряжении имеются довольно обширные ряды наблюдений качества изображений звезд на 4 пунктах:

1) в станице Суворовской ($\varphi=44°36'$, $\lambda=42°30'$, высота над уровнем моря $H=300$ *м*);

2) на Пиркули-Шемахинской астрофизической обсерватории Академии наук Азербайджанской ССР ($\varphi=40°46'$, $\lambda=48°35'$, $H=1400$ *м*);

3) в Дагестане на горе Турчидаг ($\varphi=42°15'$, $\lambda=47°09'$, $H=2281$ *м*).

4) на Горной астрономической станции ГАО Академии наук СССР ($\varphi=43°45'$, $\lambda=42°38'$ $H=2100$ *м*).

Обсуждение результатов обработки всех этих наблюдений, полученных по описанной методике, будет являться задачей следующей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данжон и Кудер Атмосферное волнение. „ Астр. ж.“, 1940, т. XVII, № 1
2. Максутов Д. Д. Астрономическая оптика. М.-Л.. 1946.

Г. В. Ахундова, Ш. Дарчија

Улдуз әкслəри кеjфиjjətинин визуал мүшаһидə методикасы һаггында

ХҮЛАСӘ

Улдузларын әкслəринин кеjфиjjətини тə'jин етмək үчүн турбуленсија бучағыны, jə'ни улдуздан мүшаһидəчинин көзүнə кəлəн шүаларын ən бəjүк jердəjишмə бучағыны тə'jин етмək лазымдыр. Данжон вə Куде улдуз əкслəринин кеjфиjjəти илə турбуленсија арасындакы асылылыгы 5 емприк гајда илə вермишлəр. Бу үсулда улдуз əкслəринин кеjфиjjəти онларын дифраксија мənзəрəсинə көрə тə'jин едилир. Ајдындыр ки, беш дискрет гиjмət вермəклə дифраксија мənзəрəсини һеч дə там характеризə етмək олмаз. Аралыг дифраксија мənзəрəлəрини дə əһатə етмək үчүн мəгаləнин мүəллифлəри халын jарым гиjмətлəрини дə дахил етмəjи тəклиф едирлəр.

Мүшаһидəлəр визуал олдугундан субjектив хəталар ола биләр. Мə'лум олмушдур ки, орта квадратик хəта ± 4%-дир. Хəтанын белə

кичик олмасы мүхтәлиф мәнтәгәләрдә ишләјән мүшаһидәчиләрин мүшаһидә нәтичәләриндән истифадә етмәјә имкан верир.

Данжон вә Кудеја көрә, турбуленсија бучағы $\sec z$-ә мүтәнасибдир. (z—зенит мәсафәсидир). Һәгигәтдә исә белә дејилдир, она көрә дә t_z вә $\sec z$ арасында мүтәнасиблик дә позулур. Мүәллифләр экслә-рин кејфијјәтинин халларла ифадәси δ илә зенит мәсафәси z арасындакы асылылығы тәсвир едән 6 характерик әјри алмышлар.

Буна көрә дә ајры-ајры мәнтәгәләри турбуленсијанын зенитдәки гијмәтинә көрә характеризә етмәк дүзкүн дејилдир. 3 мүхтәлиф зенит мәсафәләриндә ($z=20°$, $45°$, $70°$) турбуленсијанын гијмәтини тутушдурмаг тәклиф едилир.

Данжон вә Куденин емпирик гајдаларыны белә аналитик дүстурла ифадә етмәк олар:

$$t_z=0{,}18\cdot 2^{(\delta-2)}$$

Бу асылылығын алынмасы үчүн δ вә t_z-ин мүәјјән гијмәтләриндән истифадә едилмишдир.

Бундан сонра δ илә t_z арасында биргијмәтли асылылығы көстәрән стандарт әјриси гурулмушдур. Бу әјри улдуз әкслә-ринин истәнилән дифраксија мәнзәрәсиндә халдан турбуленсија бучағына кечмәјә имкан верир. Һалбуки Данжон вә Куденин емпирик гајдалары јалныз мүәјјән дифраксија мәнзәрәләринә аиддир. Ән'ла кејфијјәтли әкслә-рә ујғун турбуленсија зенитдә $0''{,}09$-дур. Бу һалда биз $z=20°$, $45°$, $70°$ зенит мәсафәләри үчүн турбуленсијанын гијмәтини һесаблаја биләрик. Белә-ликлә, мүхтәлиф зенит мәсафәләри үчүн ән'ла кејфијјәтли әкслә-рин дәрәчәләнмәсини алырыг. Ујғун олараг зенитдә әкслә-рин кејфијјәти јахшы, орта, пис вә чох пис олан һаллар үчүн дә зенит мәсафәси үзрә дәрәчәләнмә ала биләрик.

Алынмыш мүшаһидә материаллары ишләндикдә, биринчи нөвбәдә, јахшы кејфијјәтли әкслә-рин фаизлә үмуми мигдары тә'јин едилир.

Мүшаһидә апарылан мәнтәгәнин астрономик иглимини характеризә едән икинчи амил зенит мәсафәләри үзрә әкслә-рин кејфијјәтинә верилмиш халларын бирисиндән о бирисинә кечдији сәрһәдләрдир.

Сонракы вәзифә, кечә әрзиндә, әкслә-рин кејфијјәтинин мүшаһидә вахтындан вә азимутдан асылылығыны ашкара чыхармагдыр. Нәһајәт, мүһүм вәзифәләрдән бири дә әкслә-рин кејфијјәти илә метеороложи характеристикалары тутушдурмагдыр.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

Р. Э. ГУСЕЙНОВ, М. Дж. ГУСЕЙНОВ, А. Г. ГАСАНАЛИЗАДЕ
К. И. ГУСЕЙНОВ, Г. О. МЕЛИКОВ, Л. М. АВАКОВА

ДАННЫЕ О ХРОМОСФЕРНЫХ ВСПЫШКАХ, НАБЛЮДАВШИХСЯ НА АСТРОНОМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ СЕКТОРА АСТРОФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР ЗА ПЕРИОД МГГ и МГС

Сектор астрофизики Академии наук Азербайджанской ССР принимал участие в выполнении работ по программе МГГ (Международный геофизический год) по части Службы хромосферных вспышек. Подобная служба была продолжена и за период МГС (Международное геофизическое сотрудничество 1959 г.).

Наблюдения вспышек и обработка полученных наблюдательных материалов проводились по специальной инструкции, составленной Крымской астрофизической обсерваторией.

Наблюдения вспышек проводились на хромосферной трубе хромосферно-фотосферного телескопа в лучах линии H_α с помощью интерференционно-поляризационного фильтра с шириной полосы пропускания в 0,5 Å.

Установка, фокусировка и юстировка хромосферно-фотосферного телескопа—первого телескопа будущей обсерватории—были осуществлены И. Аслановым, С. Мамедовым и М. Мусаевым. Они же начали первые наблюдения Солнца на станции.

С марта 1958 г., после установки интерференционно-поляризационного фильтра и киноприставки, началось систематическое кинематографирование хромосферных вспышек. Кинематографирование хромосферных вспышек велось на стандартной 35-миллиметровой панхроматической фотопленке высокой чувствительности (1000—1200 единиц по ГОСТу). Скорость съемки менялась в пределах от 2 до 8 кадров (2, 4, 8) в минуту в зависимости от характера развития вспышки. Вспышки со слабой и средней скоростью развития, которые наблюдались часто, снимались с частотой 2 кадра в минуту.

Время экспозиции выбиралось таким образом, чтобы плотность изображения центра диска Солнца составляла 0,4—0,5. В соответствии с высотой Солнца и прозрачностью атмосферы фактически приходится часто менять время экспозиции для получения указанной плотности. Осуществление этой задачи весьма затруднительно без употребления специальных диафрагм, как и было в наших условиях. Поэтому часто менялось время экспозиции, и были отклонения от условий контрастности центра диска относительно фона.

Для стандартизации фотопленок впечатывался ступенчатый ослабитель, имеющий 7 ступней с плотностями от 0, до 1,0. Этот ослабитель исследовался в лаборатории физики Солнца Пулковской обсерватории вблизи H_α, и уточнены логарифмы пропускания каждой ступени. Ступенчатый ослабитель обычно впечатывается при нормальной, в два раза больше нормальной и в четыре раза больше нормальной экспозициях.

Рецепт проявителя и условия проявления подобраны так, чтобы изображения получились наиболее контрастными.

Наибольшая яркость вспышки определена на микрофотометре МФ-2. Отношение яркости вспышки к яркости соседнего невозмущенного диска умножается на коэффициент 0,4 для выражения яркости вспышки в долях интенсивности соседнего непрерывного спектра.[1]

Подробные данные о хромосферных вспышках, наблюдавшихся на нашей станции, приведены в таблице.

В графах *2* и *6* таблицы дата наблюдения и момент максимума интенсивности вспышки даны по Мировому времени (Бакинское декретное время минус четыре часа) с точностью $^1/_2$ мин. В графе 6 выделенные моменты соответствуют истинному моменту максимума интенсивности вспышки. Если момент максимума интенсивности не выделен, то это означает, что истинный максимум не наблюден, а указанное время соответствует наибольшей яркости вспышки в период наблюдения.

В графе „Координаты" даются соответственно: гелиографическая широта φ, гелиографическая долгота λ центра вспышки и угловое расстояние центра вспышки L от меридиана Кэррингтона. Знак плюс у гелиографической широты соответствует северному полушарию, знак минус—южному. Гелиографическая долгота положительна, когда центр вспышки находится в западном полушарии, и отрицательна, когда—в восточном.

Все измерения произведены для момента времени истинного максимума или наблюденной наибольшей яркости вспышки.

S_d в таблице—площадь вспышки в миллионных долях площади солнечного диска, $\frac{r}{R}$ — относительное расстояние центра вспышки от центра диска Солнца в единицах солнечного радиуса, $S_{кв.\ град.}$ —истинная площадь вспышки в кв. град. Для определения площади вспышки в кв. град. первоначально определяем площадь вспышки в $мм^2$, после чего переходим к миллионным долям диска S_d.

Зная $\rho = \arcsin\frac{r}{R}$, умножаем S_d на $\frac{\sec\rho}{2}$, получаем площадь в долях полусферы $S_п$. С другой стороны, $S_п = 2\pi r^2 = 20\,637$ *кв. град.* Тогда площадь $S_{кв.\ град.}$ будет $\frac{20\,637}{10^6} S_п \approx 0{,}021\ S_п$.

В графе *10* дана наибольшая яркость вспышки относительно интенсивности соседнего непрерывного спектра в процентах.

Мощности вспышек определены в трехбальной шкале, полученной по двум аргументам—наибольшей яркости вспышки относительно интенсивности соседнего непрерывного спектра (проценты) и по истинной площади вспышки (кв. град.).

[1] Яркость вспышки как правило дается не в долях, а в процентах интенсивности соседнего непрерывного спектра.

№ по пор.	Дата наблюдения		Координаты			Момент максимума интенсивности	S_d	$\frac{r}{R}$	$S_{кв.\ град}$	Наибольшая яркость, %	Мощность	Примечание
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	3.III	58	—19	—61	008	h m 10 21	1327	0,87	28,2	172	3	3, 9
2	4.III	58	—25	—37	015	09 03	531	0,63	7,19	64	1+	1. 3
3	17.III	58	—26	—20	223	10 45	920	0,45	10,8	8	1	10, 12
4	23.III	58	—25	—80	086	07 52	531	0,98	21,2	72	2	8
5	29.III	58	+30	+20	106	08 58	973	0,63	13,2	72	2	5
6	29.III	58	—05	+02	088	10 36	442	0,05	4,64	68	1	10
7	02.V	58	—17	—09	348	08 30	707	0,28	7,72	52	1+	4
8	02.V	58	—18	—06	351	09 55	619	0,25	6,69	56	1+	5
9	02.V	58	—20	—05	352	09 55	265	0,30	2,92	58	1	
10	13.V	58	+12	—01	183	07 21	714	0,39	8,17	74	1+	
11	31.V	58	+20	+28	364	06 06	530	0,55	6,73	64	1+	10
12	5.VI	58	+23	+64	278	09 20	354	0,91	8,92	50	1+	
13	13.VI	58	+33	+33	196	07 13	265	0,69	3,84	60	1	
14	16.VI	58	+18	—14	109	06 51	885	0,38	10,0	56	1+	5
15	23.VI	58	+30	—50	341	07 15	1770	0,82	32,2	60	2+	3, 9, 10
16	23.VI	58	—08	—40	351	08 01	531	0,67	7,53	66	1+	10
17	28.VI	58	—16	—18	306	09 10	708	0,43	8,18	60	1+	
18	07.VII	58	+30	—07	212	07 04	528	0,45	6,21	85	2	2
19	15.VII	58	+01	+40	063	09 30	439	0,64	5,99	56	1+	10; 12
20	09.VIII	58	—29	00	129	06 35	438	0,58	5,70	64	1+	8; 9
21	11.VIII	58	—13	+03	118	10 58	877	0,32	9,76	80	2	8; 9; 10; 12
22	11.VIII	58	—15	—05	095	10 40	175	0,36	1,98	74	1	4
23	12.VIII	58	—15	+05	092	07 10	701	0,36	7,95	60	1+	8; 9; 10
24	13.VIII	58	—13	+25	107	12 18	1140	0,44	13,4	86	2+	5; 9; 10
25	22.VIII	58	+18	+05	323	07 57	1600	0,20	17,1	92	2+	5; 10; 12
26	22.VIII	58	+10	—52	266	08 59	531	0,78	8,81	58	1+	6
27	11.IV	59	+23	—50	088	08 35	442	0,83	8,26	115	2	8
28	12.IV	59	+25	—30	093	11 20	972	0,59	12,8	100	2+	5
29	16.VI	59	+15	—15	332	06 36	2210	0,34	24,6	112	3	
30	22.VI	59	+18	+68	332	10 42½	1679	0,92	44,3	87	3	5

Продолжение

№ по пор.	Дата наблюдения	Координаты			Момент максимума интенсивности	S_d	$\frac{r}{R}$	$S_{кв\ град}$	Наибольшая яркость, %	Мощность	Примечание
		μ	λ	L							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					h m						
31	22.VI 59	+15	+44	309	10 08½	707	0,70	10,4	60	1+	5
32	29.VI 59	—20	—30	258	06 58	972	0,60	12,9	60	2	
33	29.VI 59	+35	+20	194	09 13½	486	0,60	6,42	83	2	
34	5.VII 59	+13	+16	109	09 55	354	0,32	3,94	53	1	
35	5.VII 59	+09	+15	108	09 90	884	0,27	9,65	51	1+	
36	5.VII 59	—08	—03	090	09 58	265	0,19	2,84	51	1	
37	6.VII 59	+11	+39	117	12 07	442	0,64	6,03	63	1+	
38	9.VII 59	+08	+74	115	06 57	265	0,96	9,41	84	2	
39	29.VII 59	+11	—27	136	07 33	1591	0,45	18,7	65	2	
40	30.VII 59	+11	—10	122	09 75	1061	0,20	11,4	50	1+	
41	31.VII 59	+13	—04	110	08 10	619	0,18	6,64	51	1+	
42	31.VII 59	+15	—05	110	07 04	1414	0,15	14,8	52	2	
43	4.VIII 59	+03	+15	070	10 45	1768	0,26	19,2	106	2+	
44	5.VIII 59	+12	+65	108	08 25	619	0,90	14,7	98	2+	
45	15.VIII 59	+15	—06	269	08 16	884	0,16	9,28	52	1+	
46	15.VIII 59	+15	—06	265	09 32½	520	0,16	5,46	53	1+	
47	27.VIII 59	+25	—05	109	06 04	530	0,30	5,79	57	1+	
48	27.VIII 59	—09	—17	095	08 45	265	0,30	2,90	58	1	4
49	27.VIII 59	+25	—05	107	09 38	796	0,30	8,69	54	1+	
50	30.VIII 59	+10	+69	142	08 45	354	0,92	9,50	55	1+	
51	31.VIII 59	—17	—60	000	07 40	398	0,89	9,11	112	2	
52	31.VIII 59	—10	—70	010	07 44	617	0,94	18,4	108	2+	
53	31.VIII 59	—17	—60	000	08 40	222	0,89	5,08	63	1	2
54	31.VIII 59	+11	—06	053	09 44	486	0,12	5,11	117	2	
55	01.IX 59	+11	+09	056	07 59	415	0,26	4,50	52	1	9
56	02.IX 59	+14	—13	020	08 15	1149	0,18	12,2	120	2	5
57	09.X 59	+01	+17	281	10 59	221	0,30	2,41	52	1	5
58	12.X 59	+13	—01	224	08 13	80	0,11	0,84	50	1—	1; 7
59	12.X 59	+05	+50	275	09 04	133	0,77	2,17	68	1	1
60	12.X 59	+30	+12	236	09 45	265	0,44	3,12	55	1	5; 1

Окончание

№ по пор.	Дата наблюдения	Координаты			Момент максимума интенсивности	S_d	$\frac{r}{R}$	$S_{кв\ град}$	Наибольшая яркость, %	Мощность	Примечание
		μ	λ	L							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					h m						
61	14.X 59	—09	+39	240	05 33	124	0,65	1,72	52	1—	4
62	14.X 59	—08	—02	198	06 00	71	0,25	0,77	52	1—	4
63	15.X 59	+28	+52	236	11 49	115	0,80	1,98	56	1—	4
64	15.X 59	—10	+57	241	11 49	88	0,87	1,87	50	1—	4
65	17.X 59	+27	+76	236	07 05	141	0,96	5,02	56	1	4
66	17.X 59	—04	—56	103	08 58	106	0,84	2,03	64	1	4
67	21.X 59	+06	—69	38	08 14	97	0,91	2,45	52	1	4
68	21.X 59	—04	—03	103	08 48	194	0,17	2,12	56	1	4
69	21.X 59	—06	+70	176	10 03	62	0,95	1,95	50	1—	4
70	23.X 59	+04	+13	094	07 34	80	0,23	0,85	56	1—	4
71	23.X 59	—13	+13	094	07 44	106	0,37	1,20	56	1—	12
72	23.X 59	+06	—36	045	07 50	53	0,60	0,71	58	1—	5
73	24.X 59	—12	+41	108	07 55	77	0,70	1,14	53	1—	4
74	24.X 59	—02	+39	106	08 04	97	0,65	1,35	52	1—	4
75	24.X 59	+04	—21	046	08 28	44	0,35	0,44	56	1—	4; 5
76	25.X 59	+13	—11	044	07 04	115	0,23	1,23	53	1+	4
77	01.XII 59	+08	+04	289	11 07	707	0,15	7,43	75	1	2; 12
78	02.XII 59	+08	+06	279	07 55	619	0,12	6,83	97	2+	5; 9; 10
79	02.XII 59	+06	+05	278	08 19	840	0,10	8,82	72	1	5; 9; 10
80	02.XII 59	—01	+07	280	08 20	230	0,10	2,41	73	1	5
81	03.XII 59	—13	—67	193	07 25	283	0,92	7,48	84	2	
82	03.XII 59	+12	—30	230	08 05	362	0,53	4,49	62	1	
83	03.XII 59	+09	+29	289	08 15	354	0,49	4,26	63	1	5
84	03.XII 59	+13	+24	284	08 42	274	0,44	3,19	54	1	
85	06.XII 59	+11	+09	230	06 43	495	0,24	5,35	77	1+	5
86	06.XII 59	+06	+70	290	08 32	132	0,95	3,95	63	1	
87	06.XII 59	+11	+20	240	09 41	124	0,38	1,40	66	1—	
88	17.XII 59	—12	—06	069	08 26	309	0,20	3,38	55	1	5
89	31.XII 59	—10	—62	189	07 45	177	0,88	3,71	52	1	5; 12

Ниже проводится таблица для определения балла вспышки. По горизонтали даны наибольшая яркость вспышки относительно интенсивности соседнего непрерывного спектра (%), а по вертикали — истинная площадь вспышки в максимуме яркости (кв. град.).

	50	80	175	240	260
24,7		3	3+	3+	
12,4	2	2+	3	3+	
5,15	1+	2	2+	3	
2,06	1	1+	2		

В графе „Примечания“ указаны явления, замеченные во время наблюдения вспышки, в следующих условных обозначениях:

1—эруптивный протуберанец, основание которого находилось на диске или на краю его, но не за лимбом;

2—вероятно, что наблюденная вспышка есть окончание более сильной;

3—начало вспышки не наблюдалось, но было известно, что 10 *мин* назад ее не было;

4—яркая точка;

5—две или более ярких деталей;

6—несколько эруптивных центров;

7—поблизости нет пятен;

4—вспышка сопровождается возвратным выбросом с большой лучевой скоростью (быстро исчезает на пленке);

9—очень протяженная (более 15°) активная область;

10—заметно изменение яркости соседних флоккулов перед вспышкой и после нее;

11—вспышка имеет несколько максимумов яркости (в таблицу занесены данные для наибольшего из них);

12—волокна вблизи вспышки (существовавшие до ее появления) показывали быстрые изменения интенсивности и положения.

Из таблицы видно, что хотя маломощные вспышки и вспышки средней мощности наблюдались чаще, но за период МГГ и МГС наблюдены и мощные вспышки. Из таковых можно указать, как одну из характерных, вспышку, наблюденную 3. III 1958 и вызвавшую мощной радиовсплеск Солнца [2]. Основные характеристики, в том числе световая кривая этой вспышки, даны в [1].

Характерными являлись также вспышки, наблюденные 16. VI 1959 и 22. VI 1959. Их мощности были 3 балла. Наибольшая яркость вспышки 16. VI 1959 в единицах интенсивности соседнего непрерывного спектра была > 1. Нужно отметить, что вспышки с такой наибольшей яркостью наблюдались не редко (хотя их мощности были меньше 3 и даже 2+балла вследствие относительной незначительности площадей этих вспышек в кв. град.).

Развитию хромосферных вспышек по нашим наблюдениям и выводам из характеристик кривых развития вспышек по интенсивности и площади будут посвящены другие статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусейнов Р. Э. и Мусаев М. М. „Солнечные данные“, 1959, № 1.
2. Кайдановский Н. Л. и др. „Солнечные данные“, 1958, № 3.

Р. Ә. Һүсејнов, М. Ч. Һүсејнов, Ә. Һ. Һәсәнәлизадә,
Г. И. Һүсејнов, Һ. О. Мәликов, Л. М. Авакова

БКИ вә БӘИ дөврүндә Азәрбајчан ССР Елмләр Академијасы Астрофизика бөлмәсинин астрономија стансијасында мүшаһидә олунмуш хромосфер алышмаларына даир мә'лумат

ХҮЛАСӘ

Астрофизика бөлмәси хромосфер алышмалары хидмәти үзрә БКИ (Бејнәлхалг Кеофизика Или) вә БӘИ (Бејнәлхалг Әмәкдашлыг Или) програмыны јеринә јетирмәк саһәсиндә ишләр көрмүшдүр.

Хромосферин мүшаһидәси хромосфер-фотосфер телескопунун H_α хәттиндә бурахма золағы 0,5 Å олан интерференсија-поларизасија сүзкәчи илә тәчһиз олунмуш хромосфер борусунда апарылмышдыр.

Хромосфер алышмаларынын кинематографијасы хүсуси кинокамера васитәсилә һәссаслығы ГОСТ үзрә 1000—1200 олан 35 миллиметрлик панхром фотоплјонкада апарылмышдыр.

Фотоплјонкаларын стандартлашдырылмасы үчүн оптик сыхлығы 0-дан 1-дәк дәјишән 7 пилләли зәифләдичидән истифадә едилмишдир.

Хромосфер алышмаларынын фотометријасы МФ-2 микрофотометриндә апарылмышдыр. Алышмаларын интенсивлији H_α-ја гоншу кәсилмәз спектрин интенсивлији ваһидләри илә ифадә едилмишдир.

Мәгаләдә хромосфер алышмаларыны характеризә едән кәмијјәтләрдән ибарәт чәдвәл (каталог) верилмишдир.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-рижазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

В. А. КРАТ, Г. Ф. СУЛТАНОВ, С. И. СОРИН

ОБ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТАХ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ АСТРОКЛИМАТА АЗЕРБАЙДЖАНА И ВЫБОРЕ МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ШЕМАХИНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Начиная с 1927 г., астрономическая общественность СССР неоднократно интересовалась территорией Азербайджана для постройки первоклассной астрофизической обсерватории. Помимо выгодного географического положения на юге СССР, южнее Крыма и Северного Кавказа, Азербайджан относительно изолирован от бассейнов Средиземного и Черного моря, а влияние Каспийского моря на большую часть его территории незначительно. Одним из следствий этого положения является значительное число ясных дней и ночей в горных районах Азербайджана как в летний, так и в зимний период.

Ухудшение качества изображения небесных тел при наблюдениях вызывается оптическими неоднородностями воздуха, которые определяются различием плотности, влажности и температуры. Исходя из этого и данных наблюдений, еще в конце двадцатых годов нашего века появилось представление, что районы с более сухим климатом предпочтительнее. На основе этих положений имеющиеся многолетние метеоданные говорят, что в горных областях Азербайджана можно найти место со значительно лучшими показателями, чем в уже построенных обсерваториях СССР.

По этим соображениям летом 1930 г. Астрономический институт в Ленинграде направил в Азербайджан астрономическую экспедицию в составе научных сотрудников института А. В. Маркова и В. Б. Никонова. В экспедицию, как представитель Азербайджана, вошел геофизик И. А. Бенашвили. Экспедиция работала при содействии Азербайджанского научного общества.

Экспедиция имела целью произвести предварительную рекогносцировку горных областей Азербайджана для выбора места строительства горной астрономической обсерватории.

Наблюдения производились в Степанакерте, Шуше, Лысогорске и Лачине. В каждом из этих пунктов они были весьма кратковременными— от трех до семи суток. В каждом пункте работы экспедиция провела астрономические, метеорологические и актинометрические наблюдения.

Астрономические наблюдения производились рефрактором с диаметром объектива, равным 58 *мм*. Качество ночных изображений определялось по дифракционной картине изображений звезд на основе

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ
Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы, 1960 № 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Серия физико-математических и технических наук, 1960, № 3

В. А. КРАТ, Г. Ф. СУЛТАНОВ, С. И. СОРИН

ОБ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТАХ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ АСТРОКЛИМАТА АЗЕРБАЙДЖАНА И ВЫБОРЕ МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ШЕМАХИНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Начиная с 1927 г., астрономическая общественность СССР неоднократно интересовалась территорией Азербайджана для постройки первоклассной астрофизической обсерватории. Помимо выгодного географического положения на юге СССР, южнее Крыма и Северного Кавказа, Азербайджан относительно изолирован от бассейнов Средиземного и Черного моря, а влияние Каспийского моря на большую часть его территории незначительно. Одним из следствий этого положения является значительное число ясных дней и ночей в горных районах Азербайджана как в летний, так и в зимний период.

Ухудшение качества изображения небесных тел при наблюдениях вызывается оптическими неоднородностями воздуха, которые определяются различием плотности, влажности и температуры. Исходя из этого и данных наблюдений, еще в конце двадцатых годов нашего века появилось представление, что районы с более сухим климатом предпочтительнее. На основе этих положений имеющиеся многолетние метеоданные говорят, что в горных областях Азербайджана можно найти место со значительно лучшими показателями, чем в уже построенных обсерваториях СССР.

По этим соображениям летом 1930 г. Астрономический институт в Ленинграде направил в Азербайджан астрономическую экспедицию в составе научных сотрудников института А. В. Маркова и В. Б. Никонова. В экспедицию, как представитель Азербайджана, вошел геофизик И. А. Бенашвили. Экспедиция работала при содействии Азербайджанского научного общества.

Экспедиция имела целью произвести предварительную рекогносцировку горных областей Азербайджана для выбора места строительства горной астрономической обсерватории.

Наблюдения производились в Степанакерте, Шуше, Лысогорске и Лачине. В каждом из этих пунктов они были весьма кратковременными — от трех до семи суток. В каждом пункте работы экспедиция провела астрономические, метеорологические и актинометрические наблюдения.

Астрономические наблюдения производились рефрактором с диаметром объектива, равным 58 *мм*. Качество ночных изображений определялось по дифракционной картине изображений звезд на основе

шкалы Пикеринга и визуальной оценкой величины амплитуды дрожания изображений звезд. Определение качества изображений Солнца не входило в программу экспедиции.

Ввиду кратковременности наблюдений научные выводы были не вполне определенными, но признано, что в районе Нагорного Карабаха можно найти место с астрономическим режимом лучшим, чем в любой существовавшей в то время обсерватории СССР, а условия наблюдений в Лачине в период обследования этого пункта вполне соответствовали этой цели.

Экспедиция рекомендовала продолжить наблюдения в горных областях Азербайджана для поисков места строительства горной астрофизической обсерватории. Подробное описание работы экспедиции и ее итогов имеется в изданиях Астрономического института.

В послевоенные годы росла и крепла Академия наук Азербайджанской ССР, а подготовка астрономических кадров резко отставала от подготовки специалистов по другим физико-математическим наукам. Очевидно, что подготовку кадров специалистов-астрономов в республике можно вести усиленными темпами только с развертыванием астрономических работ, т. е. одновременно с созданием обсерватории.

После шестнадцатилетнего перерыва следующая попытка выбрать место обсерватории в Азербайджане с проведением экспедиционных работ была предпринята летом 1946 г. силами республики.

Для изучения астроклимата горных областей Малого Кавказа была организована астрономическая экспедиция Азербайджанского государственного университета и Института географии Академии наук Азербайджанской ССР. В состав экспедиции вошли А. И. Караев, Г. Д. Мамедбейли, П. Ф. Белоногин, В. П. Кузнецов, Р. Э. Гусейнов. Основными приборами экспедиции были 120-миллиметровый рефрактор и актинометр Михельсона.

Экспедиция обследовала сначала окрестности оз. Гейгеля, где из анализа метеорологических и актинометрических наблюдений было найдено, что этот район характеризуется весьма неустойчивым атмосферным режимом. Итоги актинометрических наблюдений экспедиции опубликованы в статье В. П. Кузнецова в Трудах Сектора астрофизики Академии наук Азербайджанской ССР.

После окончания наблюдений у оз. Гейгеля экспедиция обследовала Шушу, где был создан постоянно действующий наблюдательный пункт. Этот пункт вел метеонаблюдения до 20 октября 1949 г. Ввиду неудовлетворительных метеоданных, полученных за трехлетний период, дальнейшие исследования района Шуши не производились.

В первой половине 1949 г. Академия наук Азербайджанской ССР приняла решение усилить в республике работы по астрономии и начать готовиться к строительству солнечной астрофизической обсерватории. Выбрать физику Солнца основным направлением работ будущей обсерватории в Азербайджане рекомендовали многие крупные астрономы и прежде всего акад. В. А. Амбарцумян.

Для выбора места строительства обсерватории в июле 1949 г. была организована астрономическая экспедиция Института физики и математики Академии наук Азербайджанской ССР. По просьбе Президиума Академии наук Азербайджанской ССР Астрономический совет Академии наук СССР командировал в Азербайджан для содействия выбору места обсерватории заведующего астрофизическим отделом

ГАО АН СССР В. А. Крата и заведующего кафедрой астрофизики МГУ Г. Ф. Ситника.

Организованная астрономическая экспедиция решила построить солнечную обсерваторию не в окрестностях города Баку, исходя из того, что наибольшее число ясных дней в Баку в основном благоприятно лишь для станции фотосферной службы Солнца, а не для наблюдений по физике Солнца. Кроме того, в летний период полностью, а в другие периоды в значительной мере район Баку и все равнины Азербайджана характеризуются огромной запыленностью атмосферы; преобладание больших скоростей ветра, особенно известных бакинских нордов, делает маловероятным достаточное спокойствие дневных и ночных изображений в этом районе, кроме того, окрестности Баку характеризуются пыльной поверхностью почвы. Поэтому предохранить от быстрого разрушения зеркальную оптику современных телескопов будет невозможно. Исходя из этого положения и рекомендации астрономической экспедиции Института астрономии, обследовавшей Карабах в 1930 г., было решено произвести анализ многолетних метеоданных горных областей Азербайджана. В результате этой работы выяснилось, что горные области Шемахинского р-на имеют наибольшее число ясных дней и ночей, которые почти равномерно распределены во все времена года и, что особенно важно, для этого района характерно преобладание малых скоростей ветра. Исходя из этих фактов, было решено организовать наблюдение в этом районе. По подробной географической карте была выбрана высота 1190 *м* над ур. м. вблизи сел. Дедегюнеш.

На выбранной площадке с 10 по 20 августа 1949 г. работала экспедиция в составе Г. Д. Мамедбейли (начальник экспедиции), Г. Ф. Ситника (представитель Астросовета), М. У. Гашимзаде и С. И. Сорина.

Проведенные экспедицией наблюдения показали весьма хорошее качество изображения Солнца в течение всего периода наблюдений. Качество ночных изображений, определенное по методу Данжона и Куде, оказалось достаточно удовлетворительным. Ореол Солнца был умеренным не более двух единиц по шкале Тихова.

В июле 1951 и 1952 гг. на площадке Дедегюнеш в течение 12 суток в каждом году проводились наблюдения астроклимата астрономическим кружком Бакинского Дворца пионеров под руководством С. И. Сорина.

Астрономические наблюдения велись на 95-миллиметровом рефракторе. Ночные изображения оценивались методом Данжона и Куде, а дневные—измерением амплитуды колебания края изображения Солнца. Ореол Солнца определялся методом Г. А. Тихова. Эти наблюдения подтвердили результаты экспедиции 1949 г.

Дневные изображения были исключительно хорошими. Ночные—посредственными. В 1952 г. было обращено внимание на сопоставление метеонаблюдений с качеством изображений и изучен суточный ход температуры. Оказалось, что через 1—2 часа после захода Солнца наблюдается первый минимум температуры, а затем теплеет на 1—3°С, а под утро наступает второй минимум, который обычно ниже первого. Это явление связано с стеканием воздуха с больших высот и именуется обычно горным бризом. Таким образом, ночной бриз в Дедегюнеше несет струю теплого воздуха. Наблюдения показали, что ночной горной бриз может ухудшать изображения.

Помимо наблюдений, в течение 1951 и 1952 гг. была произведена

рекогносцировка окрестностей Дедегюнеша радиусом до 15 *км*. Эта работа облегчила дальнейшие изыскания, которые начались в 1953 г.

Решающим годом как для выбора места строительства Азербайджанской астрофизической обсерватории и начала непрекращающихся астрономических исследований, так и для определения ее будущего профиля в общих чертах являлся 1953 г.

До фактического начала работ осенью 1952 г. была предложена организация новых исследований в 1953 г. с целью выбора площадки для строительства обсерватории и начала непрерывного развития астрономии в республике.

Сначала решался вопрос о профиле обсерватории: будет ли она узко специальной, например, только солнечной, как это предполагалось в 1949 г. или астрофизической более широкого направления. Вопрос решился в пользу создания обсерватории более широкого профиля. В пользу подобного решения говорило выгодное географическое положение Азербайджана. Наиболее основательное возражение против этого решения было в том, что Азербайджан не имеет кадров и их, якобы, легче создать по узкому профилю обсерватории. Но это возражение недостаточно основательно, так как при создании обсерватории и ее дальнейшей деятельности один профиль работы совершенно не должен мешать развитию другого. Наоборот, развитие обсерватории наиболе широкого профиля должно идти скорее, так как при этом легче выявится решающее направление деятельности, которое определится природными условиями и прочими обстоятельствами.

Следует только отметить следующий и притом весьма существенный фактор. Для возможно быстрого подъема астрономической науки необходимо энергичнее готовить местные кадры, которые должны быть дополнены посланцами из числа коллективов других обсерваторий и работать под руководством нескольких крупных специалистов. Только этим путем можно относительно скоро и безболезненно для дела создать устойчивый коллектив ученых нового научного института.

Исходя из этих положений, в конце 1952 г. и начале 1953 г. было составлено плановое задание на проектирование обсерватории, где предусмотрено наличие отделов физики Солнца, физики звезд, радиоастрономии и малых тел солнечной системы, кроме того, предусмотрена возможность создания других направлений научной деятельности. В качестве консультанта по созданию астрофизической обсерватории Академии наук Азербайджанской ССР Астросовет рекомендовал В. А. Крата.

Основная работа по составлению плана деятельности обсерватории была выполнена Г. Ф. Султановым, который пользовался советами В. А. Крата, Г. Ф. Сытника, Г. Д. Мамедбейли и С. И. Сорина.

Наиболее крупными инструментами обсерватории были намечены 125-сантиметровый телескоп-рефлектор и большой башенный солнечный телескоп, которые должны были быть спроектрованы с учетом всех достижений наук и техники, а также недостатков существующих аналогичных приборов.

В начале марта 1953 г. на двухнедельный срок в Баку приехал В. А. Крат. 11 марта постановлением Президиума Академии наук Азербайджанской ССР была организована астрономическая экспедиция при Институте физики и математики Академии наук Азербайджанской ССР. Перед экспедицией были поставлены задачи не позже середины июня 1953 г. выбрать площадку для строительства астрофизической обсерватории и начать подготовительные работы к осуществлению строительства. Как научный консультант, В. А. Крат составил программу наблюдений экспедиции и сформулировал требования, предъявляемые к площадке будущей обсерватории, а именно:

1. Число ясных дней должно быть не менее 120, а число ясных ночей—не менее 90 в году. Желательно их возможно более равномерное распределение по временам года.

Для наблюдения Солнца день считается пригодным, если можно вести наблюдения непрерывно не менее двух часов. Если же наблюдать можно не менее одного часа в прорывах облаков, то день считается частично годным для наблюдений.

Если более 60% ночи было ясно, то она считается ясной, при ясном времени менее двух часов—пасмурной, а в остальных случаях—полуясной.

2. Для крупных солнечных приборов необходимо, чтобы не менее 50% всех дней хотя бы в утренние часы средняя амплитуда дрожания края солнечного диска была бы не более 3″.

3. Для установки крупных длиннофокусных ночных телескопов необходимо, чтобы так называемая турбуленция в зените по Данжону большей частью не превышала 0″,3.

4. Яркость ночного неба на Кавказе, как показывает опыт, при отсутствии искусственного света не служит препятствием для наблюдения.

5. Место строительства обсерватории следует выбирать в районе, где не наблюдаются сильные ветры.

6. Околосолнечный ореол является препятствием для наблюдений внешних слоев Солнца, но желательно, чтобы не менее 50% дней наблюдения ореол не превышал 2 (по шкале Г. А. Тихова).

7. Площадка должна быть удалена от очагов запыления воздуха или основных путей проникновения пыли, переносимой воздушными течениями на большие расстояния.

8. Площадка должна быть защищена густым растительным покровом (лес, кустарник) от нагревания ее и прилегающей местности солнечными лучами.

9. Площадка должна быть изолирована от ближайших высоких гор глубокими долинами и возвышенностями, препятствующими проникновению на нее сильно портящих изображения ночных бризов.

Дополнительные органичения диктовались следующими соображениями.

На высотах более 1700 *м* климатические условия будут слишком тяжелыми для научных сотрудников обсерватории. Если строить обсерваторию на больших высотах, то ее желательно создавать по принципу американских обсерваторий Мунт-Вильсон и Мунт-Паломар, где на площадках обсерватории имеются наблюдательные башни и крайний минимум помещений для временного пребывания дежурных наблюдателей. Прочие помещения (лаборатории, мастерские, жилые дома и др.) построены в удобном для жительства месте.

Такой принцип не намечался при создании астрофизической обсерватории Академии наук Азербайджанской ССР. Наоборот, было принято, что основные сотрудники будут проживать в поселке на территории обсерватории.

Желание выбрать площадку постройки обсерватории ближе к Баку вполне естественно ввиду больших преимуществ этой близости.

Исходя из всех этих соображений, руководство астрономической экспедиции наметило район и точки наблюдения. Было решено рас-

ширить область поисков площадки и охватить экспедиционными изысканиями не только горную систему Шемахинского р-на, но также Хизинского и прилегающие области Исмаиллинского р-на. Горные области Хизинского р-на в районе сел. Алтыагач по метеоданным мало отличались от Шемахинской зоны и потому там после поисков по картам и рекогносцировочного выезда в марте была выбрана точка наблюдения на обширной площадке на горе Финтунган (высота 1300 *м*) вблизи сел. Ярымджа в 13 *км* от Алтыагача. Второй точкой наблюдения была выбрана площадки Дедегюнеш, астрономические характеристики которой были приблизительно известны после экспедиций 1949, 1951 и 1952 гг. Обе площадки служили отправными точками исследований в обширном районе вокруг них.

После этих подготовительных работ перед экспедицией стояла довольно тяжелая задача в течение менее трех месяцев решить какой из избранных районов лучше и, если таковым окажется Шемахинский, то выбрать там площадку, которая была бы более подходящей, чем дедегюнешская.

Обычно, чтобы уверенно судить о выполнении указанных требований при отсутствии многолетних метеорологических наблюдений, пришлось бы в ряде мест в течение нескольких лет вести систематические астрономические и метеорологические наблюдения. При этом, естественно, крайне затруднительно обследование более или менее обширных районов. Однако столь длительных и трудоемких наблюдений можно избежать, имея в распоряжении исчерпывающие метеоданные за срок порядка 10 лет и проведя в течение всего лишь нескольких месяцев комбинированные астрономические и метеорологические наблюдения в подходящих для строительства местах.

Главной задачей в этом случае будет сопоставление астрономических и метеорологических данных и выявление связи между ними применительно к данному месту. Особенно существенно выявление причин порчи изображений небесных светил и появления больших ореолов Солнца.

Полевые работы астрономической экспедиции Института физики и математики Академии наук Азербайджанской ССР в Хизинском р-не начались 6 апреля 1953 г. в районе сел. Ярымджа на г. Финтунган (высота ее вершины 1450 *м* над ур. м.) и в Шемахинском р-не с 10 мая 1953 г. на площадке Дедегюнеш.

В экспедиции работали Г. Ф. Султанов (начальник экспедиции), С. И. Сорин (заместитель начальника экспедиции), М. У. Гашимзаде, А. А. Ахундов (лаборант наблюдателя) и др.

Основными наблюдательными средствами экспедиции были: рефрактор Рейнфельдера $D=108$ *мм*, $F=1620$ *мм* с набором окуляров, максимальное увеличение до 250 раз, рефрактор Макс-Кольд $D=120$ *мм*, $F=1680$ *мм* с набором окуляров, максимальное увеличение 240 раз. Рефрактор Рейнфельдера $D=100$ *мм* находился в хизинской группе экспедиции, а второй—в шемахинской группе. Оба прибора приблизительно равноценны.

В качестве метода наблюдений неспокойствия ночных изображений был применен способ Данжона и Куде. Этот метод позволяет делать количественное сравнение неспокойствия изображений в разных пунктах, произведенных телескопами разного отверстия, а эта возможность является весьма удобной.

Качество изображения Солнца измерялось оценкой амплитуды колебания края изображения Солнца диаметром 192 *мм*. При таком масштабе полностью используется разрешающая сила обоих телескопов, и получается удобный переход от линейных масштабов к угловым (1 *мм* изображения соответствует 10″). Кроме оценки колебания края изображения оценивалась в произвольной пятибалльной шкале видимость мельчайших деталей Солнца. Околосолнечный ореол измерялся визуально в баллах Г. А. Тихова.

Метод определения амплитуды колебания края изображения Солнца является наиболее объективным и, самое главное, эта величина характеризует дневной астроклимат при спектральных наблюдениях Солнца с большой дисперсией.

Обычно наибольшие разногласия среди астрономов вызывают различные способы определения ночной и дневной прозрачности. Визуальная оценка малых ореолов Солнца является пока единственным способом наблюдения величины ореола. И именно околосолнечный ореол является помехой при наблюдении внешних слоев солнечной атмосферы. Поэтому наблюдения ореола необходимы для выбора места солнечной обсерватории и заметить их нельзя никакими другими определениями.

Определение ночной прозрачности является настолько трудным, что даже многие весьма эрудированные астрофизики не вполне хорошо себе его представляют. Единственным точным способом является фотоэлектрическое сравнение эталонного источника света с блеском звезды, но этот способ весьма труден для экспедиционных работ и требует точно установленной экваториальной монтировки.

В момент астрономических наблюдений, иногда чаще, велись метеонаблюдения за облачностью, скоростью и азимутом ветра, температурой и видимостью далеких предметов.

Только благодаря решению искать взаимосвязь между последствиями процессов в атмосфере, выявляемых метеонаблюдениями, и астрономическими наблюдениями, экспедиция смогла в столь короткий срок придти к правильному заключению о выборе площадки обсерватории.

Уже первые наблюдения в Хизинском р-не у сел. Ярымджа и на площадке Финтунган показали, что этот район в целом характеризуется крайне неустойчивым состоянием атмосферы. В этой области почти всегда происходит перемешивание объемов воздуха с различной оптической плотностью от встречи северного и юго-западного воздушных течений. При этом происходит образование крупных завихрений, сопровождающихся скачками температуры на 1—3°С в течение нескольких минут. В этих условиях всегда наблюдались плохие ночные и дневные изображения. Изображения улучшались при южном и юго-западном ветрах, дующих со скоростью 15—20 *м/сек*, но и в этом случае были посредственными.

Удовлетворительные условия наблюдений в этом районе могут быть только в особо благоприятных случаях, и поэтому, не прекращая наблюдений в Хизинском р-не, экспедиция с 10 мая 1953 г. сосредоточила главные усилия в Шемахинском р-не.

Наблюдения, произведенные в мае и июне 1953 г. на площадке Дедегюнеш, показали, что в этот период ночные изображения были значительно лучше, чем при наблюдениях 1952, 1951 и 1949 гг., и много лучше, чем в Хизинском р-не. Качество изображения Солнца в этот период оказалось лучше, чем в Хизинском р-не, но хуже, чем при наблюдениях 1952, 1951 и 1949 гг.

Снижение качества дневных изображений на площадке Дедегюнеш было истолковано как следствие того, что происходило испарение от влажной поверхности южных склонов горы, которая не защищена

лесом от нагрева Солнцем. Данное обстоятельство являлось дополнительным фактором, вызывающим необходимость поисков в этом районе новой площадки, не имеющей указанного недостатка, т. е. площадки, южные склоны которой должны быть покрыты густым и непрерывным слоем древесной растительности.

Помимо отсутствия растительности на южных склонах Дедегюнешской площадки, против ее выбора говорили следующие обстоятельства: это площадка слишком мала и неудобна для размещения обсерватории запланированного размера, даже без учета ее роста; г. Дедегюнеш является препятствием на пути стекания ночного бриза с больших высот, так как она и ее отроги сужают и искривляют долину р. Ахсучай, являющейся коридором ночного ниспадающего тока воздуха. Поэтому основной поток ночного бриза течет через г. Дедегюнеш. Кроме того, проблема водоснабжения обсерватории на этой площадке является довольно тяжелой технической задачей.

Исходя из изложенного, экспедиция рассматривала площадку Дедегюнеш как отправную точку для поисков новой площадки и исследования основных закономерностей астроклимата избранного района.

Поиски новых площадок произведены в период с 12 мая по 10 июня 1953 г. Были исследованы высота 1750 *м* над сел. Баскал в восточной части Исмаиллинского р-на, высота 1305 *м* в 5 *км* от Дедегюнеша, площадка северо-восточнее вершины г. Пиркули (высота площадки 1395—1435 *м* над ур. м.), Картдагское плато—восточнее вершины г. Картдаг на границе Исмаиллинского и Шемахинского р-нов (высота плато 1800—1900 *м* над ур. м.).

К приезду В. А. Крата 12 июня 1953 г. для подведения итогов наблюдений и окончательного выбора площадки обсерватории было дополнительно установлено следующее.

Действие ночного бриза в Шемахинском р-не в период наблюдений экспедиции не было столь сильно, как в прошлые годы. Изображения Солнца во всем районе хорошие, но они ухудшаются в период высыхания почвы после выпадения осадков. Это явление показывает, что главным слоем дневной турбуленции атмосферы в Шемахинском р-не является нижний ее слой. Запыленность Шемахинского р-на меньше запыленности зоны Алтыагача. Запыленность к северу и северо-западу от Дедегюнеша убывает, а в направлениях от востока через юг до юго-запада резко возрастает. Местный очаг возникновения пыли находится на полуострове Кобыстан. Он вытянут в направлении от ст. Насосной на берегу Каспийского моря (в 30 *км* к северо-западу от Баку) до 50-го километра шоссейной дороги Баку—Шемаха и далее по этой линии к югу. Ширина этой зоны около 20 *км*.

Долина р. Куры не служит очагом возникновения пыли, а является коридором ее распространения, также как и область Каспийского моря. Вообще пыль в воздухе возникает только при одновременном соблюдении условий: отсутствие сплошного слоя растительности, сухая поверхность земли и большая скорость ветра. Наблюдения в мае и июне подтвердили, что условия наблюдения в области Алтыагача хуже, чем в Шемахинском р-не.

Итак, Картдагское плато было отклонено по причине высотности и отсутствия древесной растительности на всех склонах. Высота 1305 *м* была менее удобна для размещения обсерватории, и поэтому при первых сопоставлениях ее отклонили. Площадки Пиркули и Баскал по климатическим данным и ряду других характеристик почти одинаковы, но дорога из Баку до Баскала почти вдвое длиннее, чем до Пиркули, хотя расстояние между ними по прямой линии не превышает 30 *км*. Поэтому предпочтение было отдано площадке Пиркули.

Сравнение качества изображений в Дедегюнеше и Пиркули указывало на значительно лучшие условия на Пиркули. Качество изображения Солнца там было не менее чем вдвое спокойнее и отчетливее. Кроме того, запыленность Пиркули меньше Дедегюнеша, так как Пиркули лежит севернее на 10 *км*, т. е. дальше от основной пылевой зоны—Куринской долины.

Высотность Пиркули равна 1435 *м* над ур. м., что удовлетворяет поставленным вначале условиям. В пользу этой площадки говорила ее достаточная величина, расчлененность на две части оврагом, которые соединяются в наивысшей точке вместе. Это дает возможность несколько отделить (на 500—800 *м*) к северо-западу жилой поселок от центра наблюдательной площадки. Вопросы водоснабжения, строительства дороги и прочие рашаются на этой площадке относительно легко.

Поэтому при сопоставлении всех обстоятельств 20 июня 1953 г. В. А. Крат, Г. Ф. Султанов и С. И. Сорин приняли заключение выбрать площадку Пиркули для строительства основных сооружений будущей обсерватории.

Однако для дальнейшего уточнение астроклиматических характеристик этой площадки было решено продолжить по ней наблюдения качества изображения в течение нескольких лет по прежней программе экспедиции.

В. А. Крат, Һ. Ф. Султанов, С. И. Сорин

Азәрбајчанын астроиглиминин өјрәнилмәси вә Шамахы астрофизика рәсәдханасынын тикилмәси үчүн јер сечилмәси саһәсиндә апарылмыш експедисија ишләри һаггында

ХҮЛАСӘ

1927-чи илдән башлајараг ССРИ-нин астрономија ичтимаиҹәти биринчи дәрәчәли астрофизика рәсәдханасы тикилмәси мәгсәди илә дәфәләрлә Азәрбајчан әразиси илә марагланмышдыр. ССРИ-нин чәнубунда, Крымдан вә Шимали Гафгаздан чәнубда әлверишли чоғрафи мөвге тутмасы илә бәрабәр, Азәрбајчан Аралыг дәнизи вә Гара дәниз һөвзәләриндән тамамилә тәчрид олунмуш вәзиҹҹәтдәдир; һәм дә онун әразисинин бөјүк бир һиссәсиндә Хәзәр дәнизинин тә'сири чох зәифдир. Бүтүн бу чәһәтләрә көрә дә Азәрбајчанын дағлыг рајонларында истәр јајда вә истәрсә дә гыш дөврүндә ајдын күндүз вә кечәләрин сајы чохдур.

1930-чу илин јајында Ленинграддакы Астрономија Институту Азәрбајчана астрономик експедисија көндәрди; бу експедисија Азәрбајчан елми чәмиҹҹәтинин көмәји илә фәалиҹҹәтә башлады. Бу експедисијанын мәгсәди рәсәдхана тикинтиси үчүн јер сечмәкдән өтрү Азәрбајчанын дағлыг вилајәтләрини нәзәрдән кечириб өјрәнмәк иди. Мүшаһидәләр Степанакертдә, Шушада, Лысогорскда вә Лачында апарылмышды.

Експедисијанын апардығы иш нәтичәсиндә мүәҹҹән едилди ки, Дағлыг Гарабағ рајонунда астрономик режими о заман ССРИ-дә олан бүтүн рәсәдханаларын режиминдән јахшы олан бир јер сечмәк мүмкүндүр. Ахтарыш заманы Лачында мүшаһидә апарылан шәраит гаршыја гојулмуш мәгсәдә тамамилә мүвафиг иди.

Рәсәдхана тикмәк мәгсәдилә јер сечмәк үчүн сонракы тәшәббүс 1946-чы илин јајында Азәрбајчан Дөвләт Университети вә Азәрбајчан ССР ЕА Чоғрафија Институту тәрәфиндән едилмишди. Бу дәфә експедисија әввәлчә Көј көлүн әтрафыны, сонра исә Шуша рајонуну нәзәрдән кечириб өјрәнмишди. Нәтичәдә мүәјјән едилмишди ки, Көј көл рајонунун атмосфер режими сабит дејилдир; Шуша рајону үзрә әлдә едилмиш метеороложи мә'луматлар да гәнаәтбәхш дејилди.

Республикада астрономија саһәсиндә апарылан ишләрин күчләндирилмәси һаггында Азәрбајчан ССР Елмләр Академијасынын мүвафиг гәрары илә әлагәдар олараг 1949-чу илин ијул ајында Азәрбајчан ССР ЕА Физика вә Ријазијјат Институтунун астрономик експедисијасы тәшкил едилди; һәмин експедисијанын ишинә көмәк етмәк үчүн проф. В. А. Крат вә Москва Дөвләт Университети астрофизика кафедрасынын мүдири Г. Ф. Ситник дә'вәт едилмишди.

Тәдгигат нәтичәсиндә Бакы рајонунун әлверишли олмадығы гәнаәтинә кәлән експедисија Шамахы рајонунун дағлыг вилајәтләринә даһа чох диггәт јетирмәјә башлады.

Мүәјјән едилди ки, мүшаһидәнин апарылдығы бүтүн дөвр әрзиндә алынан Күнәшин шәкли кеҹијјәт е'тибарилә чох јахшыдыр. Кечәләр чәкилмиш шәкилләр дә кифајәтләндиричи иди.

1953-чү ил рәсәдхана тикмәк мәгсәдилә јер сечилмәси вә даими астрономик мүшаһидәләр апарылмасы үчүн һәлледичи ил олду.

1953-чү илин мартында проф. В. А. Кратын рәһбәрлији алтында Азәрбајчан ССР ЕА Физика вә ријазијјат Институтунун астрономија експедисијасы тәшкил олунду. Гәрара алынды ки, тикинти үчүн ахтарыш апарылан саһәләр кенишләндирилсин вә тәкчә Шамахы рајонунда дејил, Хызы рајонунда, һабелә Исмајыллы рајонунун әтраф һиссәләриндә дә ахтарыш апарылсын.

Експедисија 10 ил мүддәтиндә әлдә едилмиш метеороложи мә'луматлардан истифадә едәрәк, бир нечә ај әрзиндә тикинти үчүн әлверишли олан јерләрдә биркә астрономик вә метеороложи мүшаһидәләр апарды.

Апарылан узун мүддәтли ахтарыш вә тәдгигат ишләри нәтичәсиндә 1953-чү ил ијун ајынын 20-дә бу мәгаләнин мүәллифләри рәсәдхана тикинтиси үчүн Пиргулу саһәсини сечдиләр; чүнки бура истәр Күнәш үзәриндә мүшаһидәләр апармаг үчүн вә истәрсә дә рәсәдхананы јерләшдирмәк нөгтеји-нәзәриндән чох әлверишли јердир.

ХРОНИКА

8—11 февраля 1960 г. состоялась сессия Академии наук Азербайджанской ССР, посвященная научно-исследовательской деятельности Академии в области физико-математических и технических наук за 1959 г. Сессия обсудила итоги работ институтов физики, математики и механики, энергетики, Сектора астрофизики.

Сессию открыл вступительным словом академик-секретарь отделения З. И. Халилов. На заседаниях сессии были заслушаны доклады: члена-корреспондента Академии наук Азербайджанской ССР проф. Г. Б. Абдуллаева, кандидата физико-математических наук Г. А. Ахундова „Исследование физических процессов в селеновых выпрямителях и фотоэлементах", члена-корреспондента Академии наук Азербайджанской ССР Ч. М. Джуварлы „Механизм коалесценции дисперсных капелек воды в эмульсии под воздействием электрического поля" члена-корреспондента Академии наук Азербайджанской ССР А. А. Эфендизаде, кандидата технических наук Я. Б. Кадымова, М. М. Расулова „Электромеханические переходные процессы в автономных системах переменного тока", кандидата физико-математических наук С. А. Махмудовой „Некоторые вопросы качественной теории нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений", младшего научного сотрудника С. Я. Якубова „О самосопряженных расширениях симметрических операторов в банаховых пространствах", кандидата физико-математических наук Т. А. Эминзаде „Внутренняя и потенциальная энергия белых карликов (некоторых групп звезд)" и др.

На заседаниях секций было заслушано и обсуждено более 20 докладов по вопросам физики, математики, механики, энергетики, астрофизики. В заключение на пленарном заседании был подведен итог работы сессии.

Обсуждение докладов проходило при активном участии присутствующих на сессии.

Институтом физики проведены исследования по физике полупроводников, спектроскопии и люминесценции кристаллофосфоров и органических жидкостей, радиоспектроскопии молекул замещенных углеводородов, рентгеноструктурному анализу веществ и электронографическому исследованию тонких слоев.

Институтом математики и механики проводились исследования в области теории линейных операторов и их применений к задачам математической физики, приближения функций, теории упругости и пластичности, вычислительной математики и техники. По указанным направлениям получен ряд теоретически и практически важных результатов.

Институтом энергетики проведены работы по проблемам: научные основы развития энергетических систем и их объединение в Единую энергетическую систему (Кавказская секция ЕЭС); интенсификация существующих и изыскание новых технологических процессов в ведущих областях промышленности республики (нефтяная); научные основы автоматизации производственных профессов; изучение параметров гидростанций и русловых процессов рек Азербайджана; исследование тепловых процессов в энергетических и нефтеперерабатывающих объектах.

Сектором астрофизики проведены исследования по изучению физических процессов, происходящих на Солнце, по физике звезд, по выяснению происхождения астероидов; по истории астрономии представлена к печати монография „Основатель Марагинской обсерватории Мухаммед Насириддин Туси".

Решением Совета Министров республики организована Шемахинская астрофизическая обсерватория на базе Сектора астрофизики; вынесено решене о закупке в Германской Демократической Республике двухметрового рефлектора, на размещение заказов по изготовлению горизонтального солнечного большого вертикального солнечного и 700-миллиметрового менискового телескопа.

В заседаниях сессии и ее секций участвовало свыше 200 научных работников и представителей других организации.

Учитывая большую пользу для развития наук и обмена мнениями, ежегодно будут созываться научные сессии по итогам работ научных учреждений Академии по физико-математическим и техническим наукам.

МҮНДӘРИЧАТ

М. Һ. Чавадов. Икитәртибли һиперболик типли дифференсиал тәнликләри үчүн гојулмуш гарышыг мәсәләнин үмумиләшмиш функсијалар синфиндә һәлли . 3
С. Ј. Јагубов. Банах фәзасында симметрик операторларын өз-өзүнә гошма кенишләнмәләри һаггында 7
Г. Ә. Нәчафов. Бир синиф хәтти олмајан интеграл тәнликләр системи һәллинин будагланма нөгтәси 15
К. Ә. Кәримов. Бөјүк деформасијаларда дартылан зәрбә диаграмынын тә'јин үсулу 23
Ә. М. Султанов, Ә. Х. Хәлилов. Бә'зи поликристаллик кристаллофосфорларда ишыгвермәнин сөнмә ганунларынын оссиллографик фосфороскоп васитәсилә тәдгиги 31
Ә. Х. Хәлилов, Е. Ј. Салајев. Бә'зи чохактиваторлу гәләви-һалокен кристаллофосфорларын термошүаланмасынын тәдгиги 39
М. И. Әлијев, С. А. Ахундова. Таллиумун селенин физики хассәләринә тә'сириниң тәдгиги 47
Һ. Б. Абдуллајев, Р. Һ. Нани, Ј. Н. Нәсиров. Тәбии кобалтинин истилик вә електрик хассәләринин тәдгиги 55
Ә. Х. Хәлилов, Һ. Ә. Султанов. Молекулларын јарымкечиричи кристалларын сәтһиндә адсорбсијасынын кристалларын диффуз әксетдирмә спектрләринә тә'сири 59
Ч. М. Чуварлы, Л. А. Мухарскаја. Трансформатор јағы—нафтен туршуларының натриум сабунлары системинин електрик хассәләринә сәтһи актив маддәләрин әлавә олунмасының тә'сири 65
Ј. Б. Гәдимов, Б. А. Листенгартен. Импулс дөврәләри нәзәријјәсинин нефт гујулары газымасындакы електрик интигалынын тәдгиги үчүн тәтбиги . 73
А. С. Әлизадә, В. И. Јесман. Азәрбајчанын күләк енеркиси еһтијатлары вә онларын халг тәсәррүфатында истифадә едилмәси 83
Н. М. Мәммәдов. Енли астаналы суашыранын сәрф әмсалынын аралыг дајагларын планда јерләшдирилмәсиндән асылы олараг дәјишмәси 93
Ч. К. Нәбибәјов. Машын тә'сирләндиричиси илә тәчһиз едилән синхрон кенераторларын фаз компаундлашдырылмасы 93
Ч. Р. Дадашов. Автомобилин сүр'әтләндирилмә һәрәкәтинин експерименталтәдгиги үсулу һаггында 107
О. С. Мәммәдјаров. Гапалы шәбәкәләрдә күчләрин игтисади пајланмасының тәнзимчи трансформаторларла әлдә едилмәси 113
И. И. Күлмәммәдов. Асинхрон мүһәррикин индуктив мүгавимәтинин тә'јин едилмәси 121
Г. В. Ахундова, Ш. Дарчија. Үлдуз әкслəри кејфијјәтинин визуал мүшаһидә методикасы һаггында 129
Р. Ә. Һүсејнов, М. Ч. Һүсејнов, Ә. Һ. Һәсәнәлизадә, Г. И. Һүсејнов, Һ. О. Мәликов, Л. М. Авакова. БКИ вә БӘИ дөврүндә Азәрбајчан ССР Елмләр Академијасы Астрофизика бөлмәсинин астрономија стансијасында мүшаһидә олунмуш хромосфер алышмаларына даир мә'лумат 143
В. А. Крат, Һ. Ф. Султанов, С. И. Сорин. Азәрбајчанын астроиглимининөјрәнилмәси вә Шамахы астрофизика рәсәдханасынын тикилмәси үчүн јер сечилмәси саһәсиндә апарылмыш експедисија ишләри һаггында 151
Хроника 161

СОДЕРЖАНИЕ

М. Г. Джавадов. Решение смешанной задачи для общего гиперболического уравнения второго порядка в классе обобщенных функций 3

С. Я. Якубов. О самосопряженных расширениях симметричного оператора в банаховом пространстве 7

К. А. Наджафов. Точки разветвления решений одной системы нелинейных интегральных уравнений 15

К. А. Керимов. Методика определения ударной диаграммы растяжений при больших деформациях 23

А. М. Султанов, А. Х. Халилов. Исследования законов затухания люминесценции некоторых поликристаллических кристаллофосфоров осциллографическим методом 31

А. Х. Халилов, Э. Ю. Салаев. Исследование термовысвечивания некоторых полиактивированных щелочно-галоидных кристаллофосфоров . . . 39

М. И. Алиев, С. А. Ахундова. Исследование влияния таллия на физические свойства селена 47

Г. Б. Абдуллаев, Р. Х. Нани, Я. Н. Насиров. Исследование тепловых и электрических свойств природного кобальтина 55

А. Х. Халилов, Г. А. Султанов. Влияние адсорбции молекул на поверхности полупроводниковых кристаллов на спектры диффузного отражения кристаллов 59

Ч. М. Джуварлы, Л. А. Мухарская. Влияние поверхностно-активных добавок на электрические свойства системы натриевые мыла нафтеновых кислот—трансформаторное масло 65

Я. Б. Кадымов, Б. А. Листенгартен. Применение теории импульсных цепей для исследования электропривода бурения нефтяных скважин . . . 73

А. С. Ализаде, В. А. Есьман. Ветроэнергетические ресурсы Азербайджана и пути их использования в народном хозяйстве 83

Н. М. Мамедов. Изменение коэффициента расхода водослива с широким порогом в зависимости от планового расположения бычков 93

Ч. К. Набибеков. Фазовое компаундирование синхронных генераторов с машинным возбудителем 99

Д. Р. Дадашев. К методике экспериментального исследования разгона автомобиля 107

О. С. Мамедъяров. Достижение экономического распределения мощностей в замкнутых сетях с помощью трансформаторов с поперечным регулированием напряжения 113

И. И. Гюльмамедов. Определение индуктивного сопротивления асинхронного двигателя 121

Г. В. Ахундова, Ш. Дарчия. К методике визуальных наблюдений качества изображений звезд 129

Р. Э. Гусейнов, М. Дж. Гусейнов, А. Г. Гасанализаде, К. И. Гусейнов, Г. О. Меликов, Л. М. Авакова. Данные с хромосферных вспышках, наблюдавшихся на астрономической станции Сектора астрофизики Академии наук Азербайджанской ССР за период МГГ и МГС 143

В. А. Крат, Г. Ф. Султанов, С. И. Сорин. Об экспедиционных работах по обследованию астроклимата Азербайджана и выборе места строительства Шемахинской астрофизической обсерватории 151

Хроника 161

Чапа имзаланмыш 27/VII 1960-чы ил. Кағыз форматы 70×108 1/16. Кағыз вәрәги 5,13. Чап вәрәги 14. Һес-нәшријјат вәрәги 12,8. ФГ 09759. Сифариш 250. Тираж 780.

Азәрбајчан ССР Мәдәнијјат Назирлијинин «Гызыл Шәрг» мәтбәәси. Бакы, Һәзи Асланов күчәси, 80.

Азәрбајчан ССР Елмләр Академијасынын ашағыдакы журналларына 1960-чы ил үчүн

АБУНӘ ГӘБУЛУ ДАВАМ ЕДИР

„АЗӘРБАЈЧАН КИМЈА ЖУРНАЛЫ“

Илдә 6 нөмрә чыхыр.
Һәр нөмрәнин гијмәти 8 манатдыр.

„АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ“

Илдә 12 нөмрә чыхыр.
Һәр нөмрәнин гијмәти 4 манатдыр.

„АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ“

«Азәрбајчан ССР Елмләр Академијасынын Хәбәрләри» ашағыдакы серијалар үзрә чыхыр:

1. Кеолокија-чоғрафија елмләри серијасы.
2. Физика-ријазијјат вә техника елмләри серијасы.
3. Биолокија вә тибб елмләри серијасы.
4. Ичтимаи елмләр серијасы.

Һәр серија илдә 6 нөмрә чыхыр.
Һәр серијанын иллик абунә гијмәти 48 манатдыр.
Һәр нөмрәнин гијмәти 8 манатдыр.

Абунә „Сојузпечат“ вә бүтүн почта шө'бәләри тәрәфиндән гәбул олунур.

Азәрбајчан ССР Елмләр Академијасы Нәшријјаты