

АЗƏРБАЙЧАН ССР ƏЛМЛƏР АКАДЕМИЯСЫНЫН

ХƏБƏРЛƏРИ

ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ВƏЖИМЯ ƏЛМЛƏРИ СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ НАУК

6

1958

АЗƏРБАЙЧАН ССР ƏА НƏШРИЙЯТЫ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
БАКЫ — БАКУ

Н. Н. АГАЕВ, Г. Э. МУСТАФАЕВ

ХОЛОМОФ ФУНКСИЯЛАР ЧҮТҮНЭ ТӘ'СИР ЭДЭН БИР ОПЕРАТОР НАГГЫНДА

Әввәлчә бир нечә анлайыш вә тә'рифләр гейд эдәк. Тутак ки, X вә Y уйгун оларак x вә y комплекс дәйишәнләринин дәйишмә областы-дыр. Дәйишән (x, y) нөгтәсинин дәйишмә областыны $T=x*Y$ тоположи һасили илә ишарә эдәк. Белә олдугда (x, y) T -дә кәзәркән, $z=x+iy$ вә $\zeta=x-iy$ нөгтәләри комплекс мүстәвидә уйгун оларак һәр һансы D вә $\bar{D}$ областларыны кәзәчәкдир. D вә $\bar{D}$ областларынын тоположи һасилини $D^*=D*\bar{D}$ илә ишарә эдәк. $\bar{D}$ -дә тә'йин олунмуш холоморф $f(z)$, $\varphi(z)$,... функциялар аиләсини H илә ишарә эдәк. T -дә тә'йин олунмуш ики комплекс z вә ζ дәйишәнләриндән асылы олан холоморф функциялар аиләсини H^* илә ишарә эдәк. Гейд этмәк лазымдыр ки, бу функциялара D^* -йә дахил олан нөгтәнин функциялары кими бахмаг олар. Әкәр x вә y һәгиги гиймәтләр оларса онда z вә ζ гошма комплекс олуб, D вә $\bar{D}$ областлары исә һәгиги оха нәзәрән симметрик олар.

Гейд эдәк ки, әкәр $z \in D$ олдугда, $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (z-z_0)^n$ функ-

сиясы H -а дахилдирсә, онда $\zeta_0 \in \bar{D}$ олдугда

$$\bar{f}(\zeta) = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{a}_n (\zeta - \zeta_0)^n$$

функциясы $\bar{H}$ -а дахил олар, бурада D мәркәзи z_0 нөгтәсиндә олан даирәдир. Вә әлавә $\bar{f}(z) = f(\zeta)$ бәрабәрлийи x вә y -ин анчаг вә анчаг һәгиги гиймәтләриндә өдәниләр. Сонра H -дан көтүрүлмүш ихтияри φ вә ψ функцияларына тә'сир эдән вә ашағыдакы шәртләри өдәйән A операторуну тә'йин эдәк:

1°. Бу оператор H -дан көтүрүлмүш функциялар чүтүнү H^* -а дахил олан функция ин'икас этдирир.

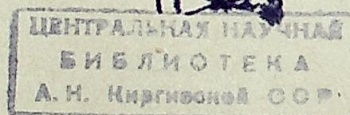
2°. λ вә μ комплекс әдәдләр олуб, $\varphi, \psi \in H$ олдугда

$$A(\lambda\varphi, \mu\psi) = \lambda\mu A(\varphi, \psi) \text{ олур;}$$

$$3^\circ. A(f, \varphi + \psi) = A(f, \varphi) + A(f, \psi); \quad A(f + \varphi, \psi) = A(f, \psi) + A(\varphi, \psi);$$

$$4^\circ. \frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial z} = A(\varphi, \psi'); \quad \frac{\partial A(\varphi', \psi)}{\partial \zeta} = A(\varphi', \psi);$$

118959



РЕДАКЦИЯ БҒЙӘТИ: З. И. Хәлмәлов (редактор), Б. Б. Абдуллаев,
Ә. Б. Әлиев, А. Ә. Әфәндизадә, Б. Х. Әфәндиєв, Ю. Б. Мәммәдәлиев,
С. Ч. Мөһдиєв, М. Ф. Нағыєв (редактор мұавини)

Чапа имзаланмыш 18/XII 1958-чи ил. Кағыз форматы 70×108¹/₁₆. Кағыз вәрәги 5,625.
Чап вәрәги 14+2 япышдырма шәкил. Һес.-нәшрийят вәрәги 13,4. ФГ 13362.
Сифариш 553. Тиражы 600.

Азәрбайжан ССР Мәдәнийәт Назирлиғинин «Гызыл Шәрг» мәтбәәси.
Бакы, Һәззи Асланов күчәси, 80.

5°. $A(\varphi(z), \psi(z))|_{z=\zeta_0} = A(C_{\zeta_0}, \psi(z))$; $A(\varphi(z), \psi(z))|_{z=z_0} = A(\varphi(z), C_{z_0})$, бурада C_{ζ_0}, C_{z_0} фиксэ олунмуш ζ_0 вэ z_0 -дан асылы истэнилэн сабитлэрдир. 1°—5° шэртлэрини өдэйэн операторлар айлэсини W илэ ишарэ эдэк.

Бу мэгалэ көстөрилэн операторун өйрөнилмэсинэ вэ n -гармоник тэнликлэрин үмуми һаллинин W -нин элементлэрилэ ифадэ эдилмэсинэ һэср эдилнр. Белэ ки, мүхтэлиф A операторуна һэллэрин мүхтэлиф ифадэлэри уйгун кэлэчэкдир. A операторунун 1°—5° хассэлэриндэн элавэ даһа бир нечэ хассэлэрэ малик олдуғуну көстөрэк.

6°. $A(\lambda\varphi, \psi) = A(\varphi, \lambda\psi)$, хүсуси һалда $A(0, \psi) = A(\varphi, 0) = 0$.

7°. A операторунун эн вачиб хассэлэриндэн бири онун z вэ ζ аргументлэринэ көрө дифференциалланма вэ интегралланмасыдыр. Хүсуси һалда

$$\frac{\partial^2 A(\varphi, \psi)}{\partial z \partial \zeta} = A(\varphi', \psi').$$

Дикэр тэрэфдэн

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial z} &= \frac{1}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y} \right] \\ \frac{\partial}{\partial \zeta} &= \frac{1}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

олдуғуну гәбул этсәк, онда

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 A(\varphi, \psi)}{\partial z \partial \zeta} &= \frac{1}{4} \left[\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y} \right] \left[\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y} \right] = \\ &= \frac{1}{4} \left(\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} \right) \end{aligned}$$

вэ я $\Delta A(\varphi, \psi) = 4 A(\varphi', \psi')$ аларыг. Бурада Δ —Лаплас операторудур. n дэфэ итерасиядан сонра

$$\Delta^n A(\varphi, \psi) = 4^n \frac{\partial^{2n} A(\varphi, \psi)}{\partial z^n \partial \zeta^n} = 4^n A(\varphi^{(n)}, \psi^{(n)}) \quad (2)$$

олдуғуну көстөрмәк чәтин дейилдир. Бурада $\Delta^n = \Delta(\Delta^{n-1}), \dots, \Delta^0 A(\varphi, \psi) = A(\varphi, \psi)$, $n=1, 2, 3, \dots$ көүрүлмүшдүр. Инди A операторуну z вэ ζ -я көрө интегралланмасына нәзәрән тәдгиг эдэк. Тутаг ки, $\zeta_0, \zeta \in \bar{D}$. 4° хассэсинэ көрө

$$\int_{\zeta_0}^{\zeta} \frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial \zeta} d\zeta = \int_{\zeta_0}^{\zeta} A(\varphi'(z), \psi(z)) dz \text{ олар.}$$

Әкәр $\Phi(z) = \int_{z_0}^z \varphi(t) dt$ гәбул этсәк, онда

$$A(\Phi, \psi) - A(\Phi, \psi)|_{\zeta=\zeta_0} = \int_{\zeta_0}^{\zeta} A(\varphi(z), \psi(z)) d\zeta$$

аларыг.

3° вэ 5° хассэлэринэ көрө

$$\int_{\zeta_0}^{\zeta} A(\varphi(z), \psi(z)) d\zeta = A\left(\int_{z_0}^z \varphi(t) dt - C_{\zeta_0}, \psi(z)\right) \quad (3)$$

аларыг. Һәмийн гайда илэ көстөрмәк олар ки,

$$\int_{z_0}^z A(\varphi(z), \psi(z)) dz = A\left(\varphi, \int_{z_0}^{z'} \psi(t) dt - C_{z_0}\right) - \text{дир,} \quad (4)$$

бурада z_0' вэ z' D областынын истэнилэн нөгтэлэридир. Хүсуси һалда $z_0' = z_0$, $z' = z$ гәбул этмәк олар. (3) вэ (4') дүстурларындан аларыг:

$$\int_{z_0}^z \int_{\zeta_0}^{\zeta} A(\varphi, \psi) dz d\zeta = A\left(\int_{z_0}^z \varphi(t) dt - C_{\zeta_0}, \int_{z_0}^z \psi(t) dt - C_{z_0}\right). \quad (5)$$

Бу оператора мисал олараг $\varphi, \psi \in H$ үчүн

$$A(\varphi(z), \psi(z)) = \overline{\varphi(\zeta)} \psi(z) \quad (6)$$

чүт һасилини көстөрмәк олар.

Бу һалда 1°—3° вэ 5°—7° хассэлэринин өдәнилмәси ашкардыр. Көстөрәк ки, 4° хассэси дә өдәнилик.

Һәгигәтән асанлыгга көстөрмәк олар ки,

$$\frac{\partial A}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \overline{\varphi(\zeta)} \psi(z) = A(\varphi, \psi')$$

вэ

$$\overline{\varphi'(\zeta)} = \overline{\varphi'(\zeta)} \quad (7)$$

доғрудур, бурадан

$$\frac{\partial A}{\partial \zeta} = \overline{\varphi(\zeta)} \psi'(z) = \overline{\varphi'(\zeta)} \psi(z) = A(\varphi'(z), \psi(z)) \quad (8)$$

олдуғундан

$$\frac{\partial^2 A(\varphi, \psi)}{\partial z \partial \zeta} = A(\varphi'(z), \psi'(z))$$

аларыг.

(5) дүстурү хүсуси һалда (6) дүстур үчүн һәмчинин билаваситә исбат этмәк олар. ζ вэ z дәйишәнлэри асылы олмадыгларындан

$$\int_{\zeta_0}^{\zeta} A(\varphi, \psi) d\zeta = \int_{\zeta_0}^{\zeta} \overline{\varphi(\zeta)} \psi(z) d\zeta = \psi(z) \int_{\zeta_0}^{\zeta} \overline{\varphi(\zeta)} d\zeta$$

олар.

Тутаг ки, $\Phi(z) = \int_{z_0}^z \varphi(t) dt$ -дир. Онда

$$\Phi(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \frac{(z-z_0)^{n+1}}{n+1},$$

$$\overline{\Phi(\zeta)} = \sum_{n=0}^{\infty} \overline{a_n} \frac{(\zeta-\zeta_0)^{n+1}}{n+1}$$

олар. Беләликлә $\bar{\Phi}(\zeta) = \int_{\zeta_0}^{\zeta} \bar{\varphi}(t) dt$ олар, чүнки

$$\bar{\varphi}(\zeta) = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{a}_n (\zeta - \zeta_0)^n \text{ - дир.}$$

Бурадан аларыг:

$$\int_{\zeta_0}^{\zeta} A(\varphi, \psi) d\zeta = \bar{\Phi}(\zeta) \psi(z) = A(\Phi(z), \psi(z)) = A\left(\int_{\zeta_0}^{\zeta} \varphi(t) dt, \psi(z)\right)$$

вә я

$$\int_{\zeta_0}^{\zeta} \int_{z_0}^z A(\varphi, \psi) d\zeta dz = \bar{\Phi}(\zeta) \int_{z_0}^z \psi(t) dt = A\left(\Phi(z), \int_{z_0}^z \psi(t) dt\right),$$

демәк

$$\int_{\zeta_0}^{\zeta} \int_{z_0}^z A(\varphi, \psi) dz d\zeta = A\left(\int_{\zeta_0}^{\zeta} \varphi(t) dt, \int_{z_0}^z \psi(t) dt\right). \quad (9)$$

x вә y һәгиги дәйишәнләр олдуғда $\zeta = \bar{z}$ вә z уйғун олараг гошма комплекс олачагдыр. Она көрә дә бу һалда онлары асылы олмаян һесап этмәк олмаз. Беләликлә, (6) операторун дифференциалланма вә интегралланмасыны билаваситә көстәрмәк лазымдыр. Бу һалда

$$\bar{\varphi}(\zeta) = \bar{\varphi}(\bar{z}) = \varphi(z) \text{ олар.}$$

Туһаг ки,

$$\varphi(z) = \varphi_1(x, y) + i\varphi_2(x, y)$$

$$\psi(z) = \psi_1(x, y) + i\psi_2(x, y)$$

функциялары H -ын элементләридир, белә ки, $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1$ вә ψ_2 һәгиги функциялардыр. Онда (6) оператор белә ифадә олунар:

$$A(\varphi, \psi) = a_1(\varphi, \psi) - i a_2(\varphi, \psi),$$

бурада

$$a_1(\varphi, \psi) = \varphi_1 \psi_1 + \varphi_2 \psi_2, a_2(\varphi, \psi) = \varphi_2 \psi_1 - \varphi_1 \psi_2.$$

Мә'лумдур ки, ашағыдакы шәрт тәмин олунмагла

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial x} = \frac{\partial \varphi_2}{\partial y}$$

$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = -\frac{\partial \varphi_1}{\partial y}$$

φ -нин төрәмәси

$$\varphi'(z) = \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} + i \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = \frac{\partial \varphi_2}{\partial y} - i \frac{\partial \varphi_1}{\partial y} \quad (10)$$

дүстуру илә һесабланыр.

(10) дүстурун бир нечә дәйишдирилмиш формасыны көстәрәк, белә ки, бунлардан $A(\varphi, \psi)$ -ни дифференциалладыгда истифадә этмәк мүмкүн олсун. Онлардан ән әсаслары ашағыдакылардыр:

$$\bar{\varphi}'(z) = \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} - i \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = \frac{\partial \varphi_2}{\partial y} + i \frac{\partial \varphi_1}{\partial y},$$

$$i \varphi'(z) = -\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} + i \frac{\partial \varphi_1}{\partial x},$$

$$i \overline{\varphi'}(z) = \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} + i \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} = -\frac{\partial \varphi_1}{\partial y} + i \frac{\partial \varphi_2}{\partial y}.$$

Аналоги дүстурлар

$\psi(z) = \psi_1(x, y) + i\psi_2(x, y)$ функциясы үчүн дә мөвчуддур.

$A(\varphi, \psi)$ -ни x вә y -ә көрә дифференциалладыгда

$$\frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial x} = \frac{\partial a_1}{\partial x} - i \frac{\partial a_2}{\partial x} = \bar{\varphi}(z) \psi'(z) + \psi(z) \overline{\varphi'(z)},$$

$$\frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial y} = \frac{\partial a_1}{\partial y} - i \frac{\partial a_2}{\partial y} = i [\bar{\varphi}(z) \psi'(z) - \psi(z) \overline{\varphi'(z)}]$$

алынар; бурадан

$$\frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial z} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial x} - i \frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial y} \right) = \overline{\varphi'(z)} \psi'(z) = A(\varphi(z), \psi'(z)). \quad (11)$$

дүстуру алыныр. Һәмни гайда илә көстәрмәк олар ки,

$$\frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial x} + i \frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial y} \right) = \varphi'(z) \psi(z) = A(\varphi'(z), \psi(z)). \quad (12)$$

Ашкардыр ки, (3), (4') вә (5) интеграллама дүстурлары да өз гүв-вәсиндә галыр.

(7), (8), (9) вә (10) дүстурлардан көрүнүр ки, x вә y һәгиги вә я комплекс сәрбәст дәйишәнләр олдуғда (6) операторун z -ә көрә хүсуси төрәмәси (φ, ψ) чүтүнү икинчи һәддинә кечир вә биринчи һәдд дәйишмәз галыр. Лакин $\bar{z}$ -я вә я $\bar{z}$ -ә көрә хүсуси төрәмәси исә көстәрилән чүтүн биринчи һәддинә кечир вә бу заман икинчи һәдд дәйишмәз галыр. Бу мүнәсибәт көстәрир ки, Лаплас операторунун (φ, ψ) чүтүнә тә'сирини A операторунун T -дә тә'йин олунмуш $(\varphi'(z), \psi'(z))$ чүтүнә тә'сири илә әвәз эгмәк мүмкүндүр. Гейдәдәк ки, $a_1(x, y)$ вә $a_2(x, y)$ операторлары дәхи $A(\varphi, \psi)$ операторун малик олдуғу хәссәләри өдәйир.

Инди көстәрилән операторлар васитәсилә n -һармоник тәнликләрин үмуми һәлләринин ифадәсини тапаг.

Асанлыгла көстәрмәк олар ки, H -дан көтүрүлмүш истәнилән $\varphi(z)$ вә $\psi(z)$ үчүн

$$u = A(\varphi, 1) + A(1, \psi) \quad (13)$$

ифадәси

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z \partial \bar{z}} = 0 \quad (14)$$

тәнлийинин үмуми һәллидир. Хүсуси һалда (13) дүстурунун көмәйи илә Лаплас тәнлийинин бүтүн һәгиги һәлләринин үмуми ифадәсини алмаг олар. Доғрудан да H -дан көтүрүлмүш истәнилән φ вә ψ үчүн (13) ифадәси Лаплас тәнлийи илә бир күчлү олан (14) тәнлийин һәллидир.

Туһаг ки, $\varphi(z) = \psi(z) = \frac{f(z)}{2}$, x, y исә һәгиги әдәдләрдир;

онда

$$u(x, y) = A(\varphi(z), 1) + A(1, \psi(z)) = A\left(\frac{f(z)}{2}, 1\right) + A\left(1, \frac{f(z)}{2}\right) =$$

$$= \frac{1}{2} \left[A(f(z), 1) + A(1, f(z)) \right] = \frac{1}{2} \left[A(f(z), 1) + \overline{A(f(z), 1)} \right] = \\ = \operatorname{Re} A(1, f(z)).$$

олар.

Хүсуси ҳалда эҳер $A(1, \varphi(z)) = \varphi(z)$ исә, онда Лаплас тәнлийинин бизә мә'лум олан һәллини аларыг.

$$u(x, y) = \operatorname{Re} \varphi(z)$$

Гейд этмәк лазымдыр ки, дифференциал тәнликләрин һәллини үмумилийи ялныз H -дан көтүрүлмүш функцияларын ихтияри олмасындан ибарәт олмайыб, һәм дә $A(\varphi, \psi)$ операторунун үмумилийиндән ибарәтдир.

Харичи гүввәнин тә'сири олмаян һал үчүн далға тәнлийинин

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (15)$$

үмуми һәллини $A(\psi, \varphi)$ операторун көмәйи илә тапмаг олар.

Әввәлчә x -и дәйишдирмәйиб y -и iy -лә әвәз әдәк. Онда (15) тәнлик

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

шәклини алар.

Әввәлчә көстәрдийимиз кими, ахырынчы тәнлийин үмуми һәлли хүсуси һалда

$$u(x, y) = \varphi(z) + \psi(z) \text{ вә я} \\ u(x, y) = \varphi(x + iy) + \psi(x - iy) \text{ олар.}$$

Бизим көтүрдүйүмүз һала уйғун олараг y -и $\frac{y}{i}$ илә әвәз этмәлийик.

x вә y һәгигидирләр. Белә олдуғда далға тәнлийинин бизә мә'лум олан һәлли

$$u(x, y) = \varphi(x + y) + \psi(x - y)$$

алынар.

Нәһайәт, тутаг ки, n -һармоник

$$\Delta^n u = 0 \quad (16)$$

тәнлийин верилмишдир.

$$(\Delta^0 u = u, \Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \Delta^p u = \Delta(\Delta^{p-1} u), p = 2, 3, \dots)$$

z вә ζ дәйишәнләринә кечсәк

$$\frac{\partial^2 (\Delta^{n-1} u)}{\partial z \partial \bar{\zeta}} = 0 \quad (17)$$

тәнлийини аларыг. (17) тәнлийин үмуми һәлли

$$\Delta^{n-1} u = A(\varphi_{n-1}(z), 1) + A(1, \psi_{n-1}(z)) \quad (18)$$

олар. (18) тәнлийи

$$4 \frac{\partial^2 (\Delta^{n-2} u)}{\partial z \partial \bar{\zeta}} = A(\varphi_{n-1}(z), 1) + A(1, \psi_{n-1}(z))$$

шәклиндә язаг. Бу тәнлийә (9) дүстуру тәтбиг әтсәк (18) тәнлийини

$$\Delta^{n-2} u = \frac{1}{4} \left[A \left(\int_0^z \varphi_{n-1}(z) dz, z \right) + A \left(z, \int_0^{\bar{z}} \psi_{n-1}(z) dz \right) \right] +$$

$$+ A(\varphi_{n-2}(z), 1) + A(1, \psi_{n-2}(z))$$

аларыг.

Көстәрилән просеси давам әтдириб, $k = 1, 2, \dots, n-1$ олдуғда

$$\Phi_k(z) = \int_0^z (k) \int_0^z \varphi_k(z) dz^k$$

$$\Psi_k(z) = \int_0^z (k) \int_0^z \psi_k(z) dz^k$$

гәбул әтсәк

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{4^k k!} [A(\Phi_k(z), z^k) + A(z^k, \Psi_k(z))] \quad (19)$$

аларыг, бурада

$$\Phi_0(z) = \varphi_0(z),$$

$$\Psi_0(z) = \psi_0(z)$$

вә $\varphi_k(z), \psi_k(z)$ —һоломорф функциялардыр.

Беләликлә, һәлләр ялныз $\varphi_k(z)$ вә $\psi_k(z)$ функциялары илә дейил әйни заманда көстәрилән синифдән көтүрүлмүш ихтияри операторларла ифадә олунур. Бурада һәмчинин A оператору 1° — 5° шәртләрини өдәйән ихтияри оператордур. (15) тәнлийин үмуми һәлләрини ифадә әдән (19) дүстурдан әдәбийятда мә'лум олан бир сыра үмуми һәлләри ифадә әдән дүстурлар алыныр. $\varphi_k(z)$ вә $\psi_k(z)$ функциялары ихтияри олдуғларындан $\Phi_k(z)$ вә $\Psi_k(z)$ функциялары да ихтияри олачагдыр. Бу мұлаһизәйә әсасән $\Phi_k(z)$ вә $\Psi_k(z)$ функцияларыны һоломорф функциялар синифиндән истәнилән чүр сечмәк олар. Мәсәлән, тутаг ки, $\Phi_k(z) = \Psi_k(z) = z^k f_k(z)$ -дир.

Онда $A(\Phi_k(z), z^k) + A(z^k, \Psi_k(z)) = 2/z^{2k} \operatorname{Re} A(f_k(z), 1)$ олар.

$\omega_k(x, y) = \frac{\operatorname{Re} A(f_k(z), 1)}{2^{2k-1} k!}$ вә $|z| = r$ гәбул әтсәк, онда айдындыр

ки, $\omega_k(z)$ -ләрин һамысы һармоник функциялар олачагдыр вә (16) тәнлийин үмуми һәлли

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} r^{2k} \omega_k(x, y)$$

дүстуру илә ифадә олунар. Һәмин дүстур әдәбийятда мә'лум олдуғуна көрә Алманси [2] дүстурдур. (23) дүстурдан И. Н. Векуа [1] тәрәфиндән верилмиш, n -һармоник тәнликләрин һәллини үмуми ифадәси алыныр.

Тутаг ки, T координат башланғычыны ($z=0$) даһилинә алан $z=x+iy$ мүстәвисиндә көтүрүлмүш һәр һансы биррабитәли областдыр вә u функциясы T -дә (16) тәнлийин һәллидир. Онда бу һәлл ихтияри $\Phi_k(z)$ вә $\Psi_k(z)$ һоломорф функцияларына тә'сир әдән A операторунун көмәйи илә (19) дүстур илә ифадә олунур.

$$\Phi_k(z) = \int_0^z (k) \int_0^z \varphi_k(z) dz^k,$$

$$\Psi_k(z) = \int_0^z (k) \int_0^z \psi_k(z) dz^k$$

гэбул эдэк вэ я бу интеграллары чевирсэк

$$\Phi_k(z) = \int_0^z \frac{(z-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \varphi_k(\tau) d\tau$$

$$\Psi_k(z) = \int_0^z \frac{(z-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \psi_k(\tau) d\tau$$

аларыг.

Инди A оператору эвезинэ (10) операторуну көтүрөк. Онда:

$$A(\Phi_k(z), z^k) = \overline{\Phi_k(z)} \cdot z^k = z^k \int_0^z \frac{(\zeta-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \varphi_k(\tau) d\tau \text{ вэ } \text{нэмчинин}$$

$$A(z^k, \Psi_k(z)) = \zeta^k \int_0^z \frac{(z-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \psi_k(\tau) d\tau$$

аларыг.

Ахырынчы ифадэлэри (19) дүстурда еринэ язсаг

$$u(x, y) = A(\varphi_0(z), 1) + A(1, \psi_0(z)) + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{4^k k!} \left[z^k \int_0^z \frac{(\zeta-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \varphi_k(\tau) d\tau + \zeta^k \int_0^z \frac{(z-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \psi_k(\tau) d\tau \right]$$

аларыг. Инди

$$\varphi_k(z) = 4^k \left(a_k + \int_0^z x_k(\tau) d\tau \right)$$

$$\psi_k(z) = 4^k \left(a_k + \int_0^z x_k^*(\tau) d\tau \right)$$

олдугуну гэбул эдэк, бурада $\varphi_k(0) = \psi_k(0)$ олуб, $x_k(\tau)$ вэ $x_k^*(\tau)$ исэ ени голоморф функциялардыр; онда

$$\int_0^z \frac{(\zeta-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \varphi_k(\tau) d\tau = 4^k \left[a_k \frac{\zeta^k}{k!} + \int_0^z \frac{(\zeta-\tau_1)^{k-1}}{k!} x_k(\tau_1) d\tau_1 \right]$$

аларыг. Нэмин гайда илэ

$$\int_0^z \frac{(z-\tau)^{k-1}}{(k-1)!} \psi_k(\tau) d\tau = 4^k \left[a_k \frac{z^k}{k!} + \int_0^z \frac{(z-\tau)^{k-1}}{k!} x_k^*(\tau) d\tau \right]$$

аларыг. Нэһайэт, n -гармоник тэнлийин үмүмү һалли

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} a_k \frac{z^k \zeta^k}{k! k!} + \sum_{k=0}^{n-1} \left[\frac{z^k}{k!} \int_0^z \frac{(\zeta-\tau)^{k-1}}{k!} x_k(\tau) d\tau + \frac{\zeta^k}{k!} \int_0^z \frac{(z-\tau)^{k-1}}{k!} x_k^*(\tau) d\tau \right] \quad (20)$$

дүстур илэ ифадэ олунар.

(20) дүстурдан һэмчинин асанлыгга көстөрмөк олар ки, (16) тэнлийин бүтүн регуляр һаллэри аналитикдир.

Экэр $u(x, y)$ функциясы (16) тэнлийин һагиги һалли исэ, (19) дүстур

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{4^k k!} \operatorname{Re} A(\Phi_k(z), z^k) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{4^k k!} a(\Phi_k(z), z^k)$$

шәклини алар. Бурада $a(\Phi_k(z), z^k) = \operatorname{Re} A(\Phi_k(z), z^k)$.

Инди (6) бәрабәрлийин шәклиндә верилмиш $A(\varphi, \psi)$ операторунун һагиги һиссәсини өйрәнәк.

$$a(\varphi, \psi) = \operatorname{Re} A(\varphi, \psi) = \operatorname{Re} (\overline{\varphi(\zeta)} \cdot \psi(z)).$$

$a(\varphi, \psi)$ оператору $1^\circ - 5^\circ$ хассәләриндән әләвә ашағыдакы хассәләрә дә мәликдир.

$$a(f_1 \varphi, f_2 \psi) = a(\bar{f}_2 \varphi, \bar{f}_1 \psi),$$

Хүсуси һалда,

$$a(z^s \varphi, z^s \psi) = |z|^{2s} a(\varphi, \psi) \text{ вэ}$$

$$\Delta a(\varphi, \psi) = 4a(\psi', \varphi').$$

Даһа сонра тутар ки, s, p, q там әдәдләрди вэ $s \geq q$. Исбат әдәк ки,

$$|z|^{2s} a\left(\frac{1}{z^q}, \frac{\lambda}{z^p}\right) = a(z^{s-p}, \lambda z^{s-q}) \text{ -дир.}$$

Доғрудан да

$$|z|^{2s} a\left(\frac{1}{z^q}, \frac{\lambda}{z^p}\right) = a\left(\frac{z^s}{z^q}, \frac{\lambda z^s}{z^p}\right) = a\left(\frac{z^s}{z^p}, \frac{\lambda z^s}{z^q}\right) = a(z^{s-p}, \lambda z^{s-q}).$$

Тутар ки,

$$n = \begin{cases} \min(s-p, s-q) \text{ экэр } s \geq p \\ q-s, \text{ экэр } s < p \text{ исэ} \end{cases}$$

онда $a(z^{s-p}, \lambda z^{s-q})$ — n -гармоник функциядыр. Беләликлә,

$|z|^{2s} a\left(\frac{1}{z^q}, \frac{\lambda}{z^p}\right)$ -дә һәмчинин n -гармоник олачагдыр. Экэр $u(x, y)$ n -гармоникдирсә, онда

$$u'(x, y) = (x^2 + y^2)^{n-1} u\left(\frac{x}{x^2 + y^2}, \frac{y}{x^2 + y^2}\right)$$

функциясында n -гармоникдир. Доғрудан да $u(x, y)$ n -гармоник олдуғундан ону

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{4^k k!} a(z^k, \Phi_k(z))$$

шәклиндә көстөрмәк олар. Бу дүстурда x вэ y -и уйғун оларар

$$\frac{x}{x^2 + y^2} \text{ вэ } \frac{y}{x^2 + y^2} \text{ илэ әвәз әдәк. Онда айдындыр ки,}$$

$$z \frac{x}{x^2 + y^2} + i \frac{y}{x^2 + y^2} = \frac{z}{|z|^2} = \frac{z}{z \cdot \bar{z}} = \frac{1}{\bar{z}} \text{ -лә}$$

әвәз олунар. Белә олдуғда

$$u\left(\frac{x}{x^2 + y^2}, \frac{y}{x^2 + y^2}\right) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{4^k k!} a\left(\frac{1}{\bar{z}^k}, \Phi_k\left(\frac{1}{\bar{z}}\right)\right)$$

олар. $\Phi_k(z)$ голоморф олдулары үчүн онлары ашагыдакы кимм тәф-
риг этмәк олар:

$$\Phi_k(z) = \sum_{p=0}^{\infty} \alpha_{kp} z^p.$$

Беләликлә

$$\Phi_k\left(\frac{1}{z}\right) = \sum_{p=0}^{\infty} \alpha_{kp} \frac{1}{z^p}$$

аларыг. Юхарыда гейд олуанлары нәзәрә алсаг

$$u'(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\alpha_{kp}}{4^k k!} a(z^{k-p+n-1}, z^{n-1})$$

аларыг. Бу исә $u'(x, y)$ -ин n -гармоник олдуғуну көстәрир.

Инди ашагыдакы тәнлийн һәлл әдәк:

$$\Delta u + \lambda u = 0. \quad (21)$$

Бу тәнлийин һәллини

$$u = A(e^{z/4}, g(z)) \quad (22)$$

шәклиндә ахтараг, ашкардыр ки,

$$\Delta u = 4A((e^{z/4})', g'(z)) = 4A\left(\frac{1}{4} e^{z/4}, g'(z)\right) = A(e^{z/4}, g'(z)).$$

Тәнликдә еринә язсаг

$$A(e^{z/4}, g'(z)) + \lambda A(e^{z/4}, g(z)) = 0 \text{ вә я}$$

$$A(e^{z/4}, g'(z)) + \lambda g(z) = 0$$

аларыг. Ахырынчы мүнәсибәт $g'(z) + \lambda g(z) = i e^{z/4}$ олдуғда доғрудур.
Бурадаг

$$g(z) = g(z_0) e^{-\lambda(z-z_0)} + \frac{4i}{1+4\lambda} e^{z/4} - \frac{4i}{1+4\lambda} e^{z_0/4 - \lambda(z-z_0)}. \quad (23)$$

Беләликлә (21) тәнлийин мүййән мәнада һәлли (22)-дир, һәмин
дүстурда $g(z)$ (23) дүстур илә ифадә олунар.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Векуа И. Н. Новые методы решения эллиптических уравнений. ОГИЗ, 1948.
2. Miron, Nicolesco. Les fonctions polyharmoniques. Paris, 1936.

Г. Н. Агаев, Г. А. Мустафаев

Об одном операторе, действующем на пару голоморфных функций

РЕЗЮМЕ

Пусть X и Y суть области изменения комплексных переменных x , y соответственно. Обозначим через $T = X \times Y$ топологическое произведение X , Y —область изменения переменной точки (x, y) . При этом, когда (x, y) пробегает T , точки $z = x + iy$, $\bar{z} = x - iy$ в комплексной плоскости пробегают некоторые области D , $\bar{D}$ соответ-

Обозначим через $D^* = D \times \bar{D}$ —топологическое произведение областей D и $\bar{D}$. Семейство голоморфных функций $f(z)$, $\varphi(z)$, ..., определенных в области D , обозначим через H , а определенных в $\bar{D}$ —через $\bar{H}$. Семейство голоморфных функций двух комплексных переменных z и $\bar{z}$, определенных в T , обозначим через H^* . Заметим, что эти функции можно рассматривать как функции, определенные в D^* . Если x и y принимают вещественные значения, то z и $\bar{z}$ будут комплексно сопряженными, а D и $\bar{D}$ будут симметричными относительно вещественной оси.

Если функция $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (z - z_0)^n$ при $z \in D$ принадлежит H , то

функция $\bar{f}(\bar{z}) = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{a}_n (\bar{z} - \bar{z}_0)^n$ при $\bar{z} \in \bar{D}$ принадлежит $\bar{H}$ (D —круг с центром в точке z_0).

Далее в работе определен оператор A , действующий на пару функций φ, ψ семейства H , подчиненный следующим требованиям:

1°. Этот оператор отображает пару функций из H на функцию из H^* ;

2°. $A(\lambda\varphi, \mu\psi) = \lambda\mu A(\varphi, \psi)$, где λ, μ числа и $\varphi, \psi \in H$;

3°. $A(f, \varphi + \psi) = A(f, \varphi) + A(f, \psi)$; $A(f + \varphi, \psi) = A(f, \psi) + A(\varphi, \psi)$;

4°. $\frac{\partial A(\varphi, \psi)}{\partial z} = A(\varphi, \psi')$; $\frac{\partial A(\varphi', \psi)}{\partial \bar{z}} = A(\varphi', \psi)$, при $\varphi, \psi \in H$;

5°. $A(\varphi(z), \psi(z))|_{z=z_0} = A(C_{z_0}, \psi(z))|_{z=z_0}$; $A(\varphi(z), \psi(z))|_{z=z_0} = A(\varphi(z), C_{z_0})$ при $\varphi, \psi \in H$, где $C_{z_0}, C_{\bar{z}_0}$ —произвольные постоянные, зависящие от фиксированных $z_0, \bar{z}_0$. Семейство таких операторов обозначим через W . Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы выразить общее решение n -гармонических уравнений через элементы W . Различным операторам A соответствует различное представление общих решений n -гармонических уравнений.

Выведены некоторые дополнительные свойства оператора A , вытекающие из условий 1°—5°:

6°. $A(\lambda\varphi, \psi) = A(\varphi, \lambda\psi)$, в частности, $A(0, \psi) = A(\varphi, 0) = 0$.

7°. Более важным свойством оператора $A(\varphi, \psi)$ является дифференцируемость и интегрируемость его по аргументам z и $\bar{z}$.

В частности, $\frac{\partial^2 A(\varphi, \psi)}{\partial z \partial \bar{z}} = A(\varphi', \psi')$.

Получена формула

$\Delta A(\varphi, \psi) = 4A(\varphi', \psi')$, где Δ —оператор Лапласа.

После n -кратной итерации получим:

$$\Delta^n A(\varphi, \psi) = 4^n A(\varphi^{(n)}, \psi^{(n)}).$$

Указанный оператор обладает свойством

$$\int_{z_0}^z \int_{\bar{z}_0}^{\bar{z}} A(\varphi, \psi) dz d\bar{z} = A\left(\int_{z_0}^z \varphi(t) dt - C_{z_0}, \int_{\bar{z}_0}^{\bar{z}} \psi(t) dt - C_{\bar{z}_0}\right) \quad (5)$$

Изучен оператор

$$A(\varphi(z), \psi(z)) = \bar{\varphi}(\bar{z})\psi(z), \quad (6)$$

Установлены следующие соотношения при дифференцировании и интегрировании оператора (6)

$$\frac{\partial A}{\partial z} = A(\varphi, \psi'), \quad (7)$$

$$\frac{\partial A}{\partial \zeta} = A(\varphi', \psi), \quad (8)$$

$$\int_{z_0}^z \int_{\zeta_0}^{\zeta} A(\varphi, \psi) dz d\zeta = A\left(\int_{z_0}^z \varphi(t) dt, \int_{\zeta_0}^{\zeta} \psi(t) dt\right) \quad (9)$$

Из формул (7), (8), (9) и (10) обнаружено, что при дифференцировании оператора (6) как при вещественных, так и при комплексных x, y частная производная по z передается на второй член пары (φ, ψ) , оставляя первый член ее неизменным. Частная производная же по ζ или $\bar{z}$ переходит на первый член указанной пары, оставляя неизменным второй член. Это обстоятельство делает возможным заменить действие оператора Лапласа действием оператора A над парой $(\varphi'(z), \psi'(z))$, которая определена также в T .

Далее с помощью оператора A найдены общие представления решений n -гармонического уравнения.

$$\Delta^n u = 0 \quad (16)$$

в виде

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{4^{k-1} k!} [A_k(\varphi(z), z^k), A(z^k, \psi_k(z))], \quad (19)$$

$$\text{где } \Phi_k(z) = \int_{z_0}^z (\kappa) \int_0^z \varphi_k(z) dz^k,$$

$$\Psi_k(z) = \int_0^z (k) \int_{z_0}^z \psi_k(z) dz^k, \quad \kappa = 1, 2, \dots, n-1,$$

(интегралы суть k -кратные),

причем $\Phi_0(z_0) = \varphi_0(z)$, $\Psi_0(z) = \psi_0(z)$

и $\varphi_k(z)$, и $\psi_k(z)$ — голоморфные функции.

Из формулы (19) общего решения уравнения (16) получается ряд формул общего решения, которые встречаются в литературе.

Положив $\omega_k(x, y) = \frac{\operatorname{Re} A(f_k(z), 1)}{2^{2k-1} \cdot k!}$ и $|z| = r$ (при этом все $\omega_k(z)$ будут гармоническими функциями), мы получим формулу Альманси [2] общего решения уравнения (16)

$$u(x, y) = \sum_{k=0}^{n-1} r^{2k} \omega_k(x, y).$$

Из формулы (19) также получается общее представление решения полигармонического уравнения, данное И. Н. Векуа [1].

Доказано, что если $u(x, y)$ n -гармонична, то и функция $u'(x, y) = (x^2 + y^2)^{n-1} u\left(\frac{x}{x^2 + y^2}, \frac{y}{x^2 + y^2}\right)$ будет также n -гармонична.

Наконец, получено общее решение уравнения (21) в виде (22), где $g(z)$ определяется формулой (23).

Ф. Г. МАГСУДОВ

ҺӘЙӘЧАНЛАНДЫРЫЛМЫШ ХҮСУСИ ТӨРӘМӘЛИ ДИФЕРЕНЦИАЛ ОПЕРАТОРУН МӘХСУСИ ВЭ ГОШУЛМУШ ФУНКЦИЯЛАРЫ СИСТЕМИНИН ТАМЛЫҒЫ ҺАҒЫНДА

Физика вэ техниканын бир чох мәсәләләри мүйәйән H нилберт фәзасындан көтүрүлмүш f үнсүрүнү бу фәзада тәсир эдән L хәтти дифференциал операторунун мәхсуси вэ гошулмуш үнсүрләринә көрә тәфриг мәсәләсинә кәтирилир. Бунунла әлагәдар олараг L операторунун спектри, мәхсуси вэ гошулмуш үнсүрләр системинин тамлығы вэ с. бу кими мәсәләләрин өйрәнилмәси чох зәруридир. Өз-өзүнә гошма оператордан фәргли олараг өз-өзүнә гошма олмәян операторларын үмуми спектрал нәзәрийәси олмадығындан бу мәсәләләр белә операторлар үчүн чох аз өйрәнилмишдир.

Биринчи дәфә 1908-чи илдә Д. Биркхоф [1, 2] өз-өзүнә гошма олмаян регуляр ади дифференциал оператора бахмышдыр. Сонралар Я. Д. Тамаркин [3, 4], Р. Лангер [5, 6], М. Стоун [7] вэ башгалары башлыча олараг Д. Биркхофун нәтичәләринин мүхтәлиф үмумиләшдирмәләри илә мәшғул олмушлар.

1936-чы илдә Т. Карлеман [8] өз-өзүнә гошма олмаян регуляр хусуси төрәмәли дифференциал операторлар бахмыш вэ бу операторларын мәхсуси әдәлләри үчүн асимптотик дүстур вермишдир.

1951-чи илдә академик М. В. Келдыш [9] мүхәррәд шәкилдә көтүрүлмүш операторлар бахараг чох үмуми нәтичәләр алмышдыр. Хусуси һалда бу нәтичәләрдән Т. Карлеманын нәтичәләри алыныр. Сонракы тәдгигатлар көстәрир ки, М. В. Келдышын нәтичәләрини өз-өзүнә гошма олмаян сингуляр дифференциал операторлар да тәтбиг этмәк олар.

1952-чи илдә И. М. Гелфанд [10] икинчи тәртиб хусуси төрәмәли сингуляр дифференциал операторун спектринин гурулушуну өйрәнишдир.

М. А. Наймарк [11, 12, 13] икинчи тәртиб ади сингуляр дифференциал операторлар бахмыш вэ бунларын спектрини вэ $L_2(0, \infty)$ -дан көтүрүлмүш $f(x)$ функциясынын бу операторларын мәхсуси вэ гошулмуш функцияларына көрә тәфриг мәсәләсини өйрәнишдир.

З. И. Хәлилов [14] мүхәррәд шәкилдә көтүрүлмүш мүйәйән синиф өз-өзүнә гошма олмаян операторлар спектринин гурулушуну өйрәнишдир. Бу операторлар үмумийәтлә гейри-мәһдуд олдуғундан алыннан нәтичәләри өз-өзүнә гошма олмаян сингуляр дифференциал операторлар үчүн дә сөйләмәк олар.

Икинчи тәртибади сингуляр дифференциал операторлара Б. Я. Левин [15], И. Шварс [16], В. Б. Лидски [17, 18, 19] бахмышлар.

Бу ишдә ашағыдакы мәсәләйә бахылыр.

$L_2(E_3)$ фәзасында тә'сир эдән

$$L_0 u = -\Delta u + p(x, y, z) u$$

операторуна бахаг. Бурада $p(x, y, z)$ —һәр бир сонлу областда чәмләнен вә мәһдуд, һәгиги функциядыр. L_0 операторунун тә'йин областы олан D_{L_0} элә и функциялары чохлуғундан ибарәтдир ки, бунларын өвләри вә икинчи тәртибә гәдәр бүтүн төрәмәләри кәсилмәз вә $-\Delta u + p(x, y, z) u \in L_2(E_3)$ шәртини өдәйирләр.

Тутаг ки, $p(x, y, z)$ функциясы ашағыдан мәһдуддур вә

$$\lim_{r \rightarrow \infty} p(x, y, z) = \infty; (r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}) \quad (1)$$

шәртини өдәйир. Мә'лумдур ки, бу шәртләр дахилиндә L_0 оператору ярыммәһдуд өз-өзүнә гошма оператор олур¹. Бу һалда L_0 операторунун спектри сырф дискрет олуб, онун мәхсуси вә гошулмуш функциялары там систем тәшкил эдир.

Гейд эдәк ки, $p(x, y, z) \geq 1$ олдуғда L_0 операторунун тәрси олан

L_0^{-1} оператору тамам кәсилмәз олдуғундан $L_0^{-\frac{1}{2}}$ оператору да тамам кәсилмәз олур.

Инди фәрз эдәк ки, $q(x, y, z)$ һәр бир сонлу областда чәмләнен вә мәһдуд комплекс функциядыр. $L_2(E_3)$ фәзасында тә'сир эдән

$$Lu = L_0 u + q(x, y, z) u \quad (2)$$

операторуна бахаг. L оператору өз-өзүнә гошма олмаян оператордур, L операторуна L_0 операторунун һәйәчанландырылмышы кими бахсаг, ашағыдакы мәсәләйә бахмаг олар: $p(x, y, z)$ вә $q(x, y, z)$ функциялары һансы шәртләри өдәмәлидирләр ки, L_0 операторунун һәйәчанландырылмышы олан L операторунун спектри сырф дискрет галыб онун мәхсуси вә гошулмуш функциялары системинин тамлығы позулмасын.

Гейд эдәк ки, икинчи тәртиб ади дифференциал оператор үчүн гошулмуш бу чүр мәсәләйә М. А. Наймарк [13], И. Шварс [16], В. Б. Лидски [17] бахмышлар вә бу мәсәләнин һәлли үчүн һәр бири мүйәйән кафи шәртләр вермишләр. Бу ишдә биз В. Б. Лидскинин ишләтдийи үсулдан истифадә эдәрәк L оператору үчүн гошулмуш бу чүр мәсәләнин һәлли үчүн кафи шәрт веририк.

Тутаг ки, P икинчи тәртибә гәдәр кәсилмәз төрәмәләри олан финит функцияларын чохлуғудур. Фәрз эдәк ки, $p(x, y, z)$ вә $q(x, y, z)$ функциялары

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{|q(x, y, z)|}{p(x, y, z)} = 0 \quad (3)$$

шәртини өдәйирләр.

Лемма 1. $p(x, y, z)$ вә $q(x, y, z)$ функциялары (3) шәртини өдәдикдә $\sqrt{q} L_0^{-\frac{1}{2}}$ оператору тамам кәсилмәз $L_0^{-\frac{1}{2}} \sqrt{q}$ операторунун исә P чохлуғундан гапанмасы тамам кәсилмәздир.

Исбаты. Көстәрәк ки, $\sqrt{q} L_0^{-\frac{1}{2}}$ оператору $f \in L_2(E_3)$ $\|f\| \geq 1$ функцияларыны компакт чохлуға ин'икас этдирик.

¹ L_0 операторунун $p(x, y, z) \geq -C^2$ шәрти дахилиндә өз-өзүнә гошма олдуғун Т. Карлеман көстәрмишдир.

Тутаг ки, $h = L_0^{-\frac{1}{2}} f$ онда $f = L_0^{\frac{1}{2}} h$,

$$\|f\| = (L_0^{\frac{1}{2}} h, L_0^{\frac{1}{2}} h) = (L_0 h, h).$$

L_0 оператору гапалы олдуғундан асанлыгла көстәрмәк олар ки,

$$(L_0 h, h) = \int \int \int \left[\left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial z} \right)^2 + P |h|^2 \right] dx dy dz.$$

$\|f\| \leq 1$ олдуғундан алырыг ки,

$$\int \int \int \left[\left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial z} \right)^2 + P |h|^2 \right] dx dy dz \leq 1. \quad (4)$$

Көстәрәк ки, $\{h\}$ чохлуғу компактдыр. Үмумилийн позмадан фәрз эдә биләрик ки, $p(x, y, z) \geq 1$ онда (3) шәртинә көрә истәнилән $\varepsilon < 0$ үчүн элә N эдәди тапмаг олар ки, $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} > N$ шәртини өдәйән бүтүн (x, y, z) -ләр үчүн

$$|q(x, y, z)| \leq \frac{\varepsilon}{2} p(x, y, z) \quad (5)$$

олар. Онда (4) бәрабәрсизлиийиндән алырыг:

$$\int \int \int_{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} > N} |V\bar{q}|^2 |h|^2 dx dy dz \leq \frac{\varepsilon}{2} \int \int \int_{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} > N} P |h|^2 dx dy dz \leq \frac{\varepsilon}{2} \quad (6)$$

(4) бәрабәрсизлиийи көстәрик ки, $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} < N$ областында тә'йин олунмуш квадраты илә чәмләнен $\{h\}$ функциялары компакт чохлуғ тәшкил эдир [20]. $q(x, y, z)$ функциясы бу областда мәһдуд олдуғундан $\{V\bar{q}h\}$ функциялары да компакт чохлуғ тәшкил эдир. Тутаг ки, $\{u_i\}$ функциялары $\{V\bar{q}h\}$ функциялары үчүн сонлу $\frac{\varepsilon}{2}$

шәбәкә тәшкил эдир. Онда көстәрәк ки,

$$V_1 = \begin{cases} u_i & (x, y, z) \in \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \leq N, \\ 0 & (x, y, z) \in \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} > N. \end{cases}$$

шәкилдә көтүрүлмүш $\{V_i\}$ функциялары бүтүн фәзада $\{V\bar{q}h\}$ функциялары үчүн сонлу ε шәбәкә тәшкил эдир. Доғрудан да

$$\begin{aligned} \int \int \int_{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} < N} [V\bar{q}h - V_1]^2 dx dy dz &= \int \int \int_{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} < N} |V\bar{q}h - u_i|^2 dx dy dz + \\ &+ \int \int \int_{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} > N} (|V\bar{q}|)^2 |h|^2 dx dy dz \leq \varepsilon. \end{aligned}$$

Демәли $\{V\bar{q}h\}$ функциялары компакт чохлуғ тәшкил эдир. Йә'ни $\sqrt{q} L_0^{-\frac{1}{2}}$ оператору тамам кәсилмәз оператордур. Айдындыр ки, $\sqrt{q} L_0^{-\frac{1}{2}}$ вә $(\sqrt{q} L_0^{-\frac{1}{2}})^*$ операторлары да тамам кәсилмәдир.

Тутаг ки, $u, v \in P$; онда

$$(u, (\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}})^* v) = (\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}} u, v) = (u, L_0^{-\frac{1}{2}} \bar{V}q v).$$

Бурадан көрүнүр ки, һәр ердә сых P чохлауғунда $(\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}})^*$ тамам кә-
силмәз оператору $L_0^{-\frac{1}{2}} \bar{V}q$ оператору илә үст-үстә дүшүрләр. Она көрә
дә $L_0^{-\frac{1}{2}} \bar{V}q$ операторунун гапанмасы тамам кәсилмәз оператор олур.

Бунунла да лемма исбат олунду. Фәрз әдәк ки, Q чохлауғу $u = L_0^{-\frac{1}{2}} v$
шәклиндә функцияларын чохлауғудур $v \in P$. Көстәрәк ки, Q -чохлауғу
 $L_2(E_3)$ -дә сыхдыр. Доғруданда, $f \in L_2(E_3)$ көтүрәк.

$$0 = (u, f) = (L_0^{-\frac{1}{2}} v, f) = \bar{V} \bar{\lambda}(v, f).$$

$\bar{V} \bar{\lambda} = 0$ L_0 операторунун спектринә дахил олмадығындан $(v, f) = 0$
олар. Дикәр тәрәфдән P чохлауғу $L_2(E_3)$ -дә сых олдуғундан $f = 0$
олар. Демәли Q -чохлауғу $L_2(E_3)$ -дә сыхдыр.

Л е м м а 2. Q чохлауғундан $L_0^{-\frac{1}{2}} q L_0^{-\frac{1}{2}}$ операторунун гапанмасы,
К, тамам кәсилмәз оператордур.

И с б а т ы. $u, v \in Q$ көтүрәк. Онда

$$(u, L_0^{-\frac{1}{2}} q L_0^{-\frac{1}{2}} v) = (L_0^{-\frac{1}{2}} q L_1^{-\frac{1}{2}} u, v) = (\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}} u, \bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}} v) = \\ = (u, (\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}})^* (\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}}) v).$$

олар.

Демәли һәр ердә сых Q чохлауғунда $(\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}})^* (\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}})$ тамам
кәсилмәз оператору илә $L_0^{-\frac{1}{2}} q L_0^{-\frac{1}{2}}$ оператору үст-үстә дүшүр.

Она көрә дә $L_0^{-\frac{1}{2}} q L_0^{-\frac{1}{2}}$ операторунун гапанмасы олан К оператору
тамам кәсилмәз оператордур.

Л е м м а 3. L операторунун P чохлауғундан гапанмасы олан $\bar{L}$
операторунун тәрси $(\bar{L})^{-1}$ оператору вар вә о тамам кәсилмәз
оператордур, белә ки,

$$(\bar{L})^{-1} = L_0^{-\frac{1}{2}} (E + K)^{-1} L_0^{-\frac{1}{2}}.$$

И с б а т ы. Әввәлчә көстәрәк ки, $(E + K)^{-1}$ оператору вар. Бунун
үчүн көстәрәк ки, $\|K\| < 1$

Тутаг ки, $u, v \in Q$ онда

$$(\bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}} u, \bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}} v) = (\| \bar{V}q \|^2 h, h) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int \int |\bar{V}q|^2 |h|^2 dx dy dz.$$

(3) шәртинә көрә элә бөйүк μ әдәди сечмәк олар ки,

$$|q| \leq \varepsilon_0 (P + \mu)$$

шәрти E_3 -дән көтүрүлмүш бүтүн (x, y, z) -ләр үчүн өдәнәр. Онда
аларыг

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int \int |\bar{V}q|^2 |h|^2 dx dy dz < \varepsilon_0 < 1.$$

яхуд

$$\| \bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}} \| < \varepsilon_0 < 1$$

Дикәр тәрәфдән

$$\|K\| \leq \| \bar{V}q L_0^{-\frac{1}{2}} \|^2 < \varepsilon_0 \quad (7)$$

(7) көстәрир ки, $(F + K)^{-1}$ оператору вар.

Инди $F = L_0^{-\frac{1}{2}} (E + K)^{-1} L_0^{-\frac{1}{2}}$ көтүрәк. Көстәрәк ки, $f \in P$ олдуғда
 $FLf = f.$ (8)

олар. Доғрудан да $f, v \in P$ олдуғда

$$(FLf, v) = (L_0^{-\frac{1}{2}} (E + K)^{-1} L_0^{-\frac{1}{2}} (L_0 + q)f, v) = \\ = (L_0^{-\frac{1}{2}} (E + K)^{-1} (E + K) L_0^{-\frac{1}{2}} f, v) = (f, v)$$

$v \in P$ ихтияри олдуғундан (8) бәрәбәрлийинин доғру олдуғу алыныр.
Бурадан көрүнүр ки, P чохлауғунда L^{-1} оператору вар вә $L^{-1} = F$.
 F оператору мәһдуд олдуғундан L^{-1} оператору да мәһдуддур. Она
көрә дә онун гапанмасы олан $\bar{L}^{-1}$ оператору вар. Онда L оператору-
нун да гапанмасы $\bar{L}$ вар вә

$$\bar{L}^{-1} = F.$$

F оператору тамам кәсилмәз олдуғундан $\bar{L}^{-1}$ оператору да тамам кә-
силмәз олар. Бурадан чыхыр ки, $\bar{L}$ операторунун спектри дискрет
олар.

Л е м м а 4. $\bar{L}$ операторунун мәхсуси вә гошулмуш функциялары
 $\{f_n\}$,

$$g = (-K)g + \lambda L_0^{-1} g \quad (9)$$

тәнлийиндән $L_0^{-\frac{1}{2}}$ операторуну тәтбигәтмәклә алыныр, $f_n = L_0^{-\frac{1}{2}} g_n$
 $\bar{L}$ операторунун спектри илә (9) тәнлийин спектри үст-үстә дүшүр.

И с б а т ы. (9) тәнлийин һәр тәрәфинә $L_0^{-\frac{1}{2}}$ операторуну тәтбиг
этсәк аларыг.

$$L_0^{-\frac{1}{2}} g_n = L_0^{-\frac{1}{2}} L_0^{\frac{1}{2}} q L_0^{-\frac{1}{2}} g_n + L_0^{-\frac{1}{2}} \lambda L_0^{-\frac{1}{2}} L_0^{-\frac{1}{2}} g_n$$

яхуд

$$f_n = L_0^{-1} q f_n + \lambda L_0^{-1} f_n,$$

бурадан

$$(\bar{L}_0 + q) f = \lambda f_n$$

олдуғуну алырыг. Инди тәрсинә, әкәр

$$\bar{L} f = \lambda f \quad (10)$$

тәнлийинин һәр тәрәфинә $L_0^{-\frac{1}{2}}$ оператору илә тә'сир этсәк, юхарыда
көстәрилән гайда илә (9) тәнлийи аларыг.

Инди, $\alpha = x + r \sin \theta \cos \varphi$, $\beta = y + r \sin \theta \sin \varphi$,

$\gamma = z + r \cos \theta$ көтүрәк вә фәрз әдәк ки $p(x, y, z)$ функциясы ашағы-
дакы шәртләри өдәйир.

$$1. \quad |p(x, y, z)| < Ae^{c\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}}; \quad (11)$$

$$2. \quad |p(\alpha, \beta, \gamma) - p(x, y, z)| < Ar[p(x, y, z)]^a \quad r \leq 1. \text{ оlanda} \\ p(x, y, z) < Ae^{\frac{1}{2}r\sqrt{p(x, y, z)}} \quad r > 1 \text{ оlanda} \quad (12) \\ \left(0 \leq a \leq \frac{3}{2}\right)$$

3. Ихтияри мүсбэт τ үчүн

$$\int \int \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx dy dz}{(p(x, y, z) + \mu)^\tau} < +\infty, \quad (13)$$

онда Е. К. Титчмарш теореминэ көрө [21].

$$\sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n^{-\tau-1} < +\infty$$

сырасы йыгылыр. Бурадан көрүнүр ки, $L_0^{-\tau}$ операторунун мүтлөг нормасы сонлудур.

К оператору тамам кәсилмәз, L_0^{-1} операторунун исә мүтлөг нормасы сонлу олдуғундан М. В. Келдыш теореминэ көрө (9) тәнлийин мэхуси вә гошулмуш функциялары системи тамдыр. Онда 4-чү лемма көрө L операторунун да мэхуси вә гошулмуш функциялары

системи там олар. Чүнки $L_0^{-\frac{1}{2}}$ оператору һәр ердә сых чохлаға ке-
чирир. Беләликлә, биз ашағыдакы теорем исабат этмиш олдуғ.

Теорем. Тутаг ки, $p(x, y, z)$ функциясы (1), (11), (12), (13) шөртләрини өдәйир.

Онда L операторунун мэхуси вә гошулмуш функциялары систе-
минин $L_2(E_3)$ фәзасында там олмасы үчүн кафи шөрт

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{|q(x, y, z)|}{p(x, y, z)} = 0, \quad (z = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2})$$

олмасыдыр.

Гейд эдәк ки, теорем

$$Lu = -\Delta u + p(x, y, z)u + q(x, y, z)u + Bu$$

оператору үчүн доғрудур. Бурада B , $L_2(E_3)$ фәзасында тәйин олун-
муш истәнилән мөһдуд оператордур.

Нәһайәт, гейд эдәк ки, эйни гайда илә n өлчүлү $[L]$ оператору
үчүн дә бу теорем исабат этмәк олар.

Гиймәтли мәсләһәтләрү үчүн академик З. И. Хәлилова өз тәшәк-
күрүмү билдирирәм.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Birkhoff G. D. Trans. Amer. Math. Soc. (1908), 219—231.
2. Birkhoff G. D. Trans. Amer. Math. Soc. 8 (1908), 273—395.
3. Тамаркин Я. Д. О некоторых общих задачах теории обыкновенных линейных дифференциальных уравнений, П., 1917.
4. Tamarkin J. Math. Zeitschr. 1927, 27, 1—54.
5. Langer R. Trans. Amer. Soc. 36 (1934), 90—106.

6. Langer R. Trans. Amer. Math. Soc. 67 (1949), 461—290.
7. Stone M. H. Trans. Amer. Math. Soc. 28 (1926), 625—761.
8. Carleman T. Berichte Sächs. Akad. Wiss zu Leipzig, Math. Phys. Klasse, 88 (1936), 119—134.
9. Келдыш М. В. ДАН, 1951, 77, 11—14.
10. Гельфанд И. М. УМН, VII, вып. 6 (52) (1952), 183—184.
11. Наймарк М. А. ДАН, 85 (1952) 41—44.
12. Наймарк М. А. ДАН, 89 (1953) 43—46.
13. Наймарк М. А. ДАН, 98 (1954) 727—730.
14. Хәлилов З. И. Азәрбайжан Дөвләт Университетинин әлми Әсәрләри, № 1, 1955.
15. Левин Б. Я. ДАН, 1956, 106, 187—190.
16. Schwartz. Pacific J. of Math. 4, № 3 (1954).
17. Лидский Б. В. ДАН, 1956, 110, 172—175.
18. Лидский Б. В. ДАН, 1957, 112, 994—997.
19. Лидский Б. В. ДАН, 1957, 113, 28—31.
20. Молчанов А. М. Тр. Московск. матем. общ. 1953, 2.
21. Titchmarsh E. C. Proc. London. Math. Soc. (3), 3 (1953), 153—169.

Ф. Г. Максудов

О полноте системы собственных и присоединенных функций возмущенного дифференциального оператора в частных производных

РЕЗЮМЕ

Рассматривается оператор

$$L_0 u = -\Delta u + p(x, y, z)u,$$

действующий в гильбертовом пространстве $L_2(E_3)$, где Δ трехмерный оператор Лапласа, а $p(x, y, z) \geq -c^2$ — суммируемая и ограниченная в каждой конечной области, удовлетворяющая условиям (1), (11), (12), (13) действительная функция. При этих условиях оператор L_0 является самосопряженным оператором, имеющим чисто дискретный спектр. Оператор L_0^{-1} является вполне непрерывным оператором, обладающим конечной абсолютной нормой, т. е.

$$\sqrt{S_p(L_0^{-1}) * L_0^{-1}} < +\infty.$$

Наряду с оператором L_0 рассматривается возмущенный оператор

$$Lu = L_0 u + q(x, y, z)u,$$

где $q(x, y, z)$ — суммируемая и ограниченная по модулю в каждой конечной области комплексная функция.

Очевидно, оператор L является вообще несамосопряженным оператором.

Рассматривается следующая задача: каким условиям надо подчинить функцию $p(x, y, z)$ и $q(x, y, z)$, чтобы оператор имел чисто дискретный спектр и сохранилась полнота системы собственных и присоединенных функций оператора L .

Доказана следующая теорема:

Если функция $p(x, y, z)$ удовлетворяет условиям (1), (11) (12), (13), то для полноты системы собственных и присоединенных функций оператора L в $L_2(E_3)$ достаточно, чтобы

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \frac{|q(x, y, z)|}{p(x, y, z)} = 0,$$

где

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

Ю. А. МАХМУДОВ

ВЫХОДНОЕ УСТРОЙСТВО УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ МАШИНЫ НА МАГНИТНЫХ (ФЕРРИТОВЫХ) ЭЛЕМЕНТАХ

Результаты вычислений на машине выдаются на выходное устройство. Выходное устройство состоит из печатающей машины и схемы управления ее. В настоящее время в качестве печатающей машины используется телеграфный аппарат СТ-35, применение которого дает возможность одновременно с печатанием результатов вычисления также перфорировать их на перфоленте. Таким образом, записанная на перфоленте информация может быть введена опять в машину, если она нужна для решения других задач.

Имеется возможность печатания результатов вычисления как с арифметического, так и с запоминающего устройства машины. В частности, выходное устройство может быть использовано для проверки готовых блоков УПП (устройства постоянной памяти). Результаты вычислений печатаются в десятичной системе счисления.

Устройство центрального управления машиной обеспечивает одновременную работу печатающего устройства с блоком арифметического устройства. То есть, если после первой команды, в которой имеется обращение к выходному устройству, приходит другая команда, в которой не имеется обращения к выходному устройству, последняя выполняется машиной. Но если в очередной команде имеется обращение к выходному устройству, то последняя команда не может быть выполнена. Эта команда запоминается в УАК (устройство анализатора команд) до конца выполнения предыдущей команды печати. Только после этого выполняется очередная команда, запомненная в УАК. Такое управление позволяет одновременно с печатанием результатов выполнять и другие операции.

Одновременная работа печатающего устройства и блоков арифметического устройства возможна благодаря тому, что перевод чисел из двоичной системы в десятичную (двоично-десятичную) производится специальной схемой, собранной в выходном устройстве. Поэтому при переводе не нужны арифметические блоки.

Взаимодействие отдельных узлов выходного устройства

Как видно из рис. 1, выходное устройство состоит из следующих узлов:

1. Преобразователя с двоичного кода в двоично-десятичный код.
2. Преобразователя с двоично-десятичного кода в код СТ-35.
3. Выходного распределителя разрядов числа.

Ю. А. МАХМУДОВ

ВЫХОДНОЕ УСТРОЙСТВО УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ МАШИНЫ НА МАГНИТНЫХ (ФЕРРИТОВЫХ) ЭЛЕМЕНТАХ

Результаты вычислений на машине выдаются на выходное устройство. Выходное устройство состоит из печатающей машины и схемы управления ее. В настоящее время в качестве печатающей машины используется телеграфный аппарат СТ-35, применение которого дает возможность одновременно с печатанием результатов вычисления также перфорировать их на перфоленте. Таким образом, записанная на перфоленте информация может быть введена опять в машину, если она нужна для решения других задач.

Имеется возможность печатания результатов вычисления как с арифметического, так и с запоминающего устройства машины. В частности, выходное устройство может быть использовано для проверки готовых блоков УПП (устройства постоянной памяти). Результаты вычислений печатаются в десятичной системе счисления.

Устройство центрального управления машиной обеспечивает одновременную работу печатающего устройства с блоком арифметического устройства. То есть, если после первой команды, в которой имеется обращение к выходному устройству, приходит другая команда, в которой не имеется обращения к выходному устройству, последняя выполняется машиной. Но если в очередной команде имеется обращение к выходному устройству, то последняя команда не может быть выполнена. Эта команда запоминается в УАК (устройство анализатора команд) до конца выполнения предыдущей команды печати. Только после этого выполняется очередная команда, запомненная в УАК. Такое управление позволяет одновременно с печатанием результатов выполнять и другие операции.

Одновременная работа печатающего устройства и блоков арифметического устройства возможна благодаря тому, что перевод чисел из двоичной системы в десятичную (двоично-десятичную) производится специальной схемой, собранной в выходном устройстве. Поэтому при переводе не нужны арифметические блоки.

Взаимодействие отдельных узлов выходного устройства

Как видно из рис. 1, выходное устройство состоит из следующих узлов:

1. Преобразователя с двоичного кода в двоично-десятичный код.
2. Преобразователя с двоично-десятичного кода в код СТ-35.
3. Входного распределителя разрядов числа.

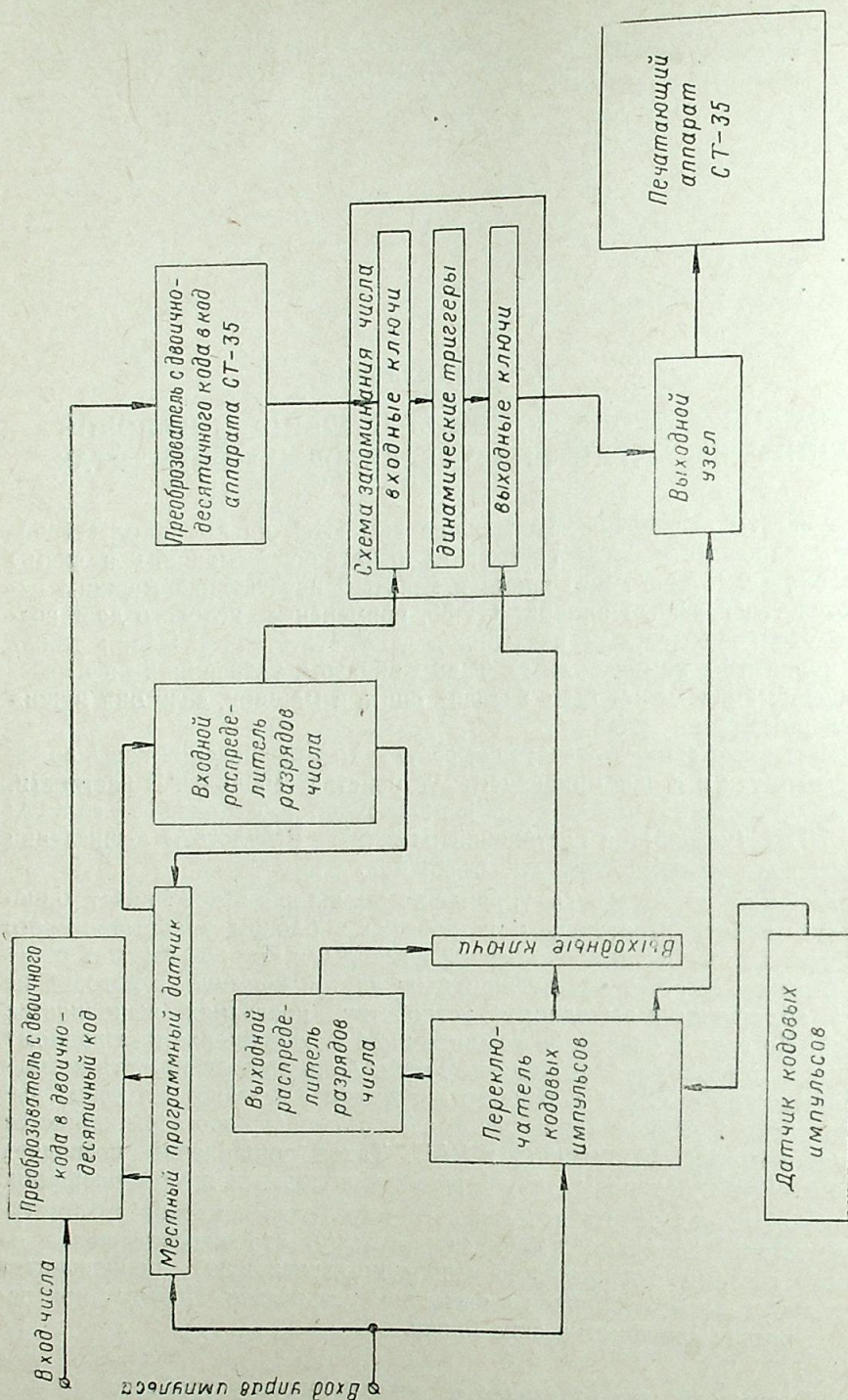


Рис. 1

Блок-схема выходного устройства

4. Схемы запоминания числа.
5. Местного программного датчика.
6. Датчика кодовых импульсов.
7. Переключателя кодовых импульсов одного разряда.
8. Выходного распределителя разрядов числа.
9. Выходного узла.

Как упоминалось выше, результат вычислений печатается в десятичной системе. Поскольку после вычислений в машине результат получается в двоичной системе, то необходимо преобразовать двоичное число в десятичное.

Ввиду того, что в качестве печатающей машины используется аппарат СТ-35, необходимо перед печатанием результатов вычисления перевести последние в код аппарата СТ-35. Непосредственный переход из двоичной системы в код СТ-35 невозможен. Поэтому сначала результат вычисления преобразуется с двоичного кода в двоично-десятичный. После этого двоично-десятичный код числа поступает на второй преобразователь, где он преобразуется в код аппарата СТ-35. Преобразователь из двоично-десятичного кода в код СТ-35 каждый раз преобразует только один десятичный разряд. На выходе преобразователя из двоичного кода в двоично-десятичный код десятичные разряды числа получаются один за другим, начиная со старшего разряда. Для распределения разрядов числа, соответственно их весам, используется входной распределитель. На выходе преобразователя из двоично-десятичного кода в код СТ-35 последовательно получаем разряды числа, выраженные в коде СТ-35. Выходной распределитель располагает их в схеме запоминания числа согласно их весам.

С поступлением числа на преобразователь из двоичного кода в двоично-десятичный, на вход местного программного датчика подается запускающий импульс. После этого датчик вырабатывает управляющие импульсы, необходимые для работы всех узлов выходного устройства. Датчик кодовых импульсов вырабатывает все время одиночные импульсы, соответствующие временному расположению кодовых импульсов аппарата СТ-35. Эти одиночные импульсы поступают на вход переключателя кодовых импульсов одного разряда, где они преобразуются в серии импульсов.

При помощи выходного распределителя разрядов числа эти кодовые импульсы последовательно, начиная со старшего разряда, подаются на выходные ключи схемы запоминания числа. Знак числа идет впереди старшего разряда числа. Отрицательный знак печатается, пробел означает положительный знак.

С выхода схемы запоминания числа кодовые импульсы одного разряда числа поступают на выходной узел. В выходном узле эти импульсы усиливаются, формируются и подаются на обмотку реле, которое коммутирует цепь питания электромагнита аппарата СТ-35.

Необходима синхронная работа схемы управления печатающим устройством и аппарата СТ-35. Это легко обеспечивается, так как печатающий аппарат СТ-35 старт-стопного принципа действия, т. е. аппарат после печатания одного знака останавливается и ждет следующего запускающего импульса. Поэтому, увеличивая продолжительность стопового импульса аппарата, можно выравнять расхождения между скоростью вращения мотора аппарата и частотой тактовых импульсов магнитной системы. Вернее, этим устраняется накопление расхождения между скоростью вращения мотора и частотой повторения тактовых импульсов магнитной системы.

Ниже приводятся конкретные схемы отдельных узлов. Все эти схемы выполнены на трехтактных магнитных (ферритовых) элементах, работающих на частоте тактовых импульсов питания равной 30 кГц. В схемах использованы следующие типы магнитных элементов:

1. Накопительный элемент Π — используется в регистрах для кратковременного заполнения чисел, в линиях задержки и т. д.
2. Усилительный элемент M — используется для усиления мощности сигналов.
3. Элемент разноименности P — выполняет логическую операцию отрицания равнозначности.
4. Элемент совпадения I — выполняет операцию логического умножения.
5. Динамический триггер T .
6. Элемент запрета $З$ — выполняет логическую операцию «Отрицание».
7. Генерирующий элемент G — выполняет роль задающего генератора. Элемент G выдает на выходе импульсы 1 каждым тактом работы импульсного источника питания.

Преобразователь из двоичного кода в двоично-десятичный код

В машине числа выражаются в двоичной системе с фиксированной перед старшим разрядом запятой, т. е. все числа представляются в виде правильных дробей. Знаковый разряд расположен впереди числа.

Как известно, для перевода правильной дроби из p -ричной системы в q -ричную дробное число необходимо множить на основание последней, т. е. на q . Из полученного произведения выделяется целая часть, которая является старшим разрядом переводимого числа в q -ричной системе.

Дробная часть произведения опять умножается на q и снова из полученного произведения выделяется целая часть и т. д. Повторяя этот процесс, последовательно находят все разряды (начиная со старшего) переводимого числа q -ричной системе.

Для примера переведем число 0,6325 сначала в двоичную систему, а потом из двоичной системы в десятичную, вернее в двоично-десятичную. Умножается каждый раз только дробная часть на два, а целая часть выделяется.

Если теперь выписать все целые части слева направо, согласно той последовательности, с которой они получаются, то получим код числа 0,6325 в двоичной системе.

0,6325	×	2
1,2650	×	2
0,5300	×	2
1,0600	×	2
0,1200	×	2
0,2400	×	2
0,4800	×	2
0,9600	×	2
1,9200	×	2
1,8400	×	2
1,6800	×	2
1,3600	×	2
0,7200	×	2
1,4400	×	2
0,8800	×	2
1,7600	×	2

0,101000011110101.

Определив 15 разрядов, округляем до 14 разрядов.

0,101000011110101.
+ 1

0,101000011110110.

Пример 2 (обратный перевод).

Переведем число 0,10100001111011 в двоично-десятичную систему. Для этого число умножаем на десять — 1010 (в двоичной системе).

$$\begin{array}{r}
 \times 0,10100001111011 \\
 \hline
 0000000000000000 \\
 10100001111011 \\
 + 0000000000000000 \\
 10100001111011 \\
 \hline
 0110,01010011001110 \\
 \times 0,01010011001110 \\
 \hline
 0000000000000000 \\
 01010011001110 \\
 0000000000000000 \\
 01010011001110 \\
 \hline
 0011,01000000001100 \\
 \times 11,01000000001100 \\
 \hline
 01000000001100 \\
 + 01000000001100 \\
 \hline
 0010,10000001111000 \\
 \times 1010 \\
 \hline
 10000001111000 \\
 + 10000001111000 \\
 \hline
 0101,00010010110000
 \end{array}$$

Таким образом выделенные целые части дают двоично-десятичное изображение числа, начиная со старшего разряда. Если выпишем это, то получим:

$$0,0110.0011.0010.0101 = 0,6325$$

6 6 3 2 5

Как видно из второго примера, для того чтобы двоичный код числа перевести в двоично-десятичный, необходимо его умножить на основание десятичной системы, т. е. на десять, которое в двоичной системе записывается 1010. Из приведенного примера также видно, что для того, чтобы умножить какое-либо двоичное число на десять, достаточно это число сдвинуть на два разряда влево и сложить с самим числом. При этом необходимо к полученному результату справа приписать еще цифру 0. Теперь, если выделить целую часть из произведения, то мы получим самый старший разряд числа в двоично-десятичном изображении.

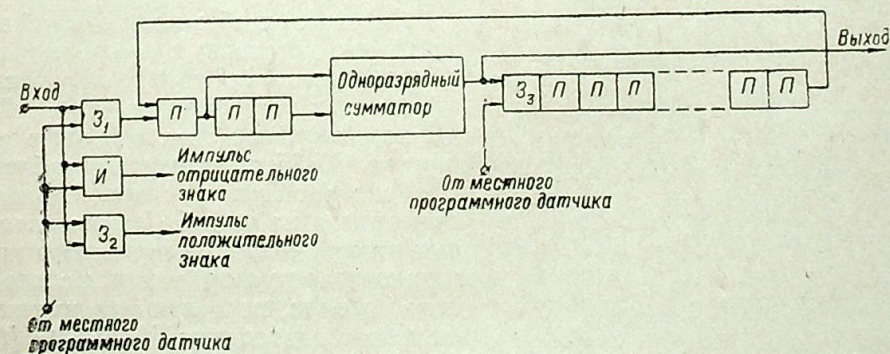


Рис. 2

Схема преобразователя из двоичного кода в двоично-десятичный

Все вышесказанное выполняется в схеме преобразователя из двоичного кода в двоично-десятичный код (см. рис. 2). Двоичное число поступает на вход преобразователя. На входном ключе, Z_1 снимается знак числа. Мантисса числа подается на вход 1 одноразрядного сумматора, на другой вход которого подается сдвинутый на два разряда влево (т. е. на два такта позже) мантисса этого же числа. На выходе сумматора получаем произведение, из которого необходимо выделить целую часть. Выход одноразрядного сумматора соединен непосредственно с выходными ключами преобразователя из двоичного кода в код аппарата СТ-35. На этих входных ключах I выделяется целая часть произведения. Дробная часть произведения с задержкой на 16 тактов снова подается на вход сумматора. Целая часть числа обратно на вход сумматора не подается, она стирается на ключе Z_3 .

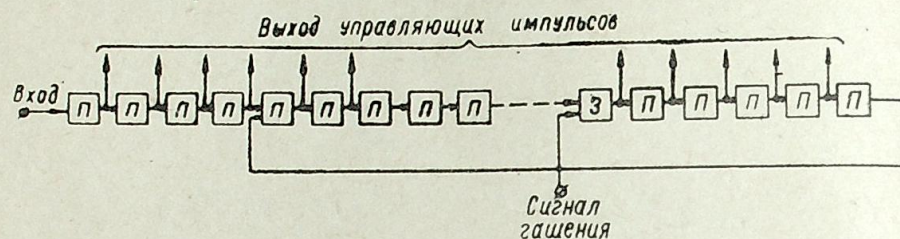


Рис. 3

Местный программный датчик

Используемые знаки	Кодовые импульсы				
	1	2	3	4	5
1	■				
2		■			
3			■		
4	■		■		
5	■	■	■		
6	■			■	
7		■			■
8			■		
9	■		■	■	
0	■	■	■	■	
—			■	■	■
Пробел (+)	■				■

Рис. 4

Пятизначный код аппарата СТ-35.

Эта операция повторяется четыре раза, соответственно получаем четыре десятичных разряда числа, начиная со старшего один за другим. После этого дробная часть числа стирается, она больше не нужна. Управление схемой преобразователя осуществляется от местного программного датчика, который представляет собой регистр из накопительных элементов Π с управляемыми ключами (см. рис. 3).

Преобразователь из двоично-десятичного кода в код аппарата СТ-35

Для того чтобы возможно было печатание десятичных цифр, необходимо двоично-десятичный код числа перевести в код аппарата СТ-35. Коды используемых знаков и цифр аппарата СТ-35 приводятся в таблице (см. рис. 4). Схема преобразователя приводится на рис. 5. Четыре двоичных разряда одного десятичного разряда один за другим, начиная с младшего разряда, поступают на выходы элементов совпадения I_1, I_2, I_3, I_4 . На другие входы этих ключей соответственно один за другим подаются четыре одинаковых импульса.

Если в каком-либо из четырех разрядов имеется импульс единицы, то он выйдет на выходе I . После прохождения всех четырех двоичных разрядов одного десятичного разряда на выходных элементах T получаем выражение этого десятичного разряда в коде аппарата СТ-35. Работу схемы объясним на примерах.

Допустим, что на вход преобразователя поступает двоично-десятичный код $0001 = 1$. В этом случае импульс I получим только на выходе элемента I_1 . Этот импульс запустит динамический триггер T_1 . Все остальные триггеры T_2, T_3, T_4 будут в невозбужденном состоянии. Эти триггеры соответствуют кодовым импульсам аппарата СТ-35. Вообще в аппарате СТ-35 используется пять кодовых импульсов, но в работе преобразователя участвуют только четыре кодовых импульса. Поэтому и взяты четыре динамических триггера. Если только триггер T_1 находится в возбужденном состоянии, а остальные в невозбужденном, то по таблице видно, что это соответствует коду единицы.

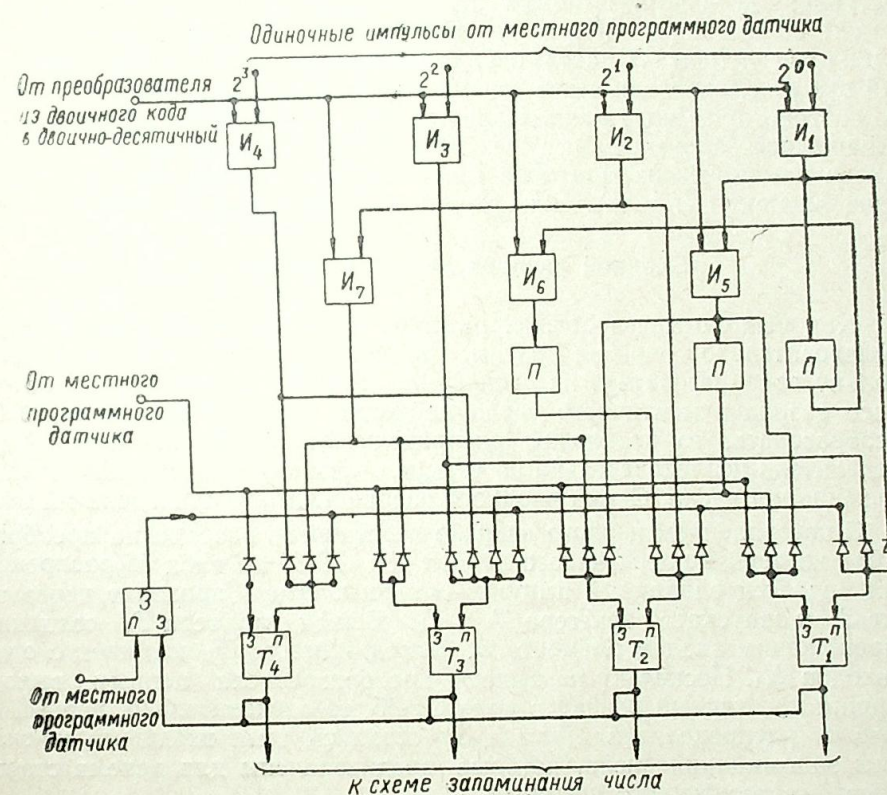
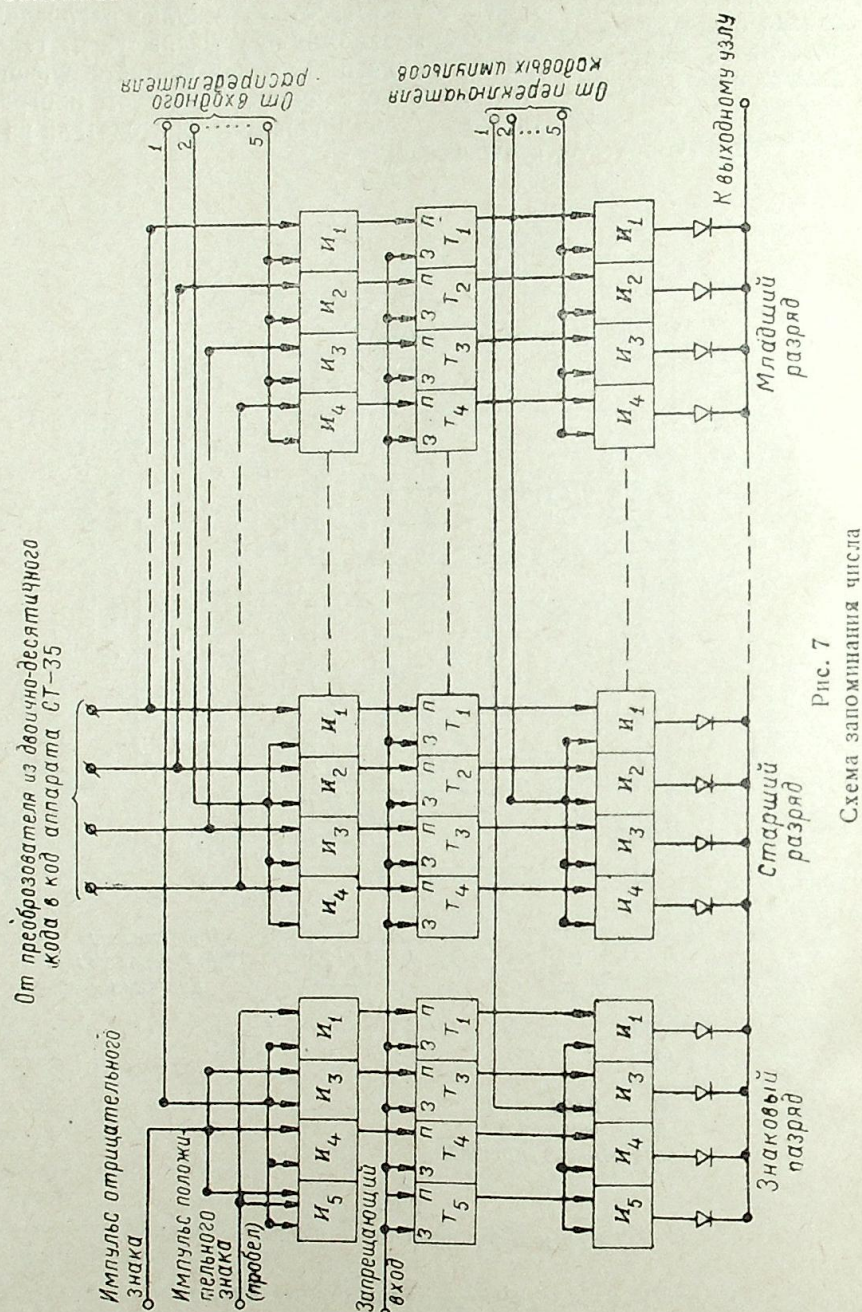


Рис. 5

Преобразователь из двоично-десятичного кода в код аппарата СТ-35.

Допустим, что на вход преобразователя поступает двоично-десятичный код 0011 , что соответствует тройке. В этом случае импульс I получим на выходе I_1 и I_2 . Легко заметить, что эти импульсы, проходя по определенным цепям преобразователя, в конечном итоге запустят триггер T_3 и погасят остальные триггеры. Из рис. 4 видно, что наличие генерации только в триггере T_3 соответствует коду тройки.

нения числа состоит из входных ключей (на элементах I), динамических триггеров для запоминания кодов чисел и выходных ключей (на элементах I). Кроме запоминания кодов десятичных разрядов числа, в схеме запоминаются и знаки числа.



Как было отмечено выше, отрицательное число пишется со знаком «—», расположенным впереди числа, т. е. раньше самого старшего разряда. Если число положительное, то впереди числа ничего не ставит-

ся, т. е. оставляется пробел. Как видно из таблицы (см. рис. 4), для записи кода отрицательного числа и кода «пробел», необходимы еще четыре триггера (T_1, T_3, T_4, T_5) с входными ключами (I_1, I_3, I_4, I_5). У входа преобразователя из двоичного кода в двоично-десятичный код проверяется знак числа на элементах $З_2, И$. Если знак отрицательный, то он выбирается на элементе $И$, выход элемента $И$ соединен с входами триггеров T_3, T_4, T_5 . Если знак положителен, то на выходе $З_2$ получаем импульс 1. Этот импульс запускает триггеры T_1 и T_5 , что соответствует коду «пробел».

Управление выходными ключами схемы запоминания числа осуществляется от схемы переключателя кодовых импульсов.

Датчик кодовых импульсов

В выходном устройстве машины аппарат СТ-35 работает как печатающая машина. Поэтому в данном случае аппарат используется для приема информации, т. е. работает приемная часть аппарата. Передатчиком в этом случае является машина. Следовательно, для правильной и устойчивой работы аппарата СТ-35, как приемника, необходимо в устройстве управления полностью имитировать работу передатчика, создать в нужный момент времени все необходимые кодовые импульсы с требуемыми продолжительностью и частотой повторения. Нормальная скорость работы аппарата СТ-35 — 382 оборота в минуту, что позволяет печатать 382 знака в минуту.

Код аппарата СТ-35 — пятизначный, но для пуска и остановки наборной муфты приемной части аппарата используется еще два служебных импульса, из которых один импульс пуска (стартовый) — бестоковый, а другой импульс остановки (стоповый) — токовый. Таким образом, для передачи или приема одного знака в аппарате СТ-35 предусмотрено всего семь импульсов: стартовый импульс, пять рабочих кодовых импульсов и стоповый импульс.

Продолжительность стартового импульса и кодовых импульсов одинакова, занимает 51° каждый импульс от полного оборота распределительной муфты; стоповый импульс занимает 54° .

Принимая во внимание, что частота повторения тактовых импульсов магнитной системы 30 кГц, легко сосчитать необходимое количество тактов для создания одного кодового импульса аппарата СТ-35.

Один оборот распределительной муфты занимает $60/382 \text{ сек.}$ Поворот распределительной муфты на 1° занимает $60/382 : 360 \text{ сек.}$, что приблизительно соответствует 13 тактовым импульсам магнитной системы.

Поскольку кодовый импульс аппарата СТ-35 занимает 51° , то это соответствует приблизительно $13 \times 51 = 661$ тактовым импульсам магнитной системы. А стоповый импульс — $13 \times 54 = 702$ тактовым импульсам.

Схема датчика кодовых импульсов позволяет получать необходимое количество тактовых импульсов магнитной системы.

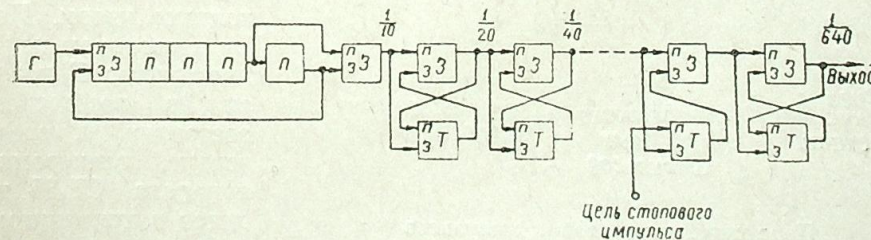


Рис. 8
Датчик кодовых импульсов

Как видно из рис. 8, датчик кодовых импульсов состоит из элемента Г, который выдает на выходе каждым тактом импульсы единицы, и делительных звеньев. Принцип работы делительных звеньев очевиден по схеме. Первое звено деления из сплошной генерации элемента Г вырабатывает импульсы 1:10, т. е. один импульс 1 и 9 нулей. Все остальные делительные звенья делят

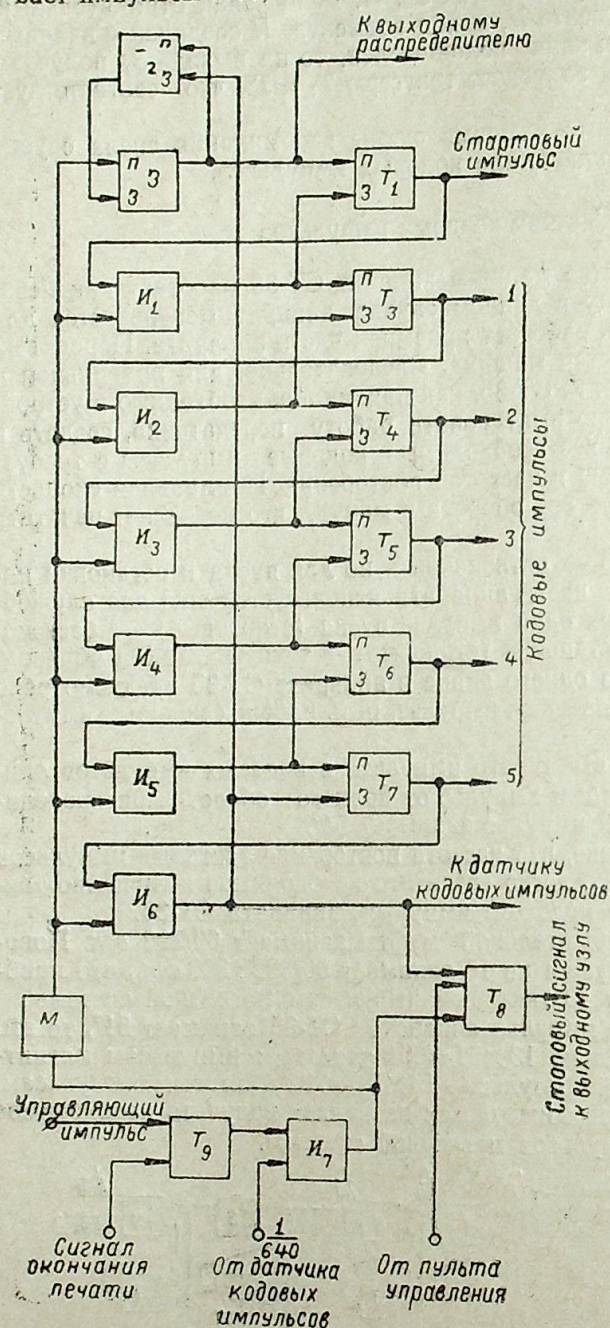


Рис. 9
Переключатель кодовых импульсов

тельные звенья делят поступающий на них вход код на два, т. е. из последовательных двух импульсов проходит только один. Всего таких звеньев шесть. На выходе датчика кодовых импульсов получаем один импульс за 640 тактов (ча. стоа тактовых импульсов около 28—28,5 кГц). Для получения стопового импульса используется специальная цепь, при помощи которой продолжительность стопового импульса увеличивается до 800 тактовых импульсов. Выход датчика ходовых импульсов соединен с выходом схемы переключателя кодовых импульсов.

С выхода датчика кодовых импульсов сигналы поступают на вход элемента совпадения I_7 , но так как на другой вход этого элемента ничего не подается, то и на выходе этого элемента никакого импульса не будет. С поступлением на вход выходного устройства числа, от УЦУ машиной подается одиночный управляющий импульс, который запускает как местный программный датчик, так и триггер T_9 в схеме переключателя кодовых импульсов. Выход триггера T_9 соединен с входом элемента I_7 .

Поскольку триггер T_9 подает на вход I_7 каждым тактом импульс 1, то на выходе элемента I_7 , получается сигнал только тогда, когда из датчика кодовых импульсов придет очередной импульс 1:640. Этот импульс, пройдя через I_7 , погасит триггер T_8 и через соответствующие развязывающие цепи поступит на общую шину переключателя кодовых импульсов. Это есть начало стартового (бестокового) импульса. Из общей шины первый стартовый импульс проходит через элемент 3, запускает триггеры T_1 и T_2 . Выход триггера T_2 соединен с запрещающим входом элемента 3, следовательно, он блокирует элемент 3. Выход триггера T_2 соединен с элементом I_1 , следовательно, элемент I_1 подготовлен для приема следующего импульса.

Через 640 тактов кода уже кончается стартовый импульс. На общую шину переключателя кодовых импульсов поступает второй импульс от датчика кодовых импульсов. Этот импульс пройдет только через элемент I_1 , так как подготовлен только он, и запустит триггер T_3 , погасит триггер T_1 . Запуском триггера T_3 начинается первый кодовый импульс. Поступлением третьего импульса от датчика кодовых импульсов кончается первый кодовый импульс, начинается второй, и т. д. Таким образом поступлением седьмого импульса от датчика кодовых импульсов заканчивается пятый кодовый импульс и начинается стоповый импульс. Седьмой импульс с выхода элемента I_6 запрещает триггеры T_2 и T_7 , запускает стоповый триггер T_8 . Поскольку продолжительность стопового импульса больше продолжительности остальных импульсов, то в датчик кодовых импульсов подается импульс, который задерживает выдачу следующего импульса с выхода датчика на 160 тактов. В результате восьмой импульс с выхода датчика получаем через 800 тактов. На стоповый импульс дается больше времени для того, чтобы возможно было выравнивание расхождения между скоростями работы магнитной системы и аппарата СТ-35 после каждого оборота.

Появление восьмого импульса означает начало второго оборота (стартовый импульс). И этим начинается повторение вышесказанных операций.

Если выходы первого, второго, третьего, четвертого и пятого кодовых импульсов соответственно соединить с одним из входов выходных ключей схемы запоминания числа, то на выходе этих ключей получим последовательность кодовых импульсов, соответствующих запомненному десятичному разряду. Поскольку десятичных разрядов четыре и один разряд — знак числа, то необходимо было бы иметь пять переключателей кодовых импульсов. Тогда можно было бы выход переключателя непосредственно соединить с выходными ключами схемы запоминания числа. Анализ схем показал, что гораздо выгоднее, аналогично входному распределителю, иметь и выходной распределитель разрядов.

Принцип работы выходного распределителя разрядов такой же, как и принцип работы входного распределителя (см. рис. 6). Так как числа записываются слева направо в обычном порядке, т. е. сначала знак числа, потом старшие разряды, а самым последним — младший разряд числа,

то соответственно распределитель разрядов так коммутирует выходные кодовых импульсов, что сначала на выходной узел выдается знаковый разряд, потом старшие разряды и т. д. Распределение разрядов осуществляется на выходных ключах переключателя кодовых импульсов.

С выдачей последнего кодового импульса — самого младшего разряда числа — вырабатывается на выходе распределителя сигнал окончания операции печати. Этот сигнал через соответствующие развязывающие элементы приводит в первоначальное состояние все цепи схемы управления выходным устройством. Сигнал конца операции печати также подается на устройство центрального управления машиной.

Быстродействие выходного устройства ограничено быстродействием печатающего аппарата СТ-35, т. е. 380—400 знаков в минуту. Для увеличения быстродействия выходного устройства может быть использована или быстродействующая печатающая машина или одновременная работа нескольких печатающих аппаратов типа СТ-35, что обеспечивается схемой управления.

Данная работа проведена в лаборатории электро моделирования ВИНТИ АН СССР. Вышеописанное выходное устройство построено и исследовано в различных режимах работы в течении 5—6 месяцев. Оно устойчиво работает при изменении окружающей температуры от 10° до 60° С, при этом питающие токи изменялись на 20%.

В схеме управления использовано около 250 магнитных элементов, из них 150 — логических, 100 — простых накопительных. Потребляемая мощность около 35—40 Вт, занимаемый объем около $0,15 \text{ м}^3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесконтактные системы автоматики. Сб. статей под ред. Л. И. Гутенмахера.
2. Техническое описание телеграфного аппарата СТ-35.

Ю. А. Мамудов

Магнит (феррит) үнсүрләрində ишлэйэн универсал рэгэм
машынынын чыхыш гурулушу

ХҮЛАСӘ

Мәлум олдуғу кими, тез ишлэйэн универсал рэгэм риязи машинларында машин дахилиндә икисаслы һесаблама системиндән истифадә олунур. Буна әсас сәбәб икисаслы һесаблама системинин техника асан баша кәлмәсидир.

Күндәлик ишләрдә онәсаслы һесаблама системиндән истифадә олундуғу үчүн риязи мәсәләләр дә онәсаслы һесаблама системиндә верилирләр. Мәсәләннн һәллини дә онәсаслы системдә алмаг чох әлверишлидир. Бунунла әлагәдар олараг, риязи мәсәләләри тез ишлэйэн универсал рэгэм риязи машинларда һәлл этмәк үчүн верилән әдәлләри онәсаслы һесаблама системиндән икисаслы һесаблама системинә кечирмәк ләзимдир. Мәсәләләр машин дахилиндә икисаслы һесаблама системиндә һәлл олунур. Машин дахилиндә алынән нәтичәләрдән әмәли ишдә истифадә этмәк үчүн онлары енидән икисаслы һесаблама системиндән онәсаслы һесаблама системинә кечирмәк ләзимдир.

Беләликлә, верилән мәсәләләри онәсаслы һесаблама системиндән икисаслы һесаблама системинә чевириб машина вермәк вә машин дахилиндә алынән нәтичәләри икисаслы һесаблама системиндән онәсаслы һесаблама системинә кечирмәк үчүн хусуи гурулушлардан истифадә олу-

нур вә бунлар машинын харичи гурулушлары адланыр.

Бу мәгаләдә магнит (феррит) үнсүрләрində ишлэйэн машинын чыхыш гурулушу айдынлашдырылыр.

Чыхыш гурулушу язычы машиндан вә машины идарә әдән схемдән ибарәтдир. Һазырда СТ-35 телеграф аппараты язычы машин кими истифадә олунур. СТ-35 аппаратынын тәтбиги һесабламанын нәтичәләрини язмагла бәрабәр, әйни заманда перфолентдә онлары бир даһа гейд этмәйә имкан верир. Беләликлә, перфолентдә язылмыш мәлумат башга мәсәләләрин һәлли үчүн ләзым олдуғда, бир даһа машина верилә биләр.

Үмүмийәтлә тезишлэйән рэгэм риязи машинларында мәсәләннн һәллиндә алынән нәтичәләри икисаслы һесаблама системиндән онәсаслы һесаблама системинә кечирмәк үчүн машинын өзүндән истифадә олунур.

Мәгаләдә айдынлашдырылан машины идарәәдән схем әлә гурулушдур ки, һесабламада алынән нәтичәләри язмагла бәрабәр әйни заманда машин дахилиндә башга әмәлийәтларын апарылмасына да имкан верир. Буна әсас сәбәб чыхыш гурулушунда әдәлләри икисаслы һесаблама системиндән онәсаслы һесаблама системинә кечирмәк үчүн хусуи схемин олмасыдыр.

А. Х. ХАЛИЛОВ, Э. Ю. САЛАЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРОВ ЗАХВАТА В МОНОКРИСТАЛЛАХ $KCl+AgCl+TiCl$, $KCl+AgCl+CuCl$ и $KCl+TiCl+CuCl$

Вопрос о центрах захвата в щелочно-галогидных монокристаллах, содержащих различные примеси, был изучен во многих работах (см. обзор в работе [1]).

В настоящей работе с этой целью изучены спектры основного и добавочного поглощения фосфоров $KCl+AgCl+TiCl$, $KCl+AgCl+CuCl$, $KCl+TiCl+CuCl$.

Эти монокристаллы были выращены методом Киропулоса с концентацией активатора один моль процентов в расплаве. Из полученных монокристаллов вырезались образцы толщиной 1 мм и размерами 12×25 мм. Полученные образцы тщательно шлифовались и полировались. Спектры поглощения измерялись на спектрофотометрах СФ-2М, СФ-4. Для выявления центров захвата указанные кристаллы были подвергнуты действию рентгеновских и γ -лучей. Для облучения кристаллов рентгеновскими лучами применяли вольфрамовую трубку при напряжении 45 кВ и токе 10 ма. Источником γ -лучей служил Co^{60} с активностью 2,5 кюри. Время облучения рентгеновскими лучами—6 часов, γ -лучами от 8 до 30 часов.

Кривые поглощения исследованных образцов приводятся на рис. 1, 2, 3. Как видно из рис. 4, кривая a —невозбужденный чистый кристалл KCl совершенно прозрачен в области длин волн от 200 до 1100 м μ .

Введение примесей Ag , Cu и Ti обуславливает появление у невозбужденного $KCl+AgCl+TiCl$ полос поглощения с максимумами 218, 232 и 252 м μ , у $KCl+AgCl+CuCl$ —с максимумами 216, 248 м μ а у $KCl+TiCl+CuCl$ —с максимумом 250 м μ (см. рис. 1, 2, 3, кривая a).

Облучение рентгеновскими и γ -лучами вызывает появление дополнительных полос поглощения с максимумами 216, 222, 230, 248, 280

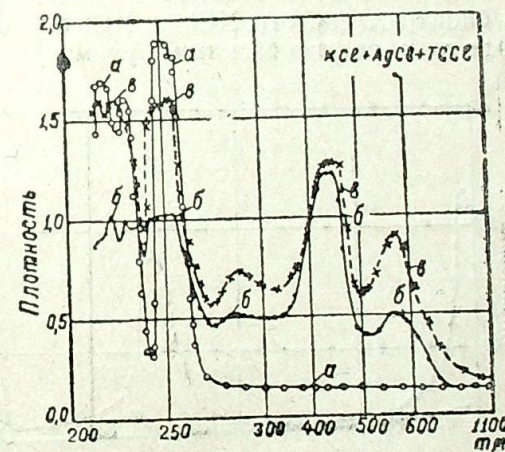


Рис. 1

А. Х. ХАЛИЛОВ, Э. Ю. САЛАЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРОВ ЗАХВАТА В МОНОКРИСТАЛЛАХ $KCl+AgCl+TiCl$, $KCl+AgCl+CuCl$ и $KCl+TiCl+CuCl$

Вопрос о центрах захвата в щелочно-галогидных монокристаллах, содержащих различные примеси, был изучен во многих работах (см. обзор в работе [1]).

В настоящей работе с этой целью изучены спектры основного и добавочного поглощения фосфоров $KCl+AgCl+TiCl$, $KCl+AgCl+CuCl$, $KCl+TiCl+CuCl$.

Эти монокристаллы были выращены методом Киропулоса с концентацией активатора один моль процентов в расплаве. Из полученных монокристаллов вырезались образцы толщиной 1 мм и размерами 12×25 мм. Полученные образцы тщательно шлифовались и полировались. Спектры поглощения измерялись на спектрофотометрах СФ-2М, СФ-4. Для выявления центров захвата указанные кристаллы были подвергнуты действию рентгеновских и γ -лучей. Для облучения кристаллов рентгеновскими лучами применяли вольфрамовую трубку при напряжении 45 кВ и токе 10 ма. Источником γ -лучей служил Co^{60} с активностью 2,5 кюри. Время облучения рентгеновскими лучами—6 часов, γ -лучами от 8 до 30 часов.

Кривые поглощения исследованных образцов приводятся на рис. 1, 2, 3. Как видно из рис. 4, кривая *a*—невозбужденный чистый кристалл KCl совершенно прозрачен в области длин волн от 90 до 1100 мμ.

Введение примесей Ag, Cu и Ti обуславливает появление у невозбужденного $KCl+AgCl+TiCl$ полос поглощения с максимумами 218, 232 и 252 мμ, у $KCl+AgCl+CuCl$ —с максимумами 216, 248 мμ, а у $KCl+TiCl+CuCl$ —с максимумом 250 мμ (см. рис. 1, 2, 3, кривая *a*).

Облучение рентгеновскими и γ -лучами вызывает появление дополнительных полос поглощения с максимумами 216, 222, 230, 248, 280

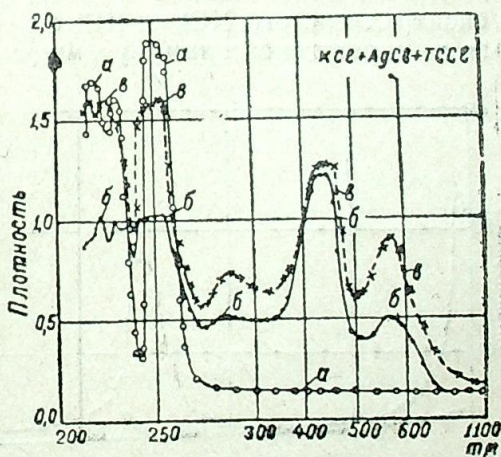


Рис. 1

289, 440, 563, 825 $m\mu$ для $KCl+AgCl+TlCl$, 216, 235, 285, 370, 440, 563, 825 $m\mu$ для $KCl+AgCl+CuCl$ и 255 и 563 $m\mu$ для $KCl+TlCl+CuCl$ (рис. 1, 2, 3, кривые б). При этом максимумы полос

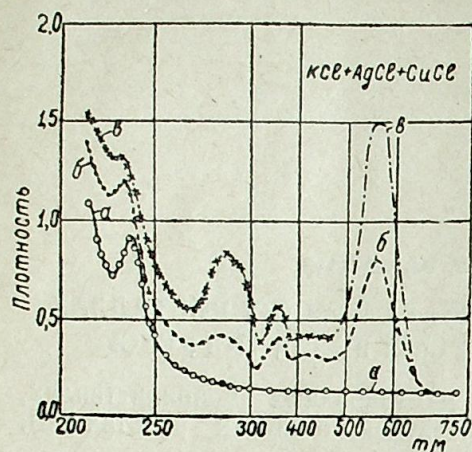


Рис. 2

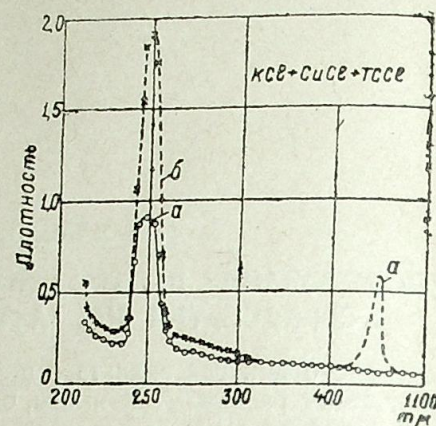


Рис. 3

полученных после облучения γ -лучами совпадают с полосами добавочного поглощения, возникающими после облучения рентгеновскими лучами.

В спектре добавочного поглощения чистого KCl , возбужденного γ - и рентгеновскими лучами, мы определили полосу с максимумом 563 и 825 $m\mu$ (рис. 4, кривая б).

Наличие длинноволновых добавочных полос с $\lambda_{max}=563 m\mu$ и 825 $m\mu$ в спектрах чистого KCl и KCl с примесью Ag , Tl и Cu , возбужденных γ - и рентгеновскими лучами указывает на то, что эти полосы обусловлены микродефектами не активаторного происхождения (как известно, возникновение полосы 563 $m\mu$ в спектрах поглощения KCl и KCl с активаторами обусловлено поглощением в F-центрах).

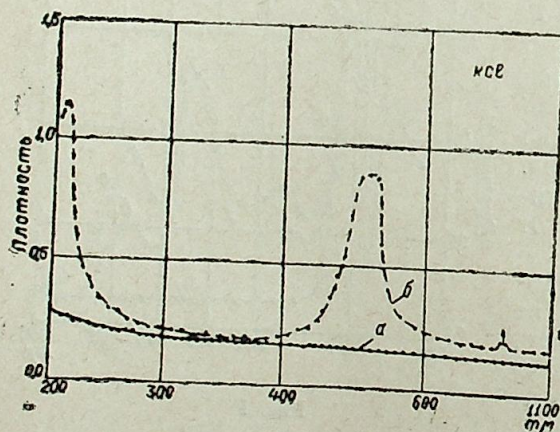


Рис. 4

На основании данных о максимумах добавочных полос поглощения исследуемых монокристаллов можно было вычислить глубину расположения соответствующих уровней захвата.

Появление дополнительных полос поглощения у возбужденных кристаллов с определенными активирующими примесями указывает на то, что эти полосы могут быть вызваны искажениями активаторных центров захвата под действием некоторых дефектов решетки, вызванных рентгеновскими и γ -лучами.

Для объяснения механизма возникновения активаторных добавочных полос поглощения у $KCl+AgCl+TlCl$, $KCl+AgCl+CuCl$ и $KCl+TlCl+CuCl$ (до и после облучения их рентгеновскими и γ -лучами), по сравнению с чистыми кристаллами KCl , необходимо учитывать взаимодействие ионов Ag^+ , Tl^+ и Cu^+ с решеткой KCl и с микродефектами, возникающими под действием рентгеновских и γ -лучей. С этой целью целесообразно сравнить положение добавочных полос поглощения исследуемых кристаллов и полос поглощения ионов Ag^+ , Tl^+ и Cu^+ в газообразной фазе и в водных растворах [2].

Исследования показывают, что ионы активатора (Ag^+ , Tl^+ и Cu^+) в монокристаллах $KCl+AgCl+CuCl$, $KCl+AgCl+TlCl$ и $KCl+TlCl+CuCl$, несмотря на их взаимодействие с окружающими ионами основного вещества, сохраняют набор своих энергетических состояний, которые несколько смещены и расширены.

Взаимодействие ионов Ag^+ , Tl^+ и Cu^+ с решеткой рассматривается как сумма статического взаимодействия ионов Ag^+ , Tl^+ и Cu^+ с неподвижными частицами решетки KCl и динамического взаимодействия этих ионов с колебаниями решетки KCl .

ЛИТЕРАТУРА

1. Луцик Ч. Б. Диссертация, Л. 1954.
2. Кац М. Л. Материалы V съезда по люминесценции, 1957.

Э. Х. Халилов, Э. Ю. Салаев

$KCl+AgCl+TlCl$, $KCl+AgCl+CuCl$, $KCl+TlCl+CuCl$
монокристаллах электрон тутучу мэркэзлэрин тэдгиги

ХУЛАСЭ

Гэлэви металлларын холлоидли бирлэшмэлэриндэн хазырланмыш вэ ичарисинэ мүййэн ашгарлар дахил эдилмиш монокристалларда электрон вэ дэшик тутучу мэркэзлэрин тэдгигинэ бир чох ишлэр хэср эдилмишдир [1]. Белэ мэркэзлэрин тэбигини өйрэнмэк үчүн тэдгиг олунан монокристаллаа γ вэ ренткен шүаларынын тэсирн өйрэнилмишдир. Бу иш юхарыда көстөрилмиш монокристалларын тэдгиги нэтичэлэринэ хэср эдилмишдир. Намин монокристаллар Киропулос үсулу илэ көйөрилмишлэр.

Тэдгиг олунмуш нүмүнэлэрин удма айрилэри 1, 2 вэ 3-чү шэкиллэрдэ көстөрилмишлэр. 4-чү шэкилдэки „а“ айрисиндэн көрүнүр ки, хэйэчанландырылмамыш вэ ашгарсыз KCl монокристалы 200—1100 $m\mu$ интервалында хеч бир удма золагына малик дейилдир. Лакин KCl -а Ag , Cu , Tl ашгарлары вурулдугда хэмин интервалда ерлэшмиш удма зоаглары эмэлэ кэлир.

Хэмин шэкиллэрдэ көстөрилмиш эхавэ удма айрилэриндэн көрүнүр ки, γ шүалары илэ хэйэчанландырылмамыш кристалларын удма зоагларынын максимумлары ренткен шүалары илэ хэйэчанландырылмамыш кристалларын максимумлары үзэринэ дүшүрлэр.

Тэмиз KCl γ вэ ренткен шүалары илэ хэйэчанландырылдыгдан сонра онун 563 вэ 825 $m\mu$ максимумлары олан 2 удма золагы эмэлэ кэлир. Намин зоагларын γ вэ ренткен шүалары илэ хэйэчанландырылмамыш ашгарсыз KCl вэ Ag , Tl , Cu ашгарлары вурулмуш KCl -да

тәкрар олунмасы ону көстәрир ки, бу золагларын әмәлә кәлмәси вурулмуш Ag, Tl, Cu ашгарлары илә әлагәдар дейилдир. Мә'лумдур ки, KCl кристалларында әмәлә кәлән 563 $m\mu$ вә 825 $m\mu$ золаглары F вә M мәркәзләриндә баш верән удма илә әлагәдардыр.

Тәдгиг олуан кристалларын әләвә удма золагларынын максимумларынын далға узунлугларына көрә һәмин кристаллардакы электрон тутма сәвийәләринин бош золагдан олан мәсафәсини һесабламаг олар. F , M мәркәзл ринә вә Ag, Tl, Cu ашгарларына аид удма золагларындан башга 1, 2 вә 3-чү шәкилләрдә „б“ вә „в“ әйриләриндәки ердә галан гыса далғалы удма золагларынын әмәлә кәлмәси енә дә ү вә рентген шүәләгә илә һәйәчанландырма заманы тәһриф әдилмиш Ag, Tl, Cu ашгарларынын яратдыгы удма мәркәзләрилә әлагәдардырлар.

М. Я. БӘКИРОВ, М. Ә. ТАЛИБИ, Н. Б. АБДУЛЛАЕВ

ЭЛЕКТРИК ФОРМОВКАСЫНЫН, ТЕРМИК ВӘ ЭЛЕКТРОКИМЙӘВИ ИШЛӘНМӘЛӘРИН СЕЛЕН ФОТОЭЛЕМЕНТЛӘРИНДӘ КЕДӘН ФИЗИКИ ПРОСЕСЛӘРӘ ТӘ'СИРИНИН ТӘДГИГИ

Селен фотоэлементләринин һазырланма технолокиясы асан вә онларда спектрал һәссаслығын пайланмасы инсан көзүнүн спектрал һәссаслығына яхын олдуғу үчүн селен фотоэлементләри әлм вә техниканын мүхтәлиф саһәләриндә кениш тәтбиг олунурлар. Лакин селен фотоэлементләринин ф.и.ә. керманиум вә силисиум фотоэлементләринин ф.и.ә.-на нисбәтән аздыр. Одур ки, селен фотоэлементләриндә кедән физики просесләри арашдырмагла ф.и.ә.-на тә'сир әдән әсас факторлары тә'йин этмәйин чох бөйүк әлми вә тәчрүби әһәмийәти вардыр.

Сон заманлар мүйәйән әдилмишдир ки, вентил фотоэффектинин әмәлә кәлмәси $P-n$ кечидинин яранмасы илә әлагәдардыр [1-5].

Вентил фотоэффектинин әмәлә кәлмә механизми ондан ибарәтдир ки, $P-n$ кечиди яхынлығында удулан илчиг фотонлары электрон вә дешикдән ибарәт чүт ярадырлар. Бу чүтләр $P-n$ кечиди сәрһәддинә диффузия әдәрәс, орада $P-n$ кечидин потенциал саһәси тә'сирилә бир-бириндән айрылырлар. Электронлар n һиссәйә кечәрәк ону мәнфи, дешикләр исә P һиссәдә галараг ону мүсбәт йүкләндирирләр. Нәтижәдә системдә ашағыдакы дүстурла тә'йин әдилән потенциаллар фәргәи яраныр.

$$\varphi = \frac{kT}{e} \ln \left(\frac{I_{\phi}}{I_s} + 1 \right) \quad (1)$$

Бурала φ —фото эһг, k —Болсман сабити, T —мүтләг температур, e —электронун йүкү, I_{ϕ} —фоточәрәян, I_s —дойма чәрәяныдыр. (1) ифадәсиндә көрүндүйү кими фото эһг-нин гиймәти мүйәйән шәрт дахилиндә $\frac{I_{\phi}}{I_s}$ нисбәти илә тә'йин әдилир. Дойма чәрәяны I_s таразлыг

һалындакы йүкләрин консентрасиясы илә мүтәнасиб олуб, ярымкечиричинин тәбиәти илә әлагәдардыр. Фоточәрәян I_{ϕ} исә ваһид заманда ваһид һәчмдә яранан йүкләрин сайы вә йүкләрин диффузия дәринлийи илә мүтәнасибдир. Садә һалда (кристалын өлчүсү диффузия дәринлийиндән бөйүк вә шүә һәр ердә бәрабәр олдуғу һалда) бу кәмийәтләр арасындакы, асылылыг

$$I_{\phi} = e N L \quad (2)$$

дүстур илә ифадә олунур. Бурала N —ваһид заманда ваһид һәчмдә яранан чүтләрин сайы, L —йүкләрин диффузия дәринлийидир. N кә-

миййәти дүшән лүанын интенсивлийиндән вә яримкечиричинин тә-мизлик дәрәсәсиндән. L —исә яримкечиричинин кристаллик гурулу-шунун дүзкүнлүйүндән вә тәмизлик дәрәсәсиндән асылы олуб, фо-точәрәяна вә фото эһг-ә кифәһәт дәрәсәдә тәсир кәстәриләр.

$P-n$ кечиди областында мүййән мигдарда ашгарларын олмасы йүкләрин рекомбинасия әһтимәлины артыр [6]. Бунун нәтижәсиндә һәм яранан йүкләрин сайы вә һәм дә диффузия дәринлийи азалыр ки, бу да фоточәрәянын вә фото эһг-нин азалмасына сәбәб олур.

Бу ишдә мәгсәд электрик формовкасынын, термик вә электро-кимйәви ишләнмәләрин селен фотоэлементләриндә яранан фоточәрә-яна вә фото эһг-ә тәсирини тәдгиг әтмәкдән ибарәтдир.

Элементләрин һазырланмасы вә тәчрүбәләрин кедиши

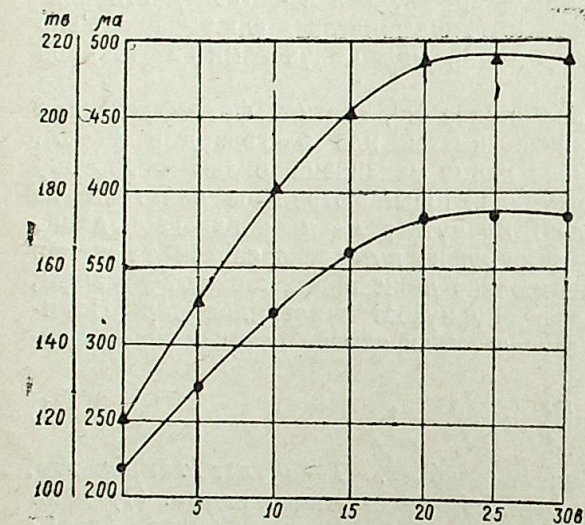
Элементләр үмумийәтлә ашагыдакы үсулла һазырланмышдыр. 10 см² саһәли даирәви алүминиум ләһһәни назик бисмут—тәбәгәси илә өртдүкдән сонра, онун үзәринә вакуумда бахарландырма үсулу илә 50 мк тәртибиндә аморф селен тәбәгә и чәкилмишдир. Селен тәбәгәси 130°С температурда 2 саат вә 218°С температурда 15—20 дәгигә мүддәтиндә кристаллаштырылмышдыр. Кристаллашдырылмыш селен тәбәгәсинин үзәринә вакуумда бухарландырма үсулу илә яримшәффаф кадмиум тәбәгәси чәкилмишдир. Бу заман кадмиум

селенлә реакцияя кирә әк селенли кадмиум тәбәгә-си әмәлә кәтирир ки, бу тәбәгәдә селенлә сәр-һәддә $P-n$ кечиди яра-ныр.

Элементләрин электроформовкасы

$P-n$ кечиди мүкәм-мәлләшдирмәк үсулун-дан бири, элементдән бағлайычы истигамәтдә мүййән вахтда сабит чә-рәян бурахмагдан ибарәт-дир. Бу просес электро-формовка алланыр.

Тәчрүбәләр кәстәрир ки, электрик формовкасы заманы фотоэлементләр-ин вердикләри фоточә-рәян вә фото эһг артыр. Мүййән әдилмишдир ки, фоточәрәянын вә фото



1-чи шәкил

Селен фотоэлементләринин вердийи фоточәрәянын вә фото эһг-нин формовка кәркинлийиндән асылылығы

● фоточәрәян; ▲ фото эһг.

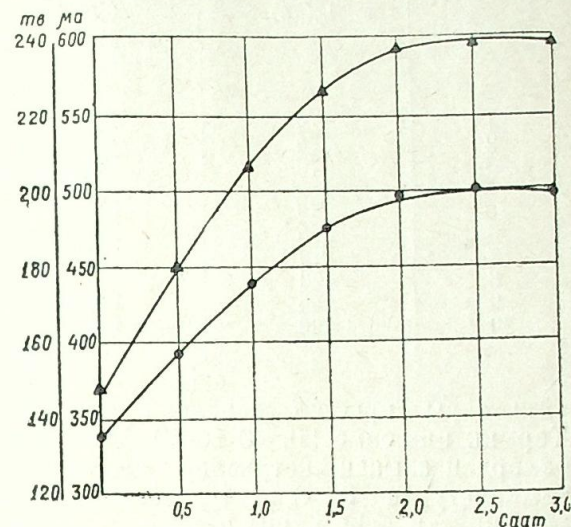
эһг-нин гиймәтләги формовка кәркинлийиндән вә формовка вахтын-дан асылыдыр. Оптимал шәраит сечмәк үчүн элементләр 30 дәгигә мүддәтиндә 5, 10, 15, 20, 25 вә 30 в кәркинликдә формовка әдилмиш-дир. Формовка кәркинлийи 20 волта гәдәр артдыгда фоточәрәян вә фото эһг артыр (1-чи шәкил). Формовка кәркинлийинин сонракы ар-тымы әһәмийәтли дәйишлик бермир вә чох вахт нүмунәләрин сы-радан чыхмасына сәбәб олур.

Формовка 20 в кәркинликдә мүхтәлиф заман фасиләләриндә апа-рылараг мүййән әдилмишдир ки, формовка мүддәтини 2 саата гәдәр артырдыгда фоточәрәян вә фото эһг артыр (2-чи шәкил). Вахтын сон-ракы артымы фоточәрәяны вә фото эһг-ни артырмыр.

Беләликлә, тәдгиг әди-йимиз селен фотоэлемент-ләри үчүн формовка мүддә-ти 2 саат вә формовка кәр-кинлийи 20 волт оптимал режим олараг сечилмишдир ки, бу һалда электрик фоо-мовкасы элементләрин вер-дийи фоточәрәяны вә фото эһг-ни тәхминән ики дәфә артырмыр (1-чи чәдвәл).

Элементләрин термик ишләнмәси

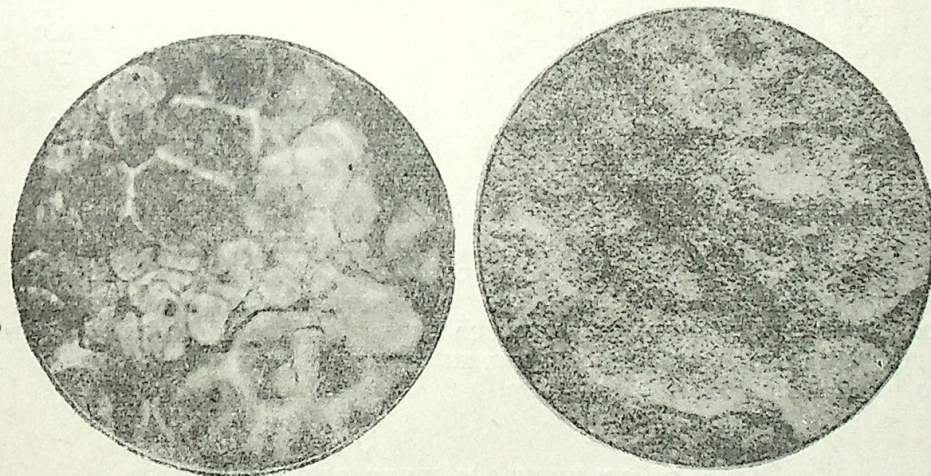
Термик ишләнмә үчүн элементләр үст электрод чәкилмәздән әввәл термос-тата ерләшдирилиб, 218°С температурда узун мүддәт гыздырылдыгдан сонра тәд-ричән огаг температура на гәдәр союдулмушдур. Тер-мик ишләнмә заманы селен тәбәгәсинин сәтһи кәскин дәйишликлийә уграйыр. Сәтһдә кәдән дәйишлик микрошәкилләр вәси; тәсилә мүшәһидә әдилмишдир (3-чү шәкил).



2-чи шәкил.

Селен фотоэлементинин вердийи фоточәрәянын вә фото эһг-нин формовка вахтын-дан асылылығы

● фоточеряи; ▲ фото эһг.



3-чү шәкил.

Термик ишләнмәдә селен тәбәгәсинин сәтһиндә кәдән дәйишлик.

а—термик ишләнмәдән әввәл; б—термик ишләнмәдән сонра.

3-чү шәкилдән көрүндүйү кими узун мүддәтли термик ишләнмә нәтижәсиндә селен тәбәгәсинин сәтһи нисбәтән һамарлашыр вә

1-чи чадвал

Элементин №-си	Формовкадан эввэл		Формовкадан сонра	
	$I_f(\mu a)$	$\varphi(mv)$	$I_f(\mu a)$	$\varphi(mv)$
1	170	120	300	210
2	175	130	320	215
3	170	125	310	220
4	115	120	315	200
5	190	130	320	210
6	175	140	330	220
7	210	120	360	215
8	190	120	310	220
9	185	130	330	240
10	180	125	320	210

айры-айры кристал дэнэлери арасындакы чухурлар хейли азалыр. Термик ишләнмә 20, 40 вә 60 саат эрзиндә апарылмышдыр. Тәчрүбәләрден алынган нәтижәләр көстәрир ки, термик ишләнмә 218°C температурда 0 саат мүддәтиндә апарылдыгда фотоэлементләрин кейфийәти даһа яхшы олур.

2-чи чадвал

Элементин №-си	Ади элементләр		Элементин №-си	Термик ишләнмиш элементләр	
	$I_f(\mu a)$	$\varphi(mv)$		$I_f(\mu a)$	$\varphi(mv)$
1	170	120	11	900	280
2	175	130	12	950	260
3	170	125	13	1000	300
4	175	120	14	900	280
5	190	130	15	1000	300
6	175	140	16	1100	200
7	210	120	17	1000	300
8	190	120	18	900	280
9	185	130	19	950	260
10	180	125	20	1000	280

2-чи чадвалдә ади элементләрлә 218°C температурда 40 саат мүддәтиндә термик ишләнмиш элементләр үчүн фотоцәрәянын вә фото эһг-нин гиймәтләри мүгайисә әдилір. Көрүндүйү кими термик ишләнмә селен фотоэлементләринин вердийи фотоцәрәяны 5 дәфә, фото эһг-ни исә 2 дәфә артырыр.

Селен тәбәгәсинин сәтһинин электрокимйәви үсулла ишләнмәси

Электрокимйәви ишләнмә үчүн метал лөвһә, үзәринә чәкилмиш селен тәбәгәси кристаллашдырылдыгдан сонра, ялныз селенин сәтһи электролитә тохунмаг шәрти илә электролиз ваннасына ерләшдирил-

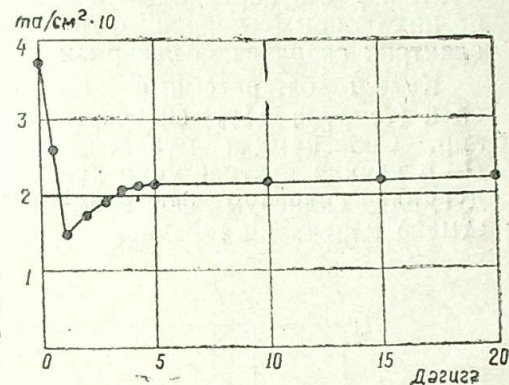
мишдир. Селен лөвһә катод олмаг шәрти илә гыса мүддәтдә ваннадан сабит цәрәян бурахылмышдыр.

Бизим тәчрүбәләримиздә электролит олараг икигат дистилә әдилмиш су көтүрүлмүшдүр.

Катод ишләнмәси заманы системдән кечән цәрәянын әввәлчә кәскин азалмасы, сонра исә бир гәдәр артараг сабит галмасы мүшәһидә олунмушдүр (4-чү шәкил). Селен анод олдугда исә системдән кечән цәрәянын артмасы мүшәһидә олунмушдүр. Бу һалда фотоэлементләрин параметрләриндә әһәмиyyətли дәйишиклик мүшәһидә әдилмәмишдир.

Тәчрүбәләримиз көстәрир ки, катод ишләнмәси вахты артдыгча фотоцәрәян вә фото эһг артыр. Ән яхшы фотоэлектрик эффект тәхминән 5 дәгигәлик электрокимйәви ишләнмәйә тәләфүг әдир.

Ади элементләрлә электрокимйәви ишләнмә апарылмыш элементләр үчүн фотоцәрәянын вә фото эһг-нин гиймәтләринин мүгайисәси 3-чү чадвалдә верилір. Көрүндүйү кими, катод ишләнмәси нәтижәсиндә фотоэлементләрин вердийи фотоцәрәян 3 дәфә, фото эһг исә 2 дәфә артымышдыр.



4-чү шәкил.

Катод ишләнмәси заманы системдән кечән цәрәянын вахтдан асылы олараг дәйишмәси.

3-чү чадвал

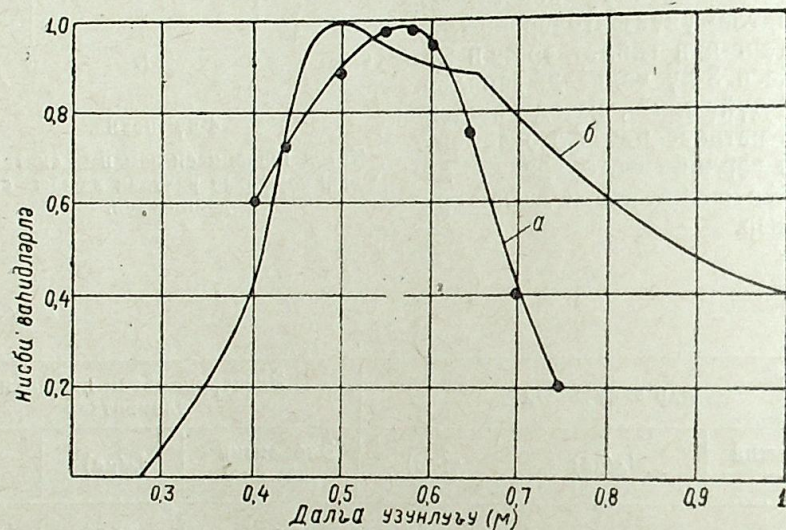
Ади элементләр			Электрокимйәви ишләнмиш элементләр		
Элементин №-си	$I_f(\mu a)$	$\varphi(mv)$	Элементин №-си	$I_f(\mu a)$	$\varphi(mv)$
1	170	120	21	650	220
2	175	130	22	600	230
3	170	125	23	680	240
4	175	120	24	700	200
5	190	130	25	550	200
6	175	140	26	560	210
7	210	120	27	600	220
8	190	120	28	640	250
9	185	130	29	680	300
10	180	125	30	540	260

Чадвалләрдә верилән фото эһг йүксәк омлу потенциометрлә, фотоцәрәян исә микроамперметрлә өлчүлмүшдүр. Ишыг мәнбәи олараг аккумуляторла гидаландырылан 12 ватлыг лампа көтүрүлмүшдүр. Өлчмә заманы элементлә лампа арасындакы мәсафә 10 см олараг сабит сахланылмышдыр.

Тэдгиг олуна селен фотоэлементлэриндэн дүзэлмиш күнэш батареясы

Ярымкечиричи фотоэлементлэриндэн күнэш энержисини электрик энержисинэ чевирэн „генератор“ кими истифаде этмэк идеясы чохдан мэлумдур. Лакин сон иллэрэ гэдэр фотоэлементлэрин ф.и.э. о гэдэр аз иди ки, онлардан ялныз лаборатория мигясында истифаде эдилирди. Инди исэ ярымкечиричи фотоэлементлэри техниканын мүхтэлиф сахалэриндэ кениш тэтбиг олунурлар. Сон бир нечэ ил эрзиндэ ярымкечиричи фотоэлементлэриндэн күнэш энержисини электрик энержисинэ чевирмэк үчүн истифаде эдилир.

Күнэш батареясынын хазырланмасында эсасэн йүксэк ф.и.э. олан (тэчрүби 11%) силисиум фотоэлементлэриндэн истифаде эдилр. Силисиумдан мүййэн өлчүдэ монокристал хазырламаг вэ Р-п кечиди яратмаг үчүн хүсуси ашгарлар дахил этмэк чэтин олдугундан силисиум фотоэлементлэриндэн кениш мигяса истифаде этмэйэ манечилик төрөдир.



5-чи шэкил.

Күнэш спектриндэ энерги пайланмасы илэ селен фотоэлементлэриндэ хэссаслыгын пайланмасынын мүгайисэси.

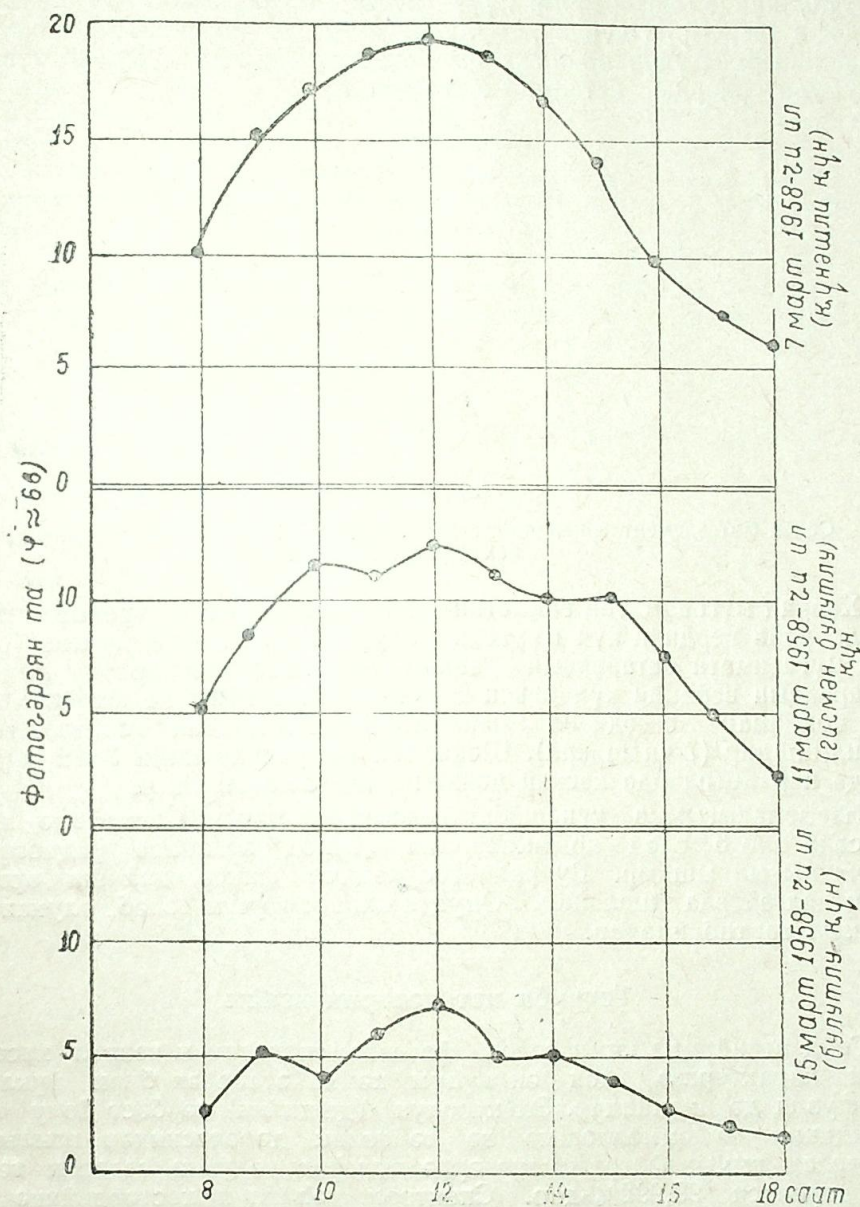
а—селен фотоэлементлэриндэ хэссаслыгын пайланмасы; б—күнэш спектриндэ энергиянын пайланмасы.

Силисиумдан фэргли олараг селендэн асан вэ учуз йолла истэнилен өлчүдэ нүмунэлэр хазырламаг мүмкүн олдугундан селен фотоэлементлэриндэн күнэш батареясы кими истифаде этмэк чох элверишлидир. Лакин селен фотоэлементлэринин ф.и.э.-нин аз олмасы онлардан кениш мигяса күнэш батареясы кими истифаде этмэйэ имкан вермир.

Юхарыда көстэрдийимиз үсуллар илэ селен фотоэлементлэринин ф.и.э.-и тэхминэн 10 дэфэ артырылмышдыр. Бу чүр фотоэлементлэрдэн дүзэлтдийимиз нүмунэ күнэш батареясы он элементин ардычыл бирлэшмэсиндэн ибарэт олуб, үмуми сахэдэ 80 см²-дир. Бата-

реянын вердийи гыса гапанма чэрэяны 25 ма, фото элг-и исэ 3,5 в-дур. Бу чүр батареянын ф.и.э.-и тэхминэн 1%-дир.

Күнэш спектриндэ энергиянын пайланмасы илэ [7] селен фотоэлементлэринин спектрал характеристикасынын мүгайисэсиндэн кө-



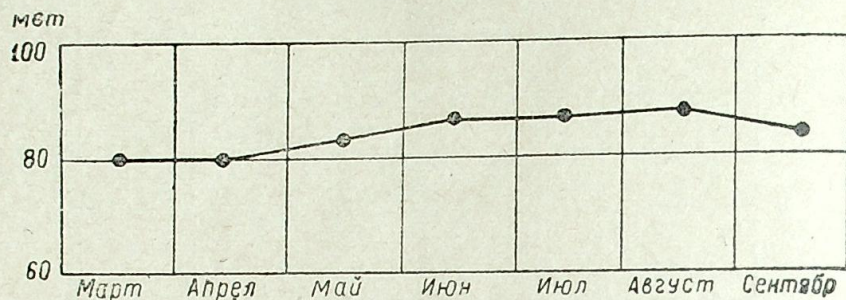
6-чы шэкил.

Селен фотоэлементлэриндэн дүзэлдилмиш күнэш батареясынын атмосферин вэзийэтиндэн асылылыгы.

рүнүр ки (5-чи шэкил), селен фотоэлементлэринин спектрал характеристикасынын максимуму ($\lambda=0,56\mu$) демэк олар ки, күнэш спектриндэ энерги пайланмасы илэ үст-үстө дүшүр. Бу исэ күнэш

энергисинин бирбаша электрик энергисинэ чеврилмэси үчүн элвешли чәһәтләрден биридир.

Йыгдыгымыз селен күнәш батареясынын күчү атмосферин вәзийәтиндән асылдыр (6-чы шәкил). Бу шәкилдән (көрүндүйү кими, булутлу күндә батареянын күчү күнәшли күнә нисбәгән тәхминән 3 дәфә азалыр. Одур ки, булутлу күндә вә ахшамлар чһазлары гһадаландырмаг үчүн һәмин күнәш батареясы илә долдурулан мувафиг аккумуляторлардан истифадә әдилмәлидир.



7-чи шәкил.

Селен фотоэлементләриндән дүзәлдилмиш күнәш батареясынын күчүнүн вахтдан асылылығы.

Харичи муғавимәтин гиймәтиндән асылы олараг батареянын харичи дөврәйә вердийи күч мухтәлир олур. Гидаландырдыгымыз чһазын муғавимәти батареянын дахили муғавимәтинә барабәр олдугда батареянын вердийи күч максимал олур. Батареяны кейфийәг чәһәтдән йохламаг мәсәди илә параметрләрин замандан асылылығы өйрәнилмишдир (7-чи шәкил). Шәкилдән көрүндүйү кими 7 ай мүддәтиндә параметрләрдә кәскин дәйишиклик олмамышдыр.

Һазырладыгымыз күнәш батареясындан тәчрүби истифадә әтмәк мәгсәди илә 5 әләд ярымкечиричи „триод“ әсасында радиогәбуләдичи йығылышдыр. Бу радиогәбуләдичи фиксә әдилмиш орта вә узун далгаларда ишләйир. Онун ишләмәси үчүн тәләб олуан күч 40 мВт тәртибиндәдир.

Тәчрүби нәтичәләрин изаһы

Гейд әтдийимиз кими селен фотоэлементләринин вентил хассәләрини характеризә әдән ән муһүм кәмийәгләрдән бири йүкләрин диффузия дәринлийидир. Электронун (дешийин) сәрбәст йолу $P-n$ кечидинин мүкәммәлләшмә вә тәмизлик дәрәчәсиндән асылдыр. Һазырладыгымыз фотоэлементләрдә истифадә олуан селенин тәмизлик дәрәчәси 99,992%-дир. Спектрал тәһил н кәстәрдийинә көрә һәмин селенин тәркибиндә 0,001%-ә гәдәр күкүрд вә еллүр ашг рлары, 0,002%-ә гәдәр башга ашгарлар вардыр. Бу чүр селенә муғавимәти азалтмаг үчүн 0,016% тәртибиндә бром ашгарлары дахил әдилмишдир.

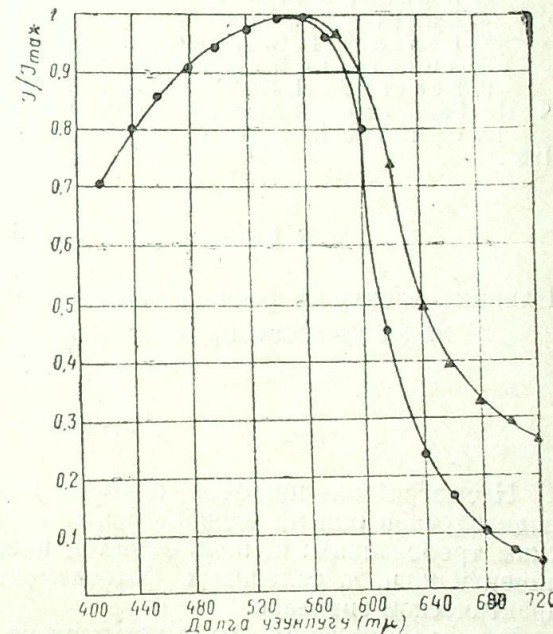
Юхарыда гейд әтдийимиз нәтичәләрдән көрүндүйү кими, электроформовка, термик вә электрокимйәви ишләмәләр васитәсилә селен фотоэлементләринин кейф йәтини хейли яхшылашдырмаг мүмкүндүр. Электроформовка, термик вә электрокимйәви ишләмәләрин селенин сәтһ тәбәгәсинин һамарлашмасына сәбәб олур [9].

лен фотоэлементләринин параметрләринә әтдийи тәсири ашағыдакы мулаһизәләрлә изаһ әтмәк олар.

Электроформовка заманы элементләрдәки кимйәви бағлайычы тәбәгәнин галынлығынын артмасындан башга, $P-n$ кечидинин ашгар мәркәзләрдән тәмизләнмә просеси дә кедир. Харичи электрик сәһәсинин тәсири нәтичәсиндә ион һалында олан ашгарлар $P-n$ кечиди сәрһәддиндән узағлашараг онун тәмизләнмәсинә сәбәб олур. $P-n$ кечидинин ашгар мәркәзләрдән тәмизләнмәси йүкләрин диффузия дәринлийинин артмасына сәбәб олур. Бунун нәтичәсиндә дә әйни шүә интенсивлийинә тәвафүг әдән фоточәрәян вә фото әһг артыр.

Термик ишләнмә заманы бәзи ашгарларын селенин сәтһ тәбәгәсиндән учмасы нәтичәсиндә орада ашгарларын мигдары азалыр. Бу исә термик ишләнмәдән сонра чәкилән үст электродла селенин сәрһәддиндә ашгарлардан нисбәтән тәмизләнмиш $P-n$ кечиди яранмасына сәбәб олур [8]. Бунунла янашы термик ишләнмәнин тәдгиг әтдийимиз селен фотоэлементләринин кейфийәтинин дәйишмәсинә һәмин ишләнмә нәтичәсиндә селенин кристаллик гурулушундакы дәйишиклик сәбәб олур. Буна көрә дә

ола билсин ки, бизим апардыгымыз термик ишләнмә селенин кристаллашмасында нисбәтән аз кристаллик дефектләрин әмәлә кәлмәсинә сәбәб олур. Бу исә башга йолла кристаллашмыш селенин дефект ашгар мәркәзләриндән тәмизләмәйә эквивалентдир. 8-чи шәкилдә 218°C температурда 15–20 тәгигә кристаллашмыш али селен элементләрилә 218°C температурда 40 саат мүддәтиндә кристаллашмыш селен элементләринин спектрал һәссаслығынын пайланмалары тутушдурулур. Көрүндүйү кими, 40 саатлы термик ишләнмә спектрин гырмызы һиссәсиндә һассаслығы артырыр. Бу да йәгин ки, енә дә селенин ашгарлардан тәмизләнмәсилә әлагәдардыр.



8-чи шәкил.

Ади вә термик ишләнмиш элементләрин спектрал характеристикалары:
● — али элементлар; ▲ — термик ишләнмиш элементлар.

Электрокимйәви үсулла селенин сәтһини ишләдикдә суюн парчаланмасы нәтичәсиндә гидрокен атомлары селенин сәтһинә йығылараг (селен катод олдугда) гидрокен-селенид әмәлә кәтириләр. Яранан гидрокен-селенидин харичи сәһә тәсири илә селенин сәтһиндән, узағлашмасы, сәтһ тәбәгәсинин һамарлашмасына сәбәб олур [9].

Нишанлашмыш ато ларла апарылмыш тәчрүбәләр кәстәрир ки, электрокимйәви ишләнмә заманы ашгар мәркәзләр селенин сәтһиндән чыхараг электролитә дахил олурлар [10]. Беләликлә, электрокимйәви ишләнмә электрик формовкасы вә термик ишләнмәдә олдуғу кими селенин сәтһ тәбәгәсинин тәмизләнмәсинә сәбәб олур.

Электроформовка, термик вэ электрокимйэви ишлэнмэлэрин селен фотоэлементлэринин кейфийэтинэ тәсиринин изаһындан көрүндүйү кими бу үч просесин һәр бири селендәки башга маддә ашгарлары вэ кристаллик гәфәсин дефект ашгарларынын мүхтәлиф йолларла тәмизләниб даһа мүкәммәл $P-n$ кечиди эмәлә кәлмәсинәсәбәб олур.

Гейд этмәк лазымдыр ки, термик ишләнмә электроформовка вэ электрокимйэви ишләнмәләрә нисбәтән даһа эффектлидир. Чүнки бу просес электроформовка вэ электрокимйэви ишләнмәдән фәргли олараг һәм башга маддә ашгарларынын, һәм дә дефект ашгарларынын азалмасына сәбәб олур.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Рывкин С. М. ЖТФ, 1955, 25, 21.
2. Summrow R. Phys. Rev., 1954, 95, 16.
3. Пикус Г. Е. и Бир Л. Г. ЖТФ, 1957, 27, 5.
4. Пикус Г. Е. Полупроводники и их применение, т. 1, 1957.
5. Юриков Б. Я. ЖТФ, 1958, 28, 7.
6. Shokley, W., Read W. Phys. Rev., 1952, 87, 835.
7. Савилов В. С. "Атомная энергия", 1956, 3.
8. Абдуллаев Г. "Азәрбайҗан ССР ЭА Хәбәрләри", № 2, 1956.
9. Беленков Л. Ю., Геллер И. Х., Наследов Д. И., Тартаковская Ф. И. "Радиотехника и электротехника", 1956, 8.
10. Әлиев М. һ. вә Мирзоев Б. Р. "Азәрбайҗан ССР ЭА Хәбәрләри", № 2, 1957.

М. Я. Бакиров, М. А. Талиби, Г. Б. Абдуллаев

Влияние электроформовки термо- и электрохимической обработки на физические процессы, происходящие в селеновых фотоэлементах

РЕЗЮМЕ

Несмотря на широкое применение селеновых фотоэлементов, в ряде случаев они не удовлетворяют предъявляемым к ним техническим требованиям: к. п. д. остается низким. Поэтому вопрос об увеличении к. п. д. селеновых фотоэлементов имеет важное научное и практическое значение.

В последнее время было установлено, что необходимым условием возникновения вентильного фотоэффекта является наличие $p-n$ перехода. Качество вентильных фотоэлементов в основном зависит от характеристики $p-n$ перехода.

Выяснено, что характеристики $p-n$ перехода определяются совершенством кристаллической структуры полупроводника и степенью его чистоты. Наличие некоторых примесей в области $p-n$ перехода приводит к уменьшению времени жизни носителей тока, что приводит к уменьшению фототока и следовательно, фотоэдс.

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния электрической формовки, термической и электрохимической обработки на значение фототока и фотоэдс селеновых фотоэлементов.

Нами были изготовлены селеновые фотоэлементы с алюминиевой подложкой и кадмиевым верхним электродом.

Установлено, что электрическая формовка увеличивает значение фототока и фотоэдс примерно 2 раза.

Оптимальным условием электроформовки оказалась формовка при 20 в в течение 2 часов.

Далее установлено, что в результате длительной (40 часов) термической обработки фототок увеличивается в 5 раз, фотоэдс в два раза.

Было выяснено, что электрохимическая обработка поверхности селена на катоде приводит к увеличению фототока в 3 раза, а фотоэдс — в 2 раза.

Результаты экспериментальных исследований объясняются тем, что при электрической формовке образуется плотный слой $p-n$ переход и этот переход частично очищается от примесных центров.

При термической и электрической обработке поверхности селена, происходит выравнивание поверхностного слоя селена, что обуславливает совершенство $p-n$ перехода и очищение его. Совершенство $p-n$ перехода и его очищение от примесных центров приводит к увеличению фототока и фотоэдс.

Установлено, что термическая обработка является эффективнее, чем другие.

Путем вышеуказанных обработок удастся значительно повысить к. п. д. селеновых фотоэлементов. Изготовленный нами фотоэлектродгенератор из отдельных элементов, с общей площадью 80 см² успешно питает полупроводниковый приемник мощностью 40 мвт.

Ф. М. АГАЕВА

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОКТАНОВЫХ ЧИСЕЛ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

При исследовании различных моторных топлив необходимо определить их способность к горению без детонации. Мощность и коэффициент полезного действия обычных бензиновых моторов могли бы быть существенно увеличены повышением степени сжатия в цилиндрах, но при этом появляются стуки, падает мощность и увеличивается удельный расход топлива.

Различные классы химических соединений имеют различную склонность к детонации, чем выше октановое число, тем выше допустимая степень сжатия.

Определение детонационной стойкости топлив при оптимальных параметрах машины возможно несколькими известными методами.

1. Метод критической степени сжатия. Метод определения детонационных качеств топлива впервые был опробован на одноцилиндровом двигателе (американский двигатель Вокеш, 1919 г.) переменного сжатия.

При испытании на этом двигателе, при постоянстве остальных параметров, степень сжатия поднималась до возникновения детонации и замерялась специальным приспособлением. Начало детонации определялось на стук и до снижения мощности машины.

Степень сжатия ϵ , соответствующая началу детонации, называлась „критической степенью сжатия“. Недостатком этого метода является то, что определяемая ϵ сильно зависела от конструкции и режима работы машины.

2. Метод топливных эквивалентов. Этот метод был введен Миджлеем. На одноцилиндровом двигателе производилось сравнение испытуемого топлива со смесями эталонных топлив.

С изменением ϵ топливо начинает детонировать, при этом подбирается такая смесь (эталонная), которая детонировала с такой же стойкостью, что и испытуемый образец. В качестве эталонных топлив применялись топлива с различными детонационными свойствами. В результате склонность топлива к детонации выражалась численной величиной процентного содержания стойкого против детонации компонента в эталонной смеси.

3. Метод октановых чисел. Для проведения этих опытов был сконструирован двигатель CFR с переменной степенью сжатия; одновременно с двигателем была разработана методика испытаний и шкала октановых чисел. Существо шкалы заключается в том, что

Ф. М. АГАЕВА

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОКТАНОВЫХ ЧИСЕЛ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

При исследовании различных моторных топлив необходимо определять их способность к горению без детонации. Мощность и коэффициент полезного действия обычных бензиновых моторов могли бы быть существенно увеличены повышением степени сжатия в цилиндрах, но при этом появляются стук, падает мощность и увеличивается удельный расход топлива.

Различные классы химических соединений имеют различную склонность к детонации, чем выше октановое число, тем выше допустимая степень сжатия.

Определение детонационной стойкости топлив при оптимальных параметрах машины возможно несколькими известными методами.

1. Метод критической степени сжатия. Метод определения детонационных качеств топлива впервые был опробован на одноцилиндровом двигателе (американский двигатель Вокеш, 1919 г.) переменного сжатия.

При испытании на этом двигателе, при постоянстве остальных параметров, степень сжатия поднималась до возникновения детонации и замерялась специальным приспособлением. Начало детонации определялось на стук и по снижению мощности машины.

Степень сжатия ε , соответствующая началу детонации, называлась „критической степенью сжатия“. Недостатком этого метода является то, что определяемая ε сильно зависела от конструкции и режима работы машины.

2. Метод топливных эквивалентов. Этот метод был введен Миджлеем. На одноцилиндровом двигателе производилось сравнение испытуемого топлива со смесями эталонных топлив.

С изменением ε топливо начинает детонировать, при этом подбирается такая смесь (эталонная), которая детонировала с такой же стойкостью, что и испытуемый образец. В качестве эталонных топлив применялись топлива с различными детонационными свойствами. В результате склонность топлива к детонации выражалась численной величиной процентного содержания стойкого против детонации компонента в эталонной смеси.

3. Метод октановых чисел. Для проведения этих опытов был сконструирован двигатель CFR с переменной степенью сжатия; одновременно с двигателем была разработана методика испытаний и шкала октановых чисел. Существо шкалы заключается в том, что

для выражения антидетонационных качеств топлив берутся в качестве стандарта два индивидуальных углеводорода: изооктан и нормальный гептан. Эти углеводороды по своим основным физическим свойствам очень близки друг к другу, но обладают совершенно противоположными антидетонационными качествами.

Изооктан обладает очень высокими антидетонационными качествами и его октановое число было принято 100, нормальный гептан, наоборот, очень сильно детонирует и его октановое число принято равным нулю. Смешивая изооктан и нормальный гептан в различных пропорциях, можно получить шкалу, т. е. ряд топлив с октановыми числами, начиная от 0 до 100. Минус этого способа заключается в дороговизне изооктана и гептана.

Имеются и другие известные методы определения октановых чисел, но о них говорить здесь не будем.

Для определения октановых чисел газовых смесей необходимо было пользоваться легко доставаемым эталонным топливом. С этой целью нами был принят метод определения октановых чисел бензольным эквивалентом. Бензол имел октановое число 98, а в качестве сильно детонирующего брали грозненский бензин с октановым числом 24.

Как известно, габариты производственных машин значительно больше описанного выше двигателя, следовательно, топливо при сгорании в производственных машинах имеет другие температурные условия.

При одной и той же удельной тепловой нагрузке в больших машинах разность температур между стенкой цилиндра и крышкой получается больше, чем в малых (вследствие большой толщины стенки) и эта разность температур приводит к стуку.

С повышением температуры, а также усилением завихрения увеличивается скорость распространения пламени.

Для подтверждения зависимости детонации от температурного условия двигателя ниже приводим показания некоторых исследователей по этому поводу.

По анализам Зельдовича, высокая температура горения смеси действует также большой скорости распространения пламени.

Марвин, посредством стробоскопического наблюдения движения пламени в моторе через 32 окошка, установил, что фронт пламени при горении двигается с увеличивающейся скоростью по направлению к свободной части камеры сгорания, и с повышением температуры смеси повышается скорость распространения пламени.

По указанию некоторых авторов, скорость распространения пламени можно представить эмпирической функцией одной только температуры: по Пассуазу $u = T_b^2$, по Томмале и Тиле $u = hgT_b^{1/4}$.

Все проведенные опыты показали, что появление детонации в сильной степени зависит от температуры цилиндра и, следовательно, от его габарита. Большие двигатели склонны к стукам больше, чем малые, и на этой почве октановые числа, найденные на маленьких двигателях, не удовлетворяют требованиям производственных машин, они получаются завышенными.

Цель настоящей работы заключалась: 1) в выборе методики определения октанового числа для газовых смесей, 2) в проведении этих опытов на производстве на реальных машинах.

Определение октанового числа, как известно, до сих пор производилось для различных сортов жидкого топлива.

Октановые числа газовых топлив до сего времени мало исследованы, разрешение этого вопроса имеет определенную практическую ценность.

Оборудованная опытная установка имела четырехтактный одноцилиндровый карбюраторный двигатель мощностью 20 л. с. (работал на тормоз).

Двигатель был снабжен регулятором. Устройство, подающее газ в машину, состояло из газового клапана, управляемого от центрального регулятора, а регулировка состава смеси производилась в ручную задвижкой, стоящей на воздушной линии, проводящей воздух в камеру смешения. Степень сжатия машины изменялась изменением объема камеры сжатия.

В основном двигатель работал на естественном и крекинг-газе.

Вначале, при 4 различных степенях сжатия определялась оптимальная нагрузка для названных выше газов, за какую принималась нагрузка в момент наступления детонации.

Начало детонации измерялось на слух и фиксировалось индикаторной диаграммой.

Дальше, при тех же степенях сжатия, соответствующих найденным выше оптимальным нагрузкам, нагрузка поднималась на чистом бензоле до максимума. С прибавлением бензина к смеси появлялись стуки в цилиндре и нагрузка снижалась до прекращения их.

Таким образом, прибавлением бензина регулировалось получение тех мощностей, которые, в момент прекращения детонации, соответствовали бы оптимальным нагрузкам, полученным при газовом топливе при тех же степенях сжатия.

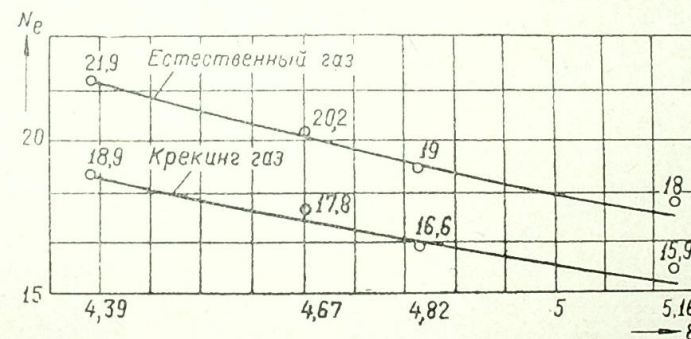


Рис. 1

Изменение оптимальной мощности с изменением ϵ (степень сжатия) для естественных и крекинг-газов

На основании проведенных опытов и полученных данных построены кривые (рис. 1), которые показывают зависимость оптимальной мощности от степени сжатия двигателя при газовом топливе. Из кривых видно, что естественный газ детонирует при более высоких нагрузках, чем крекинг-газ. Объясняется это тем, что естественный газ в своем составе имеет до 95% метана. Из кривых также видно, что с повышением степени сжатия тенденция газов к детонации растет и газы детонируют при более низких оптимальных нагрузках.

На рис. 2 построены кривые изменения оптимальной мощности в зависимости от процентного содержания бензола в эталонной смеси при разных степенях сжатия.

Для перехода от процентного содержания бензола к октановым числам дана кривая изменения октановых чисел от процента содержания бензола в смеси (рис. 3). Она построена следующим образом.

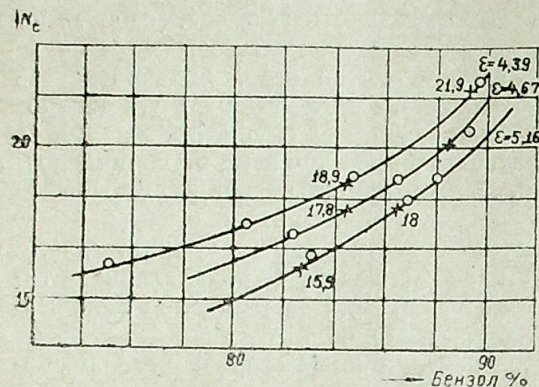


Рис. 2

Изменение оптимальной мощности с изменением процента содержания бензола при разных степенях сжатия.

+ оптимальные точки при газовом топливе,
o оптимальные точки при жидком топливе.

Зная октановое число бензола 98, а бензина 24, откладываем на ординате октановое число бензола, а на абсциссе — процент содержания бензола и бензина; соединяя эти точки, проводим прямую линию, по которой, зная содержание бензола для каждой смеси, возможно определить октановое число последней.

По данным испытательной лаборатории АзНИИ, зависимость бензольного числа от его процентного содержания в смеси изменяется по некоторой кривой, которая очень близка к прямой линии. Например, при 60% бензола и 40% бензина

изменяется от 1 до 1,5 единиц. По этим соображениям данная зависимость была принята нами в первом приближении прямолинейной.

Кривые на рис. 1 дают зависимость между оптимальной мощностью и степенью сжатия машины. Но мощность не может быть

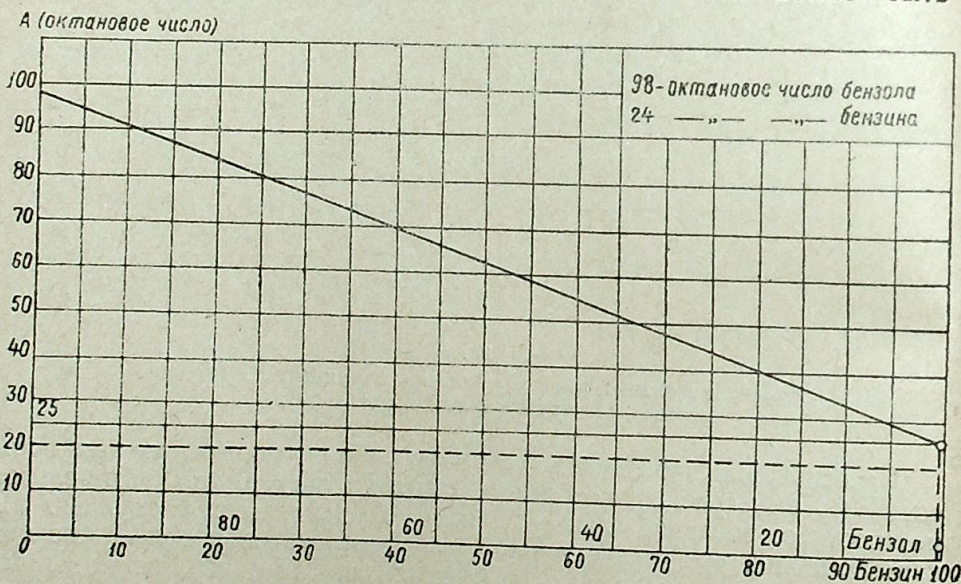


Рис. 3

Изменение октановых чисел в зависимости от процента содержания бензола.

основной величиной, характеризующей детонацию, потому что она относится к одной машине, а для того чтобы распространить резуль-

таты на другие двигатели, нужно ориентироваться на тепловую нагрузку машины, от которой зависит детонация при данной ϵ .

После подсчета тепловой нагрузки для определения опытных точек построили кривые, приведенные на рис. 4.

Каждая отдельная кривая дает зависимость тепловой нагрузки от октанового числа, при определенной степени сжатия. При известной тепловой нагрузке, мощности и степени сжатия, из этих кривых можно получить бензольное число для газового топлива.

Таким образом, производственные эксперименты, производившиеся на двух газах (естественном и крекинг-газе) показали возможность определения октанового числа для газовых смесей посредством эталонного жидкого топлива для карбюраторных машин, причем дорогое эталонное топливо, необходимое для лабораторной работы на специальных машинах, заменено легко доставаемым бензолом и грозненским бензином.

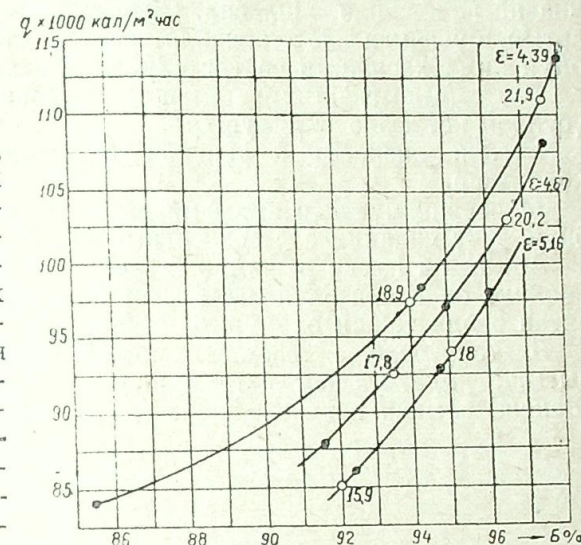


Рис. 4

На основании проведенных испытаний мы пришли к следующим выводам.

1. Для определения октановых чисел газовых смесей на реальных машинах, производя опыты на одной из них, результаты с малой погрешностью можно распространить на машины, у которых конструкция и быстроходность близки к испытанной.

2. Октановое число полностью не характеризует антидетонационные свойства топлив для различных двигателей. Оно различно даже для одной машины, работающей при различных режимах нагрузки.

3. При одной и той же удельной тепловой нагрузке, с увеличением степени сжатия следует применять более высокооктановое топливо.

4. Из нефтяных газов стойким к детонации оказался естественный газ.

Ф. М. Агаева

Газ гарышыгларынын октан эдэдлэринин тапылмасына даир

ХҮЛАСӨ

Мүһәрриклердә ишләнән яначаглары тэдгиг эдәндә онларын янма габилыйәтинин дәрәчәсини тә'йин этмәк ләзымдыр.

Мүһәрриклерин күчүнү вә фиә-ни юхары галдырмаг үчүн сыхылма

дәрәчәсини артырмаг лазымдыр ки, бу да цилиндрдә детонасиянын артмасына вә она көрә дә күчүн ашағы дүшмәсинә сәбәб олур.

Индийә гәдәр мае яначагларынын янма хусусийәти бир нечә үсуллар илә тапылдырды. Бу үсуллардан биз, яначагларын эквивалент үсулундан истифадә этмишик.

Бу үсулу Мичлей бирсилиндрли мүһәррикдә ашағыдакы үсулла тәдгиг этмишдир. Мүһәррикдә тәдгиг олуначаг яначаг илә эталон яначаг нөвбә илә ишләйир. Сыхылма дәрәчәси артдыгча детонасия артыр, бу заман элә тәркибли эталон яначаг сечмәк лазымдыр ки, онун янма хасийәти тәдгиг олуначаг кими олсун.

Газ гарышыгларынын октан әдәлләрини тапмаг үчүн юхарыдакы үсулдан истифадә олунамушдур.

Эталон яначагынын тәркиби бензолдан вә Грозны бензининдән ибарәтдир.

Мүһәррик мүәййән сыхылма дәрәчәсилә верилмиш газда ишләйир, онун күчү цилиндрдә детонасиянын башлангычына гәдәр артырылыр.

Алынмыш һәммин режимдә эталон яначаг ишләдилир вә онун тәркибиндә олан бензолун нечә фаиз олмасындан асылы олага, газын октан әдәди тәйин олунур.

Бу тәчрүбәләр истәһсалатда ишләйән бөйүк мүһәррикләрдә апарылдыгына көрә алынған нәтичә кичик лаборатория мүһәррикләриндә (Вокеш) алынған нәтичәйә нисбәтән һәгиги гиймәтә даһа яхындыр.

М. А. ТОПЧУБАШОВ, А. А. ӘЛӘКБӘРОВ, Ә. Н. ӘБИЛОВ

ВЕРИЧИ ГУРГУЛАРЫН БУРАХМА ГАБИЛИЙӘТИНИН ВӘ ПАРАЛЕЛ ИШЛӘМӘСИНИН ТӘДГИГИ

Мәсәләнни гоюлушу

Автоматик компрессор гуялары (АКГ) группунун автоматик һава пайлаян (АҺП) системиндә веричи вә изләйичидән ибарәт ики әсас һиссә вардыр [1]. Изләйичи һиссә былаваситә АКГ группунун веричи гургу вәситәсилә чеврилмиш режим дәйишмәләрини еринә етирир. Веричи гургу гуялар группуну бәсләйән хәттин кириш импульсуну изләйичи гургу үчүн лазым олан уйгун импульса чевирмәкдән әлавә, бир групп изләйичи гургулара арасыкәсилмәдән тәсир әтмәли вә һабелә системин изләйичи һиссәсинин йыгычы-пайлаычы коллекторунун да тәләбатыны өдәмәлидир. Буна көрә дә веричи гургунун бурахма габилийәти кифайәт гәдәр бөйүк олмалыдыр.

03-МГ типли веричи гургунун бурахма габилийәти әдәбийятдан [2] көрүндүйү кими, ялныз бир әдәд регулятор ичраәдичи объект системинин иши үчүн тәйин әдилмишдир. Анчаг бир веричи гургудан мәсәлән, 03-МГ-дән бир групп ичраәдичи гургунун ишини тәмин әтмәк имканы мәсәләси истәр үмуми һалда, истәрсә дә хусуси конкрет схемләр үчүн (мәсәлән, АҺП вә я АКГ группарарасы автоматик көчүрмә үчүн) һәләлик нә нәзәри вә нә дә тәчрүби чәһәтчә өйрәнилмәмишдир.

Веричи гургунун бурахма габилийәтини тәйин әтмәк вә заводларымыз тәрәфиндән серияларла бурахылан көстәрилән тип веричи гургуларын бирликдә паралел ишләмәси имканыны мүәййәнләшдирмәк мәгсәдилә веричи гургуну тәчрүби йолла тәдгиг әтмәк мәсәләсини гаршымызда гойдуг.

Бу мәсәләнни өйрәнилмәси ашағыдакы кими апарылмышдыр.

1. АҺП системини һазырлаяркән АКГ группуну характеризә әдән илк мәлуматы мүәййән әтмәк.
2. Лаборатория шәраитиндә веричи группунун бурахма габилийәтини тәйин әтмәк.
3. Мәдәндә тәчрүби гургуда веричи гургунун бурахма габилийәтини йохламаг.
4. Мәдәндәки тәчрүби гургуда веричи гургуларын биркә ишләмәси имканы вә шәртләрини мүәййәнләшдирмәк.

Нефт-мәдән АҺПБ (автоматик һава пайлайычы батарея) шәраитиндә тәчрүби гурғу

Тәчрүби гурғу ашағыдакы әсас мәсәләләрин һәллинин мүмкүн олмасыны тәмин әтмәлидир.

1. АҺП системинин веричи гурғусунун бурахма габилийәтини мүййән әтмәк.

2. Веричи гурғуларын паралел ишләмәси имканыны тәдгиг әтмәк.

3. АҺП системини мәдән шәраитиндә арасыкәсилмәдән тәчрүби истисмар әтмәк.

Көстәрилән мәсәләләрлә әлагәдар олараг, тәчрүби гурғу ашағыдакы һиссәләрден ибарәтдир.

1. Паралел гошулмуш веричи гурғулар.

а) гурғу йүксәк тәрәфлән верилмиш гуялар групунун бәсләйичи хәттинә; б) алчаг тәрәфдән исә пайлайычы коллектора бирләшир.

2. Верилмиш група аид гуяларын сабитләшдиричи тәнзим системинин веричиләринә билаваситә тәсир әдән изләйичи гурғу.

Автоматлашдырылмыш гулюар группу үчүн режим автоматик компрессор гуяларынын максимал сайыны тәйин әтдикдән сонра, бөйүдүлмүш мүхтәлиф автоматик газ-һава пайлайычы батареялар шәраитиндә АҺП системинин веричи гурғусунун бурахма габилийәтини мүййән әтмәк лазымдыр.

Нефт-мәдән шәраитиндәки гурғунун принципаал схеми 1-чи шәкилдә верилмишдир.

АҺП системинин веричи гурғусу олан 03-МГ тәнзимләйичинин бурахма габилийәти бу гурғунун „п“ сайда изләйичи, ичраәличи гурғуну сабит бәсләнмә шәраитиндә ($P_{\text{кириш}} = 1,1-1,2 \text{ атм}$; $P_{\text{чыгыш}} = 0,65 \text{ атм}$) сыхылмыш һава илә арасыкәсилмәдән тәмин әтмәк лазымдыр.

Бу мәсәләни һәм нәзәри, һәм дә тәчрүби йолла һәлл әтмәк лазымдыр. Лакин һәләлик бахдығымыз нөв веричи гурғунун идарә системи кифайәт гәдәр өдәнилмәдийиндән, һәмин гурғунун бурахма габилийәтинин һесаблинамасы үсулу мәлум дейилдир. Одур ки, биз гурғунун бурахма габилийәгини тәчрүби йолла тәйин әтмәйи гәрәра алмышыг. Бу үсул кифайәт гәдәр дәгиг олуб, алыннан нәтичәләри үмумиләшдирмәйә имкан верир.

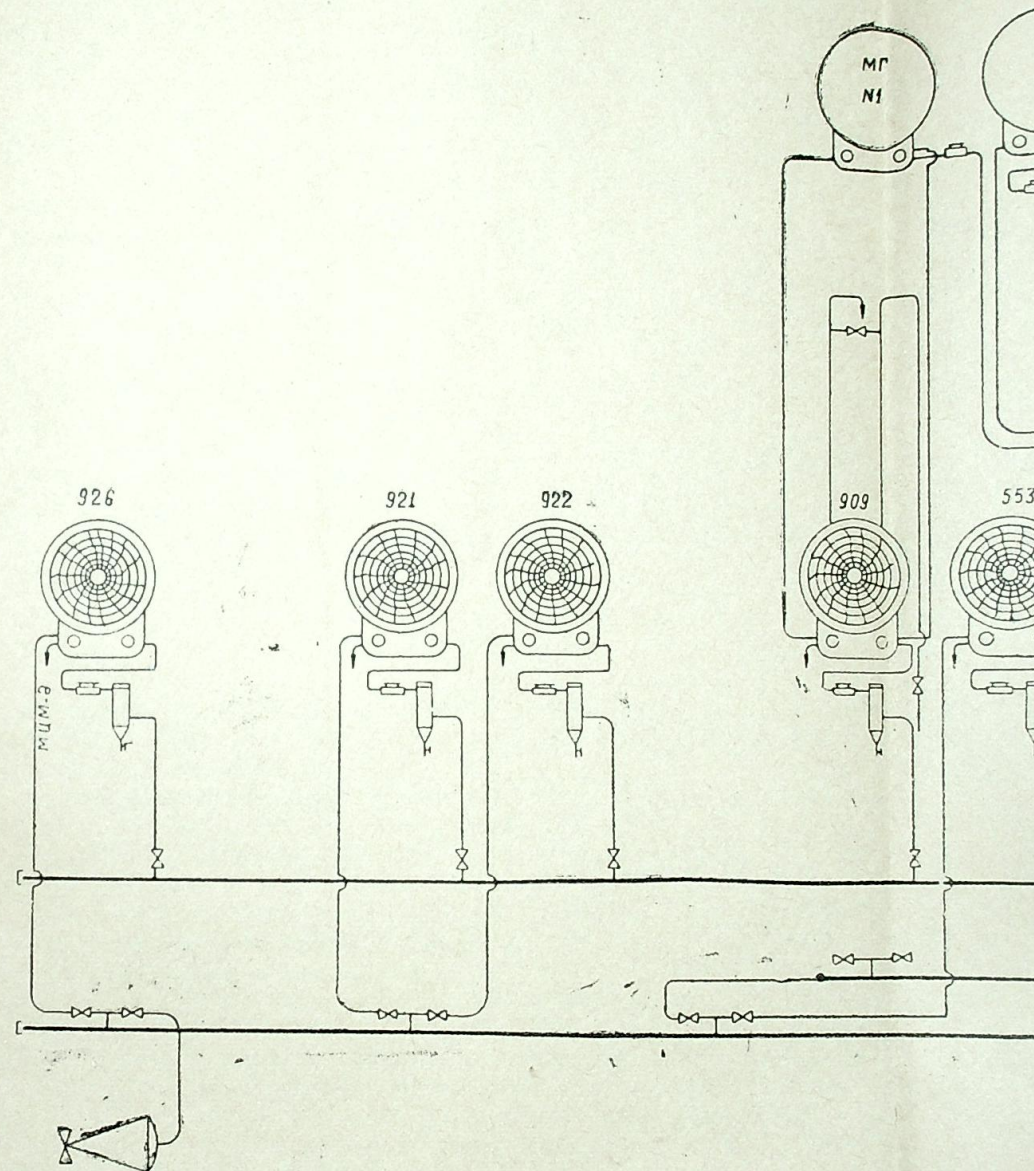
Һесаблама көстәрир ки, АҺП системин 03-МГ нөвлү веричи гурғусунун чыхышында максимал һава сәрфи яратмаг вә ону сабит сахламаг үчүн $P_{\text{кириш}} = 1,1-1,2 \text{ атм}$ олдугда $P_{\text{чыгыш}} \leq 0,6-0,65 \text{ атм}$ олмалыдыр. $P_{\text{чыгыш}}$ -ын көстәрилән һәдләри дахилиндә йүк тәрәфдәки тутумун тез долмасы үчүн шәраит яраныр.

Бу кәнар гиймәтләрә изләйичи гурғудаки силфон релеләрин характеристикасынын „Р-Һ“ һиссәси уйғун кәлир ($P_{\text{ишчи-мс}} = 0,35-0,70$). Демәли $P_{\text{чыгыш}}$ вә я $P_{\text{кириш}}$ -ин кәнар гиймәтләрдә көстәрилән релеләрин арасыкәсилмәдән бәсләнмәси үчүн имкан яраныр.

Режими АҺП системи тәрәфиндән идарә әдилән АКГ-групунун истисмар хүсусийәтләрини өйрәнмәк әсасында АҺП системинин иши илә әлагәдар олан ашағыдакы мүһүм вә тез-тез раст кәлән һаллары нәзәрдән кечирмәк лазым кәлир.

1. Системин верилмиш иш шәраитиндә веричи гуяларын тәкликдә ишләниб бүтүн изләйичи гурғуларын ачыг олдуғу вә коллекторун долмадығы һалда, бу вә я дикәр веричи гурғуну тез ачыб бағламагла АҺП системинә тәкан верилир вә о системдә баш верән кечид просеси өйрәнилир.

2. Системин верилмиш иш шәраитиндә (1-чи һалда олдуғу кими) веричи гурғуларын тәкликдә ишләдийи вә АҺП системиндә мүхтәлиф йүкләрин олдуғу бир һалда коллектору бөйүк пневматик тутумла (атмосфер илә, бирләшдирмәклә системә бирдән-бирә тәкан верилир



1-чи шәкил.
Нефт-мәдән тәчрүби гур

1. АҺП системинин нәзәрдән кечирдирмәк просеси (бу кечид просесинә тәвафүг әдән 1, 2 вә 3-чү чәдвәлдәки

Нефт-мәдән АҺПБ (автоматик һава пайлайычы батарея) шәраитиндә тәчрүби гурғу

Тәчрүби гурғу ашағыдакы әсас мәсәләләрин һәллинин мүмкүн олмасыны тәмин этмәлидир.

1. АҺП системинин веричи гурғусунун бурахма габилыйәтини мүйәйән этмәк.

2. Веричи гурғуларын паралел ишләмәси имканыны тәдгиг этмәк.

3. АҺП системини мәдән шәраитиндә арасыкәсилмәдән тәчрүби истисмар этмәк.

Көстәрилән мәсәләләрлә әлағәдар олараг, тәчрүби гурғу ашағыдакы һисәләрден ибарәтдир.

1. Паралел гошулмуш веричи гурғулар.

а) гурғу йүксәк тәрәфән верилмиш гуялар группунун бәсләйичи хәттинә; б) алчаг тәрәфдән исә пайлайычы коллектора бирләшир.

2. Верилмиш група аид гуяларын сабитләшдиричи тәнзим системинин веричиләринә билаваситә тәсир әдән изләйичи гурғу.

Автоматлашдырылмыш гуялар группу үчүн режим автоматик компрессор гуяларынын максимал сайыны тәйин этдикдән сонра, бөйүдүлмүш мүхтәлиф автоматик газ-һава пайлайычы батареялар шәраитиндә АҺП системинин веричи гурғусунун бурахма габилыйәтини мүйәйән этмәк ләзымдыр.

Нефт-мәдән шәраитиндәки гурғунун принципал схеми 1-чи шәкилдә верилмишдир.

АҺП системинин веричи гурғусу олан 03-МГ тәнзимләйичинин бурахма габилыйәти бу гурғунун „п“ сайда изләйичи, ичрәличи гурғуну сабит бәсләнмә шәраитиндә ($P_{\text{кириш}} = 1,1-1,2 \text{ атм}$; $P_{\text{чыгыш}} = 0,65 \text{ атм}$) сыхылмыш һава илә арасыкәсилмәдән тәмин этмәк ләзымдыр.

Бу мәсәләни һәм нәзәри, һәм дә тәчрүби йолла һәлл этмәк ләзымдыр. Лакин һәләлик бахдығымыз нөв веричи гурғунун идарә системи кифайәт гәдәр өдәнилмәдийиндән, һәмин гурғунун бурахма габилыйәтинин һесапланмасы үсулу мәлум дейилдир. Одур ки, биз гурғунун бурахма габилыйәтини тәчрүби йолла тәйин этмәйи гәрәра алмышыг. Бу үсул кифайәт гәдәр дәгиг олуб, алыннан нәтичәләри үмумиләшдирмәйә имкан верир.

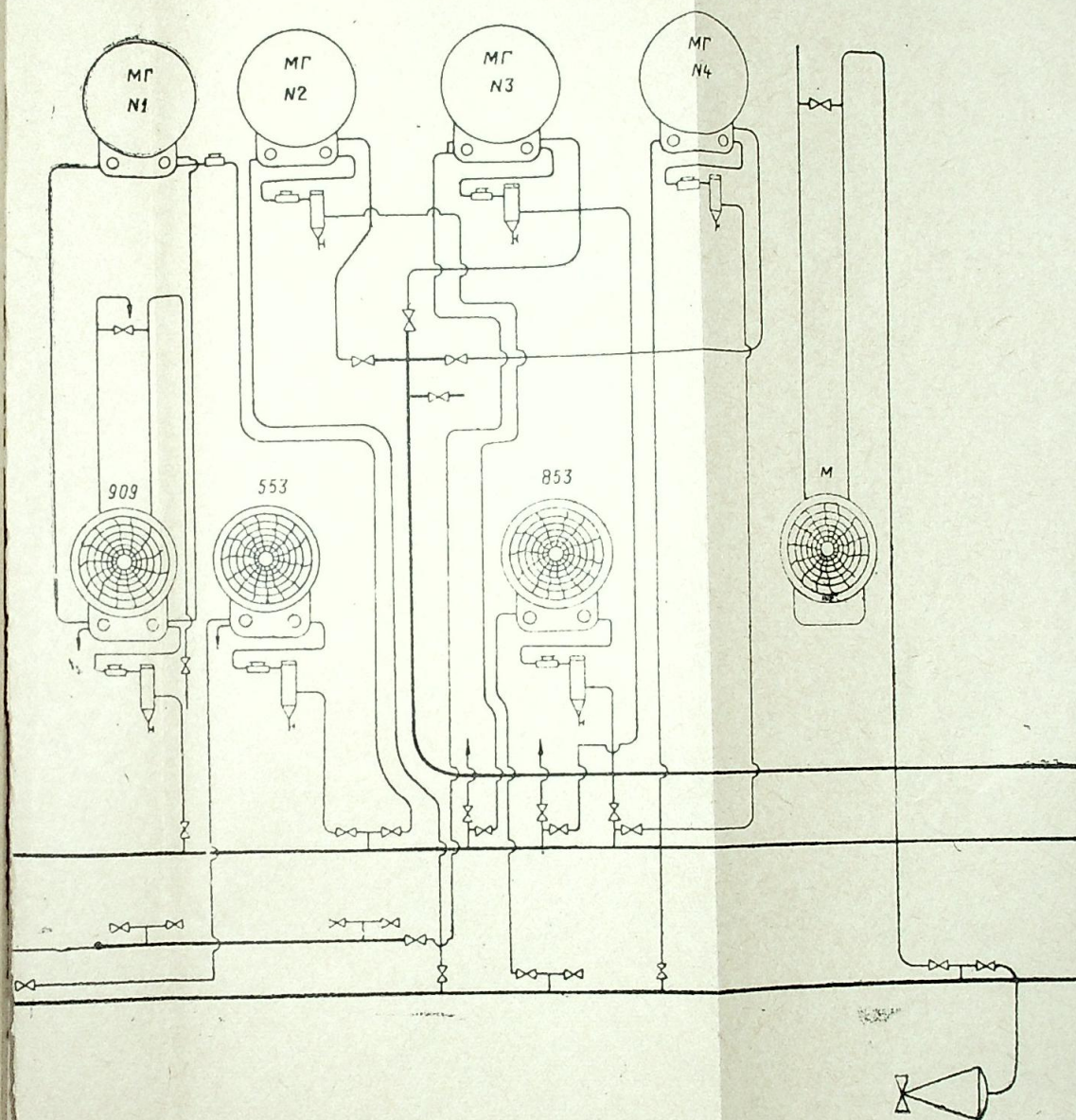
Һесаблама көстәрир ки, АҺП системин 03-МГ нөвлү веричи гурғусунун чыхышында максимал һава сәрфи яратмаг вә ону сабит сахламаг үчүн $P_{\text{кириш}} = 1,1-1,2 \text{ атм}$ олдугда $P_{\text{чыгыш}} \leq 0,6-0,65 \text{ атм}$ олмалыдыр. $P_{\text{чыгыш}}$ -ын көстәрилән һәдләри дахилиндә йүк тәрәфдәки тутумун тез долмасы үчүн шәраит яраныр.

Бу кәнар гиймәтләре изләйичи гурғудаки силфон релеләрин хәрактеристикасынын „P-h“ һиссәси үйгун кәлир ($P_{\text{ишчи-мс}} = 0,35-0,70$). Демәли $P_{\text{чыгыш}}$ вә я $P_{\text{кириш}}$ -ин кәнар гиймәтләрдә көстәрилән релеләрин арасыкәсилмәдән бәсләнмәси үчүн имкан яраныр.

Режими АҺП системи тәрәфиндән идарә әдилән АКГ-группунун истисмар хүсусийәтләрини өйрәнмәк әсасында АҺП системинин иши илә әлағәдар олан ашағыдакы мүһүм вә тез-тез раст кәлән һаллары нәзәрдән кечирмәк ләзым кәлир.

1. Системин верилмиш иш шәраитиндә веричи гуяларын тәкликдә ишләниб бүтүн изләйичи гурғуларын ачыг олдуғу вә коллекторун долмадығы һалда, бу вә я дикәр веричи гурғуну тез ачыб бағламагла АҺП системинә тәкан верилир вә о системдә баш верән кечид просеси өйрәнилир.

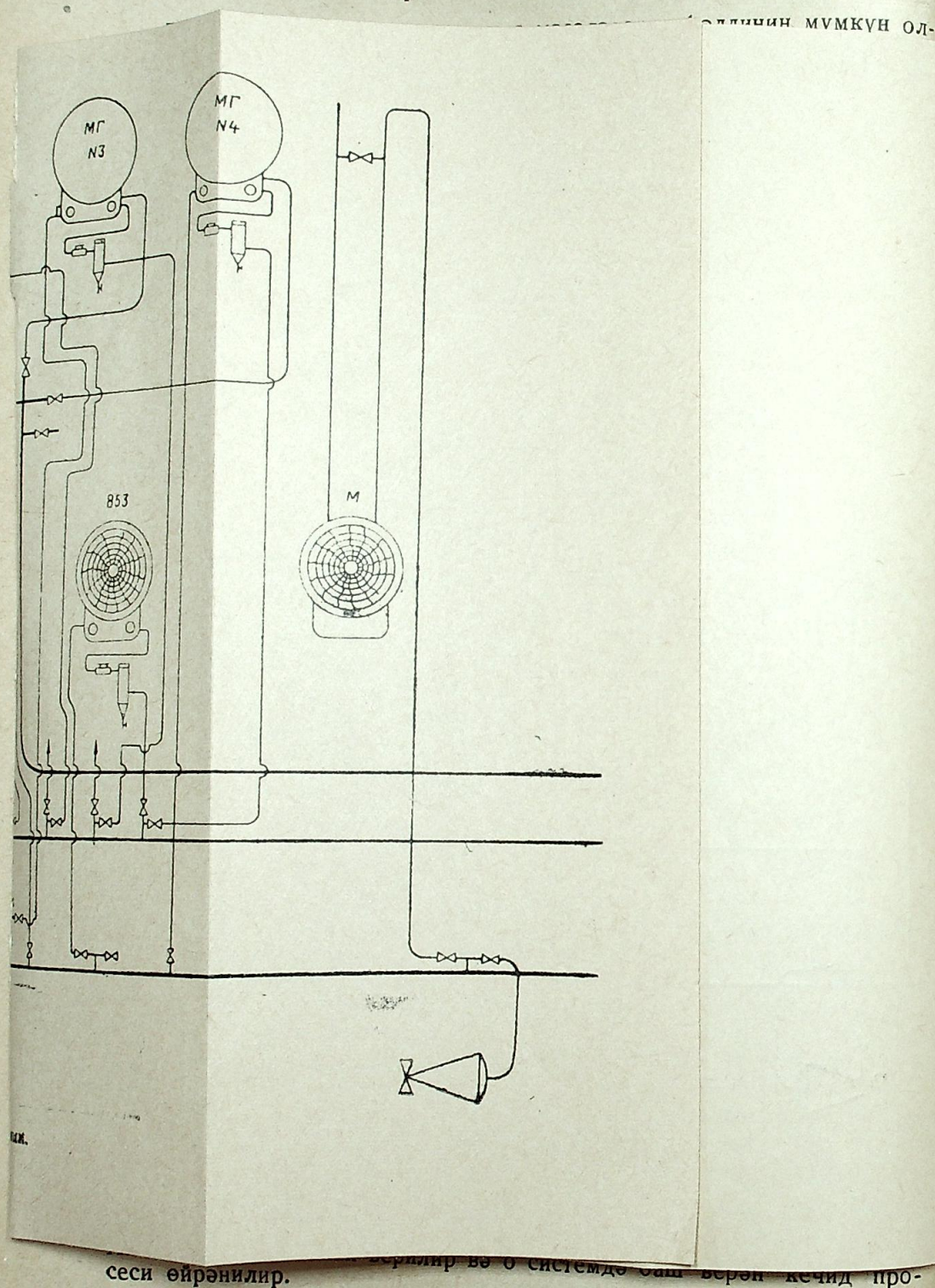
2. Системин верилмиш иш шәраитиндә (1-чи һалда олдуғу кими) веричи гурғуларын тәкликдә ишләдийи вә АҺП системиндә мүхтәлиф йүкләрин олдуғу бир һалда коллектору бөйүк пневматик тутумла (атмосфер илә, бирләшдирмәклә системә билән-бирә тәкан верилир



1-чи шәкил.
Нефт-мәдән тәчрүби гурғусунун схеми.

Һәдләри дахилиндә йүк тәрәфдәки просеси (бу кечид просесинә тәвафүг әдән 1, 2 вә 3-чү чәдвәлдәки

Нефт-мәдән АҺПБ (автоматик һава пайлайычы батарея) шәраитиндә тәчрүби гурғу



2. Системин верилмиш иш шәраитиндә (1-чи һалда олдуғу кими) веричи гурғуларын тәкликдә ишләдийи вә АҺП системиндә мүхтәлиф йүкләрин олдуғу бир һалда коллектору бөйүк пневматик тутумла (атмосфер илә, бирләшдирмәклә системә бирдән-бирә тәкан верилир вә орадакы кечид просеси өйрәнилир.

3. Системин верилмиш иш шәраитиндә (1-чи һалда олдуғу кими) веричи гурғуларын ишләдийи вә АҺП системиндә мүхтәлиф йүкләрин олдуғу бир һалда бу вә я дикәр кәмиййәт системә сычрайышла тәкан верир.

4. Системин верилиш иш шәраитиндә (1-чи һалда олдуғу кими) бир веричи гурғунун әгрәбләри арасындакы бучағы бирдән-бирә дәйишмәклә, системә тәкан верилир вә кечид режими өйрәнилир.

АҺП системиндә апарылан бу тәчрүби тәдгигат нәтичәсиндә ашағыдакылар мүййән әдилмишдир:

- 1) веричи гурғунун бурахма габилийиәти;
- 2) системдә баш верән кечид просесләри;
- 3) системин характеристик параметрләри.

Бу һалда ашағыда системин бир нечә иш режимләри өйрәнилмишдир.

а) АКГ бүтүн АҺП изләйичи гурғулары ачылдыгда вә бир схем ишләдикдә йүксүз ишләмә режими;

б) мүхтәлиф йүкләр шәраитиндә схемин йүклү иш режими;

в) АКГ групунун бүтүн АҺП изләйичи гурғулары ачылдыгда вә веричи гурғулары паралел ишләдикдә олан иш режими;

г) йүк алтында олан веричи гурғуларын паралел ишләдийи заман схемин иш режими.

Кечид режимләри

а) веричи гурғуларын бәсләйичи импульс хәттиндән вә изләйичи гурғуларын ачыг олдугда онларын өлчү һиссәләриндән ибарәт схем һиссәсиндә кечид просеси.

б) изләйичи гурғуларын коллектору да дахил олмаг шәртилә АҺП изләйичи гурғулар системин һиссәсиндә кечид просеси.

в) „б“ бәндиндә көстәриләнләрдән әләвә изләйичи вә ичраәдичи гурғуларда дахил олан АҺП системиндә кечид просеси.

АКГ группу АҺП системинин юхарыда көстәрилән әләвә режимләринин ардычыллығы вә характеринә уйғун олараг, системин веричи вә изләйичи һиссәләринин вә һабелә бүтүн системин бурахма габилийиәтини тәһийн этмәк мәгсәдилә дә лаборатория вә мәдән шәраитиндә тәчрүбәләр апарылмышдыр. Тәчрүбәләрин нәтичәләри бир сыра әйриләр (картаграмла) вә графикләр шәклиндә көстәрилмишдир.

Мәдәнлә тәчрүби гурғу шәраитиндә мәлум типли тәкан верилдикдә вә АКГ группу АҺП системин веричи гурғуларындан бири ишләдикдә коллекторун долуб бошалмасы илә әлагәдар олан кечид просесләринин нәзәрдән кечирәк:

Юхарыда гөйд әдилдийи кими, бу гурғудагы системдә баш верән просесләрә көстәричи чиһазлардән әләвә язычы чиһазларла да нәзәрәт әдилирди. Язычы чиһазлар кечид вә стационар просесләри картаграмын һәм сүрәтли вә һәм дә ади суткалыг интигалында фәсиләсиз олараг языр.

1. АҺП системинин нәзәрдән кечирдийимиз һиссәсиндәки долма просеси (бу кечид просесинә тәвафүг әдән 1, 2 вә 3-чү чәдвәлдәки

долма вэ бошалма заманларындын көрүндүйү кими) энэн вэ галхан ики хиссэ илэ характеризэ олунур. Бу хиссэлэрдэн биринчиси коллектордакы вентиллэрин баглы олдуғу халда „2“ вентилини сүр'этлэ ачаркэн веричи гурғуя дүшэн йүкүн бирдэн-бирэ артмасы дөврүнэ уйғун кэлир. Бу просесин экспоненциал ганун үзрэ бу вэ я башга чүр кетмасы, һәм веричи гурғунун чыхыш параметрлериндэн (чыхышдакы тэзийг вэ саирэдэн) вэ һәм дә коллекторун чыхыш параметриндэн асылы олачагдыр. Одур ки, о, нэзэрдэн кечиртдийимиз режимдэ мүхтәлиф шәраитләрдә мүхтәлиф чүр кечир. Буну 1 вэ 3-чү чәдвәлдә верилән бир сыра вариантлардан көрмәк мүмкүндүр. Веричи гурғунун чыхыш параметринин башлангыч гиймәти бөйүк олдуғча, онун кечид просесиндәки ашағы сәрһәдди дә бөйүк олур. Просесин давам мүддәти исә һәмишә 1,0÷2,0 санийә һәдләри дахилиндә олур. Кечид просеси әйрисинин йүксәлән хиссәи (коллекторун долмасы) бир тутумлу объектдәки просес кими веричи гурғунун вэ коллекторун чыхыш параметриндән асылы олараг мүхтәлиф чүр кечир.

Типик тәканлар верилдикдә веричи гурғунун йүксүз ишләмә режиминдәки кечид просесинин кедиши 1 вэ 2-чи чәдвәлләрдә көстәрилмишдир.

1-чи чәдвәл

Сол веричи гурғу ишләдикдә коллекторун долмасы просеси

№	ДД	Ө	АД	$P_{хэтт}$	$P_{кир}$	Йүк	Тәкан	$T_{дол}$	$P_{чых}$
1	80	38/73	саб.	саб.	1,18	Йүксүз ишләмә	„1“-ин баглы вәзийәтиндә „2“-ни ачмалы	0,0—1,0—1,1	0,3—0,1—0,5
1а.	80	38/73	саб.	саб.	1,15	Йүксүз ишләмә	„1“-ин баглы вәзийәтиндә „2“-ни ачмалы	0,0—1,0—13,0	1,0—0,2—0,1
2	80	4/68	АП=0	саб.	1,18	Йүксүз ишләмә	„1“-ин 1/4 дөвр ачыг вәзийәтиндә „2“-ни ачмаг	0,0—1,0—65	1,12—0,15—1,05

Коллекторда кедән кечид просесинә аид чәдвәлләрдән көрүнүр ки, чыхыш параметринин дәйишмә гиймәти, верилмиш режимдә вэ тәканын мәлум гиймәтиндә коллекторун долуб-бошалма мүддәти ашағыдакы һәдләр дахилиндә дәйишир.

1. Сызма олмадыгда чыхыш параметри $\Delta P_{кл}=0,7$ -дән 0,8 атмосферәдәк, долма мүддәти $T_d=11$ -дән 13 санийәйәдәк.

2. Сызма олдуғда $\Delta P_{кз}=0,95$ -дән 1,0 атмосферәдәк вэ $T_d=65$ -дән 80 санийәйәдәк олур.

II. Веричи гурғу вэ коллекторун гошулдуғу АНП системи хиссәсинин долма просеси анчаг энән әйри илэ характеризэ олунур. Бу әйри „2“ баглайычы вентилинин баглы олдуғу заман „1“ үфләмә вентилинин сүр'әтлэ 1/4 дөвр ачылдыгда коллекторун чыхыш параметринин ($P_{к-нын}$) бирдән-бирә азалмасына тәвафүг әдир.

Мәнфи көстәричидә вэ верилмиш тәзийгдә экспоненциал ганун үзрә дәйишән бу просесин кедиши һәм коллекторун чыхыш параметриндән ($P_{к-дән}$), һәм дә әкс тәзийгдән (атмосфер тәзийгиндән) асылыдыр. Одур ки, бир-бириндән фәргли шәраитләрдә олан бошалманын кечид просеси мүхтәлиф әйриләр үзрә кедәчәкдир. Бунлары системин нэзәрдән кечиртдийимиз хиссәи үчүн алынан 1 вэ 5-чи чәдвәлләрдә көстәрилән халлар тәсдиг әдир. Һәмин чәдвәлләрдән көрүнүр ки, чыхыш параметринин дәйишмәси вэ просесин давам мүддәти (T_6) чәдвәлдә көстәрилән тәканлар үчүн $\Delta P_{к-6}=0,9$ -дан 1 атмосферәдәк вэ бошалма мүддәти $T_6=5$ -дән 7 санийәйәдәк һәдләри дахилиндә дәйишир.

3. Системин веричи вэ изләйичи гурғулары дахил олан АКГ групу АНП системинин долмасы заманы баш верән кечид просеси (1 вэ 2-чи чәдвәлләрә бах) верилмиш иш режиминдә һәм энән, һәм дә йүксәлән

2-чи чәдвәл

Сол веричи гурғу ишләдикдә коллекторун долмасы просеси

№	ДД	Ө	АД	$P_{хэтт}$	$P_{кир}$	Йүк	Тәкан	$T_{дол}$ (сан.)	$P_{чых}$ (атм.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	80	10/70	Саб.	Саб.	1,22	йүксүз ишләмә	„1“-ин 1/4 дөвр ачыг вәзийәтиндә „2“- ачылыр	0,0—1,0—80	1,14—0,2—1,09
2	80	4/68	Саб.	Саб.	1,16	Коллектор+926+921+922	„1“ багла-ныр „2“ ачылыр	0,0—1,0—24	1,0—0,15—1,0
3.	80	4/68	АП=0	Саб.	1,18	Коллектор+926+92+922+909+703+6347	„1“ багла-ныр „2“ ачылыр	0,0—1,0—35	0,8—0,15—0,8

хиссәләрлә характеризэ олунур. Бунлардан әсасы системин долма просесинә билаваситә мувафиг кәлән йүксәлән хиссәдир. Бурада кечид просеси веричи гурғунун „2“ баглайычы вентилини бирдән-бирә ачмагла верилән тәкан нәтичәсиндә ярадылыр. Бу заман мүхтәлиф йүкләр шәраитиндә я коллектордакы бүтүн вентилләр баглы вэ я онларын бир хиссәи ачыг олур. Мәсәлән, йүкүн 15 % олдуғу хал үч изләйичи гурғуя, йә'ни режими дәйишән үч АКГ групуна тәвафүг әдир (2-чи чәдвәл), йүкүн 35% олдуғу хал 7 гуяя (2-чи чәдвәл), 75% олдуғда 7 изләйичи вэ 2 ичрәздики гурғуя (3-чү чәдвәл) тәвафүг әдир. Йүкүн 100% олдуғу халда бундан әввәлки хал вэ 25% әһтият нэзәрә алыныр. Бу әһтият ашағыдакы сәбәбләр нәтичәсиндә яраныр.

1. Излэйиңи гурғулар дөврәсиндә вә коллекторда тез-тез баш верән сызма һаллары.

2. Бәслэйиңи һаванын тәмизлик дәрәжәсилә әләгәдар олараг коллекторун фәсиләсиз пүскүрүлмәси.

Системдә мұхтәлиф йүкләрдә вә типик тәканларда просесин кедиши 2 вә 3-чү чәдвәлләрдә көстәрилмишдир.

3-чү чәдвәл

Сағ вериңи гурғу ишләдикдә коллекторун долмасы просеси

№	ДЛ	Ө	А	$P_{хәтт}$	$P_{кир}$	Йүк	Тәкан	$T_{дол.}$ (сан)	$P_{чык.}$ (атм.)
6.	80		Саб.	Саб.	1,16	Коллектор+ +921+922	„1“ бағла- ныр „2“ ачылыр	0,0—1,0— —20	1,0— —0,18—
7.	80		Саб.	Саб.	1,16	Ко лектор+ 9.6+921+922+ +09+703+634	„1“ бағла- ныр „2“ ачылыр	0,0—1,0— —37	0,8— —0,15— —0,8
8.	80	4/76	Саб.	Саб.	1,2	Коллектор+ 926+921+922+ +553+ики бөйүк МИМ	„1“-ин 1/4 дөвр ачыг вәзийәтин- дә „2“ ачы- лыр	0,0—1,0— —71	1,16— —0,15— —0,95
9.	80	10/74	Саб.	Саб.	1,2	Коллектор+ 926+921+922+ +909+5+553+ +ИКИ бөйүк МИМ	„1“-ин 1/4 дөвр ачыг вәзийәтин- дә „2“ ачы- лыр	0,0—1,0— —57	1,22— —0,15— —1,05

Бу чәдвәлләрдән көрүнүр ки, чыхыш параметринин (ΔP_k) вә коллектор илә излэйиңи системин долуб-бошалма мүддәти ашағыдакы һәдләр дахилиндә дәйишир:

1) йүк 15% олдуғда $\Delta P_{кл}=0,8$ -дән 0,85 атмосферәдәк, $T_d=20$ -дән 24 санийәдәк;

2) йүк 35% олдуғда $\Delta P_{кл}=0,8$ -дән 0,85 атмосферәдәк; $T_d=35$ -дән 37 санийәдәк сызма олмадығда;

3) йүк 100% олдуғда $\Delta P_{кл}=0,95$ -дән 1,0 атмосферәдәк (сызма нәзәрә алындығда) вә $T_d=55 \div 70$ санийә олур.

АКГ группу АҺП системин вериңи элементләринин паралел ишләмәси

Автоматлашдырылмыш компрессор гуяларына верилән һава сәрфини автоматик пайлашдыран (АҺП) системин ики вә я бир нечә вериңи гурғусунун бирликдә паралел ишләмәси мәдән шәраитиндә истифадә олуған һәмин АҺП системин фәсиләсиз ишләйә билмәси үчүн лазымдыр.

АҺП системин фәсиләсиз ишләмәсинин тәмини ялныз әһтият үчүн дейилдир. Бу әйни заманда йүкүн бир вериңи гурғунун бурахма габилийәтиндән артыг олдуғу заман йүк тәләбатыны дәйишән автоматлашдырылмыш гуялар группу үчүн АКГ-нын максимал сайыны тап-

маг мәгсәдилә апарылан ишләрин нәтичәси көстәрир ки, бир комплект вериңи гурғу АКГ группундакы гуяларын сыхылмыш һава тәләбатыны өдәйә билир.

Режими дәйишән гуяларын сайы ашағыда көстәрилән һәдди кечдикдә вә әләвә тәләбат олдуғда (излэйиңи һиссәдә сызма олдуғда) АҺП системинин вериңи гурғуларынын паралел ишләмәсинә кечмәк лазымдыр.

АҺП системи вериңи гурғуларынын паралел ишләмәсинин әсас мәсәләси, бу гурғуларын паралел иши үчүн лазым олан шәраитин ярадылмасындан ибарәтдир.

Башланғыч тәзйигләр (бәслэйиңи хәтт тәрәфдәки тәзйигләр) бәрәбәр олдуғда вериңи гурғуларын паралел ишләмәсинә олан әсас тәләбат истәнилән анда һәмин гурғуларын чыхышындакы тәзйигләрин мүтләг кәмийәтләринин вә онларын дәйишмәсинин гиймәтчә бәрәбәр, ишарәчә әкс олмасындан ибарәтдир. Башга сөзлә десәк вериңи гурғуларын чыхышындакы тәзйигләрин мүтләг гиймәтләринин вә дәйишмәләринин бәрәбәрлийинә риайәт әтмәк лазымдыр.

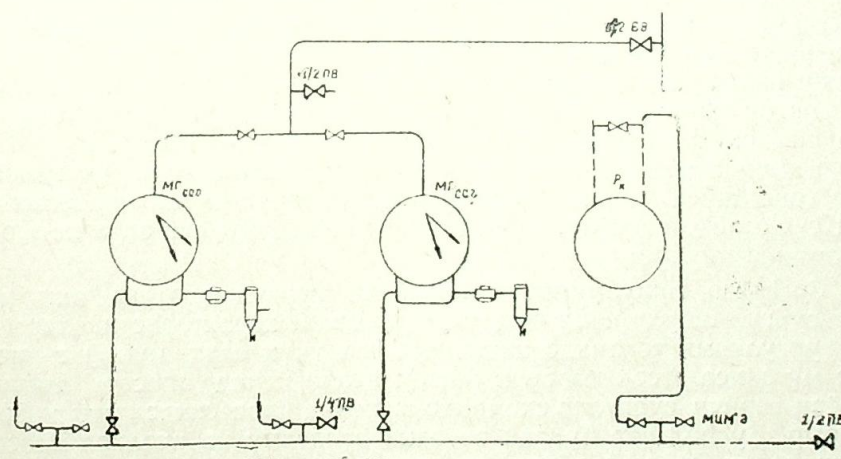
Ашағыда көстәрилән шәртләр вериңи гурғуларын нормал сурәтдә паралел ишләмәсинин тәмини үчүн лазым вә кифайәтдир.

1. Паралел ишләйән вериңи гурғуларын дроселләмә диапазонларынын гиймәти чыхышдакы тәзйигин сабит областындан кәнара чыхма-малыдыр.

2. Паралел ишләйән вериңи гурғуларын статик вә вериңи әгрәбләрин арасында яранан бучағын гиймәти мүәййән һәдләр дахилиндә олмалыдыр.

3. Үмуми коллектора паралел ишләйән вериңи гурғулар МГ 03—430 типли олмалыдыр.

Гуялар группунун арасыкәсилмәз истисмар шәраитиндә системә тәсир әдән тәканларын нөвләрини өйрәнмәк нәтичәсиндә 8 нөв типик тәкан сечилмишдир. Бу тәканларын тәтбиг олундуғу ерләр 2-чи шәкилдә галын хәтлә көстәрилмишдир.



2-чи шәкил

АҺП системә верилән тәканлар үсүлү схеми.

Бүтүн апарылан тәчрүбәләр тәканларын нөвүнә көрә ашағыдакы үч группа бөлүнмүшдүр:

1. Тэкан гуюлар группуну гйдаландыран хэтт тэрэфдэн верилир.
2. Тэкан веричи гургулар тэрэфдэн верилир.
3. Тэкан излэйичи гургулар тэрэфдэн верилир. Бу тэканлардан хэд бири өз-өзлүйүндө айры-айры тэканлара айрылыр.

Ики веричи гургу бирликдэ ишлэркэн АКГ группу АНП системиндэ яранан кечид режимлэри

Ики веричи гургунун бирликдэ ишлэдийи хал үчүн АНП системиндэ баш верэн кечид режимлэринин эсас халларыны нэзэрдэн кечирэк.

Йүксэк тэзийг тэрэфдэн паралел гошулмуш ики веричи гургуну коллектора бирдэн сүр'этлэ паралел гошдугда (чыхышдакы бенгиллэри тамамилэ ачдыгда) системин кечид режими өйрөнилир вэ ашагыдакы халлар үчүн хэмин режимин характеристикалары тэ'йин эдилир:

- а) йүк вэ сызма олмадыгда;
- б) йүк халында үч излэйичи гургу олдугда;
- в) йүк халында үч излэйичи вэ ики ичраэдици гургу (ади МИМ-лэр) олдугда;
- г) йүк халында едди излэйичи гургу, ики ичраэдици вэ сызма олдугда;
- д) „Г“ бэнди режиминэ элавэ оларат, ики веричи гургу арасы-кэшилмэдэн тэ'сир этдикдэ.

Биринчи халы нэзэрдэн кечирэк;

- а) бу режимдэ системин кечид просесинин эйриси веричи гургуларын тэкликдэ ишлэдийи халда олдугу кими энэн вэ йүксэлэн хиссэлэрлэ характеризэ олунур. Бунлардан йүксэлэн хиссэ эйринин эсас хиссэси сайылыр.

5-чи чэдвэлдэ верилэн мә'луматдан көрүндүйү кими бу халда кечид просесинин характеристикасы просесин давам мүддэтинин вэ мейл-этмэ гиймэтинин азалмасы нөгтейи-нэзэринчэ веричи гургуларын тэкликдэ ишлэдийи заман алыннан характеристикадан хейли фэрглэнир, йэ'ни бу халда кечид просесинин кейфиййэти яхшылашыр. Белэликлэ, системин бу схем үзрэ кечид просеси веричи гургуларын тэкликдэ ишлэдийи схемэ нисбэтэн тэхминэн ики дэфэ тез кечир.

б) верилиш режимдэ ишлэдикдэ, йэ'ни коллектора үч излэйичи гургу гошулдугда кечид просесинин характеристикасы просесин нисбэтэн сүр'этлэ кетмэсилэ, йэ'ни тэхминэн ики дэфэ сүр'этлэ кетмэсилэ характеризэ олунур;

в) бу халда гошулмуш үч излэйичи гургудан элавэ ики ичраэдици гургу гошулур. Бу хал үчүн алыннан характеристикалары веричи гургуларын тэкликдэ ишлэдийи хал үчүн олан мув'фиг мә'луматла мүгайисэ этсэк көрэрик ки, бу халда кечид просеси тэкликдэ ишлэйэн веричи гургулар схеминдэки кечид просесиндэн ики дэфэ тез гуртарыр. Бу хал илэ бундан эввэлки халларын нэтичэлэри арасында алыннан кичик фэрг излэйичи вэ ичраэдици гургуларын тэ'сиринин коллекторун өз тэ'сириндэн кичик олмасы илэ изаһ эдилир.

г) бу халда кечэн халлардан фэргли олартг сызма нэзэрэ алыныр. Сызманын кечид просесинэ тэ'сири бу просесин давам мүддэтинин давам мүддэти веричи гургуларын тэкликдэ ишлэдийинэ нисбэтэн 5—6 дэфэ аз алыныр;

4-йү чэдвэл

Ики веричи гургу паралел ишлэдикдэ коллекторун долуб-бошталмасы просеси

№	ДД	Ө _{сол}	Ө _{сат}	АД	Р _{хэтг}	Р _{кпр}	Йүк	Тэкан	Т _{дол} (сан.)	Р _{чык} кг/см ²	Т _{бош} (сан.)	Р _{чык} кг/см ²
1.	80	4/75	10/74	Саб.	Саб.	1,2	Коллектор + 921 + 922 + 909 + 853 + 703 + 634 + ики бөйүк МИМ	„1“-ин 1/4 дөвр вэзиййэ-тиндэ „2“-2'-ни өйли вахта ачмалы Бошалманы тэ'йин этмэк үчүн „2“-2'-ни бағламалы вэ „1“-а чмалы	0,0—1,0—28	1,2—0,2—1,16	0,0—7,0	1,2—0,2
2	80	4/68	10/68	Саб.	Саб.	1,18	Коллектор + 926 + 922 + 921 + 909 + 853 + 703 + 634 + ики бөйүк МИМ кичик коллектор ачылмышдыр	„1“-ин 1/4 дөвр ачыг вэзиййэтиндэ „2“-2'-ни өйли вахта ачмалы. Бошалманы тэ'йин этмэк үчүн „2“-2'-ни бағламалы вэ „1“-а чмалы	0,0—1,0—18,4	1,08—0,25—1,08	0,0—22,5	1,08—0,25

5-йү чэдвэл

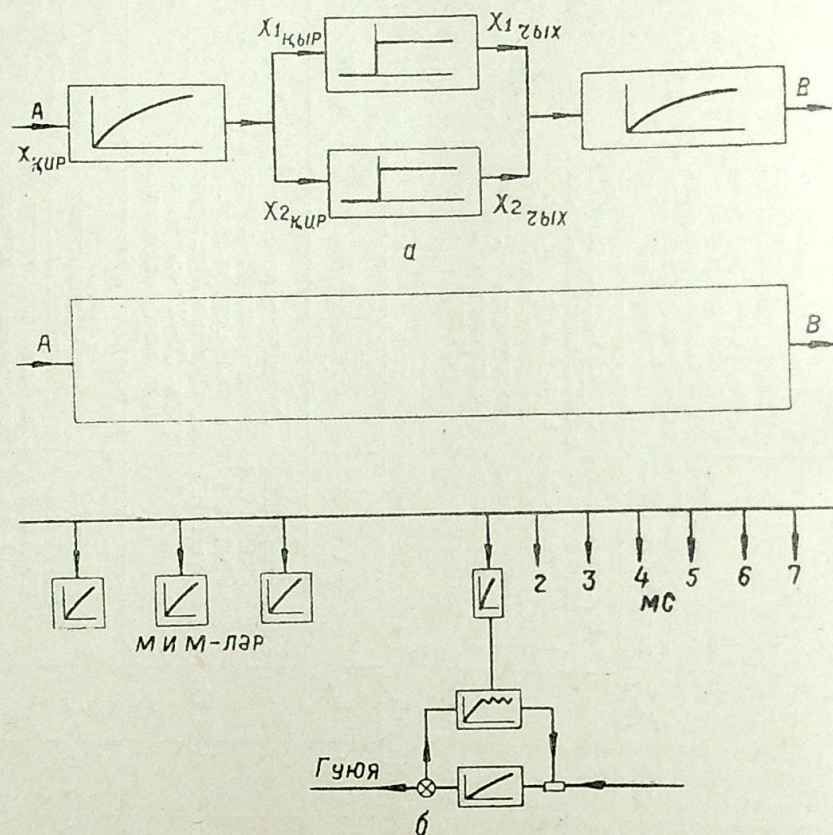
Ики веричи гургу паралел ишлэдикдэ коллекторун долуб-бошталмасы просеси

№	ДД	Ө _{сол}	Ө _{сат}	АД	Р _{хэтг}	Р _{кпр}	Йүк	Тэкан	Т _{дол} (сан.)	Р _{чык} кг/см ²	Т _{бош} (сан.)	Р _{чык} кг/см ²
1	80	4/66	10/66	Сабит	Сабит	1,18	Коллектор + 926 + 921 + 922 + 909 + 853 + 703 + 634 + ики бөйүк МИМ	„1“-ин 1/4 дөвр ачыг вэзиййэтиндэ „2“-2'-ни өйли вахта ачмалы. Бошалманы тэ'йин этмэк үчүн „2“-2'-ни бағламалы вэ „1“-а чмалы	0,0—1,0—38	1,08—0,58—1,08	0,0—25	1,08—0,28
2	80	4/72	4/72	Сабит	Сабит	1,2	Коллектор + 926 + 921 + 922 + 909 + 853 + 703 + 634 + ики бөйүк МИМ	„1“-ин 1/4 дөвр ачыг вэзиййэтиндэ „2“-2'-ни өйли вахта ачмалы. Бошалманы тэ'йин этмэк үчүн „2“-2'-ни бағламалы вэ „1“-а чмалы	0,0—1,0—34	1,08—0,58—1,08	0,0—33	1,08—0,58
									0,0—25	1,08—0,58—1,08	0,0—34	1,08—0,93
									0,0—13	1,08—0,58—1,08		1,15—0,25

д) ахырынчы даһа үмуми һалла йүк едди излэйици вә ики-үч ичраэдици гурғудан ибарәт олур. Бурада һәр ики веричи гурғунун биркә ишлэдийи шәраитдә сызмада нәзәрә алыныр. Бу һал АҺП системин арасы кәсилмәдән узун мүддәтли ишинә уйғун кәлир;

4 вә 5-чи чәдвәлдән көрүндүйү кими, бу һалда да системин кечид просеси сүр'әтли кедир. Орта һесабла 2 дәфәдән артыг сүр'әтлә кедир.

Веричи гурғуларын тәкликдә паралел ишлэдийи заман АҺП системинин излэйици һиссәсинин бошталмасы просесиндәки кәмийәт вә кейфийәт характери аларына кәлдикдә верилмиш йүкләрдә вә типик веричи гурғулары һәр ики үсулла гошдугда характеристикалар тәхминән эйни алыныр (5-чи чәдвәл).



3-чү шәкил
АҺП системин структур схеми.

Веричи гурғуларын тәкликдә вә паралел ишлэдийи заман алынған кечид режимләри һаггындакы мә'луматлары бир-бирилә мүгайисә этдикдә онларын паралел ишлэдикләри һалын тәкликдәки һала һисбәтән бир сыра үстүн чәһәтләре малик олдуғу мүәййән әдилир.

1. Паралел ишлэдикдә вә сызма олмадыгда йүксүз ишләмә заманы олманын давам мүдәги һәмин гурғуларын тәкликдә ишлэдийи һалдакындан тәхминән 2 дәфә аз олур.

2. Үч излэйици гурғу гошулдугда долма мүддәти 2 дәфә азалыр.
3. Һәмин шәраитдә сызма олдуғда долма мүддәти схемин тәкликдә ишлэдийи һалдан 5—6 дәфә аз олур.

4. Схемә ики веричи 7 излэйици вә 2 ичраэдици гурғу гошулдугу һалда вә сызма нәзәрә алындыгда долма мүддәти бир веричи гурғулу схемә һисбәтән ики дәфә азалыр.

5. 1, 2, 3 вә 4-чү бәндләрдә көстәрилән бүтүн һалларда долма просесинин кедиши тәхминән схемин тәкликдә ишлэдийи һалдакы мүддәт гәдәр олур.

АҺП системинин излэйици һиссәсиндә кечид просесинин кедишини мүәййәнләшдирмәкдә әсас элементләрдән бири йыгычы-пайлашдырычы коллектордур.

Апарылан тәчрүбәләрдән көрүндүйү кими, кечид просесинин давам мүддәтинин әсас һисмини (70-дән 75%-ә гәдәрини) коллекторун долма мүддәти тәшкил әдир. Бу заман интервалынын азалдылмасы вә я минимума әндирилмәси ашағыдакы мулаһизәләрдән доған чәтинликләрдә әлағәдардыр. Йыгычы-пайлашдырычы коллекторлу схем вариантынын сечилмәсиндә бу мулаһизәләр әсас көтүрүлмүшдүр (3-чү шәкил).

1. Бүтүн излэйици вә ичраэдици гурғулары эйни вахтта бәсләмәк үчүн онлары бәрк һиссәчикләр конденсаты вә саирәдән тәмизләнмиш кейфийәтли сыхылмыш һәва илә тәһиз этмәк ләзымдыр.

2. Излэйици гурғулар һиссәсиндә ишлэдициләрин йүк сычрайышларыны гәбул этмәк үчүн веричи вә излэйици гурғулар арасында мүәййән буфер тутум олмалыдыр.

3. Коллектору олмаян излэйици гурғулу системләр (мәсәлән, хусуסי пайлашдырычы тутумлу системләр) белә хусусийәтләрдән мәһрумдур.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Азәрбайжан ССР ЭА Энергетика Институтунун автоматика лабораториясынын 1954-чү ил һесабаты.
2. В. Л. Лосиевский. Основы автоматического регулирования технологических процессов. Оборонгиз, М., 1949.

М. А. Топчибашев, А. А. Алекперов, А. Г. Абилов

Исследование пропускной способности задающих устройств и их параллельной работы

РЕЗЮМЕ

Система АВВ (автоматическое распределение воздуха) группы АКС (автоматизированные компрессорные скважины), как известно, включает в себя две основные части: задающую и следящую. Следящая часть непосредственно осуществляет преобразуемый задающим устройством закон изменения режима группы АКС. Задающее устройство не только должно преобразовать входной импульс линии питания группы скважин в соответствующий импульс для следящих устройств, но и должно обеспечить непрерывное действие не одного, а группы следящих устройств и, более того, должно также обеспечить потребность сборно-распределительного коллектора следящей части системы. Для

этого задающее устройство должно обладать достаточной пропускной способностью.

Пропускная способность задающего устройства, например типа 03-МГ, как видно из литературных данных, определена для случая однократной работы системы „регулятор—исполнительное устройство—объект“. Что касается возможности обеспечения работы группы исполнительных устройств от одного задающего устройства, например, типа 03-МГ, то этот вопрос как вообще, так и в частности для конкретных систем (например, систем АРВ или МАП—межгрупповой автоперебор) еще не изучен не только теоретически, но и экспериментально.

Нами, исходя из вышеизложенного, осуществлено экспериментальное исследование задающего устройства для определения его пропускной способности и для установления возможности совместной параллельной работы задающих устройств указанных типов, серийно выпускаемых отечественными заводами.

По разработке вопросов комплексной системы АРВ:

1. Установлено предельное число автоматизированных скважин (рассматриваемой группы), режим которых подвергается существенным изменениям со стороны линии питания.

2. Изучены переходные процессы в задающих и следящих частях системы АРВ, а также режимы работы этой системы при различных типовых воздействиях.

3. Установлена пропускная способность задающего устройства системы АРВ, с учетом дополнительных требований, вытекающих из реальных условий, имеющих место на действующей АРВ (наличие значительных утечек, необходимость использования дополнительных следящих—исполнительных устройств и т. п.).

4. Установлено, что одиночное задающее устройство (типа 03-МГ) по своей пропускной способности в состоянии обеспечить данную систему АРВ для укрупненной группы АКС как в переходных режимах, так и в установившемся режиме.

5. Переход к системе АРВ с двумя параллельно работающими устройствами дает возможность:

а) существенно сократить время переходного процесса в пределах двух раз и больше по отношению к системе с одиночным задающим устройством;

б) значительно увеличить нагрузку—количество следящих устройств в виде исполнительных механизмов (нормально- и малогабаритных МИМов), параллельно включенных в коллектор;

в) существенно повысить степень надежности работы и продолжительность работы всей системы АРВ.

6. В связи с переходом к системе АРВ с двумя задающими устройствами дополнительно разработана схема системы АРВ для укрупненной группы АКС (как дальнейшее развитие схемы системы АРВ для малой группы АКС—1954 г.) как в части задающих, так следящих устройств.

7. Установлены возможность и условия совместной параллельной работы двух задающих устройств для системы АРВ.

8. Исследованы переходные процессы в системе АРВ с двумя задающими устройствами при наличии типовых возмущений, приложенных со стороны линии питания задающих и следящих устройств.

Н. Г. ГЭДИРОВ

МЕТАНЫН ЭСАС ТӨРЭМЭЛЭРИНИН СЫХЫЛМА ЭМСАЛЫ

Нефть вэ газ лайларынын чохунда, бунларын истисмары заманы гуюларда, нэглэдилмэ сахланма вэ нефть-мэдэн ишлэринин башга сахэлэриндэ, хэмчинин нефть э'малы сэнэиндэ метанын эсас төрэмэлэри, йэ'ни этан, пропан вэ н-бутан критик температурдан ашагы температурда олур.

Эдэбийятда, бу төрэмэлэрин көстэрилэн хиссэдэ, йэ'ни $t < t_{кр}$ гиймэтлэриндэ, сыхылма эмсалынын тэ'йин эдилмэсинэ даир битмиш бир иш йохдур; харичи мүүлэфлэрин ишлэринэ кэлдикдэ исэ бу ишлэр ялныз көстэрилэн хиссэнин мүййөн температур вэ тэзйиг интервалларыны эхатэ эдир [1, 2, 3, 4].

Азербайджан ССР ЭА-нын кечмиш нефть экспедициясынын термодинамика лабораториясында этан, пропан вэ н-бутанын сыхылма эмсалынын $t < t_{кр}$ гиймэтлэриндэ тэ'йин эдилмэси үчүн тэчрүбэлэр апарылмышдыр. Тэчрүбэлэр эввэл тэсвир этдийимиз гурғуда [5] еринэ етирилмишдир.

Бизим лаборатория ишлэриндэ габул эдилмиш вэ кениш интишар тапмыш „тэзйиг сабитлийи“ принципнэ эсасланмыш үсулдан фэргли олағар бу үсул „хэчми сабитлийи“ принципнэ эсасланмышдыр [6].

Харичдэ, көстэрилэн принципэ эсасланмыш гурғуларда сыхылма эмсалыны тэ'йин этдикдэ график үсулдан истифадэ эдирлэр вэ бу мэгсэд үчүн $P_n N^n = f(P_{n-1})$ асылылыгыны гурурлар; бурада N —чиһаз сабити олуб, цилиндрлэрин хэчмлэринин нисбэгини, йэ'ни
$$N = \frac{V}{V_1 + V_2},$$
 n —бурахылышларын сайыны, P_n вэ P_{n-1} исэ уйғун ола-

раг бурахылышдан эввэл вэ сонракы тэзйиглэри көстэрир.

Бу асылылыгын график үсулла $P=0$ гэдэр экстраполясия эдилмэси йолу илэ z_0 , йэ'ни башлангыч P_0 тэзйигинэ уйғун сыхылма эмсалыны тапырлар.

Белэ үсул тэтбиг этдикдэ, график экстраполясиянын лазыми дүзкүнлүклэ тэ'мин эдилмэсини тэлэб эдэн кифайэт гэдэр нөгтэ алмаг үчүн системдэ тэзйигин имкан верилэ билэн эн аз тэзйигэ гэдэр дүшүрүлмэси тэлэб олунур. Бу исэ ишлэдилэн чиһазын дүзкүнлүйүндэн асылы олур.

Нэтичэдэ нөгтэлэрин сайы артыр вэ йүксэк дүзкүнлүйэ малик чиһазларын (линкли манометр, элаستيки мембрана вэ с.) ишлэдилмэси тэлэб олунур.

Дейлэнлэрдэн элавэ, z_0 —дэгиглийн $P_n N^n$ вэ P_{n-1} арасындакы асылылыгын характериндэн чох асылы олачагдыр.

Элбэттэ чох дегиг гиймэт бу асылылыг дүз хэтлн олдугда алы-начагдыр.

Бизим этан, пропан вэ н-бутанла апардыгымыз тэчрүбэлэрдэ үмүмийэтлэ чох халларда дүзхэтлн асылылыг алынмыр вэ бу, тэзийгин сыфыр тэзийгинэ гэдэр азалдылмасыны мүрэккэблэшдирир.

Сонунчу тэчрүби нөгтэ илэ $P_n N^n$ оху арасындакы мөсәфэ чох олдугда экстраполясиянын вердийн сәһв даһа чох олур.

Буна көрө тэтибг эдилэн вэ графики олараг $z_{\max}$ (йә'ни z_0) тә'йин эдилмәсинә имкан верән үсулдан фәргли олараг, юхарыда көстәрди-йимиз кими, тэчрүбэлэр $z_{\min}$ (йә'ни z_n) тә'йин олундуғу вэ графики экстраполясиянын тэтибг олунмадыгы үсул илэ апарылмышдыр.

Газларын тәмизләнмәси. Гейд этмәк ләзымдыр ки, нефт-карбо-гидроген газларынын фаза чеврилмәларини өйрәнмәклә әлагәдар олан бир чох лаборатория мөгсәдләри үчүн, бу газларын вэ гарышыглары-нын термодинамики хәссәларини өйрәнмәк мөгсәдилә айры-айры газ-ларын мәсәлән: метан, этан, пропан, н-бутан вэ с. йүксәк тәмизликдә алынмасы тәләб олунур.

Әдәбийятда олан вэ харичи завод гургуларына анд ишләрден көрүндүйү кими, юхарыда көстәрилән газлар, йә'ни этан, пропан вэ н-бутан чох йүксәк тәмизликдә, мәсәлән: этан 99,9 % [7,11], пропан 99,99 % [9,12], н-бутан—99,6 % [8, 9, 10] алына биләрләр.

Тәмиз карбогидроген газлары алмаг үчүн завод газлары илэ бәрәбәр, тәбии карбогидроген газлары да хаммал вәзифәсини көрә биләр [7].

Бизим әдәбийятда, үмүмийәтлә лабораторияларда тэзийг алтында айры-айры газларла апарылан ишләрдә белә әһәмийәтли мәсәләйә, йә'ни газларын тәмизлиийнә ләзыми фикир верилмәмишдир.

Нефт әмалы заводларында, адәтән метанын төрәмәләри, уйгун доймамыш карбогидрогенлә бирликдә гарышыг шәклиндә: этан—этилен, пропан—пропилен, бутан—бутиленләр вэ с. кими алынырлар.

Көстәрилән бу гарышыглар тәмиз этан, пропан вэ н-бутан алмаг үчүн хаммал вәзифәсини көрә биләрләр.

Буна көрә лабораторияда этан, пропан вэ н-бутаны әсасән көстәрилән доймамыш карбогидрогенләрден тэзийг алтында тәмизләмәк үчүн чох садә бир гургу йығылмышдыр. Гургу демәк олар ки, чох тәмиз вә кифәйәт гэдәр газ алынмасына имкан верир.

Гургунун иш принципи, онун тәсвири 1-чи шәкилдә вэ алынмыш нәтичәләр исә 1-чи чәдвәлдә көстәрилмишдир.

Гургу, гаты сульфат туршусунун (хүсуси чәкиси 1,845) доймамыш карбогидрогенләри удма хәссәсинә әсасланан принцип үзрә ишләйир.

Тәмизләнмиш газ 5 балонундан (1-чи шәкил) пасланмаян поладдан һазырланмыш 6×1 боручуғу илэ 12 манифолдуна, орадан исә бош 4 контейнеринә дахил олур.

Даһа сонра, газ ардычыл олараг туршу илэ долу 1 контейнерләринә кечир.

Доймамыш карбогидрогенләрден азад олмуш, йә'ни тәмиз газ туршу контейнерләриндән кечдикдә она гарыша билән турш газларын (SO_2 , SO_3 вэ с.) тутулмасы үчүн гәләви мөһлул долдурулмуш олан 2 контейнеринә дахил олур.

Даһа сонра, газ гурудулмаг үчүн тә'йин эдилмиш вэ бәрк удучу-гурудучу илэ долдурулмуш 3 цилиндринә, бурадан чыхдыгда исә газ балонуна 6 дахил олур. Газ балону, эластиклийн аз олан газы

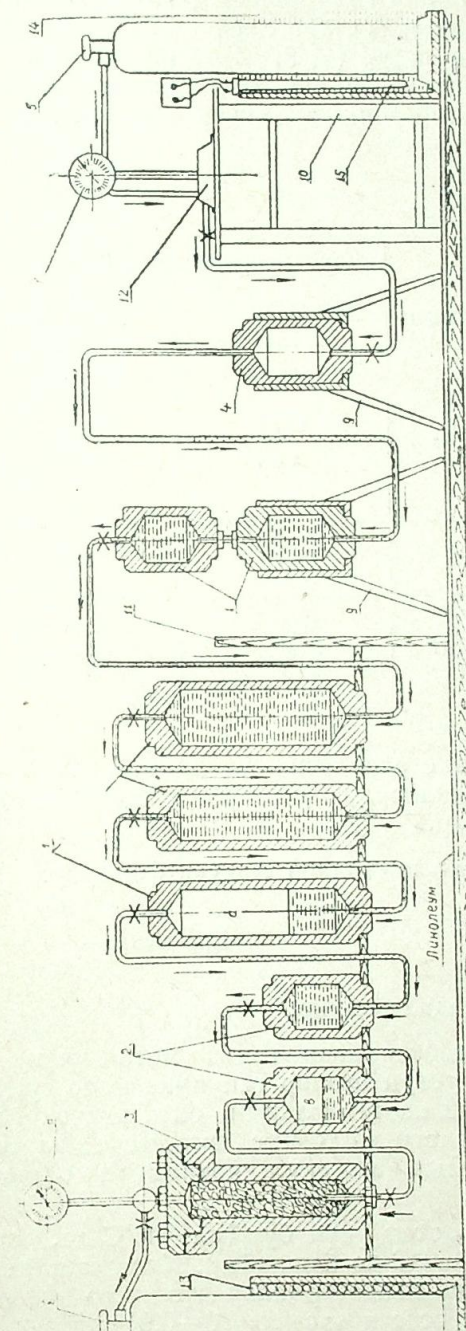
тәмизләдикдә (мәсәлән пропан) газ чәрәяны тә'мин этмәк үчүн сою-дуғу чисим (гуру буз, ади буз вэ с.) төкүлдүйү 13 чәни ичәрисинә салыныр. Соютомә, әйни заманда тәләб олундугда карбогидрогенләри мае халда алмаға да имкан верир.

5 балону чох ашагы эластиклийн олан газын (н-бутан) тэзийгини ар-тырмаг мөгсәдилә су илэ долдурулмуш вэ элек-трик 15 гыздырычылары тәрәфиндән гыздырылан 14 чәни ичәрисинә са-лыныр.

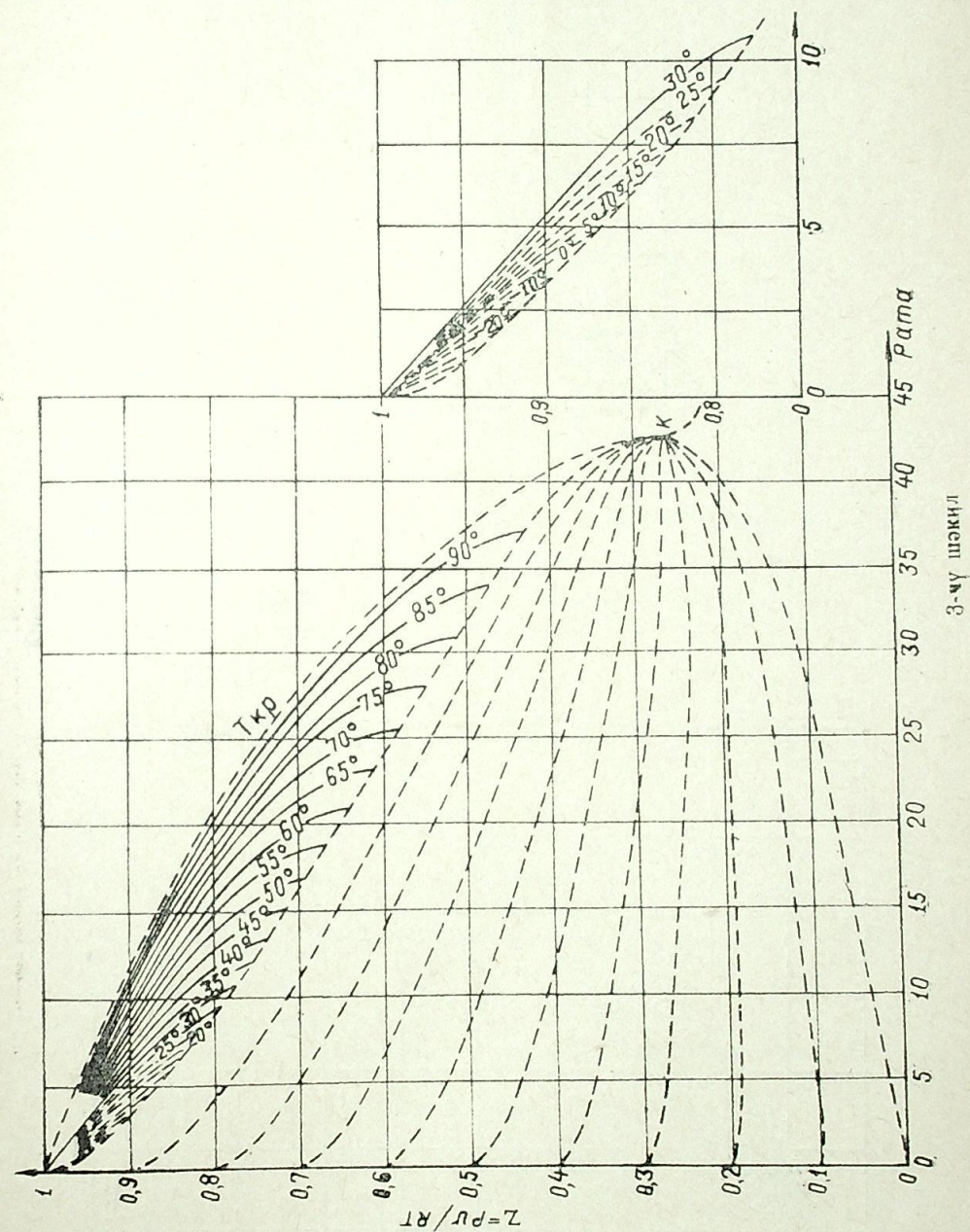
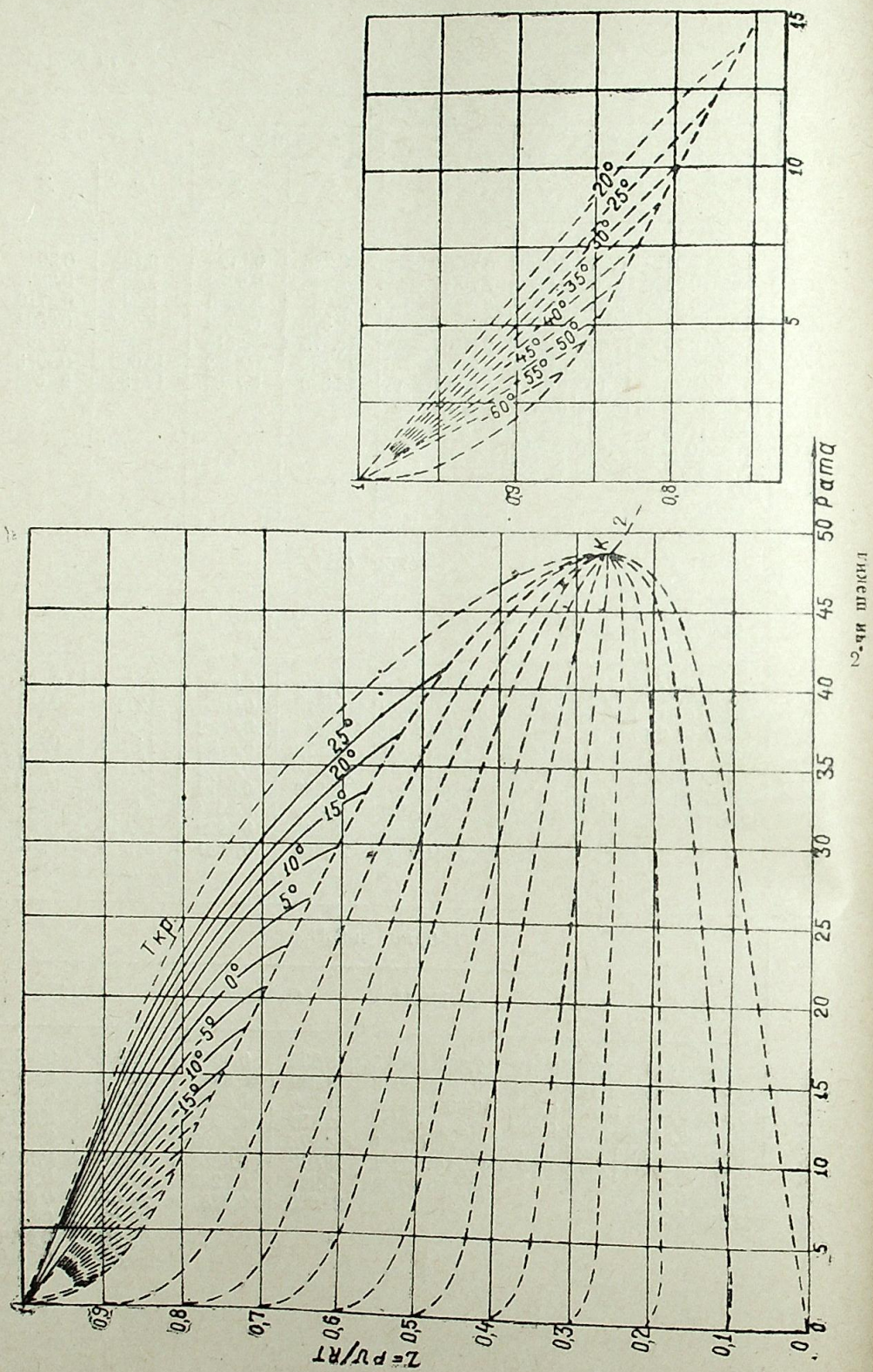
Гургунун тәһлүкәсиз ишини тә'мин этмәк мөгсәдилә, йә'ни гәләвинин туршу үзәринә вэ әксинә, туршунун гәләви үзәри-нә дүшмәси гаршысыны алмаг үчүн 7 башлан-ғыч вэ 8 сон манометр-ләри гоюлмуш, һәмчинин уйгун олараг туршу вэ гәләви үчүн тә'йин эдил-миш контейнерләрдә сәр-бәст а вэ в бошлуглары (1-чи шәкил) сахланмыш-дыр. Бундан башга 5 балону вэ 1 туршу кон-тейнерләри арасында бош контейнери 4 гоюлмуш-дур.

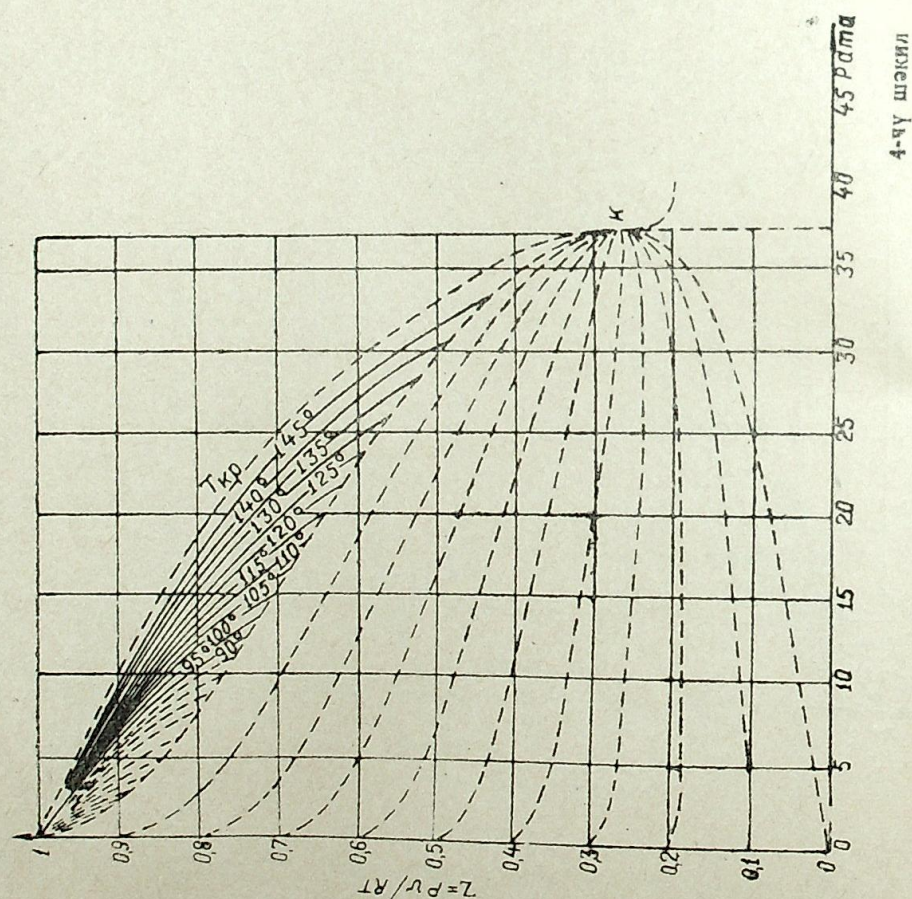
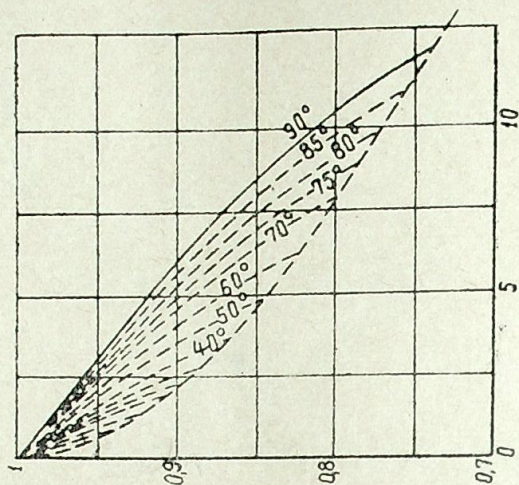
Юхарыда тәсвир эт-дийимиз гургу кечмиш ССРИ Нефт Сәнаеи На-зирлиийинин өлчү-контрол чихазлары („КИП“) заво-дунун лай нефтләринин тәдгиги үчүн бурахдыгы чихазларын һиссәларин-дән йығылмышдыр.

Гургунун ишинин нә-тичәси 1-чи чәдвәлдә көс-тәрилмишдир. Бу чәдвәл-дән көрүндүйү кими, кө-түрүлмүш газда чохла-мгдарда доймамыш кар-богидрогенләрин олмасы-на бахмаяраг, бунлар бир дәфә тэзийг алтында туршудан бурахылдыгдан сонра тамамилә удулур-лар.



1-чи шәкил
1—туршу контейнерләри; 2—гәләви контейнерләри; 3—гурудулмуш цилиндр; 4—бош контейнер; 5—тәмизләнән газ балону; 6—тәмиз газ балону; 7—башлангыч манометр; 8—һайлан манометр; 9—уңаг; 10—мәсә; 11—дәг; 12—манифолд; 13—союдучу чисим үчүн чәни; 14—су үчүн чәни; 15—электрик гыздырычылары; тәмизләнән газын һәрәкәт истигамәти.





4-й шкил

ӘЛӘБИЙАТ

1. Sage B. H., Webster D. C. and Lacey W. N. „Industrial and Engineering chemistry“. June, 1937, vol. 29, № 6, pp. 658—666.
2. Sage B. H., Webster D. C. and Lacey W. N. „Industrial and Engineering chemistry“. October, 1937, vol. 29, № 10, pp. 1188—1194.
3. Walter W. Desc'hner, Brown G. G. „Industrial and Engineering chemistry“ June, 1940, vol. 30, № 6, pp. 836—840.
4. Muskat M. Physical principles of oil Production. New-York—Toronto—London. m. e. Graw-hill Book company, inc. 1949.
5. Кадыров Н. К. АНХ, 1958, 1.
6. Burnett E. S. „Journal of applied mechanics“. vol 3, December 1936, pp. A, 136—40.
7. „Industrial and Engineering chemistry“. 1949, VII, vol. 41, № 7, pp. 1540—1542.
8. „Petrol Engineer.“ 1939, VIII, vol. 10, № 12, pp. 27—8.
9. „Oil and Gas journal“. 1944, 21. X, vol. 43, № 24, pp. 114—128.
10. „Oil and Gas journal“. 1944, 16 III, vol. 42, № 45, pp. 67—74.
11. „Industrial and Engineering chemistry“, 1950, XI, vol. 42, № 11, pp. 2371—2374.
12. „Industrial and Engineering chemistry“, 1954, II, vol. 46, № 2, pp. 362—364.
13. Porter F. J. „Journal of american chemical Society“. 1926, vol. 48, № 8, pp. 2055—2058.
14. Kay W. B. „Industrial and Engineering chemistry“, Jnd. Ed. 1938, vol. 30, № 4, pp. 459—465.
15. Sage B. H., Schaa'isma J. G., Lacey W. N. „Industrial and Engineering chemistry“, Ed. 1939, vol. 20, № 11, pp. 1218—1224.
16. Dana L. J., Jenkins A. C., Burdick J. N., Timm, R. C. „Refrigerating Engineering“ 1926, vol. 12, pp. 387—405.
17. Sage B. H., Webster D. C., Lacey W. N. „Industrial and Engineering chemistry“, Jnd. Ed. 1937, vol. 29, № 10, pp. 1188—1194.
18. Kay W. B. „Industrial and Engineering chemistry“, Jnd. Ed. 1940, vol. 32, pp. 358—360.
19. Brown G. G. December 30, 1940, vol. 100, № 9, pp. 30—40.

Н. К. Кадыров

Коэффициент сжимаемости основных гомологов метана

РЕЗЮМЕ

Получаемые из большинства нефтяных и газовых пластов газы (т. е. основные гомологи метана—этана, пропан, н-бутан и др.) при эксплуатации (в скважинах), транспортировании, хранении и т. д., а также в нефтепереработке, находятся в области температур ниже критических.

В нашей литературе отсутствуют законченные исследования, относящиеся к определению коэффициента сжимаемости этих гомологов в этой области, т. е. при значениях $t < t_{кр}$. Что касается работ зарубежных авторов, то они охватывают лишь определенные интервалы температур и давлений указанной области.

В лаборатории термодинамики Нефтяной экспедиции Академии наук Азербайджанской ССР были поставлены эксперименты с целью исследования коэффициента сжимаемости этана, пропана и н-бутана в области температур $t < t_{кр}$.

В исследованиях применялся чистый этан, пропан и н-бутан, очистка (в основном от непредельных) которых производилась сернокислотным способом под давлением 10—30 ат на специально собранной для этой цели установке.

В качестве сырья для получения чистых гомологов метана использовались газы нефтеперерабатывающих заводов. Для каждого газа при температуре ниже критической было получено пять изотерм (табл. 1).

Верхние и нижние пограничные кривые подсчитывались на основании литературных данных.

Криволинейной интерполяцией были получены изотермы через $\pm 5 - 10^\circ\text{C}$. Участки изотерм до точки росы и вблизи $z=1$, т. е. в области низких давлений, строились путем экстраполяции.

Экстраполяцией также были получены все остальные изотермы (на фиг. 1, 2 и 3 показаны пунктиром) до давлений одной атмосферы.

Давления соответствующих точек росы подсчитывались по известному уравнению Антуана:

$$\lg p = A - \frac{B}{C + t}$$

Критические же изотермы были построены по закону соответственных состояний по известному графику Брауна для чистого метана.

Следует отметить особенность полученных изотерм: с понижением температуры и давления наблюдается выпрямление изотерм, причем, чем меньше молекулярный вес газа, при более низкой температуре, изотермы превращаются в прямолинейные. Например, для этана выпрямление наступает приблизительно при -45° , для пропана при -30° , а для н-бутана при 0° . Ниже указанных температур изотермы являются прямолинейными.

По формуле $z = (z'' - z')x + z'$, где z'' и z' являются соответственно коэффициентами сжимаемости паровой и жидких фаз, а x — степень сухости, были построены изоплеры в двухфазной области для значений $x = (0 \div 0,9)$.

А. А. МУРАДОВ, А. Б. САТУРЯНС

МЕТАНЫ ДОЙМУШ НЕФТЛЭРИН ӨЗЛҮЛҮЙҮ

Нефт ятагларынын эсаслы сурәтдә лайиһәләндирилмәси вә сүн'и тә'сир яратмагла ишләnmәси үчүн лайын эсас параметрлэри вә мәслэрин хассәлэри һаггында айдын тәсәvvүрә малик олмаг лазымдыр.

Нефтин лайдан алынмасы проселәрилә әлағәдар олан бир сыра мәсәлэлэрин һәлл әдилмәси үчүн зәрури вә ән эсас параметрләрден бири карбоһидроген газлары илә доймуш нефтлэрин өзлүлүйүдүр.

Мә'лумдур ки, лай шәраитиндә нефтин өзлүлүйү ер сәтһиндәки газсызлашмыш нефтин өзлүлүйүнә нисбәтән аз олур. Лай шәраитиндә нефтин өзлүлүйүнүн өлчүсүнү тә'йин әдән эсас факторлардан бири онда һәлл олмуш газларын мигдарыдыр.

Нефтлэрин өзлүлүйүнә тә'сир әдән бүтүн факторлардан һәлл әдилмиш газын өзлүлүйә тә'сири фактору даһа зәиф өйрәнилмишдир. АБШ-ын нефт ятагларындан көтүрүлмүш нүмунэлэрин статик тәдгиги нәтичәсиндә К. Билл тәрәфиндән тәртиб әдилмиш графикләр [1] карбоһидроген газлары илә доймуш нефтләр һаггында еканә үмумиләшдирмәдир.

Мүәллиф гейд әдир ки, графикин хәтасы 13,2% -ә гәдәрдир. Әслиндә исә айры-айры һалларда хәта бундан да артыг олур. Мәсәлән, К. Биллин графикини УИЭТНИ-дә апарылан тәчрүбэлэрин нәтичәлэри илә мүгайисә этдикдә 30—40% фәрг алыныр.

Бундан әлавә, К. Биллин графикинә эсасән газла доймуш нефтин өзлүлүйүнүн дәйишмә сәчийәсинә температурун вә һәлл олмуш газын тәркибинин тә'сири һаггында һеч бир фикир сөйләмәк олмаз.

Бу графикдә тәйигин нефтлэрин өзлүлүйүнә көстәрдийи тә'сирин нефтләрдә температур вә онларын сыхлығындан асылы олараг газларын һәлл олма әмсалларындакы мүхтәлифлийин нәтичәси олдуғу нәзәрә алыныр.

Гейд әтмәк лазымдыр ки, графикдә бир сыра мүхтәлиф башланғыч өзлүлүкләри көстәрән әйриләр олмадығы үчүн интерполясия илә мәшғул олмаг лазым кәлир. Бу да бир сыра сәһвлэрин мейдана чыхмасына сәбәб олур. Бу сәһв хүсусилә графикин логарифмик шкалада верилмәсилә әлағәдар олараг даһа да чох олур.

Һазырда лай шәраитиндә нефтин өзлүлүйүнү тә'йин этдикдә һәр тәдгиг әдилән һоризонт үчүн һәммин һоризонтдан чох әмәк сәрфи тәләб әдән газла доймуш нефт нүмунэләри көтүрмәк лазым кәлир. Раст кәлинән чәтинликләрден әлавә бир сыра һалларда лайларын бир чохундан (Азәрбайжан нефт ятагларынын исә әксәрийәтиндә) кейфийәтли нүмунә көтүрмәк чох заман мүмкүн олмур.

Дейиләнләрдән көрүндүйү үзрә газла дойдурулмуш нефтләрн тэыйгдән, температурдан, һәлл олмуш газын мигдарындан, нефтин вә һәлл эдилмиш газын хассәләриндән, газсызлашдырылмыш нефтин өзлүлүйүндән асылы олараг газла доймуш нефтләрн өзлүлүкләрннн дәйишмәсини мүмкүн гәдәр там әкс этдирән асылылыглар алмаг мәгсәдилә системләнмиш тәчрүби тәдгигат апармагын бөйүк әһәмиyyətи вардыр.

Бу мәгсәдлә Азәрбайчан ССР Әмләр Академиясынын кечмиш Нефт Экспедисиясы нефт лайынын термодинамикасы лабораториясында газла доймуш нефтләрн өзлүлүйүнү тэыйг (газла дойма), температур, хусуси чәкиләри мүхтәлиф нефтләр вә илк өзлүлүкдән асылы олараг тәдгигат әтмәк үчүн нефт-метан, нефт-этан, нефт-пропан, нефт- CO_2 , нефт-метан-этан, нефт-метан-пропан системләрилә бир сыра тәдгигат ишләри апарылмышдыр.

Нефтләрн нөмрәләри	Ятагларын адлары	Горизонт	20°С-дә нефтин хусуси чәкиси	Тәчрүбәнин температура, °С илә	Газсызлашдырылмыш нефтин өзлүлүйү, сантиметр илә	С. әмсалынын гиймәләри
1	Орчоникидзенеф	IV	0,849	30	7,6	0,00468
2	"	III—IV	0,851	30	8,61	0,00455
3	Сталиннефт	V	0,852	30	4,60	0,00472
4	Әзизбәйовнефт	КҮКЛД	0,855	21	10,30	0,00449
5	Икинчи Бақы	—	0,855	31	6,75	0,0042
6	Сталиннефт	X	0,859	30	5,75	0,00461
7	Орчоникидзенеф	КҮКЛД	0,862	30	6,75	0,00468
8	Әзизбәйовнефт	III	0,872	31	11,77	0,00440
9	Күровдаг	Абшерон мәртәбәси	0,880	52	7,70	0,00455
10а	Сталиннефт	XV	"	30	15,50	0,00464
10б	"	—	"	21,5	21,50	0,00459
11а	Гарадагнефт	VIIIa	0,901	21	47,32	0,00456
11б	"	"	"	35	31,30	0,00464
11в	"	"	"	50	15,42	0,00445
12	Бузовнанефт	КҮЛД	0,913	30	76,14	0,00436
13а	Лениннефт	КҮЛД	0,923	45,5	34,70	0,00432
13б	"	"	"	50	28,60	0,00452
13в	"	"	"	62	16,64	0,00480
19	Орчоникидзенеф	C	0,804	50,5	1,3	—

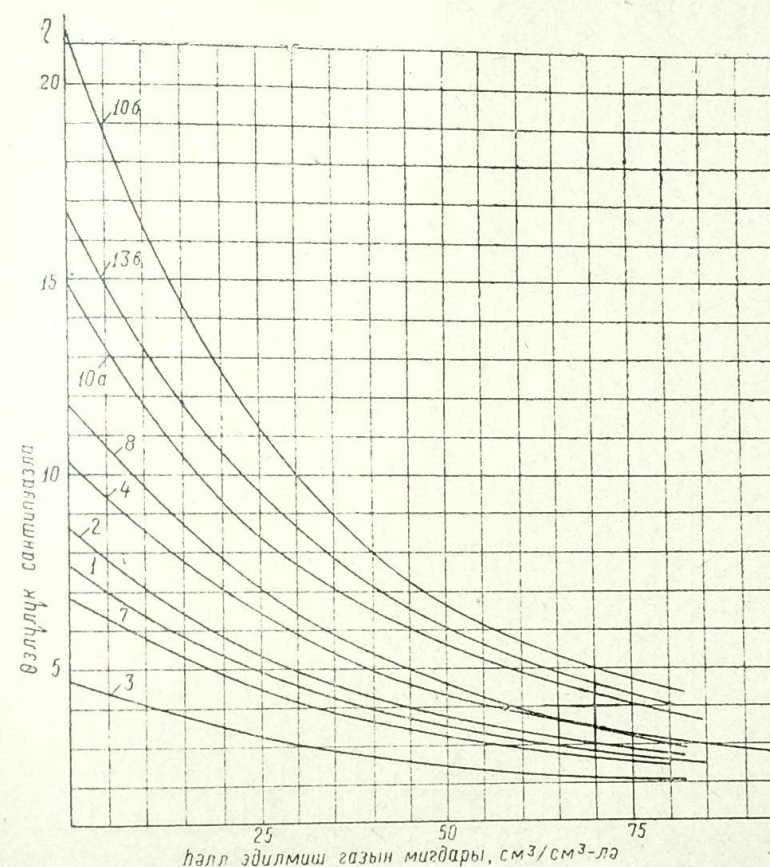
Бу мәгаләдә нефт-метан системи үчүн тәдгигат ишләриннн нәтичәләри көстәрилмишдир [2]. Тәдгигат ишләри Азәрбайчаннн нефт ятагларынын 14 нөв нефти вә Икинчи Бақы нефт ятагларындан алынмыш бир нефт нөвү илә апарылмышдыр. Нефтләрн гыса сәчийәси 1-чи чәдвәлдә көстәрилмишдир. Нефтләрн хусуси чәкиләри 0,804 илә 0,932 арасында дәйишиләр.

Тәдгигат иши үчүн истифадә эдилән газ Дуванны газ ятагындан алынмышдыр. Бу газ практик олараг тамамилә метандан ибарәтдир. Температур 20—70° С, тэыйг илә 0—300 атм арасында дәйишилмиш-

дир. Газын нефтдә һәлломла әмсалындан асылы олараг газла максимал дойма 75—110 $\text{м}^3/\text{м}^3$ -ә гәдәрдир.

Тәдгигат ишләриннн нәтичәләри, газла доймуш нефтин һәлл олмуш газын концентрасиясындан асылылыгы графика олараг 1 вә 2-чи шәкилләрдә көстәрилмишдир.

Юхарыда алынмыш мәлуматлардан көрүнүр ки, бүтүн һалларда әйни бир температурда газла доймуш нефтин өзлүлүйү газсыз нефтин өзлүлүйүнә нисбәтән чох аздыр.



1-чи шәкил

Гейд әтмәк لازمдыр ки, нефтдә әйни мигдар газ һәлл әтдикдә, илк өзлүлүк нә гәдәр йүксәк оларса, нефтин өзлүлүйүнүн азалма темпи дә бир о гәдәр чох олар. Мәсәлән, Бузовнанефтин ятагларынын кирмакиалты лай дәстәси вә Сталиннефт ятагларынын XV горизонту нефтләрннн температур 30° С, өзлүлүкләри 76 вә 15 сантиметрәз олуб, һәлл эдилмиш газын концентрасиясы 60 $\text{см}^3/\text{см}^3$ -ә чатдыгда өзлүлүкләри уйгун олараг 7 вә 4 дәфә азалыр.

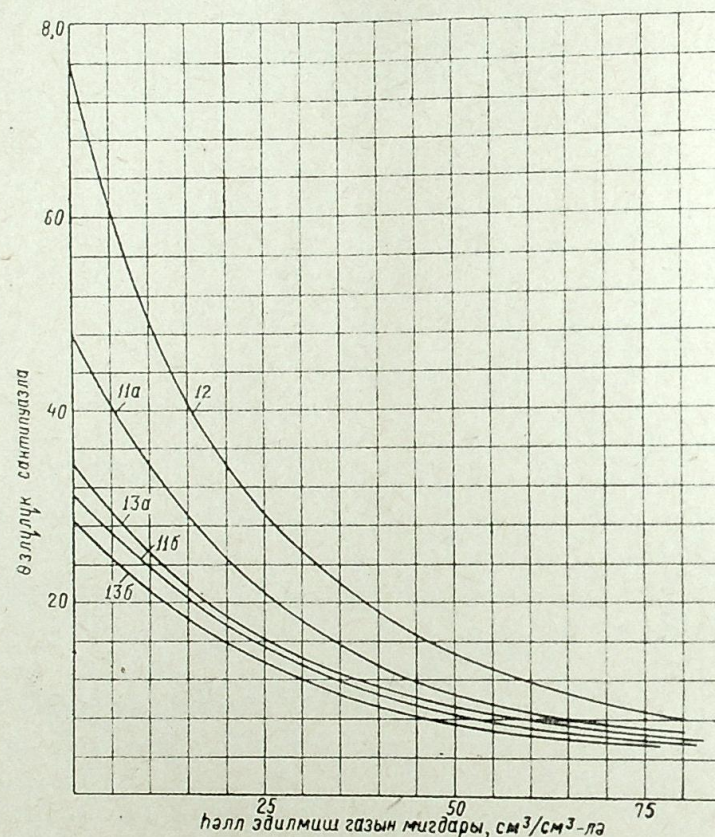
Тәчрүбәләрин апарылдыгы мүхтәлиф температурда әйни бир нефт үчүн алынмыш көстәричиләрин мүгайисәси көстәрир ки, температур артдыгча газсыз нефтин өзлүлүйү азалыр вә бунун нәтичәсиндә илә өзлүлүйүн дәйишмә дәрәчәси дә азалыр.

3-чү шәкилдә газла доймуш нефтләрн өзлүлүйүнүн дүшмә дәрәчәси, газсыз нефтләрн өзлүлүкләри үчүн һәлл эдилмиш газын кон-

сентрасиясындан асылылыгы (газсыз нефтин өzlүлүйүнө нисбәтән %-лә) верилмишдир.

3-чү шәкилдән көрүнүр ки, газла доймуш нефтләрин өzlүлүкләринин ән чох дәйишилмәси һәлл әдилмиш газын кичик концентрасияларында мүшәһидә олунур.

Һәлл әдилмиш газын концентрасияларынын даһа сонракы артмасында газла доймуш нефтин өzlүлүйүнүн дәйишмәси дәрәчәси кәскин сурәтдә азалыр, йә'ни газсыз маеләрин өzlүлүкләринин температурдан асылы олараг дәйишмәсинә охшар сурәтдә дәйишилир.



2-чи шәкил

3-чү шәкил илк өzlүлүкдән вә һәлл әдилмиш газын концентрасиясындан асылы олараг газла доймуш нефтин өzlүлүйүнүн азалма гайдасы һаггында тәсәввүр верир.

Тәчрүби материалларын тәһлили кәстәрир ки, газла доймуш нефтин өzlүлүйүнүн ики дәрәчәли логарифмасы илә һәлл әдилмиш газын мигдары арасында әкс хәтти асылылыг вардыр.

Әлдә әдилән тәчрүби кәстәричиләрин буна әсасән ишләнмәси ашағыда кәстәрилән тәчрүби асылылыг шәклиндә апарылмышдыр.

$$\lg \lg \eta_r = \lg \lg \eta_0 - c\alpha,$$

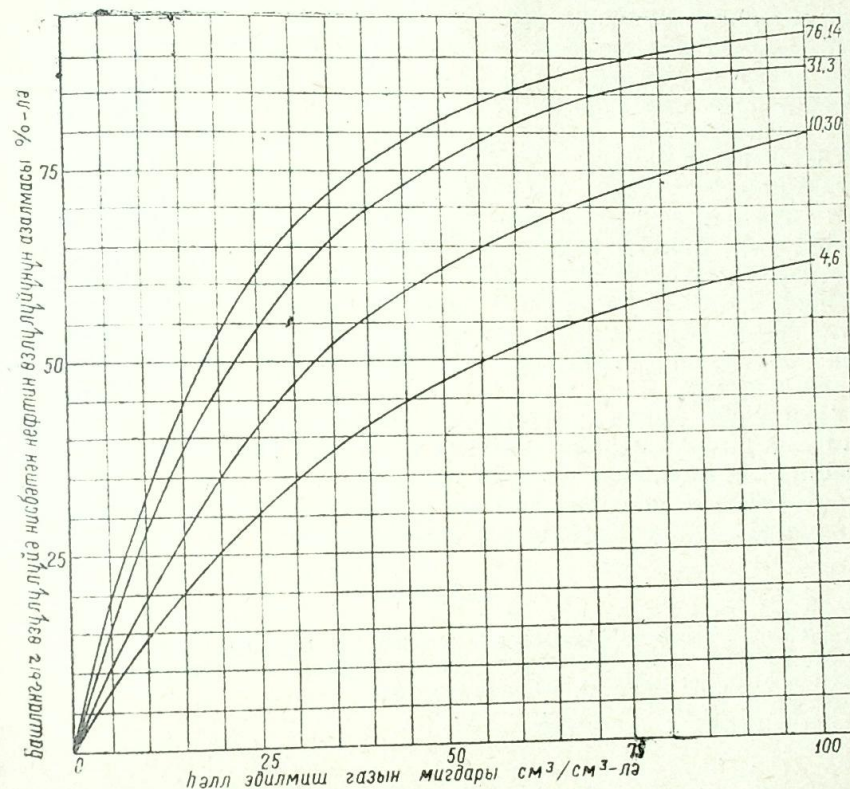
бурада: η_r —газла доймуш нефтин өzlүлүйүнү (сантипуазла);
 η_0 —газсыз нефтин өzlүлүйүнү (сантипуазла);

V —һәлл олмуш газын һәчмини (20°C вә 760 мм чивә сүтунуна бәрәбәр тәзийгдә) $\text{м}^3/\text{м}^3$ -лә;

C —тәчрүби сабит әдәди кәстәрир.

Һәр бир нефт үчүн орта үсул илә тә'йин әдилмиш C әмсалынын гиймәтләри чәдвәлдә верилмишдир.

C сабитинин орта гиймәти $0,00456$ -я бәрәбәрдир; бу гиймәтдән олан орта инһираф исә 2% -дән чох олмур.



3-чү шәкил

Алынмыш тәчрүби тәнлик әмәли һесабламаларда тәләб әдилән дәгиглик үчүн тамамилә кафидир вә газла доймуш нефтләрин өzlүлүкләринин һәлл әдилмиш газын бөйүк өлчүдә дәйишән концентрасиясындан асылылыгыны әкс этдирир.

Газын концентрасиясы истифадә әдилән нефтләрин әксәрийәти үчүн $60 \text{ м}^3/\text{м}^3$ -ә чатыр.

Алыннан тәнлик газла доймуш нефтләрин өzlүлүкләри үзрә Сеич вә Лейсинин, һәмчинин УЭТИ-нин [3, 4] тәрәфиндән алынмыш кәстәричиләри кафи дәрәчәдә яхшы әкс этдирир.

1-чи чәдвәлә әсасән демәк олар ки, C әмсалы илә температур вә нефтин хүсуси чәкиси арасында мүәййән ганунауйгунлуг йохдур; нефтин хүсуси чәкисиндән вә температурдан асылы олмаяраг бүтүн нефтин хүсуси чәкисиндән гиймәти әмәли олараг әйни алыныр. Бу нефтләр үчүн C сабитинин апарылдығы температурдан вә нефтин кәстәрир ки, тәчрүбәнин апарылдығы температурдан вә нефтин хүсуси чәкисиндән асылы олмаяраг һәлл олмуш газын мигдарынын дәйишмәсиндән асылы олараг өzlүлүйүн дәйишилмә сәчиййәси әйни олур.

Газла доймуш нефтин өзлүлүүнүн азалмасы исә тәчрүбәнин апарылдыгы температурда олан газсыз нефтин өзлүлүүндән асылдыр.

Фәрс әдәк ки, илк өзлүлүкләри бир олан вә ялныз тәчрүбәнин апарылдыгы температурдан вә нефтләрин хусуси чәкисиндән асылы олараг нефтдә газын һәлл олма әмсалы илә фәргләнән ики нефт вардыр. Бу һалда һәлл олмуш газын әйни бир концентрасиясында һәллолма әмсалы ашағы олан нефт артыг тәзийг (дойма тәзийги) алтында олачаг вә бунун нәтичәсиндә һәммин нефтин өзлүлүү даһа артыг һәллолма әмсалына малик олан нефтин өзлүлүүндән бир гәдәр артыг олачагдыр.

Кәстәрилән ики нефтин өзлүлүкләриндәки фәрг, дойма тәзийгләриндә олан фәрг вә тәзийгдән асылы олараг өзлүлүүн дәйишилмәси илә тәйин әдилир.

Айдындыр ки, дойма әмсаллары арасындакы фәрг вә һәлл олмуш газын концентрасиясы артдыгча, дойма тәзийгләри вә буна уйғун олараг газла доймуш нефтин өзлүлүү дә артыр.

Бу һал газын концентрасиясы $60 \text{ м}^3/\text{м}^3$ -дән чох олдугда алдыгымыз тәчрүби дүстурун дәгиглийинин азалмасына сәбәб олур.

Кәләчәкдә алдыгымыз бу тәчрүби нәтичәләри газла доймуш нефтләрин өзлүлүүнә тәзийгин тәсирини нәзәрә алараг арашдырмаг нәзәрдә тутулур.

Бунун үчүн дойма тәзийгиндән йүксәк тәзийгдә газла доймуш нефтләрин өзлүлүкләринә тәзийгин тәсиринә аид тәчрүби нәтичәләрдән истифадә олунмасы нәзәрдә тутулур.

Кәстәрилән арашдырма алынан тәчрүби дүстурун истифадә олунма һәддинин кенишләндирилмәсинә имкан ярадар.

ӘДӘБИЙАТ

1. Билл К. Вязкость флюидов в пластовых условиях. Гостоптехиздат.
2. Мурадов А. А. Экспериментальная установка и методика исследования вязкости нефтей, насыщенных газом (в печати).
3. Sage B. H. "Oil Weekly", v. 80, 1936.
4. Отчет ВНИИ, тема 22, 1952.

А. А. Мурадов, А. Б. Цатурянц

Вязкость нефтей, насыщенных метаном

РЕЗЮМЕ

Содержание в нефти растворенного газа является одним из основных факторов, определяющих величину вязкости нефти в условиях пласта. В настоящее время для определения вязкости нефти в пластовых условиях приходится прибегать к трудоемким работам по отбору и исследованию глубинных проб нефти. Однако отбор качественных глубинных проб нефти для большинства нефтяных месторождений оказывается практически невозможным. С целью получения закономерностей, отображающих изменение вязкости нефтей в зависимости от давления, концентрации растворенного газа, свойств нефти и растворенного газа, в лаборатории термодинамики пласта Нефтяной экспедиции АН Азербайджанской ССР были проведены экспериментальные исследования вязкости нефтей, насыщенных метаном и его гомологами.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что между двойным логарифмом вязкости и количеством растворенного газа существует обратная линейная зависимость. В результате обработки экспериментальных данных по вязкости 14 нефтей, насыщенных метаном, предложена эмпирическая зависимость следующего вида

$$\lg \lg \eta_r = \lg \lg \eta_0 - \alpha \varphi,$$

где η_r — вязкость нефти, насыщенной газом, *сП*;

η_0 — вязкость дегазированной нефти, *сП*;

φ — количество растворенного газа, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

α — эмпирическая константа.

Влияние коэффициента C , определенное по методу средних оказалось равным 0,00456.

Полученное эмпирическое уравнение с удовлетворительной точностью передает изменение вязкости нефти, насыщенной газом при концентрациях не более $60 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Менее точные результаты, полученные при концентрациях растворенного газа более $60 \text{ м}^3/\text{м}^3$, являются следствием того, что предложенная зависимость не учитывает влияния давления на вязкость газонасыщенных нефтей.

Т. Д. ДАДАШОВА, Г. Т. ХӘСӘНОВ

ГУЮДИБИ ЗОНАСЫНЫН ВӘ ГУМ ТЫХАЧЫНЫН ГУЮ МӘХСУЛДАРЛЫГЫНА БИРЛИКДӘ ТӘСИРИ

Нефт вә газ гуюларыны истисмар этдикдә лайдан нефт вә газла бирликдә гум да чыхыр. Чыхан гумун әсас фаизи гуюдиби зонасына аид олур. Чүнки мае лайдан гуюнун дибинә һәрәкәт этдикдә һәмин зонада максимум сүр'әтә малик олур вә бу зонадан өзү илә бирликдә гум вә кил һиссәчикләрини чыхармаға мәчбур олур. Гуюдиби зонасындан гум вә кил һиссәчикләри чыхарылдығы үчүн бу зонанын кечиричилиийи лайын тәбии кечиричилиийиндән чох олур.

Гарышыг лайдан гую лүләсинә дахил олдугда сүр'әти мүййән гәдәр азалыр вә ири дәнәли гум һиссәчикләри өз агырлығы нәтичәсиндә гуюнун дибинә чөкәрәк гум тыхачы әмәлә кәтирир.

Бә'зи һалларда гую лүләсиндә гум тыхачы әмәлә кәлмир. Бу заман гую лүләсиндә һәрәкәт әдән гарышығын сүр'әти мүййән гиймәтә малик олдуғу үчүн гум һиссәчикләринин гуюнун дибинә чөкмәсинә имкан верилмир.

Анчаг бундан асылы олмаяраг, нефт вә газла бирликдә мütәмади гум чыхарылдығы үчүн, гуюдиби зонасынын кечиричилиийи һәмишә лайын тәбии кечиричилиийиндән чох олур.

Бузовнанефт нефт мә'дәнләринин лабораторияларында апарылан тәдгигатлардан мә'лум олмушдур ки, гую лүләсиндә әмәлә кәлән гум тыхачынын да кечиричилиийи лайын тәбии кечиричилиийиндән чох олур. Беләликлә, мүхтәлиф кечиричилиийә малик зоналар яраныр.

Мә'лумдур ки, гуюдиби зонасынын кечиричилиийи артдыгча гуюнун һасилаты артыр. Әксинә, гую лүләсиндә гум тыхачы әмәлә кәлдикдә исә һасилат азалыр.

Бу чүр һалын гую мәхсулдарлығына нечә тә'сир этдийини айдынлашдырмаг үчүн ашағыдакы мәсәләни һәлл әдәк.

Лайын кечиричилиийинә кәлдикдә, сүхур нүмунәләри үзәриндә апарылан тәдгигатлардан мә'лумдур ки, сүхурларын кечиричилиийи мүхтәлиф истигамәтләрдә мүхтәлиф олур. Белә ки, лайын лайланма истигамәтинә перпендикуляр истигамәтдәки кечиричилиийи, лайын лайланма истигамәтинә паралел истигамәтдәки кечиричилиийиндән бир нечә дәфә аз ола биләр. Кечиричилиийин мүхтәлифлиийи бир нечә һалла исбат олунур.

Бир груп тәдгигатчылар сүбут әдирләр ки, сүхур әмәлә кәлиркән формаларындан асылы олараг онларын ерләшмәләринә әсасән кечиричилик мүхтәлиф олур.

Т. Д. ДАДАШОВА, Г. Т. ХЭСЭНОВ

ГУЮДИБИ ЗОНАСЫНЫН ВЭ ГУМ ТЫХАЧЫНЫН ГУЮ МӘХСУЛДАРЛЫҒЫНА БИРЛИКДЭ ТӘСИРИ

Нефт вэ газ гуюларыны истисмар этдикдэ лайдан нефт вэ газла бирликдэ гум да чыхыр. Чыхан гумун эсас фаизи гуюдиби зонасына аид олур. Чунки мае лайдан гуюнун дибинэ һәрәкәт этдикдэ һәммин зонада максимум сүр'әтэ малик олур вэ бу зонадан өзү илә бирликдэ гум вэ кил һиссәчикләрини чыхармаға мәчбур олур. Гуюдиби зонасындан гум вэ кил һиссәчикләри чыхарылдығы үчүн бу зонанын кечиричилиийи лайын тәбии кечиричилиийиндән чох олур.

Гарышыг лайдан гую лүләсинэ дахил олдугда сүр'әти мүәййән гәдәр азалыр вэ ири дәнәли гум һиссәчикләри өз ағырлығы нәтичәсиндә гуюнун дибинэ чөкәрәк гум тыхачы әмәлә кәтирир.

Бә'зи һалларда гую лүләсиндә гум тыхачы әмәлә кәлмир. Бу заман гую лүләсиндә һәрәкәт әдән гарышығын сүр'әти мүәййән гиймәтэ малик олдуғу үчүн гум һиссәчикләринин гуюнун дибинэ чөкмәсинә имкан верилмир.

Анчаг бундан асылы олмаяраг, нефт вэ газла бирликдә мүтәмади гум чыхарылдығы үчүн, гуюдиби зонасынын кечиричилиийи һәмишә лайын тәбии кечиричилиийиндән чох олур.

Бузовнанефт нефт мә'дәнләринин лабораторияларында апарылан тәдгигатлардан мә'лум олмушдур ки, гую лүләсиндә әмәлә кәлән гум тыхачынын да кечиричилиийи лайын тәбии кечиричилиийиндән чох олур. Беләликлә, мүхтәлиф кечиричилиийә малик зоналар яраныр.

Мә'лумдур ки, гуюдиби зонасынын кечиричилиийи артдыгча гуюнун һасилаты артыр. Әксинә, гую лүләсиндә гум тыхачы әмәлә кәлдикдә исә һасилат азалыр.

Бу чүр һалын гую мәхсулдарлығына нечә тә'сир этдийини айдынлашдырмаг үчүн ашағыдакы мәсәләни һәлл әдәк.

Лайын кечиричилиийнә кәлдикдә, сүхур нүмунәләри үзәриндә апарылан тәдгигатлардан мә'лумдур ки, сүхурларын кечиричилиийи мүхтәлиф истигамәтләрдә мүхтәлиф олур. Белә ки, лайын лайланма истигамәтинә перпендикуляр истигамәтдәки кечиричилиийи, лайын лайланма истигамәтинә паралел истигамәтдәки кечиричилиийиндән бир нечә дәфә аз ола биләр. Кечиричилиийин мүхтәлифлиийи бир нечә һалла исбат олунур.

Бир груп тәдгигатчылар сүбут эдирләр ки, сүхур әмәлә кәлиркән формаларындан асылы олараг онларын ерләшмәләринә әсасән кечиричилик мүхтәлиф олур.

Дикер групп гадгигатчылары көрә лайда һәрәкәт эдән маени һәрәкәт истигамәтиндән асылы оларак кечиричилик мүхтәлиф олур.

Бу нәзәрийәнин дүзкүнлүйҮҮИЭТИ-нин лай физикасы лабораториясында Л. В. Лютин тәрәфиндән апарылан тәчрүбәләрлә дә сүбүт олунмушдур [1].

Абшерон ярымадасынын бә'зи лайлары, о чүмләдән кирмаки лай дәстәси назик гум вә кил тәбәгәләринин нөвбә илә ятымындан ибарәтдир вә бу тәбәгәләр арасында кечиричилик олдуҗа кичикдир. Йә'ни бу лай дәстәсиндә лайын лайланма истигамәти үзрә кечиричилик лайын лайланма истигамәтинә перпендикуляр истигамәтдәки кечиричиликдән чоҗ-чоҗ бөйүкдүр. Буна әсасланараҗ һесабламада лайын лайланма истигамәтинә перпендикуляр истигамәтдәки кечиричилиийи сыфыр гәбул әтмәк олар.

Кирмакиалты лай дәстәсиндә исә кирмаки лай дәстәсинә һисбәтән лайын лайланма истигамәтинә паралел истигамәтдәки кечиричилик лайын лайланма истигамәтинә перпендикуляр истигамәтдәки кечиричиликдән аз фәргләнир. Биз ашаҗыда һәлл әтдийимиз мәсәләйә кей-фийәтчә гиймәт вердийимиздән бу мәсәләдә һәр ики истигамәтдәки кечиричилиийи бир-биринә бәрабәр гәбул әдирик.

Йә'ни:

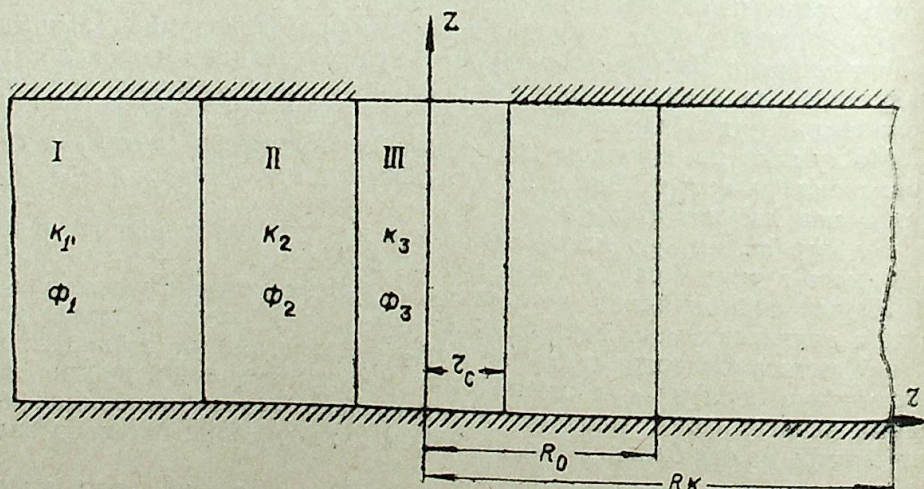
$$\kappa(z) = \kappa(r) = \kappa.$$

Гум тыхачынын гуя мәһсулдарлығына тә'сири мәсәләси М. Мускат тәрәфиндән һәлл әдилмишдир [2].

Һәлл әдилән мәсәләдә гуядиби зонасынын тә'сири нәзәрә алынмамышдыр. Йә'ни ики мүхтәлиф кечиричилиийә малик олан зонаҗа бахылмышдыр.

Ашаҗыда һәлл әтдийимиз мәсәлә исә кечиричилиийи мүхтәлиф олан үч зонадан ибарәтдир. Биринчи зонада кечиричилиийи K_1 , икинчи зонада кечиричилиийи K_2 вә үчүнчү зонада кечиричилиийи K_3 гәбул әдәк. Бу зонада гум тыхачынын галынлығыны исә мәһсулдар гатын галынлығына бәрабәр гәбул әдирик.

Тәртиб әтдийимиз схем ашаҗыда көстәрилмишдир.



Бу һал үчүн диференсиал тәнликләр системи ашаҗыдакы шәкли алыр.

$$\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi_3}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial z^2} = 0 \quad (3)$$

Гуяунун ваһид галынлығындан алынған һасилаты вә гидаланма контурунда лай потенциалыны сабит гәбул әдәк. Йә'ни $q = \text{const}$; $\Phi_\kappa = \text{const}$. Онда сәрһәд шәртләри ашаҗыдакы шәкли алмыш олур.

$$\left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial z} \right|_{z=0} = 0 \quad (4)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial z} \right|_{z=0} = 0 \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} \right|_{z=0} = 0 \quad (6)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} \right|_{z=h} = q \quad (7)$$

$$\Phi_1(R_\kappa) = \Phi_\kappa \quad (8)$$

$$\left. \frac{\Phi_1}{\kappa_1} \right|_{r=R_0} = \left. \frac{\Phi_2}{\kappa_2} \right|_{r=R_0} \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial r} \right|_{r=R_0} = \left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} \right|_{r=R_0} \quad (10)$$

$$\left. \frac{\Phi_2}{\kappa_2} \right|_{r=r_c} = \left. \frac{\Phi_3}{\kappa_3} \right|_{r=r_c} \quad (11)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} \right|_{r=r_c} = \left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial r} \right|_{r=r_c} \quad (12)$$

$$\Phi_3(r, z) \neq \infty \quad (13)$$

(1) вә (2) тәнликләрин һәлли үчүн өз дәйишәнләринә айрылма үсулундан истифадә әдирик:

$$\Phi_1 = R_1(r)Z_1(z)$$

$$\Phi_2 = R_2(r)Z_2(z)$$

Онда:

$$R_1''(r) + \frac{1}{r} R_1'(r) - \lambda^2 R_1(r) = 0 \quad (14)$$

$$Z_1''(z) + \lambda^2 Z_1(z) = 0 \quad (15)$$

$$R_2''(r) + \frac{1}{r} R_2'(r) - \lambda^2 R_2(r) = 0 \quad (16)$$

$$Z_2''(z) + \lambda^2 Z_2(z) = 0 \quad (17)$$

(14), (15), (16) вэ (17) тэнликлэрдэ (4) вэ (5) сэрхэд шэртлэриндэн истифадэ этсэк нэлл ашагыдакы кими олур.

$$\Phi_1 = A \ln r + B + \sum_{n=1}^{\infty} [C_1' I_0(\lambda_n r) + C_2' K_0(\lambda_n r)] \cos \lambda_n z \quad (18)$$

$$\Phi_2 = \bar{A} \ln r + \bar{B} + \sum_{n=1}^{\infty} [C_3' I_0(\lambda_n r) + C_4' K_0(\lambda_n r)] \cos \lambda_n z \quad (19)$$

$$\text{Бу тэнликлэрдэ: } \lambda_n = \frac{n\pi}{h}$$

h —лайын галынлыгы.

I_0 вэ K_0 —үчүнчү нөв Бессел функциялары (6), (7) вэ (13) сэрхэдд шэртлэриндэн истифадэ этмэккэ үчүнчү зонада потенциалын пайланмасыны ашагыдакы шэкилдэ ахтарырыг.

$$\Phi_3 = B_0 + \frac{q}{2h} \left(z^2 - \frac{r^2}{2} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} C_5' I_0(\lambda_n r) \cos \lambda_n z \quad (20)$$

Алдыгымыз (18), (19) вэ (20) тэнликлэрдэ $A, B, C_1', C_2', \bar{A}, \bar{B}, C_3', C_4', B_0, C_5'$ —сабит эмсаллардыр.

Бу эмсаллар (8), (9), (10), (11), (12) сэрхэд шэртлэрини өдөмө-лидирлэр.

Онда тэнликлэр ашагыдакы кими олур.

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} [C_1' I_0(\lambda_n R_k) + C_2' K_0(\lambda_n R_k)] \cos \lambda_n z &= \Phi_k - A \ln R_k - B \\ \sum_{n=1}^{\infty} \left[\left(\frac{\kappa_2}{\kappa_1} C_1' - C_3' \right) I_0(\lambda_n R_0) + \left(\frac{\kappa_2}{\kappa_1} C_2' - C_4' \right) K_0(\lambda_n R_0) \right] \cos \lambda_n z &= \\ &= \bar{A} \ln R_0 + \bar{B} - \frac{\kappa_2}{\kappa_1} A \ln R_0 - \frac{\kappa_2}{\kappa_1} B \\ \sum_{n=1}^{\infty} [(C_1' - C_3') I_1(\lambda_n R_0) + (C_4' - C_2') K_1(\lambda_n R_0)] \lambda_n \cos \lambda_n z &= \frac{\bar{A}}{R_0} - \frac{A}{R_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\left(C_3' - \frac{\kappa_2}{\kappa_1} C_5' \right) I_0(\lambda_n r_c) + C_4' K_0(\lambda_n r_c) \right] \cos \lambda_n z &= \frac{\kappa_2}{\kappa_3} B_0 + \\ &+ \frac{\kappa_2}{\kappa_3} \cdot \frac{q}{2h} z^2 - \frac{\kappa_2}{\kappa_3} \cdot \frac{q}{2h} \cdot \frac{r_c^2}{2} - \bar{A} \ln r_c - \bar{B}, \end{aligned}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} [(C_3' - C_5') I_1(\lambda_n r_c) - C_4' K_1(\lambda_n r_c)] \lambda_n \cos \lambda_n z = -\frac{q}{2h} \frac{\bar{A}}{r_c};$$

Бу тэнликлэр Фур'е сырасыны тэмсил эдирлэр. Одур ки, $\cos \lambda_n z$ эмсаллары Фур'е сырасынын эмсаллары кими тэ'йин олунур.

Белэликлэ тапырыг ки:

$$A = -\frac{q}{2h} r_c^2; \quad \bar{A} = -\frac{q}{2h} r_c^2; \quad B = \Phi_k + \frac{q}{2h} r_c^2 \ln R_k;$$

$$\bar{B} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \Phi_k + \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \cdot \frac{q}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{q}{2h} r_c^2 \ln R_0;$$

$$B_0 = \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \Phi_k + \frac{1}{3} qh + \frac{q}{2h} \cdot \frac{r_c^2}{2} + \frac{\kappa_3}{\kappa_2} \cdot \frac{q}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} + \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \cdot \frac{q}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0};$$

$$C_1' = -\frac{(-1)^n 2q h}{\pi^2} \cdot \frac{P \cdot T \cdot \kappa_0(\lambda_n R_k)}{I_0(\lambda_n R_k)};$$

$$C_2' = \frac{(-1)^n 2q h}{\pi^2} \cdot P \cdot T;$$

$$C_3' = \frac{(-1)^n 2q h}{\pi^2} \cdot P \cdot M;$$

$$C_4' = \frac{(-1)^n 2q h}{\pi^2} \cdot P;$$

$$C_5' = \frac{2q h}{\pi^2} \cdot \frac{(-1)^n}{n^2 \left[\frac{\kappa_3}{\kappa_2} N I_1(\lambda_n r_c) - I_0(\lambda_n r_c) \right]};$$

$$P = \frac{I_1(\lambda_n r_c)}{n^2 \left[\frac{\kappa_3}{\kappa_2} N I_1(\lambda_n r_c) - I_0(\lambda_n r_c) \right] [M I_1(\lambda_n r_c) - K_1(\lambda_n r_c)]};$$

$$T = \frac{[\kappa_1(\lambda_n R_0) - M I_1(\lambda_n R_0)] I_0(\lambda_n R_k)}{[K_0(\lambda_n R_k) I_1(\lambda_n R_0) + K_1(\lambda_n R_0) I_0(\lambda_n R_k)]};$$

$$N = \frac{M I_0(\lambda_n r_c) + \kappa_0(\lambda_n r_c)}{M I_1(\lambda_n r_c) - \kappa_1(\lambda_n r_c)};$$

$$M = \frac{\frac{\kappa_2}{\kappa_1} D \kappa_1(\lambda_n R_0) - \kappa_0(\lambda_n R_0)}{I_0(\lambda_n R_0) + \frac{\kappa_2}{\kappa_1} D I_1(\lambda_n R_0)};$$

$$D = \frac{\kappa_0(\lambda_n R_0) I_0(\lambda_n R_k) - \kappa_0(\lambda_n R_k) I_0(\lambda_n R_0)}{\kappa_1(\lambda_n R_0) I_0(\lambda_n R_k) + \kappa_0(\lambda_n R_k) I_1(\lambda_n R_0)}.$$

Гуюда потенциал пайланмасыны мэркэз зонасында гэбул эдэк. Йэ'ни $\Phi_3(0, h) = \Phi_c$.

Онда (20) тэнлийиндэн ашагыдакы алыныр.

$$\Phi_c = B_0 + \frac{qh}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} C_5' I_0\left(\frac{n\pi}{h} 0\right) \cos(n\pi)$$

Белэ ки, $I_0(0) = 1$ олдуғу үчүн

$$\Phi_c = B_0 + \frac{qh}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} C_5' (-1)^n \quad (21)$$

(21) тэнликлэ B_0 вэ C_5' -ин гиймэтини еринэ язсаг:

$$\Phi_c = \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \Phi_k + \frac{1}{3} qh + \frac{q}{2h} \cdot \frac{r_c^2}{2} + \frac{\kappa_3}{\kappa_2} \cdot \frac{q}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} +$$

$$+ \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \cdot \frac{q}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{qh}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2qh}{\pi^2} \cdot \frac{(-1)^{2n}}{n^2 \left[\frac{\kappa_3}{\kappa_2} N I_1(\lambda_n r_c) - I_0(\lambda_n r_c) \right]}$$

Тэнликлэ $n^2 \left[\frac{\kappa_3}{\kappa_2} N I_1(\lambda_n r_c) - I_0(\lambda_n r_c) \right] = B_n$ эвэз этсэк.

$$\Phi_c = \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \Phi_k + \frac{5}{6} qh + \frac{q}{2h} \cdot \frac{r_c^2}{2} + \frac{\kappa_3}{\kappa_2} \cdot \frac{q}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} +$$

$$+ \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \frac{q}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{2qh}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} B_n.$$

Бурадан

$$q = - \frac{\frac{\kappa_3}{\kappa_1} \Phi_k - \Phi_c}{\frac{5}{6} h + \frac{1}{2h} \cdot \frac{r_c^2}{2} + \frac{\kappa_3}{\kappa_2} \cdot \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} + \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{2h}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} B_n}$$

Беләликлә, бахдығымыз һал үчүн алынган үмүми һасилат:

$$Q = - \pi r_c^2 \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} \Big|_{z=h} = - \pi r_c^2 q. \quad (22)$$

q-нүн гиймәтини (22) тәнликдә еринә язсаг, аларыг:

$$Q = \frac{\pi r_c^2 \left(\frac{\kappa_3}{\kappa_1} \Phi_k - \Phi_c \right)}{\frac{5}{6} h + \frac{1}{2h} \cdot \frac{r_c^2}{2} + \frac{\kappa_3}{\kappa_2} \cdot \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} + \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \cdot \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{2h}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} B_n.}$$

Φ_k вә Φ_c -ни тәзйиглә әвәз әтсәк:

$$Q = \frac{\pi r_c^2 \frac{\kappa_3}{\mu} (P_k - P_c)}{\frac{5}{6} h + \frac{1}{2h} \cdot \frac{r_c^2}{2} + \frac{\kappa_3}{\kappa_2} \cdot \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} + \frac{\kappa_3}{\kappa_1} \cdot \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{2h}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} B_n.}$$

Гуюнун үмүми һасилатыны, гуядиби зонасы вә гум тыхачы әмәлә мөлмәздән габаг Q_0 илә ишарә әдәк:

Бу һасилаты Дү'пи дүстүру илә тә'йин әдирик.

$$Q_0 = \frac{2\pi h \kappa_1 (P_k - P_c)}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}}.$$

Гуюнун мәнсулдарлығына гуядиби зонанын вә гум тыхачынын тә'сирини билмәк үчүн һәр ики һалда һасилатын нисбәтини кәтүрәк.

Онда:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{r_c^2 \ln \frac{R_k}{r_c}}{\frac{\kappa_1}{\kappa_3} \left[\frac{5}{3} h^2 + \frac{r_c^2}{2} + \frac{\kappa_3}{\kappa_2} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} + \frac{\kappa_3}{\kappa_1} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{2h^2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} B_n \right]}.$$

Бу дүстүру ашағыдакы һал үчүн һесаблаяг:

$$r_c = 0,1 \text{ м}; R_k = 200 \text{ м}; R_0 = 10 \text{ м}; h = 10 \text{ м}; \frac{\kappa_3}{\kappa_1} = 100.$$

Алынган нәтичәләр $\frac{\kappa_2}{\kappa_1}$ -ин мұхтәлиф гиймәтләриндән асылы ола-раг ашағыдакы чәдвәлдә кәстәрилмишдир.

κ_2/κ_1	Q/Q_0
1	0,05013
10	0,0543
20	0,0548

Беләликлә, һесабатдан алынган нәтичәдән көрүнүр ки, бахдығымыз һал үчүн гуядиби зонасынын кечиричилиийи артдыгча, гуюнун һасилатдан һәмишә аз олур. Бурадан да мә'лум олур ки, гуя лүләсиндә ричилийинин артмасына бахмаяраг, гуюнун мәнсулдарлығы һәмишә азалыр.

Мәсәләнн гоюлушунда вә һәллиндә вердийи мәсләһәтләрә көрә А. Х. Мирзәчанзадәйә өз тәшәккүрүмүзү билдиририк.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Котьяков Ф. И. Физические основы нефтяного пласта М., 1956.
2. Мускат М. Течение однородных жидкостей в пористой среде, М.-Л., 1949.

Т. Д. Дадашева, Г. И. Гасанов

Совместное влияние заиленного фильтра и призабойной зоны на производительность скважины

РЕЗЮМЕ

При эксплуатации нефтяных и газовых скважин, с нефтью и газом на поверхность земли выносятся фракции глин и песка. Вследствие этого увеличивается проницаемость призабойной зоны и в стволе скважины образуется песчаная пробка. Таким образом, получают три зоны с различной проницаемостью.

Допустим, что песок заполняет ствол скважины до кровли продуктивного горизонта и имеет постоянную проницаемость K_3 ; проницаемость призабойной зоны и продуктивного горизонта соответственно равны K_2 и K_1 .

М. Маскетом была решена задача для двух зон с различной проницаемостью, но в этой задаче не рассматривается влияние призабойной зоны.

Решение рассматриваемой нами задачи сводится к решению задачи для трех зон с различными проницаемостями.

Для рассматриваемого случая имеем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial z^2} &= 0 \\ \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial r^2} &= 0 \\ \frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi_3}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial z^2} &= 0 \end{aligned}$$

Граничные условия имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_1}{\partial z} \Big|_{z=0} &= 0 \\ \frac{\partial \Phi_2}{\partial z} \Big|_{z=h} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} \right|_{z=0} &= 0 \\
\left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} \right|_{z=h} &= q \\
\Phi_1(R_k) &= \Phi_k \\
\left. \frac{\Phi_1}{k_1} \right|_{z=R_0} &= \left. \frac{\Phi_2}{k_2} \right|_{r=R_0} \\
\left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial r} \right|_{r=R_0} &= \left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} \right|_{r=R_0} \\
\left. \frac{\Phi_2}{k_2} \right|_{r=r_c} &= \left. \frac{\Phi_3}{k_3} \right|_{r=r_c} \\
\left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} \right|_{r=r_c} &= \left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial r} \right|_{r=r_c} \\
\Phi_3(r, z) &\neq \infty
\end{aligned}$$

Пользуясь указанными граничными условиями, эти уравнения решаются методом Фурье.

Получаемая величина расхода из скважины будет:

$$Q = \frac{\pi r_c^2 k_3 (R_k - R_c)}{\mu} \cdot \frac{5}{6} h + \frac{1}{2h} \frac{r_c^2}{2} + \frac{k_3}{k_2} \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} + \frac{k_3}{k_1} \frac{1}{2h} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{2h}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} B_n$$

Обозначая через Q_0 величину расхода в стволе скважины, имеем

$$Q_0 = \frac{2\pi h k_1 (R_k - R_c)}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}}$$

Влияние песчаной пробки и призабойной зоны на производительность скважины можно выразить отношением:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{r_c^2 \ln \frac{R_k}{r_c}}{\frac{k_1}{k_3} \left[\frac{5}{3} h^2 + \frac{r_c^2}{2} + \frac{k_3}{k_2} r_c^2 \ln \frac{R_0}{r_c} + \frac{k_3}{k_1} r_c^2 \ln \frac{R_k}{R_0} + \frac{2h^2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} B_n \right]}$$

Получаемый вывод для случая $r_c=0,1$ м; $R_k=200$ м; $R_0=10$ м; $h=10$ м; $\frac{k_3}{k_1}=100$, при различных значениях $\frac{k_2}{k_1}$ показывает, что, несмотря на увеличение проницаемости призабойной зоны, песчаная пробка отрицательно влияет на производительность скважины.

И. А. МАМЕДОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ СТАЛИ В СОЛОНЧАКОВОЙ И ГЛИНИСТОЙ ПОЧВАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ

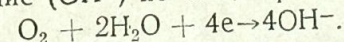
Коррозия стали в почвах является одним из наиболее сложных видов коррозии. На основании какого-либо одного показателя нельзя точно охарактеризовать коррозионность почвы.

На коррозию стали в почвах влияют многие факторы: структура почвы, ее пористость, влажность, воздухопроницаемость, электропроводность, а также состав содержащихся в ней солей.

Г. В. Акимов [1], анализируя ускоренные электрохимические методы определения скоростей коррозии, рекомендует использовать поляризационные кривые. Сопоставление кривых поляризации стальных электродов в почве с наличием коррозионных поражений на трубах показало хорошее совпадение, указывающее на большое значение явлений поляризации электродов коррозионной пары в процессах почвенной коррозии.

Для электрозащиты подземных сооружений большой интерес представляет изучение кривых катодной поляризации стали в почвах, так как эти кривые позволяют количественно определить значение потенциала, до которого нужно поляризовать трубу, и защитную плотность тока для полного прекращения процесса коррозии [5].

При почвенной коррозии металлических конструкций наиболее характерным катодным процессом в почвенных условиях является процесс восстановления на катодных участках кислорода с переходом его в ионное состояние (OH^-) по общей реакции:



Доставка O_2 из атмосферы в почву может идти тремя путями:

- O_2 в направленном течении газовой или жидкой фазы в почве;
- конвекционное перемешивание газовой или жидкой фазы;
- диффузия кислорода в газовой и жидкой фазах.

Изучение поляризации стали в почвах является весьма важным фактором для исследователей-коррозионистов при решении различных задач.

В работе Н. Д. Томашова и Ю. Н. Михайловского [6] был изучен характер коррозионных процессов, скорости переноса кислорода во влажных почвах.

Как известно, ионизация кислорода происходит на границе металл—электролит. При этом кислород, диффундирующий через почву, должен, кроме того, проникать через пленку влаги на поверхности катода. Доля диффузионного торможения пленки электролита

на катоде возрастает с уменьшением влажности почвы, когда сильно увеличиваются диффузионные возможности самой почвы.

При диффузии кислорода в почве, где величина диффузионного слоя значительно больше, чем в электролитах, и практически представляет толщину слоя почвы над катодом, влияние краевого эффекта при диффузии кислорода будет еще значительнее.

Механизм подачи O_2 к поверхности корродирующего в почве металла схематически представлен на рис. 1.

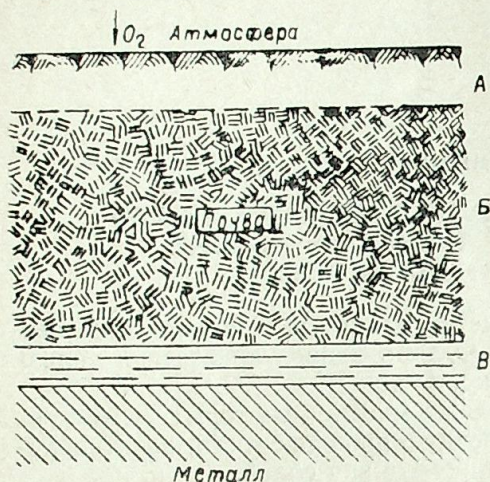


Рис. 1

Механизм транспорта кислорода в почве к коррозионной поверхности металла

А—область конвекционной передачи кислорода в порах почвы, Б—зона диффузионного переноса кислорода в опорах, В—диффузионная подача кислорода через конденсационный слой влаги или продуктов коррозии непосредственно на поверхность металла.

растворимые соли, находящиеся в твердом состоянии, могут перейти в раствор. Диффузия ионов железа Fe^{++} от анодных участков во

Результаты проведенных работ вышеуказанными авторами при помощи электрохимического метода исследований механизма переноса кислорода в почве, определения коэффициентов кислородной проницаемости и значений предельных диффузионных токов кислорода в зависимости от влажности почвы важны для понимания процессов электрохимической коррозии металлов в почве и обоснования теории почвенной коррозии.

Содержание влаги в почве оказывает большое влияние на развитие коррозионного процесса и на величину электропроводности почвы. С увеличением влажности почвы может уменьшаться концентрация солей в почвенной влаге или же водно-

Анализ водных

№ пробы	Почвы	Плотный остаток, %	Гигроскопическая вода, %	Количество солей, %	Абсолютно сухая				
					CO_3^{--}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{--}	Ca^{++}
1	Карадагская почва	2,097	2,68	1,832	нет	0,024	0,826	0,334	0,173
2	Зыхская глина	2,373	3,19	2,496	"	0,024	0,802	0,688	0,245
3	"	1,007	2,96	0,997	"	0,043	0,379	0,226	0,032
4	"	0,712	4,03	0,663	"	0,045	0,204	0,188	0,05
5	Ясамальская почва	3,380	3,50	3,363	"	0,022	1,299	0,978	0,212
6	Сумгантская почва	0,430	0,30	0,456	"	0,029	0,099	0,182	0,044

Анализ водных вытяжек проведен в Институте

влажной почве будет происходить более интенсивно, что также активизирует коррозию.

Для каждой почвы, в зависимости от ее влагоемкости и засоленности, должен существовать максимум скорости коррозии, отвечающий определенному содержанию влаги.

В. А. Притула [3] считает, что максимум коррозии, имеет место при содержании влаги в почве 10—12% (к относительно сухой почве).

А. В. Соловьев [4] отмечает, что максимальная коррозионная активность почв находится вблизи максимума их водопоглощаемости. По данным А. В. Соловьева, максимум коррозии чугуна в солончаковых почвах отвечает 20—25% влаги, в мелкозернистом глинистом песке гор. Москвы—18—19%.

В. Ф. Негреев и Г. А. Аллахвердиев [2], изучая катодную поляризацию стали в песке и песчаной глине при добавке 3% раствора $NaCl$, а также при увлажнении дистиллированной водой, пришли к выводу, что влажность почвы оказывает большое влияние на работу коррозионной пары в почве.

В настоящей работе исследуются кривые катодной поляризации стали в различных (солончаковых и глинистых) почвах, в зависимости от влажности, а также показано влияние времени испытания на характер поляризации стали в почвах. Все пробы почвы были взяты около трубопроводов. Химический анализ водной вытяжки почв помещен в табл. 1.

Изучение кривых катодной поляризации стали в различных почвах проводилось при влажности 10, 15, 20, 25, 30, 40%.

В качестве катода применялись образцы из стали 3 размером $140 \times 160 \times 2$ мм. Перед испытанием стальные образцы подвергались травлению в ингибированной соляной кислоте, промывались дистиллированной водой, высушивались и очищались тонкой наждачной бумагой и обезжиривались.

Стальные катоды указанных размеров укреплялись на дне открытого стеклянного сосуда (см. рис. 2). Внутри стакана помещались исследуемые почвы при определенной влажности. В почву также

Таблица 1

вытяжек почвы

почва, %		Абсолютно сухая почва, м-экв						
Mg^{--}	Na и K	CO_3^{--}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{--}	Na и K
0,034	0,441	нет	0,40	23,30	6,95	8,64	2,83	19,18
0,044	0,693	"	0,46	22,92	14,31	12,27	3,68	30,10
0,019	0,218	"	0,70	10,70	4,70	1,58	1,54	12,98
0,008	0,193	"	0,13	7,71	3,92	1,27	0,68	8,41
0,050	0,802	"	0,33	36,67	20,35	10,58	4,14	34,88
0,011	0,091	"	0,48	2,80	3,78	2,21	0,91	3,94

почвоведения и агрохимии АН Азербайджанской ССР

помещался другой электрод—анод. Катод присоединялся через реостат к отрицательному полюсу аккумуляторной батареи. Подавалась определенная плотность тока и производилось измерение потенциалов со временем. Измерение потенциалов стали производилось относительно каломельного электрода.

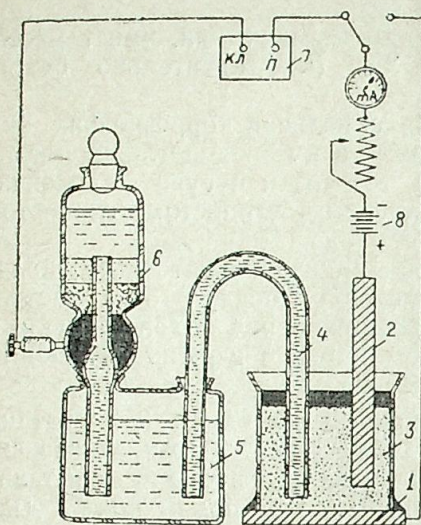


Рис. 2

Установка для изучения поляризационных кривых стали в почвах в зависимости от влажности

1—поляризуемый стальной образец (катод), 2—анод, 3—исследуемая почва, 4—агар-агаровый мостик, 5—насыщенный раствор KCl, 6—каломельный электрод, 7—потенциометр типа ЛП-5, 8—источник постоянного тока.

Для выяснения характера протекания коррозионных процессов незащищенных стальных пластин в почвах при различной влажности нами применялись плотности тока от 0,5 до 2,5 ма/дм^2 .

На основании полученных результатов (см. табл. 2) строились графики зависимости между потенциалами стали и плотностью тока. На рис. 3 и 4 указаны кривые катодной поляризации.

Рассмотрение полученных кривых катодной поляризации стали в солончаковой и глинистой почвах показывает, что в начальный период испытания наблюдается незначительное изменение потенциала (пологий ход кривой), а затем, с течением времени, кривая резко поднимается вверх, при этом потенциал стали достигает значительных величин.

Наиболее резкий подъем кривой потенциала катода в испытанных почвах наблюдается при влажности 25 и 30% (относительно сухой почве), хотя плотность поляризующего тока и объем почвы во всех случаях одинаковы. Это следует объяснить тем, что в начальный период испытания, вследствие неограниченного притока кислорода воздуха к катодным участкам поверхности металла, скорость коррозионного процесса непрерывно растет.

Однако с течением времени, по мере расходования кислорода в воздухе на связывание притекающих электронов с анодных участков, скорость коррозионного процесса значительно уменьшается, достигая практически одинаковых величин.

Из полученных данных (представленных в табл. 2) видно, что с повышением влажности почвы потенциал стали резко возрастает в сторону более отрицательных значений. При плотности тока в 1 ма/дм^2 потенциал стали достигает значительных величин, порядка $-0,85 \text{ в}$ — $-0,90 \text{ в}$, что практически прекращает развитие коррозионного процесса.

Резкий сдвиг потенциала стали в отрицательную сторону объясняется тем, что в начальный период было достаточно кислорода воздуха для асимилиции электронов и, следовательно, для протекания катодной реакции, тогда как в дальнейшем, по мере расходования кислорода воздуха (поскольку опыт проводился в закрытой, изолированной от внешних воздействий системе), концентрация его в почве уменьшалась. Вследствие этого при увеличении плотности катодно-поляризующего тока наблюдалась сильная поляризация катодных участков на поверхности стали.

Как видно из кривых катодных поляризаций, защитный ток для сильно солончаковых почв достигает 0,8—1,0 ма/дм^2 , а в глинистых почвах—0,5—0,75 ма/дм^2 .

Таблица 2

Почвы	% влажности	Плотность тока, ма/дм^2					
		0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Карадагская солончаковая почва, проба № 1	10	0,590	0,795	0,880	0,950	1,030	1,080
	15	0,635	0,733	0,825	1,080	1,120	1,200
	20	0,672	0,750	0,895	0,960	1,023	1,058
	25	0,680	0,855	0,975	1,030	1,073	1,110
	30	0,720	0,855	0,945	0,992	1,030	1,065
	40	0,750	0,960	1,038	1,072	1,100	1,253
Карадагская солончаковая почва, проба № 2	10	0,600	0,680	0,815	0,895	0,960	0,990
	15	0,670	0,710	0,852	0,955	1,015	1,040
	20	0,680	0,735	0,905	1,012	1,070	1,095
	25	0,705	0,770	0,950	1,050	1,100	1,140
	30	0,708	0,770	0,860	1,004	1,105	1,120
	40	0,675	0,760	0,975	1,100	1,160	1,185
Зыхская глинистая почва, проба № 3	10	0,550	0,700	0,850	0,920	0,985	1,025
	15	0,600	0,550	0,750	0,818	0,925	0,975
	20	0,688	0,755	0,880	0,980	1,020	1,055
	25	0,672	0,800	0,975	1,035	1,100	1,115
	30	0,600	0,725	0,972	1,038	1,030	1,120
	40	0,700	0,883	0,990	1,045	1,155	1,160
Зыхская глинистая почва, проба № 4	10	0,560	0,610	0,625	0,645	0,675	0,690
	15	0,545	0,720	0,815	0,855	0,880	0,905
	20	0,695	0,744	0,850	0,880	0,935	0,974
	25	0,725	0,805	0,940	1,020	1,070	1,080
	30	0,724	0,838	0,900	1,035	1,085	1,100
	40	0,720	0,855	1,010	1,090	1,090	1,165
Ясамальская солончаковая почва, проба № 5	10	0,550	0,650	0,735	0,800	0,840	0,880
	15	0,680	0,785	0,910	1,000	1,065	1,120
	20	0,700	0,840	0,980	1,050	1,100	1,150
	25	0,718	0,890	1,000	1,065	1,100	1,150
	30	0,700	0,900	1,010	1,085	1,125	1,158
	40	0,715	0,930	1,040	1,090	1,135	1,175
Сумгайтская почва, проба № 6	10	0,540	0,750	0,840	0,920	0,975	1,025
	15	0,560	0,720	0,830	0,890	0,945	0,985
	20	0,680	0,800	0,925	0,970	1,010	1,040
	25	0,705	0,850	0,970	1,020	1,055	1,100
	30	0,705	0,840	0,945	1,000	1,035	1,075
	40	0,720	0,895	1,010	1,070	1,110	1,145

На рис. 5 и 6 показано изменение потенциала стали в солончаковых и глинистых почвах в зависимости от времени, при влажности 30%. Поляризационное смещение потенциалов неодинаково при разных плотностях тока, с повышением плотности тока это смещение увеличивается (см. табл. 3—4).

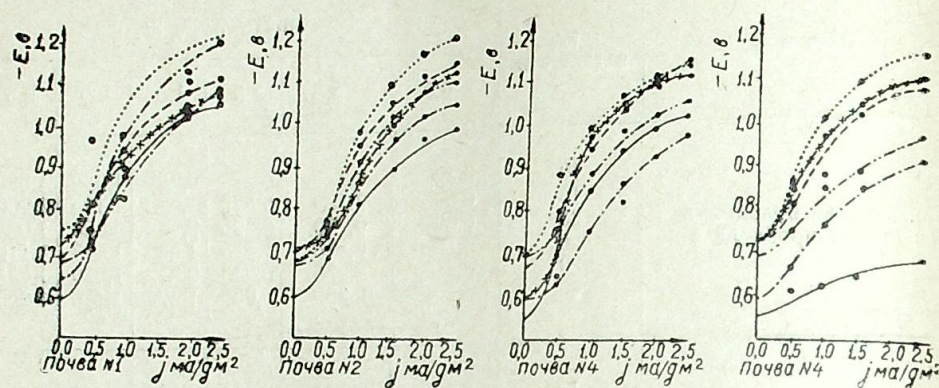


Рис. 3

Кривые катодной поляризации стали в зависимости от степени влажности
 — 10 %, — — — 15 %, — · — · — 20 %, — — — — 25 %, — x — x — 30 %, · · · · · 40 %

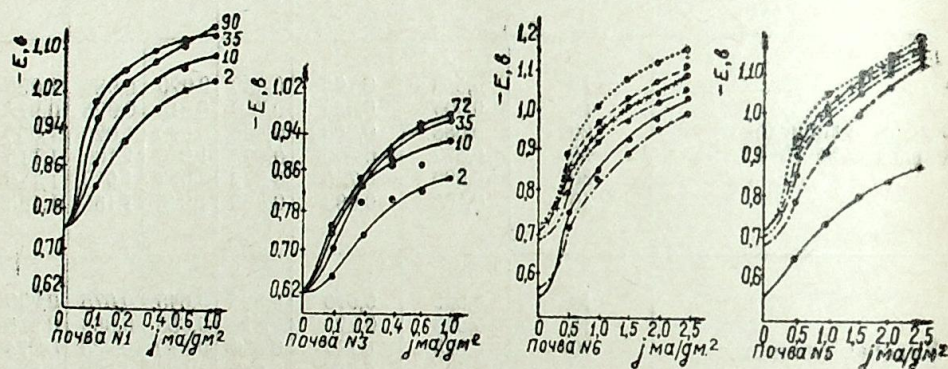


Рис. 4

Кривые катодной поляризации стали

в зависимости от времени:
 3, 10, 35, 72, 90 (время в сутках)

в зависимости степени влажности:
 — 10 %, — — — 15 %, — · — · — 20 %, — — — — 25 %, — x — x — 30 %, · · · · · 40 %

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие выводы.

1. Анализ полученных кривых катодной поляризации стали в солончаковых и глинистых почвах показывает, что максимальная коррозия наблюдается при влажности почвы 25 и 30% (относительно сухой почвы).

2. Наблюдается смещение потенциала с течением времени поляризации, по истечении одного месяца после наложения катодной защиты потенциал достигает стабильного состояния. Поэтому кратковременные опыты с применением временных катодных станций могут не дать желаемых результатов.

3. Поляризационное смещение потенциалов неодинаково при разных плотностях тока. С повышением плотности тока это смещение увеличивается.

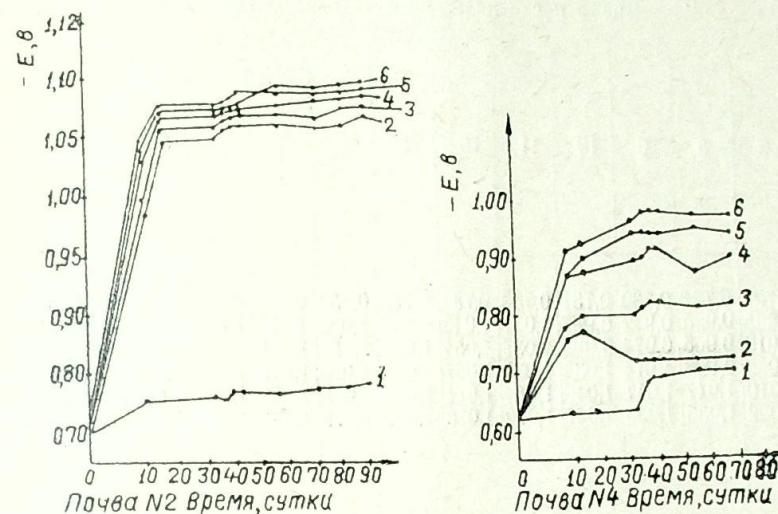


Рис. 5

Изменение со временем потенциала катодно-поляризуемых образцов стали марки СТ-3 в почве при наложении разных плотностей тока (в 30% влажности почвы)

1— $j=0$, 2— $j=0,1$ ма/дм², 3— $j=0,2$ ма/дм², 4— $j=0,4$ ма/дм², 5— $j=0,6$ ма/дм², 6— $j=1,0$ ма/дм²

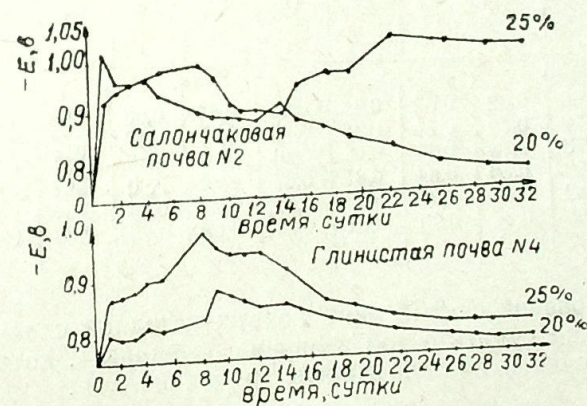


Рис. 6

Изменение со временем потенциала катодно-поляризуемых образцов стали марки СТ-3 в почве при наложении плотности тока 1 ма/дм² (20 и 25 % — влажности почв к сухой почве)

4. При проведении коррозионных исследований на трубопроводах путем изучения распределения потенциалов вдоль сооружений следует учитывать поляризационные явления на поверхности металла, контактирующего с грунтом.

Таблица 3

Изменение потенциала стали со временем в ясамальской солончаковой почве при влажности 30 %

Плотность тока ma/dm^2	Потенциал стали без защитного тока	Время после наложения катодного тока, сутки													
		2	3	6	10	11	16	35	39	41	43	59	72	82	90
1	0,72	0,721	0,727	0,730	0,731	0,733	0,733	0,735	0,739	0,744	0,744	0,743	0,745	0,747	0,748
0,1	0,72	0,865	0,925	0,942	0,987	1,027	1,048	1,049	1,053	1,057	1,057	1,059	1,061	1,061	1,071
0,2	0,72	0,910	0,915	0,974	0,994	1,037	1,054	1,056	1,057	1,060	1,066	1,065	1,065	1,078	1,079
0,4	0,72	0,980	0,988	1,014	1,034	1,035	1,067	1,070	1,070	1,073	1,075	1,078	1,085	1,087	1,090
0,6	0,72	1,010	1,017	1,017	1,040	1,064	1,071	1,074	1,075	1,075	1,080	1,090	1,090	1,091	1,093
0,0	0,72	1,032	1,038	1,038	1,047	1,072	1,076	1,077	1,079	1,083	1,086	1,086	1,096	1,098	1,099

Таблица 4

Изменение потенциала стали со временем в зыхской глине при 30 % влажности

Плотность тока, ma/dm^2	Потенциал стали без защитного тока	Время после наложения катодного тока, сутки											
		2	3	6	10	11	16	35	39	41	43	53	72
0	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,68	0,69	0,69	0,70
0,1	0,62	0,72	0,72	0,77	0,76	0,76	0,77	0,77	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
0,2	0,62	0,73	0,78	0,78	0,78	0,80	0,80	0,80	0,81	0,82	0,82	0,81	0,82
0,4	0,62	0,80	0,80	0,84	0,87	0,87	0,80	0,80	0,91	0,91	0,91	0,87	0,90
0,6	0,62	0,82	0,82	0,87	0,87	0,89	0,90	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94
1,0	0,62	0,85	0,87	0,90	0,91	0,91	0,92	0,96	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97

5. На основании снятых нами кривых катодной поляризации стали в почвах можно судить о той величине потенциала, которая необходима для получения полной защиты трубопроводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов Г. В. Теория и методы исследования коррозии металлов. Изд. АН СССР, 1945.
2. Негреев В. Ф., Аллахвердиев Г. А. Методы определения коррозионных свойств почв. Изд. АН Азерб. ССР, 1953.
3. Пригула В. А. Защита подземных трубопроводов от внешней коррозии. 1948.
4. Соловьев А. В. Труды совещания по вопросам коррозии. Изд. АН СССР, 1940.
5. Томашов Н. Д. Коррозия металлов с кислородной деполяризацией. Изд. АН СССР, 1947.
6. Томашов Н. Д., Михайловский Ю. Н. ДАН СССР, 1956, т. 107, № 6.

И. А. Мәммədov

Нәмлийи мұхтəлиф олан шоран вə килли торпагларда
поладын катод поляризациясының тəдғиги

ХҮЛАСƏ

Мəгалəдə поладын торпагда коррозия уғрама просесини өйрəнмəк үчүн, онун катод поляризация əйрилəринин характеринин торпағын нәмлийиндэн асылы олараг дəйишилмəsi айдынлашдырылмышдыр.

К. В. Акимов торпагда коррозия просесинин сүр'əтини өйрəнмəк мəгсəдилə поляризация əйрилəриндэн истифадə этмəйи хұсуси илə гeyд этмишди.

Бунунла əлагəдар олараг, биз, кимйəви вə минераложи тəркиби мұхтəлиф олан торпаглары лабораторияда нормал отаг температурунда гурудараг, нәмлийи 10%-дэн 40%-ə гəдэр олмагла назырланмыш торпаг нұмунəлəриндə поладын вахташыры катод поляризация əйрилəрини өйрəнмиши.

Чəрəян сыхлығы 0,5 ma/dm^2 -дан 2,5 ma/dm^2 верилмəклə катодун поляризациясы өйрəнилмишди.

Тəчрүбə нəтичəсиндə айдын олмушдур ки, полад нұмунəлəрдə вахташыры олараг потенциал дəйишкəнлийи əсасында поляризация əйрилəринин характери тєз бир заманда дəйишилəрəк катод мұнафизəsi гоюландан тəгрибən бир ай сонра сабит гиймəт ала билir. Буна кəрə дə гыса мұддəтлi тəчрүбəдə мұвəггəти олараг, катод стансиясынын кəстəрдийи рəгəмлəрдə сəһвə йол верилə билəр.

Ералы гургуларда коррозиянын өйрəнилмəсиндə гургу бою потенциал яйылмасыны өлчмəклə бəрəбэр, торпагда метал сəтхиндə кедən поляризация хадисəсини нəзэрə алмаг лəзымдыр.

Поляризация əйрилəрини өйрəнмəклə торпагда металын там катод мұнафизəsi үчүн лəзым олан потенциалын гиймəти наггында фикир сөйлəмəк олар.

М. М. ГУРВИЧ, Р. Ш. ЕГИЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧИ НА ФОРМУ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРАХ

Глинистые растворы, применяемые в бурении нефтяных скважин, в подавляющем большинстве случаев имеют щелочную среду. Естественно, что исследование роли щелочи в глинистых растворах имеет первостепенное практическое значение. Не меньшее значение этот вопрос имеет с теоретической точки зрения, если его рассматривать в свете протекающих в глинистых растворах структурных процессов.

В литературе можно отметить ряд работ, посвященных этому вопросу. Сюда относятся работы П. А. Ребиндера [1], Н. Н. Серб-Сербиной [2], П. А. Ребиндера и Н. Н. Серб-Сербиной [3], Е. И. Кобахидзе [4], М. П. Воляровича и Д. М. Толстого [5], А. К. Мискарли [6, 7], В. С. Баранова [8]. Общий вывод, не вызывающий, как видно, разногласия между исследователями, можно сформулировать словами Н. Н. Серб-Сербиной [2]: «Щелочные электролиты после обменной адсорбции вызывают сильную гидратацию (гидрофилизацию) внешних и внутренних (в микрощелях) поверхностей частиц глины. Вследствие этого коагуляция может проявляться лишь в отдельных «активных» точках поверхности с образованием сплошной структуры студня. Этому способствует резкое увеличение числа первичных частиц в единице объема вследствие облегчения диспергирования (пептизации) и удлинено-пластинчатая форма глинистых частиц».

В нашей работе основное внимание уделялось выяснению влияния щелочи на форму структурообразования в глинистых растворах, при этом изучалось как самостоятельное действие щелочи, так и в сочетании с другими реагентами. Одновременно сделана попытка несколько разобраться в механизме действия щелочи.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследовано влияние щелочи на структурообразование в следующих системах.

а) Состав системы: 43% по весу зыхской глины и 57% жидкой фазы, состоящей из дистиллированной воды с варьирующим содержанием щелочи (NaOH).

В объемных процентах соответствует 22% зыхской глины и 78% жидкой фазы. Варианты заданной концентрации NaOH в жидкой фазе

М. М. ГУРВИЧ, Р. Ш. ЕГИЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧИ НА ФОРМУ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРАХ

Глинистые растворы, применяемые в бурении нефтяных скважин, в подавляющем большинстве случаев имеют щелочную среду. Естественно, что исследование роли щелочи в глинистых растворах имеет первостепенное практическое значение. Не меньшее значение этот вопрос имеет с теоретической точки зрения, если его рассматривать в свете протекающих в глинистых растворах структурных процессов.

В литературе можно отметить ряд работ, посвященных этому вопросу. Сюда относятся работы П. А. Ребиндера [1], Н. Н. Серб-Сербиной [2], П. А. Ребиндера и Н. Н. Серб-Сербиной [3], Е. И. Кобахидзе [4], М. П. Воляровича и Д. М. Толстого [5], А. К. Мискари [6, 7], В. С. Баранова [8]. Общий вывод, не вызывающий, как видно, разногласия между исследователями, можно сформулировать словами Н. Н. Серб-Сербиной [2]: „Щелочные электролиты после обменной адсорбции вызывают сильную гидратацию (гидрофилизацию) внешних и внутренних (в микрощелях) поверхностей частиц глины. Вследствие этого коагуляция может проявляться лишь в отдельных „активных“ точках поверхности с образованием сплошной структуры студня. Этому способствует резкое увеличение числа первичных частиц в единице объема вследствие облегчения диспергирования (пептизации) и удлиненно-пластинчатая форма глинистых частиц“.

В нашей работе основное внимание уделялось выяснению влияния щелочи на форму структурообразования в глинистых растворах, при этом изучалось как самостоятельное действие щелочи, так и в сочетании с другими реагентами. Одновременно сделана попытка несколько разобраться в механизме действия щелочи.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследовано влияние щелочи на структурообразование в следующих системах.

а) Состав системы: 43% по весу зыхской глины и 57% жидкой фазы, состоящей из дистиллированной воды с варьирующим содержанием щелочи (NaOH).

В объемных процентах соответствует 22% зыхской глины и 78% жидкой фазы. Варианты заданной концентрации NaOH в жидкой фазе

были следующие. 0; 0,05; 0,075; 0,1; 0,125; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,5; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75; 2; 2,25; 2,75; 3,0.

Полученные результаты графически изображены на рис. 1.

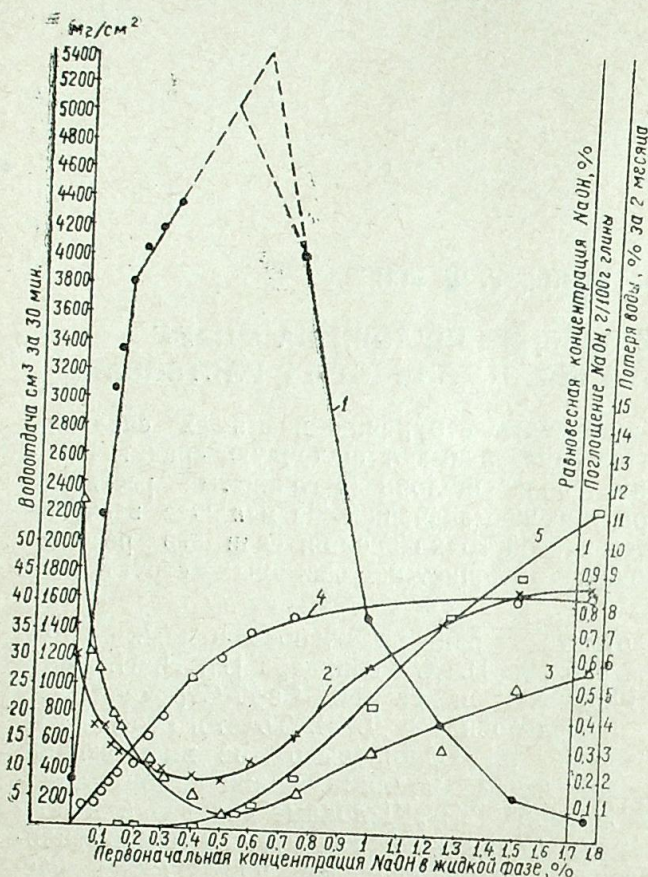


Рис. 1
Система а

● — θ_{s30} — статическое напряжение сдвига, мг/см^2 , × — водоотдача, $\text{см}^3/30 \text{ мин}$, △ — потеря воды, %, ○ — поглощение NaOH, г/100 г глины, □ — равновесная концентрация NaOH, %

Результаты графически изображены на рис. 3.

г) Состав системы: 41,5 по весу раманинской глины и 58,5% жидкой фазы, состоящей из 1% раствора гексаметафосфата натрия в дистиллированной воде с варьирующим содержанием NaOH 0; 0,05; 0,1; 0,15 по отношению к жидкой фазе.

Результаты сведены в табл. 1, где для сопоставления приведены суспензии этого же состава на чистой воде, а также на 0,1% растворе без NaOH гексаметафосфата натрия.

д) Состав системы: 43% зыхской глины и 57% жидкой фазы, состоящей из углещелочного реагента с добавками NaOH. В табл. 2 приведены соответствующие экспериментальные данные.

е) Состав системы: 43% (по весу) зыхской глины и 57% жидкой фазы, состоящей из 10% раствора нефтяных оксикислот типа OK_2 с варьирующим содержанием щелочи. Соответствующие экспериментальные данные приведены в табл. 3.

б) Состав системы: 40% раманинской глины и 60% жидкой фазы, состоящей из дистиллированной воды с варьирующим содержанием NaOH. В объемных процентах это соответствует 20,1% безводной глины и 79,9% жидкой фазы. Варианты заданной концентрации щелочи были следующие: 0; 0,033; 0,083; 0,134; 0,168; 0,250; 0,336; 0,420; 0,5; 0,833; 1,27; 1,5.

Полученные результаты графически изображены на рис. 2.

в) Состав системы: 43% зыхской глины и 57% жидкой фазы, состоящей из 0,5% раствора сульфит-спиртовой барды (безводной) в дистиллированной воде с прогрессирующими добавками NaOH к жидкой фазе. Варианты концентрации NaOH: 0; 0,05; 0,075; 0,1; 0,125; 0,15; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,25; 1,50; 2; 2,25; 3; 3,5; 4;

ж) Состав системы: 43% (по весу) зыхской глины и 57% жидкой фазы, состоящей из 15% раствора нефтяных оксикислот типа OK_2 с варьирующим содержанием щелочи. Экспериментальные данные приведены в табл. 4.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из рассмотрения и анализа приведенных экспериментальных данных видно, что действие щелочи проявляется тройным образом. Во-первых, в структурообразовательном процессе; во-вторых, в процессе гидратации глины; в-третьих, в поглощении щелочи. Под этим последним выражением подразумевается интегральное явление, охватывающее ионный обмен, адсорбцию, а также, возможно, и химическое действие, поскольку в наших опытах глина применялась в естественном виде, следовательно, содержала разные примеси.

Совершенно очевидно, что все три процесса тесно связаны между собой и обуславливают друг друга.

Рассмотрим эти процессы сначала в отдельности, а потом в их взаимосвязи, причем остановимся прежде всего на системах серий а и б, в которых жидкая фаза состоит из чистого раствора NaOH без каких-либо добавок.

Рассмотрим эти процессы сначала в отдельности, а потом в их взаимосвязи, причем остановимся прежде всего на системах серий а и б, в которых жидкая фаза состоит из чистого раствора NaOH без каких-либо добавок.

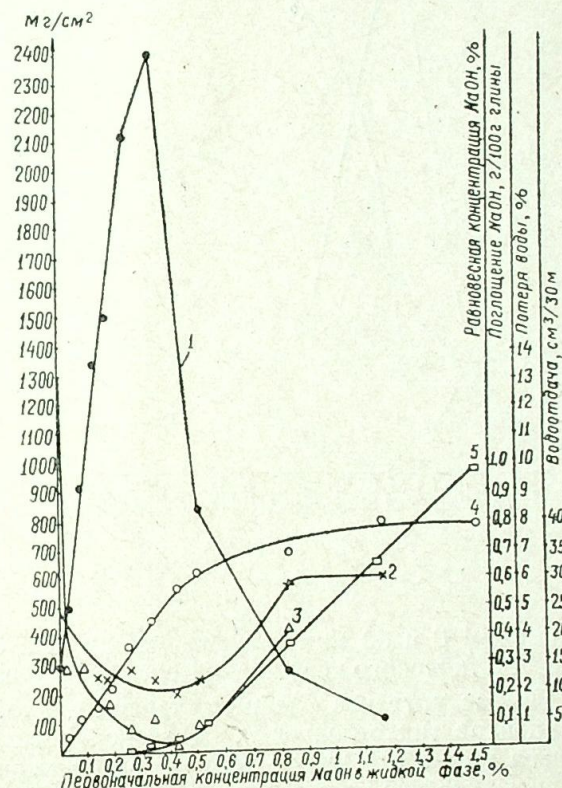


Рис. 2
Система б

Структурный процесс

Прежде всего отметим, что в дальнейших рассуждениях мы исходим из существования в глинистых суспензиях двух видов связи: конденсационной и тиксотропной (обратимой) согласно концепции П. А. Ребиндера [11].

Как видно из кривых рис. 1, 2, 3, выражающих зависимость условной прочности структуры¹ от начальной концентрации NaOH в

¹ Под условной прочностью структуры здесь подразумевается величина статического напряжения сдвига суспензии в возрасте 30 минут.

жидкой фазе, по мере увеличения концентрации NaOH резко растет прочность структуры.

В интервале концентраций NaOH—0,4—0,6 суспензии серии *a* были настолько густы, что на приборе нельзя было правильно определить прочность. Поэтому верхушка кривой 1 рис. 1 вычерчена пунктиром предположительно. При дальнейшей концентрации NaOH кривая также резко опускается, образуя высокий пик. Кривые обеих этих серий имеют одинаковую форму, различаясь только в количественном отношении.

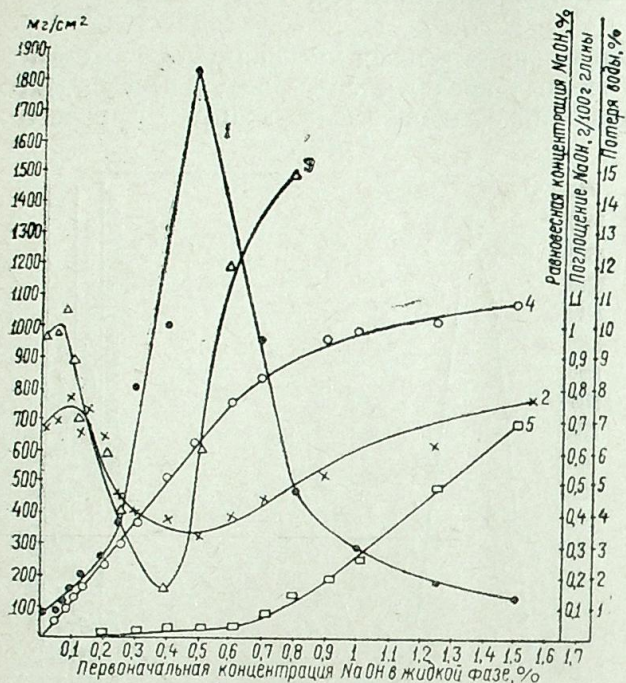


Рис. 3
Система *a*

возрастом 0 и 30 мин или же между 5 и 30 м, отнесенные к величине статического напряжения сдвига за 0 или 5 м.

Из рассмотрения данных таблиц видно, что в изменении коэффициентов тиксотропности, в зависимости от концентрации NaOH нельзя усмотреть какую-нибудь закономерность. Отсюда надо заключить, что эти коэффициенты тиксотропности не могут служить количественным мерилем тиксотропии при большом преобладании нетиксотропных структур. В большинстве случаев они малы. Однако в тех случаях, когда эти коэффициенты принимают более значительную величину, например, 25 и выше, то, по всей вероятности, о наличии тиксотропных связей говорить можно, хотя с весьма ориентировочной количественной оценкой.

Итак, мы видели, что под влиянием щелочи до некоторой заданной концентрации ее, создаются очень прочные структуры, дающие пастообразную консистенцию. При этом мы пришли к заключению, что в основном это структуры конденсационного типа, хотя и с той или другой примесью тиксотропных связей. В пользу такого предположения помимо внешних признаков говорит то обстоятельство, что суспензии уже сейчас же после размешивания дают высокие значения статического напряжения сдвига. Так, суспензия с 0,25%

По внешним признакам все суспензии обеих серий принадлежат к типу I [9, 10], следовательно не-или мало-тиксотропны.

О величине и росте тиксотропных структур можно было бы судить по величине условных «коэффициентов» тиксотропности, T_{0-30} или T_{5-30} , под которыми подразумевается изменения в процентах статического напряжения сдвига между

Таблица 1

Изменение свойств системы серии *г* в зависимости от заданной концентрации щелочи в жидкой фазе

№ по пор.	Заданная концентрация в жидк. фазе		Вязкость по СПВ-5, сек.	Удельный вес	В/К	снс 0,5; 15; 30 мин., мг/см²	T_{0-30}	Отстой		Тип структуры
	Гексаметафосфат, %	NaOH, %						стабильность		
1	0	0	с.т.	1,39	25/2	234, 237, 252, 246	18,1	0/0,0		I
2	1	0	35	—	6/1	38, 124, 142, 156	310	0/0,0		III
3	1	0,05	33,6	1,38	7/1	30, 110 128, 138,5	362	0/0,0		III
4	1	0,1	33	1,38	8,5/1	35, 96, 111, 114	223	0/1,0		III
5	0	0,1	н.т.	1,37	20 2	1174, 1012, 1072, 1026	—	0/0,0		I
6	1	0,15	32	1,37	6,5/1	53, 95, 108, 115	117	0/0,0		III

NaOH дала уже при 0 мин. 3735 мг/см², а при 30 мин. 4162 мг/см² с T_{0-30} , 11,6%. Такое высокое значение должно быть приписано необратимым структурам.

Таблица 2

Изменение свойств системы серии *д* в зависимости от заданной концентрации щелочи в жидкой фазе

№ по пор.	Дозировка реагента уголь NaOH, %	Добавка NaOH в жидк. фазе, %	Вязкость СПВ-5, сек.	Водоотдача	Отстой		T_{5-30}	Тип структуры
					стабильность	снс 5, 15, 30 мин., мг/см²		
1	—	—	66,4	29,0	—	308, 529, 348	11	I
2	10/1	0	н.т.	21,0	0/0,0	499, 582, 629	26	II
3	10/1	0,3	74	11,5	0/0,0	130, 161, 195	50	II
4	10/1,5	0	33	17,0	0/0,003	108, 131, 146	39	II
5	10/1,5	0,1	65	11,5	0/0,006	102, 148, 185	80	II
6	10/1,5	0,2	48	8,5	0/0,019	72, 111, 152	110	II
7	10/1,5	0,3	37	9,0	0/0,023	22, 40, 68	209	I

Правда, можно было бы сделать предположение, что в действительности мы здесь имеем тиксотропные структуры, но с чрезвычайно высокой начальной скоростью структурообразования. Однако против этого предположения можно привести следующий довод. Если

Таблица 3

Изменение свойств системы серии *e* в зависимости от заданной концентрации щелочи в жидкой фазе

№ по пор.	Содержание NaOH в жидкой фазе	Вязкость по СПВ-5, сек.	В/К ¹	снс 0, 5, 15, 30 мин., мг/см ²	Тип структуры	NaOH в фильтрате, %	T ₅₋₃₀
1	0,3	н. т.	8,5/2,5	1748, 1794, 1831, 1924	I	0	—
2	0,5	"	8/2	2276, 2609, 2627, 2387	I	0	—
3	0,7	"	9/3	—, 2572, 2609, 2812	I	0,008	—
4	0,9	"	7/2,5	—, —, 4403, —	I	0,013	—
5	1,1	"	2/—	3867, 3904, —, 3585	I	0,014	—
6	1,3	"	1,5/—	1776, 2183, 2294, 2775	II	0,025	27
7	1,5	"	3/—	1202, 1517, 1757, 2239	II	0,05	47,6
8	1,7	с. т.	5/1,5	0, 142, 251, 308	II	0,134	117

Концентрация ОК₂ во всех случаях составляла 10%.

Таблица 4

Изменение свойств систем серии *жс* в зависимости от заданной концентрации щелочи в жидкой фазе

№ по пор.	Содержание NaOH в жидк. фазе	Вязкость по СПВ-5, сек.	В/К	снс 0, 5, 15, 30 мин; мг/см ²	Тип структуры	К
1	0,5	н. т.	12/6	1585, 1595, 1771, 1781	I	78,4
2	0,75	н. т.	12,5/4	1036, 1154, 1096, 1096	I	70,6
3	1,0	н. т.	13/6	515, 545, 515, 589	I	63,5
4	1,2	н. т.	10/5	613, 620, 629, 629	} постепенный переход в форму V	35,7
5	1,4	н. т.	11,5/6,5	337, 330, 329, 303		9,7
6	1,5	322	14/6	265, 266, 234, 243		7,7

$$K = \frac{P_0 \cdot 100}{P_r}, \text{ где } P_r \text{ — пред. статич. напряж. сдвига, } P_0 \text{ — остаточное напряжение в структурной кривой}$$

бы это были тиксотропные структуры, то при энергичном перемешивании мы должны были бы получить жидкую консистенцию, ибо системы такого состава, т. е. содержащие всего 22% (объем) твердой фазы, вполне могут дать очень жидкие растворы. Между тем ра жить так густые суспензии щелочной обработки невозможно. О структурных характеристиках остальных систем будет сказано ниже. Здесь же мы рассмотрим гидратационный процесс.

ГИДРАТАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС

Резкое загустевание системы под влиянием щелочи трудно было бы объяснить, если не допускать, что под влиянием щелочи усиливается гидратация глинистых частиц. Для определения степени гидратации, или, что то же, количества связанной воды, имеется много методов. Эта область обстоятельно разработана А. В. Думанским [12]. Следует однако отметить, что предложенные методы прямого определения связанной воды содержат большую долю неопределенности. Известно [13], что определяемое количество связанной воды в сильной степени зависит не только от метода определения, но и от концентрации индикатора при одном и том же методе.

Этот факт обусловлен тем обстоятельством, что связанная вода не имеет резкой границы со свободной водой, а переходит в нее диффузно. Принимая это во внимание, мы считали, что примененные нами косвенные методы вполне закономерны.

О степени гидратации мы судили, во-первых, по величине водоотдачи в стандартных условиях, считая неоспоримым, что водоотдача функционально связана с гидратацией;¹ во-вторых, по несколько грубому методу, по количеству отстоявшейся воды в течение 2 месяцев (или более) выдерживания суспензии. На рис. 1, 2, 3 представлены кривые (2 и 3) зависимости величины водоотдачи и потери воды от концентрации NaOH. Как видно, обе кривые идут параллельно с симбатными минимума около максимальной структурной прочности суспензии. Резкий спуск кривых прочности сопровождается подъемом кривых водоотдачи и потери воды. Очевидно, что если упрочнение структуры связывать с гидратацией, то падение прочности структуры должно быть связано с падением гидратирующей способности щелочи после достижения определенной концентрации ее. Если базироваться на показателе „водоотдача“, то, начиная с некоторой концентрации щелочи, наступает даже дегидратация первоначальных гидратных оболочек (при 0% NaOH).

Поглощение NaOH

Под этим выражением понимается уменьшение содержания NaOH в жидкой фазе после взбалтывания ее с глиной. Поглощение NaOH может быть обусловлено различными причинами: во-первых, ионным обменом; во-вторых, адсорбцией, в-третьих, химическим воздействием.

Зыхская глина, как известно, является кальцевой глиной. По нашим с А. К. Мискарли определениям [19], величина обменного комплекса этой глины составила 233 м. экв/100 г глины, причем 62,2% составляли Ca(Mg) и 37,8% Na(K). По данным Г. Я. Деченко и Т. А. Маркарской [20], обменный комплекс зыхской глины был определен в 36,93 м-экв/100 г с содержанием Ca(Mg) в 57%. Эти результаты близки нашим. Таким образом, емкость обменного комплекса можно принять в пределах 23—33 м. экв—это соответствует обмену Ca⁺⁺ (Mg⁺⁺) глины на 0,56—0,9 NaOH на 100 г глины.

Из графиков 1, 2, 3 видно, что размер поглощения в зависимости от системы находился в пределах 0,9—1,37 на 100 г глины. Эти

¹ Следует отметить, что фильтрационный метод, выдвинутый В. Оствальдом [14] для характеристики свойств дисперсных систем, широко применяется для исследования гидратации, диспергации, устойчивости разных систем, что в сущности представляет собою явления одного порядка [см. 15—18].

величины превосходят вышеприведенные расчетные данные, в особенности, если принять во внимание, что при однократной обработке щелочью устанавливается равновесие между фазами [21], следовательно, имеет место неполный ионный обмен.

Это заставляет предполагать возможность некоторой адсорбции или химического действия.

Переходим теперь к рассмотрению процессов в их взаимосвязи, а также сделаем попытку разобраться в механизме действия щелочи.

Тот факт, что до некоторой заданной концентрации щелочи (0,5—0,6%) одновременно с поглощением NaOH растут прочность структуры и гидратация, можно было бы истолковать так, что именно поглощение NaOH вызывает оба эти явления. В литературе, как выше указано, для объяснения механизма процесса высказывается мнение, что обработка глины щелочным раствором приводит к пептизации глины, т. е. к распаду на отдельные частицы. Это приводит к увеличению числа контактов и, следовательно, к усилению прочности структуры.

Если это так, то надо было бы заключить, что исходные нетиксотропные или малотиксотропные структуры должны под гидратирующим и пептизирующим действием щелочи перейти в тиксотропные. Однако такое представление не находится в согласии с экспериментальными данными. Во-первых, по внешним признакам все суспензии этой серии показали тип I [8, 10]. То же в общем подтверждают структурные кривые. Правда, эти кривые показывают некоторый рост прочности со временем, однако этот рост незначителен, в особенности, если принять во внимание высокие значения снс уже в 0 времени. Во-вторых, если высокая прочность структуры связана с пептизацией частиц, то в случае прибавки более высокого пептизатора надо было ожидать еще более высокие прочности.

В действительности это не имеет места. Углекислотный реагент, т. е. раствор гуматов натрия, как известно, имеет сильные пептизирующие свойства. Высокая гидратационная способность этого реагента видна из того, что при обработке им суспензии можно довести водоотдачу до 2—3 см³ и даже меньше, чего никак нельзя добиться одной щелочью. И вот оказывается, что гуминовые вещества, несмотря на высокую пептизирующую и гидратирующую способность действуют совершенно в другом направлении, чем чистая щелочь.

Иллюстрацией могут служить следующие весьма показательные опыты.

27 % суспензия зыхской глины в дистиллированной воде дала тип I ($\theta_s = 293$ мг/см², $T_{0-30} = 7,7$); при добавке к воде 2% NaOH тип I сохранился, но θ_s возросло до 2857 мг/см², а $T_{0-30} = 0$. Тиксотропия отсутствует. Если теперь к жидкой фазе, содержащей те же 2% NaOH, прибавить гуминовые вещества, то картина начинается меняться: θ_s падает и T растет. При содержании 1,58% гуминового вещества $\theta_s = 83$, а $T_{1-10} = 295$. Система стала высоко тиксотропной, легко и совершенно разжижающейся. В табл. 5 все данные сведены вместе. Как видно, пептизирующее действие гуминовых веществ совершенно не похоже на предполагаемое „пептизирующее действие щелочи“.

В первом случае о разрушении конденсационных связей, т. е. разъединении частиц, говорить нельзя. Скорее можно говорить об упрочнении сцепляемости флоккул, в то время как во втором слу-

чае действительно можно говорить о пептизации, т. е. разрушении конденсационных связей и образовании тиксотропных связей.

Таблица 5

Влияние гуматов натрия на характер структурообразования в глинистой суспензии, содержащей в жидкой фазе 2% NaOH.
Состав системы: зыхская глина—27%, жидкая фаза—73%

№ по пор.	NaOH в жидк. фазе	Гуминов. вещества в жидк. фазе, %	Вязкость по СПВ-5, сек.	Водоотдача	снс 0, 5, 15, 30 мин., мг/см ²	T_{0-30}	Тип структуры
1	0	0	Н. Т.	9	272, 275, 280, 293	7,7	I
2	2	0	Н. Т.	9	2857, 2877, 1857, 2857	—	I
3	2	0,79	Н. Т.	—	514, 587, —, —	1,4	Перех.
4	2	1,58	62	—	21, 83, —, —	295	II

Исходя из вышеприведенных данных, мы предполагаем возможным объяснить механизм действия щелочи следующим образом. Известно [22], что глинистые частицы имеют анизодиаметрическую, сильно вытянутую форму, поэтому они должны быть склонны к искривлениям и закручиванию. Об искривленности и закрученности удлиненных частиц других веществ в литературе имеется много примеров [23]. Также очевидно, и это не является новым предположением, что поверхность частиц не ровна, а имеет причудливый рельеф, следовательно с причудливым распределением участков различной степени гидрофильности. Если это так, то надо в общем виде представлять себе конденсационно-связанные частицы таким образом, что хотя частицы связаны между собою непосредственно на значительном участке, они все же имеют значительные свободные участки. Дальше мы принимаем, что в естественной глине частицы между собою связаны конденсационно, образуя крупные агрегаты—флоккулы.

Благодаря изогнутости частиц и наличию свободных участков эти флоккулы при достаточной концентрации твердой фазы сцепляются между собою механически, создавая сопротивление перемещению частиц. Следовательно, феноменологически и здесь можно говорить о статическом напряжении сдвига, о начале текучести, но в действительности скорее о преодолении трения между флоккулами. При прибавке щелочи конденсационные связи в основном сохраняются, гидратация идет по свободным участкам, что приводит к еще большему искривлению их благодаря расклинивающей силе, действующей между соседними гидратными оболочками [25].

Таким образом, щелочь, по развиваемому представлению, не пептизирует глину, или пептизирует ее в незначительной степени. Остаточное действие ее выражается в утолщении гидратных оболочек на свободных участках глинистых частиц с сильным искривлением последних, что приводит к усилению прочности сцепления флоккул.

Новое подтверждение развитому здесь представлению мы усматриваем в полученных Л. А. Абдурагимовой [26] данных о действии щелочи Na-зыхскую глину. Оказалось, что если обработать

естественную зыхскую глину возрастающими количествами щелочи, от получаются нетиксотропные системы, если же в этих условиях обработать Na-глину, то получаются высокотиксотропные системы. С нашей точки зрения это объясняется так. Действие щелочи на естественную глину сводится к гидратации, но не к пептизации, поэтому нет условий для тиксотропии. Na-глина же пептизирована, поэтому действие щелочи приводит к тиксотропии, и тем большей, чем больше концентрация щелочи, ибо, с увеличением последней, увеличивается дегидратация наименее лиофильных участков и соответственно увеличивается количество пунктов тиксотропного сцепления частиц.

Рассмотрим теперь вопрос о связи структурных свойств с поглощением NaOH. Из сопоставления кривых прочности, гидратации и поглощения (рис. 1—3), видно, что до максимума прочности все эти кривые идут симбатно. Однако после достижения максимума прочность и гидратация уменьшаются в то время как поглощение продолжает расти, хотя и замедленно. Отсюда следует, что в области максимума возникает другой фактор, который, несмотря на продолжающееся поглощение щелочи, вызывает падение прочности и уменьшение гидратации. Нам представляется, что этим фактором является равновесная концентрация NaOH в жидкой фазе. Свободные ионы Na должны ориентировать вокруг себя больше молекул воды, чем ионы Na, адсорбированные на поверхности частиц и отчасти насыщенные. Поэтому, по мере накопления NaOH в жидкой фазе, все больше молекул воды будет отвлекаться и ориентироваться вокруг ионов Na, отнимая их из гидратной лиосферы. Аналогичное явление наблюдается при индикаторе глюкозе [12].

Переходим теперь к рассмотрению других систем.

Система *в* на сульфит-спиртовой барде принципиально не отличалась от предыдущих водных систем, показывая также во всех случаях тип I, однако присутствие ССБ значительно снижает прочность, как это видно из сопоставления в табл. 6 трех точек у вершины кривой прочности. ССБ понижает величину снс в 2—3 раза.

Таблица 6

Влияние ССБ на статическое напряжение сдвига 25% (по объему) суспензии зыхской глины при одинаковой исходной концентрации щелочи в жидкой фазе

№ по пор.	Содержание ССБ в жидкой фазе %	Исходное содержание NaOH в жидк. фазе, %	снс мг/см^2
1	0	0,4	3170
1а	0,5	0,4	998
2	0	0,5	4482
2а	0,5	0,5	1837
3	0	0,6	2133
3а	0,5	0,6	1193

В системе *г*, жидкая фаза которой представляет собою 1% раствор гексаметафосфата натрия в дистиллированной воде с переменным содержанием щелочи, действие последней имеет совершенно другой характер.

Как видно из табл. 1, гексаметафосфат натрия без щелочи резко изменяет свойства суспензии. Вязкость со слаботекущего снижается до 35. Водоотдача с 25 до 6 статическое напряжение сдвига за 30 мин. с 246 до 156, при этом первоначальный тип I переходит в тиксотропный тип III (T_{0-30} с 18,1 поднимается до 310).

Совершенно иначе действует щелочь в системе *д*, жидкая фаза которой состоит из раствора гуматов натрия с переменным содержанием щелочи. Если в предыдущей системе щелочь ослабляла тиксотропию, то в присутствии гуматов натрия действие щелочи наоборот может быть охарактеризовано как тиксотропирующее с одновременным уменьшением прочности структуры с переводом структуры из типа I в тип II.

В табл. 2 приведены данные для двух систем, жидкая фаза которых состоит из раствора щелочных гуматов различного состава и различного приготовления с добавками свободной щелочи. Для сопоставления в начале таблицы приводятся параметры такой же системы на чистой воде.

Из рассмотрения данных табл. 2 видно, что с переходом от чистой воды к гуматному раствору, структурный тип I переходит в тиксотропный тип II, но этот переход связан с наличием свободной щелочи. При недостаточности щелочи тип II еще недостаточно формируется и структура еще имеет переходный характер как показывают опыты 2 и 4.

По мере же добавки щелочи (в указанных пределах) тиксотропия быстро увеличивается, формируя все отчетливее структурный тип II. Отсюда можно сделать вывод, что механизм действия гексаметафосфата натрия и гуминовых веществ на глину различен, хотя оба эти реагента способны дать тиксотропные структуры. Однако гексаметафосфат способен это сделать самостоятельно, гуматы же требуют для этого свободной щелочи.

Структуроформирующее действие щелочи видно также из рассмотрения систем серий *е* и *ж*, жидкие фазы которых состоят из нефтяных оксикислот.

Из данных табл. 3, относящихся к системе *е*, видно, что до заданной концентрации NaOH (1,1%) системы имеют ясно выраженный тип I; при дальнейшем увеличении содержания щелочи начинается переход к типу II, что выражается в повышении коэффициента тиксотропности T_{5-30} и повышении величины статического напряжения сдвига.

В системах серии *ж* (табл. 4) имеем аналогичное явление. До некоторого значения концентрации NaOH (в данном случае 1%) мы имеем тип I. Выше этой концентрации начинается переход в форму V, что в частности выражается в постепенном снижении значения P_0 (нижние участки нисходящей ветви структурных кривых), например, с 68,5 при концентрации NaOH 1% (опыт 3) до 7,7 при концентрации NaOH 1,5% (опыт 6).

Низкое значение P_0 является одним из характерных признаков формы V (см. статью в „ДАН Азерб. ССР“ № 5, 1958).

Таким образом мы видим, что в присутствии гуминовых, так и нефтяных оксикислот щелочь является тиксотропирующим фактором, хотя в зависимости от рода оксикислот может привести к различным формам тиксотропии.

Выводы

Исследована структурообразующая роль щелочи в глинистых суспензиях.

Показано:

1. В суспензиях из зыхской и раманинской глин в воде с переменной прибавкой NaOH, а также в суспензии зыхской глины в 0,5% растворе ССБ действие щелочи имеет одинаковый характер. Повышение прочности структуры обусловлено поглощением NaOH и соответственно гидратацией.

При накоплении в жидкой фазе свободной щелочи начинается обратный процесс—дегидратация и соответственно ослабление прочности структуры.

Во всех случаях получены структуры типа I, хотя частично и с примесью тиксотропных связей. Высказано мнение, что NaOH гидратирует глинистые частицы, но не- или малопептизирует.

2. В суспензии зыхской глины в 1% растворе гексаметафосфата натрия щелочь оказывает незначительное влияние, несколько ухудшая тиксотропность системы.

3. В присутствии гуминовых или нефтяных оксикислот щелочь действует одинаково тиксотропирующе, однако переводит системы в различные формы тиксотропии (II, III, V).

ЛИТЕРАТУРА

1. Р'ебиндер П. А. Вязкость дисперсных систем и структурообразование. Совещание по вязкости жидкостей и коллоидных растворов. Изд. АН СССР, М.—Л., 1941.
2. Серб-Сербина Н. Н. Влияние электролитов на вязкость и предельное напряжение сдвига. Совещание по вязкости жидкостей и коллоидных растворов. Изд. АН СССР, М.—Л., 1-41.
3. Серб-Сербина Н. Н., Ребиндер П. А. Коллоид. журн., 1947, 5.
4. Кобахидзе Е. И. Автореферат кандидатской диссертации. Тбилиси, 1955.
5. Воларович М. П., Толстой Д. М. ДАН СССР, 1934, 9, 557.
6. Мискари А. К. Труды Инст. химии АН Азерб. ССР, т. IX, Баку, 1932.
7. Мискари А. К. ДАН Азерб. ССР, 1956, XII, 12.
8. Баранов В. С. Глинистые растворы для бурения скважин в осложненных условиях. Госгостехиздат, 1955.
9. Гурвич М. М. Коллоид. журн., 1956, 6.
10. Гурвич М. М. Труды Инст. химии АН Азерб. ССР, т. XVI, 1957.
11. Ребиндер П. А. Coagulation and flocculation. A general discussion of the Faraday Society, 1954.
12. Думанский А. В. Учение о коллоидах, 1948.
13. Думанский А. В. Изв. АН СССР, 1937, 5.
14. Wo Ostwald, Kol Z., 1925, 36, 46.
15. Кульман А. Т. Толосова О. Н. Коллоид. журн., 1936, 2 и 6.
16. Кульман А. Т., Коллоид. журн., 1933, 2 и 7.
17. Жуков И. И. ЖРФХО, 1929, XI, 7 и 8.
18. Запрометов Б. Г., Смолина Л. Б., Шамсиев А. Коллоид. ж., 1936, I.
19. Мискари А. К., Гурвич М. М. Научный отчет за 1949 г. Инст. химии АН Азерб. ССР.
20. Дедусенко Г. Я., Маркарова Т. А. АНХ, 1956, 10.
21. Ионный обмен. Сборник статей под ред. К. В. Чмутова, М., 1951.
22. Цуринов А. И. Новое о глинах и глинистых растворах, применяемых в бурении на нефть. Примечание П. А. Ребиндера, 1940.
23. Песков Н. И., Александрова-Прейс. Курс коллоидной химии. Госхимиздат, 1948.
24. Вигнер Г. Почвоведение, 1936, 3.
25. Дерягин Б. В., Кусаков М. М., Лебедев Л. С. ДАН СССР, 1939, 23, 670.
26. Абдурагимов Л. А. Научный отчет за 1957 г. Инст. химии АН Азерб. ССР.

М. М. Гурвич, Р. Ш. Егиева

Гэлэвинин кил мәнлулларында структур эмәләкәтирмә формасына тәсиринин өйрәнилмәси

ХУЛАСӘ

Нефть гуяларынын газылмасында истифадә эдилән кил мәнлуллары әксәр һалларда гэлэви хассәйә маликдирләр. Она көрә дә гэлэвинин кил мәнлулларындакы ролунун өйрәнилмәсинин биринчи дәрәчәли әмәли вә нәзәри әһәмийәти вардыр. Әдәбийәтдә олан мә'луматлара көрә гэлэвинин ролу гидратлашдырычы вә пептидләшдиричи кими гейд эдилир ки, бу факторлар да бүтөв сеткалы гурулушун әмәлә кәлмәсинә сәбәб олур. Һаггында сөһбәт кедән ишдә ашағыда көстәрилән системләр дәйишән мигдарда гэлэви әләвә эдилмәклә өйрәнилмишдир.

Зығ вә Рамана килләриндә сүд дәйишән гэлэви мигдары илә вә һәмчинин Зығ килиндән 0,5% ССБ мәнлулунда һазырланмыш суспензияларда гэлэвинин тәсири әйни характерә маликдир. Гурулуш мөһкәмлийинин артмасы NaOH-ын удулмасы вә гидратасия илә әләгәдардыр.

Дуру фазада сәрбәст гэлэвинин топланмасы илә әкс просес—дегидратасия әләгәдар олараг гурулуш мөһкәмлийинин азалмасы башланыр. Бә'зи һалларда мүййән дәрәчәдә тиксатроп әләгәләринин гарышығы илә бүтүн һалларда I тип гурулуш алынмышдыр.

Гумун вә нефть окси туршулары олан суспензияларда гэлэви әйни тиксотроплашдырычы тәсир көстәрәрәк, анчаг системләри мұх-тәлиф тиксотропик формалары кечирир (I, II, III, V).

А. Д. ПЕТРОВ, С. И. САДЫХ-ЗАДЕ, Ю. П. ЕГОРОВ

РЕАКЦИИ ГАММА-ХЛОРАЛКИЛСИЛАНХЛОРИДОВ С КРЕМНИЕМ В УСЛОВИЯХ ПРЯМОГО СИНТЕЗА

Каталитическая реакция галоид-алкилов и арилов с элементарным кремнием является наиболее простым и важным промышленным способом синтеза алкил-арил-силанхлоридов. Этот метод позволяет синтезировать различные алкилмоно-ди-три- и полисиланхлориды, получение которых каким-либо другим методом вообще представляется почти неосуществимым.

С целью синтеза полисиланхлоридов нами [7, 9] на большом материале впервые была показана принципиальная возможность использования различных α и β хлоралкилсиланхлоридов в реакции с кремнием в условиях прямого синтеза. При этом было установлено, что в прямом синтезе с α - и β -хлоралкилсиланхлоридами, наряду с взаимодействием их с кремнием, происходит расщепление связи Si—C, пиролиз с выделением водорода и восстановление последним исходных хлоралкилсиланхлоридов, в отдельных случаях весьма интенсивное. В случае $\text{Cl}_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ и $\text{Cl}_3\text{Si}-\text{CHCl}-\text{CH}_3$ имело место также и дегидрохлорирование с образованием в небольшом количестве винилтрихлорсилана. Все это, несомненно, вносит дополнительные данные в понимание механизма прямого синтеза.

В свете изложенного представлялось интересным исследовать также и поведение в прямом синтезе γ -хлоралкилсиланхлоридов. Полученные результаты и излагаются в настоящей статье. Краткое предварительное сообщение было недавно опубликовано [3].

В качестве исходных γ -хлоридов были взяты следующие соединения, полученные присоединением $\text{CH}_3\text{SiHCl}_2$ и $\text{C}_2\text{H}_5\text{SiCl}_2\text{H}$ к хлористому аллилу и метиллилу в условиях [4]:

$\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ т. кип. $184,5; n_D^{20} 1; 4580, d_4^{20} 1,2045;$
 $\text{Cl}_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ т. кип. $206,0; n_D^{20} 1; 4661, d_4^{20} 1,1809;$
 $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ т. кип. $195,5; n_D^{20} 1; 4629 d_4^{20} 1,1703;$

$\text{Cl}_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-\text{CH}_2\text{H}$ т. кип. $213,0; n_D^{20} 1,4676, d_4^{20} 1,1525.$

Реакция прямого синтеза с указанными γ -хлоридами проводилась в основном при $370-380^\circ$. Но с целью изучения действия более высокой и более низкой температуры на ход реакции с одним из

А. Д. ПЕТРОВ, С. И. САДЫХ-ЗАДЕ, Ю. П. ЕГОРОВ

РЕАКЦИИ ГАММА-ХЛОРАЛКИЛСИЛАНХЛОРИДОВ С КРЕМНИЕМ В УСЛОВИЯХ ПРЯМОГО СИНТЕЗА

Каталитическая реакция галоид-алкилов и арилов с элементарным кремнием является наиболее простым и важным промышленным способом синтеза алкил-арил-силанхлоридов. Этот метод позволяет синтезировать различные алкилмоно-ди-три- и полисиланхлориды, получение которых каким-либо другим методом вообще представляется почти неосуществимым.

С целью синтеза полисиланхлоридов нами [7, 9] на большом материале впервые была показана принципиальная возможность использования различных α и β хлоралкилсиланхлоридов в реакции с кремнием в условиях прямого синтеза. При этом было установлено, что в прямом синтезе с α - и β -хлоралкилсиланхлоридами, наряду с взаимодействием их с кремнием, происходит расщепление связи Si—C, пиролиз с выделением водорода и восстановление последним исходных хлоралкилсиланхлоридов, в отдельных случаях весьма интенсивное. В случае $\text{Cl}_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ и $\text{Cl}_3\text{Si}-\text{CHCl}-\text{CH}_3$ имело место также и дегидрохлорирование с образованием в небольшом количестве винилтрихлорсилана. Все это, несомненно, вносит дополнительные данные в понимание механизма прямого синтеза.

В свете изложенного представлялось интересным исследовать также и поведение в прямом синтезе γ -хлоралкилсиланхлоридов. Полученные результаты и излагаются в настоящей статье. Краткое предварительное сообщение было недавно опубликовано [3].

В качестве исходных γ -хлоридов были взяты следующие соединения, полученные присоединением $\text{CH}_3\text{SiHCl}_2$ и $\text{C}_2\text{H}_5\text{SiCl}_2\text{H}$ к хлористому аллилу и металллу в условиях [4]:

$\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ т. кип. $184,5; n_D^{20} 1,4580, d_4^{20} 1,2045$;

$\text{Cl}_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ т. кип. $206,0; n_D^{20} 1,4661, d_4^{20} 1,1809$;

$\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2\text{Cl}$ т. кип. $195,5; n_D^{20} 1,4629, d_4^{20} 1,1703$;

$\text{Cl}_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{CH}}}-\text{CH}_2\text{H}$ т. кип. $213,0; n_D^{20} 1,4676, d_4^{20} 1,1525$.

Реакция прямого синтеза с указанными γ -хлоридами проводилась в основном при $370-380^\circ$. Но с целью изучения действия более высокой и более низкой температуры на ход реакции с одним из

γ -хлоридов $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$, в отличие от α - и β -хлор-
 CH_3
 алкилсиланхлоридов, реакция проводилась еще и при 270–280°;
 470–480°.

Хлоралкилтиланхлориды пропускались через трубки из стекла пирекс, диаметром 45 мм и длиной 600 мм, заполненные мелкодробленным сплавом кремния с медью (80% Si и 20% Cu) со скоростью 25 г/час. Продукты реакции улавливались в ловушке, охлаждаемой водой и разгонялись затем на колонке. Состав образовавшихся при этом продуктов представлен в табл. 1.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что во всех случаях γ -хлориды полностью вступают в реакции прямого синтеза. Сравнивая реакционную способность γ , β и α -хлоридов, мы видим, что γ -хлориды превосходят по реакционной способности не только α -хлориды, но и возможно даже β -хлориды.

Рассмотренные данные табл. 1 позволяют отметить еще одну интересную особенность взаимодействия γ -хлоридов с кремнием, которая в случае α - и β -хлорэтилтрихлорсиланов имеет лишь слабо выраженный характер. Эта особенность заключается в исключительно ярко проявляющейся реакции дегидрохлорирования исходных γ -хлоридов, особенно у $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ и $\text{Cl}_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-$

$\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$. У последних двух γ -хлоридов выход продуктов дегидрохлорирования превышает 50%, т. е. эта реакция в данном случае становится главной. Важность этого факта подчеркивается тем, что дегидрохлорирование γ -хлоралкилсиланхлоридов до сих пор не удалось провести ни с помощью хинолина, ни с помощью хлористого алюминия [5].

Исследования показали, что соединения, содержащие нормальную хлорпропильную группу ($\equiv\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$) подвергаются дегидрохлорированию в несколько меньшей степени (23–26%). Вместе с тем при переходе от соединения типа $\equiv\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ к

соединению типа $\equiv\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ увеличивается количество продуктов прямого синтеза ди- и трисиланхлоридов с 6–19% до 28–31%.

Процесс дегидрохлорирования γ -хлоридов в условиях прямого синтеза значительно превышает даже дегидрохлорирование, имеющее место в случае асимметрических дихлоридов 1,1-дихлорэтана и 2,2-дихлорпропана, у которых процент образования непредельных силанхлоридов не превышает 25% [6].

Как показало исследование, при проведении реакции при более низкой температуре (270–280°), процентное содержание продуктов дегидрохлорирования резко увеличивается до 58%, в то время как образование полисиланхлоридов уменьшается. Почти такая же закономерность наблюдается при проведении реакции при более высокой температуре (470–480°). При этом процентное содержание продуктов дегидрохлорирования составляет примерно 43%, т. е. больше, чем в реакциях, которые проводились при 370–380° (см. табл. 1).

Таблица 1

Исходные вещества	Состав сырой смеси (конденсата)	Температура кипения	Содержание сырой смеси, %
1	2	3	4
$(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ $-\text{CH}_2\text{Cl}$ 280* 255** 370–380***	$\text{CH}_3\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ SiCl_4 CH_3SiCl_3 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ $[(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2]_2$ $[(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2]_2\text{SiCl}_2$ (Остаток 17 г) SiCl_4	40–42 55–56 64–66 116–122 206–207 222,5–223 167–168,5 (6 мм) 166–168 (7 мм) 55–96 97,5	1,1 2,0 14,1 23,5 7,1 14,1 3,8 3,5 следы 5,8
$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-$ $\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ 319* 290** 370–380***	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Si}(\text{Cl}_2)$ $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-$ $-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ (Остаток 45 г)	144–149 231 241	25,9 14,4 17,0
$(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-$ $-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ CH_3 300* 250** 270–280***	HSiCl_3 $\text{CH}_3\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ SiCl_4 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_3$ CH_3 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$ CH_3 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ CH_3 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ CH_3 (Остаток 17 г) HSiCl_3 $\text{CH}_3\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ SiCl_4 CH_3SiCl_3 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$ CH_3 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-$ $-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Si}(\text{Cl}_2)\text{H}$ CH_3 $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ CH_3 (Остаток 24 г)	31–32 41–42 55–56 65–66 140–147 222–223 233–234 31–32 41–42 56–57 65–66 139–147 223 234–235	1,0 7,6 5,6 6,0 58 5,2 3,2 1,9 2,0 3,1 15,8 40,6 10,5 5,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
$(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ CH_3 300* 250** 470—480***	HSiCl_3 $\text{CH}_3\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ SiCl_4 CH_3SiCl_3	31—32 41—42 55—56 65—66	1 2,4 5,2 4,4
	$(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ $(\text{CH}_3)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$ CH_3	137—147	42,8
	$\text{CH}_3(\text{Cl}_2)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{SiHCl}_2$ CH_3 $\text{CH}_3(\text{Cl}_2)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ CH_3	222—236	6
	(Остаток 35 з) HSiCl_2	31—32	3,3
$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ $-\text{CH}_3$ 330* 330** 370—386***	SiCl_4 $\text{C}_2\text{H}_5\text{SiCl}$	55—6 97—98	1,2 12,0
	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$ CH_3	159—170	49,4
	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{SiH}(\text{Cl}_2)$ CH_3	235	9,1
	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ CH_3 (Остаток 20 з)	245—246	10,2

* Количество взятого в реакцию вещества в граммах.

** Количество полученной сырой смеси (конденсата) в граммах.

*** Температура печи при проведении реакции.

В отличие от α - и β -хлоралкилсиланхлоридов, γ -хлоралкилсиланхлориды в одинаковых условиях прямого синтеза не образуют продуктов восстановления исходных γ -хлоридов с образованием, например, $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$. Конденсация γ -хлоридов также слабо выражена даже в продуктах реакции. С $\text{Cl}_2(\text{R})\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$

этот процесс почти не наблюдается.

Образование CH_3SiCl_3 и $\text{C}_2\text{H}_5\text{SiCl}_3$ (табл. 1), которое имеет место во всех случаях, может быть объяснено реакцией β -распада под дей-

ствием выделяющего HCl на продукты реакции. Нельзя не отметить и того факта, что в случае $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ и

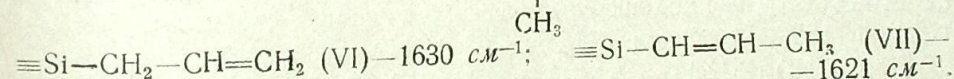
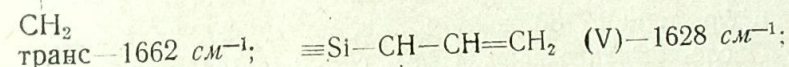
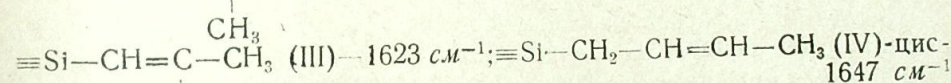
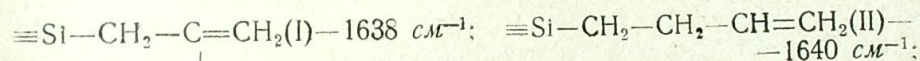
$\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ происходит образование метилдихлорсилана $\text{CH}_3\text{SiHCl}_2$, особенно в случае $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$

при $270-280^\circ$, т. е. тогда, когда наиболее интенсивно протекает реакция дегидрохлорирования.

Как мы отметили, весьма интересным оказался процесс дегидрохлорирования γ -хлоридов в условиях прямого синтеза. Однако и весьма трудным оказалось изучение строения продуктов дегидрохлорирования, вследствие изомерных прекращений образующихся соединений.

Для установления строения полученных продуктов (после их метилирования) были использованы спектры комбинационного рассеяния, применимость которых была показана в прежних работах [3, 7—10]. В этих работах было установлено, что специфический „барьерный“ характер атома Si приводит к отсутствию взаимодействия между колебательными координатами радикалов, присоединенных к нему. Это позволило найти частоты (в частности частоты валентных колебаний $\text{C}=\text{C}$), положение которых (и интенсивность) однозначно характеризовало данный радикал и не зависело от вида других радикалов у Si .

В исследуемых нами смесях могли присутствовать соединения состава (для неопределенного радикала) C_3 или C_4 . Характерные для них частоты были получены ранее (в скобках указана только частота кратной связи).



Основываясь на величинах этих частот и спектрах, опубликованных в [3, 7—10], мы идентифицировали состав соединений, содержащихся в продуктах прямого синтеза.

При дегидрохлорировании $\text{Cl}(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ на образование как аллил-, так и метилвинил-метилдихлорсилана ($\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ и $\text{Cl}_2\text{Si}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$) прямо указывает растяну-

тая температура кипения фракции, содержащей продукты дегидрохлорирования $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ ($116-122^\circ$, табл. 1). Такие же растянутые температуры кипения фракций соответствующих алкенилсиланов наблюдаются и у всех остальных γ -хлоридов.

В результате многократных разгонок фракцию $116-122^\circ$ (табл. 1) продуктов дегидрохлорирования $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ удалось разделить на две более узкие фракции:

1) т. кип. 116—116,5° при 735 мм, d_4^{20} 1,0753, n_D^{20} 1,4390;
 2) т. кип. 121—123° при 735 мм, d_4^{20} 1,0742, n_D^{20} 1,4370.
 Первая фракция, с т. кип. 116—116,5°, была проэтилирована с помощью этилмагнийбромида. Продукт этилирования после перегонки на колонке имел следующие константы: т. кип. 142,5° при 770 мм, d_4^{20} 0,7676, n_D^{20} 1,4310.

Найдено: С—67,79, 67,80; Н—12,88, 12,97; Si—19,63, 19,38. Для $C_8H_{18}Si$ вычислено: С—67,60; Н—12,67; Si—19,71.

В спектре комбинационного рассеяния света этого продукта были обнаружены только линии с характеристическими частотами для $(CH_3)_2(C_2H_5)_2Si-CH_2-CH=CH_2$ [7] 410, 994, 1155, 1192, 1300, 1395, 1630, 2998, 3080 cm^{-1} , которые однозначно указывали на то, что продукт этилирования является метилдиэтилаллилсиланом $(CH_3)_2(C_2H_5)_2Si-CH_2-CH=CH_2$.

Вторая фракция с т. кип. 121—123° была также превращена в продукт этилирования, который имел следующие константы: т. кип. 142,5—143°, d_4^{20} 0,7632, n_D^{20} 1,4275. В спектре комбинационного рассеяния продукта этилирования этой фракции наблюдались уже две характеристические частоты двойной связи: 1630 cm^{-1} и 1620 cm^{-1} . Первая частота (1630 cm^{-1}), а также совокупность других частот, характерных для $CH_3(C_2H_5)_2Si-CH_2-CH=CH_2$, доказывают наличие метилдиэтилаллилсилана в продукте этилирования второй фракции. Вторая частота (1620 cm^{-1}) является характеристической для $\equiv Si-CH=CH-CH_3$ [8]. Более того, в спектре наблюдаются и другие частоты—390, 1039, 1315 и 1375, характерные для (VII), проявляющиеся также и у $(CH_3)_3Si-CH=CH-CH_3$ [8].

Подобным образом исследовалась также фракция с т. кип. 144—149° (табл. 1) продукта дегидрохлорирования $Cl_2(C_2H_5)_2Si-CH_2-CH_2-CH_2Cl$ в условиях прямого синтеза.

После многократной разгонки фр. 144—149° на колонке, удалось выделить две более узкие фракции:

I фр. т. кип. 144° при 747 мм, d_4^{20} 1,0579, n_D^{20} 1,4475;

II фр. т. кип. 150° при 747 мм, d_4^{20} 1,0520, n_D^{20} 1,4435.

После метилирования I фр. с т. кип. 144° при 747 мм, которая перегонялась на колонке, имела следующие свойства: т. кип. 155,5—116° при 755 мм d_4^{20} 0,7479, n_D^{20} 1,4240.

Для $(CH_3)_2(C_2H_5)_2Si-CH_2-CH=CH_2$ MR 43,75, вычислено 43,70.

Найдено: С—65,38, 65,27; Н—12,74 12,47; Si—21,42, 21,48.

Для $C_7H_{16}Si$ вычислено: С—65,63; Н—12,50; Si—21,87.

В спектре комбинационного рассеяния света этого прометилованного продукта были обнаружены только линии с характеристическими частотами для $(CH_3)_2(C_2H_5)_2Si-CH_2-CH=CH_2$, в cm^{-1} : 217 (4ш), 280(2), 345(2), 410(4), 502(1), 554(10), 590(0), 618(6р), 677(4), 692(4), 751(1), 802(2), 895(4), 930(2), 970(3), 1010(4), 1105(2), 1155(8р), 1195(+), 1242(3), 1300(8р), 1400(5), 14115(5), 1462(4), 1630(10), 2876(10), 2900(10), 2960(10), 3000(6р), 3075(4).

После метилирования II фр. с т. кип. 150,5° имела следующие свойства, т. кип. 118—118,3° при 755 мм; d_4^{20} 0,7387, n_D^{20} 1,4190 для $(CH_3)_2(C_2H_5)_2Si-CH=CH-CH_3$; MR 43,84; MR вычислено 43,70.

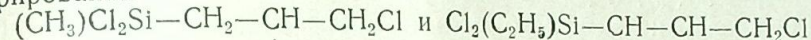
Найдено: С—64,93, 65,24; Н—13,24, 13,33; Si—21,50, 21,90.

Для $C_7H_{16}Si$ вычислено: С—65,63; Н—12,50; Si—21,87.

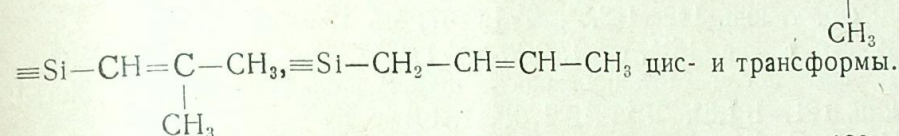
В спектре комбинационного рассеяния света этого продукта с т. кип. 118—118,3° были обнаружены только линии с характеристическими частотами для $(CH_3)_2(C_2H_5)_2Si-CH=CH-CH_3$ в cm^{-1} : 217(5), 280(3), 358(3), 386(4р), 410(1), 461(0), 568(3р), 579(10ш), 687(4), 773(2), 838(2), 887(3), 953(0), 972(2ш), 1010(3), 1031(3), 1065(2), 1111(2ш), 1128(2ш), 1200(3), 1255(3), 1315(4р), 1380(2), 1415(4), 1450(4ш), 1621(5р), 2880(10ш), 2900(10ш), 2936(3), 2957(10р).

Таким образом, учитывая интенсивность частот двойной связи продуктов этилирования и метилирования обеих узких фракций, можно сделать вывод, что при дегидрохлорировании $Cl_2(R)Si-CH_2-CH_2-CH_2Cl$ в условиях прямого синтеза происходит образование как аллилсиланхлоридов $Cl_2(R)Si-CH_2-CH_2-CH=CH_2$, так и пропенилсиланхлоридов $Cl_2(R)Si-CH=CH-CH_3$.

Более сложным оказалось изучение состава продуктов дегидрохлорирования



в аналогичных условиях прямого синтеза, так как в этих последних двух случаях можно было ожидать образование ряда неопределенных соединений следующего строения: $\equiv Si-CH_2-C=CH_2$,



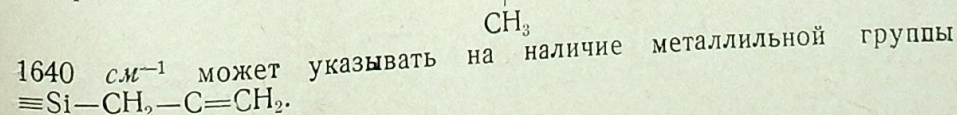
Для проверки этого предположения фракция с т. кип. 139—147° продуктов дегидрохлорирования $Cl_2(CH_3)_2Si-CH_2-CH-CH_2Cl$

(см. табл. 1) была подвергнута этилированию. Продукты этилирования после перегонки на колонке имели следующие свойства: т. кип. 163—168° при 770 мм, d_4^{20} 0,7795, n_D^{20} 1,4378.

В спектре комбинационного рассеяния света этого продукта были обнаружены следующие частоты, в cm^{-1} : 145(4р), 163(2), 239(1ш), 294(2ш), 495(2), 574(5), 586(4), 606(1ш), 794(0ш), 801(0), 911(1ш), 972(4), 1013(4), 1064(2), 1114(1ш), 1163(5), 1233(3), 1259(1), 1306(4), 1326(1), 1378(4ш), 1404(3ш), 1415(4), 1444(4), 1462(6ш), 1623(4р), 1640(1), 1622(5р), 2856(3), 2875(10), 2909(10), 2938(5), 2957(10), 2995(1), 3080(0).

Наиболее характерная для двойной связи область спектров ($\sim 1600 cm^{-1}$) указывает на присутствие трех соединений с частотами 1623, 1640, 1662 cm^{-1} .

Частота 1623 cm^{-1} , как отмечалось ранее, наряду с частотами 1064, 1310 и 1370 cm^{-1} , является характерной для двойной связи изокротильной группы $\equiv Si-CH=C-CH_3$. Очень слабая частота



Третья очень интенсивная линия 1662 cm^{-1} , отвечающая основному компоненту смеси, могла указывать на группу $\equiv Si-CH_2-CH=CH-CH_3$, что подтверждается имеющимся в нашем распоряжении

спектром $(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$, cm^{-1} : 500(1_ш), 577(4_ш), 629(0), 702(0), 796(2), 814(2), 912(2), 972(2), 1013(2), 1042(1), 1114(3), 1165(4), 1242(1_{лв}), 1308(4), 1349(1), 1380(4), 1417(4), 1460(5), 1662(6_р), т. е. частоты, легко наблюдаемые в спектре продуктов этилирования, имеющих т. кип. 163–168° при 770 мм.

Таким образом, продукты дегидрохлорирования, образовавшиеся при реакции $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2\text{Cl}$ с кремнием в условиях

прямого синтеза (фр. 139–147, табл. 1), представляют собой смесь трех соединений: 1) $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$, 2) $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$ и 3) $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$, содержащихся в со-

отношении 50:40:10*.

Для проверки вышеизложенных заключений фр. с т. кип. 137–147° (табл. 1) в количестве 330 г подвергалась повторной разгонке на колонке, имеющей ~50 теоретических тарелок. После многократной разгонки удалось разделить ее на три более узкие фракции:

I фр. т. кип. 138°, d_4^{20} 1,0370, n_D^{20} 1,4518 (в очень незначительном количестве).

II фр. т. кип. 142–142,5°, d_4^{20} 1,0557, n_D^{20} 1,4460.

III фр. т. кип. 151°, d_4^{20} 1,0662, n_D^{20} 1,4555.

II фр. после этилирования имела следующие свойства: т. кип. 161–161,5°, d_4^{20} 0,7941, n_D^{20} 1,4318.

Найдено: С–69,30, 69,41; Н–12,70, 12,71; Si–17,20, 16,98. Для $\text{C}_9\text{H}_{20}\text{Si}$ вычислено: С–69,20; Н–12,80; Si–17,20.

В спектрах комбинационного рассеяния фракции с т. кип. 161–161,5° найдены следующие линии, cm^{-1} : 150(2_ш), 435(4), 499(1), 539(3), 580(10), 646(3), 663(3), 716(2), 745(0), 780(1), 803(1), 901(5), 917(2), 956(0), 972(5), 1009(5), 1093(1), 1152(8), 1235(3), 1260(7), 1306(4), 1364(3), 1418(5), 1464(5), 1647(10), 1662(4), 2876(4), 2909(10), 2936(2), 2955(9_р), 3015(6), 3075(0).

Вышеприведенные спектры позволяют считать, что анализируемое соединение является индивидуальным соединением в дис- и транс-формах IV $(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$.

III фр. с т. кип. 151° также была этилирована. Полученный продукт имел следующие свойства: т. кип. 159,5° при 755 мм, d_4^{20} 0,7920, n_D^{20} 1,4435.

Найдено: С–68,94; 68,94; Н–12,83, 12,77; Si–17,20, 17,57.

Вычислено для $\text{C}_9\text{H}_{20}\text{Si}$: С–69,23; Н–12,82; Si–17,94.

Спектральный анализ этого соединения показал, что оно состоит из смеси $(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ (транс-формы) и небольшого количества $(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$

Далее из фр. 169–171° (табл. 1) из прямого синтеза $\text{Cl}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2\text{Cl}$ после неоднократной разгонки на колонке уда-

лось выделить две узкие фракции:

* Определено по соотношению интенсивностей частот двойных связей.

I фр. т. кип. 165°, d_4^{20} 1,0450, n_D^{20} 1,4550.

Для $\text{Cl}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ MR 47,59, MR вычисл. 47,51. Найдено С–39,08, 39,00; Н–6,73, 6,45; Si–15,32, 15,10; Cl–39,07, 38,08.

Для $\text{C}_9\text{H}_{21}\text{SiCl}_2$ вычислено С–39,34, Н–6,55, Si–15,30, Cl–38,79.

II фр. с т. кип. 171° d_4^{20} 1,0506, n_D^{20} 1,4600.

После метилирования фр. с т. кип. 165° она имела следующие свойства: т. кип. 137–137,5° при 737 мм, d_4^{20} 0,7642, n_D^{20} 1,4289. Для $(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ MR 47,94, MR вычисл. 48,33.

Найдено: Н–12,96, 12,87; С–66,63, 66,82; Si–19,08, 19,39.

Вычислено для $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{Si}$ Н–13,29; С–67,13; Si–19,58.

По спектрам комбинационного рассеяния света установлено, что вышеуказанный продукт состоит из равных количеств транс $(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ и $(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}_2$

Фракция с т. кип. 171° также была метилирована, после чего она имела следующие свойства: т. кип. 139–139,5° при 737 мм, d_4^{20} 0,7698, n_D^{20} 1,4340. Для $(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_3$ MR 48,13, MR вычис-

лено 48,33.

Найдено: С–67,15, 67,11; Н–12,78, 12,70; Si–19,17, 19,29. Для $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{Si}$ вычислено: С–67,13; Н–13,29; Si–19,58.

Исследуемое соединение состоит из смеси дис-IV.

$(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_5)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ и III $(\text{CH}_3)_2\text{Si}-\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_3$.

В свете изложенного, естественно, возникал вопрос еще о наличии изомеризации и в случае полученных ди- и полисиланхлоридов. Для выяснения этого вопроса нами один из дисиланов, образовавшийся в условиях прямого синтеза табл. 1 $\text{Cl}_2(\text{CH}_3)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{SiCl}_3$ (с т. кип. 223° при 735 мм, d_4^{20} 1,3100, n_D^{20} 1,4705, MR 61,97, MR вычислено 61,21) был метилирован. Полученный продукт $(\text{CH}_3)_2\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ имел следующие свойства: т. кип. 169,5–170° при 747 мм, d_4^{20} 0,7649, n_D^{20} 1,4222, MR 63,66, MR вычислено 63,06.

Найдено: С–57,64, 57,60; Н–12,80, 13,00; Si–29,79, 29,66.

Для $\text{C}_9\text{H}_{24}\text{Si}$ вычислено С–57,45; Н–12,77; Si–29,79.

В спектрах комбинационного рассеяния этого дисилана $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ найдены следующие линии в cm^{-1} . 170(6), 208(6_ш), 247(5_ш), 275(1_ш), 295(1), 314(3), 559(3), 577(8), 602(4), 613(10), 689(8), 706(1), 748(1_ш), 765(1_ш), 833(2_ш), 870(1), 907(1), 981(2), 1028(2_ш), 1140(3_ш), 1193(3_ш), 1219(3_р), 1252(3), 1312(2_ш), 1380(1), 1413(5), 1454(0), 2856(2), 2880(3), 2900(10), 2955(10).

Вышеуказанный дисилан 1,3-бис-триметилсиллилпропан нами был синтезирован еще по схеме: $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{MgBr} + \text{ClSi}(\text{CH}_3)_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$, где наверняка исключается возможность изомеризации последнего.

$(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$ был синтезирован по [11]. $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$ получался из чистого $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{OSi}(\text{CH}_3)_3$ по [12]. $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$, синтезированный этим методом, имел следующие

Таблица 2

Формула и название вещества	Т. кип. °C	Давле- ние, мм рт. ст.	ρ_{4}^{20}	n_D^{20}	MR		C		H		Si		Cl	
					найд.	вы- числ.	найд.	вы- числ.	найд.	вы- числ.	найд.	вы- числ.	найд.	вы- числ.
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-метилдихлорсил-3-дихлорсилилпропан	206,5— —207	735	—	1,2450	1,4625	56,57	57,21	—	—	—	21,73	21,91	—	—
$(C_2H_5)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-этилдихлорсил-3-дихлорсилилпропан	231— —231,5	747	—	1,2386	1,4717	61,01	61,84	—	4,46	4,48	20,80	20,78	52,70	52,51
$(CH_3)_2Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-дихлордихлорсил-3-дихлорсилилпропан	222,5— —223	735	—	1,3100	1,4705	61,97	61,21	—	4,32	—	20,83	20,78	52,16	—
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-метилдихлорсил-3-трихлорсилилпропан	241	747	—	1,2960	1,4728	66,27	65,84	20,22	3,79	3,64	19,56	19,32	58,67	61,02
$(C_2H_5)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-этилдихлорсил-3-трихлорсилилпропан	222	740	—	1,2269	1,4707	61,47	61,84	20,19	3,53	4,59	18,46	18,43	58,32	58,21
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-метилдихлорсил-3-трихлорсилилпропан	222	740	—	1,2269	1,4707	61,47	61,84	23,84	4,43	4,48	20,69	20,78	57,00	58,21
$(C_2H_5)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-этилдихлорсил-3-трихлорсилилпропан	235,0	757	—	1,2100	1,4735	65,91	66,47	25,90	4,85	4,97	19,28	19,75	50,92	52,51
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-дихлордихлорсил-3-дихлорсилилпропан	234— —235	740	—	—	—	—	—	25,98	4,90	—	19,06	18,43	49,60	49,92
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-метилдихлорсил-3-трихлорсилилпропан	245,0	757	—	—	—	—	—	—	—	—	18,82	18,27	44,28	45,43
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-этилдихлорсил-3-трихлорсилилпропан	167— —188,5	6	—	1,2194	1,4938	74—46	74,22	30,73	5,82	5,81	18,05	17,62	43,80	—
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2H$ 1-дихлордихлорсил-3-трихлорсилилпропан	166— —168	2	29— —30	—	—	—	—	30,89	5,33	—	20,71	20,58	—	—

Таблица 3

Формула и название вещества	Т. кип.		d_4^{20}	n_D^{20}	МК		Найдено (%)			Брутто формула	Вычислено		
	давл. в мм.	найд.			вы- числ.	C	H	Si	C		H	Si	
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-3-бис-триметилсилилпропан	170,0 747		0,7649	1,4222	63,66	63,06	57,69 57,60	12,80 13,00	29,79 29,66	$C_9H_{24}Si_2$	57,38	12,87	29,78
$(CH_3)_2(C_2H_5)Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-диметилэтил-3-диметилсилилпропан	182,5 140		0,7786	1,4327	62,76	63,30	57,90 57,75	12,90 12,75	29,57 29,60	$C_9H_{24}Si_2$	57,38	12,84	29,78
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-триметилэтил-3-диметилсилилпропан	191,2 755		0,7445	1,4338	68,04	67,69	59,41 59,60	13,10 13,08	27,70 27,20	$C_{10}H_{26}Si_2$	59,41	12,87	27,72
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-триметилэтил-3-диметилсилилпропан	172,3		0,7303	1,4278	—	—	57,67 57,69	12,89 12,86	29,23 29,68	$C_9H_{24}Si_2$	57,38	12,84	28,78
$(CH_3)_3Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-триметилэтил-3-диметилсилилпропан	182,0 747		0,7765	1,4285	63,13	69,69	59,59 59,30	12,90 12,87	27,45 27,82	$C_{10}H_{26}Si_2$	59,41	12,87	27,72
$(CH_3)_2(C_2H_5)Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-2-бис-триметилсилилпропан	195,0 746		0,7920	1,4390	72,25	79,95	60,12 60,21	12,78 12,88	26,66 26,77	$C_{10}H_{26}Si_2$	59,41	12,87	27,72
$(CH_3)_2(C_2H_5)Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-диметилэтил-3-диметилсилилпропан	203,0 751		0,7966	1,4403	71,64	72,32	—	—	—	—	—	—	—
$(CH_3)_2(C_2H_5)Si-CH_2-CH_2-CH_2-Si(CH_3)_2$ 1-диметилэтил-3-триметилсилилпропан													

свойства: т. кип. 170° при 750 мм, d_4^{20} 0,7660, n_D^{20} 1,4230. По литературным данным [13] т. кип. $172-173^\circ$.

В спектрах комбинационного рассеяния дисилана $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$, полученного гриньяровым синтезом, были обнаружены частоты, полностью тождественные частотам, найденным в спектре дисилана $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ из прямого синтеза. Таким образом, можно отметить, что полученные в прямом синтезе дисиланы не претерпевают изомеризации. Свойства соединений, которые удалось выделить из смеси продуктов реакции и данные их анализа представлены в табл. 2, а продукты их метилирования или этилирования в табл. 3.

Выводы

Показана возможность получения полисиланхлоридов на основе γ -хлоралкилсиланхлоридов. Установлено, однако, что главным продуктом синтеза являются продукты дегидрохлорирования исходных γ -хлоридов до соответствующих непредельных соединений.

2. Показано, что реакция дегидрохлорирования γ -хлоридов $\text{Cl}_2(\text{R})\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ в условиях прямого синтеза приводит к образованию не только пропенил-, но и аллилсиланхлоридов, причем в случае соединений типа $\text{Cl}_2(\text{R})\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ имеет место



еще и изомеризация углеродной цепи.

3. Установлено, что образующиеся дисилинхлориды в указанных условиях не претерпевают изомеризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садыхзаде С. И., Чернышев Е. А., Миронов В. Ф. ДАН СССР 1955, 195, 3, 496.
2. Петров А. Д., Садыхзаде С. И., Чернышев Е. А., Миронов В. Ф. ЖОХ, 1956 XXVI, 1248.
3. Петров А. Д., Садыхзаде С. И., Пономаренко В. А., Соколов Б. А., Егоров Ю. П. ЖОХ, 1957, 9, стр. 2479.
4. Пономаренко В. А., Соколов Б. А., Миначев Х. М. Петров А. Д. ДАН СССР, 1956, 106, 1, 76.
5. Петров А. Д., Миронов В. Ф., Машанскер И. Д. Изв. АН СССР, ОХН, 1956 5, 83.
6. Петров А. Д., Садыхзаде С. И., Цетлин И. И., ДАН СССР, 1956; 107, 99.
7. Петров А. Д., Егоров Ю. П., Миронов В. Ф., Никишин Г. И., Егоров Ю. А. Изв. АН СССР, ОХН, 1956, 1, 50.
8. Егоров Ю. П., Бажулин П. А. ДАН СССР 1953 88, 4 647.
9. Егоров Ю. П. Изв. АН СССР, серия физич. 1954, 6, 702.
10. Петров А. Д., Миронов В. Ф., Глуховцев, Егоров Ю. Л. Изв. АН СССР, 1954, 9, 1094.
11. Sommer L. H., van Strein E., Whitmore F. I. Am Chem Soc., 71, 3056, 1949.
12. Воронков М. Г., Долгов Б. Н. ЖОХ, 1954. 24. 1082.
13. Makoto Kumada, Akira Nambu. I. Inst. Politech. Osaka Citi Univ., Ser. C., 3, 67 (1952); Ch. A., 48, 9907 (1954).

А. Д. Петров, С. И. Садыхзаде, Ю. П. Егоров

Гамма-хлоралкилалкилсилисиумдихлоридлэрин силисиумла билаваситэ реакциясы

ХҮЛАСЭ

Галокеналкил вэ галокенарил төрэмэлэринин элементар силисиумла билаваситэ (катализатор) реакциясы сэнэин мүхтәлиф саһәләриндә истифадә әдилән вэ бөйүк әһәмийәтә малик олан алкил вэ арилсилисиумхлоридлэринин алынмасы үчүн ән мүһүм вэ әлвершли үсүлдүр.

Бизим тәдгигата гәдәр [1] юхарыдакы үсүлла үзви силисиум бирләшмәләринин тәркибиндә бир вэ яхуд ики силисиум атому олан маддәләрин синтези апарылмышдыр. Илк дәфә оларәг һәмин үсүлдан истифадә әдәрәк биз силисиум үзви бирләшмәләрин тәркибиндә 2, 3, 4, 5 вә 6 силисиум атому олан маддәләрин синтезини ичра әтмишдик.

Бу мәгаләдә биз юхарыдакыларә [1] әсасланараг гамма-хлоралкилалкилсилисиумдихлоридлэрин билаваситә методла элементар силисиумла реакциясыны кәстәририк.

1-чи чәдвәлдән көрүндүйү кими, гамма-хлоралкилалкилсилисиумдихлоридләр билаваситә метод шәраитиндә элементар силисиумла реакция кирдикдә алкилсилисиум бирләшмәләринин әмәлә кәлмәси илә янашы оларәг дикәр просесләрдә мүшаһидә олунур.

α , β , γ -хлоралкилсилисиумхлоридлэрин реакция кирмә габилийәтләринин мүгайисәси кәстәрир ки, γ -хлоралкилалкилсилисиумхлоридлэрин реакция кирмә габилийәтлэри нәинки α -хлоралкилсилисиумхлоридлэриндән вә һәтта β -хлоралкилсилисиумхлоридин реакция кирмә габилийәтиндән йүксәкдир. Бу тәдгигат нәтичәсиндә әйни заманда мүәййән әдилмишдир ки, γ -хлоралкилалкилсилисиумдихлоридләр билаваситә метод шәраитиндә элементар силисиумла реакция кирдикдә дегидроһалокенләшмә нәтичәсиндә доймамыш үзви силисиум бирләшмәләри α вә β -хлоралкилсилисиумхлоридләрә (5%) нисбәтән мигдарча чоһ йүксәкдир (50%). Бизим тәдгигатымыза гәдәр апарылан ишләр [5] кәстәрир ки, γ -хлоралкилалкилсиландихлоридлэрин AlCl_3 вә хиолин тәсирилә дегидрохлорлашмасы мүмкүн олмамышдыр. Бизим тәдгиг әтдийимиз билаваситә метод шәраитиндә исә һәмин γ -хлоридлэрин дегидрохлорлашма просесинин мүмкүн олдуғу мүәййән әдилмишдир. Бу тәдгигатда ашағыдакы нәтичәләр әлдә әдилмишдир.

1. Алкилполисилисиум бирләшмәләринин γ -хлоралкилалкилсилисиумдихлоридләрә әсасән синтези мүмкүндүр.

2. Мүәййән әдилмишдир ки, реакциянын әсас мәһсулу дегидрохлорлашма нәтичәсиндә алынған вә бөйүк әһәмийәтә малик олан доймамыш үзви силисиум бирләшмәләридир.

3. Билаваситә методда $\text{R}(\text{Cl}_2)\text{Si}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$ типли маддәләр



силисиумла реакция кирдикдә карбон зәнчиринин дә изомерләшмәси мүшаһидә әдилир.

4. Реакция нәтичәсиндә әмәлә кәлән дисилисиумхлоридләр кәстәрилән шәраитдә изомерләшириләр.

С. Ч. МЕҢДИЕВ, Э. Ф. ЭЛИЕВ, З. Ч. СЭМЭДОВ

МЕТИЛТСИКЛОҢЕКСАНЫН ҺАВА ИЛЭ МАЕ ФАЗАДА ОКСИДЛЭШДИРИЛМƏСИ

Мə'лум олдуғу кими, тсиклан карбоһидрокенләринин оксикенли төрəмэлəринин йүксəк молекуллу полимерлэр истəһсалында бөйүк əһəмиййəти вардыр.

Буна бахмаяраг тсикланларын оксикенли бирлəшмэлəринин алынмасына һəср əдилмиш тəдгигат ишлэри нисбэтэн чох аздыр. Бу сəһədə апарылмыш тəдгигат əсас əтибарилə тсиклоһексанын оксидлəшмə реакциясынын өйрəнилмəсинə һəср əдилмишдир [1—9].

АзəрбайҶан нефтлəриндə олан чохлу мигдарда метилтсиклоһексанын оксидлəшмə реакциясынын өйрəнилмəsi бу чəһəтдэн бөйүк тəчрүби вə нэзəri əһəмиййэтə маликдир. Лакин буна бахмаяраг əдəбийятда метилтсиклоһексанын оксидлəшмəсинə даир тəкчə бир патент иши вардыр ки [10], бурада да ишлəдилэн катализатор вə иш шəраити һаггында, демəк олар ки, һеч бир мə'лумат верилмир.

Юхарыда гейд əдилэнлэри нэзэрə алараг тсиклан карбоһидрокенләринин вə хүсүсən метилтсиклоһексанын оксидлəшмə реакциясыны əтрафлы тəдгиг əтмəйи биз мəгсədəуйғун һесаб əдирик. Бу мəгалədə метилтсиклоһексанын мае фазада һава оксикени илə мұхтəлиф катализаторларын иштиракында оксидлəшдирилмəsi сəһəсиндə апардығымыз тəдгигатдан алыннан нəтичэлэр верилир.

Тəчрүби һиссə

Хам мал вə катализатор. Истифадə əдилэн метилтсиклоһексанын гайнама температуру $100,9^{\circ}$, $d_4^{20}=0,7696$ вə $n_D^{20}=1,4230$ -дур.

Тəтбиг əдилэн катализаторлар (чədвэлə бах) мə'лум үсулларла синтез əдилмиш вə тəкрар кристаллашдырма йолу илə тəмизлэнмишдир. Реаксия үчүн кəтүрүлэн катализаторлар (мисдэн башга) үйүдүлмүш вə хаммалда һəлл əдилмишдир. Оксидлəшдиричи реакент кими полад балонларда $130-150$ атм тəзйиг алтында сыхлашдырылмыш һавадан истифадə əдилмишдир.

Оксидлəшдирмə чиһазы вə тəчрүбəнин апарылма гайдасы

Метилтсиклоһексанын оксидлəшмəsi үчүн ишлəдилэн чиһаз (1-чи шəкил) пасланмаян поладдан һазырланмыш, диаметри 25 мм, һүн-дүрлүйү 40 см олан реактордан вə карбоһидрокен бухарларынын

С. Ч. МЕЪДИЕВ, Э. Ф. ЭЛИЕВ, З. Ч. СЭМЭДОВ

МЕТИЛТСИКЛОҲЕКСАНЫН НАВА ИЛЭ МАЕ ФАЗАДА ОКСИДЛЭШДИРИЛМЭСИ

Мә'лум олдуғу кими, тсиклан карбоһидрокенләринин оксикенли төрәмэләринин йүксәк молекуллу полимерләр истеһсалында бөйүк әһәмийәти вардыр.

Буна бахмаяраг тсикланларын оксикенли бирләшмәләринин алынмасына һәср әдилмиш тәдгигат ишләри нисбәтән чох аздыр. Бу сәһәдә апарылмыш тәдгигат әсас әтибарилә тсиклоһексанын оксидләшмә реакциясынын өйрәнилмәсинә һәср әдилмишдир [1—9].

АзәрбайҶан нефтләриндә олан чохлу мигдарда метилтсиклоһексанын оксидләшмә реакциясынын өйрәнилмәси бу чәһәтдән бөйүк тәчрүби вә нәзәри әһәмийәтә маликдир. Лакин буна бахмаяраг әдәбийятда метилтсиклоһексанын оксидләшмәсинә даир тәкчә бир патент иши вардыр ки [10], бурада да ишләдилән катализатор вә иш шәраити һағында, демәк олар ки, һеч бир мә'лумат верилмир.

Юхарыда гейд әдиләнләри нәзәрә алараг тсиклан карбоһидрокенләринин вә хусусән метилтсиклоһексанын оксидләшмә реакциясыны әтрафлы тәдгиг әтмәйи биз мәгсәдәуйғун һесаб әдирик. Бу мәгаләдә метилтсиклоһексанын мае фазада нава оксикени илә мүхтәлиф катализаторларын иштиракында оксидләшдирилмәси сәһәсиндә апардығымыз тәдгигатдан алынған нәтичәләр верилир.

Тәчрүби һиссә

Хаммал вә катализатор. Истифадә әдилән метилтсиклоһексанын гайнама температура $100,9^{\circ}$, $d_4^{20} = 0,7696$ вә $n_D^{20} = 1,4230$ -дур.

Тәтбиг әдилән катализаторлар (чәдвәлә бах) мә'лум үсулларла синтез әдилмиш вә тәқрар кристаллашдырма йолу илә тәмизләнмишдир. Реаксия үчүн көтүрүлән катализаторлар (мисдән башга) үйүдүлдир. Мүш вә хаммалда һәлл әдилмишдир. Оксидләшдиричи реакент кими полад балонларда $130-150$ атм тәзйиг алтында сыхлашдырылмыш һавадан истифадә әдилмишдир.

Оксидләшдирмә чиһазы вә тәчрүбәнин апарылма гайдасы

Метилтсиклоһексанын оксидләшмәси үчүн ишләдилән чиһаз (1-чи шәкил) пасланмаян поладдан һазырланмыш, диаметри 25 мм, һүн-дүрлүйү 40 см олан реактордан вә карбоһидрокен бухарларынын

сиркуляция этмәсини тә'мин этмәк мәгсәдилә элавә әдилмиш союдучу һиссәдән ибарәтдир. Реактора дахил әдилән һаванын бәрәбәр яйылмасы үчүн реакторун ашағы һиссәсинә сәпәләйичи метал аракәсмә ерләшдирилмишдир. Көстәрилән гурғуда оксидләшмә просеси фасилә илә апарылмышдыр. Тәчрүбә заманы нүмунә көтүрмәк үчүн реакторун ашағы һиссәсинә чыхарычы бору бирләшдирилмишдир. Реакторда лазыми температур электрик сарғысынын көмәйилә гыздырылмагла әлдә әдилир вә контакт термометри васитәсилә бүтүн тәчрүбә мүддәтиндә тәнзимләшдирилир. Тәзийгин сабитлийи һава балонуна бирләшдирилмиш редуктор васитәсилә әлдә әдилир, реактордан чыхан һаванын мигдары исә газәлчән чһаз илә һесабланыр.

Метилтсиклоһексанын оксидләшмә просеси 20, 30 вә 40 атм тәзийгдә, 105—115°С, 120—130°С, 145—155°С вә 165—175°С температурда, 5, 8 вә 10 л/саат һаванын верилмә сүр'әтләриндә вә 12—15 саат мүддәтиндә апарылмышдыр. Оксидләшмә мүддәтинин тә'сирини өйрәнмәк мәгсәдилә тәчрүбәнин арасыны кәсмәдән реактордан һәр үч саатдан бир нүмунә көтүрүлмүшдүр. Нүмунәләрин анализиндән алынган нәтичәләр мұвафиг чәдвәл вә шәкилләрдә әкс этдирилмишдир. Тәдгигатын илк мәрһәләсиндә оксидләшмә реакциясынын сүр'әтини мұәййән этмәк үчүн алынган оксикенли төрәмәләри тәмсил әдән функционал группларын мигдары тә'йин әдилмишдир. Функционал групплардан: сәрбәст карбоксил, бирләшмиш карбоксил, гидроксил, алдәһид, карбонил вә гидропероксидләр тә'йин әдилмишдир.

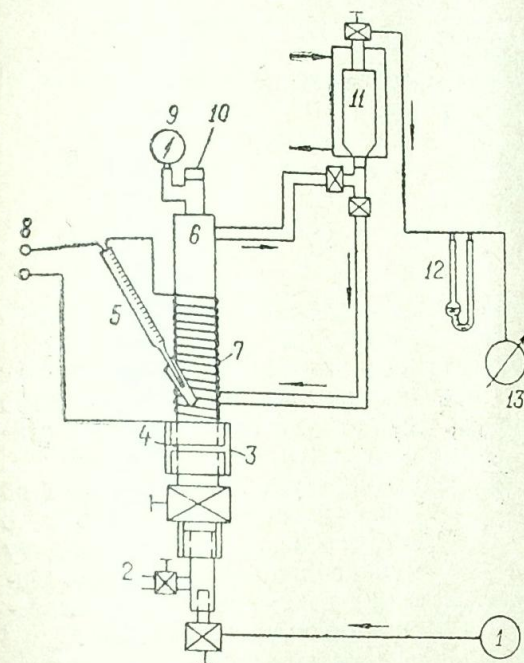
Анализ гайдалары. Карбонил (СО) группундан башга галан функционал групплар потенциометрик титрләмә үсулу илә тә'йин әдилмишдир.

Сәрбәст карбоксиллин (—COOH) мигдары нүмунәни бирбаша калиум гәләвисинин спиртдә 0,05 N мәһлулу илә (12), бирләшмиш карбоксиллин (—OCO—) мигдары нүмунәни мұвафиг шәраитдә калиум гәләвисинин спиртдә 0,05 N мәһлулу илә сабулашдырдыгдан сонра гәләвинин артығыны гидрокен-хлорид туршусунун спиртдә 0,1 N мәһлулу илә, гидроксиллин (—OH) мигдары нүмунәни сиркә аһидриди илә асетилләшдирдикдән сонра, мәһлулу калиум гәләвисинин суда 0,4 N мәһлулу илә, гидропероксидин мигдары (—O—O—) йодометрик үсулла, йә'ни айрылан йоду натриум-һипосульфитлә потенциометрик титрләмә үсулилә тә'йин әдилмишдир [4]. Карбониллин (СО) мигдары исә гидрозон үсулилә тә'йин әдилмишдир [11]. Оксидләшмә мәһсулунун алт гатында функционал группларын консентрасиясы катализаторун нөвүндән вә тәчрүбә шәраитиндән асылы олмаяраг, тәхминән әйни олуб, 20—25% сәрбәст вә 5—10% бирләшмиш карбоксил, 1—2% гидроксил вә 5—10% карбонилдән ибарәт олур. Тәчрүбәнин апарылма ялыз функционал группларын үст гатдакы консентрасиясы вә алт гатын мигдары дәйишир. Мұшаһидә олуан бу асылылыг мұвафиг шәкилләрдә әйриләрлә верилмишдир.

Алынган нәтичәләрин мұзакирәси. Метилтсиклоһексанын оксидләшмә просесиндә йохладығымыз катализаторларын (1-чи чәдвәл) фәаллыг дәрәжәләрини мұәййәнләшдирмәк мәгсәдилә 1-чи серия тәчрүбәләр әйни шәраитдә (120—130°С, 30 атм тәзийг вә һаванын верилмә сүр'әти 8 л/саат) апарылмышдыр. Йохланылмыш катализаторлардан (1-чи чәдвәлә бах) 7-синин иштиракилә алынган нәтичәләр 2 вә 4-чү шәкилдә әйриләрлә верилир. Һәммин әйриләрдән көрүнүр ки, йохланылмыш катализаторлар ичәрисиндә мис вә манган-стеарат нисбәтән йүксәк оксидләшдирмә габилыйәтинә маликдир. Белә ки, гейд

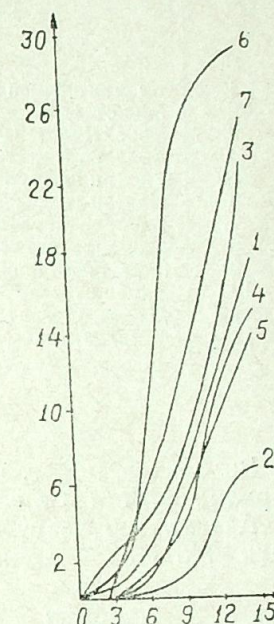
әдилән шәраитдә һәммин катализаторларын иштиракилә әлдә әдилмиш катализатда карбоксил вә карбонил бирләшмәләринин фәизлә мигдары нисбәтән йүксәкдир.

Тәчрүбәләрин 2-чи сериясында мис вә манган-стеарат катализаторлары илә апарылган оксидләшмә реакциясына температурун, тәзийгин вә һаванын верилмә сүр'әтинин тә'сири өйрәнилмиш вә алынган нәтичәләр 3, 5 вә 6-чы шәкилдәки әйриләрдә верилмишдир. Һәммин шә-



1-чи шәкил.

1—сызылмыш һава балону; 2—нүмунә көтүрмәк үчүн апарычы бору; 3—реакторун алт гапагы; 4—сәпәләйичи метал аракәсмә; 5—контакт термометри; 6—реактор; 7—электрик сарғысы; 8—электрик шәбәкәси; 9—монитор; 10—реакторун үст гапагы; 11—союдучу; 12—фулметр; 13—газәлчән чһаз.



2-чи шәкил.

Метилтсиклоһексанын мұхтәлиф катализатор иштиракында, 120—130°С вә 30 атм тәзийгдә оксидләшдирилмәси просесиндән алт гатын арта динамикасы.

1—Манган-резинат; 2—изопропилбензол-гидропероксид; 3—Манган-резинат + изопропилбензол-гидропероксид; 4—Гурғушун-стеарат; 5—никел-стеарат; 6—Манган-стеарат; 7—металлик мис.

килдәки әйриләрдән көрүндүйү кими метилтсиклоһексанын оксидләшмә реакциясына һаванын верилмә сүр'әтинин, температурун вә тәзийгин тә'сири мұхтәлиф катализаторлар үчүн мұхтәлифдир. Белә ки, мис катализатору үчүн оптимал температур интервалы 145—155°С, манган-стеарат үчүн исә 120—130°С-дир. Тәзийгин 30 атм-дән 40 атм-ә гәдәр галдырылмасы, әлчә дә 20 атм-ә гәдәр ашағы салынмасы һәр ики катализатор үчүн мәнфи нәтичә верир. Демәли, һәр ики катализатор иштиракилә апарылган тәчрүбәләрдә оптимал тәзийг 30 атм-дир.

Һаванын верилмә сүр'әтини 10 л/саат гәдәр артырдыгда реактордан һава илә бирликдә харич олан маддәләрин мигдары чохалыр.

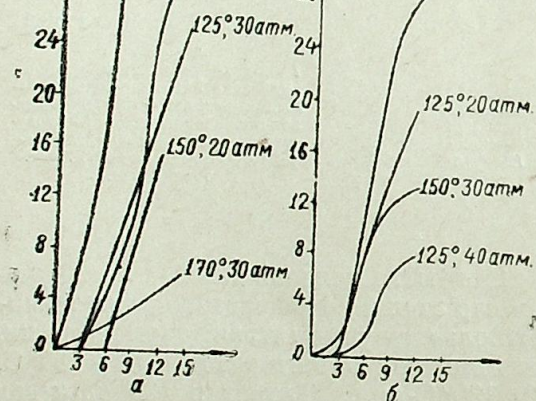
Һаванын верилмә сүр'әтини 8 л/саат-дан 5 л/саат-а салдыгда исә мұһитдә оксикен чатышмамазлыгы нәзәрә чарпыр вә беләликлә оксидләшмә мәһсулларынын фәизлә чыхымы азалыр.

Метилтсиклогексанын каталитик оксидләшдирилмәсиндә ишләдилән катализаторлар

№	Катализатор	Мигдары
1	Калиум-перманганат	0,2
2	Мис-стеарат	0,2
3	Кобалт-нафтенат	0,2
4	Кобалт-стеарат	0,03
5	Манган-нафтенат	0,2
6	Манган резинат	0,05
7	Изопропилбензолун гидропероксиди	0,001
8	Манганрезинат + изопропилбензолун гидропероксиди	0,05 + 0,001
9	Гурғушун-стеарат	0,2
10	Никел-стеарат	0,2
11	Манган-стеарат	0,2
12	Металлик мис	0,07

Беләликлә, метилтсиклогексанын оксидләшмәсиндә һаванын оптимал верилмә сүр'әти 8 л/саат этрафында олмалыдыр.

Апарылмыш тәчрүбәләре әсасән просесин оптимал шәраити мис үчүн 145—155° С температур, 30 атм тәзйиг вә һаванын верилмә сүр'әти 8 л/саат, манган-стеарат үчүн исә 120—130° С температур, 30 атм тәзйиг вә һаванын верилмә сүр'әти 8 л/саат-дан ибарәт олдуғу мүййәнләшдирилмишдир. Оптимал вахт исә һәр ики катализатор үчүн 9 саатдыр.



3-чү шәкил.

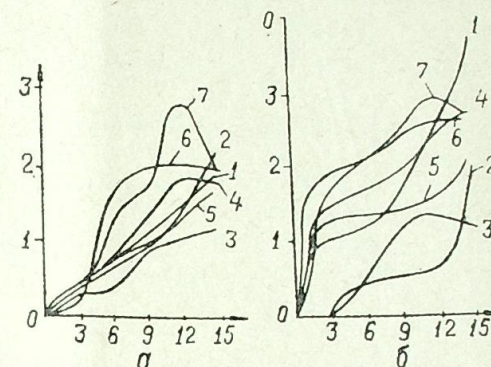
Метилтсиклогексанын металлик мис вә манган-стеарат катализаторлары иштиракында мұхтәлиф шәраитләрдә оксидләшдирилмәси просесиндән алт гатын артма динамикасы.

а—металлик мис; б—манган-стеарат.

Сөйләниләнләри ашағыда-кы тәчрүбәви нәтичәләрин мұгайисәсиндән айдын көрмәк олур. Оптимал шәраитдә алыннан оксидатларда функционал группларын фаиз илә чыхымы мис иштиракылә апарылан оксидләшмә реакциясында 4,12%, сәрбәст карбоксил, 0,65% бирләшмиш карбоксил, 1,59% карбонил, 0,14% гидропероксид, манган-стеарат иштиракы илә апарылан оксидләшмә реакциясында исә 2,01% сәрбәст

карбоксил, бирләшмиш карбоксил йохдур, 2,42% карбонил, 0,23% гидропероксид олур. Оптимал шәраитдә оксикенли төрәмәләрин (шәрти оларат метиладипин туршусу вә метилтсиклогексанон шәклиндә) үмүрун иштиракында 41,8%, манган-стеарат иштиракында исә 33,95% олур. Бу һесабламая сәрбәст мислә бирләшән карбоксилдин мигдары дахил дейлидир.

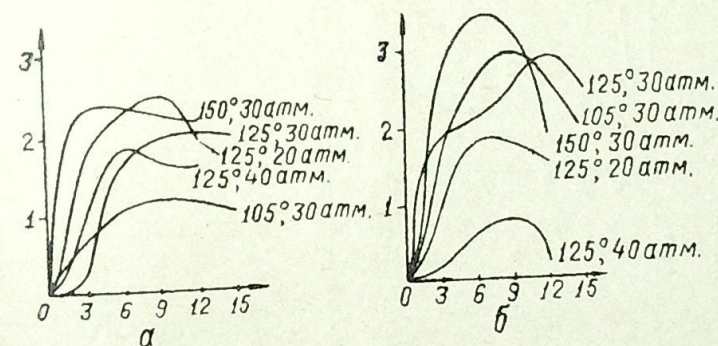
Мис вә манган-стеарат катализаторлары үчүн мүййән эдилмиш оптимал шәраитдә метил-тсиклогексанын автооксидләшмәси өйрәнилмиш вә алыннан нәтичәләр 7-чи шәкилдә верилмишдир. Һәмин шәкилдән көрүнүр ки, автооксидләшмәдә температур артдыгча оксидләшмә просесинин индуксия дөврү азалыб, функционал группларын максимал фаизи артыр вә кинетик әйри нисбәтән ординат охуна яхынлашыр. Метилтсиклогексанын авто вә каталитик оксидләшмәсиндән алыннан нәтичәләрин мұгайисәси көстәрир ки, каталитик оксидләшмә реакциясы һәм сүр'әт вә һәм дә истигамәтчә авто оксидләшмәдән фәргләнир.



4-чү шәкил.

Метилтсиклогексанын мұхтәлиф катализатор иштиракында 120—130° С, 30 атм тәзйигдә оксидләшдирилмәси мәһсулунун үст гатында функционал группларын топланма динамикасы.

а—сәрбәст туршу; б—карбонил бирләшмәләри.



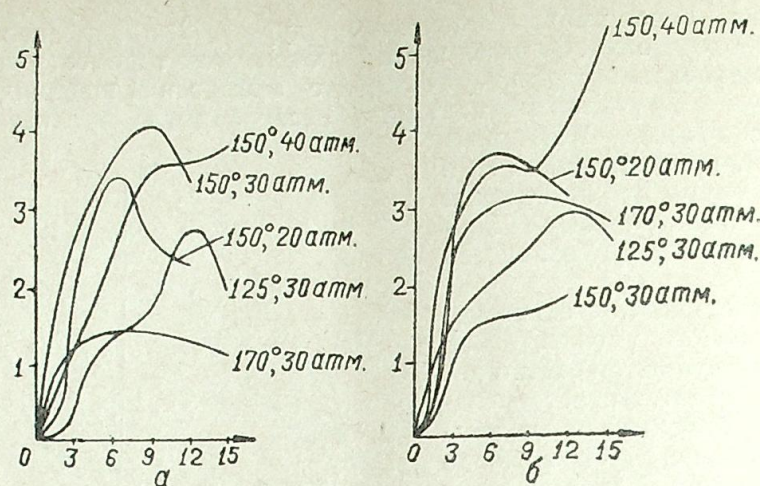
5-чи шәкил.

Метилтсиклогексанын металлик мис иштиракында мұхтәлиф шәраитдә оксидләшдирилмәси просесиндән алыннан мәһсулун үст гатында функционал группларын топланма динамикасы.

а—сәрбәст туршу; б—карбонил бирләшмәләри.

Буна мис катализатору иштиракылә апарылан оксидләшмә реакциясыны мисал көстәрмәк олар. Һәмин реакцияда температур артдыгча карбонилин максимал фаизи азалыр вә кинетик әйри ашағы дүшүр. Һәзырда тәдгигат метилтсиклогексанын оксидләшмә просесиндән алыннан оксикенли бирләшмәләрин идентификациясы истигамәтиндә давам этдирилир.

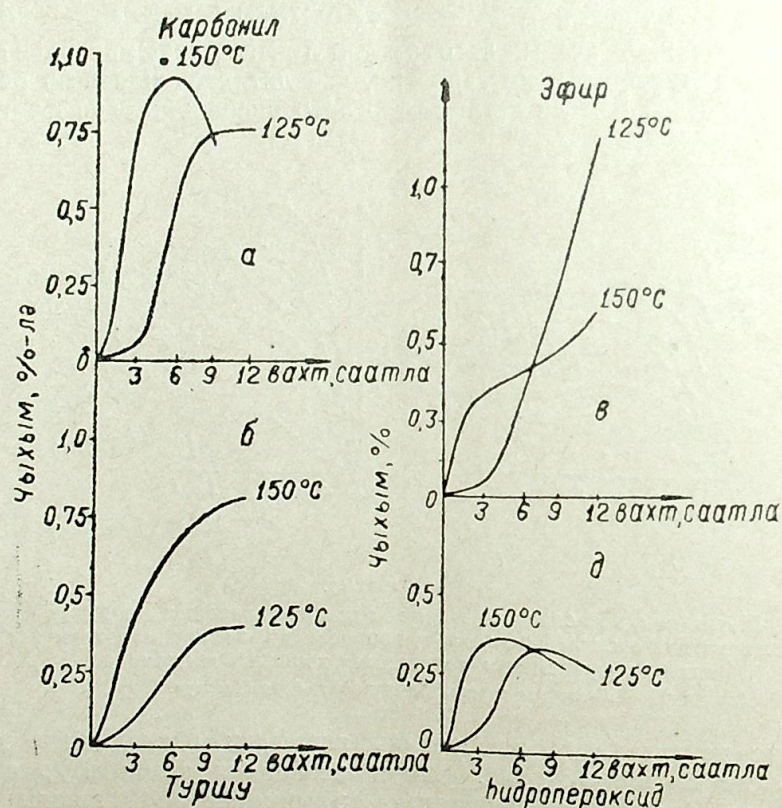
Тәдгигат заманы мұшаһидә эдилән әсас чәһәтләрдән бири дә тәчрүбәнин мүййән дөврүндән сонра оксидатын тәбәгәләшмәйә башла-



6-чы шәкил.

Метилциклогексанын манган-стеарат иштиракында мұхтәлиф шәрантдә оксидләшдирилмәси просесиндән алынған мәһсулун үст гатында функционал группаларын топланма динамикасы.

а—сәрбәст туршу; б—карбонил бирлешмәләр.



7-чи шәкил.

30 атм тәзйингдә метилциклогексанын автооксидләшмә мәһсулларының әмәләкәлмә сүр'әтинин температурдан асылылығы.

масы, әмәлә кәлмиш алт гатын мае олмасы вә оксикенли төрәмәләрин әсас һиссәсинин алт гатда топланмасыдыр. Сәрбәст вә бирләш-вә карбонил бирләшмәләринин мигдары метиладипин туршусу (шәрти оларат) һесабыландыгда алт гат тәркибчә 80—100% оксикенли төрәмәләрдән ибарәт олур.

Тәбәгәләшмәнин сәбәби һәләлик тамамилә айдын олмаса да, бу һагда тәчрүбәләрдән мұшәһидә әдилән ашағыдакы фактлары гейд әтмәк лазымдыр.

Оксидләшмә реакциясынын сүр'әти артдыгча алт гатын топланма сүр'әти дә артыр. Буну эйни шәрантдә гургушун-стеарат, никел-стеарат, манган-резинат вә манган-стеарат катализаторлары иштиракилә айрылыгда апардығымыз оксидләшмә тәчрүбәләриндән алынмыш нәтичәләрдән айдын көрмәк олар. Белә ки, гургушун-стеарат, никел-стеарат вә манган-резинатын иштиракилә тәчрүбәләрдән алт гат, тәчрүбә башлангычындан тәхминән 3 саат сонра топланмаға башлайыр вә 6 саат сонра онун мигдары көтүрүлмүш хаммала көрә 1,4—2,4% тәшкил әдир. Манган-стеаратын иштиракилә апарылан тәчрүбәдә исә, алт гат чох әһтимал ки, реакциянын лап әввәлиндән топланмаға башлайыр вә онун 6 саат мүддәтиндә (2-чи нүмунәдә) мигдары көтүрүлмүш хаммала көрә 9,69% олур.

Гейд әтмәк лазымдыр ки, каталитик оксидләшмә реакциясынын сүр'әтинин алт гатын әмәлә кәлмәйә башладыгы дөврдән сонра тәкчә функционал группаларын үст гатдакы мигдары илә характеризә әтмәк олмаз. Бунун үчүн бир дә функционал группаларын алт гатдакы мигдарыны нәзәрә алмаг лазымдыр. Бә'зи каталитик оксидләшмә реакцияларында функционал группаларын үст гатдакы мигдары чох яхын олур. Буна бахмаяраг алт гатын нисби мигдарындан асылы оларат һәмин реакцияларын сүр'әти бир-бириндән кәскин фәргләнир.

Көстәрмәк лазымдыр ки, каталитик оксидләшмә просесинин ахыра яхын дөврләриндә алт гат катализаторун вә функционал группаларынын, хусусән гидропероксидин әсас һиссәсини өзүндә толадыгы үчүн, оксидләшмә просесинә мәнфи тә'сир көстәрмәйә башлайыр.

Каталитик оксидләшмә просеси заманы оксидатда сәрбәст гидроксидин мигдары олдугча аз олур. Көрүнүр, буна сәбәб тәчрүбәләрдә нүмунә көтүрмә мүддәтинин нисбәтән бөйүк олмасыдыр. Күман әтмәк олар ки, гидроксидин максимал әмәләкәлмә дөврү тәчрүбә башлангычы илә 1-чи нүмунәнин көтүрүлүйү (тәчрүбә башлангычындан 3 саат сонра) дөвр арасындадыр. Бундан сонра гидроксидин мигдары мүһитдә кедән эфирләшмә вә оксидләшмә реакциялары нәтичәсиндә азалыр вә илк 3 саатын сонунда тәхминән сыфра бәрабәр олур. Бу сәбәбә көрә дә реакциянын һәмин дөврүндә эфирин әмәләкәлмә сүр'әти даһа шиддәтлә артмаға башлайыр.

Апардығымыз тәчрүбәләр кө тәрир ки, калиум-перманганатын су мәһлулунда оксидләшмә реакциясы тәчрүби оларат кетмир. Бу һал просесин башлангычында мүһитдә иштирак әдән суюн оксидләшмә реакциясынын тамамилә даяндырмасы илә изаһ олунур.

Гуру калиум перманганат кими һетерокен катализаторла апарылан оксидләшмә реакциясынын нәтичәләринин авто-оксидләшмәдән алынған мувафиг нәтичәләрә чох яхын олмасы, белә катализаторларын оксидләшдирмә әффәктинин чох аз олдуғуну көстәрир.

Нәтижәләр

1. Метилтсиклогексанын оксидләшмә реакциясы тәдгиг әдилмишдир.

2. Метилтсиклогексанын оксидләшмә просесинә мұхтәлиф катализаторларын тәсири өйрәнилмиш вә бунларын арасында манган-стеарат вә металл мисин нисбәтән даһа йүксәк оксидләшдирмә хассәсинә малик олдуғу мүййән әдилмишдир.

3. Манган-стеарат вә мис катализаторларынын иштиракилә метилтсиклогексанын оксидләшмә реакциясына температур, тәзийг, һаванын верилмә сүрәти вә с. мұхтәлиф амилләрин тәсири өйрәнилмиш вә просес үчүн оптимал шәраит мүййән әдилмишдир.

4. Мүййән әдилмишдир ки, оптимал шәраитдә мис вә манган-стеаратын иштиракилә алынган оксикенли бирләшмәләрин шәрти оларак метиладипин туршусу вә метилтсиклогексанын шәклиндә көтүрүлмүш карбоһидрогенә көрә чыхымы мис үчүн 41,8%, манган-стеарат үчүн исә 33,95% тәшкил әдир.

ӘДӘБИЙАТ

1. Березин И. В., Денисов Е. [Т. и Эмануэль Н. М. Вопросы химической кинетики, катализа и реакционной способности. Сборник, 1955, стр. 275.
2. Мачинская И. В., Веселевская Г. К. ЖПХ, 1944, XVIII, 6, стр. 377.
3. Березин И. В., Денисов Е. Т. ДАН СССР, 1954, 97, 2, стр. 273.
4. Денисов Е. Т., Эмануэль Н. М. ЖФХ, 1956, XXX, 11, стр. 2499.
5. Денисов Е. Т., Эмануэль Н. М. ЖФХ, 1956, XXX, 10, стр. 2327.
6. Денисов Е. Т., Эмануэль Н. М. ЖФХ, 1957, XXXI, 6.
7. Березин И. В., Вартанян М. С., Дзантиев Б. Г., Казанская Е. Ф., Эмануэль Н. М. ЖФХ, 1957, XXXI, 2, стр. 340.
8. Березин И. В., Дзантиев Б. Г., Казанская Е. Ф., Синочкина Л. Н., Эмануэль Н. М. ЖФХ, 1957, XXXI, 3, стр. 555.
9. Hoot William, Kenneth A., Koobe F. Реферат. журн. 1956, № 14. Реф. № 44366.
10. Гольдштейн. Химическая переработка нефти. 1952, стр. 223.
11. Терентьев А. П., Забродина К. К. Реферативный журнал. 1955, 1674.
12. Сергиенко С. Р., Галич П. Н., Спивак Л. Л., Измайлов Н. А. ЖАХ, 1955, X, 5, стр. 315.
13. Сергиенко С. Р., Галич П. Н., Спивак Л. Л., Измайлов Н. А. ЖАХ, 1956, XI, 6, стр. 731.
14. Сергиенко С. Р., Галич П. Н., Спивак Л. Л., Измайлов Н. А. 1957, ЖАХ, т. XIII, 1, стр. 139.
15. Transactions of the Faraday Society. 1953, vol. 49, p. 1193—1197.

С. Д. Мехтиев, А. Ф. Алиев, З. Д. Самедов

Окисление метилциклогексана кислородом
воздуха в жидкой фазе

РЕЗЮМЕ

Произведено авто- и каталитическое окисление метилциклогексана и изучено влияние температуры, давления, скорости подачи воздуха и других факторов на течение процесса.

Взятый метилциклогексан имел следующие константы: температура кипения $100,9^{\circ}\text{C}$, $d_4^{20} = 0,7696$ и $n_D^{20} = 1,4230$; применяемые катализаторы, кроме меди (табл. 1), синтезировались обычными методами очищались повторной перекристаллизацией. Перед употреблением они (кроме меди) измельчались в порошок и растворялись во взятом

углеводороде. В качестве окислительного реагента был использован сжатый воздух. Окисление производилось в реакторе из нержавеющей стали, обеспеченном холодильной частью для циркуляции. Воздух в автоклав поступал снизу, через металлическую сетку, для лучшего распределения.

Нагрев реактора производился при помощи электрической спирали и регулировался контактным термометром. Постоянство давления в системе обеспечивалось при помощи редуктора, соединенного с газовым баллоном. Количество израсходованного воздуха измерялось при помощи газовых часов. Для снятия пробы во время опыта реактор (в нижней части) был обеспечен специальным отводом. Окисление метилциклогексана производилось при температурах $105-115$, $120-130$, $145-155$ и $165-175^{\circ}\text{C}$, давлениях 20, 30 и 40 атм, скорости подачи воздуха 5, 8 и 10 л/час и продолжительности опыта 12—15 часов.

С целью выяснения зависимости скорости реакции окисления от времени, через каждый 3 часа из реактора снимались пробы для анализа. В начальный период исследования было определено количество функциональных групп, представляющих соответствующие кислородсодержащие соединения: кислоты—в виде свободного карбоксила, эфиры—в виде соединенного карбоксила, спиртов—в виде гидроксила, альдегиды и кетоны—в виде карбонила, гидроперекиси—в виде неизменяемой части всех перекисей—группы ($-\text{O}-\text{O}-$). Кроме карбонила все функциональные группы определялись при помощи потенциометрического титрования [11, 12, 13, 14].

Содержание функциональных групп в нижнем слое почти не зависит от продолжительности и условий опыта, а также вида катализатора. Состав нижнего слоя продуктов окисления следующий: свободный карбоксил 20—25%, соединенный карбоксил 5—10%, гидроперекись 1—2% и карбонил 5—10%.

Содержание функциональных групп в верхнем слое и количество нижнего слоя изменялось в зависимости от вышеуказанных факторов. Обнаруженные зависимости отражены в соответствующих диаграммах.

В результате проведенных опытов установлено следующее. При автоокислении метилциклогексана подъем температуры реакции с 125 до 150° вызывает усиление роста образования функциональных групп и уменьшение периода индукции. Среди более чем 10 катализаторов, испытанных нами при окислении метилциклогексана, наиболее высокими окислительными свойствами обладают стеарат марганца и металлическая медь. Установлено, что оптимальными условиями реакции окисления метилциклогексана являются: в случае применения стеара- окисления метилциклогексана — температура $120-130^{\circ}$, давление 30 атм и скорость та марганца — температура $120-130^{\circ}$, давление 30 атм и скорость подачи воздуха 8 л/час, а для металлической меди — температура $145-155^{\circ}$, давление 30 атм и скорость подачи воздуха 8 л/час; оптимальное время для обоих катализаторов 9 часов. Установлено также, что металлическая медь направляет реакцию окисления метилциклогексана более избирательно в сторону образования карбоксильных соединений, а стеарат марганца — смешанно, в направлении образования смеси оксипродуктов. Выход оксипродуктов в пересчете (условно) на метиладипиновую кислоту и метилциклогексанон составляет в присутствии металлической меди 41,8%, а в присутствии стеарата марганца — 33,95%. Сравнение результатов авто- и каталитического окисления метилциклогексана показывает, что они различаются друг от друга по скорости и по направлению. Так, в отличие от процесса

автоокисления, при окислении метилциклогексана в присутствии меди скорость образования карбонильных соединений уменьшается с повышением температуры.

Установлено, что образующийся при каталитическом окислении метилциклогексана нижний слой представляет собой жидкую массу и состоит в основном из оксипродуктов. Если карбонильные соединения принять за метилциклогексанон, а все остальные функциональные группы—за метиладипиновую кислоту, то нижний слой на 80—100% состоит из оксипродуктов. Следует отметить, что с увеличением скорости процесса окисления увеличивается и скорость накопления нижнего слоя.

В связи с этим скорость процесса окисления не может быть выражена лишь содержанием функциональных групп в верхнем слое; необходимо также учитывать количество их в нижнем слое.

И. С. АГАЛАРОВ, Н. И. АГАЕВ

МИНКЭЧЕВИР ТОРПАГ БЭНДИНИН СУ СЫЗДЫРМА РЕЖИМИ

Минкэчевир торпаг бэнди дунядакы торпаг бэндлеринден эн йуксэ-йидир. Бу нәһәнк тикинтинин характер чәһәти онун ади төкмә үсулу илә дейил, эстакадасыз су илә ююлуб, гум вә чынгыллы торпагдан гурулмасыдыр ки, бу да бэндин мөһкәмлийини тәдиг этмәйә бөйүк мараг оядыр.

Минкэчевир бэндинин чәсәдиндә, СЭС-ин деривасия вә диб суатан боруларынын ерләшмәси бэнддән су сызма вә ондан билаваситә асылы олан бэндин мөһкәмлик мәсәләсинин өйрәнилмәсини мүрәккәбләшдирир.

Бэнддән сызан сулары бир ерә йығыб ашағы биефә өтүрмәк үчүн бошлуглу бетон дашлардан тикилмиш ени конструкциялы дренаж гур-гусу да бэндин дикәр характер чәһәтини тәшкил эдир.

Минкэчевир бэнди Күр чайынын мәчра һиссәсиндә 78 м-ә гәдәр һүндүрлүкдә оллуб, бу һиссәдә бэндин эни 600 м тәшкил эдир. Бэндин эни саһилә доғру азалараг, 200—300 м-ә чатыр. Бэндин үмүми узунлугу 1,5 км, һәчми исә 15000000 м³-дир.

Минкэчевир су һөвзәсиндә нормал шишмә сәвиййә 85 м оландә һовузун су тутуму 16 миллиард м³ олур. Күман вар ки, һовузда суюн сәвиййәси 87 м-ә чатдырылсын.

Һовуздан су көтүрүлдүкдә эн ашағы сәвиййә 67 м-дән аз олмамалыдыр (1-чи шәклә бах).

Шүбһә йохдур ки, су һовузундакы нормал сәвиййәнин артырылмасы вә она мұвафиг бэндин һүндүрлүйүнүн артырылмасы бэндин су сызма режиминә тәсир эдәчәкдир.

Минкэчевир су һөвзәсинин долдурулмасы бэндин иншасынын башланмасы илә (1951—1955-чи илләр) эйни вахтда, әсас этибарилә яз сел суларынын һесабына олмушдур. Гейд этмәк лазымдыр ки, һәлә суюн сәвиййәси лайиһә үзрә көстәрилән нормал сәвиййәйә чагмайыбдыр.

Минкэчевир бэнди гранулометрик вә механики тәркибләринә көрә бир-бириндән фәргләнән үч һиссәдән ибарәтдир (сукечирмәйән өзәк, үст вә орта призмалар). Сүзүлмәнин гаршысыны алан өзәк хырда гум, кил агрегатлары вә тоз-килли һиссәчикләриндән гурулмушдур. Бэндин өзәйинин тәркиби ашағыдакы дәйишмә илә характеризә олур:

0,05 мм-дән хырда һиссәләр—5—6 %
0,05 мм-дән 0,10 мм-ә кими—15—40 %
0,10 мм-дән 0,25 мм-ә кими—20—80 %.

Демәли, өзәйи әсас ә'тибарилә 0,25 мм-дән хырда һиссәчикләр тәшкил әдир. Бу да бәндин йүксәклийи илә дәйишир (30—40 м йүксәкликдә кил 10—15 %, тоз 20—30 %, 70—80 м йүксәкликдә кил 2—5 %-ә гәдәр, тоз 7—13 %-ә гәдәр азалыр). Бәндин өзәйиндә торпағын нәмлийи 23 %-дән 35 %-ә, һәтта 40 %-ә гәдәр чатыр. Бәндин даяг призмаларындакы (үсг вә орта призмалар) торпағын гранулометрик тәркиби кифайәт гәдәр сабитдир. Бу һиссәләрин сукечирмә габилий-йәти дә, демәк олар ки, сабитдир.

Бәнди тәшкил әдән торпағын гранулометрик тәркиби бәндин ююлуб тикилмә илләри үзрә дә дәйишир. 1953-чү илә һисбәтән 1954-чү илдә 0,25 мм-дән хырда фраксиялар 5—6 % азалыб, амма 2 мм ири фраксиялар исә әксинә 5—6 % артмышдыр.

Бәндин су сыздырма хассәсини айдынлашдырмаг мәгсәдилә бәнд тикилдийи (1952—1954-чү ил әр) дөврә кеотехники нәзарәтин мә'луматларына әсасән бәндин өзәйи вә даяг призмаларынын сүзүлмә әмсалы вә мәсамәлийинин орта гиймәтләри 1-чи чәдвәлдә верилмишдир.

1-чи чәдвәлдән көрүнүр ки, бәндин су кечирмәйән өзәйинин сүзүлмә әмсалларынын гиймәтләринин пизометрик хәтләр үзрә фәргләри әздыр. Бәндин өзәйинин сүзүлмә әмсалынын орта гиймәти 0,006 см/сан, мәсамәлийи 40—43 %, даяг призмаларынын сүзүлмә әмсалынын орта гиймәтләри бәндин басгылы һиссәсиндә 0,012—0,013, мәсамәлийи 35—42 %, ашағы һиссәдә исә сүзүлмә әмсалы 0,013—0,017, мәсамәлийи 41—43 %-дир.

1-чи чәдвәл

Пизометрик хәтләр	Су сызма әмсалы, см/сан илә		Мәсамәлик, %-лә	
	даяг призмалары	өзәк	даяг призмалары	өзәк
I	юхары 0,012 ашағы 0,016	0,007	28—45	
II	юхары 0,012 ашағы 0,013	0,005	39—45	38—47
III	юхары 0,013 ашағы 0,014	0,006	26—44	37—49
IV	юхары 0,013 ашағы 0,017	0,007	37—47	37—43
			38—44	40—46

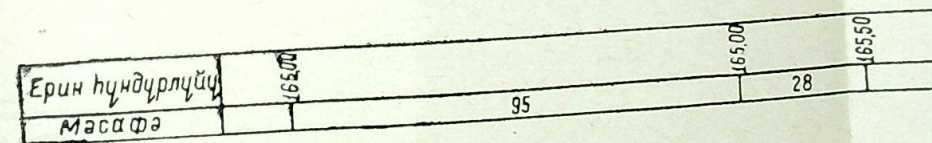
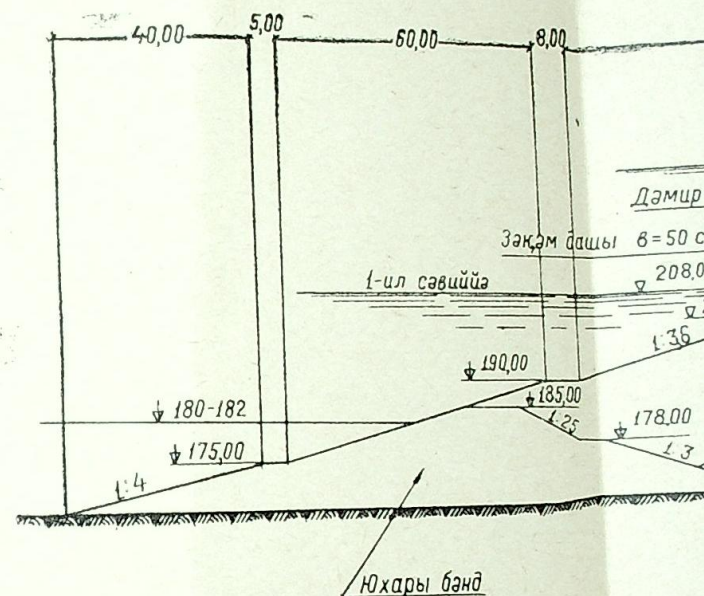
Бәнди тәшкил әдән торпағын су сызма хусусийәтини көстәрән юхарыдакы рәгәмләр бәндин ююлуб гурулма дөврүнә, йә'ни бәндин материалларынын йүксәк рүтубәтли дөврүнә мұвафигдир.

Демәли, бәндин там консолидациясындан (ятыб бәркимәк) сонра көстәрилән рәгәмләр хейли азала биләр. Бәндин су кечирмәйән өзәйини вә даяг һиссәсини тәшкил әдән торпағын сүзүлмә әмсалларынын гиймәтләри барәдә, бәндин һәгиги вәзийәтинә мұвафиг мә'луматын әлдә олмамасы бәнддән сызан суюн депрессия әйрисинин вәзийәтини вә сызан суюн режиминин тә'йин әдилмәсини хейли чәтинләшдирир. Бәндин ән кәсийиндәки айры-айры нөгтәләриндә истәр сүзүлмә әмсалыны, истәрсә дә мәсамәлийини көстәрән рәгәмләр бир-бириндән о гәдәр фәрглидир ки, бу бәндин сукечирмәйән өзәйинин гурулушуну дүзкүн тә'йин әтмәйә имкан вермир. Буна бахмаяраг, бәндин чәсәдини вә өзәйини тәшкил әдән торпағын су кечирмәсини характеризә әдән

рәгәмләри топламагла су кечирмәйән өзәйин бәнддә тәхмини вәзийәтини гайдая салмаға чәһд әтмишик.

Гейд әтмәк лазымдыр ки, сүзүлмә әмсалларынын гиймәтләринә көрә дүзәлдилмиш өзәйин гурулушу өзәйин лайинә үзрә олан гурулушундан хейли фәргли алыныр.

Бәндин даяг призмаларыны вә өзәйини тәшкил әдән торпаг материалларынын сүзүлмә әмсалларынын һисбәтләрини вә ююлма үсулу илә Минкәчевир бәндинин су сыздырма режимини мұәйәнләшдирмәсинин



2-чи шәкил.

Минкәчевир бәндиндән сызан сулары өлчән гуруларынын схем.

□ — 24 V 55-дән 25 IV 56-чы илә кими; △ — 25 I 56-дән 22 III 57-чи илә кими; □ — 6 II 57-дән 27 V 57-чи илә кими; □ — 20 VIII 57-дән бу вахта кими.

Минкәчевир бәндинин су сыздырма режим 1956-чы илдән өйрәнилмәйә башланылмышдыр да, лакин лайинә үзрә басдырылмалы

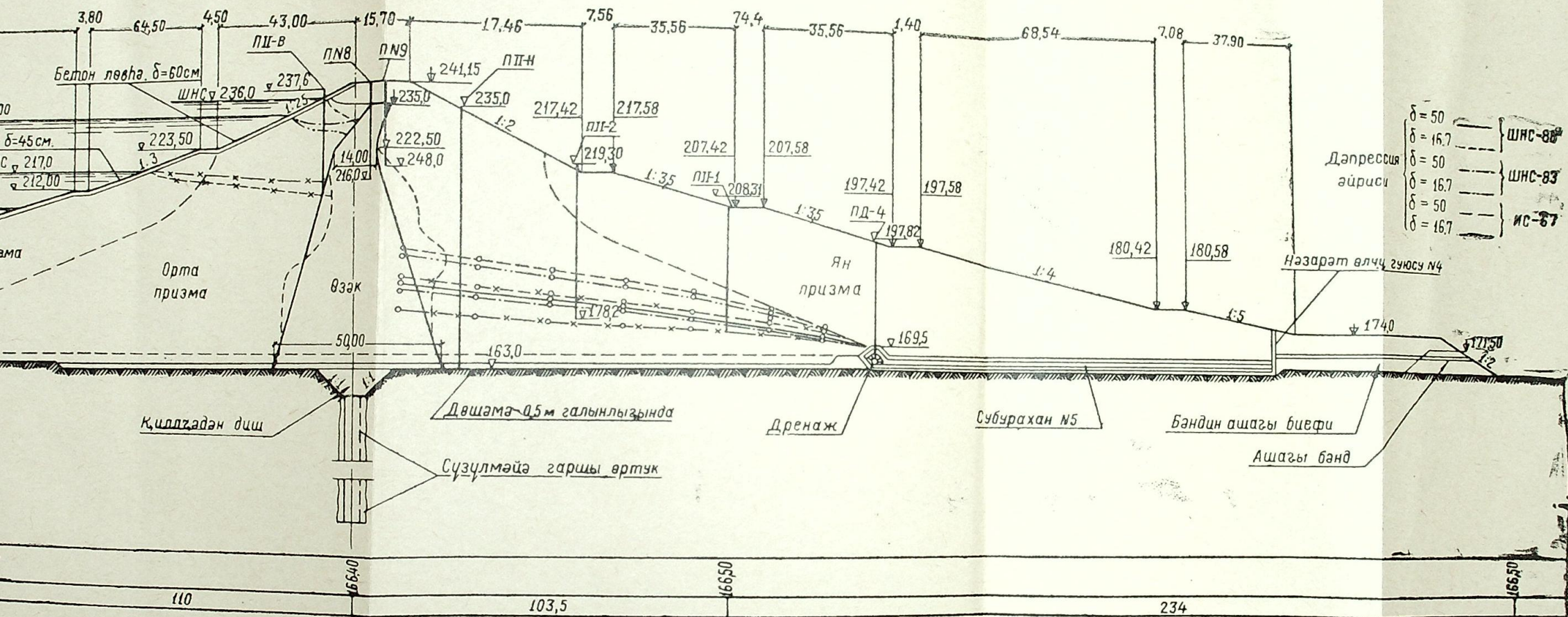
Демәли, өзәйи әсас әтибарилә 0,25 мм-дән хырда һиссәчикләр тәшкил әдир. Бу да бәндин йүксәклийи илә дәйишир (30—40 м йүксәкликдә кил 10—15 %, тоз 20—30 %, 70—80 м йүксәкликдә кил 2—5 %-ә гәдәр, тоз 7—13 %-ә гәдәр азалыр). Бәндин өзәйиндә торпағын нәмлийи 23 %-дән 35 %-ә, һәтта 40 %-ә гәдәр чатыр. Бәндин даяг призмаларындакы (үсг вә орта призмалар) торпағын гранулометрик тәркиби кифайәт гәдәр сабитдир. Бу һиссәләрин сукечирмә габилий-йәти дә, демәк олар ки, сабитдир.

Бәнди тәшкил әдән торпағын гранулометрик тәркиби бәндин ююлуб

рәгәмләри топламагла су кечирмәйән өзәйин бәнддә тәхмини вәзий-йәтини гайдая салмаға чәһд әтмишик.

Гейд әтмәк лазымдыр ки, сүзүлмә әмсалларынын гиймәтләринә көрә дүзәлдилмиш өзәйин гурулушу өзәйин лайиһә үзрә олан гурулушундан хейли фәргли алыныр.

Бәндин даяг призмаларыны вә өзәйини тәшкил әдән торпаг материалларынын сүзүлмә әмсалларынын нисбәтләрини вә ююлма үсулу илә Минкәчевир бәндииниң су сыздырма режими әйәһәт әһәмиәтләрә ийә.



1-чи шәкил.
Бәндин әһинә кәсийи (ичра олан)
ПК4—0 (мәчра һиссәдә)
М 1:1000

вә сызан суюн режими әдәһәт әһәмиәтләрә ийә. Бәндин әһ кәсийиндәки айры-айры нөгтәләриндә истәр сүзүлмә әмсалыны, истәрсә дә мәсамәлийини кәстәрән рәгәмләр бир-бириндән о гәдәр фәрглидир ки, бу бәндин сукечирмәйән өзәйиниң гурулушуну дүзкүн тәййин әтмәйә имкан вермир. Буна бахмаяраг, бәндин чәсәдини вә өзәйини тәшкил әдән торпағын су кечирмәсини характеризә әдән

2-чи шәкил.

Минкәчевир бәндиндән сызан сулары өлчән гурулурын схеми.

□—24 V 55-дән 25 IV 56-чы илә кими; △—25 I 56-дән 22 III 57-чи илә кими; □—6 II 57-дән 27 V 57-чи илә кими; □—20 VIII 57-дән бу вахта кими.

Минкәчевир бәндииниң су сыздырма режими 1956-чы илдән өйрә-нилмәйә башланылмышдырса да, лакин лайиһә үзрә басдырылмалы

Демәли, өзәйи әсас әтибарилә 0,25 мм-дән хырда һиссәчикләр тәшкил әдир. Бу да бәндин йүксәклийи илә дәйишир (30—40 м йүксәкликдә кил 10—15 %, тоз 20—30 %, 70—80 м йүксәкликдә кил 2—5 %-ә гәдәр, тоз 7—13 %-ә гәдәр азалыр). Бәндин өзәйиндә торпағын нәмлийи 23 %-дән 35 %-ә, һәтта 40 %-ә гәдәр чатыр. Бәндин даяг призмаларындакы (үсг вә орта призмалар) торпағын гранулометрик тәркиби кифайәт гәдәр сабитдир. Бу һиссәләрин сукечирмә габилийәти дә, демәк олар ки, сабитдир.

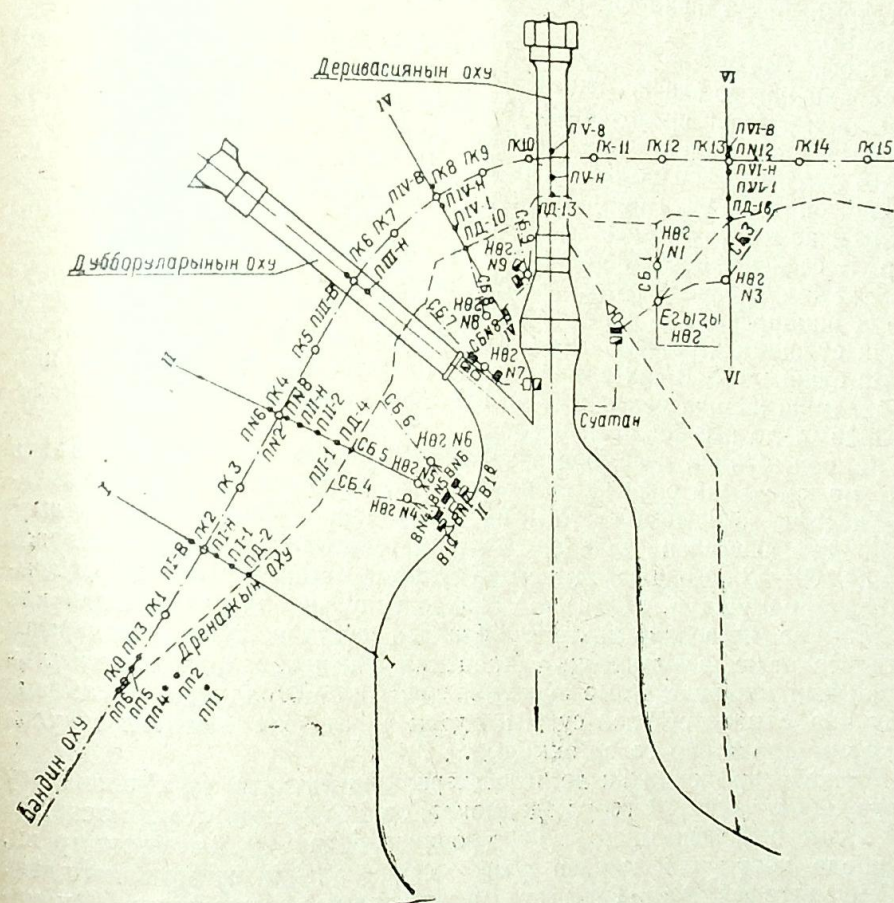
Бәнди тәшкил әдән торпағын гранулометрик тәркиби бәндин ююлуб 1954-чү иллә

рәгәмләри топламагла су кечирмәйән өзәйин бәндә тәхмини вәзийәтини гайдая салмаға чәһд әтмишик.

Гейд әтмәк лазымдыр ки, сүзүлмә әмсалларының гиймәтләринә көрә дүзәлдилмиш өзәйин гурулушу өзәйин лайиһә үзрә олан гурулушундан хейли фәргли алыныр.

Бәндин даяг призмаларыны вә өзәйини тәшкил әдән торпаг материалларының сүзүлмә әмсалларының нисбәтләрини вә ююлма үсулу илә гурулан су кечирмәйән өзәйин гурулушунун мүййәнләшдирмәсинин Минкәчевир бәнди́нин су сыздырма режимини өйрәнмәк мәсәләсиндә чидди әһәмийәти вардыр. Она көрә дә бәндин өзәйинин гурулушуну мүййәнләшдирмәкдән өтрү бәндин үзәриндә әләвә пизометрләрн басдырылмасы зәруридир.

Минкәчевир бәнди́нин сүзүлмә режимини тәдгиг әтмәк мәгсәдилә техни́ки лайиһә үзрә бәнд гурулан заман алты пизометрик хәтләр үзрә үчдүймәли дәмйр борулар басдырылмышдыр. Пизометрләр бәндин юхары (һовуз), орта, дал һиссәләриндә вә дренаж үзәриндә басдырылмышдыр (2-чи шәклә бах).



2-чи шәкл.

Минкәчевир бәндиндән сызан сулары өлчән гурғуларын схем.

□ — 24 V 55-дән 25 IV 56-чы илә кими; △ — 25 I 56-дан 22 III 57-чи илә кими; □ — 6 II 57-дән 27 V 57-чи илә кими; □ — 20 VIII 57-дән бу вахта кими.

Минкәчевир бәнди́нин су сыздырма режимы 1956-чы илдән өйрәнмәйә башланылмышдыр да, лакин лайиһә үзрә басдырылмалы

вә сызан суюн режимини тәһин әдилмәсини хейли чәтинләшдир. Бәндин ән кәсийиндәки айры-айры нөгтәләриндә истәр сүзүлмә әмсалыны, истәрсә дә мәсамәлийини көстәрән рәгәмләр бир-бириндән о гәдәр фәрглидир ки, бу бәндин сукечирмәйән өзәйинин гурулушуну дүзкүн тәһин әтмәйә имкан вермир. Буна бахмаяраг, бәндин чәсәдини вә өзәйини тәшкил әдән торпағын су кечирмәсини характеризә әдән

олан пизометрларын бә'зиләринин олмамасы вә басдырылан бә'зи пизометрларын иншаат заманы дағыдылмасы, яхуд долмасы لازымы нәтичәләр алмаг имканыны хейли мәһдудлашдырмышдыр.

Бәнд үзәриндә апарылан чөл мүшәһидә мә'луматларындан вә техники лайиһәнин бә'зи мә'луматларындан истифадә эдәрәк, бәндин су сыздырмасы барәсиндә бә'зи мүлаһизәләр сөйләмәк олар.

Бәнддән сызан суларын мәсарифи вә һәмин сүзүлмә ахымының депрессия әйрисинин вәзийәти бәндин даяг һиссәләринин сүзүлмә әмсалларының өзәйин сүзүлмә әмсалына олан нисбәтиндән асылыдыр. Бәндин су кечирмәйән өзәйинин сүзүлмә әмсалының гиймәти ичра әдилмиш техники лайиһәдә $K_0 = 0,004 - 0,008 \text{ см/сан}$, даяг һиссәләринин сүзүлмә әмсалы исә орта һесабла $K_d = 0,01 \text{ см/сан}$ гәбул әдилмишдыр.

Үмумиттифаг Элми-Тәдгигат Һидротехника Институтунун һесабатында исә өзәйин сүзүлмә әмсалы $K_0 = 0,0002 \text{ см/сан}$ кәтүрүлмүшдүр.

Юхарыда кәстәрилән рәгәмләри әсас тутараг, бәнддән сызан суюн мигдарының мүәйәнләшдирилмәси үчүн депрессия әйриси һесапланмышдыр.

Проф. Замаринин үсулу илә су кечирмәйән өзәйин вә дренажын тә'сирини нәзәрә алараг, ики һал үчүн бәндин депрессия әйриси һесапланмышдыр (даяг призмасының сүзүлмә әмсалының өзәйин сүзүлмә әмсалына нисбәти $b = 16,7$ оlanda, йә'ни $K_0 = 0,0006 \text{ см/сан}$, $K_d = 0,01 \text{ см/сан}$; $b = 50$ оlanda, йә'ни $K_0 = 0,002 \text{ см/сан}$; $K_d = 0,01 \text{ см/сан}$).

Һәр бир һал үчүн су һовузунун ики шиширдилмиш нормал сәвийәси 86 вә 83 үчүн, әләчә дә 67 сәвийә үчүн һесабат апарылмышдыр. Һесабатын нәтичәләри 2 вә 3-чү чәдвәлләрдә верилмишдыр.

2 вә 3-чү чәдвәлләрдән көрүнүр ки, $b = 16,7$ олдугда вә су һовузунун шиширдилмиш нормал сәвийәси 86 гәбул әдилдикдә бәнддән сызан суюн мигдары 421 л/сан, сәвийә 83 оlanda 370 л/сан, сәвийә 67 оlanda 118 л/сан алыныр. $b = 50$ олдугда исә су һовузунда шиширдилмиш нормал сәвийә 86-да 181 л/сан, сәвийә 83-дә 162 л/сан, сәвийә 67-дә исә 53 л/сан олуp.

Демәли, бәндин даяг призмаларының сүзүлмә әмсалының өзәйин сүзүлмә әмсалына олан нисбәти артдыгда, йә'ни өзәйин сүзүлмә әмсалы үч дәфә азалдыгда сүзүлмә мәсарифи ики дәфәдән чох азалыр.

Бәнддә апарылан тәхмини өлчү материалларына керә һовузда сәвийә 69—82 оlanda бәнддән сызан суларын мәсарифи 150—200 л/сан-йә гәдәр олмушдыр. Биләваситә бәнддә гурулан өлчү чиһазлары илә өлчүлән вә һесаблама йолу илә бәнддән сүзүлән суюн мигдарының мүгайисә этдикдә айдынлашыр ки, бәндин даяг призмаларының сүзүлмә әмсалының өзәйин сүзүлмә әмсалына нисбәти $b = 50$ олдугда, һесаблама йолу илә алынән сүзүлән суюн мигдары чиһазларла өлчүлән сүзүлән суюн мигдарына бир гәдәр яхындыр.

Минкәчевир бәндинин дәгигләшдирилмиш тикинти лайиһәсиндә су һовузунда сәвийә 83 гәбул әдилмәклә, бәнддән сызан суюн мәсарифи 900 л/сан һесапланмышдыр. Гейд олунанлардан айдын көрүнүр ки, лайиһәдә кәтүрүлән сызылан суюн мәсарифи хейли артырылмышдыр.

Үмумиттифаг Элми-Тәдгигат Һидротехника Институтунун Минкәчевир бәндинин мөһкәмлийи мәсәләси илә мәшғул олараг бир нечә ил әрзиндә әлдә этдийи һесабатларында бәндин сүзүлмә режими барәдә кифайәт гәдәр әсасландырылмамыш бә'зи мә'луматлар гейд әдилмишдыр.

ҮИЭТҺИ бәндин даяг призмаларының сүзүлмә әмсалының өзәйин сүзүлмә әмсалына нисбәтләринин гиймәтини 50 вә 100 кәтүрәрәк, бән-

дин ики эн кәсийи ПК4 вә ПК10 + 50 үчүн чеврилмиш бәрабәр басгы әйриләри тәртиб этмишдыр.

„Бакһидроэнержилайиһә“ дә пизометрләрдәки мүшәһидә мә'луматларындан истифадә эдәрәк депрессия әйриләрини һесабламышдыр. Бу депрессия әйриләрини мүгайисә этдикдә көрүрүк ки, онлар нәзәрә чарпачаг дәрәчәдә фәргләнирләр. Һесапланмыш сүзүлмә мәсарифләриндә олан белә фәргләр бәндин даяг призмалары вә өзәйин сүзүлмә әмсаллары һаггында бир даһа кифайәт гәдәр мө'тәбәр мә'луматларын олмасыны кәстәриp.

2-чи чәдвәл

$$K_0 = 0,0006 \text{ см/сан}$$

$$K_d = 0,01 \text{ см/сан}$$

$$b = \frac{K_d}{K_0} = 16,7$$

Пизометрик хәтләр	Басгы Н м-лә в	Депрессия әйрисинин ординаты, h		Ваһид сүзүлмә мәсарифи, 1 м-дән л/сан-илә	Дренаж наһийәсини узунлуғу, м-лә	Сүзүлмә мәсарифи, л/сан-илә
		өзәклән габаг	өзәклән сонра			

ШНС-86

I—I	52	48,3	21,5	0,254	310	78
II—II	73	67,2	32,2	0,385	244	94
III—III	62,5	58,1	26,7	0,318	48	15
IV—IV	52	48,4	22,1	0,263	328	86
V—V	37,4	35,5	14,5	0,180	65	12
VI—VI	49,5	45,2	22,4	0,307	443	136

Чәми

421

ШНС-83

I—I	49	45,6	20,1	0,221	310	69
II—II	70	63,9	30,7	0,348	244	85
III—III	59,5	57,8	25,3	0,284	48	14
IV—IV	49	45,2	20,7	0,230	328	75
V—V	34,4	32,3	13,3	0,148	65	10
VI—VI	46,5	42,0	20,6	0,265	443	117

Чәми

370

ИС-67

I—I	33	29,4	134,4	0,094	310	29
II—II	54	47,9	23,3	0,195	244	47
III—III	43,5	38,4	18,4	0,143	48	7
IV—IV	33	29,0	13,6	0,097	328	32
V—V	18,4	16,6	7,7	0,039	65	3
VI—VI	—	—	—	—	—	—

Чәми

118

3-чү чөдвөл

$$K_0 = 0,0002 \text{ см/сан}$$

$$K_d = 0,01 \text{ см/сан}$$

$$b = \frac{K_d}{K_0} = 50$$

Пизометрик хэтлэр	Басгы H_b , м-дэ	Депрессия эйрисинийн ординаты, h		Ваһид сүзүлмэ мэсарифи, 1м-дөн л/сан-лэ	Дренаж наһийэсинийн узунлуғу, м-лэ	Сүзүлмэ мэсарифи, л/сан-лэ	Субураханлар
		өзөкдөн габаг	өзөкдөн соһра				

ШНС—86

I—I	52	50,7	14,2	0,108	310	31	№ 4
II—II	73	70,9	21,7	0,169	244	41	№ 5—6
III—III	62,5	60,9	17,8	0,136	48	7	№ 7
IV—IV	52	50,2	14,7	0,112	328	37	№ 7—8
V—V	37,7	36,7	9,7	0,072	65	5	№ 9
VI—VI	49,5	47,9	15,7	0,137	443	61	№ 1—2—3

Чөми

1438

182

ШНС—83

I—I	49	47,6	13,4	0,095	310	29	
II—II	70	67,7	20,8	0,154	244	38	
III—III	59,5	57,8	16,9	0,122	48	6	
IV—IV	34,4	33,6	9,1	0,060	65	4	
V—V	49	47,6	13,8	0,099	328	32	
VI—VI	46,5	44,8	14,4	0,120	443	53	

Чөми

162

ИС—67

I—I	33	31,6	9,2	0,042	310	13	
II—II	54	51,5	16,9	0,089	244	22	
III—III	43,5	41,5	12,5	0,063	48	3	
IV—IV	33	31,4	9,7	0,043	328	14	
V—V	18,4	17,8	5,9	0,016	65	1	

Чөми

53

Юхарада көстөрилдийн кими, Минкэчевир бэнди ади төкмө үсүлү илэ гурулмайыб, су илэ ююлуб гурудулдуғу үчүн өзэйи тәшкил эдән хырда торпаг дәнәчикләринин су ихрач этмәсинин гуртармасы вә онун консолидациясы узун мүддәтә баша кәлир. Она көрә дә бу вахта кими тә'йин әдилмиш сүзүлмә әмсалларынын гиймәти онларын һәгиги, гиймәтләрини әкс әдә билмәз, демәли, өзәйин сүзүлмә әмсалы һаггында олан мә'луматлары сүзүлмә ахынынын вә депрессия әйрисинин һәгиги вәзийәтини һесабламаг үчүн әсас тутмаг олмаз.

Минкэчевир бэнди кими нәһәнк торпаг бэндин мөһкәмлийн вә СЭС-ин мүнтәзәм ишләмәси бэндин сүзүлмә режиминдән асылы олдуғундан бу мәсәләнин тәдгигинә чидди диггәт верилмәлидир. Бу мәгсәдлә кениш тәчрүбә вә билаваситә бэндин үзәриндәки тәдгигат иш-

ләрини кенишләндирмәклә бәрәбәр радиоактив изотопларын көмәйи илэ тәдгигат ишләрә апармаг ән вачиб мәсәләдир.

Бәнддән сызан сулары йығмаг вә депрессия әйрисинин чыхыш ординасиясыны ашағы салмаг мәгсәдилә бәндин дал ямачынын ашағы һиссәсиндә үзәри гум вә чынгылла өртүлмүш $20 \times 20 \times 40$ см өлчүдә ичәрисә бош олан сәккизтилли бетон дашлардан дренаж гурғусу тикилмишдир. Дренаж гурғусунун үмүми узунлуғу 1,5 км-ә гәдәрдир. Дренаж гурғусу трапесия шәклиндә олмагла, ән кәсийинин өлчүләрә, йығачағы суюн мәсарифиндән асылы олага, дренаж бою дәйишир. Дренаж гурғусуна йығылан сүзүлмә сулары ичәрисә бош бетон дашлардан тикилән субурахан гурғулар васитәсилә ашағы биефә өтүрүлүр.

Бәнддән сызылан суларын мигдарыны һесабламаг үчүн бу субураханларын ахырында нәзарәт-өлчү гурғулары тикилмишдир.

Дренаж призмаларынын өлчүләринин гидравлик һесабаты ашағыдакы дүстурла апарылыбдыр:

$$\omega = \frac{Q}{0,876 \sqrt{i}} k,$$

бурада $0,876 \sqrt{i}$ дренаж призмасынын ваһид квадратметр кәсийиндән кечән мәсарифдир. Дренаж призмасынын һәр бир квадратметр кәсийиндә диаметри $d = 8$ см олан 25 даирәви вә $8,3 \times 8,3$ см өлчүдә олан 25 квадрат дәликләр вардыр. Бурада наһамварлыг әмсалы $n = 0,025$ гәбул әдилмишдир. Дренаж призмаларындакы дәликләрин сырадан чыхма әһтималыны нәзәрә алан әмсал 1,4—1,6 гәбул әдилмишдир.

Техники лайиһәдәки мә'луматлара көрә, Күрүн мәчра һиссәсиндә, йә'ни дренаж призмасынын өлчүсү (анчаг дашдан олан) гәйдәсинин әни 4,2 м, һүндүрлүйү 1,8 м олан ердә дренажын 1 м боюна дүшән сүзүлмә мәсарифи $q_1 = 3,86$ л/сан-дир.

Күрүн сол саһил һиссәсиндә дренаж призмасынын өлчүсү гәйдәси 2,6 м, һүндүрлүйү 1 м олан ердә дренажын 1 м боюна дүшән сүзүлмә мәсарифи исә $q_2 = 1,41$ л/сан-дир. Көстәрилән ваһид сүзүлмә мәсарифләрә бәндин сүзүлмә режими һаггындакы тәсәввүрү доғрултмур

Нәтичә

1. Бәндин сукечирмәйән өзәйинин гурулушуну вә депрессия әйрисинин вәзийәтини дәгигләшдирмәк үчүн бәнддәки характер бир пизометрик хәттини сечәрәк әләвә пизометрләр гоймаг вачибдир.
2. Бәнддәки дренаж гурғусунун гидравлик параметрләрини тәчрүбә йолу илэ йохламаг лазымдыр.
3. Бәнддән сызылан суларын мигдарыны дүзкүн мүйәйән әтмәк үчүн бәндин дал ямачындан чыхан бүтүн сүзүлән сулары өлчүб, һесабламаг лазымдыр.
4. 1959-чу илдән башлаяраг бәндин сүзүлмә режимини радиоактив изотопларын көмәйи илэ тәдгигат әтмәк лазымдыр.
5. Бәнддә диффузия әһтималыны айдынлашдырмаг лазымдыр.
6. Суөлчән гурғулары вә нәзарәт-өлчү гуяларыны лазыми аваданлыгла тәһиз әтмәк лазымдыр.

И. С. Агаларов, А. И. Агаев

Фильтрационный режим Мингечаурской земляной плотины

РЕЗЮМЕ

Мингечаурская плотина, являющаяся самой высокой из построенных земляных плотин, возведенная не обычным насыпным, а намывным способом из песчано-гравелистых грунтов, представляет большой интерес для исследования ее фильтрационного режима, являющегося определяющим фактором ее устойчивости.

Другой, не менее характерной, особенностью этой плотины, является наличие в теле дренажного устройства, выполненного из бетонных блоков.

Мингечаурская плотина состоит из трех основных частей с различным гранулометрическим составом: противофильтрационного ядра, состоящего из частиц мельче 0,25 мм, наружной и промежуточной призм.

По данным Гостехконтроля, в период намыва среднее значение коэффициента фильтрации ядра около 0,006 см/сек, а упорных призм — 0,013 см/сек.

После полной консолидации эти показатели должны уменьшаться.

Конфигурация ядра, вычерченная на основании данных коэффициента фильтрации, сильно отличается от проектной формы очертания.

Примерным расчетом кривой депрессии, произведенным на два случая: $\delta = \frac{K_y}{K_x} = \frac{0,01}{0,0006} = 16,7$ (по данным проекта) и $\delta = \frac{0,01}{0,0002} = 50$

(по данным ВНИИГ), получены следующие значения фильтрационных расходов.

В случае $\delta = 16,7$ при нормально подпертом горизонте НПГ 86 — 421 л/сек, при НПГ 83 — 370 л/сек, при горизонте сработки ГС 67 — 118 л/сек.

В случае $\delta = 50$ при НПГ 86 — 181 л/сек, НПГ 83 — 162 л/сек, ГС 67 — 53 л/сек.

С повышением δ в три раза фильтрационный расход уменьшался в два раза.

Величина замеренного в натуре расхода фильтрации при горизонтах водохранилища 69—82 м находится в пределах 150—200 л/сек, что ближе к расчетным величинам фильтрационного расхода при $\delta = 50$.

Составленные кривые депрессии ВНИИГ и Бакгидэпом при $\delta = 50$, 100 и нами дают заметные расхождения.

Гидравлическим расчетом дренажной призмы для русловой части удельный расход принят $q_1 = 3,86$ л/сек/пог. м, а для левобережного участка $q_2 = 1,41$ л/сек/пог. м.

Такие разногласия в значениях фильтрационного расхода свидетельствуют об отсутствии достоверных данных о величинах коэффициента фильтрации как ядра, так и упорных частей плотины.

Исходя из этого необходимо один из характерных пьезометрических створов оборудовать дополнительными пьезометрами, уточнить гидравлические параметры дренажа, наладить учет фильтрационных вод и организовать исследование фильтрационного режима плотины путем применения радиоактивных изотопов.

1958-чи ИЛДЭ «АЗЭРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛЭР АКАДЕМИЯСЫНЫН ХЭБЭРЛЭРИ»
(ФИЗИКА-ТЕХНИКА ВЭ КИМЯ ЭЛМЛЭРИ СЕРИЯСЫ) ЖУРНАЛЫНДА ДЭРЧ
ЭДИЛМИШ МЭГЭЛЭЛЭРИН КӨСТЭРИЧИСИ

Абдуллаев Н. Б. Селен дүзлэндириллин комплекс мугавиметинин тэдгиги, № 3, сәһ. 27.

Агаев Н. Н., Нәсәнов К. Г., Худавердиев И. Х., Ягубов С. Я. Хәтти фазаларда хәтти функцияларын еканә давамы һагында, № 3, сәһ. 3.

Агаларов И. С., Агаев Н. И. Минкәчевир торпаг бәдинин су сыздырма режими, № 6, сәһ. 147.

Агаев Н. Н., Мустафаев Г. Ә. Комплекс функциялар чүтүнә тәсир эдән бир оператор һагында, № 6, сәһ. 3.

Арутюнов М. С. Лай суларында поладын гидроген-сульфид коррозиясы механизминин өйрәнилмәси, № 4, сәһ. 109.

Агаев Ф. М. Газ гарышыгларынын октан әдәдләринин тапылмасына даир, № 6, сәһ. 55.

Бабич Ю. А. Галынлығына көрә анизотроп олан лайда маеин ачылма дәрәжәсинә көрә тәкмил олмаян гуя ахмасы, № 3, сәһ. 39.

Бағбанлы И. Л., Нусейнов И. Г. Аз мигдар бисмутун рейнекеат шәклиндә ени, сүр'әтли һәчми методла мигдары тәйини, № 1, сәһ. 83.

Бәкиров М. Я., Талиби М. Ә., Абдуллаев Н. Б. Электрик формовкасынын, термик вә электрокимйәви ишләмәләрин селен фотоэлементләриндә кәдән физики проселәрә тәсиринин тәдгиги, № 6, сәһ. 43.

Гәдиров Н. Г. Метанын асас төрәмәләринин сыхылма әмсалы, № 6, сәһ. 73.

Гәдимов Я. Б., Листенгартен Б. А. Пайланмыш параметрли автоматик тәнзим системләринин тәдгигиндә дискрет лаплас чевирмәсинин тәдгиги, № 5, сәһ. 109.

Гулиев С. М. Сәнаә яхын шәраитдә гуяларын сементләшмәсинин тәтбиги, № 4, сәһ. 43.

Гулиев А. М. Коллекторлардагы галыг суларынын мигдарына температуранын тәсиринә даир, № 2, сәһ. 75.

Гурбанов С. Г. Әзлү вә әзлү-пластик маеләрин гәрарлашмамыш даирәви һә-

рәкәтинә аид мәсәләләрин тәгриби һәлли, № 2, сәһ. 65.

Гулиев К. Н. Маеләшдирилмиш газла ишләйән икитактлы нәглият мүһәрикенин иш режиминин гарышыг үсулла низамланмасынын тәдгиги, № 1, сәһ. 139.

Дадашова Т. Д., Нәсәнов Г. Т., Гуядиби зонасынын вә гум тыхачынын гуя мәһсулдарлығына бирликдә тәсир, № 6, сәһ. 91.

Дадашова Т. Д. Кечиричилийн шагули истигамәтдә дәйишән лайда ерләшдирилмиш натамам гуя сыхылма мае һәрәкәти һагында мәсәлә һәлли, № 3, сәһ. 79.

Данилова Н. А. Әвәзтмә катионларын тәбиәтинин крекинг реакциясында магнисиликат һәллинин каталитик активлиинә тәсир, № 4, сәһ. 133.

Әлиев М., Абдуллаев Н., Мирзәев Б. Селен дүзләндириллин р-п кечидинин гүвәтли саһә вә мүх-тәлиф температурларда кечиричилийн, № 1, сәһ. 37.

Әфәндиєв Н. Х. Керманнумун кеокимасына даир, № 1, сәһ. 73.

Әлиев Ә. Н., Минзберг А. М. Сементин тәркибинин типинин Шәрги Абшерон мәһсулдар гатларынын юхары һиссә коллектор хүсусийәтләринә тәсир, № 5, сәһ. 31.

Әлиєрова З. А., Абдуллаев Н. Б. Бир нечә элементин селен дахилиндә диффузиясынын тәдгиги, № 5, сәһ. 7.

Әлиев Г. М., Абдуллаев Н. Б. Хлор ашгарларынын селенин электрик хәсәсинә тәсир, № 4, сәһ. 23.

Әлиев М., Мирзәев Б. Йүксәк-волтлу селен дүзләндириллери алмагын бир үсулу һагында, № 2, сәһ. 55.

Әмәнзадә Ю. Ә. Ән кәсийи квадрат олан даирәви чубугла долдуруларак мөһкәмләндирилмиш призматик брусун бурулмасы, № 2, сәһ. 35.

Әлиєрова З. А., Абдуллаев Н. Б. Те, Sb вә Se дахилинә диффузия әмсалынын тәйини вә бром ашгарларынын диффузия һадисәсинә тәсир, № 2, сәһ. 19.

Элизаде М. Н. Лай нефтлеринин һәм хассәләринин һесабы үсулилә тәйини № 1, сәһ. 125.

Зейналов Б. Г., Ахундов А. А. Парафинли дестилатын хлор иштиракилә оксидләшдирилмәси, № 2, сәһ. 109.

Ибраһимов И. И. Тригонометрик полиномлар синфиндә экстремал мәсәләләр, № 2, сәһ. 3.

Ибадзаде Ю. Ә. Өзү ююлан мачранын эн кәсийинин формасынын тәйини, № 4, сәһ. 93.

Ибраһимов И. Ә. Ардычыл гошулмуш конденсаторлары олан хәтләрдән бәсләнән асинхрон мүнәрикларин өзүнә тәсирләnmәси һаггында, № 2, сәһ. 97.

Мәмәдов К. П. Силисум кристалында атомларын электрон сыхлығы пайланмасынын анизотроплугу, № 2, сәһ. 27.

Мәликова Т. А. Нефтин импульс кәркинлийи саһсиндә дуздан тәмизләnmәсинә бә'зи амилларин тәсир, № 1, сәһ. 155.

Мискәрли А. Г., Чәлиладә Т. А. Ағырлашдырылмыш килли мөлүлларын структур механика хассәләринин реактент вә ағырлашдырычыларын нөвүндән асылылығы һаггында, № 1, сәһ. 107.

Мәликова Т. Ә. Электрик саһәләриндә эмулсияларын коалесенциялашма процесинин тәдгиги, № 4, сәһ. 73.

Мирзәева Л. М. Шагули боруда ики фазалы гарышыгын (газ—бәрк маддә) һәрәкәт этдийи заман онун сүрүшмә әмсалынын тәчрүби сурәтдә тапылмасы, № 4, сәһ. 87.

Мәһдиев С. Ч., Новрузова А. Ш. Ароматик карбоһидрокенларин нитролашма реакциясынын тәдгиги, № 3, сәһ. 85.

Мәмәдов И. А. Нәмлийи мұхтәлиф олан шоран вә килли торпагларда поладың катод поляризациясынын тәдгиги, № 6, сәһ. 99.

Максудов Ф. Г. һаячанландырылмыш хусути төрәмәли дифференциал операторун мөхсуси вә гошулмуш функциялары системинин тамлығы һаггында, № 6, сәһ. 15.

Мәһдиев С. Ч., Әлиев Ә. Ф., Сәмәдов З. Ч. Метилтсиклоһексанын һава илә мае фазада оксидләшдирилмәси, № 6, сәһ. 137.

Мирзәева Л. М. Ики фазалы гарышыгын (газ—бәрк маддә) истиликвермә процесинин тәдгиги, № 3, сәһ. 53.

Маһмудов Ю. А. Тез һесаблаан ардычыл принципл риязи электрон машинларында бөлмә әмәлийятыны сүрәтләндирән ени бир үсул һаггында, № 3, сәһ. 13.

Маһмудов Ю. А. Тезһесаблаан ардычыл принципл риязи электрон машинларында бөлмә әмәлийятыны сүрәтләндирән ени бир үсул һаггында, № 6, сәһ. 23.

Мәһдиев С. Ч., Пишнамазаде Б. Ф., Кошелева Л. М., Фейбәтова Ш. һ., һәшимова Ф. А. Ферди карбоһидрокенларин нефтдән чыхарылмасы. 1-чи мөлүмәт. Тсиклоһексанын чыхарылмасы, № 5, сәһ. 53.

Мәһдиев С. Ч., Әлиев Ә. Ф., Агаев У. Х. Тсиклоһексан карбоһидрокенларинин хлорлашдырылма реакциясынын тәдгиги, № 5, сәһ. 67.

Мәмәдов И. А., Негреев В. Ф. Ералты нефт вә газ кәмәрләринин пластмас өртүйү илә мұһафизәсинә даир, № 5, сәһ. 75.

Мискәрли А. Г., Земланская В. Я. Чәтин шәраитдә нефт гуюларынын газылмасы үчүн ағырлашдырылмыш кил препаратларынын истәһсалы үсулунун тәкмилләшдирилмәси, № 5, сәһ. 97.

Мәмәдияров О. С. Мұхтәлиф кәркинлийи паралел ишләйән шәбәкәләрдә узунуна компенсациясынын тәтбиги һаггында, № 5, сәһ. 119.

Мухарская Л. А. Трансформатор ягынын термики көһнәлмәсинин тәдгиги, № 5, сәһ. 131.

Мәмәдов Н. М. Әнли астаналы суашыранын тәдгиги мәсәләсинә даир, № 5, сәһ. 143.

Мәмәдәлиев Ю. һ., Бабаханов Г. А. Бромбензолун алкилтерәмәләринин каталитик синтези, № 1, сәһ. 65.

Мәмәдов Х. И. Нефтин яг фракциясынын лүминесценсия спектрләринин кечиричилийи, № 1, сәһ. 49.

Мәһдиев С. Ч., Новрузова Ә. Ш. Ароматик карбоһидрокенларин нитролашма реакциясынын тәдгиги, № 4, сәһ. 117.

Негреев В. Ф., Фәрһадов Ә. Ә., Заманов Б. Ә. Полад сәһниндә ахар дәниз суюнун яратдыгы һазик пәрәләрдә электрокимйәви мұһафизәнин тәтбиг олунмасы, № 3, сәһ. 103.

Негреев В. Ф., Абрамов Д. М. Дөври исланма зонасында электрод просесләринин механизми, № 1, сәһ. 97.

Өмәров С. З. Нисби рефракциянын вә абберрасиянын һесапланма дүстурлары, № 5, сәһ. 19.

Оручов Г. А. Рационал кәсирин интәрполясия сырасынын йығылмасы һаггында, № 4, сәһ. 3.

Плиев С. Б. Сонлу өлчүлү элаستيцилиндрин мұвазинәти һаггында, № 1, сәһ. 25.

Плюшш А. М. Тәчрүбә үчүн гумдан һазырланмыш нүмүнәнин кечиричилийи вә мәсәмәлийи һаггында, № 2, сәһ. 71.

Паршина А. А. Бору истәһсалатында бору өлчүләринин йохланмасы, № 3, сәһ. 65.

Петров А. Д., Садыгзаде С. И., Егоров Ю. П. Гамма-хлоралкилалкилсилисумхлоридларин силисумла билаваситә реакциясы, № 6, сәһ. 123.

Чуварлы Ч. М., Чәфәрова М. М. Изоләдичинин зәнчирәсиндә кәркинлийи пайланмасы мәсәләсинә даир, № 2, сәһ. 89.

Чәлилов Г. Н., Гуламов Х. А. Ачылма дәрәчәсинә көрә натамам нефт гуюсунун бирчинли олмаян (чохтәбәгәли) лайларда иши һаггында, № 5, сәһ. 47.

Расулов М. Л. Чыхыглар үсулу илә дифференциал тәнликләр үзрә гоюлмуш сәрһәд вә гарышыг мәсәләларин һәлли, № 1, сәһ. 3.

Расулова С. М., Хәлилова Н. Г., Чәфәрли Р. М., Мурадова С. Ә., Зүлфугаров З. һ. Ханларит крекинг катализаторларынын фәаллығынын артырылма йолларынын тәдгиги, № 5, сәһ. 81.

Талиби М. Ә. Вентил фотоэлектрик һәрәкәт гүввәсинә аид ифадәнин вә CdS—Se вә CdSe—Se системләринә тәтбигинин тәчрүби йохланылмасы, № 4, сәһ. 31.

Топчубашов Н. К., Мурадов Ч. М., һүсейнов Б. һ. Гидроэнергетика вә ирригация үчүн ғыфшәкилли дурлудчу чән, № 2, сәһ. 83.

Топчубашов М. А., Әләкбәров А. А., Әбилов Ә. һ. Веричи гургуларын бурахма габилийәтинин вә паралел ишләмәсинин тәдгиги (мәсәләнин гоюлушу), № 6, сәһ. 61.

Сатурянс А. Б., һачыева Т. А. Азәрбайчан нефт ятагларынын кеотермик пилләси һаггында мөлүмәтлар, № 5, сәһ. 39.

Һәсәнов Ә. М. Газлы нефтии сүзүлмә тәнликләринин тәдгиги, № 3, сәһ. 47.

Һүсейнов һ. П. Һәлл олунмуш газ режиминдә газ вә нефтин гуяа аһмасынын һесапланмасы үсулунун садәләшмәси, № 1, сәһ. 13.

Һәбибазаде Ә. Ш. Нүвәси параметрә көрә полином олан бир синиф интегро-дифференциал тәнликләр үчүн коши мәсәләси, № 5, сәһ. 3.

Хәлилов Х. М. Маддәларин критик сыхлығы һаггында, № 3, сәһ. 51.

Хәлилов Ә. Х., Салаев Ә. Ю. Бә'зи полиактиваторлу фосфорларын һәйәчанландырма спектрләринә ү вә ренткен шуаларынын тәсиринин тәдгиги, № 5, сәһ. 15.

Хәлилов Ә. Х., Салаев Ә. Ю. $KCl + AgCl + TiCl$, $KCl + AgCl + CuCl$.

$KCl + TiCl + CuCl$ монокристалларында электрон тутучу мәркәзләрин тәдгиги, № 6, сәһ. 39.

Чуварлы Ч. М., Бағыров М. А. Нефт лайына электриклә тәзйиг әдилмәси имканы мәсәләсинә даир, № 1, сәһ. 117.

Тәнгид вә библиография, № 1, сәһ. 163.

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ
В ЖУРНАЛЕ «ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР»
(СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ НАУК)

- Абдуллаев Г. Б. Исследование комплексного сопротивления селеновых выпрямителей, № 3, стр. 27.
- Агаев Г. Н., Мустафаев Г. А. Об одном операторе, действующем на пару комплексных функций, № 6, стр. 3.
- Агаева Ф. М. К вопросу об определении октановых чисел газовых смесей, № 6, стр. 55.
- Агаев Г. И., Гасанов К. Г., Худавердиев К. И., Якубов С. Я. О единственном положении линейных функционалов в линейных пространствах № 3, стр. 3.
- Агаларов И. С., Агаев А. И. Фильтрационный режим Мингечаурской земляной плотины, № 6, стр. 147.
- Алиев М., Абдуллаев Г., Мирзоев Б. Проводимость p - n перехода селеновых выпрямителей при сильных полях и разных температурах, № 1, стр. 37.
- Алиев М., Мирзоев Б. Об одном методе получения высоковольтных селеновых выпрямителей, № 2, стр. 55.
- Алиев Г. М., Абдуллаев Г. Б. Влияние примеси хлора на электрические свойства селена, № 4, стр. 23.
- Алиев А. Г., Минзберг Л. В. О влиянии состава и типа цемента на свойства коллекторов верхнего отдела продуктивной толщи восточного Апшерона № 5, стр. 31.
- Ализаде М. Н. Предвычисление объемных свойств пластовых нефтей № 1, стр. 125.
- Алирова З. А., Абдуллаев Г. Б. Определение коэффициентов диффузии Те и Sb в Se и влияние примесей брома на процесс диффузии, № 2, стр. 19.
- Алирова З. А., Абдуллаев Г. Б. Исследование диффузии некоторых элементов в селене, № 5, стр. 7.
- Амензаде Ю. А. Кручение призматического бруса с квадратным сечением, армированного круговым стержнем, № 2, стр. 35.
- Арутюнов М. С. Изучение механизма сероводородной коррозии стали в пластовых водах, № 4, стр. 109.
- Бабиц Ю. А. Приток жидкости к не-
- совершенной по степени вскрытия скважине в пласте анизотропном по мощности, № 3, стр. 39.
- Багбанлы И. Л., Гусейнов И. К. Количественное определение малого количества висмута в виде рейнексата висмута объемным способом, № 1, стр. 83.
- Бакиров М. Я., Талиби М. А., Абдуллаев Г. Б. Влияние электроформовки термоэлектрхимической обработки на физические процессы, происходящие в селеновых фотоэлементах, № 6, стр. 43.
- Габибзаде А. Ш. Задача Коши для одного класса линейных интегродифференциальных уравнений с ядром в виде полинома относительно параметра № 5, стр. 3.
- Гасанов А. М. Исследование уравнений фильтрации газированной нефти, № 3, стр. 47.
- Гурбанов С. Г. Приближенные решения задач о круговом нестационарном движении вязкой и вязко-пластичных жидкостей, № 2, стр. 65.
- Гурвич М. М., Егниева Р. Ш. Исследование влияния щелочи на форму структурообразования в глинистых растворах, № 6, стр. 109.
- Гусейнов Г. П. Упрощение приближенного метода расчета притока нефти к скважине при режиме растворенного газа, № 1, стр. 13.
- Дадашева Т. Д., Гасанов Г. И. Совместное влияние заиленного фильтра и призабойной зоны на производительность скважины, № 6, стр. 91.
- Дадашева Т. Д. Решение задачи о притоке несжимаемой жидкости к несовершенной скважине, расположенной в пласте с переменной по вертикали проницаемостью, № 3, стр. 79.
- Данилова Н. А. Влияние природы обменного катиона на каталитическую активность магнийсиликатного геля и реакции крекинга, № 4, стр. 133.
- Джалилов К. Н., Гуламов Х. А. О работе несовершенной скважины по степени вскрытия в неоднородных (много-слоистых) пластах, № 5, стр. 47.
- Джуварлы Ч. М., Багиров М. А. К вопросу возможности электрического воздействия на нефтеносный пласт, № 1, стр. 117.
- Джуварлы Ч. М., Джафарова М. М. К вопросу о распределении напряжения по гирлянде изоляторов, № 2, стр. 89.
- Зейналов Б. К., Ахундов А. А. Окисление парафинистого дистиллата в присутствии хлора, № 2, стр. 109.
- Ибадзаде Г. А. Построение поперечного профиля саморазмывающегося русла, № 4, стр. 93.
- Ибрагимов И. И. Экстремальные задачи в классе тригонометрических полиномов, № 2, стр. 3.
- Ибрагимов И. Э. К вопросу самовозбуждения асинхронных двигателей при работе их через последовательные конденсаторы, № 2, стр. 97.
- Кадымов Я. Б., Листенгартен Б. А. Применение дискретного преобразования Лапласа для исследования систем автоматического регулирования с распределенными параметрами, № 5, стр. 109.
- Кадыров Н. К. Коэффициент сжимаемости основных гемологов метана, № 6, стр. 73.
- Кулиев К. Г. Исследование смешанного регулирования рабочего режима двухтактного транспортного двигателя при питании его сжиженным газом, № 1, стр. 139.
- Кулиев А. М. О влиянии температуры на величину остаточной водонасыщенности коллекторов, № 2, стр. 75.
- Кулиев С. М. Исследование цементировки скважин в полупромышленных условиях, № 4, стр. 43.
- Максудов Ф. Г. О полноте системы собственных и присоединенных функций возмущенного дифференциального оператора в частных производных, № 6, стр. 15.
- Мамадалиев Ю. Г., Бабаханов Р. А. Каталитический синтез алкилпроизводных бромбензола, № 1, стр. 65.
- Мамедов Х. И. Исследование спектров люминесценции масляной фракции нефти, № 1, стр. 49.
- Мамедов К. П. Анизотропия распределения электронной плотности атомов в кристалле кремния, № 2, стр. 27.
- Мамедов И. А., Негреев В. Ф. Защита подземных трубопроводов пластмассовыми покрытиями, № 5, стр. 75.
- Мамедов Н. М. К вопросу исследования водослива с широким порогом, № 5, стр. 143.
- Мамедов И. А. Исследование катодной поляризации стали в солончаковой и глинистой почвах при различной влажности, № 6, стр. 99.
- Мамедъяров О. С. О применении продольной компенсации в параллельных сетях различных напряжений, № 5, стр. 119.
- Махмудов Ю. А. Об одном методе сокращения времени деления в цифровых быстродействующих машинах последовательного действия, № 3, стр. 13.
- Махмудов Ю. А. Выходное устройство универсальной цифровой машины на магнитных (ферритовых) элементах, № 6, стр. 23.
- Меликова Т. А. Влияние некоторых факторов на процесс обессоливания нефти в поле импульсного напряжения, № 1, стр. 155.
- Меликова Т. А. Исследование процесса коалесценции в электрических полях, № 4, стр. 73.
- Мехтиев С. Д., Новрузова А. Ш. Исследование реакции нитрования ароматических углеводородов, № 3, стр. 85.
- Мехтиев С. Д., Новрузова А. Ш. Исследование реакции нитрования ароматических углеводородов, № 4, стр. 117.
- Мехтиев С. Д., Пишнамазаде Б. Ф., Кошелева Л. М., Эйбатова Ш. Э., Гашимова Ф. А. Выделение индивидуальных углеводородов из нефти, № 5, стр. 53.
- Мехтиев С. Д., Алиев А. Ф., Агаев У. Х. Исследование реакции хлорирования циклогексановых углеводородов, № 5, стр. 67.
- Мехтиев С. Д., Алиев А. Ф. и Самедов З. Д. Окисление метилциклогексана кислородом воздуха в жидкой фазе, № 6, стр. 137.
- Мискарли А. К., Джалилзаде Т. А. Структурно-механические свойства утяжеленных глинистых растворов и зависимость их от природы и концентрации утяжелителей и добавки реагентов, № 1, стр. 107.
- Мискарли А. К., Землянская В. Я. Усовершенствование способа производства утяжеленных и стабилизированных глинопрепаратов для бурения нефтяных скважин в осложненных условиях, № 5, стр. 97.
- Мирзоева Л. М. Вывод обобщенной зависимости теплообмена для двухфазной системы (газ — твердое вещество), № 3, стр. 53.
- Мирзоева Л. М. Опытное определение величины скольжения в двухфазной среде (газ — твердое вещество) при ее движении в вертикальной трубе, № 4, стр. 87.
- Мухарская Л. А. Исследование термического старения трансформаторных масел, № 5, стр. 131.
- Мурадов А. А., Цатурянц А. Б. Вязкость нефтей, насыщенных метаном, № 6, стр. 83.
- Негреев В. Ф., Абрамов Д. М. О механизме электродных процессов в зоне периодического смачивания, № 1, стр. 97.
- Негреев В. Ф., Фархадов А. А., Заманов Б. А. К вопросу о применении электрохимической защиты в тонких пленках текущей морской воды, № 3, стр. 103.
- Омаров С. З. Формулы дифференциальной рефракции и аберрации, № 5, стр. 19.

Оруджев Г. А. О сходимости интерполяционного ряда рациональных дробей, № 4, стр. 3.

Паршина А. А. К вопросу контроля размеров в трубном производстве, № 3, стр. 65.

Петров А. Д., Садыхзаде С. И., Егоров Ю. П. Реакции гамма-хлоралкилсиланхлоридов с кремнием в условиях прямого синтеза, № 6, стр. 123.

Плиев С. Б. О равновесии упругого цилиндра конечных размеров, № 1, стр. 25.

Плющ А. М. О пористости и проницаемости песка при изготовлении из него образцов для экспериментирования, № 2, стр. 71.

Расулов М. Л. Вычетный метод решения краевых и смешанных задач для дифференциальных уравнений, № 1, стр. 3.

Расулова С. М., Халилова Н. Г., Джафарли Р. М., Мурадова С. А., Зулфугаров З. Г. Исследование путей повышения стабильной активности катализатора крекинга—хавларита, № 5, стр. 81.

Талиби М. А. Экспериментальная проверка применимости соотношения для

вентильной фотоэда к системам $CdS-Se$ и $CdSe-Se$, № 4, стр. 31.

Топчибашев Н. К., Мурадов Д. М., Гусейнов Б. Воронкообразный отстойник для гидроэнергетики и ирригации, № 2, стр. 83.

Топчибашев М. А., Алекперов А. А., Абилов А. Г. Исследование пропускной способности задающих устройств и их параллельной работы, № 6, стр. 61.

Халилов Х. М. О критических плотностях веществ, № 3, стр. 51.

Халилов А. Х., Салаев Э. Ю. Исследование влияния γ и рентгеновских лучей на спектры возбуждения некоторых полиактиваторных фосфоров, № 5, стр. 15.

Халилов А. Х., Салаев Э. Ю. Исследование центров захвата в монокристаллах $KCl+AgCl+TiCl$, $KCl+AgCl+CuCl$, и $KCl+TiCl+CuCl$, № 6, стр. 39.

Цатурянц А. Б., Гаджиева Т. А. Новые данные о геотермической ступени для нефтяных месторождений Азербайджана, № 5, стр. 39.

Эфендиев Г. Х. К геохимии германия, № 1, стр. 73.

Критика и библиография № 1, стр. 163.

МҮНДӘРИЧАТ

Н. Н. Агаев, Г. Э. Мустафаев. Голломорф функциялар чүтүнә тәсир әдән бир оператор һаггында	3
Ф. Г. Магсудов. Нейэчанландырылмыш хусуси төрәмәли дифференциал операторун махсуси вә гошулмыш функциялары системинин тамлығы һаггында .	15
Ю. А. Маһмудов. Магнит (феррат) үнсүрләриндә ишләнән универсал рәгәм машинаһын чыхыш гурулушу	23
Э. Х. Хәлилов, Э. Ю. Салаев. $KCl + AgCl + TiCl$, $KCl + AgCl + CuCl$ вә $KCl + TiCl + CuCl$ монокристалларында электрон тутучу мәркәзләрин тәдгиги	39
М. Я. Бәкиров, М. Э. Талиби, Н. Б. Абдуллаев. Электрик формовкаһын, термик вә электрохимийәви ишләнмәләрин селен фотоэлементләриндә кедән физики просесләрә тәсиринин тәдгиги	43
Ф. М. Агаева, Газ гарышыгларынын октан әдәлләринин тапылмасына даир	55
М. А. Топчубашов, А. А. Әләкбәров, Э. Н. Әбилов. Веричи гурулары бурахма габилыйәтинин вә паралел ишләмәсинин тәдгиги	61
Н. Г. Гәдилов. Метанын әсас төрәмәләринин сыхылма әмсалы	73
А. А. Мурадов, А. Б. Сатурянс. Метанлы доймуш нефтләрин өзлүлүй	83
Т. Д. Дадашова, Г. Т. Нәсәнов. Гуядиби зонаһын вә гум тыхачыһын гуя маһсулдарлығына биоликдә тәсир	91
И. А. Мәмәдов. Нәмлийи мүхтәлиф олан шоран вә килли торпагларда полады катод поляризацияһын тәдгиги	99
М. М. Гурвич, Р. Ш. Екиева. Гәләвинин кил маһлулларында структур әмәләктирмә формасына тәсиринин өйрәнилмәси	109
А. Д. Петров, С. И. Садыгзаде, Ю. П. Егоров. Гамма-хлоралкиладкилсиланхлоридләрин силансумла билаваситә реакциясы	123
С. Ч. Мәндиев, Э. Ф. Әлиев, З. Ч. Сәмәдов. Метилтсиклоһексанын һава илә мае фазада оксидләшдирилмәси	137
И. С. Ағаларов, Н. И. Агаев. Минкәчевир торпаг бәндинин су сыздырма режим	147
Мәгаләләрин кестәричиси	155

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Н. Агаев, Г. А. Мустафаев. Об одном операторе, действующем на пару голоморфных функций	3
Ф. Г. Максудов. О полноте системы собственных и присоединенных функций возмущенного дифференциального оператора в частных производных	15
Ю. А. Махмудов. Выходное устройство универсальной цифровой машины на магнитных (ферритовых) элементах	23
А. Х. Халилов, Э. Ю. Салаев. Исследование центров захвата в монокристаллах $KCl+AgCl+TiCl$, $KCl+AgCl+CuCl$ и $KCl+TiCl+CuCl$	39
М. Я. Бакиров, М. А. Талиби, Г. Б. Абдуллаев. Влияние электроформовки термоэлектрохимической обработки на физические процессы, происходящие в селеновых фотоэлементах	43
Ф. М. Агаева. К вопросу об определении октановых чисел газовых смесей	55
М. А. Топчибашев, А. А. Алекперов, А. Г. Абилов. Исследование пропускной способности задающих устройств и их параллельной работы	61
Н. К. Кадыров. Коэффициент сжимаемости основных гомологов метана	73
А. А. Мурадов, А. Б. Цатурянц. Вязкость нефтей, насыщенных метаном	83
Т. Д. Дадашева, Г. И. Гасанов. Совместное влияние заиленного фильтра и призабойной зоны на производительность скважины	91
И. А. Мамедов. Исследование катодной поляризации стали в солончаковой и глинистой почвах при различной влажности	99
М. М. Гурвич, Р. Ш. Егниева. Исследование влияния щелочи на форму структурообразования в глинистых растворах	109
А. Д. Петров, С. И. Садых-заде, Ю. П. Егоров. Реакции гамма-хлоралкилсиланхлоридов с кремнием в условиях прямого синтеза	123
С. Д. Мехтиева, А. Ф. Алиев, З. Д. Самедов. Окисление метилциклогексана кислородом воздуха в жидкой фазе	137
И. С. Агаларов, И. А. Агаев. Фильтрационный режим Мингечаурской земной плотины	147
Указатель статей	155

Азәрбайчан ССР Элмләр Академиясынын ашағыдакы журналларына 1959-чу ил үчүн АБУНӘ ГӘБУЛУ ДАВАМ ЭДИР

„АЗӘРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛӘР АКАДЕМИЯСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ“

Илдә 12 нөмрә чыхыр.
Иллик абунә гиймәти 48 манат,
Һәр нөмрәнин гиймәти 4 манатдыр.

„АЗӘРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛӘР АКАДЕМИЯСЫНЫН ХӘБӘРЛӘРИ“

„Азәрбайчан ССР
Элмләр Академиясынын Хәбәрләри“
ашағыдакы сериялар үзрә чыхыр:

1. Кеолокия-чография элмләри сериясы
2. Физика-техника вә кимя элмләри сериясы.
3. Биолокия вә кәнд тәсәррүфат элмләри сериясы.
4. Ичтимаи элмләр сериясы.

Һәр серия илдә 6 нөмрә чыхыр.
Һәр сериянын иллик абунә гиймәти 48 манат,
1 нөмрәнин гиймәти 8 манатдыр.

Абунә „Союзпечат“ вә бүтүн почта
шө'бәләри тәрәфиндән гәбул олунур.

Азәрбайчан ССР
Элмләр Академиясы Нәшрийяты