

АЗƏРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛƏР АКАДЕМИЯСЫНЫ

ХƏБƏРЛƏРИ

ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ВƏ КИМЯ ЭЛМЛƏРИ СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ НАУК

5

1958

АЗƏРБАЙЧАН ССР ЭА НƏШРИЯТЫ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
БАКЫ – БАКУ

Ə. Ш. НƏБИБЗАДƏ

НУВƏСИ ПАРАМЕТРƏ КӨРƏ ПОЛИНОМ ОЛАН БИР СИНІФ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТƏНЛИКЛƏР ҮЧҮН КОШИ МƏСƏЛƏСИ

Фəрз эдəк ки,

$$\sum_{k=0}^n a_k(x) \varphi^{(k)}(x) + \sum_{k=1}^m \lambda^k \int_0^1 H_k(x, s) \varphi(s) ds = f(x) \quad (1)$$

интегро-дифференциал тənлийи верилир.

Белə ки, $a_k(x)$ ($k=\overline{1, m}$) $[0, 1]$ -дə верилмиш вə k -чы тəртибдən тəрəмəsi олан функциядыр. $H_k(x, s)$ ($k=\overline{1, m}$), $0 \leq x, s \leq 1$ —квадратында верилмиш регуляр нүвə, $f(x)$ дə верилмиш кəсилмəз функция вə нəһайət λ комплекс параметрди.

Нүвəsi параметрə көрə хəтти олан интеграл тənликлəр Е. Д. Тамаркин, К. Миранда, З. И. Хəлилов, Д. Ф. Харазов вə башгалары тəрəфиндən тəдгиг олунмушдур.

Биз бу ишдə ашағыдакы Коши мəсəлəсинин тəдгиги илə мəшғул олачагыг.

(1) тənлийин $\varphi_{(0)=0}^{(k)}$ ($k=\overline{0, n-1}$) башланғыч шəртини өдəйən һəллини тапмалы. Һəмин мəсəлəни (А) адландыраг.

Көстəрəк ки, (А) мəсəлəсинин һəлли нүвəsi $k_0(x, s) + \lambda k_1(x, s)$ шəклиндə олан интеграл тənлийин һəллинə кəтирилир. (А) мəсəлəсинин һəллинин варлығыны гəбул эдəрəк (1) бəрəбэрлийинин һər тəрəфини

$b_n(x, t) = \frac{(x-t)^{n-1}}{(n-1)!}$ функциясына вурараг $[0, x]$ парчасында интеграл-

лаяг:

$$\sum_{k=0}^n \int_0^x a_k(t) \varphi^{(k)}(t) b_n(x, t) dt + \sum_{k=1}^m \lambda^k \int_0^x \int_0^1 H_k(t, s) b_n(x, t) \varphi(s) ds dt = \int_0^x b_n(x, t) f(t) dt \quad (2)$$

Əкəр $\varphi^{(k)}(0)=0$ ($k=\overline{0, n-1}$) олдуғуну нəзэрə алараг (2) бəрəбэрлийинə дахил олан интегралы һиссə-һиссə интегралласаг

$$a_n(x) \varphi(x) + \sum_{k=0}^n \sum_{i=0}^k \int_0^x (-1)^{k+i} C_k^i \frac{(x-t)^{n-i-1}}{(n-i-1)!} a_k(t) \varphi(t) dt + \sum_{k=1}^m \lambda^k \int_0^x \int_0^1 H_k(t, s) b_n(x, t) \varphi(s) dt ds = \int_0^x b_n(x, t) f(t) dt \quad (3)$$

7 24353
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Мирзибаева

РЕДАКЦИЯ ЁЕЙ'ƏТИ: З. И. Хəлилов (редактор), Б. Б. Абдуллаев,
Ə. Б. Əлиев, А. Ə. Əфəндизадə, Б. Х. Əфəндиєв, Ю. Б. Мəммəd-
əлиев, С. Ч. Мəһдиєв, М. Ф. Нағыєв (редактор мұавини)

Чапа имзаланмыш 14/X 1958-чи ил. Кағыз форматы 70×108¹/₁₆. Кағыз вəрəги 4,75.
Чап вəрəги 13.Һисс-нəшрийят вəрəги 12,2. ФГ 11796.
Сифариш 446. Тиражы 630.

Азəрбайчан ССР Мəдəнийəт Назирлийини «Гызыл Шəрг» мəтбəəsi.
Бакы, Һəзи Асламов күчəsi, 80.

Ашағыдакы ишарэләри гәбул эдәк:

$$\int_0^x H_k(t,s) b_n(x,t) dt = A_k(x,s) \quad (k=\overline{1,m}) \quad (4)$$

$$\int_0^x b_n(x,t) f(t) dt = F(x) \quad (5)$$

$$\sum_{k=0}^n \sum_{i=0}^k (-1)^{k+i} C_k^i \frac{(x-t)^{n-i-1}}{(n-i-1)!} a_k^{(k-i)}(t) = B(x,t) \quad (6)$$

(4), (5) вә (6)-а көрә (3) тәнлик шәклиндә язылар.

$$a_n(x) \varphi(x) + \int_0^x B(x,s) \varphi(s) ds + \sum_{k=1}^m \lambda^k \int_0^1 A_k(x,s) \varphi(s) ds = F(x). \quad (7)$$

Фәрз эдәк ки, $n \geq m$. Онда айдындыр ки, $A_k(x,s)$ ($k=\overline{1,m}$) функциясының x -ә көрә n -чи тәртіб төрәмәси вар.

$$\lambda^{k-i} \int_0^1 A_{kx}^{(i)}(x,s) \varphi(s) ds = \varphi_{ki}(x) \quad (k=\overline{1,m}) \quad (8)$$

көмәкчи функцияларыны дахил эдәк. Бурада i, k -дан кичик олан истәнилән натурал эдәддир. Әкәр (8)-и x -ә көрә интегралласаг:

$$\lambda^{k-i} \int_0^1 A_{kx}^{(i-1)}(x,s) \varphi(s) ds = \lambda^{k-i} \int_0^1 A_{kx}^{(i-1)}(0,s) \varphi(s) ds + \int_0^x \varphi_{ki}(t) dt \quad (9)$$

олар.

(4)-дән асанлыгла көрмәк олар ки,

$$A_{kx}^{(i-1)}(0,s) = 0 \quad (k=\overline{1,m}), i < k$$

Онда (9)-дан

$$\lambda^{k-i} \int_0^1 A_{kx}^{(i-1)}(x,s) \varphi(s) ds = \int_0^x \varphi_{ki}(t) dt \quad (10)$$

олар.

Бурадан (8)-ә көрә

$$\varphi_{k,i-1}(x) = \lambda \int_0^x \varphi_{ki}(t) dt. \quad (11)$$

$i=1$ олдугда исә (10)-дан

$$\lambda^{k-1} \int_0^1 A_k(x,s) \varphi(s) ds = \int_0^x \varphi_{k1}(t) dt \quad (12)$$

олур.

(12)-ә көрә (3) тәнлийи

$$a_n(x) \varphi(x) + \int_0^x B(x,s) \varphi(s) ds + \lambda \sum_{k=1}^m \int_0^x \varphi_{k1}(t) dt = F(x) \quad (13)$$

шәклиндә язылар.

Бурада $a_n(x) \neq 0$ олдугуну фәрз эдәрәк

$$B_1(x,s) = \frac{B(x,s)}{a_n(x)}, \quad \frac{1}{a_n(x)} = D(x), \quad \frac{F(x)}{a_n(x)} = \Phi(x)$$

гәбул эдәк.

(13)-дән

$$\varphi(x) + \int_0^x B_1(x,s) \varphi(s) ds + \lambda \sum_{k=1}^m \int_0^x D(x) \varphi_{k1}(t) dt = \Phi(x) \quad (14)$$

алыныр.

$i=k-1$ олдугда (8)-дән

$$\lambda \int_0^1 A_{kx}^{(k-1)}(x,s) \varphi(s) ds = \varphi_{k,k-1}(x) \quad (15)$$

алыныр.

(11), (14) вә (15) бирликдә сайы $n' = \frac{m(m-1)}{2} + 1$ олан интеграл тәнликләр системи әмәлә кәтирир.

Бу системә дахил олан ахтарылан функциялары тәзәдән нөмрәләмәклә вә эйнилик кими сыфра бәрабәр олан тәзә функциялар дахил әтмәклә һәммин систем ашағыдакы шәкилдә симметрик олараг язылар:

$$\theta_i(x) + \int_0^1 T_0(x,s) \theta_i(s) ds + \sum_{j=1}^{n'} \int_0^1 T_{ij}(x,s) \theta_j(s) ds = f_i(x) \quad (i=\overline{1,n'}) \quad (16)$$

Белә ки, $T_0(x,s)$, $T_{ij}(x,s)$ ($i,j=\overline{1,n'}$) вә $f_i(x)$ ($i=\overline{1,n'}$) функциялары (11), (14) вә (15) системинә дахил олан функциялар васитәсилә ифадә олу- нур.

Мә'лумдур ки, (16) системи

$$v(x) + \int_0^1 [K_0(x,s) + \lambda k_1(x,s)] v(s) ds = g(x) \quad (17)$$

шәклиндә тәнлийә кәтирилир.

$K_0(x,s)$, $k_1(x,s)$ вә $g(x)$ функциялары $T_i(x,s)$ ($i=\overline{1,n'}$) вә $f_i(x)$ ($i=\overline{1,n'}$) функциялары васитәсилә тә'йин олу- нур.

Беләликлә (А) мәсәләсинин һәлли (17) интеграл тәнлийин һәлли- нә кәтирилир. (17) тәнлийин һәллини билмәклә (16) системин һәллини тапмаг олар.

Әкәр тәрәфдән (16) системи (2) тәнлийә эквивалентдир. Нәһайәт (2) тәнлийи n дәфә дифференциалламаг (А) мәсәләсинин һәллини алырыг.

Демәли (А) мәсәләси илә (17) арасында мүйәйән мә'нада эквивалентлик вар. Тәдгигат нәтижәсиндә ашағыдакы теоремләри тә'риф әтмәк олар.

Теорем I. Әкәр ваһид $K_0(x,s) + \lambda K_1(x,s)$ нүвәсинин характеристик эдәди дейилсә вә $a_n(x) \neq 0$ исә онда (А) мәсәләсинин истәни- лән $f(x)$ үчүн еканә һәлли вар вә һәммин һәлл (17) тәнлийин һәлли васитәсилә гурулур.

Теорем II. Әкәр ваһид $K_0(x,s) + \lambda K_1(x,s)$ нүвәсинин рангы r олан характеристик эдәди вә

$$\int_0^1 f(x) \psi_k(x) dx = 0 \quad \text{исә} \quad (k=\overline{1,r})$$

(А) мәсələсинин r ихтияри сабит сахлаян һәлли вар вә бу һәлләр (17) тәнлийин һәлләри васитәсилә гурулур.

[Бурада $\psi_k(x), \psi(x) = \int_0^1 [K_0(s, x) + \lambda k_1(s, x)] \psi(s) ds$ тәнлийинин хәт-

ти асылы олмаян һәлләридир].

Теорем III. Әкәр ваһидә $K_0(x, s) + \lambda K_1(x, s)$ нүвәсинин характе- ристик әдәди дейилсә вә $a_n(x) \neq 0$ исә онда бирчинсли $(f(x) \equiv 0)$ мәсәләнин ялныз сыфыр һәлли вар.

Теорем IV. Әкәр ваһид $k_0(x, s) + \lambda k_1(x, s)$ нүвәсинин рангы r олан характе- ристик әдәди, $a_n(x) \neq 0$ илә онда бирчинсли мәсәләнин r их- тияри сабит сахлаян һәлләри вар вә бу һәлләр $g(x) \equiv 0$ олмага (17)-нин һәлләри васитәсилә гурулур.

(А) мәсәләси үчүн ашағыдакы гейдләри әдәк:

Әкәр $n < m$ исә онда көстәрилән гайда үзрә (А) мәсәләсинин һәл- ли нүвәси параметрә көрә $(m - n)$ дәрәчәли полином олан интеграл тәнлийин һәллине кәтирилер.

Әкәр:

$$\lambda a_0(x) \varphi(x) + \varphi^{(n)}(x) + \sum_{k=1}^m \lambda^k \int_0^1 H_k(x, s) \varphi(s) ds = f(x)$$

шәклиндә олан тәнлик үчүн Коши мәсәләси гоюларса, онда һәммин мәсәләнин һәлли Фредһолм интеграл тәнлийинин һәллине кәтирилер.

Әкәр (1)-ә дахил олан $\varphi^{(k)}(x)$ әвәзинә $b_k(x) \varphi^{(k)}(x)$ көтүрүләрсә, һәм- чинин һәммин мәсәләнин һәлли (17) тәнлийин һәлли шәклине кәтири- ләр.

А. Ш. Габиб-Заде

Задача Коши для одного класса линейных интегродифференциальных уравнений с ядром в виде полинома относительно параметра

РЕЗЮМЕ

В статье исследуются решения уравнения

$$\sum_{k=0}^n a_k(x) \varphi^{(k)}(x) + \sum_{k=1}^m \lambda^k \int_0^1 H_k(x, s) \varphi(s) ds = f(x), \quad (1)$$

удовлетворяющие условиям

$$\varphi^{(k)}(0) = 0 \quad (k = \overline{0, n-1}). \quad (2)$$

Решения задачи (1), (2) приводятся к решениям уравнения

$$v(x) + \int_0^1 [k_0(x, s) + \lambda k_1(x, s)] v(s) ds = g(x). \quad (3)$$

С помощью уравнения (3) доказывается несколько теорем, харак- теризующих решения задачи (1), (2).

З. А. ƏЛИЯРОВА, Н. Б. АБДУЛЛАЕВ

БИР НЕЧƏ ƏЛЕМЕНТИН СЕЛЕН ДАХИЛИНДƏ ДИФФУЗИЯСЫНЫҢ ТƏДГИГИ

Ярымкечиричилəрин электриккечирмә, истиликкечирмә, фотокечи- ричилийн вә б. физики хассәләринин кәнар ашгар атомларына чох һәссас олмасы, онларын хассәләрини дәйишмәйә вә бундан әлм вә тех- никанын бир чох сәһәләриндә истифадә әтмәйә имкан верир.

Тәчрүбә көстәрир ки, атомларын метал электродлардан диффузия- сы вә ашгарларын ярымкечиричиләрдә пайланмасы ярымкечиричи дүз- ләндиричилəрин, күчләндиричилəрин, термоэлектрокенераторларын вә башга чиһазларын параметрләрини (дүз чәрәянын сыхлығы вә әкс чә- рәянын температур әмсалы, тутум) дәйишдирир [1,3].

Селен дүзләндиричиси истеһсалында дүз чәрәяны артырмаг мәгсә- дилә ярымкечиричийә һаллокенләр дахил әдилир.

Электрик формовкасыны асанлашдырмаг үчүн селен тәбәгәси үзә- ринә назик күкүрд тәбәгәси, онун үзәринә исә дахилиндә кадмиум олан катод әринтиси чәкилир. Сәһ тәбәгәсиндә күкүрд атомлары бә'зи селен атомларыны әвәз әдәрәк селен-күкүрд гәфәси әмәлә кәтирир. Формовка заманы дүзләндиричидән кечән чәрәян ону гыздырараг күкүрд вә кадмиум атомларынын селен дахилинә диффу- зиясы үчүн шәраит ярадыр. Бунунла әлагәдар олагаг бағлайычы тәбәгәнин мүгавимәти дәйишир.

Кристаллизасия заманы узун селен зәнчирләри илә янашы зәнчир- ләрә дахил олмаян ашгарлар вә атомлар яраныр.

Селенин өз-өзүнә диффузиясыны өйрәнмәк бу атомларын гәфәс үзрә һәрәкәт механизмини ашкара чыхармаға имкан верә биләр.

Бә'зи селен дүзләндиричиләрини һазырламаг үчүн дәмил лөвһә үзәринә 60—80 р галынлығында селен тәбәгәси чәкилир.

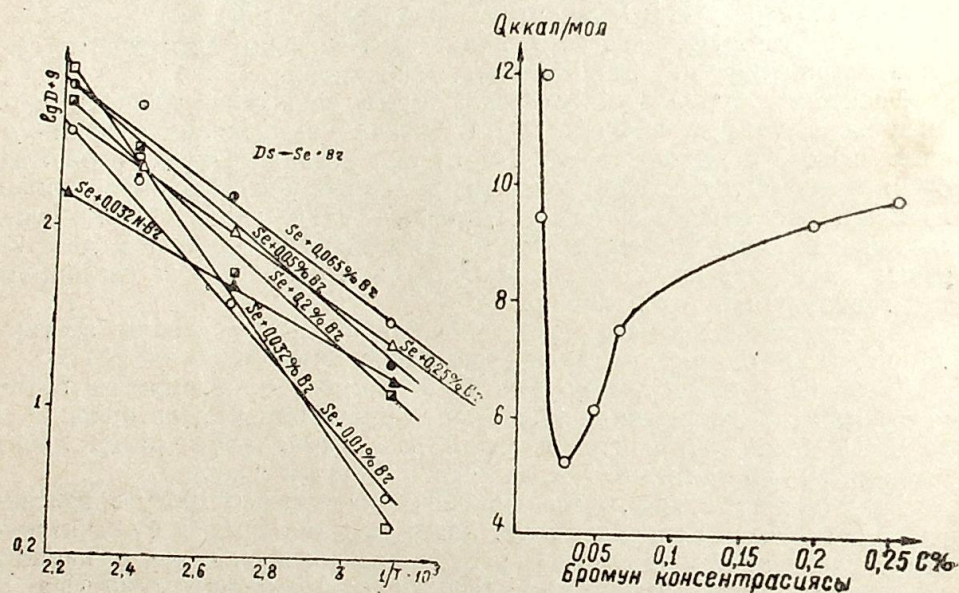
Гейд олундуғу кими, дүзләндиричинин икинчи электроду ичәрисин- дә кадмиум олан әринтидән олур. Кадмиум атомларынын бу электрод- дан селен дахилинә диффузия әтмәси нәтичәсиндә селендә һәмишә кадмиум атомлары мөвчуд ола биләр, бу исә дәмилрин селенә диффу- зиясына вә селенин өз-өзүнә диффузиясына тә'сир әдир; һәмчинин дүзләндиричинин характеристикасыны дәйишдирир. Беләликлә, яхшы характеристикалы дүзләндиричи алмаг кадмиум атомларынын дәмил- рини селенә диффузиясына вә селенин өз-өзүнә диффузиясына тә'си- рини өйрәнмәйи тәләб әдир.

Бу мәгсәдлә ашағыдакы радиоактив изотоплардан истифадә олун- мушдур: ярымпарчаланма дөврү $t_{1/2} = 87$ күн олан күкүрд — S^{35} , ярым- парчаланма дөврү $t_{1/2} = 47$ күн олан дәмил — Fe^{59} , ярымпарчаланма дөврү $t_{1/2} = 127$ күн олан селен — Se^{75} .

Ашгарлы селен нүмунэләри һазырланаркән әримә заманы селен вә я дахил олуна ашгарларын оксидләшмәсини арадан галдырмаг үчүн тәмизлийн 99,996% олан селен вә ашгар (бром, кадмиум) ичәрисиндә һавасы 10^{-3} мм чивә сүтуну тәзийгинә гәдәр чыхарылмыш молибден бору ичәрисинә ерләшдирилмиш, бромла гарышыг селен 300°C температурда, кадмиумла гарышыг селен исә 400°C температурда әридилмишдир. Әримә заманы гарышыг яхшы гарышдырылмышдыр. Нүмунәләр союдулдугдан сонра, 200°C температурда кристаллашдырылмышдыр. Бундан сонра шүшә бору сындырылараг селен бәрк шәкилдә чыхарылмыш вә һәр ики тәрәфи һамарланыб чилаланмышдыр.

Радиоактив күкүрд вә селен айрылыгда күкүрд-карбонда һәлләдилмиш, уйгун олараг бром ашгарлы вә кадмиум ашгарлы селен үзәринә чәкилмишләр. Күкүрд-карбон бухарланмыш, радиоактив атомлар исә селен үзәриндә чөкүб галмышдыр. Fe^{59} хлор туршусунда һәлләдилмиш вә электролиз үсулу илә кадмиум ашгарлы селен үзәринә чәкилмишдир. Диффузия кетмәси үчүн нүмунәләр $50\text{--}200^{\circ}\text{C}$ температур аралыгында $5\text{--}20$ саат мүддәтиндә гыздырылмышдыр. Диффузия әмсалы лайларын чыхарылмасы үсулу илә апарылмышдыр [5].

Чыхарылан лайларын фәаллыгы— I һейһер-Мүллер һесаблайычысы илә сайылмыш вә алынан гиймәтләре әсасән $\lg I$ илә лайларын галынылыгынын— x квадраты арасында график гурулмуш вә алынан дүз хәттин абсис оху илә әмәлә кәтирдийн бучагдан истифадә эдәрәк, диффузия әмсалы тапылмышдыр.



1-чи шәкил.

Күкүрдүн мухтәлиф фаизли бром ашгарлы селендә диффузия әмсалынын температурдан асылылыгы.

2-чи шәкил.

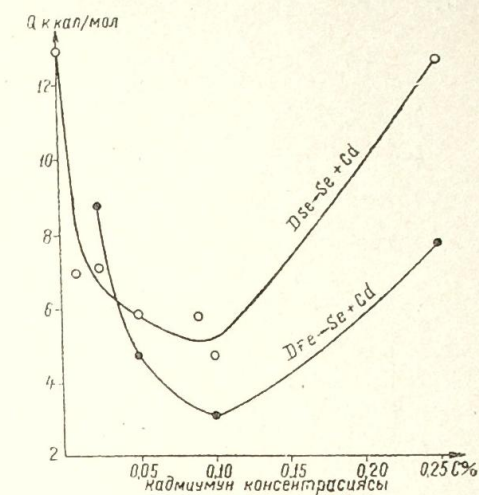
Күкүрдүн селен диффузиясында фәаллашма энержисинин бромун мигдарындан асылылыгы.

1-чи шәкилдә $\lg D - \frac{10^3}{T}$ координатларында диффузия әмсалынын температурдан асылылыгы верилмишдир. Бу шәкилдә олдуғу ким

тәдгиг олуна бүтүн һалларда селен дахилиндә бром вә кадмиумун мигдары дәйишдикчә дүз хәттин абсис охуна көрә мейли дә дәйишир, бу исә диффузия просесинин фәаллашма энержисинин дәйишмәсини көстәрир. Мейл бучагларынын гиймәтинә әсасән фәаллашма энержисинин бромун концентрациясындан асылылыгы тапылмышдыр (2 вә 3-чү шәкилләр). Алынан нәтичәләрин мугайисәси көстәрир ки, тәдгиг олуна элементләрин селендә диффузия сурәтинин тәртиби 10^{-11} олдуғу һалда, күкүрдүнкү 100 дәфә чох олуб, 10^{-9} тәртибиндәдир.

Белә фәрз олуна ки, күкүрд атомлары селен кристалларынын сәрһәдләри үзрә һәрәкәт эдир, белә ки, бу һалда потенциал чәпәрини ашмаг үчүн аз энержи сәрф олуна.

Селен вә дәмир атомлары исә кристалларын ичәрисин илә һәрәкәт эдир.



3-чү шәкил.

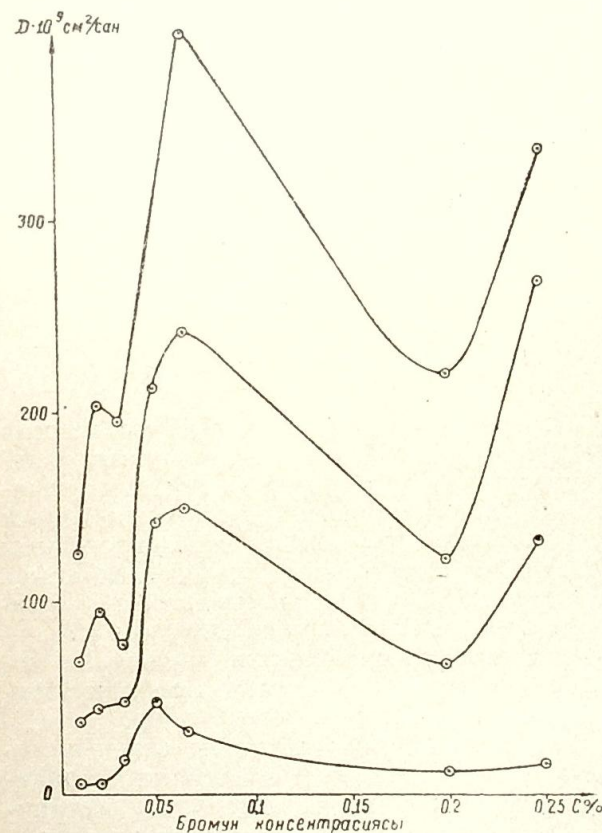
Селенин өз-өзүнә диффузиясы вә дәмирин селенә диффузиясы үчүн фәаллашма энержисинин кадмиумун мигдарындан асылылыгы.

4 вә 5-чи шәкилләрдән көрүнүр ки, диффузия сурәти ашгарларын мигдары дәйишдикчә дәйишир.

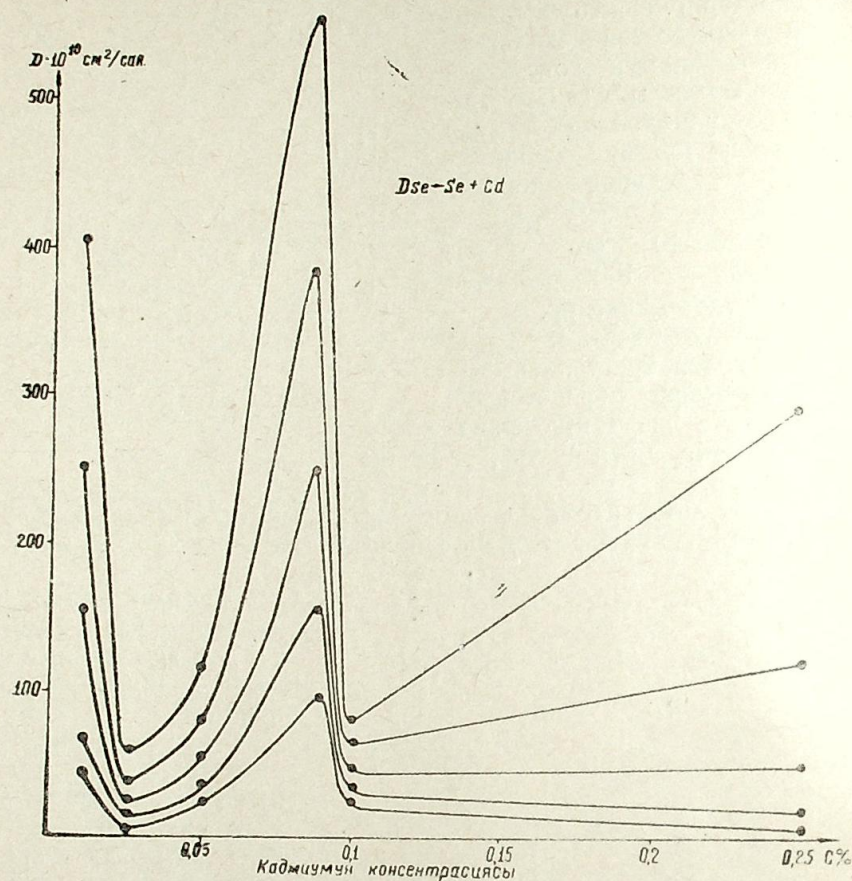
Бүтүн температурларда бромун мигдары $0,065\%$ -ә чатана гәдәр S -ин Se -ә диффузия әмсалы артыр вә сонра азалыр, $0,2\%$ -дә минимум гиймәт аландан сонра енидән артыр. Нәтичәләрин мугайисәсиндән белә чыхыр ки, дәмирин диффузиясы үчүн йохланылмаян ики нөгтәдән башга дәмирин селенә диффузиясы вә селенин өз-өзүнә диффузия әмсалынын кадмиумун мигдарындан асылылыг әйриләринин өзүнү апармасы бүтүн нөгтәләрдә әйнидир (5-чи шәкил).

4-чү шәкил.

Күкүрдүн селенә диффузия әмсалынын бромун селендәки мигдарындан асылылыгы.



Селенин өз-өзүнө диффузиясы үчүн айри кадмиумун 0,09% гийматиндө бир максимум биринчи 0,025%-дө, икинчи 0,1%-дө ол-магла ики минимума маликдир.



5-чи шәкил.

Селенин өз-өзүнө диффузия эмсалынын кадмиумун мигдарындан асылдыгы.

2-чи шәкилдән көрүнүр ки, бромун мигдары артдыгча фэаллашма энержиси азалыр, 0,032%-дө минимума чатдыгдан сонра артама баш-лаяраг дойма гийматинө яхынлашыр. Бу надисәйә ашагыдакы изаһа-ты вермәк олар. Бром 0,032 %-ә чатана кими селенин кристал гәфәси ичәрисинә атом шәкилдә дахил олур вә гәфәсин деформасиясыны ярадарәг ону юмшалдыр. Бу исә фэаллашма энержисинин азалмасына сәбәб олур. Бромун мигдары артдыгча атомлар арасында тәсир гүв-вәси чоһалыр вә бир һиссә Вг, молекулалары әмәлә кәтириләр.

Молизасия заманы бә'зи Вг атомларынын ики-ики бирләшиб, мо-лекула әмәлә кәтирмәси гәфәс дахилиндә дефектләрин сайыны азал-дыр. Бу исә фэаллашма энержисинин артмасына сәбәб олур.

3-чү шәклә көрә, демәк олар ки, кадмиум ашгарлы селен нүм-нәләри ичәрисинә айры-айрылыгда ики мүхтәлиф элементин атомла-рынын диффузия әтмәсинә баһмаяраг, әйриләрин минимума кадмиу-мун әйни гийматиндә алыныр. Бу, көстәрир ки, һәр ики һалда диф-

фузия әйни бир механизм үзрә кедир. Бу һадисәни белә изаһ әтмәк олар. Радиусу 1,33 Å олан кадмиум атомлары кадмиумун консен-трасиясы аз оларкән селен гәфәсинә дахил олур вә ону юмшалдарәг бир таразлыг вәзийәтиндән башгасына кечмәк үчүн лазым олан әнер-жинин гиймәтини селенин өз-өзүнә диффузиясы үчүн 12890 кал/мол-дан 4624 кал/мол гиймәтинә кими, демирин диффузиясы үчүн исә 3174 кал/мол гиймәтинә гәдәр азалдыр.

Кадмиумун бөйүк гиймәтләриндә Cd атомлары селен гәфәсинин дүйүмләриндә олан бош ерлери тутур вә селен атомлары илә олан әлагәни мөһкәмләдәрәк CdSe әмәлә кәтирил. Бу һалда гәфәс дахи-линдә дефектләрин сайы азалдыгы үчүн Q-нүн гиймәти артыр. $D = D_0 e^{-\frac{Q}{RT}}$ дүстуруна әсасән Q-нүн артмасы D-нин азалмасына вә әк-синә сәбәб олмалыдыр. Апарылан тәчрүбәләрдә исә бу там мә'насилә мүшәһидә олунмур. Бу ону көстәрир ки, тәк фэаллашма энержиси илә диффузия һадисәсини изаһ әтмәк олмаз. һадисәни там изаһ әтмәк үчүн араларында ашагыдакы асылылыг олан ики фактор энтропия вә фэаллашма энержисиндән истифадә әтмәк лазымдыр.

$$D = e^{-\frac{\Delta S}{K}} \cdot \frac{Qd^2}{N \cdot h} \cdot \frac{1}{2,72} \cdot e^{-\frac{Q}{RT}}$$

Бурада: k—газ сабити, Q—фэаллашма энержиси, N—Авагадро әдәди, h—Планк сабити, T—мүтләг температур, ΔS —энтропиядыр. Тәчрүбә-дән алынан гиймәтләрә әсасән һесапланмыш D_0 вә Q-нү биләрәк бу дүстурдан ΔS һесапланыр.

Алынан нәтичәләр 1, 2 вә 3-чү чәдвәлдә көстәрилир. 6-чы шәкил-дән көрүндүйү кими S-ин Se-дә диффузиясы заманы бромун мигдары

1-чи чәдвәл

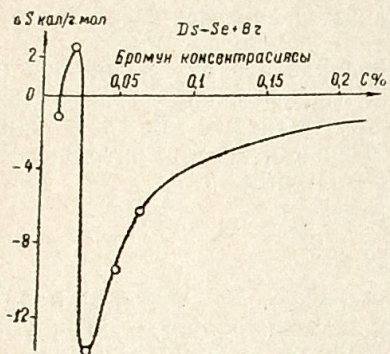
Бромун селендә %-лә мигдары	Фэаллашма энержиси Q, $\frac{\text{кал}}{\text{мол}}$	D_0 , $\frac{\text{см}^2}{\text{сан}}$	Энтропия ΔS , $\frac{\text{кал}}{\text{г. мол}}$
0,01	9854	$3,26 \cdot 10^{-2}$	-2,31
0,02	11972	$4,55 \cdot 10^{-1}$	2,51
0,032	5158	$4,71 \cdot 10^{-5}$	-13,97
0,05	6126	$5,24 \cdot 10^{-4}$	-9,54
0,065	7466	$3,33 \cdot 10^{-3}$	-6,28
0,2	8659	$7,49 \cdot 10^{-2}$	-0,41
0,25	9580	$4,40 \cdot 10^{-2}$	-1,66

2-чи чәдвәл

Бромун селендә %-лә мигдары	Фэаллашма энержиси Q, $\frac{\text{кал}}{\text{мол}}$	D_0 , $\frac{\text{см}^2}{\text{мол}}$	Энтропия ΔS , $\frac{\text{кал}}{\text{г. мол}}$
0,00	6909	$4,31 \cdot 10^{-4}$	-3,16
0,025	7164	$7,16 \cdot 10^{-5}$	-13,69
0,05	5985	$2,78 \cdot 10^{-5}$	-15,30
0,09	5435	$7,67 \cdot 10^{-5}$	-13,10
0,1	4624	$5,18 \cdot 10^{-6}$	-18,98
0,25	12660	$6,9 \cdot 10^{-2}$	-1,33

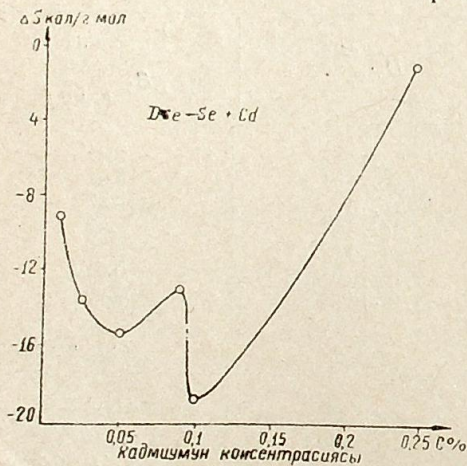
3-чу қадвал

Бромун селендә %-лә мигдары	Фәаллашма энергисы Q , $\frac{\text{кал}}{\text{мол}}$	D , $\frac{\text{см}^2}{\text{сан}}$	Энтропия ΔS , $\frac{\text{кал}}{\text{г. мол}}$
0,025	8873	$5,56 \cdot 10^{-3}$	-5,6
0,05	4783	$9,08 \cdot 10^{-6}$	-17,27
0,1	3177	$9,77 \cdot 10^{-7}$	-20,67
0,25	7642	$9,8 \cdot 10^{-6}$	-17,85



6-чы шәкил.

Күкүрдүн селендә диффузиясы үчүн энтропиянын бром фаизләриндән асылылыгы.



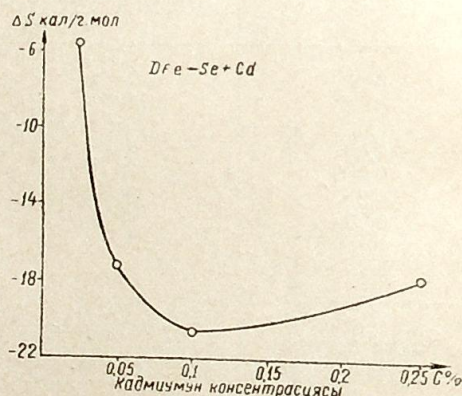
7-чи шәкил.

Селенин өз-өзүнә диффузиясы үчүн энтропиянын кадмийун мигдарындан асылылыгы.

0,02%-ә чатана кими энтропия артыр. Бундан сонра азалыр, 0,032%-дә минимум гиймәт аландан сонра D кими артмаға башлайыр.

ΔS -ин артмасы гәфәсдә лазыми дүзүлүшүн позулмасыны көстәир, бу исә D -нин артмасына сәбәб олмалыдыр. Йә'ни ΔS -ин артмасы вә Q -нүн азалмасы D -ни артырыр. ΔS —азалмасы гәфәсдә дүзләшмәнин яхшылашдыгыны көстәир, бу исә D -нин азалмасына сәбәб олмалыдыр. Ялныз бунунла янашы оларга Q дә артдыгындан диффузия сүр'әти азалмалыдыр. Демәк бу халда да ΔS -ин азалмасы вә Q -нүн артмасы D -ни азалдыр.

Тәчрүбә көстәир ки, башга чүр дә олур. Йә'ни ΔS -ин вә һәмчинин Q -нүн артмасы D -ни артырыр [6,8].



8-чи шәкил.

Дәмирин селендә диффузиясы үчүн энтропиянын кадмийун селендәки мигдарындан асылылыгы.

Бу һадисә бизим ишдә дә мүшәһидә олунур. 7-чи шәкилдә селенин өз-өзүнә диффузиясы үчүн 8-чи шәкилдә исә Fe-ин Se-ә диффузиясы үчүн ΔS -ин кадмийун консетрасиясын-

дан асылылыгы верилмишдир. Биринчи халда ΔS бром 0,05% гиймәт алана гәдәр азалыр. Бу, о демәкдир ки, диффузия сүр'әтинин азалмасы бу халда ΔS -ин йох, Q -нүн артмасы һесабына олур. Көрүндүйү кими дәмирин селендә диффузия сүр'әтинин артмасы вә азалмасы ΔS -ин дәйишмәси һесабына олур. Беләликлә, нә Q , нә дә ΔS айрылдыгда йох, ялныз бирлилдә көтүрүлдүлдә диффузия һадисәсини там изаһ эдә биләрләр.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Абдуллаев Г. Б. „Изв. АН Азерб. ССР“, 2, 1956.
2. Ахундов Г. „ДАН Азерб. ССР“, 3, 1958.
3. Башшалиев А. и Абдуллаев Г. Б. „Изв. АН Азерб. ССР“, 2, 1957.
4. Геллер. Полупроводники в физике и технике. 1958.
5. Лбов А. А. Усп. физ. наук, 1950, X 11, 3.
6. Герцрыкен С., Дехтяр Н. ЖТФ, 1917, XVII, 8.
7. Герцрыкен С., Дехтяр Н. ЖТФ, 1950, XX, 1.
8. Герцрыкен С., Дехтяр Н. ЖТФ, 1950, XX, 8.

З. А. Алиярова, Г. Б. Абдуллаев

Исследование диффузии некоторых элементов в селене

РЕЗЮМЕ

В работе были исследованы влияние примесей брома на диффузию серы в селене и влияние примесей кадмия на самодиффузию селена и диффузию железа в селене.

Для этой цели использовались следующие радиоактивные изотопы: сера S^{35} с периодом полураспада $t_{1/2} = 87$ дней, железо Fe^{59} с периодом полураспада $t_{1/2} = 47$ дней, селен — Se^{75} с периодом полураспада $t_{1/2} = 127$ дней.

Коэффициенты диффузии были определены методом снятия слоев. Образцы, содержащие разные проценты примесей, изготовлялись в виде цилиндра диаметром 8—10 мм. После кристаллизации при $200^\circ C$ на одну из поверхностей наносились радиоактивные атомы исследуемых элементов.

Диффузионный отжиг производился в интервале температур $50—180^\circ C$ в течение 5—20 часов. После этого с поверхности снимались параллельные слои и на каждом слое измерялась активность.

По этим данным определялись коэффициенты диффузии, энергия активации и некоторые другие диффузионные параметры.

В результате исследования были получены следующие результаты.

1. Атомы серы перемещаются по границам кристалликов селена, а атомы остальных элементов — по узлам.

2. Во всех температурах, до введения 0,065 % брома в селен, коэффициент диффузии серы в селене увеличивается, потом уменьшается до 0,2 %, затем опять возрастает. С увеличением концентрации брома энергия активации также уменьшается, достигая минимума при 0,032 % брома, а затем возрастает и при больших концентрациях доходит почти до насыщения.

3. Ход зависимостей коэффициентов самодиффузии селена и диффузии железа в селене от концентрации кадмия кроме двух средних точек, не проверенных для диффузии Fe в Se, качественно совпадает, т. е. с увеличением концентрации кадмия D сперва убывает, затем увеличивается.

4. При одной и той же концентрации кадмия получают минимумы кривых, показывающих зависимость энергии активации самодиффузии селена и диффузии железа в селене от концентрации кадмия.

Э. Х. ХЭЛИЛОВ, Э. Ю. САЛАЕВ

БЭ'ЗИ ПОЛИАКТИВАТОРЛУ ФОСФОРЛАРЫН ҺЭЙЭЧАНЛАНДЫРМА СПЕКТРЛЭРИНЭ γ ВЭ РЕНТКЕН ШҰАЛАРЫНЫН ТЭ'СИРИНИН ТЭДГИГИ

Мә'лумдур ки, ярымкечиричиләрдә мұхтәлиф микродефектләрә уйғун кәлән мұхтәлиф сәвийәләрин (дешикли вә электронлу) тәбиәтинин вә онларын гадаған олунмуш золагда ерләшмәсинин тәдгиги мұһүм әһәмийәтә маликдир. Бу мәгсәдлә γ вә ренткен шұалары илә һәйәчанландырылмыш кристалларда әсас вә әлавә удма спектрләрини әйрәнирләр [1—3].

Лакін лүминесценсия верән кристаллар үчүн тутулма мәркәзләринин тәдгиги мәгсәдилә лүминесценсияны һәйәчанландырма спектрләринин әйрәнилмәси ән эффектив үсулардан биридир.

Лүминесценсияны һәйәчанландырма спектрләринин әйрәнилмәси әсас вә әлавә удма спектрләринин әйрәнилмәси илә бирликдә истилик флүктуациясы вә кристала мұхтәлиф фәаллашдыран вә фәаллашдырмаян ашгарлар дахил әдилдикдә алынған микродефектләрин тәбиәтини әйрәнмәйә имкан верир. Бу мәгалә тутулма мәркәзләринин тәдгиги мәгсәдилә $KCl + AgCl + TeCl$, $KCl + AgCl + CuCl$, $KCl + TeCl + CuCl$ монокристалларынын һәйәчанланма спектрләринә γ вә ренткен шұаларынын тә'сирини әйрәнмәйә һәср әдилмишдир. Монокристаллар Киропулос үсулу илә алынмышдыр. Фәаллашдырычынын концентрациясы 0,1 мол % олмушдур. Алынған монокристаллардан $1 \times 12 \times 25$ мм өлчүсү олан нүмунәләр һазырланмышдыр. Һәйәчанландырма спектрләри СФ-4 спектрофотометри үзәриндә бизим йығдығымыз әлавә гурғуда өлчүлүшдүр. Кристаллары ренткен шұалағы илә һәйәчанландырмагдан өтрү волфрам борусу көтүрүлүшдүр. Боруда кәркинлик 45 кВ, чәрәянын шиддәти исә 10 тА олмушдур. γ шұалары мәнбәи олараг 2,5 күри фәаллығы олан Co^{60} көтүрүлүшдүр.

Тәдгиг олунған монокристалларын һәйәчанландырма спектрләри 1, 2, 3, 4, 5 вә 6-чы шәкилләрдә көстәрилмишдир (бурада „а“ һәрфи илә γ вә ренткен шұалары илә һәйәчанланмамыш фосфорларын лүминесценсиясыны һәйәчанландырма спектрләри „б“ һәрфи илә γ вә ренткен шұалары илә һәйәчанланмыш фосфорларын һәйәчанландырма спектрләри ишарә олунмушдур. Шәкилләрдәки әйриләрдән көрүнүр ки, кристалы γ вә ренткен шұалары илә һәйәчанландырдыгда алынған золағларын максимумлары бир-биринин үзәринә дүшүр.

Тәмиз KCl монокристалынын 200 тм-дан 1100 тм-а гәдәр һеч бир лүминесценсия һәйәчанландырма золағына малик олмадығыны нәзәрә алсаг 1, 2, 3, 4, 5 вә 6-чы шәкилләрин „а“ әйриләриндән белә нәтичә чыхармаг олар ки, $\lambda > 200$ тм областында алынған золағлар Ag,

Э. Х. ХЭЛИЛОВ, Э. Ю. САЛАЕВ

БЭ'ЗИ ПОЛИАКТИВАТОРЛУ ФОСФОРЛАРЫН ҺӘЙӘЧАНЛАНДЫРМА СПЕКТРЛЭРИНЭ γ ВЭ РЕНТКЕН ШҮАЛАРЫНЫН ТӘ'СИРИНИН ТӘДГИГИ,

Мә'лумдур ки, ярымкечиричиләрдә мүхтәлиф микродефектләрә уйғун кәлән мүхтәлиф сәвиййәләрин (дешикли вә электронлу) тәбиәтинин вә онларын гадаған олунмуш золагда ерләшмәсинин тәдгиги мүһүм әһәмнийәтә маликдир. Бу мәгсәдлә γ вә ренткен шүалары илә һәйәчанландырылмыш кристалларда әсас вә әлавә удма спектрләрини әйрәнирләр [1—3].

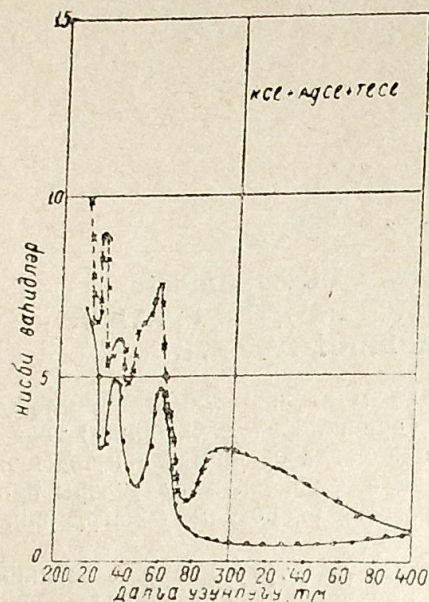
Лакын лүминесценсия верән кристаллар үчүн тутулма мәркәзләринин тәдгиги мәгсәдилә лүминесценсияны һәйәчанландырма спектрләринин әйрәнилмәси ән эффектив үсулардан биридир.

Лүминесценсияны һәйәчанландырма спектрләринин әйрәнилмәси әсас вә әлавә удма спектрләринин әйрәнилмәси илә бирликдә истилик флүктуациясы вә кристала мүхтәлиф фәаллашдыран вә фәаллашдырмайан ашгарлар дахил әдилдикдә алынған микродефектләрин тәбиәтини әйрәнмәйә имкан верир. Бу мәгалә тутулма мәркәзләринин тәдгиги мәгсәдилә $KCl + AgCl + TeCl$, $KCl + AgCl + CuCl$, $KCl + TeCl + CuCl$ монокристалларынын һәйәчанланма спектрләринә γ вә ренткен шүаларынын тә'сирини әйрәнмәйә һәср әдилмишдир. Монокристаллар Киропулос үсулу илә алынмышдыр. Фәаллашдырычынын концентрациясы 0,1 мол % олмушдур. Алынған монокристаллардан $1 \times 12 \times 25$ мм өлчүсү олан нүмунәләр һазырланмышдыр. Һәйәчанландырма спектрләри СФ-4 спектрофотометри үзәриндә бизим йығдығымыз әлавә гурғуда өлчүлмүшдүр. Кристаллары ренткен шүалағы илә һәйәчанландырмагдан өтрү волфрам борусу көтүрүлмүшдүр. Боруда кәркинлик 45 кВ, чәрәянын шиддәти исә 10 та олмушдур. γ шүалары мәнбәи олараг 2,5 күри фәаллығы олан Co^{60} көтүрүлмүшдүр.

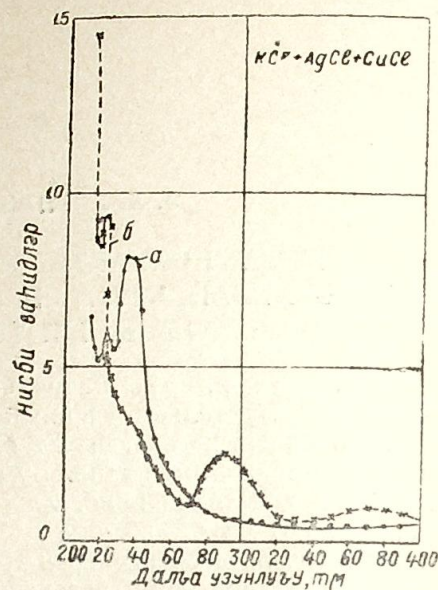
Тәдгиг олунан монокристалларын һәйәчанландырма спектрләри 1, 2, 3, 4, 5 вә 6-чы шәкилләрдә көстәрилмишдир (бурада „а“ һәрфи илә γ вә ренткен шүалары илә һәйәчанланмамыш фосфорларын лүминесценсиясыны һәйәчанландырма спектрләри „б“ һәрфи илә γ вә ренткен шүалары илә һәйәчанланмыш фосфорларын һәйәчанландырма спектрләри ишарә олунмушдур. Шәкилләрдәки әйриләрдән көрүнүр ки, кристалы γ вә ренткен шүалары илә һәйәчанландырдыгда алынған золағларын максимумлары бир-биринин үзәринә дүшүр.

Тәмиз KCl монокристалынын 200 $m\mu$ -дан 1100 $m\mu$ -а гәдәр һеч бир лүминесценсия һәйәчанландырма золағына малик олмадығыны нәзәрә алсаг 1, 2, 3, 4, 5 вә 6-чы шәкилләрин „а“ әйриләриндән белә нәтичә чыхармаг олар ки, $\lambda > 200 m\mu$ областында алынған золағлар Ag ,

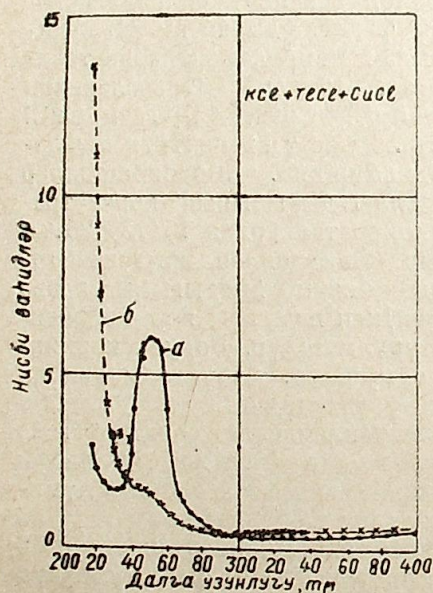
Те вэ Си ашгарларыны монокристалла дахил этдикдэ алынган тутулма мэркэзлэриндэ ерлэшэн электронларын һэйэчанланмасы илэ элагэдардыр. Һәмин шәкиллэрин „б“ әйрисиндән көрүнүр ки, монокристал-



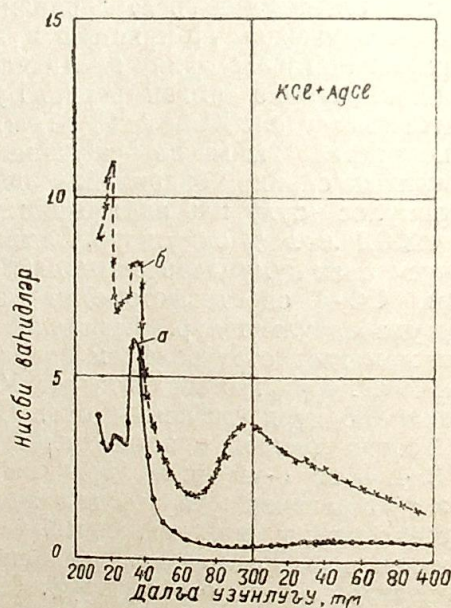
1-чи шәкил.



2-чи шәкил.



3-чү шәкил.

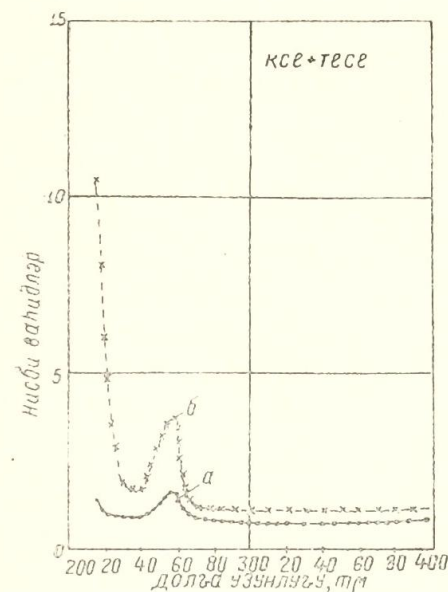


4-чү шәкил.

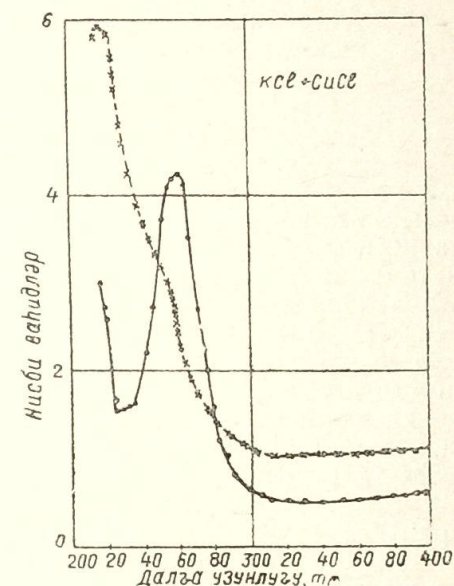
лары ү вэ ренткен шүалары илэ һэйэчанландырдыгда ени һэйэчанланма золаглары әмәлә кәлир. Бу чүр һэйэчанландырма зоагларынын әмәлә кәлмәси, көрүнүр ки, фәаллашдырычы ион әтрафында ерлә-

шән микродефектлэрин гадаған олуи муш золагда әмәлә кәтирдийи локал сәвиййәләрдә топлашан электронларын һесабына әмәлә кәлир.

Беләликлә ү вэ ренткен шүалары илэ һэйэчанланмыш кристалларын һэйэчанланма спектрлэринин мүрәккәбләшмәси, ү вэ ренткен шүалары илэ һэйэчанланмамашдан әввәл мөвчуд олан микродефектләрлә ү вэ ренткен шүалары илэ һэйэчанландырдыгдан сонра



5-чи шәкил.



6-чы шәкил.

әмәлә кәлән микродефектлэрин гаршылыгылы тәсири нәтижәсиндә әмәлә кәлмишдир ки, бу да кристалын гадаған әдилмиш золагында олан тутма сәвиййәлэринин сайыны вэ ерләшмәсини дәйишмәси илэ элагэдардыр. Тәдгиг олуиан фосфорларын һэйэчанландырма зоагларынын максимумуна көрә кристалын гадаған әдилмиш золагында тутма сәвиййәлэрин дәринлийи һесапланмышдыр.

Бизим өлчүләримизин көстәрдийи кими, тәдгиг олуиан кристалларда көрүнән шүаланманын һэйэчанланмасынын спектрал пәйланмасы ү вэ ренткен шүалары илэ һэйэчанланмадан әввәл вэ сонра һәмин кристалларын удма спектрлэрини тәкпар әдир. Икиактиваторлу фосфорларын һэйэчанланма спектрини—бириактиваторлу фосфорларын спектрлэри илэ тутушдурдыгда көрүрүк ки, бу фосфорлара икинчи активатор атому дахил әдилдикдә көстәрилән фосфорун һэйэчанланма спектриндә зоаглар мүрәккәбләшир вэ онларын интенсивлийи артыр.

Бу, ашгар микродефектлэринин гаршылыгылы тәсирилә изаһ олуиан биләр. Беләликлә, бир вэ икиактиваторлу фосфорларын һэйэчанландырма спектрлэринин өйрәнилмәси үсулу әләвә удма үсулуиу контрол этмәйә вэ монокристалларда истилик вэ ашгар микродефектлэрин олмасындан әмәлә кәлән локал сәвиййәлэрин ерләшмә дәринлийи һаггында дәгиг мәлүмат алмаға имкан верир.

Бундан башга көстәрилән үсулла гәфәсдә истилик флүктүасиясы нәтижәсиндә вэ мүхтәлиф ашгар дахил әдилмәси нәтижәсиндә әмәлә кәлән мүхтәлиф микродефектлэрин гаршылыгылы тәсириинин олмасыны вэ характерини ашкара чыхармаг олур.

ЭДЭБИЙЯТ

1. Лушик Ч. Б. Диссертация. Л., 1954.
2. Парфювич И. А. „Изв. АН СССР“, 1952, 13.
3. Кац М. Л. „ЖЭТФ“, 1952, т. 23, 720; „ДАН СССР“, 1952, 85, 757; „ДАН СССР“, 1952, 85, 135; „ДАН СССР“, 1954, 96, 253.

А. Х. Халилов, Э. Ю. Салаев

Исследование влияния γ - и рентгеновских лучей на спектры возбуждения некоторых полиактиваторных фосфоров

РЕЗЮМЕ

Как известно, исследование природы и расположения центров захвата (электронных и дырочных), соответствующих различным микродефектам в полупроводниках, имеет существенное значение для науки и техники. С этой целью для прозрачных образцов применяют метод изучения спектров добавочного поглощения кристаллов, возбужденных γ - и рентгеновскими лучами. Обзор таких работ приведен в [1—3].

Однако для кристаллов, способных люминесцировать, с этой целью можно применять эффективный метод изучения спектров возбуждения люминесценции, который, вместе с данными о спектрах добавочного поглощения, позволяет полнее изучить свойства микродефектов, возникающих в кристаллах, тепловыми флюктуациями введением в кристалл различных активирующих и неактивирующих примесей.

В настоящей работе с целью исследования центров захвата изучено влияние рентгеновских и γ -лучей на спектры возбуждения фосфоров $KCl+AgCl+TlCl$, $KCl+AgCl+CuCl$, $KCl+TlCl+CuCl$. Монокристаллы были выращены методом Киропулоса с концентрацией активатора один моль процентов в расплаве. Спектры возбуждения были изучены на спектрофотометре СФ-4 со специальной приставкой, изготовленной нами. Кривые возбуждения приводятся на рис. 1—6, где буквами a и b обозначены спектры возбуждения люминесценции фосфоров, предварительно необлученных и облученных γ - и рентгеновскими лучами.

Из сравнения спектров возбуждения полиактиваторных и одноактиваторных фосфоров видно, что введение второго активатора несколько усложняет и усиливает полосы в спектрах возбуждения указанных одноактиваторных фосфоров, что связано, по-видимому, с взаимодействием примесных микродефектов.

Таким образом, метод изучения спектров возбуждения одно- и полиактиваторных фосфоров позволяет контролировать метод добавочного поглощения и получить достоверные сведения о глубине расположения локальных уровней, обусловленных тепловыми и примесными микродефектами монокристаллов.

Кроме того, указанным методом можно выявить наличие и характер взаимодействия различных микродефектов, возникающих в результате тепловых флюктуаций решетки и введения различных примесей.

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ НАУК, 1958, № 5

С. З. ОМАРОВ

ФОРМУЛЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ И АБЕРРАЦИИ

На положение звезд на пластинке влияет дифференциальная рефракция, т. е. изменение рефракции на протяжении участка неба, охватываемого пластинкой. В фотографической астрометрии рефракцию, в отличие от визуального наблюдения, приходится выражать в функции истинного зенитного расстояния, так как зенитное расстояние непосредственно не наблюдается. Истинное зенитное расстояние вычисляется по координатам звезд и часовому углу в момент наблюдений. Формула рефракции имеет вид:

$$\varepsilon = \beta \operatorname{tg} \zeta = (\beta_0 + \beta' \operatorname{tg}^2 \zeta) \operatorname{tg} \zeta,$$

где ζ — истинное зенитное расстояние.

Коэффициент для фотографической рефракции отличается от коэффициента для визуальных наблюдений еще потому, что они относятся к лучам различных длин волн. Если приходится пользоваться таблицами рефракции, построенными для визуальных наблюдений и рассчитанными на видимое зенитное расстояние Z , то необходимо взятые табличные значения коэффициента b приводить к значению коэффициента β для фотографической рефракции по формуле

$$\beta = 1.0155 \frac{b \operatorname{tg} Z}{\operatorname{tg} \zeta}.$$

Аберрация, так же как и рефракция, изменяет расстояние между звездами, но в этом случае дело значительно облегчается благодаря тому, что коэффициент аберрации k не зависит ни от длины волны, ни от расстояния звезды от апекса Земли. Аберрационное смещение Δ выражается формулой

$$\Delta = k \sin \vartheta;$$

где $k = \frac{v}{c \sin 1''} = 20'',47$, v — средняя скорость движения Земли, c — скорость света; а ϑ — расстояние звезды от апекса Земли.

В статье дается вывод формул для вычисления дифференциальной рефракции и аберрации и сравнивается точность, даваемая выведенными формулами, с точностью, получаемой по формулам Гекмана [1].

Формулы дифференциальной рефракции

При выводе некоторых [приближенных формул, например, при выводе формул Тэрнера [2], Бергштранда [3], Смарта [4] и др., не

п 21353

учтены все возможные факторы, влияющие на точность формулы. В этих работах рассматриваются изменения положения звезд из-за рефракции на неподвижной относительно полюса и зенита пластинке с постоянным оптическим центром и вследствие этого не учитываются изменения направления к полюсу, т. е. изменения параллактического угла при переходе к истинным положениям звезд. В упомянутых работах на одну неподвижную пластинку проектируют истинные и смещенные рефракцией положения звезд и центра пластинки. Разность между смещениями звезды и центра пластинки принимается за влияние дифференциальной рефракции.

В настоящем параграфе, учитывая все возможные факторы, влияющие на точность формул, выводятся методом, аналогичным методу Смарта, более точные формулы для вычисления дифференциальной рефракции, из которых в частном случае получаются "точные" формулы Гекмана [1].

Геометрическое представление о величине рефракции заключается в следующем. Пластинка, полученная в некотором часовом угле t , имеет своим центром точку Σ_1 , соответствующую смещенному рефракцией положению точки с координатами α_0 и δ_0 . Если ввести еще в рассмотрение истинную пластинку с центром в Σ , то углы между направлениями на полюс и на зенит на этих пластинках будут различны.

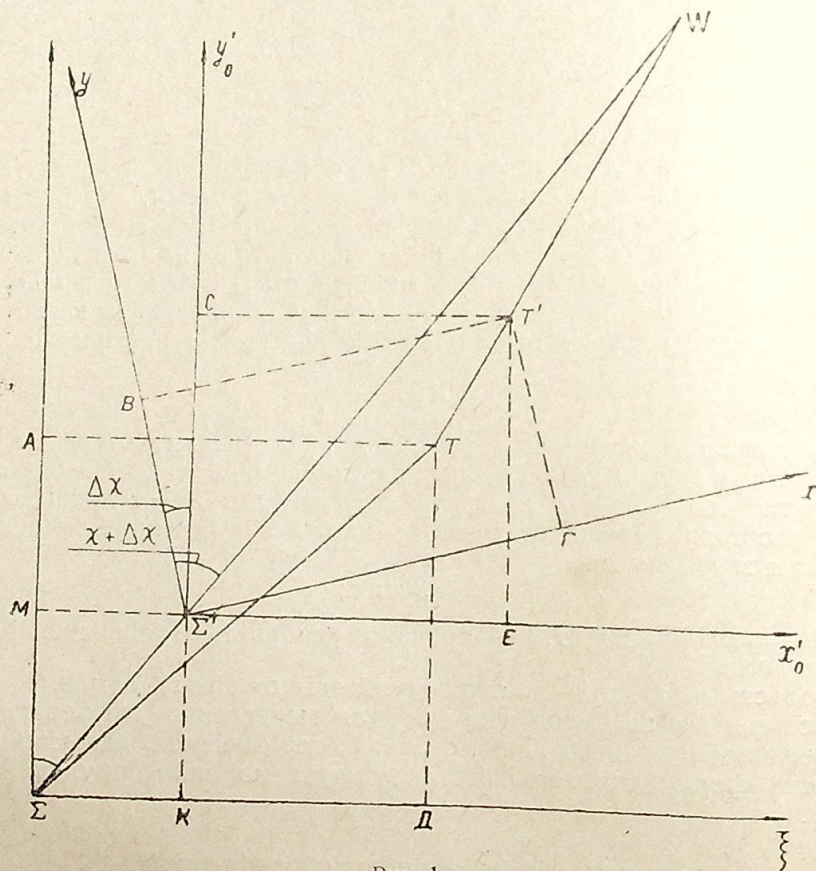


Рис. 1

На рис. 1 показано изменение системы координат при учете рефракции. При этом угол наклона между видимой и истинной пластин-

ками, вызываемый рефракцией, не принимался во внимание. Здесь: $\eta \Sigma \xi$ —тангенциальная координатная система (система координат на плоскости истинной пластинки), χ —параллактический угол, T —изображение звезды S на истинной пластинке. T в системе $\eta \Sigma \xi$ определяется координатами ξ и η . W —проекция точки зенита на плоскости истинной пластинки, определяемая тангенциальными координатами $X = \text{tg} \zeta \sin \chi$ и $Y = \text{tg} \zeta \cos \chi$, где ζ —зенитное расстояние центра истинной пластинки. Перемещения всюду предполагаются только из-за рефракции.

Систему координат на видимой пластинке обозначим через $y \Sigma' x$; Σ' —проекция точки Σ_1 на истинной пластинке; центр этой системы перемещен вдоль ΣW . Оси $\Sigma' x$ и $\Sigma' y$ соответственно непараллельны осям $\Sigma \xi$ и $\Sigma \eta$, так как параллактический угол с вершиной в точке Σ' будет отличаться от параллактического угла в точке Σ . Система $y_0 \Sigma' x_0$ находится на видимой пластинке и получается поворотом системы координат $y \Sigma' x$ на угол $\Delta \chi$, т. е. на разность между параллактическими углами с вершинами в точках Σ и Σ' . T' —проекция S' (S' обозначает видимое место звезды S) на плоскости видимой пластинки, определяемая в системе $y \Sigma' x$ координатами x и y , в системе $y_0 \Sigma' x_0$ будет определяться координатами

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= x \cos \Delta \chi - y \sin \Delta \chi \\ y_0 &= x \sin \Delta \chi + y \cos \Delta \chi \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Так как звезды Σ и S находятся на различных зенитных расстояниях, то их перемещения из-за рефракции будут разными. Основной задачей является нахождение разности между этими перемещениями и выражение ее через измеренные координаты звезды S .

Если дифференциальную рефракцию обозначить через dR , то

$$dR = SS' - \Sigma \Sigma_1. \quad (2)$$

Здесь SS' и $\Sigma \Sigma_1$ заменим соответственно TT' и $\Sigma \Sigma'$, тогда вместо равенства (2) получим следующее выражение на тангенциальной плоскости (Σ_1 та точка на сфере, которой касается видимая пластинка):

$$dR = TT' - \Sigma \Sigma'.$$

Если компоненты dR по осям $\Sigma \xi$ и $\Sigma \eta$ обозначить соответственно dR_ξ и dR_η , тогда, как видно из рис. 1,

$$\left. \begin{aligned} dR_\xi &= DE - \Sigma K, \\ dR_\eta &= AC - \Sigma M. \end{aligned} \right\}$$

После выражения этих разностей посредством измеренных и тангенциальных координат звезды S , получаем следующее:

$$\left. \begin{aligned} dR_\xi &= DE - \Sigma K = (KE - KD) - \Sigma K = KE - (KD + \Sigma K); \\ dR_\eta &= AC - \Sigma M = (MC - MA) - \Sigma M = MC - (AM + \Sigma M). \end{aligned} \right\}$$

Так как $x_0 = KE$, $\xi = \Sigma D = KD + \Sigma K$, $y_0 = MC$, $\eta \Sigma A = AM + \Sigma M$, то окончательно получаем

$$\left. \begin{aligned} dR_\xi &= x_0 - \xi \\ dR_\eta &= y_0 - \eta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Как видно из (3), для того чтобы получить компоненты дифференциальной рефракции, измеренные координаты не нужно поправлять вследствие перемещения центра пластинки, достаточно поправки для поворота осей. В самом деле, x'_0 , y'_0 соответственно отличаются

от ξ , η не только потому, что из-за рефракции звезда продвинулась к зениту, но и потому, что измерены они от другого центра. Если бы x_0 , y_0 измерялись от истинного центра, то соотношения (3) выражали бы компоненты абсолютной (полной) рефракции данной звезды. Если перейти от измеренной системы координат к истинной системе координат, при этом пренебрегая наклонностью, то T' будет определяться следующими координатами:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= x \cos \Delta\lambda - y \sin \Delta\lambda + \beta \operatorname{tg} \zeta \sin \lambda \\ \eta_1 &= x \sin \Delta\lambda + y \cos \Delta\lambda + \beta \operatorname{tg} \zeta \cos \lambda \end{aligned} \quad (4)$$

где ζ —зенитное расстояние центра пластинки. Соотношение (4) получается после исправления за поворот координатной системы и за исправление перемещения начала координатной системы.

Для удобства рассуждений выше было сделано предположение, что перемещения звезды из-за рефракции на небесной сфере равны их проекциям на истинной пластинке. На самом же деле они связаны следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Sigma\Sigma_1 &= \Sigma\Sigma', \\ TT' &= \beta_1 (1 + \xi_1^2 + \eta_1^2) \frac{\cos \alpha}{\cos A} \operatorname{tg} \zeta_1, \end{aligned} \quad (5)$$

где β_1 и ζ_1 соответственно являются коэффициентом рефракции и зенитным расстоянием данной звезды; $\alpha = \angle \Sigma SS'$ —угол на сфере, образованный между направлением действия рефракции (SS'), и направлением на центр истинной пластинки (ΣS), а $A = \angle \Sigma TT'$ —проекция угла α на плоскость истинной пластинки. Так как $\operatorname{tg} \Sigma\Sigma_1$ весьма мало отличается от $\Sigma\Sigma_1$, то без ущерба для точности можно положить $\Sigma\Sigma_1 = \Sigma\Sigma'$. Если ошибка из-за этого допущения будет ощутимой, то ее, зная длину дуги $\Sigma\Sigma_1$, можно учитывать.

Соотношения (5) выводятся следующим образом.

Из треугольников $\Sigma TT'$ и $\Sigma SS'$ (рис. 2) соответственно имеем:

$$\begin{aligned} \frac{TT'}{\sin T\Sigma T} &= \frac{\Sigma T'}{\sin A}; \\ \frac{\sin SS'}{\sin T\Sigma T'} &= \frac{\sin \Sigma S'}{\sin \alpha}. \end{aligned} \quad (*)$$

Полагая $\sin SS' = SS'$, из (*) получаем:

$$TT' = \frac{\Sigma T'}{\sin \Sigma S'} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot SS'.$$

Из треугольника ΣOT видно, что $\sin \Sigma S' = \frac{\Sigma T'}{\sqrt{1 + (\Sigma T')^2}}$,

тогда

$$TT' = \sqrt{1 + (\Sigma T')^2} \frac{\operatorname{tg} \alpha \cos \alpha}{\operatorname{tg} A \cos A} \cdot SS'.$$

На основании известного соотношения между углом на сфере и его проекцией на тангенциальную плоскость [5] можно написать

$$\operatorname{tg} A = \cos \lambda \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где λ —расстояние на сфере между точкой касания ее плоскостью и вершиной проектируемого угла. Используя это соотношение, получим:

$$TT' = \sqrt{1 + (\Sigma T')^2} \cdot \frac{1}{\cos \lambda} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos A} \cdot SS'.$$

Из треугольника ΣOT видно, что $\cos \lambda = \frac{1}{\sqrt{1 + (\Sigma T')^2}}$, тогда

$$TT' = \sqrt{1 + (\Sigma T')^2} \sqrt{1 + (\Sigma T')^2} \frac{\cos \alpha}{\cos A} \cdot SS'.$$

Если принять $\Sigma T' = \Sigma T$ и подставить значение SS' , то окончательно получаем

$$TT' = \beta_1 (1 + \xi_1^2 + \eta_1^2) \frac{\cos \alpha}{\cos A} \cdot \operatorname{tg} \zeta_1,$$

т. е. соотношение (5). Ошибка, вызванная допущением $\Sigma T = \Sigma T'$, будет рассмотрена позже.

Очевидно, что точки T , T' и W лежат на одной линии. Тогда можно написать следующие равенства [4]:

$$\frac{\xi_1 - \xi}{TT'} = \frac{X - \xi_1}{WT'}; \quad \frac{\eta_1 - \eta}{TT'} = \frac{Y - \eta_1}{WT'}.$$

Из последних, при учете (5), получается:

$$\left. \begin{aligned} \xi - \xi_1 &= -\frac{X - \xi_1}{WT'} \cdot TT' = -\beta_1 \frac{\cos \alpha}{\cos A} \cdot \frac{(X - \xi_1)(1 + \xi_1^2 + \eta_1^2)}{WT'} \cdot \operatorname{tg} \zeta S' \\ \eta - \eta_1 &= -\frac{Y - \eta_1}{WT'} \cdot TT' = -\beta_1 \frac{\cos \alpha}{\cos A} \cdot \frac{(Y - \eta_1)(1 + \xi_1^2 + \eta_1^2)}{WT'} \cdot \operatorname{tg} \zeta S' \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

В этих соотношениях $\operatorname{tg} \zeta S'$ нужно выразить посредством измеренных координат звезды S .

Из треугольника $\Sigma T'W$ на рис. 3:

$$(T'W)^2 = (\Sigma T')^2 + (\Sigma W)^2 - 2(\Sigma T') \cdot (\Sigma W) \cos T'\Sigma W;$$

$$(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2 = (\xi_1^2 + \eta_1^2) + (X^2 + Y^2) - 2(\Sigma T')(\Sigma W) \cos T'\Sigma W; \quad (7)$$

$$(\Sigma T')(\Sigma W) \cos T'\Sigma W = X\xi_1 + Y\eta_1;$$

Здесь O —центр небесной сферы; P —полюс мира на небесной сфере; Q —проекция P на тангенциальную плоскость; Z —точка зенита на небесной сфере; W , T , T' , S и S' обозначают те же точки, которые были обозначены на рис. 1. Из сферического треугольника $Z\Sigma S$ получаем:

$$\cos ZS' = \cos \Sigma S' \cos \Sigma Z + \sin \Sigma Z \cos Z\Sigma S';$$

$$\cos ZS' = \frac{OS}{OT'} \cdot \frac{OS}{OW} + \frac{\Sigma T'}{OT'} \cdot \frac{\Sigma W}{OW} \cos Z\Sigma S'.$$

Таблица 1

$\alpha \backslash R$	80°	70°	60°	45°	30°	15°
1°	0,99983	0,99987	0,99988	0,99993	0,99996	0,99999
2°	0,99940	0,99947	0,99955	0,99970	0,99984	0,99996
3°	0,99868	0,99879	0,99897	0,99932	0,99966	0,98991
4°	0,99764	0,99785	0,99817	0,99886	0,99939	0,99984
5°	0,99633	0,99664	0,99715	0,99810	0,99905	0,99975
6°	0,99464	0,90516	0,99590	0,99726	0,99863	0,99963

Таблица 2

$(Z) \backslash R$	80°	70°	60°	45°	35°	15°
1°	1,00015	1,00016	1,00016	1,00016	1,00018	1,00020
2°	1,00062	1,00062	1,00063	1,00065	1,00069	1,00078
3°	1,00140	1,00143	1,00146	1,00152	1,00164	1,00200
4°	1,00250	1,00257	1,00264	1,00280	1,00310	1,00396
5°	1,00393	1,00406	1,00422	1,00453	1,00513	1,00679
6°	1,00570	1,00593	1,00620	1,00676	1,00780	1,01044

лению на зенит. Ниже приводятся максимальные значения этих разностей, для разных расстояний, соответствующие тому случаю, когда центр пластинки, звезда и проекция зенита находится на одной линии.

80°	70°	60°	45°	30°	15°
0,00079	0,00038	0,00024	0,00014	0,00008	0,00004

Однако можно вывести формулы, не предполагая равенство отрезков ΣT и $\Sigma T'$. Для этого вместо (5) нужно взять соотношение

$$TT' = \beta_1 \sqrt{1 + \xi_1^2 + \eta_1^2} \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \operatorname{tg} \epsilon_1.$$

Тогда вместо (13) и (14) мы получим:

$$\Delta x = p - \Delta \chi \cdot y + px^2 + qxy - \beta_1 \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{(X - \xi_1) \sqrt{1 + \xi_1^2 + \eta_1^2}}{1 + \xi_1 X + \eta_1 Y} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}}; \quad (16)$$

$$\Delta y = q + \Delta \chi \cdot x + pxy + qy^2 - \beta_1 \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{(Y - \eta_1) \sqrt{1 + \xi_1^2 + \eta_1^2}}{1 + \xi_1 X + \eta_1 Y} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}}. \quad (17)$$

Отношение синусов отличается от единицы на тот же порядок, что и отношение косинусов, разница лишь в том, что $\frac{\cos \alpha}{\cos A} < 1$,

$$\text{а } \frac{\sin \alpha}{\sin A} > 1.$$

Формулы дифференциальной aberrации

Вывод формул для вычисления дифференциальной aberrации совершенно аналогичен выводу формул дифференциальной рефракции и может быть получен из рассуждений о дифференциальной рефракции. Относительное положение видимой и истинной координатной систем из-за влияния aberrации, если отвлечься от всех остальных эффектов, будет точно такое же, как при влиянии рефракции, т. е. как на рис. 1; обозначения остаются те же; W в этом случае будет обозначать проекцию точки апекса Земли на плоскости истинной пластинки. Здесь χ угол полюс—звезда—апекс обозначается через π , изменение его за перемещение центральной звезды, т. е. разница между углами полюс—истинный центр—апекс и полюс—видимый центр—апекс, обозначается через $\Delta \pi$. Обозначения тангенциальных координат через ξ и η , измеренных координат через x и y тоже сохраняются.

После объяснения геометрической стороны вопроса переходим непосредственно к выводу формул для вычисления дифференциальной aberrации.

После исправления измеренных координат за поворот осей и за перемещение центра системы, T' будет определяться в системе $\xi \Sigma \eta$ следующими координатами:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= x \cos \Delta \pi - y \sin \Delta \pi + k \sin \vartheta \sin \pi \\ \eta_1 &= x \sin \Delta \pi + y \cos \Delta \pi + k \sin \vartheta \cos \pi \end{aligned} \quad (18)$$

Между TT' и SS' , как и в случае рефракции, имеет место следующее отношение:

$$TT' = k \sqrt{1 + \xi_1^2 + \eta_1^2} \frac{\sin \alpha}{\sin A} \sin \vartheta_1, \quad (19)$$

где ϑ_1 —расстояние от апекса до видимого места звезды. Углы α и A имеют прежний смысл.

Так как звезда из-за влияния aberrации смещается к апексу, ясно, что T , T' и W должны лежать на одной линии. Тогда имеем следующее отношение [4]:

$$\frac{\xi_1 - \xi}{TT'} = \frac{X - \xi_1}{WT'}; \quad \frac{\eta_1 - \eta}{TT'} = \frac{Y - \eta_1}{WT'},$$

где X и Y также являются тангенциальными координатами проекции точки апекса на плоскости истинной пластинки. При учете (19) из последних выражений получается:

$$\left. \begin{aligned} \xi - \xi_1 &= -\frac{X - \xi_1}{WT'} \cdot TT' = -k \frac{\sin \alpha}{\sin A} \frac{(X - \xi_1) \sqrt{1 + \xi_1^2 + \eta_1^2} \sin \vartheta_1}{WT'} \\ \eta - \eta_1 &= -\frac{Y - \eta_1}{WT'} \cdot TT' = -k \frac{\sin \alpha}{\sin A} \frac{(Y - \eta_1) \sqrt{1 + \xi_1^2 + \eta_1^2} \sin \vartheta_1}{WT'} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Если подставить выражение $\frac{\sin \alpha}{\sin \vartheta_1}$ из (9) в (20) и вместо OT' , OW ,

WT' взять из значения, выраженные через координаты в системе $\xi\Sigma\eta$, то получаем, что

$$\left. \begin{aligned} \xi - \xi_1 &= -k \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{X - \xi_1}{\sqrt{1 + X^2 + Y^2}} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}}; \\ \eta - \eta_1 &= -k \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{Y - \eta_1}{\sqrt{1 + X^2 + Y^2}} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}}. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Как известно, до этого пренебрегали наклонностью между видимой и истинной плоскостями, вызванной перемещением центра видимой пластинки по дуге большого круга, проходящего через апекс движения Земли. Для того чтобы исправить результат, к правой стороне (21) добавим члены следующего вида:

$$px^2 + qxy;$$

$$pxy + qy^2;$$

где $p = k \sin \vartheta \sin \pi$, $q = k \sin \vartheta \cos \pi$. Заменим в левых частях выражений (21) ξ_1 и η_1 их значениями по формулам (18). Учитывая малость $\Delta\pi$ и введя обозначения $\Delta x = \xi - x$ и $\Delta y = \eta - y$, окончательно получаем:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= p - \Delta\pi \cdot y + px^2 + qxy - \\ &- k \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{X - \xi_1}{\sqrt{1 + x^2 + y^2}} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}} \\ \Delta y &= q + \Delta\pi \cdot x + pxy + qy^2 - \\ &- k \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{Y - \eta_1}{\sqrt{1 + X^2 + Y^2}} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Последние формулы являются общими формулами дифференциальной aberrации.

После некоторого преобразования и упрощения выражений (22) легко получаются формулы дифференциальной aberrации Гекмана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Heckmann O. Zur Ableitung der Refraktionskorrekturen photographischer Himmelsaufnahmen. Veröff. Univ. Sternwarte, Göttingen, 2, 587, 1932.
2. Turner H. H. M. N., 54, 11, 1894.
3. Bergstrand O. Undersökningar öfver stellar fotografiens användning vid bestämningen af fixstjärnornas ärliga parallaxer. Upsala, 1899.
4. Smart W. M. Text-Book on Spherical Astronomy. Cambridge, 1936.
5. Витковский В. Картография. С.-Пб., 1907.
6. Бугославская Е. Я. Фотографическая астрометрия. Гостехиздат, 1947.
7. Блажко С. И. Курс сферической астрономии. М., 1954.
8. Курс астрофизики и звездной астрономии. М.—Л., 1951.
9. Arthur König. Handbuch der Astrophysik. Bd. I, T. I, Berlin, 1933.

С. З. Өмөров

Нисби рефраксиянын вэ аберрасиянын hesablanma дүстурлары

ХҮЛАСӘ

Фотолөвһәнин әһәтә этдийи „көй“ саһәси боюнча рефраксиянын дәйишмәси улдузларын фотолөвһә үзәриндәки вәзийәтини (бир-

биринә нисбәтән) дәйишдирир. Бу дәйишмәйә нисби рефраксия дәйилир.

Фотографик астрометрияда рефраксия ашағыдакы дүстурла hesablanav:

$$\epsilon = \beta \operatorname{tg} \zeta,$$

бурада ξ —һәгиги зенит мәсафәси, β исә фотографик рефраксия әмсалыдыр. Рефраксия әмсалы визуал мүшаһидәдә көрүнән зенит мәсафәсинин, фотографик астрометрияда исә һәгиги зенит мәсафәсинин функциясыдыр. Фотографик рефраксия әмсалыны визуал рефраксия әмсалындан, фәргләнديرән икинчи чәһәт исә онларын мүхтәлиф далға узунлуғлу шүалара мәхсус олмасыдыр.

Әкәр визуал мүшаһидәләр үчүн тәртиб әдилмиш рефраксия чәдвәлләриндән истифадә этмәк лазым кәлирсә, визуал рефраксия әмсалындан фотографик рефраксия әмсалына ашағыдакы дүстур васитәсилә кечмәк олар:

$$\beta = 10155 \frac{b \operatorname{tg} Z}{\operatorname{tg} \zeta},$$

бурада b —визуал рефраксия әмсалы, Z —көрүнән зенит мәсафәси, ζ исә, юхарыда олдуғу кими, һәгиги зенит мәсафәсидир.

Аберрасия да рефраксия кими улдузлар арасындакы мәсафәни дәйишдирир. Аберрасия ашағыдакы дүстурла hesablanav:

$$\Delta = \kappa \sin \vartheta,$$

һарада κ , κ —аберрасия әмсалы олмәгла $\kappa = \frac{\vartheta}{c \sin 1''} = 20'', 47$; бурада

ϑ —Ерин Күнәш әтрафында һәрәкәтинин орта сүр'әти, c —ишығ сүр'әти, ϑ исә улдузун Ерин апексиндән олан мәсафәсидир.

Бир сыра тәгриби дүстурларын чыхарылышында, мәсәлән, Тәриер [2], Бергшtrand [3], Смарт [4] вэ б. дүстурларынын дәгиглийинә тәсир әдән амилләр нәзәрә алынмамышдыр. Нисби рефраксиянын вэ аберрасиянын hesablanması үчүн Гекманын дүстурларынын дәгиглийи фотолөвһәнин өлчүсү вэ зенит мәсафәсилә мәһдуддур, онларын чыхарылышы исә чох узун вэ мүрәккәбдир. Бу дүстурлар үчүнчү тәртибә кими сырая айрылмыш шәкилдә верилир вэ әкәр 4-чү тәртибә көтүрмәк лазым кәләрсә, онда чыхарылыш башдан тәкрар олунмалыдыр. Нәмин дүстурларын чыхарылышында верилмиш нөгтәлә миясын истигамәтиндән асылылығы нәзәрә алынмамышдыр.

Бу мәғаләдә, бүтүн тәгриби дүстурларын чагышмазлығлары нәзәрә алынарағ, Смарт үсулуна охшар үсулла нисби рефраксиянын вэ аберрасиянын тәсиринин hesablanması үчүн даһа үмуми вэ дәгиг дүстурларын чыхарылышы верилмәклә, алынан дүстурларын вэ Гекман дүстурларынын дәгиглийи мүғайисә әдилир, чыхарылмыш дүстурлардан хүсуси һалда Гекман дүстурларынын алынмасы көстәрилир.

Нисби рефраксиянын hesablanması үчүн алынан дүстурлар ашағыдакылардыр:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= a - \Delta\lambda \cdot y + ax^2 + bxy - \\ &- \beta_1 \frac{\cos \alpha}{\cos A} \cdot \frac{(X - \xi_1)(1 + \xi_1^2 + \eta_1^2)}{1 + \xi_1 X + \eta_1 Y} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}}; \\ \Delta y &= b + \Delta\lambda \cdot x + axy + by^2 - \\ &- \beta_1 \frac{\cos \alpha}{\cos A} \cdot \frac{(Y - \eta_1)(1 + \xi_1^2 + \eta_1^2)}{1 + \xi_1 X + \eta_1 Y} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}}; \end{aligned} \right\}$$

бурада $a = \beta \operatorname{tg} \zeta \sin \chi$; $b = \beta \operatorname{tg} \zeta \cos \chi$; $\beta_1 = \beta - 2\beta' \sec^2 \zeta (xX + yY)$; $\Delta\chi = \beta \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \xi \sin \chi$. α — сфера үзәриндә рефраксиянын тә'сир истигамәти илә верилмиш нөгтәдән (улдузун һәгиги ериндән) фотолөвһәнин һәгиги мәркәзинә йөнәлмиш истигамәт арасында галан бучагы, A бучагы α -нын һәгиги фотолөвһә мүстәвиси үзәриндәки проексиясыдыр;

$$X = \operatorname{tg} \zeta \sin \chi, \quad Y = \operatorname{tg} \zeta \cos \chi;$$

$$\xi_1 = x \cos \Delta\chi - y \sin \Delta\chi + \beta \operatorname{tg} \zeta \sin \chi;$$

$$\eta_1 = x \sin \Delta\chi + y \cos \Delta\chi + \beta \operatorname{tg} \zeta \cos \chi;$$

бурада x, y — верилән улдузун өлчүлән координатларыдыр. Нисби абerrасиянын тә'сиринин һесаблинамасы үчүн алынан дүстурлар ашағыдакылардыр:

$$\Delta x = a - \Delta\pi \cdot y + ax^2 + bxy -$$

$$- \beta_1 \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{X - \xi_1}{\sqrt{1 + X^2 + Y^2}} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}};$$

$$\Delta y = b + \Delta\pi \cdot x + axy + by^2 -$$

$$- \kappa \frac{\sin \alpha}{\sin A} \cdot \frac{Y - \eta_1}{\sqrt{1 + X^2 + Y^2}} \sqrt{1 + \frac{(\xi_1 Y - \eta_1 X)^2}{(X - \xi_1)^2 + (Y - \eta_1)^2}};$$

бурада исә $a = \kappa \sin \vartheta \sin \pi$, $b = \kappa \sin \vartheta \cos \pi$; α вә A һәмийн бучаглардыр (бурада рефраксиянын тә'сир истигамәти әвәзинә абerrасиянын тә'сир истигамәти көтүрүлүр). „ π “ параллактик бучага уйғун бучаг, $\Delta\pi$ тамамилә $\Delta\chi$ -йә уйғун бучаглар фәрги, ϑ — мә'лум олдуғу кими, улдузун Ерин апексиндән олан мәсафәсидир. ξ_1 вә η_1 бу һалда ашағыдакы бәрәбәрликлә ифадә олунур:

$$\xi_1 = x \cos \Delta\pi - y \sin \Delta\pi + \kappa \sin \vartheta \sin \pi;$$

$$\eta_1 = x \sin \Delta\pi + y \cos \Delta\pi + \kappa \sin \vartheta \cos \pi;$$

һарада ки x, y улдузун өлчүлән координатлары олуп, стандарт координатларындан нисби абerrасиянын тә'сири нәтижәсиндә фәргләнир. Бу дүстурлар васитәсилә нисби рефраксиянын вә абerrасиянын там тә'сирини (Һекман дүстурлары илә исә там тә'сири һесабламаг олмур) һесабламаг мүмкүндүр.

Ә. Н. ӘЛИЕВ, Л. В. МИНЗБЕРГ

СЕМЕНТИН ТӘРКИБИНИН ТИПИНИН ШӘРГИ АБШЕРОН МӘҺСУЛДАР ГАТЛАРЫНЫН ЮХАРЫ ҺИССӘ КОЛЛЕКТОР ХҮСУСИЙӘТЛӘРИНӘ ТӘ'СИРИ

Абшерон ярымадасы мәһсулдар гатынын коллекторларыны өйрәнә заман чох вахт сүхурлардакы сементин типинә вә тәркибинә лазыми фикир верилмир. Һалбуки апарылмыш тәдгигат ишләри [3, 7, 8] бу мәсәләләрин бөйүк әһәмийәтә малик олмасыны көстәрир.

Бунунла әлағәдар олараг Шәрги Абшеронун мәдән саһәләринин мәһсулдар гатынын юхары шө'бәсинин (сабунчи, сураханы вә балаханы лай дәстәләри) коллекторларыны өйрәндикдә биз сементин типинин, әлчә дә онун тәркибинин сүхурларын физики хассәләринә нечә тә'сир әтмәсини айдынлашдырмаг үчүн бир нечә хусуси тәдгигатлар апармышыг. Бу мәгсәдлә 130 паралел шлиф һазырланмыш вә тәдгигат эдилмишдир. Бундан башга бөйүк мигдарда нүмунә, Н. И. Горбунов [2] үсулуна әсасән шүаландырылмыш вә алынмыш 0,001 мм-дән хырда фраксиялар истилик график вә электрон микроскоп үсуллары илә тәтбиг эдилмишдир.

Билаваситә сүхурларын сементләшмәси мәсәләләрилә мәшғул олан литологлардан М. С. Шветсову [11, 12], Л. В. Пустовалову [5], Л. Б. Рухини [6], А. Н. Гейслери [1], Е. П. Ермалованы [3], Н. В. Смирнованы [7, 8] вә башгаларыны [4] көстәрмәк олар. Бу ишләрдән алынмыш мә'луматлара әсасән чөкмә сүхурлары онларда олан сементин типинә вә тәркибинә көрә бир нечә ерә айрылыр.

Сементләрин тәснифаты принциплә таныш олмаг үчүн ашағыда М. С. Шветсов [11, 12] тәрәфиндән ирәли сүрүлмүш тәклифин мәзмуну верилир.

Мүәллиф сементләрин сүхур дәнәләрилә олан гаршылыглы әлағәсинә әсасланараг онларын бир нечә мүхтәлиф нөвләрини көстәрир:

1. Базалтлы семент бу һалда сүхурда семент дәнәләрдән чох олур вә һәмийн дәнәләр айрылмыш һалда олур. Семент сүхурун дәнәләрилә бирликдә ерләшмиш вә я онларын дәйишилмә мәһсулудур.

2. Контакт сементи дәнәләрин бир-биринә тохунма ерләриндә олур. Илк әввәл сүхурун бүтүн мәсамәләрини долдурмуш сементин гәләвиләшмәсиндән әмәлә кәлә биләр.

3. Мәсамә сементи дәнәләр арасындакы мүхтәлиф һиссәләрин мәсамәләрини долдурур.

4. Долдурма семент башга сементләр тәрәфиндән сементләшмиш дәнәләр арасында галмыш бошлуглары долдурур. Илк сементин бир һиссәсинин гәләвиләшмәсиндән вә тәкрат олараг мәсамәләрин сементлә долмасындан әмәлә кәлир.

5. Ейичи семент дәнәләр арасындакы бошлуглары долдурмагла бәрәбәр дәнәләрин һәлл олуп ейилмиш янларыны да долдурур.

6. Гатылашымыш вә я ләкәли цемент юхарыда көстәрилмиш һәр һансы бир цементин гейри-бәрабәр яйылмасынын нәтижәсиндә олур.

Бу һагда башга тәснифатларла да [5, 6, 7, 8] таныш олмаг олар. Бурада исә онлардан бәһс этмәйә эһтияч йохдур. Ялныз ону гейд этмәк лазымдыр ки, бүтүн мүәллифләр цементләри контакт, мәсамә вә базалт нөвләринә бөлүрләр.

Бизим тәдгигатлар көстәрир ки, юхарыда гейд олунмуш цементләрин нөвләри мәһсулдар гатын юхары шө'бәсинин коллекторлары арасында чох яйылмышдыр (хүсуси олараг биринчи ики нөв олан контакт вә мәсамә нөвләри). Базалт нөвлү цементләшмә чох аз яйылмышдыр вә белә цементә малик олан нүмунәләр чох пис коллектор һесап олунур. Әкәр цемент тәкрар әмәлә кәлмиш калсидә вериләрсә, нүмунә коллектор сайыла билмәз.

Юхарыда көстәрилмиш үч нөвә уйғун олараг тәркибиндә 20%-ә гәдәр, 20%-дән 30%-ә гәдәр вә 30%-дән 50%-ә гәдәр цемент олан коллекторлар вардыр.

Тәркибиндә 50%-дән чох цемент олан сүхур минераложи тәркибиндән асылы олараг гумлу әһәнкдашы, гумлу кил вә башга нөвләрә чеврилә биләр.

Гуюлардан алынмыш сүхурларын нүмунәләринин тәркибиндә олан цемент нөвүнүн тә'сирини өйрәндикдә (1-чи шәкил) ашағыдакылар мүәййән әдилмишдир:

1. Сүхурун там мәсамәлилийи 28% контакт сementи (йә'ни ялныз дәнәчикләрин тохундуғу нөгтәләрдә цемент олдуғда), орта мәсамәлилик 25% мәсамәли цемент олдуғда вә ән аз мәсамәлилик 12% базалт нөвлү цемент олдуғда мүшәһидә олунмушдур.

2. Эффектив мәсамәлилик контакт сementли нүмунәләр үчүн 9,8%-ә гәдәр, мәсамә сementли сүхурлар үчүн 5%-ә гәдәр, базалт сementли сүхурлар үчүн исә 1,0%-ә гәдәр олур. Бу бир даһа сүбүт әдир ки, базалт сementли сүхурлар коллектор кими бизи марагландыра билмәз.

3. Контакт сementли сүхурлар үчүн кечиричилилик 668 миллидарси тәшкил әдир. Мәсамә сementли сүхурларда кечиричилилик әввәлкинә нисбәтән үч дәфәдән чох, йә'ни 206 миллидарсийә гәдәр азалыр вә базалт сementли сүхурларын кечиричилиийи исә сыфра бәрабәрләшир.

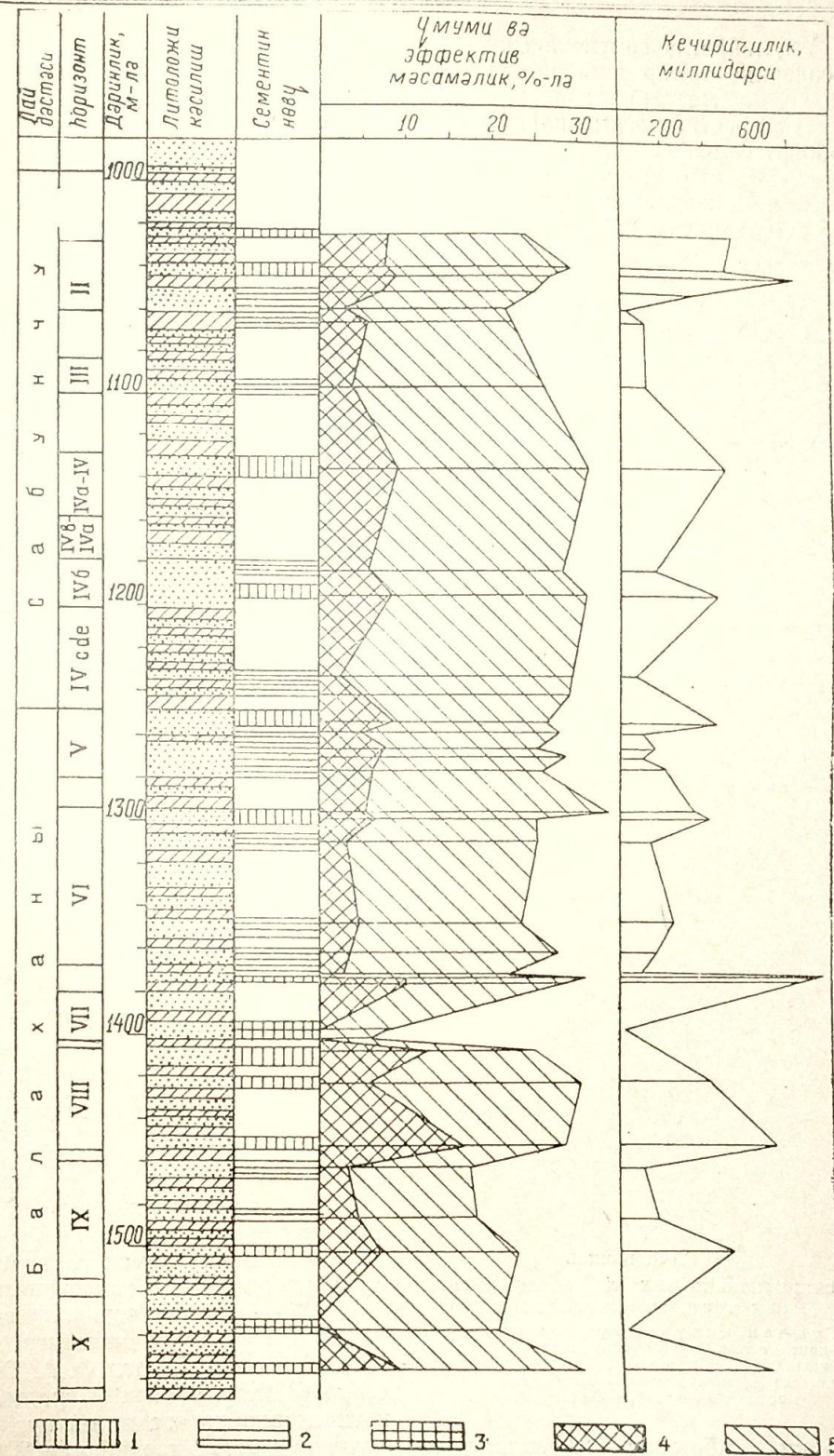
Өйрәндийимиз сementләр минераложи чәһәтдән ән чох килли тәркиблә, аз һалларда карбонатларла, ән аз исә силисиумларла тәмсил олунурлар.

Тәрәфимиздән килли сementләр чох дәгиг өйрәнилмиш вә ону тәшкил әдән минераллар айдынлашдырылмышдыр.

Шүәланмадан алынмыш 0,001 мм-дән кичик фраксиялар термограф вә электрон микроскоп үсүлу илә тәдгиг әдилдикдә, айдынлашдырылмышдыр ки, килли сement һидромика, каолинит, монтмориллонит вә бейделлит гарышығындан ибарәтдир. Гарышығда үстүнлүйү әсасән һидромика, аз мигдарда монтмориллонит, ән аз мигдарда исә каолинит тәшкил әдир.

Килли минерал тәркибли сement нүмунәләрини петрографик тәркибләринә көрә мүгайисә этдикдә көрүрүк ки, һидромика ағыр алевриот фраксиясында мускавит, хлорит, глауконит вә монтмориллонитә исә пироксен вә һоромбен уйғун кәлир. Бунунла дсйә биләрик ки, һидромика вә монтмориллонит һәммин минералларын парчаланмасы нәтижәсиндә әмәлә кәлир.

Килли минералларын сүхурларын коллектор хассәләринә тә'сиринә кәлдикдә көрүрүк ки, һидромикалы нүмунәләр монтмориллонитли нүмунәләрдән фәргли олараг яхшы коллектор хассәләринә маликдир (йүксәк кечиричилиийә малик олмагла аз галыг сую сахлайыр).



1-чи шәкил. Сementин сүхурун коллекторлуг хассәсинә тә'сири. Бузовна-Маштаға району.

Сementләрин нөвләри: 1—контакт, 2—мәсамә, 3—базалт, 4—эффектив мәсамәлилик, 5—үмуми мәсамәлилик.

Үмумийәтлә сementин минераложн тәркиби сұхурларын коллектор хассәләринә тә'сир кәстәрир ки, бу да онун килли, карбонатлы вә я силисиумлу материалларла тәмсил олунмасындан асылыдыр, йә'ни:

1) эффектив мәсамәлилик сұхурда килли сement олдуғда ән чох (8%), карбонат сementли сұхурларда бир гәдәр аз (7%) вә ән аз (5%) исә силисиум сementли сұхурларда олур;

2) нүмунәләрн кечиричилиий килли сementли сұхурларда ән чох (445 миллидарси), карбонат сementли сұхурларда бир гәдәр аз (414 миллидарси), силисиум сementли сұхурларда исә ән аз (121 миллидарси) олур.

Минерал тәркибин кечиричилиийә белә тә'сирини М. К. Коленко [4] да гейд этмишдир.

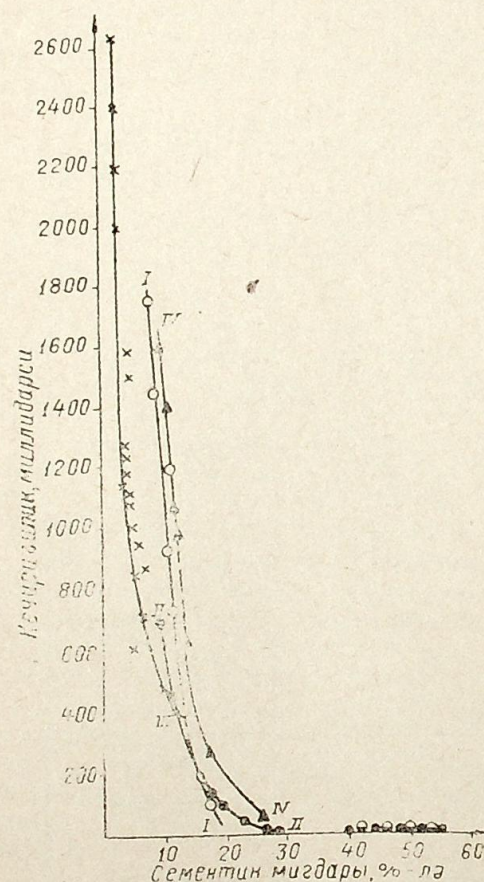
Гейд этмәк лазымдыр ки, сұхурда килли сementин олмасы карбонат-

лы сementин олмасына нисбәтән коллекторлуг хассәсинә яхшы тә'сир әдир. Карбонатлы сement олаң сұхурлара исә сүн'и тә'сир этмәклә (гуя дибинин дуз туршусу илә ишләнмәси) ону яхшы коллектор һалына салмағ олур.

Сementин минераложн тәркибинин вә типинин сұхурун коллекторлуг хассәләринә олаң тә'сирини мұғайисә этдикдә көрүрүк ки, ахырынчы фактор биринчиийә нисбәтән сұхурларын эффектив мәсамәлилийнә вә кечиричилиийнә даһа чох тә'сир кәстәрир.

Юхарыда кәстәрилән һәр һансы нөв сement фаизинин сұхурун кечиричилиийнә тә'сирини кәстәрән мұвафиг әйриләр (2-чи шәкил) тәртиб әдилмишдир. Бу әйриләрдән көрүнүр ки, конкрет нөвлү сementин фаизи 8-дән 18-ә гәдәр артдығча, сұхурун кечиричилиийн 1700 миллидарсидән 100 миллидарсийә гәдәр, йә'ни 17 дәфә азалыр (2-чи шәкилдәки I әйри). Контакт нөвлү сementин фаизи исә 10-дан 27-ә гәдәр артдығда, сұхурун кечиричилиийн 700 миллидарсидән 16 миллидарсийә гәдәр азалыр, йә'ни сұхур әмәли чәһәтдән кечирмәйән олур (2-чи шәкилдәки II әйри).

Беләликлә, демәк олар ки, сұхурун тәркибиндә сementин мигдары 27—30%-дән чох олдуғда, һәмнн сұхур әмәли чәһәтдән кечирмәйән олур. Бу һал Ф. А. Требин [10] тәрәфиндән верилмиш нәтичәләрлә дә тәсдиг олунур. О чөкүнтүләринин тәркибиндә 20%-дән юхары сement оларса, һәмнн сұхур чох аз кечиричилиийә маликдир вә мәнсулдар гат нефтләри үчүн кечирмәйән саймағ олар.



2-чи шәкил.

Кечиричилиийн мұхтәлиф нөвлү сementләрн мигдарындан асылылығы.

Гуядан көтүрүлмүш нүмунәләр: I—контакт сement, II—мәсамә сement, III—контакт сement, IV—мәсамә сement. Тәбиин кәсалишдән көтүрүлмүш нүмунәләр: I—контакт сement, II—мәсамә сement, III—контакт сement, IV—мәсамә сement.

языр ки, Абшерон мәнсулдар гат дән юхары сement оларса, һәмнн сұхур чох аз кечиричилиийә маликдир вә мәнсулдар гат нефтләри үчүн кечирмәйән саймағ олар.

Биз бу сәрһәдди бир гәдәр мәндулашдырмышығ. Тәркибиндә 20% сement олаң сұхурун кечиричилиийн (2-чи шәкилдәки II әйри) 105 миллидарси тәшкил әдир ки, бу да мәнсулдар гат чөкүнтүләри үчүн яхшы кәстәричидир.

Сұхурларда 40%-дән 50%-ә гәдәр базалт нөвлү сement оларса, сұхур мұтләг кечирмәйән олур вә чох сых гумдашына чеврилир.

Гейд этмәк лазымдыр ки, өйрәндийимиз сұхурларын коллекторлуг хассәләринә бөйүк фаиздә сementин мәнфи тә'сириндән башга, онларын сementләри минераложн тәркиб ә'тибарилә тәкрарән әмәлә кәлмиш кристаллик калсит тәшкил әдир.

Ачығ тәбиин сұхурлардан көтүрүлмүш нүмунәләрә әсасән тәркибиндә мұхтәлиф нөвлү сementин олмасынын кечиричилиийә нечә тә'сир этмәсини кәстәрән әйриләр (2-чи шәкилдәки III—IV әйриләр) юхарыда тәсвир этдийимиз гуялардан алынан мә'луматлары бир даһа тәсдиг әдир. Бурада фәрг ялныз сementин мигдары әйни олдуғда белә кечиричилиийн максимал вә минимал әдәди гиймәтләринин даһа юхары олмасындадыр.

Өйрәндийимиз чөкүнтүләрдә тәкрар просесләр кварс дәнәләринин өз саһәсиндә икиншәф этмиш кварс дәнәләринин рекенерасиясилә тәмсил олунмушдур. Бунула әлағадар оларағ вә әләчә дә бу һадисәнин кичик интенсивли олмасы сұхурларын коллекторлуг хассәләринә (эффектив мәсамәлилик вә кечиричилик) мұһүм тә'сир кәстәрмәмишдир.

Бунун әксинә оларағ пелитоморфизм кристаллик сementин енидән кристаллашмасы вә онун тәкрар кристаллик калситә чеврилмәси һаллары нүмунәләрдә чох яйылмышдыр ки, бу да коллекторларын мұтләг кечирмәйән сых гумдашына чеврилмәсинә сәбәб олур.

Әһтимал әдилир ки, белә дәйишлмә ики фазада: биринчи фазада зәиф туршулу мұһитдә синтетик метоморфизм олмаян калситин һәлл олмасы, икинчи фазада исә чох гәләви мұһитдә орта вә ири кристаллы калситләрин чөкмәси кетмишдир.

Дикәр тәрәфдән сementләрин коллекторларда тәдгиг әдилмәси һәмнн сұхурун физики-кимйәви әмәләкәлмә шәраитини мұәййән этмәк үчүн әсас амилләрдән биридир.

Юхарыда гейд этдийимиз кимн, сementләшдиричи маддәләрн тәркиби, нөвү вә гурулушу ялныз диакенес дөврүнүн дейил, әйни заманда эпикенез дөврүнүн физики-кимйәви вә геоложи шәраитилә сых әлағадардыр. Буна көрә дә ашағыда чөкүнтү йығылмасы шәраитиндән дәнәшдығда ялныз сementин хусусийәтләрини йох, сұхурларын террике-ник һиссәчикләринин минераложн вә гранулометрич тәркибләрини нәзәрә алмағ лазымдыр.

Беләликлә Бузовна-Маштаға районунда сұхур сementләйинчи маддәләрн гуялардан көтүрүлмүш нүмунәләринин минераложн вә гранулометрич тәркибләринин өйрәнилмәсилә, чөкүнтү йығылмасы шәраити һаггында ашағыдакылары демәк олар.

Сұхурларын террике-минераложн тәркибинә әсасән гейд этмәк олар ки, һәмнн сұхурлар даяз су һөвзәсиндә әмәлә кәлмиш вә ана сұхурларын о гәдәр дә узағда олмасынын кәстәрир.

Бу чөкүнтүләрн сementләринин өйрәнилмәси кәстәрир ки, онлар әсас ә'тибарилә килли әһәнкдашлы гарышығ сementләрдән тәшкил олунмушлар. Әһәнкдашлы сementин тәбиәти кәстәрир ки, о даяз сулу исти һөвзәдә гәләвили ($pH > 8$) мұһитдә әмәлә кәлмишдир. Беләликлә, биз, сұхурун минераложн тәркибинә көрә чыхарылмыш нәтичәни сұбүт этмиш олур.

Сұхурун террике-һиссәчикләриндән көтүрүлмүш аз мигдар нүмунәләриндә силисиумлу сementлә бирликдә минераложн тәркибли маддәләрн (ән чох глауконит) олмасы кәстәрир ки, чөкүнтү йығылмасы

нейтрал вэ я эиф туршулу мүнхтдэ кетмишдир (рН 6,6—7,2 вэ 5,0—6,6). рН үзрэ мэлуматлар Г. И. Теодорочикдэн [9] көтүрүлмүшдүр.

Юхарыда көстөрүлөнлөрө эсасэн ашагыдакы нэтичэлэри чыхармаг олар:

1. Сүхурун коллекторлуг хассэсинэ сементин минераложу тэркиби, нөвү вэ онун сүхурун тэркибиндэки мигдары тэ'сир эдир.
2. Сүхурун коллекторлуг хассэсинэ сементлэшмэ нөвү сементин тэркибинэ нисбэтэн даһа интенсив тэ'сир эдир.
3. Контакт нөвлү сементлэшмиш коллекторлар эн элверишли сайылыр.
4. 27—30% артыг сементэ малик олан сүхурлар практики чэлэтчэ кечирмэйэн олур.
5. Кварс дэнэлэринин рекенерасия һадисэсинин аз баш вермэси сүхурун коллекторлуг хассэсинэ тэ'сир көстөрүр.
6. Политоморф калситин тамамилэ икинчи кристаллик калсита чеврилмэси ону тэчрүби кечирмэйэн эдир.
7. Сементин тэркибилэ террикен һиссэчиклэринин биркэ минераложу тэркиби чэкмэ йығылма мүнхитинин физики-химйэви шэраити һагында муһакимэ йүрүтмэйэ имкан верир.

ЭДЭБИИЯТ

1. Гейслер А. Н. К вопросу о структурной классификации обломочных осадочных пород. Литологический сборник II, ВНИГРИ, 1948.
2. Горбунов Н. И. Методика разделения почв и глин на фракции для рентгенографического и термографического изучения. «Почвоведение» 1950, 7.
3. Ермолова Е. П. Образование аутигенных минералов в песчаных и алевритовых отложениях миоцена и олигоцена Грузии. Материалы по геологии и нефтеносности Грузии.
4. Калинин М. К. Песчаные породы. Справочное руководство по петрографии осадочных пород, т. II, 1958.
5. Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород, 1940.
6. Рухин Л. Б. Основы литологии, 1953.
7. Смирнова Н. В. О типах цемента и влиянии цементации на коллекторские свойства песчаных пород. Труды ВНИИ, вып. IV, 1954.
8. Смирнова Н. В. О подразделении типов цемента в связи с коллекторскими свойствами песчаных пород. Труды Ин-та нефти АН СССР, вып. 13.
9. Теодорович Г. И. Осадочные геохимические фации. БМОИП., отдел. геол., № 1, 1947.
10. Требин Ф. А. Нефтепроницаемость песчаных коллекторов. Гостоптехиздат, 1945.
11. Швецов М. С. Петрография осадочных пород, 1934.
12. Швецов М. С. Петрография осадочных пород, 1948.

А. Г. Алиев, Л. В. Минзберг

О влиянии состава и типа цемента на свойства коллекторов верхнего отдела продуктивной толщи восточного Апшерона

РЕЗЮМЕ

Как показали многочисленные исследования (3, 7, 8, 10 и др.) большое влияние на коллекторские свойства песчано-алевритовых пород оказывают состав и тип цементирующего породу вещества.

На основании изучения коллекторов верхнего отдела продуктивной толщи по ряду площадей восточного Апшерона нами установлено, что наибольшее распространение имеют контактовый и поровый типы цементации, для которых характерно соответственно содержание цемента до 20% и от 10 до 30% от всей массы породы.

При изучении влияния типа цемента на коллекторские свойства пород (рис. 1) нами было установлено, что:

1. Наибольшая полная пористость (28%), эффективная пористость (9,8%) и проницаемость (668 миллиарди) наблюдаются при контактовом типе цемента, средняя (соответственно 25%, 5% и 226 миллиарди) — при поровом типе цемента и наименьшая (12%, 1% и нуль) — при базальном типе.

В минералогическом отношении в изученных образцах были встречены глинистый, карбонатный и кремнистый цементы.

Детальное изучение минералогического состава глинистого цемента (термографическим и электронно-микроскопическим методами, а также окрашиванием органическими красителями) показало, что он состоит из гидрослюд, монтмориллонита и бейделлита, а также из смеси их. Наиболее распространенными являются гидрослюды. Наилучшие коллекторские свойства имеют образцы с каолинит-гидрослюдистым цементом, наихудшие — с монтмориллонитовым.

Сопоставление петрографического состава образцов с составом глинистых минералов цемента указывает на то, что гидрослюдам соответствует большое содержание мусковита, хлорита и глауконита в тяжелой алевритовой фракции, а монтмориллониту — пироксенов и амфиболов. Это позволяет предположить, что за счет их разрушения и происходило, при определенных геохимических условиях, образование гидрослюд и монтмориллонита.

Сравнивая влияние минералогического состава цемента, с одной стороны, и типа цементации, с другой, на свойства пород коллекторов, можно отметить, что последний более интенсивно влияет на полную и эффективную пористость и проницаемость пород, чем первый.

С целью выявления зависимости проницаемости от различного процентного содержания цемента одного из указанных типов нами были построены соответствующие кривые (рис. 2). При рассмотрении построенных кривых было установлено, что при увеличении количества цемента контактового типа с 8 до 18% проницаемость снижается с 1700 до 100 миллиарди (кривая I—I). При увеличении же содержания цемента порового типа с 10 до 27% проницаемость снижается с 700 до 16 миллиарди, т. е. порода становится практически непроницаемой (кривая II—II).

Таким образом, можно заключить, что содержание цемента более 27—30% превращает породу в практически непроницаемую.

Построение идентичных кривых III—III и IV—IV по образцам из естественных обнажений подтвердило описанные выше данные, полученные по образцам из скважин Маштаги-Бузовнинской площади.

Вторичные процессы в отложениях верхнего отдела развиты незначительно; выражаются они в регенерации кварцевых зерен по площади самого зерна, в связи с чем они не оказывают существенного влияния на коллекторские свойства породы.

В противоположность этому замещение пелитоморфного кальцита кристаллическим очень сильно влияет на коллекторские свойства породы, превращая ее в практически непроницаемую.

При изучении цемента была также сделана попытка восстановить по его составу физико-химические условия среды осадконакопления. При этом было выявлено, что состав цемента подтверждает предположение, сделанное по минералогическому составу терригенной части породы, о том, что осадконакопление шло в относительно мелководном бассейне при незначительном удалении источника сноса обломочного материала.

А. Б. САТУРЯНС, Т. А. БАЧЫЕВА

АЗЕРБАЙДЖАН НЕФТ ЯТАГЛАРЫНЫН КЕОТЕРМИК ПИЛЛЭСИ БАГГЫНДА МЭ'ЛУМАТЛАР

Нефт вэ газ ятагларынын ахтарылмасы вэ кэшфийаты, нефт гуюларынын газылмасы вэ ишлэнмэсилэ элагэдар олараг ер габыгынын дэринлийинин артмасы илэ температурун дэйишмэси ганунауйгундугу мäsэлäси бөйүк әһәмийәтә маликдир.

Газ конденсаты вэ нефт ятагларынын фаз нисбәти, газларын нефтдә һәлл олмасы, нефтин һәчм әмсалы, нефт вэ газын өзлүлүйү вэ сыхлығы, галыг суларынын һәчми вэ бу кими лай параметрләринин тә'йини лай температурунун дэгиг гиймәтинин мүәййән әдилмәсини тәләб әдир.

Мә'лумдур ки, бирчинсли күрә диварынын температуру гипербола гануну үзрә дэйишир (1-чи шәклә бах).

$$t_x = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_x}\right) \quad (1)$$

Бурада:

$t_1 - r_1$ радиусуна уйгун күрәнин дахили дивар сәтһинин температуру;

$t_2 - r_2$ радиусуна уйгун күрәнин харици дивар сәтһинин температуру;

t_x — күрәнин мәркәзиндән r_x мäsәфәдәки температурудур.

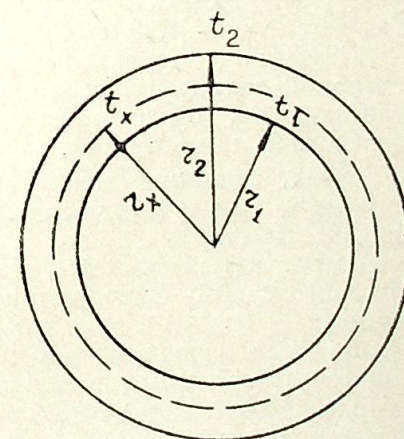
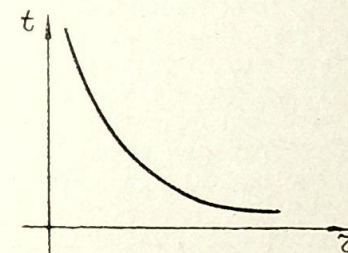
Температур күрәнин мәркәзиндән онун сәтһинә доғру азалыр, йә'ни:

$$t_1 > t_x > t_2.$$

Бизим көтүрдүйүмүз һал үчүн кеотермик градиент, йә'ни температура дэйишмәсинин күрә радиусунун дэйишмәси нисбәти:

$$\frac{dt_x}{dr_x} = - \frac{t_1 - t_2}{r_2 - r_1} \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{r_x^2} \quad (2)$$

кими олур. Йә'ни күрә мәркәзиндән узаглашдыгча кеотермик градиент азалыр.



1-чи шәкил.

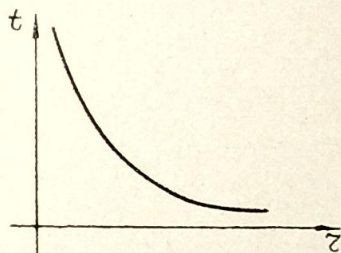
А. Б. САТУРЯНС, Т. А. БАЧЫЕВА

АЗƏРБАЙҶАН НЕФТ ЯТАГЛАРЫНЫҢ КЕОТЕРМИК ПИЛЛƏСИ БАГГЫНДА МƏЛУМАТЛАР

Нефт вə газ ятагларынын ахтарылмасы вə кəшфийаты, нефт гуяларынын газылмасы вə ишлənməсилə əлагəдар олараг ер габыгынын дəринлийинин артмасы илə температурун дəйишмəsi ганунауйгунлуғу мəсəлəsi бəйүк əһəмийятə маликдир.

Газ конденсаты вə нефт ятагларынын фаз нисбəти, газларын нефтдə һəлл олмасы, нефтин һəчм əмсалы, нефт вə газын əзлүлүйү вə сыхлығы, галыг суларынын һəчми вə бу кими лай параметрлəринин тəйини лай температурунун дəгиг гиймəтинин мүййən əдилмəсини тəлəб əдир.

Мəлүмдур ки, бирчинсли күрə диварынын температуру гипербола гануну үзрə дəйишир (1-чи шəклə бах).



$$t_x = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_x}\right) \quad (1)$$

Бурада:

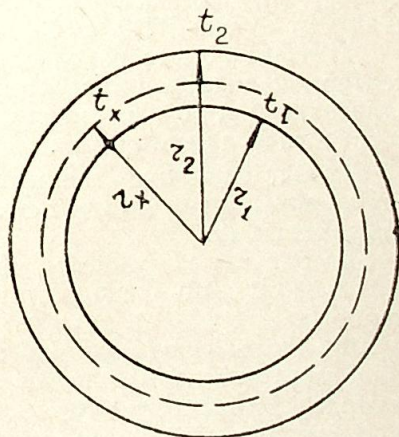
$t_1 - r_1$ радиусуна уйгун күрəнин дəхили дивар сəтһинин температуру;

$t_2 - r_2$ радиусуна уйгун күрəнин харичи дивар сəтһинин температуру;

t_x — күрəнин мəркəзиндən r_x мəсəфəдəки температурудур.

Температур күрəнин мəркəзиндən онун сəтһинə доғру азалыр, йə'ни:

$$t_1 > t_x > t_2.$$



1-чи шəкил.

Бизим кəтүрдүйүмүз һал үчүн кеотермик градиент, йə'ни температура дəйишмəсинин күрə радиусунун дəйишмəsi нисбəти:

$$\frac{dt_x}{dr_x} = - \frac{t_1 - t_2}{r_2 - r_1} \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{r^2 x} \quad (2)$$

кими олур. Йə'ни күрə мəркəзиндən узаглашдыгча кеотермик градиент азалыр.

Тәчрүбәдә гуюнун дәринлийи артдыгча температур дәйишмәсини характеризә этмәк үчүн чох вахт кеотермик градиентин экс гиймәти олан кеотермик пиллә аңлайышындан истифадә олунур. (2) дүстурә әсасән бирчинсли күрә дивары үчүн күрә мәркәзиндән узаглашдыгча кеотермик пилләнин гиймәти чохалыр.

Файдалы газынты ятагларынын кәшфийяты вә ишләнмәси нөгте-йи-нәзәрдән ерин юхары гаты (йә'ни 10—15 км-ә гәдәр ятан гат) әмәли әһәмийәтә маликдир. Бу гиймәти ерин радиусу илә мүгайисә этдикдә чох кичик әдәд вердийи үчүн (2) дүстурдакы радиуслар насилини бу чүр гәбул этмәк олар.

Беләликлә, ерин юхары гатларындакы температурун яйылмасы тәч-рүби олараг мүстәви диварда температурун яйылмасы кими олур ки, бу да кеотермик пилләнин сабит гиймәти илә характеризә олунур:

$$\frac{dr_x}{dt_x} = - \frac{r_2 - r_1}{t_1 - t_2} \quad (3)$$

Температуру дәринлийин дәйишмәсилә изаһ этдикдә кеотермик пилләнин гиймәти ашағыдакы кими мүәййән әдилир:

$$G = \frac{H}{t - t_{op}} \quad (4)$$

G —кеотермик пиллә, $м\text{ }^{\circ}\text{C}$

H —ятағын дәринлийи, $м$

t —ятаг дәринлийиндәки температур, $^{\circ}\text{C}$

t_{op} —районун орта иллик температуру.

Кеотермик пилләнин мүәййән әдилмәсилә мүхтәлиф заманларда бир чох тәдгигатчылар мәшғул олмушлар.

Температурун өлчүлмәси әсасында, демәк олар ки, Азәрбайчанын бүтүн әсас ятаглары үчүн кеотермик пилләнин гиймәти мүәййән әдил-мишдир [2].

Кеотермик пилләнин гиймәти: Кировнефт үчүн—33, Лениннефт үчүн—32, Орчоникидзенефт үчүн—32,5, Әзизбәйовнефт үчүн—32, Гара-чухур үчүн—26,5, Сталиннефт үчүн—25,3, Гарадагнефт үчүн—27, Киров-абаднефт үчүн—17,9 $м/^{\circ}\text{C}$ -дир.

ССРИ-дә вә харичи өлкәләрдә чох вахт 33 $м/^{\circ}\text{C}$ гиймәтинә малик кеотермик пилләдән истифадә олунур. Лакин кеотермик пиллә үчүн әлдә әдилмиш бу гиймәт чох да дәрин олмаян гуяларын тәдгиги нәтичәсиндә алынмышдыр.

Гарадағ сәһәсиндә апарылмыш тәдгигат ишләри юхарыдакы көстә-ричиләрин дәринлийә ятмыш лайлара тәтбит әтмәйин мүмкүн олмама-сыны көстәрди.

Гарадағ газ конденсат ятағы тәдгиг әдиләркән бөйүк дәринлик-ләрдә (4'00 м-ә гәдәр) температурун өлчүлмәси ишләри апарыл-мышдыр.

Айры-айры гуяларын диб температурларынын дәфәләрлә максимал чивә термометрләри васитәсилә өлчүлмәси нәтичәсиндә алыннан гиймәт һазырда Азәрбайчан үчүн кеотермик пилләнин максимум гиймәтинә көрә һесабланмыш температурдан белә чох кичикдир.

Мисал үчүн, мүвәггәти олараг ишдән чыхмыш 215 вә 110 нөмрәли гуялары уйғун олараг 4100 вә 2950 м дәринликдә диб температуру-нун 98°С вә 78°С олмасы мүәййән әдилмишдир; һалбуки 33 $м/^{\circ}\text{C}$ кео-термик пилләйә вә орта иллик температур 14°С әсасән һесабланмыш нәтичәйә уйғун олараг юхарыдакы гуялар үчүн 138°С вә 103°С верир, йә'ни һесабатдан алыннан температур даһа чох олур.

Һесабаты Гарадағ үчүн тәклиф олунмуш 27 $м/^{\circ}\text{C}$ кеотермик пил-ләйә көрә апардыгда исә даһа чох фәрг алыныр.

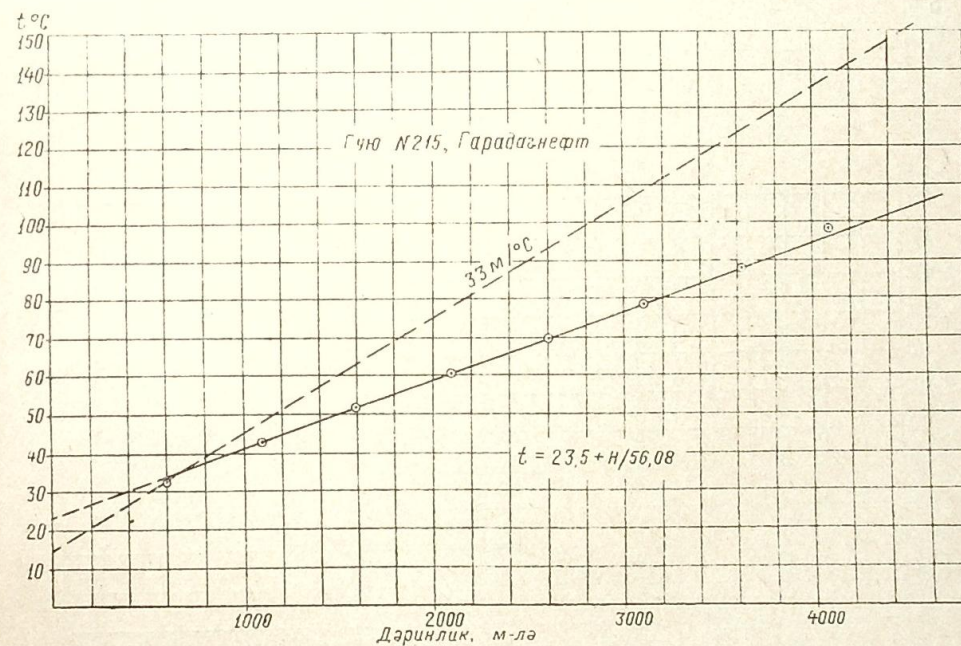
Юхарыда гейд әдилән фактики температур илә һесабатдан алыннан температур арасындакы фәрг ялныз Гарадағ үчүн характерик олма-йыб, башга районлара да аиддир. Лениннефт, Сталиннефт, Орчони-кидзенефт, Бузовнанефт нефт мә'дәнләриндә ән дәрин гуяларын температурларынын тәрәфимиздән өлчүлмәси һәмин фикри, дүзкүн олмасыны көстәрир.

Температурун бөйүк дәринликләрдә һәгиги пайланмасыны өйрән-мәк мәгсәдилә дәгиг олараг температурун өлчүлмәси ишләри биринчи нөвбәдә Гарадағ ятағындакы 215 №-ли гуяда (дәринлик 4150 м) апа-рылмышдыр. Бу гуя температурун өлчүлмәсиндән 4 ай әввәл даян-дырылмыш вә ағзына гәдәр су илә долдурулмушдур. Температурун өлчүлмәси гуя ағзындан дибинә гәдәр 500 м интервалда апарылмыш-дыр. Температурун өлчүлмәси үсулу [3]-дә верилмишдир.

Температурун өлчүлмәсинин нәтичәсини 1-чи чәдвәлдән вә 2-чи шәкилдән көрмәк олар.

1-чи чәдвәл

Дәринлик, м-лә	60	1100	1600	2100	2600	3100	3601	4102
Температур $^{\circ}\text{C}$	32	42,5	51,5	60	69,5	78,5	87,5	98



2-чи шәкил.

1-чи чәдвәлдән көрүнүр ки, 4100 м дәринликдә олан фактики температурла 33 $м/^{\circ}\text{C}$ кеотермик пилләйә көрә апарылмыш һесабат-дан алыннан фәрг 40°С тәшкил әдир.

2-чи шәкилдән көрүнүр ки, бүтүн интервал үзрә температурла дәринлик арасында асылылыг дүз хәтт үзрәдир, йә'ни кеотермик пиллә

сабитдир, бу да (2) дүстүр асасында чыхарылмыш нәтичәйә уйгун кәлир.

Орта үсула асасән 1-чи чәдвәлдә верилмиш гиймәтләрин ишләдил-мәси нәтичәсиндә алынған кеотермик пиллә 56,08, әйринин ординат-охуну кәсән парча исә 23,5 олмагла ер сәтһинин фиктив темпера-туруну кәстәрир. Дедикләримизә асасән температурун дәринликдән асылылығыны ашағыдакы кими ифадә әдә биләрик:

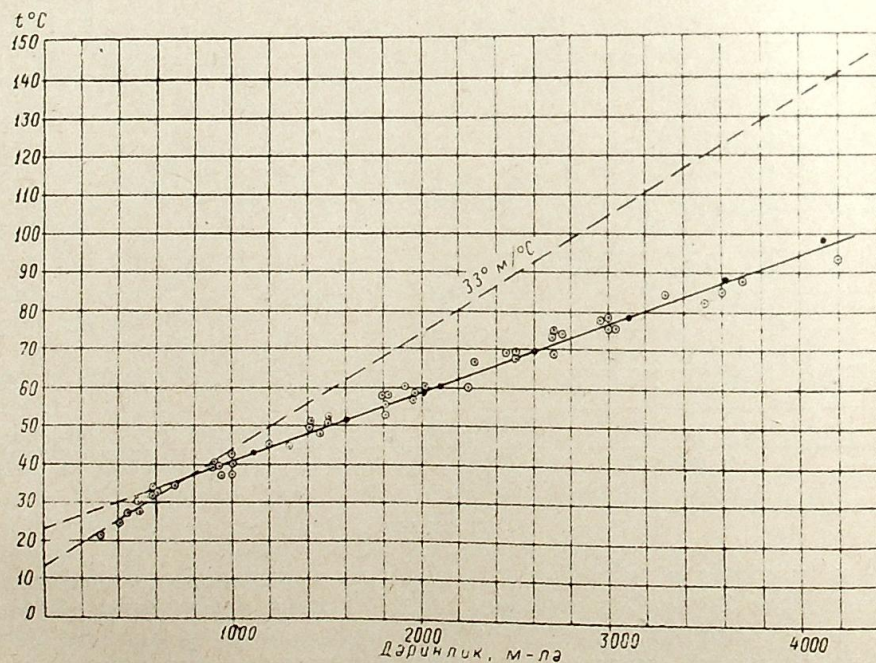
$$t = 23,5 + \frac{H}{56,08} \quad (5)$$

Беләликлә бөйүк дәринликләр үчүн кеотермик пиллә максимум гәбул олунмуш кеотермик пилләдән (33 м/°С) 1,7 дәфә бөйүк олур. Әкәр инди гәбул әдилмиш гайдая көрә Азәрбайчан үчүн иллик температур 14° С олмагла, кеотермик пилләни (3) дүстүрлә һесабла-саг, кеотермик пилләнин сабит олмайыб дәйишән олдуғуну көрүрик. Йә'ни дәринлик артдыгча кеотермик пилләнин дә артдығыны көрүрик (2-чи чәдвәлә бах). Бу исә 215 №-ли гую үзрә фактики температурун дәйишмәсинә аиддир.

Белә ки, бу зиддийәт бөйүк дәринликләр үчүн кеотермик пиллә-нин тә'йининдә орта иллик температура дүзкүн олмаяраг асасланма нәтичәсиндә баш верир.

2-чи чәдвәл

215 №-ли гую	Дәринлик, м-лә.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4102
	кеотермик пиллә, м/°С	33,3	38,6	42,7	45,2	46,9	48,1	48,7	48,9



3-чү шәкил.

3-чү чәдвәл

Нефт мә'дән идарәләри	Гуюларын нөмрәси	Дәринлик	Температур °С	Һесапланмыш темпе- ратур	
				кеотермик пиллә үзрә 33 м/°С	$t = 23,5 + \frac{H}{56,8}$ үзрә
Сталиннефт	2929	400	24,5	26,12	32,41
"	"	900	38,25	41,27	39,57
"	"	1400	50,9	56,42	48,46
"	"	1900	60,35	71,57	57,38
"	"	2283	67,0	83,18	64,38
"	2612	500	27,95	29,15	32,42
"	"	1000	42,1	44,30	41,33
"	"	1500	52,0	59,45	50,24
Лениннефт	1661	300	21,5	23,09	28,85
"	"	1300	45,0	53,36	46,68
"	"	1800	53,17	68,54	55,59
"	"	600	32,0	32,18	34,2
"	1559	1200	45,4	50,36	44,898
"	"	1800	55,8	68,54	55,597
"	"	2250	60,0	82,18	63,62
"	1326	700	34,65	35,21	35,98
"	"	1401	49,3	56,45	48,48
"	"	1950	56,5	73,09	58,27
Орчоникдзенефт	1820	1000	37,0	44,30	41,33
"	"	2000	58,0	74,60	59,16
"	"	2500	68,0	89,75	68,08
"	"	3000	76,0	104,9	77,17
"	"	4200	93,8	141,2	98,39
"	1308	900	40,0	41,27	39,54
"	"	1800	58,0	68,54	55,59
"	"	2700	74,5	95,81	71,64
"	"	2690	88,0	125,8	89,29
"	1517	900	40,0	41,27	39,57
"	"	1800	58,0	68,54	55,59
"	"	2700	74,5	95,81	71,64
"	"	3600	85,0	123,09	87,69
Орчоникдзенефт	1520	3300	84,4	114,0	82,34
"	1570	2700	74,5	95,81	71,64
"	1410	3000	76,0	104,9	77,17
Гарадаг	215	600	32,0	32,18	34,19
"	"	1100	42,5	47,33	43,11
"	"	1600	51,5	62,48	52,03
"	"	2100	59,5	77,63	60,96
"	"	2600	69,5	92,78	69,86
"	"	3100	78,5	107,93	78,79
"	"	3601	87,0	123,12	87,73
"	"	4102	98,0	138,3	96,64
"	110	450	27,0	27,64	31,52
"	"	950	36,5	42,79	40,44
"	"	1450	47,5	57,93	49,35
"	"	1950	58,0	73,09	58,27
"	"	2450	69,0	88,24	67,19
"	"	2950	78,0	103,39	76,10
"	211	500	30,0	29,15	32,42
"	"	1000	40,0	44,30	41,33
"	"	1500	50,4	59,45	50,24
"	"	2000	59,5	74,60	59,16
"	"	2500	69,0	89,75	68,08
"	"	3000	78,6	104,9	77,17

Геотермик пиллэнин сабит гиймэтини алмаг үчүн ер сәтһинин температуру эвэзинә фиктив температур олараг $23,5^{\circ}\text{C}$ гәбул эдәк (2-чи шәкил). Әкәр 23°C эвэзинә орта иллик температуру 14°C кө-түрүләрсә, бу, геотермик пиллэнин гиймэтини сәһв олараг азалмаға доғру апарар вә беләликлә температурун азалмасы, йә'ни дәринлийн азалмасы илә бу хәтә даһа да артар.

Нәтичәдә температурула дәринлик арасында дүз хәтт асылылығы олмасына бахмаяраг (геотермик пиллэнин дәринликдән асылы олмама-сы), геотермик пиллэнин тә'йининдә орта иллик температурдан истифада эдиләрсә, ялныш нәтичә элдә эдиләр.

Дейиләнләрдән белә нәтичәйә кәлмәк олар ки, геотермик пиллә тә'йин эдилдикдә ер габығында температурун яйылмасы илә һеч бир элагәси олмаян районун орта иллик температурундан хусусилә бөйүк дәринликләрдә истифада этмәк олмаз. (5) дүстурун дәгиглик дәрәчә-сини мүййән этмәк үчүн Абшерон ярымадасынын мүхтәлиф саһәлә-риндә ерләшмиш Гарадағнефть, Лениннефть, Орчоникидзенефть ятагла-рындакы ишдән чыхмыш гуюларын температурулары өлчүлмүшдүр.

Нәтичәләр 3-чү чәдвәлдә вә 3-чү шәкилдә верилмишдир. Нәмин нәтичәләрдән айдын олур ки, 700—800 м вә даһа артыг дәринлик-ләрдә (5) дүстур температур илә дәринлик арасында асылылығы кафи дәрәчәдә әкс этдирир. 3-чү чәдвәлдә вә 3-чү шәкилдә мүгайисә үчүн $33\text{ м}^{\circ}\text{C}$ геотермик пиллә үзрә һесаблинмыш гиймәтләр верилмишдир.

Гейд этмәк лазымдыр ки, 3-чү шәклә әсасән температурун 700—800 кичик дәринликләрдә дәйишмәси, демәк олар ки, дүз хәтт үзрә кедир; бу да тәхминән $33\text{ м}^{\circ}\text{C}$ геотермик пилләйә уйгундур.

Температурун дәринлийә уйгун олараг дәйишмәсини кичик дәрин-ликләрдә мүййән этмәк үчүн 215 вә 1820 №-ли гуюларда 1000—1100 м дәринлийә гәдәр 50—100 м интервал арасында температурун чох дәгиг өлчүлмәси илә мүййән эдилмәси нәзәрдә тутулур.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Михеев М. А. Основы теплопередач. Госэнергоиздат, 1947.
2. Мехтиев Ш. Ф., Алиев С. А. ДАН СССР, 1954, т. 102, № 1.
3. Цатурянц А. Б., Дурмишьян А. Г., Гаджиева Г. А. О геотермической ступени для больших глубин. АНХ (в печати).

А. Б. Цатурянц, Т. А. Гаджиева

Новые данные о геотермической ступени для нефтяных месторождений Азербайджана

РЕЗЮМЕ

Повсеместно, как у нас так и за рубежом, часто пользуются величиной геотермической ступени, равной $33\text{ м}^{\circ}\text{C}$.

Однако данные о геотермической ступени, имеющиеся к настоящему времени, получены по скважинам сравнительно неглубоким.

При исследовании газоконденсатного месторождения Карадаг были произведены измерения температур на больших глубинах, достигающих 4100 м.

Многочисленные измерения температуры забоя отдельных скважин показали значения температур намного меньшие, чем получается при подсчете температуры даже по максимальным значениям геотермической ступени, определенных для месторождений Азербайджана.

Так, например, фактическая температура забоя простаивающих скважин № 215 и 110 на глубине 4100 и 2950 м оказалась равной соответственно 98 и 78°C , а подсчитанная по геотермической ступени $33\text{ м}^{\circ}\text{C}$, при среднегодовой температуре 14° соответственно 138 и 103°C , т. е. значительно больше. Еще большая разница получится, если температуру на этих глубинах подсчитать по величине геотермической ступени $27\text{ м}^{\circ}\text{C}$, рекомендуемой для Карадагнефти.

Указанная большая разница между фактической температурой и подсчитанной по имеющимся в настоящее время значениям геотермической ступени характерна не только для Карадага, а встречается повсеместно, в чем мы убедились на основании измерения температуры по целому ряду глубоких скважин нефтепромысловых управлений Лениннефть, Сталиннефть, Орджоникидзенефть, Бузовнынефть, Карадагнефть.

С целью изучения действительного распределения температур на больших глубинах были проведены тщательные измерения температуры первоначально по стволу скв. № 215 месторождения Карадаг, глубиной 4100 м.

Геотермическая ступень, полученная путем обработки данных, оказалась равной $56,08$, а отрезок, отсекаемый на оси ординат, определяющий некоторую фиктивную температуру поверхности земли, оказался равным $23,5$.

В соответствии с этим получается выражение (5) для определения температуры в зависимости от глубины.

Таким образом, геотермическая ступень для больших глубин оказалась в 1,7 раза больше максимального из применяемых в настоящее время значений геотермической ступени — $33\text{ м}^{\circ}\text{C}$.

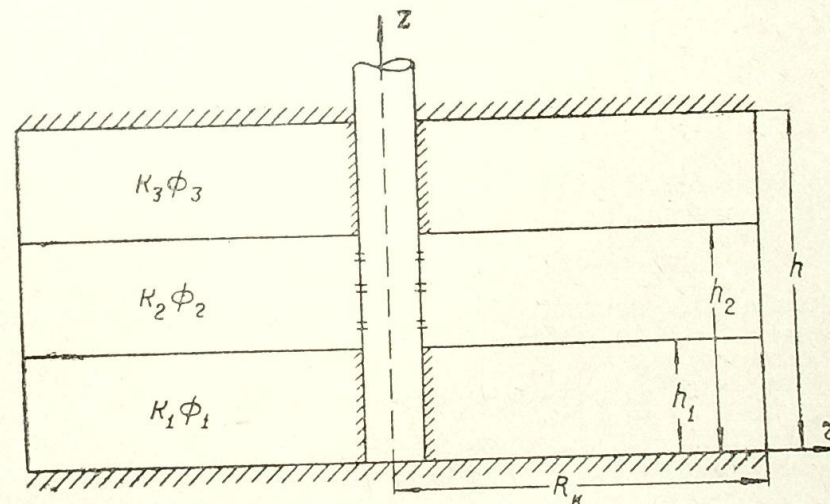
Для установления степени точности выражения 5 были произведены измерения температуры по простаивающим скважинам ряда месторождений Карадагнефть, Сталиннефть, Лениннефть, Орджоникидзенефть (Гоусаны), расположенных в различных частях Апшеронского полуострова. Результаты этих измерений представлены на рис. 3 и в таблице 3.

К. Н. ДЖАЛИЛОВ, Х. А. ГУЛАМОВ

О РАБОТЕ НЕСОВЕРШЕННОЙ СКВАЖИНЫ
ПО СТЕПЕНИ ВСКРЫТИЯ В НЕОДНОРОДНЫХ
(МНОГОСЛОИСТЫХ) ПЛАСТАХ

Практика эксплуатации нефтяных месторождений показывает, что нефтяные горизонты состоят из отдельных продуктивных пропластков с разной проницаемостью. Случай, когда пласт состоит из двух пропластков рассмотрен в работах [1, 3, 4], но применяемые в этих работах методы не позволяют получить эффективные решения, если количество пропластков больше двух.

Неоднородность по вертикали пласта вызывает прорыв воды в скважину. Если пласт состоит из пропластков различной проницаемости, то процесс вытеснения нефти водой происходит почти пропорционально проницаемости пропластка. В пропластках, имеющих высокую проницаемость, вода в скважину прорывается быстрее.



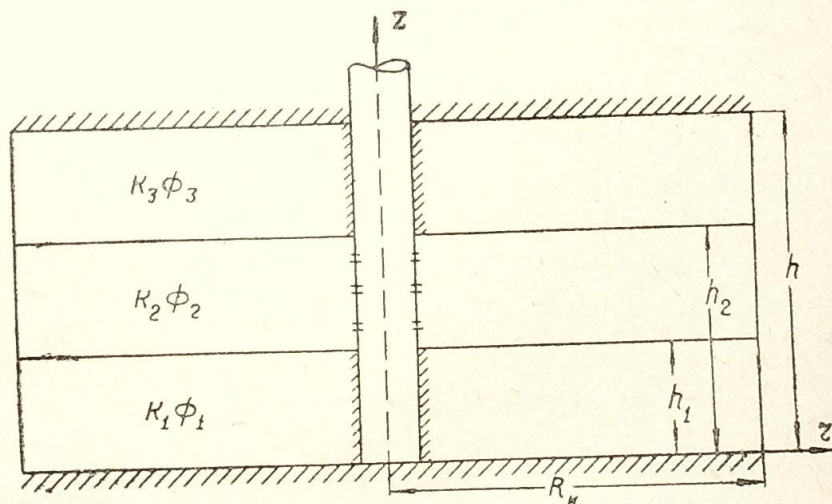
Поэтому и в связи с совместной эксплуатацией нефтяных горизонтов, исследование процесса фильтрации жидкости в неоднородных пластах, состоящих из многих пропластков, представляет большой теоретический и практический интерес.

К. Н. ДЖАЛИЛОВ, Х. А. ГУЛАМОВ

О РАБОТЕ НЕСОВЕРШЕННОЙ СКВАЖИНЫ ПО СТЕПЕНИ ВСКРЫТИЯ В НЕОДНОРОДНЫХ (МНОГОСЛОИСТЫХ) ПЛАСТАХ

Практика эксплуатации нефтяных месторождений показывает, что нефтяные горизонты состоят из отдельных продуктивных пропластков с разной проницаемостью. Случай, когда пласт состоит из двух пропластков рассмотрен в работах [1, 3, 4], но применяемые в этих работах методы не позволяют получить эффективные решения, если количество пропластков больше двух.

Неоднородность по вертикали пласта вызывает прорыв воды в скважину. Если пласт состоит из пропластков различной проницаемости, то процесс вытеснения нефти водой происходит почти пропорционально проницаемости пропластка. В пропластках, имеющих высокую проницаемость, вода в скважину прорывается быстрее.



Поэтому и в связи с совместной эксплуатацией нефтяных горизонтов, исследование процесса фильтрации жидкости в неоднородных пластах, состоящих из многих пропластков, представляет большой теоретический и практический интерес.

В данной статье рассматривается задача о притоке однородной жидкости к несовершенной скважине по степени вскрытия в пластах, состоящих из многих пропластков.

Для простоты предполагаем, что пласт состоит из трех пропластков и скважиной вскрывается только средний пропласток (см. рисунок).

Рассмотрим задачу при заданном расходе на скважине. Для этого требуется решение уравнений

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

где

$$\Phi_i = \frac{1}{\mu} (p_i + \gamma z), \quad i = 1, 2, 3;$$

μ — вязкость жидкости; p_i — давления; γ — уд. вес жидкости; при граничных условиях:

$$\left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} \right|_{z=h} = \left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial z} \right|_{z=0} = 0; \quad (2)$$

$$\left. \Phi_1 \right|_{z=R_K} = \left. \Phi_2 \right|_{r=R_K} = \left. \Phi_3 \right|_{r=R_K} = \Phi_K = \text{const} \quad (3)$$

$$\left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial r} \right|_{r=r_c} = \left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial r} \right|_{r=r_c} = 0; \quad \left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} \right|_{r=r_c} = c = \frac{Q}{2\pi r_c (h_2 - h_1) K_2}$$

$$\left. \Phi_1 \right|_{z=h_1} = \left. \Phi_2 \right|_{z=h_1}; \quad k_1 \left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial z} \right|_{z=h_1} = k_2 \left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial z} \right|_{z=h_1} \quad (4)$$

$$\left. \Phi_2 \right|_{z=h_2} = \left. \Phi_3 \right|_{z=h_2}; \quad k_2 \left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial z} \right|_{z=h_2} = k_3 \left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} \right|_{z=h_2}$$

Задача решается методом Фурье.

Введя функцию

$$U_0(\mu_j r) = J_0(\mu_j r) Y_1(\mu_j r_c) - J_1(\mu_j r_c) Y_0(\mu_j r) \quad (5)$$

и учитывая (3), решения системы (1) можно представить в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1 &= \Phi_K + \sum_{j=1}^{\infty} (c_1 \text{sh } \mu_j z + c_2 \text{ch } \mu_j z) U_0(\mu_j r) \\ \Phi_2 &= \Phi_K + cr_c \ln \frac{r}{R_K} + \sum_{j=1}^{\infty} (c_3 \text{sh } \mu_j z + c_4 \text{ch } \mu_j z) U_0(\mu_j r) \\ \Phi_3 &= \Phi_K + \sum_{j=1}^{\infty} (c_5 \text{sh } \mu_j z + c_6 \text{ch } \mu_j z) U_0(\mu_j r) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где μ_j — корень уравнения

$$J_0(\mu_j R_K) Y_1(\mu_j r_c) - J_1(\mu_j r_c) Y_0(\mu_j R_K) = 0.$$

Разлагая

$$cr_c \ln \frac{r}{R_K} \text{ по (5)}$$

$$cr_c \ln \frac{r}{R_K} = \sum_{j=1}^{\infty} a_j U_0(\mu_j r),$$

где

$$a_j = - \frac{2c U_0(\mu_j r_c)}{\mu_j^2 [R_K^2 U_1^2(\mu_j R_K) - r_c^2 U_0^2(\mu_j r_c)]},$$

принимая во внимание условия (4) и сравнивая коэффициенты, получим систему уравнений для определений c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 и c_6 .

Эту задачу можно решать и при постоянных забойных давлениях, применяя метод подобластей [2, 6].

Обычно при решении плоских задач, скважины заменяются точечными стоками и источниками, расположенными в центре скважины, поэтому в случае пространственных задач естественно возникает вопрос о замене скважин стоками или источниками, непрерывно размещенными вдоль оси скважин.

Заменяя вторые условия в (3) следующими

$$\lim_{r \rightarrow 0} r \left. \frac{\partial \Phi_1}{\partial r} \right|_{0 < z < h_1} = \lim_{r \rightarrow 0} r \left. \frac{\partial \Phi_3}{\partial r} \right|_{h_2 < z < h} = 0; \quad \lim_{r \rightarrow 0} r \left. \frac{\partial \Phi_2}{\partial r} \right|_{h_1 < r < h_2} = c,$$

решения ищем в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_1 &= \Phi_K + \sum_{j=1}^{\infty} (b_1 \text{sh } \lambda_j z + b_2 \text{ch } \lambda_j z) J_0(\lambda_j r) \\ \Phi_2 &= \Phi_K + c \ln \frac{r}{R_K} + \sum_{j=1}^{\infty} (b_3 \text{sh } \lambda_j z + b_4 \text{ch } \lambda_j z) J_0(\lambda_j r) \\ \Phi_3 &= \Phi_K + \sum_{j=1}^{\infty} (b_5 \text{sh } \lambda_j z + b_6 \text{ch } \lambda_j z) J_0(\lambda_j r) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где λ_j — корень уравнения $J_0(\lambda_j R_K) = 0$.

Учитывая, что

$$c \ln \frac{r}{R_K} = \sum_{j=1}^{\infty} d_j J_0(\lambda_j r),$$

где

$$d_j = - \frac{2c}{R_K^2 \lambda_j^2 J_1^2(\lambda_j R_K)},$$

и используя (2) и (4) из (7), получим:

$$\begin{aligned} b_1 &= 0; \\ b_5 \text{ch } \lambda_j h + b_6 \text{sh } \lambda_j h &= 0; \\ b_2 \text{ch } \lambda_j h_1 &= b_3 \text{sh } \lambda_j h_1 + b_4 \text{ch } \lambda_j h_1 + d_j; \\ k_1 b_2 \text{sh } \lambda_j h_1 &= k_2 (b_3 \text{ch } \lambda_j h_1 + b_4 \text{sh } \lambda_j h_1); \\ b_3 \text{sh } \lambda_j h_2 + b_4 \text{sh } \lambda_j h_2 + d_j &= b_5 \text{sh } \lambda_j h_2 + b_6 \text{ch } \lambda_j h_2; \\ k_2 (b_3 \text{ch } \lambda_j h_1 + b_4 \text{sh } \lambda_j h_1) &= k_3 (b_5 \text{ch } \lambda_j h_1 + b_6 \text{sh } \lambda_j h_1); \end{aligned}$$

Определяя b_2, b_3, b_4, b_5, b_6 и подставляя в (7), можем определить Φ_1, Φ_2, Φ_3 .

Известия — 4

откуда

$$\Phi_{2c} = \frac{1}{h_2 - h_1} \int_{h_1}^{h_2} \Phi_2 \Big|_{r=r_c} dz.$$

Такой подход позволяет получить эффективное решение для пласта, состоящего из многих пропластков.

Таким же путем решается задача о нестационарном случае течения однородной жидкости и газа в пористой среде к несовершенной скважине по степени вскрытия.

Изучение фильтрации жидкости в неоднородных пластах, состоящих из пропластков, дает возможность оценить участие отдельных пропластков в общей работе пласта. Кроме того можно определить осреднение (по z) скорости фильтрации жидкости по отдельным пропласткам.

Нужно отметить, что полученными решениями можно пользоваться при рассмотрении задач, связанных с проведением гидроразрыва пласта и работой скважин при наличии подошвенной воды в неоднородных пластах, и т. д.

Результатам расчетов будет посвящена отдельная статья. Авторы считают своим долгом выразить благодарность акад. З. И. Халилову за обсуждение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абасов М. Т., Джалилов К. Н. О притоке жидкости к несовершенной скважине в неоднородном пласте. „ДАН Азерб. ССР“, 1957, 1.
2. Абасов М. Т., Джалилов К. Н. К исследованию притока жидкости к несовершенной скважине в неоднородном пласте. „ДАН Азерб. ССР“, 1957, 7.
3. Алихашкин Я. И. Решение задачи о несовершенной скважине методом прямых. „Вычислительная математика“, сб. 1, 1957.
4. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. Гостонтехиздат, 1949.
5. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. ГИИТЛ, 1953.
6. Широков К. Приближенные методы решения одной пространственной задачи теории фильтрации. „Ученые записки АГУ“, 1957, 5.

Г. Н. Чэлилов, Х. А. Гуламов

Ачылма дэрэчэсинэ көрө натамам нефт гуяусунун бирчинсли олмаян (чохтэбэгэли) лайларда иши һаггында

ХҮЛАСӘ

Нефт мәдәнләриний истисмары тәчрүбәси көстәрир ки, нефт һоризонтлары кечиричилик әмсаллары мұхтәлиф олан тәбәгәләрдән ибарәтдир.

Мұхтәлиф кечиричилик әмсалына малик олан ики тәбәгәдән ибарәт нефт лайларында маенин сүзүлмәси мәсәләси [1, 2, 5] ишләриндә бахылмышдыр. Бу мәгаләдә исә чохтәбәгәли лайларда маенин ачылма дэрэчәсинә көрө натамам гуяя доғру гәрарлашмыш һәрәкәти мәсәләси арашдырылыр.

Садәлик үчүн фәрз әдилир ки, лай үч тәбәгәдән ибарәтдир вә нефт гуяусу орта гаты там ачмышдыр. Бунун үчүн (1) системинин һәлли (2), (3), (4) шәртләри дахилиндә ахтарылыр. Мәсәләнин һәлли үчүн Фурье үсулу тәтбиг әдилир.

(3) шәртләрини нәзәрә алыб вә функцияны (5) шәклиндә сечәрәк (1) системинин һәллини (6) шәклиндә ахтарырыр. (5)-ә көрә сырая айырыб вә (4) шәртләрини нәзәрә алмагла $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ әмсалларыны тәйин әдирик. Тәйин әдилән әмсаллары (6)-да еринә языб, Φ_1, Φ_2, Φ_3 һәлләрини тапырыр.

Юхарыда көстәрилән гайда үзрә чох тәбәгәли лайлар үчүн эффектив һәлл алмаг мұмкүндүр. Бу мәсәлә гәрарлашмамыш ахын һалы үчүн дә һәлл әдилир. Маенин бирчинсли олмаян лайларда ахын мәсәләсинин һәлли айры-айры тәбәгәләрин ишини гиймәтләндирмәйә имкан верир.

Белә мәсәләнин һәлли һидравлик ярма вә дабан сулары васитәсилә сулашма мәсәләләриндә ишләдилә биләр.

С. Ч. МЕНДИЕВ, Б. Ф. ПИШНАМАЗЗАДЭ, Л. М. КОШЕЛЕВА,
Ш. Н. НЕИБЭТОВА, Ф. А. НЭШИМОВА

ФЭРДИ КАРБОНИДРОКЕНЛЭРИН НЕФТДЭН ЧЫХАРЫЛМАСЫ
1-чи МЭ'ЛУМАТ. СИКЛОГЕКСАНЫН ЧЫХАРЫЛМАСЫ

Һазырда кимя сәнаеи вә хусусән ағыр үзви синтез сәнаеи халг тәсәррүфатында бөйүк әһәмийәти олан вә учуз хаммал мәнбәи тәләб әдән пластик күтлэләр, синтетик каучуклар вә лифләр, мүхтәлиф рәнкләр, һәлләдичиләр, пластификаторлар, әчзалар вә гейри-мәһсулларын синтези илә сых әлағәдардыр. Бу нөгтейи-нәзәрдән нефт хаммал кими ән бөйүк әһәмийәтә маликдир. Белә ки, үзви кимя сәнаеи сайча аз олан мүхтәлиф реакцияларын әсасында нефтләрдән алынмыш фәрди карбонидрокенләрдән мүхтәлиф аралыг мәһсуллар алырлар ки, бу да онлардан кәләчәкдә синтез апармаг үчүн хаммал кими истифадә этмәйә имкан ярадыр.

Мәсәлән, полиамид лифләринин истәһсалында лазым олан әсас компонентләрдән бири циклогексанын оксидләшмә мәһсулу олан адипин туршусудур. Адипин туршусуну синтез этмәк үчүн илкин хаммал олараг ашағыдакы бирләшмәләри күтүрмәк олар. Фенол, бензол, циклогексан, фурфурол вә асетилен илә бирликдә формалдәһиди күтүрүрләр. Сиклогексаны исә бензолу гидрокенләшдирмә йолу илә алырлар. Лакин бу йолла алынмыш циклогексан өз кейфийәти әтибарилә истәһсал илән йүксәк тәләбаты өдәйә билмир вә алынған лифләрин мая дәйәри чох баһа баша кәлир.

Мә'лум олдуғу үзрә, циклогексанын диқәр мәнбәи нефтдир. Бир сыра нефтләр, хусусән Азәрбайчан нефтләри, циклогексан карбонидрокенләри илә зәнкиндирләр. Нефтләрдән циклогексан карбонидрокенини фәрди олараг сәнае үсулу илә нефт фраксияларындан чыхарылмасы һагда индийә кими әдәбийятда ялныз бир мәгалә [4] истисна олмагла башга мә'лумат йохдур. Нәмин мәгаләдә анчаг циклогексанын нефт фраксиясындан концентрат шәклиндә чыхарылмасы үчүн гурғу тикилмәси көстәрилир. Диқәр бир мә'луматда исә нефтдән чыхарылмыш циклогександан адипин туршусунун истәһсалы һагда мә'лумат верилир [5]. Бу мәгсәд үчүн ишләдилмиш нефтдән чыхарылан циклогексанын тәркиби чәки фаизилә ашағыдакы гатышыгдан ибарәтдир: күкүрд—0,15%, Н-гексан—1,5—3%, бензол—0,1—10%, метилсиклопентан—2,0—18%, диметилпентан—5—20%.

Бу рәгәмләр әсасында апарылмыш һесабат көстәрир ки, нефтдән алынған циклогексан концентратынын тәркибиндә 75% даирәсиндә циклогексан вардыр. Лакин бизим апардығымыз тәдгигат көстәрир ки, нефтдән чыхардығымыз циклогексан концентратынын тәркибиндә 90% циклогексан вардыр. Бу исә нефтдә олан циклогексан потенциалынын 81—84,5%-ини тәшкил әдир. Азәрбайчан нефтләринин ичәрисиндә әлә

С. Ч. МЕҢДИЕВ, Б. Ф. ПИШНАМАЗЗАДЭ, Л. М. КОШЕЛЕВА,
Ш. Н. НҒИБЭТОВА, Ф. А. НҒШИМОВА

ФЭРДИ ҚАРБОҢИДРОКЕНЛЭРИН НЕФТДЭН ЧЫХАРЫЛМАСЫ 1-чи МӘҢЛУМАТ. СИКЛОҢЕКСАНЫН ЧЫХАРЫЛМАСЫ

Ғазырда кимя сәнаеи вә хусусән ағыр үзви синтез сәнаеи халғ тәсәррүфатында бөйүк әһәмийәти олан вә учуз хаммал мәнбәи тәләб әдән пластик күтлэләр, синтетик каучуклар вә лифләр, мүхтәлиф рәнкләр, һәлләдичиләр, пластификаторлар, әчзалар вә гейри-мәһсулларын синтези илә сых әлағәдардыр. Бу нөгтейи-нәзәрдән нефт хаммал кими ән бөйүк әһәмийәтә маликдир. Белә ки, үзви кимя сәнаеи сайча аз олан мүхтәлиф реаксияларын әсасында нефтләрдән алынмыш фәрди карбоһидрокенләрдән мүхтәлиф аралығ мәһсуллар алырлар ки, бу да онлардан кәләчәкдә синтез апармағ үчүн хаммал кими истифадә эт-мәйә имкан ярадыр.

Мәсәлән, полиамид лифләринин истәһсалында лазым олан әсас компонентләрдән бири циклоһексанын оксидләшмә мәһсулу олан адипин туршусудур. Адипин туршусуну синтез этмәк үчүн илкин хаммал оларағ ашағыдакы бирләшмәләри көтүрмәк олар. Фенол, бензол, циклоһексан, фурфурол вә асетилен илә бирликдә формалдәһиди көтүрүрләр. Сиклоһексаны исә бензолу гидрокенләшдирмә йолу илә алырлар. Лакин бу йолла алынмыш циклоһексан өз кейфийәти әтибарилә истәһсилән йүксәк тәләбаты өдәйә билмир вә алынған лифләрин мая дәйәри чох баһа баша кәлир.

Мәҗлум олдуғу үзрә, сиклоһексанын диқәр мәнбәи нефтдир. Бир сыра нефтләр, хусусән Азәрбайчан нефтләри, сиклоһексан карбоһидрокенләри илә зәнқиндирләр. Нефтләрдән сиклоһексан карбоһидрокенини фәрди оларағ сәнае үсулу илә нефт фраксияларындан чыхарылмасы һағда индийә кими әдәбийятда ялныз бир мәғалә [4] истисна олмағла башға мәҗлумат йохдур. Һәмин мәғаләдә анчағ сиклоһексанын нефт фраксиясындаң концентрат шәқлиндә чыхарылмасы үчүн гурғу тикил-мәси көстәрилир. Диқәр бир мәҗлуматда исә нефтдән чыхарылмыш сиклоһександан адипин туршусунун истәһсалы һағда мәҗлумат вери-лир [5]. Бу мәғсәд үчүн ишләдилмиш нефтдән чыхарылан сиклоһекса-нын тәрқиб чәки фаизилә ашағыдакы гатышығдан ибарәтдир: күкүрд—0,15%, Н-һексан—1,5—3%, бензол—0,1—10%, метилсиклопен-тан—2,0—18%, диметилпентан—5—20%.

Бу рәғәмләр әсасында апарылмыш һесабат көстәрир ки, нефтдән алынған сиклоһексан концентратынын тәрқибиндә 75% даирәсиндә сик-лоһексан вардыр. Лакин бизим апардығымыз тәдғигат көстәрир ки, нефтдән чыхардығымыз сиклоһексан концентратынын тәрқибиндә 90% сиклоһексан вардыр. Бу исә нефтдә олан сиклоһексан потенсиалынын 81—84,5%-ини тәшқил әдир. Азәрбайчан нефтләринин ичәрисиндә әлә

нефтьлар вардыр ки, онларын тэркиблерини циклогексан, метилциклогексан, метилсиклопентан, диметилсиклогексан вэ дикэр нафтен карбо. гидрогенлэри тэшил эдирлэр. Нефтьдэ бу карбогидрогенлэрин куллы мигдарда варлыгынын сэнае үчүн бөйүк тэчрүбэви эһемийэти ола би. лэр. Эдэбийятда олан мэлуматлара эсасэн [4, 5] апардыгымыз һесаба. лама кестэрмишдир ки, гайнамасы 100°C-дэ 40% олан Сураханы сечмэ, Сураханы ади, Балаханы яғлы, Гара-Чухур үст шө'бэ вэ Гала үст шө'бэ нефтьлариндэн алынмыш бензинин (бу бензинлэрин тэркибиндэ нафтен карбогидрогенлэри бөйүк потенсиала маликдир) 150 мин тонунда 6,056 тон метил сиклопентан, 12,189 тон циклогексан вэ 31,790 тон метилсиклогексан вардыр.

Тэкчэ циклогексанын мувафиг нефтьдэн чыхарылмасы алынмыш нэр тон мэхсула (циклогексана) мин манат ганаэт этмэйэ имкан верэр ки, бу да илдэ 15 миллион манат эдэр.

Мэгалэдэ бензин фраксиясындан анчаг циклогексанын чыхарылмасы һагда мэлумат верилмишдир. Апарылмыш тэдгигатын нэтичэлэри тэчрүби һиссэдэ кестэрилер.

Тэчрүби һиссэ

Хаммал. Хаммал кими 1-чи чэдвэлдэ характеризэ олуна Сураханы сечмэ нефтинин бензин фраксиясындан истифаэдэ эдилмишдир.

1-чи чэдвэл

Сураханы сечмэ нефтиндэн алынмыш бензин фраксиясынын хассэлэри

Гайнама башлангычы	Дөвлэт стандарты үзрэ фракцион тэркиб, %-лэ										d_4^{20}	n_D^{20}
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	97		
69	78	83	85	90	93,5	96	100	106,5	118,5	150	0,7395	1,4090

Хаммал кими көтүрүлмүш бензин эффективлийи 25 нэзэри бошгаб олан колонкада, онун карбогидроген тэркибини тэ'йин этмэк үчүн дар фраксиялара говулмушдур.

Фраксияламанын нэтичэси вэ алыннан фраксияларын сабитлэри 2-чи чэдвэлдэ верилер.

Бензин эффективлийи 25 нэзэри бошгаб (НБ) олан колонкада ректификация этдикдэ, алыннан дар фраксияларын фракцион тэркиблэри 3-чү чэдвэлдэ верилер.

Бензиндэн алынмыш дар фраксияларын кимйэви карбогидроген тэркибинин һесапланмасынын нэтичэлэри 4-чү чэдвэлдэ кестэрилмишдир.

Сураханы сечмэ нефтинин бензин фраксиясыны ашағыдакы фраксиялара айырыб, белэ адландырмышыг.

Гайнама башлангычы—65°C—башлангыч фраксиясы.

65—75°C—метилсиклопентан фраксиясы.

75—85°C—циклогексан фраксиясы.

85—95°C—диметилсиклопентан фраксиясы.

95—105°C—метилсиклогексан фраксиясы вэ и. а.

2-чи чэдвэл

Бензин фраксияланмасынын нэтичэси вэ алыннан фраксияларын сабитлэри

Индекслэр	Индекслэрин рэ-гемлэре гиймэти	Фраксиялар, °C				Галыг	Итки
		гайнама башлангычы —60°	60—95°	95—122°	122°—гайнама сону		
мл	2028	154	929	657	91	68	129
2	1500	102,5	688,3	497,5	70,3	53,9	87,5
d_4^{20}	0,7395	0,6654	0,7409	0,7574	0,7723	0,7929	—
n_D^{20}	1,4090	1,3811	1,4114	1,4210	1,4305	1,4390	—
Анилин пөгтэси	—	—	47,4	50,6	57,2	—	—
Бензинэ көрө% чыхары	100	6,9	45,87	33,15	4,67	3,59	5,82

3-чү чэдвэл

Фраксиянын гайнама интервалы °C	Дөвлэт стандарты үзрэ фракцион тэркиб, %-лэ											
	Гайнама башлангычы	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98
Гайнама башлангычы —60°	46	48,8	50	51,5	53	54,5	56,5	58,6	60	64,5	70	—
60—95°	78	79,5	80,3	81	82	82,9	83,7	85	86,5	89	—	94
95—122°	101,8	102,5	103	103	103,8	104,5	105	105	108	111	—	119
122°—гайнама сону	127	128	128,8	129,5	103	131	131,5	132,5	134	128	140	—

4-чү чэдвэл

Дар фраксияларын кимйэви карбогидроген тэркиби

Карбогидроген тэркиби	Фраксиялар, °C				Бензинэ көрө, %-лэ
	60°-йэ кими	60—95°	95—122°	122°—гайнама сону	
Метан карбогидрогенлэри	—	31,2	24,8	31,8	28,7
Нафтен карбогидрогенлэри	—	68,8	75,2	68,2	71,3
Ароматик карбогидрогенлэр	йохдур	изи	изи	изи	изи

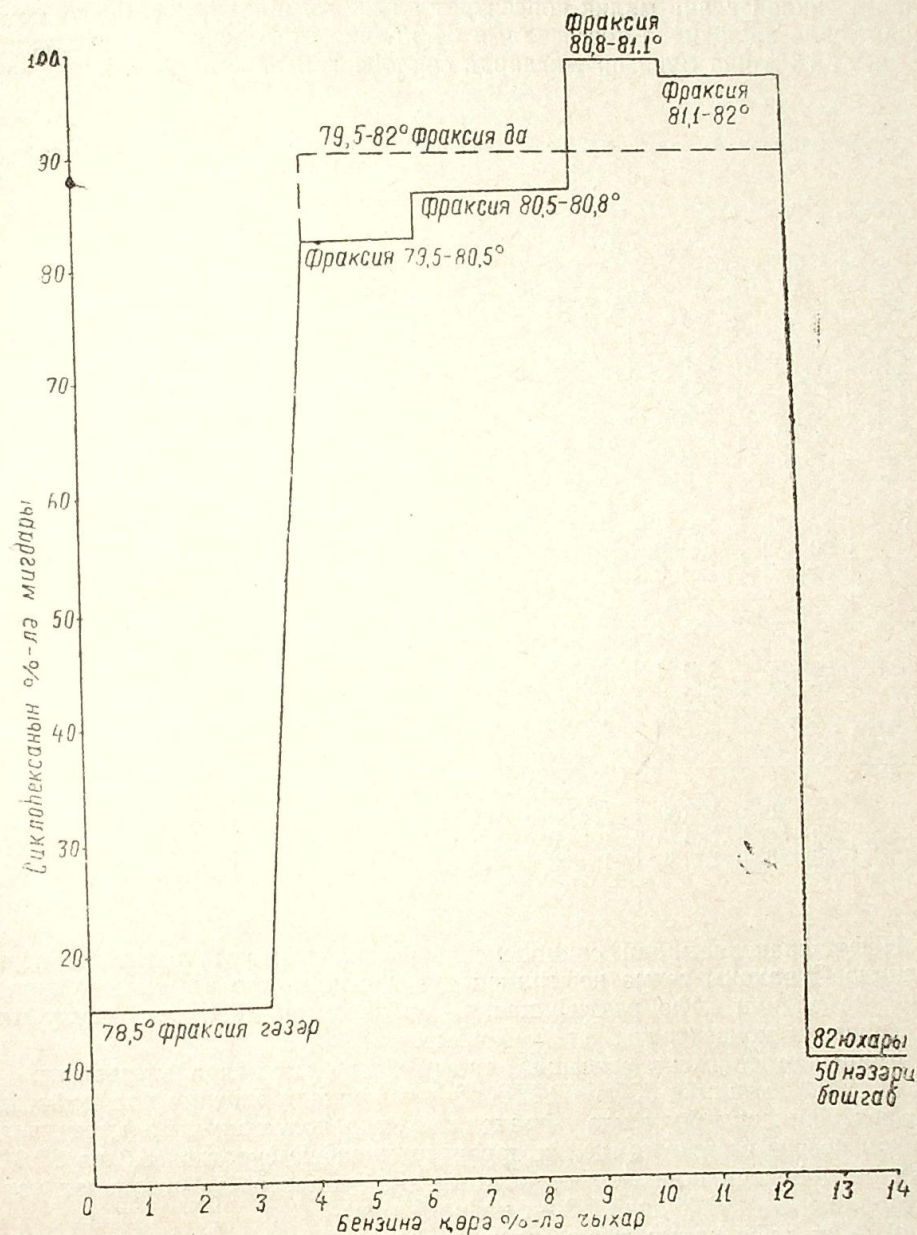
Тэдгигат үчүн көтүрдүйүмүз 75—85°C-дэ гайнама фраксия олмушдур. Бу фраксияда ола билэчэк фэрди карбогидрогенлэр 5-чи чэдвэлдэ кестэрилер.

5-чи чэдвэлин сон сүтунларында ики мәнбэ үзрэ һөмин бензинин тэркибиндэ ола билэчэк карбогидрогенлэрин чэки үзрэ фаизлэри верил-

Эффективлийн 25 вэ 50 нээри бошгаб олан колонкаларда бензини ики дэфэ ректификациясыннын нэтичэлэри

Гансы эффектлин колонкада алын-мыш	Дар фраксия	Дар фраксиянын гайнама палин, °C	D ²⁰		d ₄ ²⁰		Дегидрокексамидрамдан сонра 99,7%-и H ₂ SO ₄ мис суфоломаш-ма-дэрсэси, %-ла	Донма температур, °C	Фраксиянын бензини керэ чы-хымы, %-ла	Сиклохексанын мигдары, %-ла	Потенциал үэрэ сиклохексамидрамдан сонра 99,7%-и H ₂ SO ₄ мис суфоломаш-ма-дэрсэси, %-ла	Гейд
			Дегидрокексамидрамдан сонра	Дегидрокексамидрамдан сонра	Дегидрокексамидрамдан сонра	Дегидрокексамидрамдан сонра						
75—85 °C-дэ гайнаан ниванияг	25	гайнама башлан-гычы 80 °C	1,4160	1,4665	0,7541	—	68,8	—	6,91	71,03	50,15	
	25	80—82	1,4196	1,4824	0,7637	—	85,5	—	5,15	87,17	45,86	
	25	80—82	1,4212	1,4851	0,7650	—	88,9	—20	7,65	90,48	76,97	
	25	78—82	1,4181	1,4782	0,7622	0,8473	76	—30,5	7,65	77,53	66	
	25	79,5—82	1,4208	1,4830	0,7647	0,8519	86,5	—17	7,47	88,07	81,46	
50	50	79—83	1,4178	1,4763	0,7608	0,8426	75	—32	9,14	76,75	77,94	
	50	79,5—80,5	1,4153	1,4780	0,7559	—	79,8	—	1,97	82,41	17,94	потенциалдан 84,56% чы-хыма мувафиг 90,36% сиклохексан консен-траты алыныр
	50	88,5—80,8	1,4170	1,4812	0,7583	—	84,4	—	2,72	86,66	26,04	
	50	80,8—81,1	1,4229	1,4920	0,7695	—	96,8	—	1,67	97,94	18,07	
	50	81,1—82,0	1,4239	1,4918	0,7708	—	95,6	—	2,11	96,57	22,51	

Азеотроп дестиллэдэн алынсан фраксиялар спиртдэн айрылыб юул-дугдан вэ гурудулдугдан сонра сиклохексанын мигдары дегидрокек-лэшидирмэ үсулу илэ тэ'йин эдилмишдир.



1-чи шэкил.

75—85 °C-дэ гайнаан фраксиядан сиклохексанын чыхарылма дэрэчэсинин колонканын эффективлийн вэ дар фраксияларын гайнама хэддэндэн асыллыгы.

75—85 °C-дэ гайнаан фраксиянын азеотроп дестиллэсиндэн алынсан фраксияларын анализ нэтичэлэри 9-чу чэдвэлдэ верилир.

75—85°C-дә гайнаян фраксиядан азеотроп дистиллә васитәсилә сиклоһексанын чыхарылмасына гейри-карбоһидроген компонентинин нөвүндән вә дар фраксияларын гайнама һәддиндән асылылыгы 3-чү шәкилдә верилир.

Азеотроп дестиллэниин мүсбэт чәһәти ондан ибарәтдир ки, бу йолла 96,6% сиклоһексана малик концентрат алмаг мүмкүндүр ки, бу да метил спирти илә ишләдикдә потенсиалын 64,9% -инә, этил псирти илә ишләдикдә исә 35,5% -инә мувафиг мигдарда сиклоһексан айырмаға имкан верир.

8-чу чадвал

Эффективлийн 25 вэ 50 нээри бошгаб олан колонкаларда бензинин бир дэфэ ректификациясынын нэтичэлэри

Колонканын эффектив- лийн, нээри бошго	Фраксинаын гайнама хөддн, °C	n_D^{20}		d_4^{20} деһнрокенлөшдир- мөйө гэдэр	деһнрокенлөшдирмө- дөн сонра 99,7%-ли H ₂ SO ₄ илэ сулфолашма дөрөчөсн, %-лэ	Фраксинаын бензинэ көрө чыхымы, %-лэ	Сиклоһексанын мигда- ры, чөки %-лэ	Потенсиал үэрэ сикло- һексанын чыхымы, %-лэ
		деһнрокенлөш- дирмөйө гэдэр	деһнрокенлөш- дирмөдөн сонра					
25	75—80 80—82 82—85	1,4144 1,4166 1,4100	1,4565 1,4758 1,4415	0,7534 0,7577 0,7468	65,5 73,3 47,6	8,02 5,14 1,26	67,69 75,32 49,62	— 39,01 —
50	75—80 80—82 82—85	1,4124 1,4176 1,4155	1,4378 1,4809 1,4535	0,7446 0,7606 0,7540	41,6 85,1 55,6	3,7 7,17 6,09	43,50 87,11 57,41	— 55,03 —
50	75—80 80—83 83—85	1,4130 1,4180 1,4138	1,4390 1,4800 1,4495	0,7450 0,7615 0,7502	44,4 84,4 55,4	4,01 8,92 3,81	46,40 86,30 57,50	— 65,52 —

Нефт фракциясындан циклогексанын чыхарылмасы тэдгигаты нәтижәсіндә Сураханы сечмә нефтиндән дүз дистиллә илә алынмыш бензинлән бир вә ики дөфә ректификасия вә азеотроп дистиллә үсулу илә циклогексан концентраты алынмышдыр.

Апарылан тэдгигат эсасында ашағыдакы нәтичэлэрэ кәлмишик:

1. Эффективний 25 в 50 НБ олан колонкада бензини бир дэфэ дэгиг ректификасия йолу илэ фраксияладыгда колонканын эффективлийиндөн асылы олараг тэмизлик дэрэчэси мувафиг сурэтдэ 75,3 вэ 87,1% олан циклоhexан концентраты алыныр ки, бунларын да потенциал үзрэ чыхарлары 39—55% эдир (8-чи чэдвэлэ бах).

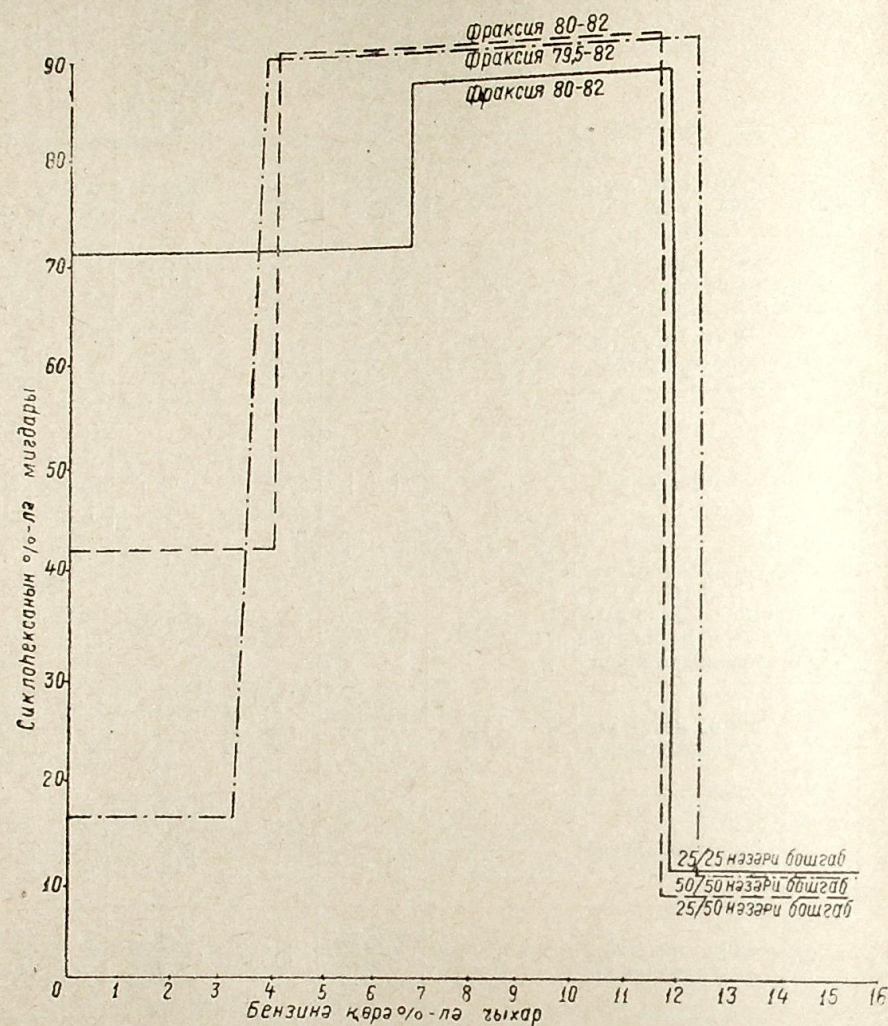
2. Икн дэфэ артыг дэгий ректификация йолу илэ эффективлийи 25 вэ 50 НБ олан калонкада эввэлчэ бензиндэн 75—85°C-дэ гайнаян цикло-нексан фраксиясыны айырыб, сонра алынмыш циклонексан фраксиясыны һәмин колонкалар васитәсилэ икинчи дэфэ ректификация эдэрәк, циклонексан концентратынын алынмасы баша чатдырылыр. Колонкаларын эффективлийи габилийәтиндэн асылы олараг тәмизлик дәрәчәси 88—90% олан циклонексан концентраты алыныр ки, бунларын да потенциал үзрә чыхарлары, мувафиг сурәтдә 81,4% вэ 77—84,5% эдир.

9-4y чэ0вэл

75—85°C фракциянын азеотроп destилесиндөн алынган нәтижеләр

75—85°С фракция иле гени-карбондирокен компонентеринин колар нисбати	Колонканын эффектив- лик даражеси, НВ	Фракциянын гайнама палли, °С	n _D ²⁰		d ₄ ²⁰		Лонма температур, °С	Фракциянын бензинга көр- чыхимы, %-ла	Сиклопексанын мит- лары, чаки %-ла	Потенсия узар сикло- пексанын чыхимы, %-ла	Гейд
			ююлугдан соңра	дирмадан соңра	ююлугдан соңра	дирмадан соңра					
1:1	50	54,1—54,3 79,6—81,1	1,4167 1,4225	1,4732 1,4915	0,7582 0,7690	0,8228 0,8611	(—30)—(—34) —16	1,84 4,84	75,89 96,69	14,47 64,95	Потенсиалдан 79,4 % чыхым 90,96 %-ли сик- лопексан концентрати- на мувафиг кэлир.
1:0,5	25	53,9—54,9 79,4—80,4 80,4—81,4	1,4135 1,4229 1,4204	1,4600 1,4807 1,4820	0,7512 0,7697 0,7658	0,8129 0,8488 0,8551	— — —	2,71 3,52 2,05	67,89 80,92 81,85	20,44 31,65 18,64	Потенсиалдан 50,29 % чыхым 81,26 %-ли сикло- пексан концентрати- на мувафиг кэлир.
1:0,5 1:0,5	50 50	80,8—81,8 79,9—82,1	1,4217 1,4200	— 1,4808	0,7681 0,7644	— 0,8489	(—15)—(—20) —30	6,27 7,73	90 81,48	78,50 69,98	
1:1	50	60,6—65,1 65,1—65,6 65,6—83,6	1,4170 1,4232 1,4219	1,4716 1,4920 1,4849	0,7596 0,7699 0,7687	— 0,8622 0,8457	— — —	5,24 3,5 1,78	77,33 96,58 90,04	42,56 35,5 18,05	Дестилләй 90 %-ли спирт көтүрдүккө по- тенсиалдан 53,55 %-сик- лопексан айрылып.
1:1	50	64,5—65,8	1,4200	1,4794	0,7691	0,8410	—26	7,23	81,01	66,1	Дестилләй 96 %-ли спирт көтүрдүккө по- тенсиалдан 82,74 %-сикло- пексан айрылып.
1:0,5	50	64,2—66,1 80,7—81,7	1,4150 1,4232	1,4700 1,4793	0,7558 0,7702	0,8265 0,8468	— —10	4,45 4,65	77,26 83,90	38,76 43,98	

Һәрках, даһа дар ғайнаһан фраксия айырмыш олсағ, о заман ғә-мизлик дәрәчәси, 97% олан сиклоһексан концентраты алыһыр ки, бунун да потенциал үзрә чыхары 40,6% эдир (7-чи чәдвәлә бах).

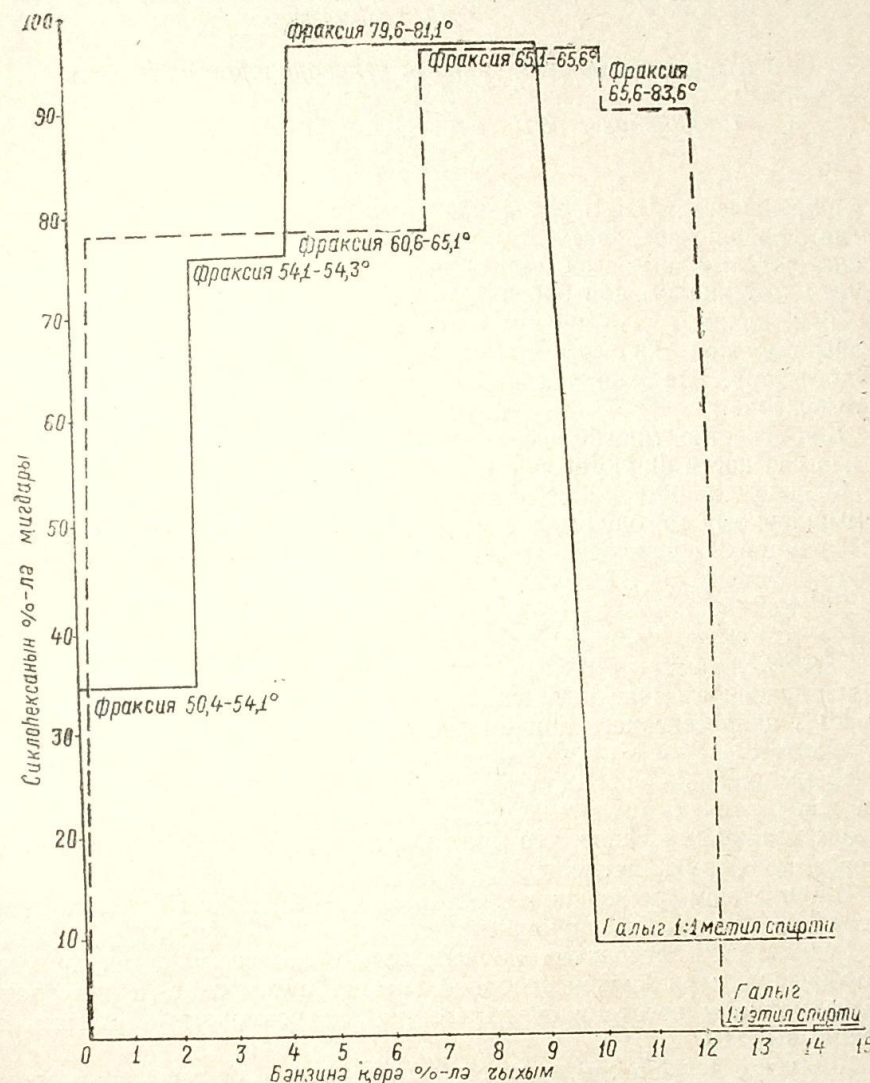


2-чи шәкил.

Бензиндән сиклоһексанын чыхарылмасынын колонканын эффективлийиндән вә дар фраксияларын ғайнама һәддиндән асылылығы.

3. Эффективлийи 25 НБ олан колонкада бензиндән алынмыш 75—85°C-дә ғайнаһан сиклоһексан фраксиясы илә метил вә я этил спиртин азеотроп ғарышығыны эффективлийи 50 НБ олан колонкада дестиллә этдикдә, тәмизлик дәрәчәси 91% олан сиклоһексан концентраты алыһыр ки, бунун да потенциал үзрә чыхары метил спиртинин иштиракилә 79,4% вә этил спиртинин иштиракилә 53,5% эдир (9-чу чәдвәлә бах).

4. Бензин фраксиясындан сиклоһексанын чыхарылмасы үчүн сь-нанылмыш йоллардан азеотроп дестиллә яхшы нәтичә верир. Белә ки, бу үсул тәмизлик дәрәчәси йүксәк вә потенциал чыхары бөйүк олан сиклоһексанын алынмасына имкан ярадыр.



3-чү шәкил.

75—85°C-дә ғайнаһан фраксиядан азеотроп дестиллә үсулилә сиклоһексанын чыхарылмасына ғейри-карбонидроген компонентинин нөвүндән вә дар фраксияларын ғайнама һәддиндән асылылығы.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Зизин В. Г., Яснопольский В. Д., Ашумов Г. Г. Об углеводородном составе бензинов прямойгонки из нефтей бакинского месторождения. «ДАН Азерб. ССР», 1956, т. XII, 12, 889.
2. Исмаилов Р. Г. Ресурсы углеводородного сырья в нефтях Азербайджана для нефтехимического синтеза. «Нефть и газ» (Баку), 1958, 1, 119.

3. Казанский Б. А., Ландсберг Г. С., Платэ А. Ф. [и др.]. «Изв. АН СССР» ОХН, 1954, 2, 278.
 4. Reidel J. C., Oil & Gas J., 1953, 27/IV, vol. 51, № 51, p. 168—170, 172.
 5. Фейгн А. Л. Нефтехимическая промышленность капиталистических стран, ЦНИИТЭнефть, 1957.

С. Д. Мехтиев, Б. Ф. Пишнамаззаде, Л. М. Кошелева, Ш. Э. Эйбатова,
 Ф. А. Гашимова

Выделение индивидуальных углеводородов из нефти

Сообщение I. Выделение циклогексана

РЕЗЮМЕ

Органическая химическая промышленность с помощью небольшого числа реакций перерабатывает индивидуальные углеводороды нефтяного происхождения в массовые первичные продукты, которые служат исходным материалом для большинства дальнейших синтезов.

Так, например, важнейшим компонентом при производстве полиамидных волокон является адипиновая кислота — продукт окисления циклогексана. Что касается циклогексана, то его получают гидрированием бензола.

Как известно, многие нефти богаты циклогексановыми углеводородами и в частности циклогексаном.

Однако до сегодняшнего дня мы не располагаем литературой по промышленному методу выделения нафтеновых углеводородов из нефтяных фракций, за исключением одной работы [1], где указывается, что строятся установки для выделения концентратов циклогексана, и другой [2], где даются данные производства адипиновой кислоты на базе нефтяного циклогексана.

Проведенное нами исследование показало, что полученное нефтяное циклогексановое сырье или, вернее, циклогексановый концентрат содержит 90% циклогексана, причем извлечение его из нефтяной фракции составляет 81—84,5% от потенциала.

Среди нефтей Азербайджана имеются нефти с большим потенциальным содержанием циклогексана, метилциклопентана, метилциклогексана, диметилциклогексанов, что может представить большой практический интерес для промышленности.

В настоящем сообщении мы остановились лишь на выделении циклогексана из бензиновой фракции.

Результат исследования по выделению циклогексана из прямогонного бензина сураханской отборной нефти путем одно- и двукратной ректификации и азеотропной перегонки дал возможность сделать следующие выводы.

1. Путем четкой однократной ректификации бензина на колонках эффективностью 25 и 50 ТТ выделяется концентрат циклогексана со степенью чистоты 75,3 и 87,1% и выходом от потенциала 39 и 55% соответственно (см. табл. 8).

2. Путем четкой двукратной ректификации бензина сначала на колонке эффективностью 25 ТТ и выделением фракции 75—85°С, а затем повторной четкой ректификацией циклогексановой фракции на колонке эффективностью 50 ТТ на более узкие фракции, выделяется концентрат циклогексана со степенью чистоты 88—90% с выходом от потенциала соответственно 81,4 и 77—84,5%. При выделении еще более узких фракций концентрация циклогексана в них может быть доведена до 97% (выход от потенциала 40,6%) (см. табл. 7).

3. Путем азеотропной перегонки циклогексановой фракции бензина 75—85°С (полученной на колонке эффективностью 25 ТТ) с метиловым или этиловым спиртом, выделяется 91% концентрат (при перегонке азеотропной смеси на колонке 50 ТТ) с выходом от потенциала 79,4%, при работе с метиловым спиртом, и концентрат с такой же степенью чистоты и выходом от потенциала 53,55% при работе с этиловым спиртом (см. табл. 9).

4. Лучший результат при выделении циклогексана из бензиновой фракции получается при азеотропной перегонке, так как позволяет выделить циклогексан с высокой степенью чистоты и большим выходом от потенциала.

С. Ч. МЕЪДИЕВ, Э. Ф. ЭЛИЕВ, У. Х. АГАЕВ

СИКЛОГЕКСАН КАРБОГИДРОКЕНЛЭРИНИН ХЛОРЛАШДЫ- РЫЛМА РЕАКЦИЯСЫНЫН ТЭДГИГИ

Метилсиклогексиклоридлэрин синтези вэ тэдгиги

Тэркибиндэ 6—10 карбон атому олан фэрди сиклан карбогидро-
кенлэринин фотохимйэви вэ термики хлорлашдырылмасы нагда апа-
рылан тэдгигат нэтичэсиндэ метилсиклогексанын ойрэнилмиш шэрантдэ
нэзэри чыхымын 85,9%-инэ тэвафуг эдэн мигдарда монохлорметилсикло-
гексана чеврилмэси гейд эдилмишдир [2].

Метилсиклогексанын хлорлашдырылма реакциясы В. В. Марков-
ников [1] вэ эйни замацда Сабатйе вэ Майле тэрэфиндэн тэдгиг эдил-
мишдир [3]. Лакин метилсиклогексанын хлорлашдырылма реакциясы-
нын механизми нагда мұхтэлиф рэ'йлэр ирэли сүрүлмүшдүр. В. В.
Марковниковун фикринчэ фотохимйэви хлорлашдырылмадан анчаг ики
монохлор тэрэмэли бирлэшмэ алыныр ки, бунлардан бири 1,1-хлорме-
тилсиклогександан, дикэри исэ 155—157°/740 мм-дэ гайнаян изомердэн
ибарэтдир. Метилсиклогексанын фотохимйэви хлорлашдырылма мэх-
сулларыны нисбэтэн этрафлы тэдгиг этмиш Сабатйе вэ Майле просес
заманы алыннан монохлор тэрэмэлэринин 60%-э гэдэрини 3-хлор-1-метил-
сиклогексанын, 40%-э гэдэрини исэ 2-хлор-1-метилсиклогексанын тэш-
кил этдийини сөйлэйир. Алыннан мэхсулларын арасында мұэллифлэр
1,1-хлорметилсиклогексаны вэ гексагидробензилхлориди мұшанидэ этмэ-
мишлэр.

Бу мэгалэнин мұэллифлэри тэрэфиндэн сиклан карбогидрокенлэ-
ринин фотохимйэви хлорлашдырылмасы просесиндэ алынмыш моно-
хлоридлэрин гурулушуну тэ'йин этмэк мэгсэдилэ бир сыра ишлэр апа-
рылмышдыр.

Хлорлашдырылмыш сиклан карбогидрокенлэриндэ хлорун ерини ме-
талуэви синтезэ эсасэн тэ'йин этмэк тэшэббүслэри мұсбэт нэтичэ вермэ-
мишдир. Чүнки хлору нэр хансы бир карбогидрокен галыгы илэ эвэз
этмэдэн алыннан изомер мэхсулларын гайнама температуру вэ башга
эмсаллары чох яхын олдуғу үчүн онлары фэрди сурэтдэ айырмаг мұмкүн
олмайыр. Нэм дэ Вүрс вэ Гриняр реакциялары үчүн кетүрүлмүш моно-
хлорсиклогексанларын нэмисшэ мұэййэн мигдары чеврилмэдэн керн
алыныр.

Белэликлэ, фэрди карбогидрокенлэрин хлорлашдырылмасындан
алыннан мэхсулларын тэркибини вэ гурулушуну тэ'йин этмэк үчүн ека-
нэ йол эввэлчэ нэр карбогидрокенин нэзэри мұмкүн олан монохлор тэ-
рэмэли изомерлэринин хамысыны синтез этмэкдэн вэ сонрадан бу изо-
мерлэри оптики үсулларла тэдгиг этмэкдэн ибарэтдир. Сиклан карбо-

С. Ч. МЕҢДИЕВ, Э. Ф. ЭЛИЕВ, Ү. Х. АГАЕВ

СИКЛОҢЕКСАН ҚАРБОНІДРОКЕНЛЭРИНИН ХЛОРЛАШДЫ- РЫЛМА РЕАКСИЯСЫНЫН ТЭДГИГИ

МетилсиклоҢексиклоридлэрин синтези вэ тэдгиги

Тэркибиндэ 6—10 карбон атому олан фэрди сиклан карбонидро-кенлэринин фотохимйэви вэ термики хлорлашдырылмасы һагда апа-рылан тэдгигат нэтичэсиндэ метилсиклоҢексанын өйрэнилмиш шэрантдэ нэзэри чыхымыш 85,9%-инэ тэвафуг эдэн мигдарда монохлорметилсикло-нексана чеврилмэси гейд эдилмишдир [2].

МетилсиклоҢексанын хлорлашдырылма реакциясы В. В. Марков-ников [1] вэ эйни заманда Сабатйе вэ Майле тэрэфиндэн тэдгиг эдил-мишдир [3]. Лакин метилсиклоҢексанын хлорлашдырылма реакциясы-нын механизми һагда мұхтэлиф рэйлэр ирэли сүрүлмүшдүр. В. В. Марковниковун фикринчэ фотохимйэви хлорлашдырылмадан анчаг ики монохлор төрэмэли бирлэшмэ алыныр ки, бунлардан бири 1,1-хлорме-тилсиклоҢександан, дикэри исэ 155—157°/740 мм-дэ гайнаян изомердэн ибарэтдир. МетилсиклоҢексанын фотохимйэви хлорлашдырылма мән-сулларыны нисбэтэн этрафлы тэдгиг этмиш Сабатйе вэ Майле просес заманы алынан монохлор төрэмэлэринин 60%-э гэдэрини 3-хлор-1-метил-сиклоҢексанын, 40%-э гэдэрини исэ 2-хлор-1-метилсиклоҢексанын тэш-кил этдийини сөйлэйир. Алынан мәнсулларын арасында мүэллифлэр 1,1-хлорметилсиклоҢексаны вэ һексаһидробензилхлориди мұшаһидэ этмэ-мишлэр.

Бу мэгалэнин мүэллифлэри тэрэфиндэн сиклан карбонидрокенлэ-ринин фотохимйэви хлорлашдырылмасы просесиндэ алынмыш моно-хлоридлэрин гурулушуну тэйин этмэк мэгсэдилэ бир сыра ишлэр апа-рылмышдыр.

Хлорлашдырылмыш сиклан карбонидрокенлэриндэ хлорун ерини ме-талүзви синтезэ эсасэн тэйин этмэк тэшэббуслэри мүсбэт нэтичэ вермэ-мишдир. Чүнки хлору һэр һансы бир карбонидрокен галыгы илэ эвэз этмэдэн алынан изомер мәнсулларын гайнама температуру вэ башга эмсаллары чох яхын олдуғу үчүн онлары фэрди сурэтдэ айырмаг мүмкүн олмайыр. Һәм дэ Вүрс вэ Гриняр реакциялары үчүн көтүрүлмүш моно-хлорсиклоҢексанларын һэмийшэ мүэййэн мигдары чеврилмэдэн керн алыныр.

Белэликлэ, фэрди карбонидрокенлэрин хлорлашдырылмасындан алынан мәнсулларын тэркибини вэ гурулушуну тэйин этмэк үчүн ека-нэ йол эввэлмэ һэр карбонидрокенин нэзэри мүмкүн олан монохлор тө-рэмэли изомерлэринин һамысыны синтез этмэкдэн вэ сонрадан бу изо-мерлэри оптики үсулларла тэдгиг этмэкдэн ибарэтдир. Сиклан карбо-

гидрогенләринин хлорлашдырылмасын алынан монохлорид фраксияларынын спектр хәтләрини тәйин этдикдән сонра һәр мұвафиг фраксияда һансы изомерин һансы мигдарда олмасы сиклан карбоһидрогенләринин хлорлашдырылма реакциясынын механизмини айдынлашдырмаға имкан вермиш олачагдыр. Метилсиклоһексанын хлорлашдырылмасын алынан монохлоридләрин гурулушуну айдынлашдырмағ мәсәдилә бу карбоһидрогенин нәзәри мүмкүн олан 5 монохлорид изомерләринин һамысы тәрәфимиздән ашағыдакы үсулла синтез эдилмишдир.

1) орто-, мета- вә пара-монохлорметилсиклоһексанлар мұвафиг крезолларын Рене катализатору үзәриндә гидрогенләшдирилмәсиндән вә беләликлә алынан метилсиклоһексанолларын гидрохлорлашдырылмасын синтез эдилмишдир;

2) 1,1-хлорметилсиклоһексан сиклоһексанон вә метилйодиддән Гриняр реакциясы васитәсилә алынмышдыр;

3) сиклоһексилметилхлорид сиклоһексилхлоридин магнезиум үзви бирләшмәси илә формалдеһидин гаршылыгы тәсириндән синтез эдилмишдир. Юхарыда тәсвир олунан үч нөв реакцияларын апарылмасы ашағыда верилир.

1,2-хлорметилсиклоһексанын синтез эдилмәси. Бу хлориди алмағ үчүн орто-крезолдан истифадә эдилмишдир. Тәкратән дестилә эдилмә йолу илә тәмизләндиқдән сонра орто-крезолун мүййән мигдары Рене катализатору 10% илә бирлиқдә автоклава төкүлүр вә 120—130°C-дә гидрогенләшдирилир. Реакциянын тәзйиг алтында апарылмасы гидроксил групунун парчаланмасынын гаршысыны алыр вә нәтичәдә орто-крезолдан орто-метилсиклоһексанолун чыхымы йүксәк олур. Алынмыш спирт катализатордан сүзүлүб айрылдыгдан сонра дестилә эдилмәклә гидрогенләшмәмиш крезолдан вә метилсиклоһексендән тәмизләнир.

Эйни йолла да мета-крезолдан мета-метилсиклоһексанол вә пара-крезолдан пара-метилсиклоһексанол синтез эдилмишдир.

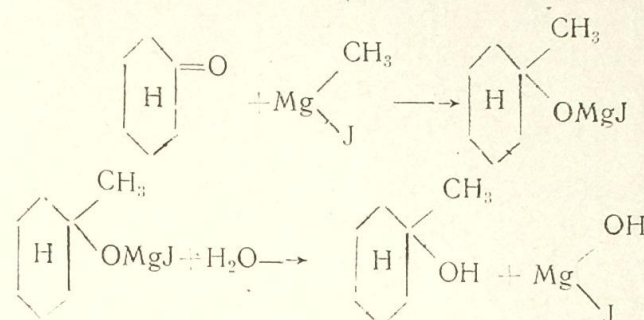
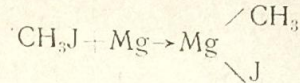
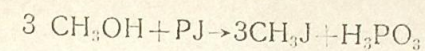
1-чи чәдвәлдә крезолларын вә онлардан алынан мұвафиг метилсиклоһексанолларын физики-кимйәви әмсаллары верилир.

1-чи чәдвәл

Спиртләр	Гайнама температура, °C	d_4^{20}	n_D^{20}
Орто-крезол	191—192	1,0465	1,5453
Мета-крезол	202	1,0336	1,5398
Пара-крезол	202,5	1,0341	1,5395
Орто-метилсиклоһексанол	165°	0,9337	1,4640
Мета-метилсиклоһексанол	173—174	0,9173	1,4590
Пара-метилсиклоһексанол	173—174	0,9198	1,4588

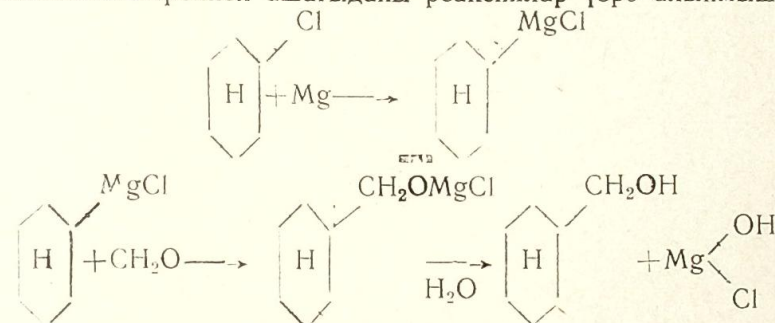
Метилсиклоһексанолларын гидрохлорлашдырылмасы просеси белә апарылмышдыр: чилаландырылмыш боғазындан тәрс союдучу вә ян дешик илә тәһиз эдилмиш ярымлитрлик колбада 4:1—3:1 нисбәтиндә гаты гидроген-хлорид туршусу илә спиртин гарышығы көтүрүлүр. Газ һалында гидроген-хлорид илә дойдурулдугдан сонра гарышығы 80°C-дә 6—8 саат мүддәтиндә тез-тез чалхаланмагла гыздырылыр. Үст тәбәғәни тәшкил эдән монохлорметилсиклоһексан гидрогенхлорид туршусундан айрылдыгдан сонра зәиф сода мәһлулу вә су илә ююлүб калсиум-хлорид үзәриндә гурудулур вә азалдылмыш тәзйиг алтында дестилә эдилир.

1,1-хлорметилсиклоһексанын алынмасы үчүн лазым олан спирт ашағыдакы реакция үзрә синтез эдилмишдир:



1,1-метилсиклоһексанол 93—94°/30 мм-дә гайнааян ағыр масе олуб, хусуси чәкиси $d_4^{20} = 0,9302$ вә $n_D^{20} = 1,4610$ -дур. Бу спиртин гидрохлорлашдырма йолу илә мұвафиг монохлоридә чеврилмә просеси юхарыда тәсвир олунан гурғуда апарылмышдыр.

Сиклоһексилкарбинол ашағыдакы реакциялар үзрә алынмышдыр:



Сиклоһексилхлориддән магнезиум үзви бирләшмәнин һазырланмасы ади гайда үзрә апарылмышдыр.

Бу ахырынчы бирләшмәнин формалдеһидлә конденсләшмәси исә хусуси һазырланмыш гурғуда еринә етирилмишдир. Беләликлә, алыныб тәмизләнмиш вә дестилә эдилмиш сиклоһексилкарбинол ашағыдакы әмсалларла характеризә эдилир: гайнама температура 20 мм галыг тәзйигдә 90—92°, $d_4^{20} = 0,9287$; $n_D^{20} = 1,4650$. Әдәбийятда бу спирт үчүн ашағыдакы әмсаллар верилир: гайнама температура 88—89°/20 мм, $d_4^{20} = 0,9280$; $n_D^{20} = 1,4649$.

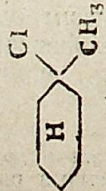
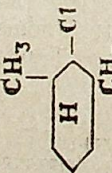
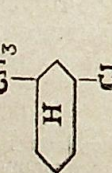
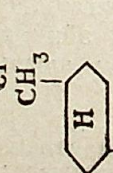
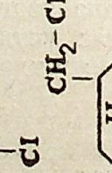
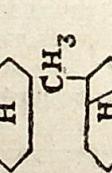
Сиклоһексилкарбинолун гидрохлорлашдырылмасы эйни шәраитдә, лакин нисбәтән чәтин кедир.

Беләликлә, һазырланмыш фәрди монохлорметилсиклоһексанлар бир нечә дәфә тәкратән дестилә эдилдикдән сонра комбинасия сәпилмә спектрләри чәкилмәк үчүн Азәрбайжан ССР ЭА Нефт Институтунун физики үсулларла тәдгигат лабораториясына тәгдим эдилмишдир. Спектрин, чәкилмәк үчүн эйни заманда метилсиклоһексанын хлорлашдырылма реакциясындан алынмыш монохлорид фраксиясы да тәгдим эдилмишдир¹.

¹ Көстәрилән монохлорметилсиклоһексанларын вә эләчә дә метилсиклоһексанын хлорлашдырылмасындан алыннан монохлорид фраксиясынын оптики тәдгигат нәтичәләри айрыча мәгалә һалында нәшр эдилир.

Метилциклогексилхлорид изомерлеринин физики-кимйэви эмсаллары

2-чи чөдвэл

Хлоридин изомери	Гайнама температура, °C	d_4^{20}	n_D^{20}	M		MR		[P]		Cl, %		Синволовоя усулуула
				тапылмыш	hesab-lanмыш	тапылмыш	hesab-lanмыш	тапылмыш	hesab-lanмыш	тапылмыш	hesab-lanмыш	
	84,5—85,2 60 мм	0,9669	1,4558	133,5	132,45	36,90	37,19	319,56	320,4	25,88	26,76	152
	63—63,5 35 мм	0,9668	1,4580	130,62	132,45	37,37	37,19	321,45	320,4	25,53	26,76	150
	95,2—95,5 90 мм	0,9674	1,4572	131,8	132,45	37,35	37,19	319,41	320,4	25,90	26,76	157,5
	81—82 60 мм	0,9707	1,4592	132,3	132,45	37,32	37,19	320,91	320,4	25,71	26,76	158
	64—65 20 мм	0,9846	1,4648	132,05	132,45	37,16	37,19	320,56	320,4	25,84	26,76	168
	5—59 20 мм	0,9716	1,4590	135,8	132,45	37,25	37,19	319,95	320,4	25,79	26,76	156

2-чи чөдвөлдө фәрди монохлорметилциклогексанларын вә метилциклогексанын хлорлашдырылмасындан алынган монохлорид фракциясынын физики-кимйэви эмсаллары верилмишдир.

Монохлорметилциклогексан изомерлеринин комбинация спектрлери чәкиләрәк хәтләрин тезлик вә интенсивликлери һесапланмышдыр.

Алынган характерик хәтләрә әсәсән метилциклогексанын хлорлашдырылмасы мәһсулу олан монохлорметилциклогексан фракциясынын кәмийәт вә кейфийәт анализи апарылмышдыр. Мүәййән әдилмишдир ки, монохлорметилциклогексанын әсәс тәркиб һиссәси 1,3-хлорметилциклогександан ибарәтдир. Тәхмини һесабламалар көстәрир ки, 1,3-хлорметилциклогексанын мигдары фракциянын 80—85%-ини тәшкил әдир. Фракциянын тәркибинә дахил олан икинчи изомер 1,2-хлорметилциклогександыр ки, бунун да мигдары фракциянын 10%-ә гәдәрини анчаг тәшкил әдир. 1,4-хлорметилциклогексанын мигдары олдуғча аздыр вә фаизлә һесабамаға имкан вермир. 1,1-хлорметилциклогексан вә циклогексилметилхлорид кими изомер бирләшмәләр фракциясынын тәркибиндә мүшәһидә әдилмәмишдир.

Нәтичә

1. Метилциклогексанын фотохимйәви хлорлашдырылмасы реакциясы әтрафлы тәдғиг әдилмишдир. Бу реакциянын монохлорид бирләшмәлеринин нәзәри мүмкүн олан беш изомери фәрди олараг синтез олунаш вә оңларын физики-кимйәви эмсаллары тәййин әдилмишдир.

2. Монохлорметилциклогексан изомерлеринин комбинация сәпилмә спектр хәтләринин тезлик вә интенсивликлеринин һесапланмасындан алынмыш нәтичәләрә әсәсән мүәййән әдилмишдир ки, метилциклогексанын фотохимйәви хлорлашдырылмасы реакциясындан алынган монохлорид фракциясынын тәркиби әсәсән (80—85%) 1,3-хлорметилциклогександан, 10%-ә гәдәр 1,2 хлорметилциклогександан вә аз мигдарда исә 1,4 хлорметилциклогександан ибарәтдир. Фракциясынын тәркибиндә 1,1-хлорметилциклогексан вә циклогексилметилхлорид изомерләрн мүшәһидә әдилмәмишдир.

Фәрди хлорметилциклогексанларын мәғаләдә көстәрилән физики-кимйәви эмсаллары техникә әдәбийәтдә мәлүм дейилдир вә илк дәфә слараг тәййин әдилмишдир.

ӘДӘБИЯТ

1. Марковников В. В. ЖРФХО, 1891, 23, 41; 1903, 35, 1042; Ann., 1905, 341, 118.
2. Мехтиев С. Д., Алиев А. Ф., Агаев У. Х. Изв. АН Азерб. ССР, 1957, 6, 53.
3. Sabatier et Mailhe. Chem. Sos. Abstr., 1905, 88, 334; Compt. Rend., 1905, 140, 840.

С. Д. Мехтиев, А. Ф. Алиев, У. Х. Агаев

Исследование реакции хлорирования циклогексановых углеводородов

Синтез и исследование метилциклогексилхлоридов

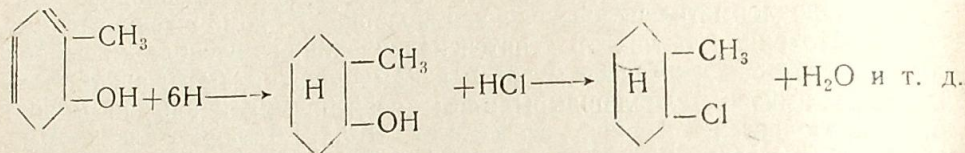
РЕЗЮМЕ

В статье кратко изложены результаты исследования по определению структуры ранее синтезированных авторами монохлорпроизводных циклогексановых углеводородов, в частности метилциклогексилхлоридов.

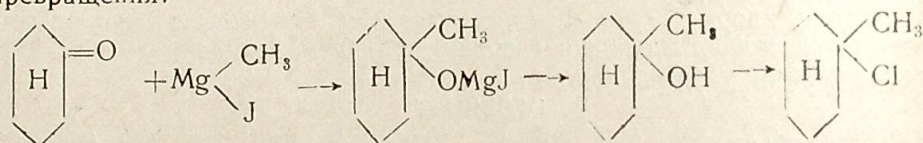
ридной фракции. Попытки установления положения хлора в монохлорметилциклогексанах, полученных в результате фотохимического хлорирования метилциклогексана [2] путем замещения атома хлора углеводородным радикалом не дали ожидаемого эффекта. Замена атома хлора в монохлорметилциклогексановой фракции по реакциям Вюрца и Гриньяра давала неполное превращение всего взятого хлорида, а превращенная часть (алкилированных цикланов) не давала возможности разделить изомеры вновь полученного углеводорода из-за совершенно близкой температуры кипения таковых. Поэтому наиболее достоверный и в то же время весьма трудоемкий путь подхода к решению поставленной задачи заключался в синтезе теоретически возможных изомеров монохлорметилциклогексана. Затем необходимо подвергнуть их оптическому изучению (снятию спектров), а потом, после снятия спектра монохлоридной фракции, установить в ней процентное содержание отдельных изомеров монохлорида.

Для этой цели нами были синтезированы все 5 теоретически возможных изомеров монохлорметилциклогексана путем следующих химических превращений.

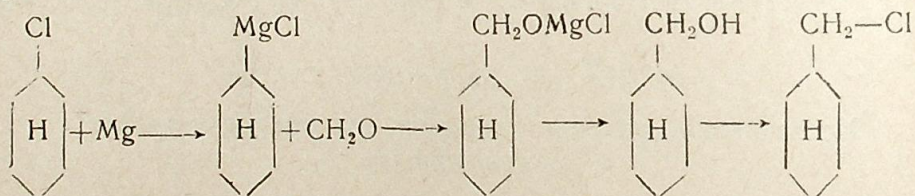
1. Орто-, мета- и пара-хлорметилциклогексаны были получены путем гидрирования на скелетном катализаторе Ренея соответствующих изомеров крезоло с последующим гидрохлорированием полученных гексагидрокрезолов:



2. 1,1-хлорметилциклогексан был получен из циклогексанона и магнийметилйодида по реакции Гриньяра через следующие этапы превращения:



3. Циклогексилметилхлорид был получен также реакцией металл-органического синтеза из циклогексилхлорида и формальдегида:



Полученные изомеры монохлорметилциклогексана были подвергнуты 5—6-кратной разгонке под уменьшенным давлением, чтобы исключить возможность разложения монохлоридов, ибо разгонка при атмосферном давлении изомеров монохлорметилциклогексана идет

в одном случае при интенсивном (мета-и ортоизомеры), в другом при частичном расщеплении (параизомеры) хлористого водорода. Физико-химические константы полученных изомеров приведены в табл. 2.

В лаборатории оптических исследований Института нефти АН Азербайджанской ССР были сняты спектры комбинационного рассеяния света монохлорметилциклогексанов и получены характерные линии¹.

Исходя из скорости и интенсивности полученных спектральных линий были рассчитаны количественное и качественное содержание изомеров в монохлоридной фракции, являющейся продуктом реакции хлорирования метилциклогексана. Установлено, что содержание этой фракции состоит в основном из 1,3-хлорметилциклогексана (80—85% фракции) и 1,2-хлорметилциклогексана (около 10%). Кроме этих двух изомеров фракция содержит незначительное количество 1,4-хлорметилциклогексана.

Наличие во фракции 1,1-хлорметилциклогексана и циклогексилметилхлорида не обнаружено.

Физико-химические константы индивидуальных монохлорметилциклогексанов, приведенные в настоящей статье, в научно-технической литературе не описаны и являются оригинальными.

¹ Результаты оптического исследования индивидуальных монохлорметилциклогексанов, а также монохлоридной фракции, полученной путем фотохимического хлорирования метилциклогексана, будут опубликованы отдельной статьей.

И. А. МƏММƏДОВ, В. Ф. НЕГРЕЕВ

ЕРАЛТЫ НЕФТ ВƏ ГАЗ КƏМƏРЛƏРИНИН ПЛАСТМАС ƏРТЎЎ ИЛƏ МЎНАФИЗƏСИНƏ ДАИР

Сов.ИҚП XX гурултайынын ДирективлƏриндə кимя сəнаесинин ин-кишафилə əлагəдар олараг, халг тəсəррүфатынын инкишафында нефт вə газ кəмəрлəри шəбəkəсинин кенишлəндирилмəsi зəрури гeyд əдил-мишдир. Бунунла əлагəдар олараг торпагын алтында ерлəшəн сəнае аваданлыгынын агрессив мүнитə гаршы давамлылыгыны артырмаг мəг-сəдилə коррозия гаршы даһа давамлы вə техника-игтисади чəһəтдəн əлвєришли олан єртўйўн тəтбиги ўмдə мəсəлэлəрдəн бири олмалыдыр.

1955—1960-чы илин планына əсасəн ер алтында ерлəшəн газ вə нефт кəмəрлəринин ўмуми узунлуғу 27000 км олмалыдыр. Бу да чəки һесабилə 30 миллион тона яхындыр [5]. Эвингин [1] вердийи мəлумата кəрə исə һазырда АБШ-да олан газ вə нефт кəмəрлəринин ўмуми узун-луғу 450.000 милдир (тəхминəн 720.000 км).

АзəрбайҶан ССР ЭА Кимя Институтунда ени тип мўнафизə єртўйў тəдгигаты мəгсəдилə полихлорвинил пластикаты ўзəриндə элми-тəдги-гат иши апарылмышдыр вə һазырда сəнае мигясында тəтбиги ўчўн бə'зи һазырлыг ишлəри кəрүлмəкдəдир.

Тəчрүбə кəстəрир ки, коррозия нəтичəсиндə торпагда һеч бир мўна-физəsi олмаян нефт вə газ кəмəрлəринин истисмар мўддəти бə'зəн 3 ил-дəн чох олмур.

Торпагда олан нефт вə газ кəмəрлəринин чоху коррозия чəһəтдəн да-һа тəһлүкəли олан шəраитдə истисмар олунур.

Бу боруларын диварларынын галынлыгыны артырмагла истисмар мўддəтини чүз'и артырмаг олар.

Торпагда кедəн коррозия просеси өз характери чəһəтдəн чох мўх-тəлиф вə мўрəккəбдир. Торпагда һəдсиз факторларын коррозия тə'сири һазырда там мə'насилə өйрəнилмəмишдир. Торпагда истисмар эдилəн метал боруларын коррозия уграяраг вахтындан əввəl сырадан чыхма-сынын гаршысыны алмаг ўчўн мўхтəлиф типли мўнафизə єртүклəрин-дəн эн чох интишар тапан битум єртүклəридир. һазырда битум єртүклə-риндəн чох кениш истифадə эдилир.

Бə'зəн битум єртүклəринин мўнафизə хассəсинин давамлылыгыны артырмаг мəгсəдилə ону əлавə олараг спирал шəклиндə сарғы илə (гəт-ранлы кардонла, гидрозола, шүшə парча вə с. илə) єртүрлəр.

Узун мўддəтли тəдгигат нəтичəсиндə бəлли олмушдур ки, битум єртүклəри торпагда метал борунун сəтһини коррозиядан мўвəггəти мўна-физə эдир.

Битум єртўйў бир сыра коррозия факторларынын тə'сири нəтичəсин-дə тез кəһнəлир, кəврəклəшир вə ўзəриндə мўхтəлиф чатлар эмəлə кə-

И. А. МƏММƏДОВ, В. Ф. НЕГРЕЕВ

ЕРАЛТЫ НЕФТ ВƏ ГАЗ КƏМƏРЛƏРИНИН ПЛАСТМАС ƏРТҮЙҮ ИЛƏ МҮҢАФИЗƏСИНƏ ДАИР

Сов.ИКП XX гурултайынын ДирективлƏриндə кимя сəнаесинин инкишафилə əлагəдар олараг, халг тəсəррүфатынын инкишафында нефт вə газ кəмəрлƏри шəбəkəсинин кенишлəндирилмəsi зəрури гeyд эдилмишдир. Бунунла əлагəдар олараг торпагын алтында ерлəшən сəнае аваданлыгынын агрессив мүнитə гаршы давамлылыгыны артырмаг мəгсəдилə коррозия гаршы даҗа давамлы вə техники-игтисади чəһəтдən əлвєришли олан єртүйүн тəтбиги үмдə мəсəлэлəрдən бири олмалыдыр.

1955—1960-чы илин планына əсəсən ер алтында ерлəшən газ вə нефт кəмəрлƏринин үмүми узунлуғу 27000 км олмалыдыр. Бу да чəки һесабилə 30 миллион тона яхындыр [5]. Эвингин [1] вердийи мəлүматə кəрə исə һазырда АБШ-да олан газ вə нефт кəмəрлƏринин үмүми узунлуғу 450.000 милдир (тəхминən 720.000 км).

АзəрбайҶан ССР ЭА Кимя Институтунда ени тип мұһафизə єртүйү тəдгигаты мəгсəдилə полихлорвинил пластикаты үзəриндə элми-тəдгигат иши апарылмышдыр вə һазырда сəнае мигясында тəтбиги үчүн бə'зи һазырлыг ишлəri кəрүлмəкдəдир.

Тəчрүбə кəстəрир ки, коррозия нəтичəсиндə торпагда һеч бир мұһафизəsi олмаян нефт вə газ кəмəрлƏринин истисмар мүддəти бə'зən 3 илдən чох олмур.

Торпагда олан нефт вə газ кəмəрлƏринин чоху коррозия чəһəтдən даҗа тəһлүкəли олан шəраитдə истисмар олунур.

Бу боруларын диварларынын галынлыгыны артырмагла истисмар мүддəтини чүз'и артырмаг олар.

Торпагда кəдən коррозия просеси өз характери чəһəтдən чох мұхтəлиф вə мүрəккəбдир. Торпагда һəдсиз факторларын коррозия тə'сири һазырда там мə'насилə өйрəнилмəмишдир. Торпагда истисмар эдилən метал боруларын коррозия уғраяраг вахтындан əввəl сырадан чыхмасынын гаршысыны алмаг үчүн мұхтəлиф типли мұһафизə өртүклəриндən эн чох интишар тапан битум өртүклəридир. һазырда битум өртүклəриндən чох кениш истифадə эдилир.

Бə'зən битум өртүклəринин мұһафизə хассəсинин давамлылыгыны артырмаг мəгсəдилə ону əлавə олараг спирал шəклиндə сарғы илə (гəт-ранлы кардонла, гидрозолла, шүшə парча вə с. илə) өртүрлэр.

Узун мүддəтли тəдгигат нəтичəсиндə бəлли олмушдур ки, битум өртүклəri торпагда метал борунун сəтһини коррозиядан мүвəггəти мұһафизə эдир.

Битум өртүйү бир сыра коррозия факторларынын тə'сири нəтичəсиндə тез кəһнəлир, кəврəклəшир вə үзəриндə мұхтəлиф чатлар əмəлə кə-

лир. Бунун нәтижәсиндә өртүк металын сәтһиндән тәдричән һиссә-һиссә гопуб төкүлмәйә башлайыр.

Битум өртүйүнүн һазырланма просеси чох чәтиндир. Бә'зән просес заманы ишчиләр битумун дамаларындан дәрин яралар ала биләрләр.

Битумун һазырланма просесиндә температура хусуслә фикир верилмәлидир.

Лазым температурадан юхары температура алынарса, һазырланан битум күтләсинин физики, механики вә кимйәви хассәләри чох ашағы дүшмүш олур ки, бу да муһафизә мүддәтинин азалмасына сәбәб олур.

Ералты метал гурғуларын коррозия уграма просесинин гаршысыны алмаг мәсәдилә нәинки Совет Иттифагында, һәтта хариҷдә дә (АБШ Чехословакия вә диқәр өлкәләрдә) бир сыра элми-тәдгигат ишләри апарылмагдадыр.

Нефт вә газ кәмәрләринин коррозиядан муһафизәси үчүн механики иш үсулу ялныз Совет Иттифагында вә АБШ-да тәтбиг әдилир.

Чехословакияда битум әсасында олан өртүк илә борунун муһафизә иши заводда апарылыр. Битум өртүйүнүн үзәри әләвә диқәр сарғыларла бәркидилир. Алынан бу тип өртүк истисмар еринә кәлиб чатынча бир сыра әдәләрә мә'руз галыр ки, бу да борунун вахтындан әввәл коррозия уғраяраг сырадан чыхмасына сәбәб олур.

Кениш мигяса ишләдилән битум өртүйүнүн юхарыда кәстәрилән бир сыра диқәр нөгсан чәһәтләрини нәзәрә алараг, ону даһа давамлы вә әлверишли олан диқәр бир өртүклә әвәз этмәк диггәтәлайигдир.

Бу мәсәдлә дә биз полихлорвинил пластикаты үзәриндә элми-тәдгигат иши апармышыг.

Тәчрүбә үчүн галынлығы 0,19—0,27 мм олан В—118 маркалы полихлорвинил пластикаты өртүйүндән истифадә әдилмишдир.

Полихлорвинил пластикатыны борунун үзәринә сарымаг үчүн она мувафиг олан япышган мәсәләсини һәлл этмәк лазым иди.

Бунун үчүн бир сыра һазыр япышганлардан әләвә полиизобутиленин әсасында һазырланмыш япышгандан да истифадә әдилмишдир.

Лабораторияда һазырланан полиизобутилен япышганын тәркиби ашағыдакы кимидир: молекула чәкиси 18—20 мин олан чәки әтибарилә II һиссә полиизобутилен III һиссә үзви һәлләдичиләрдә һәлл әдиләрәк полиизобутилен япышганы һазырланмышдыр.

Һәлләдичи олараг карбон дөрд хлорид, бензин, бензол вә с. күтүрүлмүшдүр. Бензолда һәлл әдилән полиизобутилендән алынан япышганын метал сәтһинә япышганлығы кәстәричиси 4 см/дәг сүр'әтлә 260 г/см-ә бәрәбәрдир.

Полиизобутилен япышганындан әләвә ишдә битум-каучук мастикасындан, фуран япышганындан (ФЛ-4), окситуршулардан вә с. истифадә әдилмишдир.

Полихлорвинил пластикаты үзәриндә тәдгигат иши лаборатория илә паралел олараг чөлдә Гарадағнефт нефт мәдәнләри идарәсинин әразиндә, узунлуғу 50 м диаметри 4" олан истисмар газ борусунун вә диаметри 2", узунлуғу 250 мм олан бору нүмунәләринин үзәриндә апарылмышдыр. Нүмунәләрин ерләшдийи дәринлик 500 мм-дир.

Юхарыда кәстәрилән шәраитдә полихлорвинил пластикаты илә янашы диқәр өртүкләрдән ВХГМ вә АЛГ-8 грунту үзәринә 4 гат ПХВ-26 әмалы чәкилмиш нүмунәдә, шүшә парча, фурил япышганы вә союг битум [6] иштиракы илә олан нүмунәдә галынлығы 1 мм олан союг битум өртүйүн давамлылығы йохланылмышдыр.

Истәр лаборатория вә истәрсә дә чөл шәраитиндә йохлама апарылан нүмунәләрдә тәдгигат нәтижәсиндә айдын олмушдүр ки, суя давамсыз

олан фуран япышганы гыса мүддәт әрзиндә там көврәкләшир вә полихлорвинил пластикатынын метал сәтһиндән тәдричән гопмасына сәбәб олур.

Һәмчинин шүшә парча үзәринә чәкилән фуран япышганы да торпагда нәмлийи бурахараг, металын сәтһиндә коррозия просесинин яйылмасына сәбәб олур.

Үзәринә окситуршулар чәкилмиш пластикатла муһафизә әдилмиш боруларда окситуршулар пластикатдан тәдричән (полимерләшәрәк) пәрдә шәклиндә айрылараг металын сәтһинә япышырлар. Окситуршуларын пәрдә әмәләкәтирмә хассәләриндән истифадә әдәрәк кәләчәкдә ондан бир өртүк материалы кими истифадә этмәк үчүн онун үзәринә мүәййән тәкмилләшдирмә иши апармаг лазымдыр. Лакин үзәринә полиизобутилен вә битум-каучук мастикасы чәкилмиш пластикатын тәдгигаты кәстәрди ки, бу япышганлар пластикат үчүн ән әлверишли вә давамлы япышган ола биләрләр.

Икниллик тәдгигат нәтижәсиндә айдын олду ки, полиизобутилен вә битум-каучук мастикасы илә олан пластикат алтындакы метал һеч бир дәйишиклийә уграмамыш вә пластикат исә металын сәтһинә мөһкәм япышмышдыр.

Апарылан элми-тәдгигат ишинин нәтижәсини ашағыдакы чәдвәлдән даһа айдын көрмәк олар.

Чәдвәлдән бәлли олур ки, тәчрүбә әрәфәсиндә полихлорвинил пластикатынын үзүлүб гырылмая гаршы муғавимәти вә нисби узанма өлчүләри артмышдыр. Бу да япышдырычы мәгсәд илә ишләдилән полиизобутилен япышганы вә битум-каучук мастикасынын эластиклийи нәтижәсиндә мейдана кәлир.

Окситуршулар исә пластикатын физики-механики кәстәричисини ашағы салыр.

Чәдвәлдән көрүндүйү кими, полиизобутилен япышганынын үзүлүб гырылмая гаршы муғавимәти, нисби узанма өлчүләри битум-каучук мастикасына нисбәтән бир гәдәр йүксәк олур.

Метал борулар үзәриндән муһафизә сарғыларыны чыхартдыгда ашағыдакы һәлләр мушаһидә әдилмишдир.

1. Полиизобутилен япышганы вә битум-каучук мастикасынын иштиракилә олан пластикат алтында металын сәтһиндә коррозиядан һеч бир из белә әмәлә кәлмәмишдир. Метал там дәйишилмәмиш галмышдыр.

2. Полихлорвинил әмалы ПХВ-26 алтында олан метал сәтһиндә надир коррозия ләкәләри әмәлә кәлмишдир.

3. Битум өртүйү илә олан нүмунәләрдә битум тамамилә дағылмыш вә металын үзәриндә дәрин вә бөйүк коррозия чухурлары яранмышдыр.

4. Шүшә парча илә олан нүмунәләрдә өртүк тәдричән суя бурахараг металын сәтһиндә коррозия просесинин кетмәси үчүн имкан яратмыш вә металын сәтһиндә коррозия ләкәләри әмәлә кәлмишдир.

5. Һеч муһафизә өртүйү олмаян нүмунәләрдә гүввәтли дағылма кетмиш вә коррозиянын дәринлийи бир илдә 1,35 мм олмушдүр.

Апардығымыз тәдгигат иши нәтижәсиндә ашағыдакы фикри сөйләмәк олар.

Полихлорвинил пластикаты полиизобутилен япышганы вә битум-каучук мастикасы илә метал сәтһинә яхшы япышараг өз физики-механики хассәләрини итирмир, әксинә, даһа да яхшылашдыр.

Гейд этмәк лазымдыр ки, нефт вә газ кәмәрләринин коррозиядан муһафизәси үчүн һазыркы тәләбаты тә'мин әдән еканә өртүк материалы полихлорвинил пластикаты (полиизобутилен япышганы вә битум-каучук мастикасы иштиракы илә) ола биләр.

Бу пластикатын кениш сәнәе мигясында тәтбиги гаршыда дуран әсас мәсәләләрдән бири олмалыдыр.

№	Муһабизе өртүгүнүн характеристикасы	Йохламадан эввел			140 күнлүк йохламадан сонра			640 күнлүк йохламадан сонра			640 күндөн сонра өртүгүн металл сатына япышмаг гүввеси	
		ег-% 'амнагу ибсин	ег-% 'амнагу лямел	ег-гм/гм 'темиягалм яшраг вяммаг оулагу	ег-% 'амнагу ибсин	ег-% 'амнагу лямел	ег-гм/гм 'темиягалм яшраг вяммаг оулагу	ег-% 'амнагу ибсин	ег-% 'амнагу лямел	ег-гм/гм 'темиягалм яшраг вяммаг оулагу	мг/г 'негнцтез лямел	мг/г 'атарасм, г/см
1	Полихлорвинил пласти- каты полиизобутилен япышганы иле	140	14	200	170	37	268	100	36	234	160	244
2	Полихлорвинил пласти- каты битум-каучук мас- тикасы иле	120	8,0	165	160	53	256	100	43	213	20	41
3	Полихлорвинил пластика- ты окситуршу эсасында назыралмыш япыш- ганла	164	21	260	157	30	228	107	65	208	0	0
4	Полихлорвинил пластика- ты фурил япышганы иле (ФЛ-4)	130	48	230	120	28	258	118	39	207	0	0

ӘДӘБИЙЯТ

1. Eving S. Soil Corrosion and pipe Line Protection. N. Y., 1938.
2. Kennedy T. Corrosion, 1957, 13,3 56.
3. Негреев Ф., Трифель М. С., Аллахвердиева А. Г. АНХ, 1957, 1.
4. Parker M. E. Oil a Gas. J. 1957, 55, 2, 133.
5. Томашов Н. Д. Подземная (почвенная) коррозия металлов. М., 1956.
6. Ханларова А. Г., Мирбагирова Х. М., Искендеров И. А., Яши-
на Р. А. АНХ, 1957, 1.

И. А. Мамедов, В. Ф. Негреев

Защита подземных трубопроводов пластмассовыми покрытиями

РЕЗЮМЕ

Нами изучены покрытия на основе пластика полихлорвинила марки В-118 при толщине пленки 0,19—0,27 мм и разработан состав клеящих материалов на основе полиизобутилена для приклеивания пластика к металлу.

До последнего времени для защиты подземных сооружений от коррозии применялись главным образом битумные покрытия с укрепляющими материалами и без них. Однако многолетние испытания этих покрытий, проведенные рядом советских и иностранных исследователей, показали, что указанные покрытия оказывают лишь временную защиту. При эксплуатации в агрессивных условиях почвы битумные покрытия за сравнительно короткий срок стареют, становятся хрупкими и, таким образом, преждевременно выходят из строя.

В связи с указанными недостатками битумных покрытий мы стремились подыскать более эффективные и удобно осуществляемые покрытия. Такими покрытиями для защиты подземных трубопроводов от коррозии и явились указанные выше покрытия на основе полихлорвинилового пластика с различными клеящими материалами.

Результаты двухгодичных испытаний пластика показали, что физико-механические свойства пленки пластика не изменяются, а сохранность металлической поверхности была весьма высокой.

Кроме того, лабораторные и полевые испытания показали, что клен на основе полиизобутилена, а также на основе битумно-каучуковой мастики являются наиболее пригодными материалами для приклеивания пластика к металлу.

Вышеизложенное позволяет нам рекомендовать широкое применение пластика для защиты подземных сооружений.

С. М. РЭСУЛОВА, Н. Г. ХӘЛИЛОВА, Р. М. ЧӘФӘРЛИ, С. Ә. МУРАДОВА,
З. Н. ЗҮЛФҮГАРОВ

ХАНЛАРИТ КРЕКИНГ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫН ФӘАЛЛЫҒЫНЫН АРТЫРЫЛМА ЙОЛЛАРЫНЫН ТӘДГИГИ

АзербайҶан бентонит килләрини минерал туршуларла фәаллашдырдыгдан сонра онларын крекинг вә нефт мәнсулларыны тәмизләмә процесләриндә йүксәк активлийә малик олмасыны Гутыря [2] вә Зүлфугаров әмәкдашлары илә [6, 7], Исмайылов [8] вә Гухман [4, 1] кениш әлми-тәдгигат ишләри нәтичәсиндә ашкара чыхармышлар.

АзербайҶан бентонит килләри әсасында фәаллашдырылараг һазырланмыш крекинг катализаторлары йүксәк температурлу су бухары тәсиринә давамлы олмадығындан онларын сәнаедә тәтбиги әлверишли дейилдир. Буна әсасән гаршыда дуран әсас мәсәләләрдән бири һәммин килләр әсасында һазырланмыш крекинг катализаторларынын йүксәк температурлу су бухарына давамлылығыны артырмаг үчүн ени үсулларын ишләниб тапылмасыдыр.

Бу мәгалә йүксәк температурлу су бухары тәсиринә давамлы крекинг катализаторларыны һазырламаг үчүн апардығымыз ишләрин нәтичәләринә һәср әдилир.

Мәгаләнин мүәллифләриндән бири [6, 7] АзербайҶанын бентонит килләринин физики-кимйәви хассәләрини һәртәрәfli өйрәнмәклә мүәййән әтмишдир ки, АзербайҶанын бентонит килләри ичәрисиндә фәаллыг вә әһтиятына көрә һәләлик сәнае әһәмийәти олан Ханлар кил ятағыдыр.

Ону да гейд әтмәк лазымдыр ки, 1952—1953-чү илләрдән АзербайҶан ССР ӘА Кимя Институтунун физики-кимя лабораториясы ишчиләринин [5] апардығы тәдгигат ишләри нәтичәсиндә көстәрилмишдир ки, килләрин фәаллашдырма үсулуну дәйишмәклә вә ичәрисинә алүминиум гидроксиди әләвә әтмәклә онларын әсасында һазырланмыш крекинг катализаторларын су бухарынын тәсиринә гаршы фәаллығынын мүгавимәтини артырмаг мүмкүндүр. Бу ишләрә әсасән биз өз тәдгигатымызы башлыча олараг Ханлар килиндән һазырланмыш катализаторларын кейфийәтинин йүксәлмәсинә һәср әтмишик.

ТӘЧРҮБИ ҺИССӘ

Ишдә тәтбиг олунан үсуллар.

Килләрин минерал туршуларла фәаллашдырма гайдасы: колбая мүәййән мигдар отаг температурунда гурудулмуш бентонит кили төкүб, үзәринә килин вәзниндән 34% моноһидрид һесабилә 20%-ли сульфат туршусу әләвә әдәрәк, газ габарчыглары кәсиләнә гәдәр яхшыча гарышдырыыг. Колба термометр вә гайтарычы Либихт союдучусу илә

С. М. РƏСУЛОВА, Н. Г. ХƏЛИЛОВА, Р. М. ЧƏФƏРЛИ, С. Ə. МУРАДОВА,
З. Ы. ЗҮЛФҮГАРОВ

ХАНЛАРИТ КРЕКИНГ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫН ФƏАЛЛЫҒЫНЫН АРТЫРЫЛМА ЙОЛЛАРЫНЫН ТƏДГИГИ

АзəрбайҶан бентонит киллəрини минерал туршуларла фəаллашдырдыгдан сонра онларын крекинг вə нефт мəһсулларыны тəмизлəмə просєслəриндə йүксəк активлийə малик олмасыны Гутыря [2] вə Зүлфугаров əмəкдашлары илə [6, 7], Исмайылов [8] вə Гухман [4, 1] кениш əлми-тəдгигат ишлəри нəтичəсиндə ашкара чыхармышлар.

АзəрбайҶан бентонит киллəри əсасында фəаллашдырылараг хазырланмыш крекинг катализаторлары йүксəк температурлу су бухары тə'сиринə давамлы олмадыгындан онларын сəнаədə тəтбиги əлверишли дейилдир. Буна əсасən гаршыда дуран əсас мəсəлələрдən бири һəмин киллəр əсасында хазырланмыш крекинг катализаторларынын йүксəк температурлу су бухарына давамлылығыны артырмаг үчүн ени үсулларын ишлəниб тапылмасыдыр.

Бу мəгалə йүксəк температурлу су бухары тə'сиринə давамлы крекинг катализаторларыны хазырламаг үчүн апардығымыз ишлəрин нəтичələринə һəср əдилир.

Мəгалəнин мүəллифлəриндən бири [6, 7] АзəрбайҶанын бентонит киллəринин физики-кимйəви хассələрини һəртərəfli өйрəнмəклə мүəййən этмишдир ки, АзəрбайҶанын бентонит киллəри ичəрисиндə фəаллыг вə əһтиятына кərə һələлик сəнае əһəмиййəти олан Ханлар кил ятагыдыр.

Ону да гейд этмəк лəзымдыр ки, 1952—1953-чү иллəрдən АзəрбайҶан ССР ЭА Кимя Институтунун физики-кимя лабораториясы ишчилəринин [5] апардыгы тəдгигат ишлəри нəтичəсиндə кəстəрилмишдир ки, киллəрин фəаллашдырма үсулуну дəйишмəклə вə ичəрисинə алүминиум һидроксиди əлавə этмəклə онларын əсасында хазырланмыш крекинг катализаторларын су бухарынын тə'сиринə гаршы фəаллығынын мугавимəтини артырмаг мүмкүндүр. Бу ишлərə əсасən биз өз тəдгигатымызы башлыча олараг Ханлар килиндən хазырланмыш катализаторларын кейфиййəтинин йүксəлмəсинə һəср этмишик.

ТƏЧРҮБИ ЫССƏ

Ишдə тəтбиг олунан үсуллар.

Киллəрин минерал туршуларла фəаллашдырма гайдасы: колбая мүəййən мигдар отаг температурунда гурудулмуш бентонит кили тəкүб, үзəринə килин вəзниндən 34% моноһидрид һесабилə 20%-ли сулфат туршусу əлавə эдэрək, газ габарчыглары кəсилənə гэдэр яхшыча гарышдырырыг. Колба термометр вə гайтарычы Либихт союдучусу илə

бирлешдирилиб, су һамамында ерлешдирилир. Кил вә туршу гарышы-ғы су һамамында 95—98°C-дә 6—8 саат гыздырылма йолу илә фәаллашдырылыр. Фәаллашдырма просесинин сәмәрәли олмасы үчүн гарыш-гы механики сурәтдә тез-тез гарышдырылыр.

Гейд: Бизим тәчрүбәләримиздә фәаллашдырма просеси тәк сул-фат туршусу васитәсилә йох, бә'зи тәчрүбәләримиз һәмчинин алүминиум дузларынын иштиракилә апарылмышдыр.

Фәаллашмыш килләр филтрләрдә вә я кристаллизаторларда шол-лар сую вә я дистиллә эдилмиш су илә туршу вә дузларын гарышығын-дан тәмизләнәнә гәдәр ююлур.

Бу гайда илә һазырланмыш яш килләрден вә я онлар 150—200°C-дә гурудулудгдан сонра, катализаторлар һазырланмасы үчүн истифа-дә эдилир.

Крекинг катализаторларынын һазырланмасы

Катализаторлар ашағыдакы йолларла һазырланмышдыр.

1. Гурудулмуш фәал килләрден, яхуд онларын ичәрсинә мүййән мигдар Al вә Mg гидроксиди гарышдырмагла.

2. Яш фәаллашдырылмыш килләрдин ичәрсинә һопдурулмуш дуз-лары парчалама вә я чөкдүрмә йолу илә катион эләвә этмәклә, яхуд килләрдин гидроксидләрини дуз мәнһуллары илә контактлашдырмагла.

Беләкиклә, һазырланмыш тозшәкилли катализаторлар 250 атмос-фер тәйинги алтында пресдә һәб шәклинә салындыгдан вә 500—560°C-дә көзәрдилдикдән сонра ишә бурахылыр.

Катализаторларын фәаллығынын тәйини

Катализаторун фәаллығы онларын йүксәк температурлу (750°C) су бухары тә'сириндән габаг вә сонра крекинг просеси заманы алынган сон гайнама температуру 200°C олан бензинин хаммала нисбәтән чы-хар фаизи илә өлчүлүр. Катализаторларла йүксәк температурлу су бу-хары илә тә'сир этмәк үчүн онлардан мүййән мигдар кварс реакто-руна төкүлүр вә реактор борулу печдә ерлешдирилир. Печин темпера-туру 750°C олдугда реактор су бухары мәнбәи илә бирлешдириләрәк 6 саат мүддәтиндә 100 см³ катализатора һәр саатда 30 см³ конденсат һесабилә су бухары бурахылыр.

Бу үсулла һазырланмыш катализаторун фәаллығы ашағыда көс-тәрилән гайда илә тәйин эдилир.

Крекинг просеси стандарт техноложии схемли-стационар типли ла-боратория гурғусунда вә ади атмосфер тәйингиндә хаммалын мигдары саатда катализаторун чәкисинә көрә 1:1 нисбәтиндә истифадә эдиләрәк апарылмышдыр. Просес 30 дәгигә давам этдирилир. Крекинг просеси гуртардыгдан сонра катализаторлар үзәриндә әмәлә кәлән кокс һаванын оксикени илә яндырылараг енидән истифадә үчүн просесә гайтарылыр.

Х а м м а л. Просес үчүн хаммал олараг: 1) ағыр Балаханы нефтиндән, алынган башлангыч гайнама температуру 230°C вә сон гайнама тем-пературу 360° олан, $\alpha_{20}^{20}=0,8970$; $n_D^{20}=1,4976$ вә 84% сульфат туршусу илә 2%, 98% сульфат туршусу илә исә 55% сульфатлашан газойл фрак-сиясындан вә 2) гайнама башлангычы 350°C, сон гайнама температуру 500°C олан, $\alpha_{20}^{20}=0,9134$; $n_D^{20}=1,5047$ вә 85% сульфат туршусу илә 12%, 89% сульфат туршусу илә исә 53% сульфатлашан Гарачухур нефтиндән алынган ағыр вакуум фраксиясындан истифадә эдилир. Просесдән алынган мәгсәдәуйгун мәнһуллар стандарт нормалара тәсадүф эдән фраксияла-ра айрылыб, дәвләт стандартынын гәбул этдийи гайда үзрә онларын физики-кимйәви хассәләри өйрәнилир.

К а т а л и з а т о р л а р ы н с ә т һ л ә р и н и н туршулуғ әдәдинин вә нөвүнүн тә'йини. Катализаторларын сәтһ-ләриндә олан туршуларын нөвләри вә онларын туршулуғ әдәди әдәбийят-да мә'лум олан үсуллардан истифадә эдиләрәк тәйин эдилмишир.

Ү м у м и туршулуғ [12]. Катализаторларын сәтһләринин үмуми туршулуғ әдәди вәһид сынаг чәкисинин удмасына сәрф олунмуш гәлә-винин милли эквивалентләринин сайы илә өлчүлүр.

М ү б а д и л ә (әвәзләнмә). Туршулуғ әдәдинин тә'йини. 100 г катализаторун сәтһинин H⁺ ионларыны NaCl мәнһуллу илә әвәзләнмә реакциясында сәрф олунан катионун мигдары илә өлчүлүр.

Г и д р о л и т и к туршулуғ әдәди. Гидролитик туршулуғ әдә-ди 100 г катализаторларын сәтһләринин H/CH₃COONa мәнһуллу илә әвәз-ләнмә реакциясында сәрф олунан катионун мигдары илә өлчүлүр.

Мүхтәлиф килләрден һазырланмыш катализаторларын фәаллығынын тәйини

Мүхтәлиф мә'дәнләрден көтүрүлмуш килләрдин крекинг катализа-торларын һазырланмасына ярарлы олуб-олмамасыны ашкар этмәк үчүн биз Ханлар, һөкмәли, Хылмыллы, Күрчүван мә'дәнләриндән килләр көтүрүб юхарыда сөйләдийимиз үсуллар үзрә онлары күкүрд туршусу васитәсилә фәаллашдырдыг. Фәаллашдырылмыш килләрден катализа-торлары һазырлаяраг онларын башлангыч вә стабил фәаллығыны, һәм-чинин сәтһләринин туршулуғ әдәдини тәйин этдик.

Апарылан тәчрүбәләрин нәтичәләри 1, 2 вә 3-чү чәдвәлләрдә көс-тәрилмишир.

1-чи чәдвәл

Мүхтәлиф килләрден һазырланмыш катализаторларын туршулуғ әдәди (мг эквивалент 100 г катализатора)

Катализаторларын адлары	550° С-дә көзәрдилмиш катализаторлар			750° С температурлу су бухары тә'сиринә мә'руз галмыш катализаторлар		
	үмуми туршулуғ	гидролитик туршулуғ	мүбадилә туршулуғу	үмуми туршулуғ	гидролитик туршулуғ	мүбадилә туршулуғу
Ханларит	96,0	16,97	10,5	32,64	4,20	1,02
Һөкмәлит	108,0	27,5	18,8	40,00	4,25	1,00
Күрчүванит	80,0	3,25	0,6	—	—	—
Хылмыллит	85,36	18,0	7,5	28,56	2,55	1,00
Ханларит	106,0	30,75	23,5	—	—	—

1) Ханларит 100° С-дә гурудулмушдур.

Гейд: Фәаллашдырылмыш килләр әсасында һазырланан катали-заторларын адлары һәмин килләрдин көтүрүлдүйү мә'дәнләрдин адлары-нын ахырына «ит» шәкилчиси эләвә этмәклә адландырылыр. Мәсәлән, Ханлар килини фәаллашдырдыгдан сонра она ханларит ады верилир.

2 вә 3-чү чәдвәлдәки рәгәмләрдән көрүнүр ки, мүхтәлиф килләр-дән һазырланмыш крекинг катализаторларынын истәр фәаллығы вә йүк-сәк температурлу су бухарынын тә'сиринә мүгавимәти, истәрсә, дә онларын сәтһләринин туршулуғ әдәдләри мүхтәлифдир. Һәр ики хам-малын крекинги заманы бензинин чыхары үзрә ханларит вә һөкмәлит

Мүхтедиф киллөрдөн һазырланмыш вэ 550°С-дә кезәрдишлиш катализаторларын башлангыч фәаллығы

Катализаторларын адлары	Мәгсәдәуегун мәһсул- ларын чыхары, чәки %-дә			Гайнама температурунун сонун 200°С олан бензинин көстәричилләри			Газын тәркиби, һәчм %-и илә		Сон гайнама температуру 350°С олан газойл фрак- сиясынын көстәричилләри	
	бензин	газ	кокс	d_{20}^{20}	n_D^{20}	сулфирләшмә һәчми, %-илә	дойма- мыш кар- боһидро- кен, %-дә	һидро- кен	чыхары, чәки %-илә	сулфирләшмә һәчми, %-илә
					85 %	98 %			85 %	98 %

Газойл фраксиясынын крекингинин нәтичәләри

Ханларит	42,70	4,9	4,5	0,7785	1,4500	5,0	36,0	13,5	9,0	—	—
Һөкмәлит	40,25	7,7	4,0	0,7855	1,4470	4,0	37,0	—	—	—	—
Күрчүванит	27,1	5,3	5,2	0,7997	1,4425	11,0	48,0	—	—	—	—
Хылымыллит	32,9	5,7	5,7	0,7709	1,4384	6,0	44,0	10,2	34,4	—	—

Ағыр вакуум фраксиясы крекингинин нәтичәләри

Ханларит	39,0	6,4	14,4	0,7592	1,4300	8,0	38,0	13,4	9,0	27,1	66,0
Һөкмәлит	36,0	17,0	9,0	0,77461	1,4334	11,0	48,0	15,5	32,2	27,0	68,0
Хылымыллит	34,8	7,7	5,7	0,76041	1,4332	8,0	46,0	12,5	35,4	2,0	61,0

750°С температурду су البخары тәсиринә мәруз галмыш мүхтедиф киллөрдән һазырланмыш катализаторларын фәаллығы

Катализаторларын адлары	Мәгсәдәуегун мәһсулларын чы- хары, чәки %-илә				Сон гайнама температура 200°С олан бензинин кестәричиләри			Газын тәркиби, һечм %-и илә		Дизел яначагынын кестәричиләри		
	бензин	газ	кокс	дизел яначагы	d_{20}^{20}	n_D^{20}	сулфирләшмә, һечм %-илә	дойма- мыш карбо- һидро- кенләр, һечм %-и илә	һидрокен һечм %-илә	сулфирләшмә, һечм %-илә	85 %	98 %

Газойл фраксиясынын крекинн нәтичәләри

Ханларит	15,1	4,5	—	—	0,7963	1,4506	14,5	47,0	5,3	50,3	—
Һөкмәлит	25,7	—	—	—	0,7985	1,4482	7,0	41,0	7,2	36,2	—
Хылымыллит	20,7	4,0	—	—	0,8154	1,4560	10,0	48,0	5,1	36,0	—

Ағыр вакуум фраксиясынын крекинн нәтичәләри

Ханларит	14,0	11,10	3,1	33,0	0,7705	1,4396	19,0	50,0	4,4	42,6	50,0
Һөкмәлит	22,2	17,8	3,0	34,7	0,7900	1,4450	6,0	43,0	3,7	44,9	52,0
Хылымыллит	15,6	12,4	5,6	38,0	0,7970	1,4483	15,0	58,0	3,2	53,4	49,0

катализаторлары бөйүк каталитик фәаллыгы көстәрдийи һалда, хылмыллит катализаторлары дизел яначагынын чыхары үзрә ән бөйүк фәаллыга маликдир. Лакин йүксәк температурлу су бухары тә'сириндән сонлыга хылмыллит вә ханларит катализаторларынын фәаллыгы вә сәтһләр ринин туршулуғу чох ашағы дүшдүйү һалда, һөкмәлит катализаторунун истәр фәаллыгы, истәрсә дә сәтһләринин туршулуғу әдәлләри онлара нисбәтән аз дәйишиклиә уғрамышдыр.

Йүксәк температурлу су бухары катализаторларын сәтһләринин мүбадилә вә гидролитик туршулуғу әдәдини ифрат дәрәчәдә ашағы салдығы һалда (4—18 дәфә), үмуми туршулуғу әдәдинә нисбәтән аз тә'сир көстәрир (2,5—3 дәфә). Көзәртмә температуру ән чох ханларитин сәтһинин мүбадилә вә гидролитик туршулуғу әдәдинә, ән аз исә үмуми туршулуғу әдәдинә тә'сир әдир.

Гейд этмәк ләзымдыр ки, мүхтәлиф катализаторларын мүбадилә вә гидролитик туршулуғу әдәлләри илә фәаллығлары арасында һеч бир һанунауйғун әләгә яратмағ олмадығы һалда, белә бир әләгәни катализаторларын үмуми туршулуғу илә онларын фәаллыгы арасында яратмағ мүмкүндүр.

Беләликлә, әдәбийятда [10] көстәрилән фикирдән фәргли оларағ биз тәчрүбәмиз әсасында катализаторларын каталитик фәаллығларынын өлчүсүнү мүбадилә туршулуғу әдәди илә йох, катализаторларын сәтһләринин үмуми туршулуғу әдәди илә өлчүлмәси фикрини ирәли сүрмәк даһа доғру оларды.

Апардығымыз тәчрүбәнин нәтичәси көстәрир ки, Азәрбайҗан бентонитләриндән йүксәк каталитик фәаллыга малик вә су бухарына давамлы катализаторлары һөкмәли килиндән һазырламағ мүмкүндүр. Лакин һөкмәли кил мәдәнләринин аз олмасы вә һәмин мәдәндән кил чыхармағ шәраитинин ағырлығыны нәзәрә аларағ, биз өз тәдгигатымызы башлыча оларағ кил әһтияты чох вә истисмар шәраити әлверишли олан Ханлар мәдәниндән чыхарылан килләр әсасында һазырланмыш катализаторларын кейфийәтини яхшылашдырмағ үзәриндә апармышығ.

Фәаллашдырычы туршуларын дузларынын катализаторларын фәаллыгына тә'сири

З. Н. Зүлфугаров [5] ағардычы килләрин фәаллашдырма процесиндә фәаллашдырычы туршу дузларынын иштиракынын фәаллашма әффектинә тә'сирини өйрәнәрәк көстәрмишдир ки, фәаллашманы минерал туршу вә онларын дузларынын иштиракилә апармагла һазырланан килләрин ағартма габилийәти вә онларын әсасында һазырланан крекинг катализаторларын фәаллыгы ялныз минерал туршу илә фәаллашдырылмыш килләрдән һазырланан катализаторларын фәаллығындан йүксәк олур. һәмин килләр әсасында биз фәаллашдырычы туршу дузларынын оптимал мигдарынын тәййини вә фәаллашма процесиндән алыннан туршу галығларынын, дузларын килләрин фәаллығ әффектинә тә'сирини өйрәнмәк мәсәдилә бир сыра тәчрүбәләр апармышығ. Бу мәгаләдә биз Ханлар килини фәаллашдырағ сульфат-алүминиум дузунун мигдарынын фәаллашма просесинә тә'сирини, эйни заманда алыннан дузларын вә туршу галығларынын тәкрарән гайтарылмагла онларын ханларитин фәаллыгына вә сәтһинин туршулуғу әдәди илә вә йүксәк температурлу су бухары тә'сиринә мүгавимәтини тәдгиг этмәклә әлдә әдилән нәтичәләри 4, 5 вә 6-чы чәдвәлләрдә көстәрмишик.

Беләликлә, фәаллашма просесиндә 5—20% мигдарында (килин әвәзиндән) сульфат-алүминиум дузу иштирак этдикдә ханларитин фәаллыгы вә онун йүксәк температурлу су бухарынын тә'сиринә мүгавимәти артыр.

4-чү чәдвәл

Ханлари тиш фәаллашдырма шәранти вә онларын сәтһләринин су бухарынын тә'сириндән габағ вә сонра туршулуғу әдәди

Катализаторларын ады	Фәаллашдырмада иштирак әдән реакентләр			Ханларитин туршулуғу әдәди, мг/әкс 100 г катализатора					
	фәаллашдырычы туршу	фәаллашдырмада иштирак әдән реакентләр	фәаллашдырмада иштирак әдән реакентләр, мг/әкс 100 г катализатора	үмуми туршулуғу		гидролитик туршулуғу		мүбадилә туршулуғу	
				габағ	сонра	габағ	сонра	габағ	сонра
Ханларит 25	H ₂ SO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃	—	104,0	32,64	16,97	4,2	10,5	1,02
Ханларит 50	"	"	5,0	104,0	36,0	13,45	4,7	9,7	1,02
Ханларит 100	"	"	10,0	100,0	36,0	14,5	4,2	17,3	0,85
Ханларит 150	"	"	20,0	96,0	28,0	13,6	4,7	18,2	0,80
Ханларит 200	"	"	30,0	104,0	24,0	13,0	3,2	18,7	0,40
Ханларит 300	"	"	40,0	96,0	28,0	15,6	3,2	13,7	0,65
Ханларит ¹ I	"	фәаллашдырмадан алыннан дузлар	3,73	76,0	28,64	19,15	3,7	16,0	0,76
Ханларит II	"	"	8,83	64,0	—	20,2	—	11,2	—
Ханларит III	"	"	10,7	60,0	—	19,7	—	14,9	—

1 Гейд I, II, III рәгәмләр фәаллашдырмадан алыннан вә тәкрарән процесдә ишләдилән дузун дөврүнү көстәрир.

550°C-дә көзөрдилмиш ханларит катализаторунун феоаллыгынын феоаллашдырма шөрантинден асыллыгы

Катализаторларын адлары	Газойл фракциясынын крекингинден алымыш бензинин кейфийэти					Ағыр вакуум фракциясынан алынмыш бензинин во дизел ыначагынын кейфийэти							
	Бензинин чыхары, чэки % и илэ	d_{20}^{20}	n_D^{20}	Сулфирлэшмэ, нэчм % и илэ		Бензинин чыхары, чэки % и илэ	d_{20}^{20}	n_D^{20}	Сулфирлэшмэ, нэчм % и илэ		Лизел ыначагынын чы- гары, чэки % и илэ	Сулфирлэшмэ, нэчм % и илэ	
				85 %	98 %				85 %	98 %		85 %	98 %
Ханларит	42,7	0,7785	1,4500	5,0	36,0	39,0	0,7592	1,4300	8,0	38,0	27,2	6,0	66,0
Ханларит 25	43,4	0,7724	1,4424	4,0	44,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Ханларит 50	44,43	0,7735	1,4435	2,0	48,0	41,7	0,7543	1,4280	8,0	51,0	27,5	8,0	66,0
Ханларит 100	46,4	0,7823	1,4449	4,0	50,0	41,3	0,7521	1,4308	9,0	49,0	27,5	6,0	62,0
Ханларит 150	43,7	0,7711	1,4365	4,0	42,0	40,9	0,7514	1,4314	8,0	41,0	27,4	2,0	65,0
Ханларит 200	38,9	0,7759	1,4383	2,0	40,0	40,5	0,7470	1,4213	14,0	46,0	29,7	4,0	65,0
Ханларит 300													
Ханларит I	38,8	0,7755	1,4408	7,0	40,5	37,1	0,7755	1,4408	11,0	38,1	31,7	6,0	60,0
Ханларит II	37,0	0,7735	1,4388	8,0	40,0	36,9	0,7735	1,4388	12,0	42,0	30,5	5,0	58,0
Ханларит III	34,0	0,7785	1,4415	3,0	41,0	32,6	0,7731	1,4415	13,0	38,0	30,1	6,0	60,0

Су бухарынын тәсиринә мә'руз галмыш ханларитин фааллыгынын фәзәләшдүрмә шәритиндән асыллыгы

Катализаторларын ады	Газойл фракциясынын крекингинден алынган бензинин кейфийәти					Агыр вакуум фракциясынын крекингиндан алынган бензинин вә дизел яначагынын кейфийәти							
	Бензинин чыгары, чәки % и-и%	d_{20}^{20}	n_D^{20}	Сульфурләшмә, һечм % и илө		Безинин чыгары, чәки % и-и%	d_{20}^{20}	n_D^{20}	Сульфурләшмә, һечм % и илө		Дизел яначагынын чыгары, чәки % и-и%	Сульфурләшмә, һечм % и илө	
				85%	98%				85%	98%		85%	98%
Ханларит 25	15,1	0,7963	1,4506	14,5	47,0	19,7	0,7723	1,4403	19,0	52,0	39,1	8,0	49,0
Ханларит 50	20,5	0,7782	1,4360	13,0	65,0	22,2	0,7884	1,4390	16,0	53,0	36,8	6,0	50,0
Ханларит 100	22,0	0,7952	1,4483	13,0	47,0	21,4	0,7884	1,4428	15,0	57,0	34,0	5,0	50,0
Ханларит 150	21,2	0,7895	1,4487	11,0	58,0	22,2	0,7794	1,4435	15,0	57,0	34,0	4,0	52,0
Ханларит 200	17,7	0,8007	1,4500	12,0	49,0	16,0	0,7740	1,4428	17,0	57,3	31,7	4,0	49,0
Ханларит 300	21,1	0,8254	1,4600	17,0	45,0	16,0	0,7715	1,4435	16,0	52,0	—	4,0	47,0
Ханларит I	15,6	—	—	—	—	14,0	1,7705	1,4396	19,0	52,0	33,0	7,0	50,0
Ханларит II	12,6	0,7877	1,4452	13,0	38,0	14,8	0,7715	0,4376	19,0	50,0	33,0	7,0	44,0
Ханларит III	16,0	0,8119	1,4557	18,0	38,0	12,0	1,7895	0,4486	26,0	49,0	42,8	—	40,0

4, 5 вә 6-чы чәдвәлләрдәки рәгәмләрдән айдын олур ки, фәаллашма просесиндән алынган дузларын иштиракилә һазырланмыш катализаторун үзәриндән алынган бензинләрн тәркибиндә ароматик карбоһидрокенләрн мигдары нисбәтән аз, доймамыш карбоһидрокенләрн мигдары исә чох олур. Апарылан тәчрүбәләрн нәтичәсиндән айдын олур ки, фәаллашдырма просесини күкүрд туршусу вә онун алүминиум дузун иштиракилә апармагла һазырланан ханларит катализаторларынын фәаллығыны бир гәдәр йүксәлтмәк олар.

Алүминиум вә магнизиум оксидләрнн ханларитин фәаллығына тәсири

Мә'лумдур ки, катализаторларын сәнае әһәмиийәти онларын стабил фәаллыгларына көрә тәйин эдилир. Ханларит катализаторларынын фәаллыгларынын йүксәк температурлу су бухарынын тәсирине мугавимәти сәнаедә ишләдилән синтетик алүминиум-силикат катализаторларынын стабил фәаллығындан чох ашағы олдуғундан онлардан сәнаедә истифадә эдилмир. Она көрә дә тәби килләрдән һазырланмыш катализаторларын сабит фәаллыгларыны артырмаг үчүн бә'зи үсулларын ишләниб тәдгиг эдилмәси һазырда әлм вә техниканын гаршысында дуран ән мүнүм мәсәләләрдән биридир.

Мәгаләнин мугәлифләриндән бири [5] ханларитин стабил фәаллығыны тәдгиг эдәрәк кәстәрмишдир ки, онун тәркибинә чөкдүрмә, парчалама вә әләвә этмә йолу илә алүминиум-оксиди дахил этмәклә һазырланан катализаторларын фәаллыгларынын йүксәк температурлу су бухары тәсирине мугавимәти артыр. Буна әсасән биз өз тәдгигатларымызда башлыча олараг ханларитин стабил фәаллығынын онун тәркибинә дахил эдилән алүминиум вә магнизиум оксидләрнн мигдарыны, юючу суюн нөвүнү, юма дәрәчәсиндән нечә асылы олмасыны өйрәндик.

Тәчрүбәләрн нәтичәләри 7 вә 8-чи чәдвәлләрдә кәстәрилмишдир. Бурадан айдын көрүнүр ки, йүксәк температурлу су бухары тәсирине мәруз галмыш тәркибиндә алүминиум-оксиди олан ханларит катализаторларынын сәтһләрннн туршулуғ әдәлләри тәркибиндә магнизиум-оксиди олан катализаторларын сәтһләрннн туршулуғундан чохдур.

Беләликлә, гейд этмәк олар ки, ханларитин тәркибинә алүминиум-оксиди әләвә этдикдә онларын сәтһләрннн туршулуғунун йүксәк температурлу су бухарынын тәсирине гаршы мугавимәти артыр.

8-чи чәдвәлдән көрүнүр ки, юючу суюн нөвүндән, юма дәрәчәсиндән вә ханларитин тәркибинә дахил олан гидроксидин тәбиәтиндән вә мигдарындан асылы олараг катализаторларын башланғыч вә сабит фәаллыглары мұхтәлиф дәрәчәдә дәйишир.

Гейд этмәк лазимдыр ки, ханларит вә алүминиум-оксиди гарышығы катализаторларынын үзәриндән алынмыш бензинләрн тәркибиндә олан доймамыш карбоһидрокенләрн мигдары шоллар сую илә ююлмыш ханларитлә магнизиум оксиди гарышығындан һазырланмыш катализаторларын үзәриндән алынмыш бензинләрн тәркибиндә олан доймамыш карбоһидрокенләрн мигдарындан чох аздыр.

Беләликлә, ханларит вә алүминиум-оксиди әсасында һазырланмыш катализаторлар нәинки йүксәк температурлу су бухары тәсирине давамлыдыр, һәтта онларын гидрокен пайлашдырма габилийәти тәдгиг этдийимиз катализаторларын гидрокен пайлашдырма габилийәтиндән чох йүксәкдир.

Ханларит өз алүминиум-оксиди әсасында һазырланмыш катализаторларын башланғыч вә стабил фәаллыглары һазырда сәнаедә истифадә олунан синтетик алүмосиликат катализаторларынын стабил фәаллыгларына бәрәбәр олмагла онларын һазырланма гиймәтләри синтетик

7-чи чәдвәл

Ханларит катализаторунун һазырланма шәраити вә туршулуғ әдәлләри

Катализаторларын адалры	Фәаллашдырма просесини иштирак әлә дузу адалы	Юма дәрәчәси			Әләвә олунан гидроксид, %-пә	Йүксәк температурлу су бухарынын тәсириндән сонра туршулуғ әдәлләри, мкс/100 г кат.	Мугавимәт туршулуғ	
		башланғыч юючу су	сон юючу су	юма дәрәчәси			үмүмн туршулуғ	гидролитик туршулуғ
Ханларит I	MgSO ₄	Шоллар	Дестилә	SO ₄ "	гидроксидин мигд.	16,0	16,0	0,90
Ханларит II	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	8,0	8,0	1,05
Ханларит III	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	12,0	12,0	0,90
Ханларит IV	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	16,0	16,0	1,00
Ханларит V	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	28,0	28,0	1,45
Ханларит VI	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	SO ₄ "	гидроксидин мигд.	32,0	32,0	1,00
Ханларит VII	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	SO ₄ "	гидроксидин мигд.	40,0	40,0	0,90
Ханларит VIII	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	SO ₄ "	гидроксидин мигд.	48,0	48,0	0,90
Ханларит IX	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	40,0	40,0	0,90
Ханларит X	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	44,0	44,0	1,45
Ханларит XI	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	44,0	44,0	1,45
Ханларит XII	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	Нейтрал	гидроксидин мигд.	48,0	48,0	1,00
Ханларит XIII	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	SO ₄ "	гидроксидин мигд.	48,0	48,0	0,90
Ханларит XIV	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	SO ₄ "	гидроксидин мигд.	48,0	48,0	0,90
Ханларит XV	MgSO ₄	Шоллар	Шоллар	SO ₄ "	гидроксидин мигд.	48,0	48,0	0,90

Al вә Mg оксидләринин мигдарынын ханларитин башлангыч вә стабил фәаллыгына тәсири

Катализаторларын ады	Көзәрилмиш ханларитин үзәриндә формалашмыш бензинин чыхары вә кейфийәти				Су бухары тәсирина мә'руз галмыш ханларитин үзәриндә формалашмыш бензинин чыхары вә кейфийәти				
	бензинин чыхары, егн- % ижә	n_D^{20}	Суфирләшмә, һәм % -илә		Фәдәлһәтләгән иткәнчә, егн- % ижә	бензинин чыхары, егн- % ижә	n_D^{20}	Суфирләшмә, һәм % -илә	
			85 %	98 %				85 %	98 %
Ханларит I	38,3	1,4432	9,0	42,0	53,6	17,8	1,4496	16,0	53,0
Ханларит II	29,2	1,4369	11,0	42,0	75,0	7,3	1,4530	21,0	43,0
Ханларит III	30,0	1,4438	11,0	42,0	79,0	6,3	1,4525	22,0	42,0
Ханларит IV	31,7	1,4375	10,0	40,0	67,0	10,2	1,4506	16,0	47,0
Ханларит V	30,0	1,4384	10,0	37,0	73,4	8,0	1,4586	18,0	45,0
Ханларит VI	28,2	1,4338	12,0	36,0	69,5	8,6	1,4400	20,0	42,0
Ханларит VII	29,2	1,4372	11,0	39,0	71,5	8,3	1,4390	21,0	42,0
Ханларит VIII	34,9	1,4408	9,0	38,0	28,4	25,0	1,4420	12,0	45,0
Ханларит IX	35,2	1,4402	8,0	41,0	31,6	24,0	1,4460	15,0	43,0
Ханларит X	32,5	1,4362	7,0	39,0	23,2	24,9	1,4430	11,0	47,0
Ханларит XI	33,2	1,4402	9,0	41,0	16,0	27,9	1,4481	11,5	51,0
Ханларит XII	35,5	1,4334	7,5	36,0	26,5	24,9	1,4390	12,0	42,0
Ханларит XIII	32,6	1,4323	8,5	36,0	23,2	26,0	1,4436	13,0	46,0
Ханларит XIV	35,5	1,4387	8,0	39,0	31,8	24,2	1,4382	13,0	40,0
Ханларит XV	34,2	1,4406	7,0	40,0	24,3	25,9	1,4466	13,0	48,5

алүмосиликат катализаторларынын һазырланма гиймәтиндән хейли ашағыдыр.

Беләликлә, апарылан тәчрүбәләрдән көрүнүр ки, ханларитин тәр-кибинә 20—25% алүминий-оксиди эләвә этмәклә онларын фәаллы-ларыны су бухарынын тәсирина гаршы давамлылығыны йүксәлтмәк олар.

Бүтүн юхарыда көстәриләнләрә бахмаяраг, биз һазырда ханлари-тин стабил фәаллыгынын артырылмасы үзәриндә мұхтәлиф истигамәт-берир. Мәсәлән, алүминий, магнизиум, аммоний вә диқәр дузларын истәр тәмиз, истәрсә дә онларын гарышыгларынын мұхтәлиф комбина-циялары илә фәаллашдырыларәг һазырланан катализаторларын фәал-лыгларынын йүксәк температурлу су бухары тәсирина мұғавимәти артыр.

Апардығымыз тәдгигатлардан ашағыдакы нәтичәләри чыхармаг олар:

1. Азәрбайчанын фәаллашдырылмыш бентонит килләри әсасында һазырланан катализаторларын һазырланма үсулларындан асылы оларәг онларын башлангыч вә стабил фәаллыглары газойл вә ағыр вакуум фраксиясы крекингиндә тәдгиг әдиләрәк көстәрилмишдир.

а) фәаллашманын шәраитиндән, юма дәрәжәсиндән вә юма сую-нун нөвүндән асылы олмаяраг ханларит катализаторунун стабил фәал-лығыны онларын тәркибинә 20—25% алүминий гидроксиди эләвә эт-мәклә артырмаг олар;

б) дестилә әдилмиш су илә ююлмуш ханларит катализаторларынын тәркибиндә магнизиум гидроксиди эләвә әтдикдә онларын стабил фәал-лығы артдығы һалда, шоллар сую илә ююлмуш ханларитин тәркибинә магнизиум гидроксиди эләвә әтдикдә онун стабил фәаллығы вә гидро-кен пайлашдырма габилийәти азалыр;

в) $Al_2(SO_4)_3$ -үн иштиракилә фәаллашдырылмыш ханларитдән һа-зырланан катализаторларын башлангыч вә йүксәк температурлу су бухарына тәсириндән сонра фәаллығы дузун мигдарындан асылы ола-раг башлангычда артыр вә сонра азалыр;

г) фәаллашма просесиндә алынған турш дуз мәһлулларынын иш-тиракилә фәаллашдырылмыш ханларитин башлангыч вә стабил фәал-лығы һәмчигини сәтһләринин үмуми туршулуғу эталон катализатор-ларынын фәаллығындан вә туршулуғундан чох аз олур;

д) йүксәк температурлу су бухарынын тәсирина мә'руз галмыш ханларит катализаторларынын сәтһләринин бүтүн туршулуғ нөвләри азалыр.

Мүәййән әдилмишдир ки, су бухары тәсири алтында катализато-рун ән чох мұбадилә вә гидrolитик туршулуғу, ән аз исә үмуми туршулу-ғу азалыр.

2. Айдын олмушдур ки, тәдгиг әтдийимиз бентонит килләриндән һазырланмыш катализаторлар газойл фраксиянын крекингиндә олдуғу кими ағыр вакуум фраксиясы крекингиндә дә эффектли нәтичәләр верир. Һәмин катализаторлар үзәриндә формалашмыш рәнксиз мәһсулларын чыхары ханларитин иштиракилә 66%, хылмаллитин иштиракилә 70%, һөкмәлитин иштиракилә 63%, йүксәк температурлу су бухарынын ката-лизаторларә тәсириндән сонра исә ханларитин үзәриндә 58,8%, хыл-мыллитин үзәриндә 53,6% вә һөкмәлитин үзәриндә 57% олур.

3. Мә'лум олмушдур ки, һөкмәлит катализаторунун йүксәк башлан-гыч фәаллығы 40 вә стабиллий 25,7-йә малик олуб, сәнаеин катализа-торлар үчүн тәләб әтдийи фәаллыг вә стабиллик нормаларыны өдәйир.

4. Бәлли олмушдур ки, ханларит вә алүминий оксидләриндән 80:20:75:25 нисбәтиндә гарышыглардан һазырланмыш крекинг катализа-торларынын башлангыч вә стабил фәаллыглары сәнаедә тәтбиг әдилән

синтетик алумосиликат катализаторларынын фээллыгы вэ стабиллийнэ барабардир.

5. Мүэллфларин мулаһизэсинэ керэ фээллыглары вэ стабиллийн сэтһлэринин мүбадилэ туршулуғу илэ йох, үмуми туршулуғ арасындакы элагэ илэ изаһ олунмалыдыр.

ЭДӘБИЙЯТ

1. Благодаров М. Л. Отбеливающие земли, их свойства и применение для очистки нефтепродуктов. ОНТИ—Азнефтеиздат, 1934.
2. Гутыря В. С. Крекинг и риформинг нефтепродуктов в присутствии алюмосиликатных катализаторов. Азнефтеиздат, 1944.
3. Гутыря В. С., Гончарова М. А., Кабанова М. Ф. Каталитическая очистка дистиллатов термического риформинга. Азнефтеиздат, 1946.
4. Гухман А. И., Благодаров М. Л. Сб. "Отбеливающие земли СССР" под ред. Н. А. Федоровского. Госиздат, 1933, стр. 168.
5. Зульфугаров З. Г. Труды Института химии АН Азерб. СССР, т. XV, 1955.
6. Зульфугаров З. Г. Исследование физико-химических свойств и отбеливающей способности глин месторождений Азербайджанской ССР и гумрина. Изд. АН Азерб. ССР, 1957.
7. Зульфугаров З. Г. [и др.]. ЖПХ, 1950, XXII, 7, 767; Изв. АН Азерб. ССР, 1951, 5; 1952, 11; Труды Института химии АН Груз. ССР, т. XII, 1956.
8. Исмаилов Р. Г. и Кардаш И. М. АНХ, 1948, № 2 и 3.
9. Лушкевич И. П. и Смирович Е. В. Практикум по технологии нефти. Гостоптехиздат, 1947.
10. Миессеров Г. К. "ДАН СССР", новая серия, 1952, XXXVII, 4, 627.
11. Nutting R. G. Oil a. Gas.—J., 1929, 6, 28; 1933, 1; Refiner, 1932, 6.
12. Петербургский А. В. Практикум по агрохимии. Сельхозгиз, 1954, стр. 190—199.
13. Thomas C. L. Chemistry of cracking catalysts. Ind. Eng. Chem 1949, 41, 2504; Томас Ч. Л. Химия катализаторов крекинга М., ИЛ, 1951.

С. М. Расулова, Н. Г. Халилова, Р. М. Джафарли,
С. А. Мурадова, З. Г. Зульфугаров

Исследование путей повышения стабильной активности катализатора крекинга—ханларита

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена результатам исследования повышения паростабильной активности крекингových катализаторов, приготовленных на базе активированных бентонитов Азербайджана. Были исследованы ханларский, хильмиллинский и геокмалинский бентониты в реакции крекинга газойля тяжелой балаханской нефти и вакуумный отгон карачухурской нефти. В работе показано, что участие в процессе активации солей активирующей кислоты (сернокислого алюминия) до определенного предела способствует повышению стабильной и первоначальной активности, дальнейшее же повышение количества солей отрицательно действует на активность и кислотность природного катализатора, в то время как участие рассола, полученного в процессе активации бентонита, снижает эффект активации и кислотность поверхности катализаторов.

Основные выводы

1. Независимо от условий активации и природы моющей воды катализаторы, приготовленные на базе ханларита и окиси алюминия в отношениях 80:20 и 75:25, имеют паростабильную активность по выходу бензина в реакции крекинга газойля 24—28%, в то время как крекиру-

ющий катализатор, приготовленный на базе ханларита и окиси магния, только в случае промывки активированного бентонита дистиллированной водой имеет паростабильную активность в размере 24%.

2. Природные катализаторы в реакции крекинга тяжелых вакуумных отгонов имеют значительную активность и могут служить эффективным катализатором для переработки тяжелого сырья. Выход светлых продуктов, формировавшихся над ханларитом, равен 66%, хильмиллитом — 70%, геокмалитом — 63%. После парообработки эти катализаторы имеют следующую активность: ханларит — 58,8%, хильмиллит — 53,6%, геокмалит — 57%.

3. Катализаторы, приготовленные из геокмалита без добавки окиси алюминия, имеют высокую термостабильную (40%) и паростабильную (27,7%) активность.

4. После парообработки поверхность катализатора теряет больше обменную и меньше общую кислотность, причем найдено, что имеется связь между активностью и общей, а не обменной кислотностью.

5. Общая и паростабильная активность катализаторов, приготовленных разработанной методикой на базе ханларита, имеет такую же термостабильную и паростабильную активность, что дает основание рекомендовать катализатор ханларит для переработки тяжелых и легких нефтепродуктов как в процессе кипящего слоя, так и в процессе термофор. Причем катализатор ханларит более чем в десять раз дешевле, чем синтетический алюмосиликат.

А. К. МИСКАРЛИ, В. Я. ЗЕМЛЯНСКАЯ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА
УТЯЖЕЛЕННЫХ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ГЛИНОПРЕПАРАТОВ
ДЛЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН
В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В связи с большими затруднениями в обеспечении нефтяной промышленности Азербайджанской ССР дальнепривозными железистыми утяжелителями большое значение для успеха буровых работ в осложненных геологических условиях имеет частичная замена таких утяжелителей местными, доступными материалами.

Утяжеленные препараты на основе известняка и комбинированного утяжелителя

Результаты работ лаборатории коллоидной химии Института химии АН Азербайджанской ССР [6] показали, что утяжеляющая способность дисперсных материалов зависит не только от их удельных весов, как считалось раньше, но и от их концентрационной способности, подразумеваемая под этим способность утяжелителя повышать концентрацию твердой фазы в растворе при условной стандартной вязкости. В дальнейшем, на основе сравнительных исследований структурно-механических свойств утяжеленных глинистых растворов, концентрационная способность дисперсных материалов была объяснена незначительной степенью гидрофильности и слабой структурообразующей способностью вследствие анизодиаметричной формы частиц. К таким дисперсным материалам, кроме обычных утяжелителей, можно отнести и естественные карбонатные породы (доломит, известняк, мергель, сферосидерит и др.), которые рекомендованы нами [3, 5, 10] в качестве доступного сырья для производства малоабразивных местных утяжелителей. Эти породы, несмотря на высокий уд. вес (около $2,7 \text{ г/см}^3$), благодаря высокой концентрационной способности дают стабильные утяжеленные глинистые растворы уд. веса $1,70\text{—}1,80 \text{ г/см}^3$ при вполне приемлемых вязкости и водоотдаче.

В данной работе представлена технология приготовления утяжеленных и стабилизированных глинопрепаратов на основе известняка и двухкомпонентного утяжелителя, состоящего из смеси железистых концентратов с известняком, предназначенных для получения глинистых растворов уд. веса порядка $1,85\text{—}2,25 \text{ г/см}^3$.

Исходными материалами служили пробы утяжелителя из концентрата колошниковой пыли, доставленные с Карадагского завода «Утяжелитель», и пробы известняка Алатавинского и Карадагского каменных карьеров (табл. 1).

А. Қ. МИСКАРЛИ, В. Я. ЗЕМЛЯНСКАЯ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА УТЯЖЕЛЕННЫХ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ГЛИНОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В связи с большими затруднениями в обеспечении нефтяной промышленности Азербайджанской ССР дальнепривозными железистыми утяжелителями большое значение для успеха буровых работ в осложненных геологических условиях имеет частичная замена таких утяжелителей местными, доступными материалами.

Утяжеленные препараты на основе известняка и комбинированного утяжелителя

Результаты работ лаборатории коллоидной химии Института химии АН Азербайджанской ССР [6] показали, что утяжеляющая способность дисперсных материалов зависит не только от их удельных весов, как считалось раньше, но и от их концентрационной способности, подразумевая под этим способность утяжелителя повышать концентрацию твердой фазы в растворе при условной стандартной вязкости. В дальнейшем, на основе сравнительных исследований структурно-механических свойств утяжеленных глинистых растворов, концентрационная способность дисперсных материалов была объяснена незначительной степенью гидрофильности и слабой структурообразующей способностью вследствие анизодиаметричной формы частиц. К таким дисперсным материалам, кроме обычных утяжелителей, можно отнести и естественные карбонатные породы (доломит, известняк, мергель, сферосидерит и др.), которые рекомендованы нами [3, 5, 10] в качестве доступного сырья для производства малоабразивных местных утяжелителей. Эти породы, несмотря на высокий уд. вес (около $2,7 \text{ г/см}^3$), благодаря высокой концентрационной способности дают стабильные утяжеленные глинистые растворы уд. веса $1,70\text{—}1,80 \text{ г/см}^3$ при вполне приемлемых вязкости и водоотдаче.

В данной работе представлена технология приготовления утяжеленных и стабилизированных глинопрепаратов на основе известняка и двухкомпонентного утяжелителя, состоящего из смеси железистых концентратов с известняком, предназначенных для получения глинистых растворов уд. веса порядка $1,85\text{—}2,25 \text{ г/см}^3$.

Исходными материалами служили пробы утяжелителя из концентрата колюшниковой пыли, доставленные с Карадагского завода «Утяжелитель», и пробы известняка Алатавинского и Карадагского каменных карьеров (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика утяжелителей

Утяжелитель	Естественная влажность, %	Уд. вес, г/см ³	Растворимые соли, %	Твердость по шкале Мооса
Известняк	1,5	2,70	0,16	3,5
Концентрат колошниковой пыли	8,0	4,43	0,30	5,5

Таблица 2

Учитывая различную степень твердости исходных утяжелителей, мы изучили время измельчения их. В табл. 2 даны результаты помола исследуемых утяжелителей.

Характеристика помола утяжелителя

Проба	Время измельчения, мин.	Штаровая загрузка, % к объему мельницы		Уд. поверхность, см ² /г	Остаток на ситах, %		
		размеры шаров, мм	колич. шаров, %		144 отв. см ²	900 отв. см ²	4900 отв. см ²
Известняк	50	30	39	4891	20	4,5	10,8
	40	40	61				
	60	30	39	4992	0	2,0	8,7
Концентрат колошниковой пыли		40	61				
	120	30	39	3579	0	0	8,7
		40	61				

Из данных табл. 2 видно, что при одинаковой загрузке мельницы и измельчении утяжелителей до остатка на сите 4900 отв/см² для известняка требуется вдвое меньшее время по сравнению с обычным утяжелителем из концентрата колошниковой пыли, что существенно увеличивает производительность помольной установки.

Для выяснения возможности приготовления утяжеленных препаратов на основе известняка в лабораторных условиях опыты проводились по следующей методике. Сначала готовились углещелочные реагенты при заданных соотношениях бурого угля и едкого натра размешиванием на электромешалке в течение 1 часа с подогревом до 60—70° С. Этот реагент добавлялся к смеси известняка с глиной, и полученная масса разминалась в лабораторном смесителе в виде густой пасты в течение 45 мин. Через сутки из этих препаратов готовились утяжеленные глинистые растворы.

В табл. 3 приведены состав утяжеленных известняков глинопрепаратов и показатели полученных из них растворов.

Данные табл. 3 показывают, что глинистые растворы, приготовленные из утяжеленных препаратов на основе известняка, имеют низкую водоотдачу и хорошие тиксотропные свойства. В зависимости от состава применяемого реагента и количества глины в препаратах удельные веса получаемых из них глинистых растворов изменяются в пределах от 1,72 до 1,85 г/см³.

Таблица 3

Состав и свойства утяжеленных растворов, приготовленных из препаратов на основе известняка

Состав препаратов, % к известняку			Показатели утяжеленных глинистых растворов							Статич. напряжение сдвига, мг/см ²	
Глина	Бурый уголь	Едкий натр	Вязкость по СПВ-5, сек.	Уд. вес, г/см ³	Водоотдача, см ³ /30 мин	Толщина корки, мм	Отстой, %	Стабильность, г/см ³		1'	10'
—	2	0,5	62	1,72	6,0	1,5	0,5	0,01		57	171
		0,7	62	1,75	6,5	1,0	0,5	0,01		15	66
		0,9	63	1,76	6,0	1,0	0,5	0,01		12	92
		1,0	62	1,76	6,0	1,0	0	0,01		12	60
		0,5	62	1,78	5,5	1,0	0	0,01		80	221
		0,7	58	1,80	5,5	1,0	0,5	0,00		6	26
		0,9	63	1,80	4,5	1,0	0,5	0,01		6	45
		0,7	62	1,84	5,0	1,5	1,0	0,03		8	35
		0,9	60	1,85	5,0	1,5	0,5	0,04		12	40

С целью частичной замены дорогостоящих привозных утяжелителей известняком разработан способ приготовления нового вида препаратов из двухкомпонентного утяжелителя.

В табл. 4 приведен состав новых препаратов на основе комбинированного утяжелителя, состоящего из концентрата колошниковой пыли и известняка, а также показатели утяжеленных глинистых растворов, полученных из этих препаратов. Как видно, изменение соотношения ком-

Таблица 4

Показатели утяжеленных глинистых растворов, полученных из препаратов на основе комбинированного утяжелителя

Состав утяжеленного препарата						Показатели глинистых растворов								
Соотноше- ние утяже- лителей, %		Компоненты жидкой фазы, % к утяжели- телю				Морская вода для пригото- вление глин. растворов, мл		Вязкость по СПВ-5, сек.	Уд. вес, г/см ³	Водоотдача, см ³ /30 мин.	Корка, мм	Статич. напряжение сдвига, мг/см ² , 1'/10	Отстой, %	Стабильность, г/см ³
Колошничко- вая пыль	Известняк	Бурый уголь	Едкий натр	ССБ	Морская вода, мл									
75	25	1,5	0,45	0,65	215	260	60	2,25	4,5	1,5	22/54	0	0,03	
60	40	1,5	0,45	0,65	230	280	60	2,18	5,0	2,0	25/53	0	0,01	
50	50	1,5	0,45	0,65	230	340	61	2,10	4,5	2,0	36/81	0	0,00	
40	60	1,5	0,44	0,65	230	345	61	2,02	4,0	2,0	25/87	0	0,00	
25	75	1,5	0,45	0,65	230	353	60	1,95	5,0	2,0	21/75	0	0,00	
—	100	1,5	0,45	0,65	265	350	60	1,85	4,0	1,5	13/40	0	0,00	

понентов утяжелителей в препарате позволяет получить утяжеленные глинистые растворы, уд. веса от 1,80 до 2,20—2,25 г/см³, при вполне приемлемых других показателях.

Для лучшей организации промышленного производства комбинированного утяжелителя, что связано с производительностью помольной установки и правильной дозировкой компонентов смеси утяжелителей, целесообразно производить помол последних совместно.

Известно, что при бурении нефтяных скважин промывочные растворы постоянно обогащаются глинистой фазой из выбуренной породы, что приводит к резкому увеличению вязкости растворов. Поэтому немаловажное значение имеет изучение влияния добавки глины на вязкостные свойства глинистых растворов, утяжеленных комбинированным утяжелителем. Для этого из утяжеленных препаратов, как на основе колошниковой пыли, так и смеси ее с известняком, готовились глинистые растворы. К равным порциям этих исходных растворов добавлялись раз-

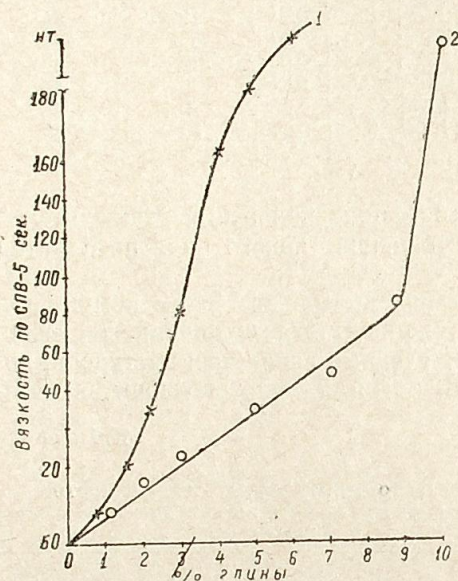


Рис. 1

Глиноёмкость утяжеленных растворов:
1—из препарата на концентрате колошниковой пыли, 2—из препарата на смеси концентрата колошниковой пыли с известняком в процентном соотношении 40/60

На основе приведенных выше лабораторных исследований и заводских испытаний нами, совместно с инженерами-производственниками, рекомендована следующая технология производства новых утяжеленных препаратов.

Смесь утяжелителей, состоящая из концентрата колошниковой пыли (или гематита) с известняком в заданных соотношениях, подвергается совместному измельчению по мокрому способу в шаровых мельницах до остатка на сите 4900 отв/см² равном 10% и удельной поверхности порядка 3500 см²/г. Полученный при этом двухкомпонентный утяжелитель замешивается с заданными количествами глины и комбинированного химического реагента и разминается в виде густого теста в смесителях до получения однородной массы.

Приготовленная таким образом масса представляет собой концентрат готового утяжеленного раствора практически в безводном состоянии. Из этих препаратов на буровых, размешиванием с морской водой в глиномешалках, получают высококачественный утяжеленный раствор.

На основе описанной технологии на Карадагском заводе «Утяжелитель» была изготовлена опытная партия утяжеленных препаратов на базе комбинированного утяжелителя и проведено промышленное испытание их.

Препараты для получения сверхтяжеленных глинистых растворов

При бурении в осложненных геологических условиях, отличающихся чрезвычайно высокими пластовыми давлениями и сильными тектоническими нарушениями разбуриваемых пород, необходимы маловязкие утяжеленные глинистые растворы с уд. весом порядка 2,4—2,5 г/см³.

Обычный способ приготовления утяжеленных глинистых растворов на буровых, а также применяемая технология производства [4, 7, 8] утяжеленных препаратов на основе железистых утяжелителей и комбинированного реагента позволяют получить глинистые растворы уд. веса не выше 2,20—2,25 г/см³.

В литературе вопрос приготовления сверхтяжелых промывочных растворов мало освещен.

В последнее время В. С. Баранов [1] для получения сверхтяжелых глинистых растворов применял в качестве утяжелителей феррофосфор, ферросилиций и зеркальный чугун. Однако ввиду высокой стоимости и дефицитности указанных материалов они не нашли широкого применения в практике бурения.

Таким образом, вопрос замены обычных железистых утяжелителей доступными материалами уд. веса выше 4,5—5,0 г/см³, позволяющими получать сверхтяжеленные растворы, до сих пор не разрешен, ибо такие утяжелители относятся в основном к редким металлам или их сплавам, которые являются ценным сырьем в химической и металлургической промышленности.

Для разрешения этого вопроса нами было обращено внимание на уменьшение вязкостных свойств химических реагентов, применяемых в производстве утяжеленных препаратов.

Углекислотный реагент (УЩР) представляет собой коллоидно-суспензионную систему, где при взаимодействии бурого угля с едким натром происходит пептизация и ионный обмен; в результате гуматы поливалентных катионов бурого угля переходят в гуматы натрия. Последние образуют коллоидный или молекулярный раствор и, адсорбируясь на поверхности частиц глины, гидрофилизуют их, повышая коллоидно-химические свойства глинистых суспензий. Увеличение содержания гуминовых веществ способствует уменьшению водоотдачи и значительно увеличивает вязкость глинистых растворов (рис. 2). Следовало ожидать, что с уменьшением содержания гуминовых веществ в углекислотном реагенте, при необходимом постоянном количестве свободной щелочи, можно улучшить вязкостные свойства глинистых растворов.

Результаты нашей [2] работы показали, что УЩР, содержащий оптимальные количества гуминовых веществ и свободной щелочи, дает маловязкие утяжеленные глинистые растворы высокого удельного веса с сохранением малой водоотдачи.

Выяснение действия гуминовых веществ и едкого натра на удельные веса растворов, получаемых из утяжеленных препаратов, проводилось следующим образом. Первоначально готовился УЩР при различных соотношениях

ношениях бурого угля и щелочи, размешиванием в электромешалке в течение одного часа при подогреве до 60—70°С. В реагенте определялось количество гуминовых веществ и едкого натра, после чего к нему добавлялась определенная порция ССБ. На этих реагентах по уже описанной выше методике готовились утяжеленные препараты из концентрата колошниковой пыли и затем промывочные растворы из них.

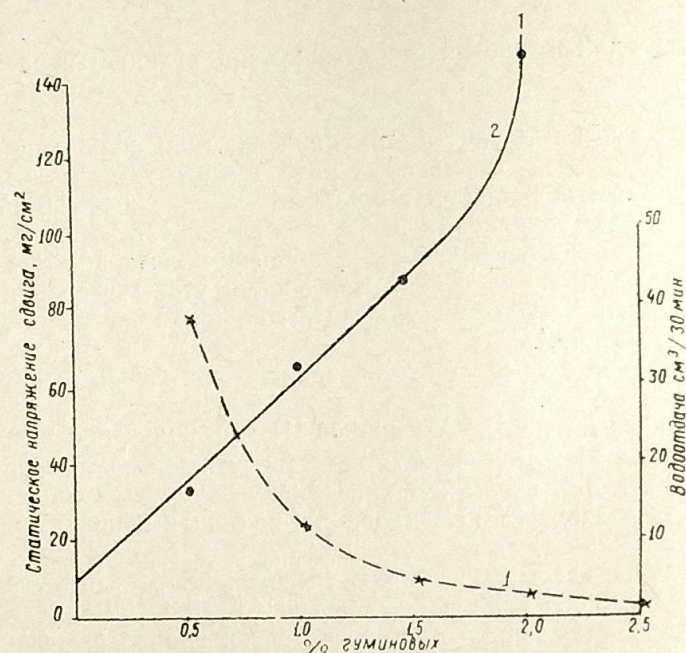


Рис. 2

Влияние гуминовых веществ на величину водоотдачи (1) и статического напряжения сдвига (2) глинистых суспензий

В табл. 5 и на рис. 3 показано влияние состава комбинированного химического реагента на показатели глинистых растворов, приготовленных из утяжеленных препаратов на пресной и морской воде.

Из этих данных видно, что изменение количества бурого угля в жидкой фазе утяжеленного глинопрепарата от 3,3 до 1% и соответственно уменьшение гуминовых веществ с 4,62 до 1,05% способствуют увеличению удельного веса глинистых растворов на морской воде с 2,02 до 2,45 г/см³ и на пресной воде — 2,56 г/см³ при приемлемой водоотдаче. Это объясняется тем, что при уменьшении количества гуминовых веществ понижается вязкость реагента, а следовательно, увеличивается разжижающее действие его, и для получения глинистого раствора одинаковой вязкости требуется меньшее количество жидкости (воды).

Оптимальным количеством гуминовых веществ в жидкой фазе препарата при постоянной концентрации щелочи 0,5—0,7 и ССБ—0,65%, обеспечивающим максимальный удельный вес, низкую водоотдачу и другие приемлемые показатели утяжеленных растворов, нужно считать 1%.

На основе приведенных выше лабораторных исследований и испытания опытной заводской партии препаратов, на Карадагском заводе «Утяжелитель» было организовано производство новых типов препаратов на базе гематита и колошниковой пыли, дающих стабильные сверх-

Таблица 5

Изменение показателей утяжеленных глинистых растворов, приготовленных из препаратов, в зависимости от состава жидкой фазы препаратов

Состав препарата, % к утяжелителю				Показатели глинистых растворов					Остой, %	Стабильность, г/см³			
Глина	Бурый уголь	Едкий натр	ССБ	Вода	Вода для приготовления глинистого раствора, мл	вязкость по СПВ-5 сек.	уд. вес, г/см³	водоотдача, мл/30 мин			корка, мм	Статич. напряжение сдвига, мг/см²	
												1'	10'
1	3,3	0,5	0,5	16,5	370	63	2,12	2,5	1,0	5	58	0	0
1	3,3	0,7	0,5	17,0	345	60	2,23	1,5	1,0	6	68	0	0,01
1	2,0	0,5	0,5	15,3	290	63	2,39	2,0	1,0	5	16	0	0
1	2,0	0,7	0,5	14,7	285	62	2,40	1,5	1,0	6	28	0	0
1	1,5	0,5	0,5	13,5	245	60	2,50	3,0	1,0	24	40	0	0
1	1,5	0,7	0,5	12,9	230	60	2,52	1,5	1,0	9	31	0	0
1	1,0	0,5	0,5	11,8	210	59	2,54	3,5	1,5	24	83	0	0
1	1,0	0,7	0,5	11,7	200	62	2,56	4,0	2,0	14	54	0	0
1	3,3	0,5	0,5	20,6	520	58	2,02	7,0	2,0	343	422	0	0
1	3,3	0,7	0,5	19,4	500	60	2,06	3,0	1,0	177	271	0	0
1	3,3	0,9	0,5	18,8	450	59	2,10	2,0	0,5	60	94	0	0
1	2,0	0,5	0,5	16,5	415	62	2,24	3,0	1,0	115	232	0	0
1	2,0	0,7	0,5	15,9	290	59	2,28	2,5	1,0	54	68	0	0
1	1,5	0,5	0,5	14,7	275	60	2,39	3,5	1,5	32	63	0	0
1	1,5	0,7	0,5	14,1	285	62	2,39	3,5	1,5	24	87	0	0
1	1,0	0,5	0,5	13,5	270	61	2,43	5,0	1,5	21	138	0	0
1	1,0	0,7	0,5	13,5	270	61	2,45	6,0	2,0	15	92	0	0

Примечание. Первые 8 опытов проводились с растворами на пресной воде, другие 9 опытов — на морской.

утяжеленные глинистые растворы с уд. весом $2,4-2,5 \text{ г/см}^3$ при вязкости 60 сек. по СПВ-5 и водоотдаче $4-6 \text{ см}^3$ за 30 мин. [9].

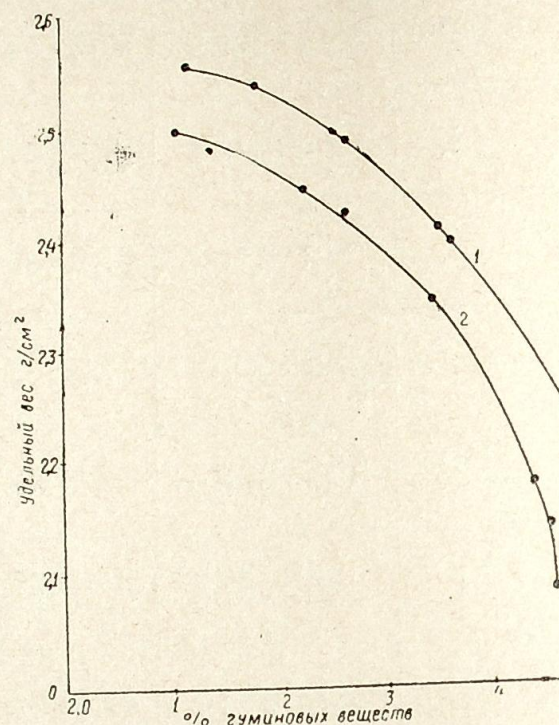


Рис. 3

Зависимость удельных весов глинистых растворов от количества гуминовых веществ в составе комбинированного реагента

1 — на пресной воде, 2 — на морской воде

Утяжеленные и стабилизированные препараты без глины

В большинстве нефтяных районов Азербайджана продуктивная толща сложена в основном из мощных и легко набухающих глинистых пластов, которые, диспергируясь в жидкой фазе промывочных глинистых растворов, способствуют постоянному повышению вязкости и прочности структуры буровых растворов. Это приводит к росту потерь гидравлического напора и резкому падению скорости бурения. По этой причине турбинное бурение не нашло достаточно широкого внедрения в нефтяных районах Азербайджана с осложненными геологическими условиями.

В связи с этим предложен способ приготовления утяжеленных препаратов без добавки глины, предназначенных для проводки скважин на площадях сложенных из глинистых пропластков.

Утяжеленные препараты без добавки глины готовят аналогично описанной выше методике.

В табл. 6 приводятся показатели утяжеленных глинистых растворов, приготовленных из стабилизированных препаратов без добавки глины.

Обычно утяжеленные растворы готовят на основе глинистых растворов, стабилизированных различными химическими реагентами, так как из растворов, не содержащих глину, утяжелители осаждаются.

Таблица 6

Качество утяжеленных растворов, приготовленных из препаратов, не содержащих глину

Состав утяжеленного препарата				количество воды для пригото- вления раствора, мл	Показатели глинистых растворов							
компоненты жидкой фазы препарата, % к утяжелителю					вязкость по СПВ-5, сек.	удельный вес, г/см³	Водоотдача, см³/30 мин.	Корка, мм	Статическое напряжение сдвига, мг/см²		Отстой	Стабильность, г/см³
бурый уголь	едкий натр	ССБ	вода, мл						1'	10'		
3,3	0,5	0,5	21,8	330	60	2,19	1,5	1	20	63	—	—
3,3	0,7	0,5	21,6	350	62	2,18	2,0	1	27	74	0	—
2,0	0,5	0,5	15,0	360	62	2,38	2,0	1	16	38	0	0,01
2,0	0,7	0,5	14,1	300	63	2,39	2,0	1	18,5	40	0	0
1,5	0,5	0,5	13,0	240	60	2,50	2,0	1	18	50	0	0
1,5	0,7	0,5	12,8	225	60	2,52	2,0	1	25	61	0	0,02
1,0	0,5	6,5	11,2	230	59	2,59	4,0	1	9	31	0	0,01
1,0	0,7	0,5	11,1	215	62	2,60	4,0	1	39	29	0	0

Между тем, как видно из табл. 6, утяжеленные растворы, полученные из препаратов, не содержащих глину, представляют устойчивую систему. Эту устойчивость можно объяснить следующим.

При помоле утяжелителей в шаровых мельницах, наряду с грубо дисперсными частицами, получается незначительное количество частиц коллоидного размера. Однако гидрофобные частицы утяжелителей легко агрегируются между собой, поэтому основная масса после помола состоит из частиц размером 60—70 м. При густом же разминании дисперсных утяжелителей во время приготовления препаратов в присутствии поверхностно-активных веществ в смесителе, благодаря пептизирующему и стабилизирующему действию щелочных реагентов, нарушается связь между существующими агрегированными коллоидными частицами, количество частиц коллоидной фракции утяжелителя увеличивается и это приводит к образованию стабильных утяжеленных суспензий даже без добавки глины.

Из данных табл. 6 следует, что из препаратов без добавки глины получают вполне стабильные высококачественные утяжеленные растворы с максимальным уд. весом $2,6 \text{ г/см}^3$.

Выводы.

В данной статье описан разработанный нами заводской способ приготовления следующих новых видов утяжеленных и химически обработанных препаратов для применения в осложненных геологических условиях бурения.

1. УСИ-4 и УСГИ-5 — утяжеленные и стабилизированные препараты на основе известняка и комбинированного утяжелителя, состоящего из гематита и известняка, для получения утяжеленных растворов уд. ве-

са от 1,90 до 2,25 г/см³, в зависимости от соотношения в двухкомпонентном утяжелителе гематита и известняка, обладающего высокой инертностью и невысокой структурообразующей способностью. Переход на комбинированный утяжелитель в производстве утяжеленных препаратов позволяет значительно облегчить напряженное положение, которое испытывает нефтяная промышленность из-за отсутствия привозных железистых утяжелителей в количестве, потребном для возрастающего объема бурения в осложненных условиях.

2. СУСГ-6 и СУСГ-7 — сверхутяжеленные и стабилизированные препараты на основе обычных утяжелителей предназначенные для получения высококачественных глинистых растворов уд. веса 2,4—2,5 г/см³. Получение сверхутяжеленных глинистых растворов из этих новых препаратов связано с весьма малой вязкостью и высоким стабилизирующим действием применяемого нами малоконцентрированного, термически обработанного углекислотного реагента, комбинированного с сульфитно-спиртовой бардой.

Такие сверхутяжеленные глинистые растворы имеют особо важное значение в борьбе с тяжелыми осложнениями при бурении в высоконапорных пластах и позволяют развивать бурение на перспективных площадях с осложненными геологическими условиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В. С. [и др.]. Сообщение в сб. «Аннотация исследовательских работ, выполненных в 1952—1953 гг. Серия бурения». БТЭИ ЦИМТНефти, 1954.
2. Мискарли А. К. АНХ, 1953, 5.
3. Мискарли А. К. АНХ, 1953, 6.
4. Мискарли А. К., Гурвич М. М. «ДАН Азерб. ССР», 1951, VII, 1.
5. Мискарли А. К., Гурвич М. М. Авт. свид. № 932 от 30/1 1951 г.
6. Мискарли А. К., Гурвич М. М. Труды Инст. химии АН Азерб. ССР, т. IX, 1953.
7. Мискарли А. К., Гурвич М. М., Рустамов Н. Р. АНХ, 1950, 3.
8. Мискарли А. К., Гурвич М. М., Рустамов Н. Р., Мамедов Г. М. и Денисов П. И. Авт. свид. № 11932 от 26/VI 1950 г.
9. Мискарли А. К., Землянская В. Я. АНХ, 1957, 9.
10. Мискарли А. К., Эфендиев Г. Х., Гурвич М. М., Денисов П. И. Авт. свид. № 13805 от 8/VI 1950 г.
11. Сеид-Рза М. К. Опыт применения турбобура в Азербайджане. Азнефтеиздат, 1956.

А. Г. Мискарли, В. Я. Землянская

Четин шәраитдә нефт гуюларынын газылмасы үчүн ағырлашдырылмыш кил препаратларынын истехсалы үсулунун тәкмилләшдирилмәси

ХҮЛАСӘ

1949-чу илдә Азәрбайжан ССР ЭА Кимия Институтунун коллоид кимия лабораториясында четин кеоложи шәраитдә гуюларынын газылмасы үчүн тәтбиг олунан ағырлашдырылмыш вә кимйәви ишләнмиш мүрәккәб тәркибли кил мәнһулунун һазырланмасынын ени завод үсулу тәклиф әдилмишдир. Бу үсулла һазырланмыш препаратларын газыма заманы тәтбиг әдилә билмәси мүвәффәгийәтләрини нәзәрә алараг, Азәрбайжан ССР Нефт Сәнаеи Назирлийи Бақы «Пролетари» заводунда 1950-чи илдән бу препаратларын кениш миғасда истехсалыны тәшкил әтмишдир.

1950—1960-чы илләрдә ағырлашдырылмыш препаратларын тәтбиги заманы әлдә әдилән мүвәффәгийәтләрлә бәрәбәр, тәчрүбә кәстәрир сыны даһа да тәкмилләшдирмәк вә мүхтәлиф шәраитләр үчүн ени типли кил препаратларынын алынмасыны тәдгиг әтмәк ләзымдыр.

Бу мөгсәдлә мүәллифләр ени нөвлү ағырлашдырылмыш кил препаратларынын һазырланмасы технолокиясыны тәклиф әдирләр.

Узаг ерләрдән республикамыза кәтирилән ағырлашдырычыларла тәһизат ишинин кәркинлийини нәзәрә алараг, мүәллифләр комбинә әдилмиш ағырлашдырычылардан истифадә әтмәклә ени типли материалларын ағырлашдырычы габилийәтинин онларын хусуси чәкиләриндән асылылыгы һаггындакы мөвчуд нәзәрийәнин дүзкүн олмамасыны тәдгиг әдирләр. Мүәллифләрдән биринин әввәлки мәғаләриндән бириндә кәстәрилмишдир ки, дисперс маддәларин ағырлашдырычылыг хассәси чәки илә бирликдә онларын концентрасиясындан, йә'ни мүәййән өзлүлүкдәки суспензиялардакы дисперс фазанын концентрасиясындан асылдыр ки, бу да онларын ән аз гидрофиллийи вә зәиф структура әмәлә кәтирилмәсилә изаһ әдилир. Буна кәрәдир ки, карбонат сүхурларынын (әһәнкдашы, доломит, меркел) хусуси чәкиләринин чох кичик олмасына (2,7—7,8) бахмаяраг, онларын әсасында хусуси чәкиси 1,6-дан 1,8 г/см³-ә кими олан килли мәнһуллар алмаг олар.

Бу мәғаләдә тәсвир олунан тәдгигат нәтичәсиндә мүәллифләр кәстәрилмишләр ки, ерли вә учуз әһәнкдашы илә һематити мүхтәлиф нисбәтләрдә гарышдырмагла алыннан комбинә әдилмиш ағырлашдырычылардан истифадә әдәрәк, ени типли препаратлар алмаг олар ки, бунлар йүксәк кейфийәтли, хусуси чәкиси 1,9-дан 2,25 г/см³-ә гәдәр олан килли мәнһуллар верир.

Белә ики компонентли ағырлашдырычылардан һазырланмыш мәнһулларын ишләдилмәси онларын абразивлийини азалдыр; аз өзлүлүкдә мәнһулун алынмасына имкан верир вә һәмчинин һематитин гисмән әһәнкдашы илә әвәз олунмасы газыманын мая дәйәрини хейли ашағы салыр.

Бундан башга, мүәллифләр ағыр кеоложи шәраитдә нефт гуюларынын газылмасында тәтбиг олунан хусуси чәкиси 2,4—2,5 г/см³ олан чох ағыр мәнһуллар һазырламаг үчүн ени типли ағырлашдырылмыш препаратлар тәклиф әтмишләр. Белә чох йүксәк хусуси чәкийә малик олан килли мәнһуллар верән ағырлашдырылмыш препаратларын алынмасы мүәллифләр тәрәфиндән ишләдилән реакентин чох аз өзлүлүйү, зәиф структурасы вә һәмчинин йүксәк сабитләшдиричи хассәсилә әлағәдардыр. Белә чох йүксәк 2,4—2,5 г/см³ хусуси чәкийә малик олан килли мәнһулларын тәтбиги бөйүк лай тәзийги олан республикамызын гурудакы вә дәниздәки нефт районларында гуюларынын газылмасы заманы бөйүк әһәмийәтә маликдир.

Я. Б. ГЭДИМОВ, Б. А. ЛИСТЕНГАРТЕН

ПАЙЛАНМЫШ ПАРАМЕТРЛИ АВТОМАТИК ТЭНЗИМ СИСТЕМЛЭРИНИН ТЭДГИГИНДЭ ДИСКРЕТ ЛАПЛАС ЧЕВИРМЭСИНИН ТЭДГИГИ

Габагкы ишлэрдэ [1, 2] көстэрилэн бир сыра тэдгигатларда, алэт верилишинин тэнзим системлэриндэ тэнзим об'ектинин—газыма боруларынын пайланмыш параметрли олдуғу көстэрилмишдир.

Пайланмыш параметрли мангасы олан электрик интигалы вэ автоматик тэнзим системлэринин бир сыра тэдгигат мәсэлэлэри үчүн оператор тэнликлэринэ чәмләнмэ вэ я гайтарма теоремини тэтбиг эвэзинэ, Лапласын дискрет чевирмэсини тэтбиг эдэндэ, интигалын бир сыра тэдгигат мәсэлэлэри садэлэшэ билэр.

Автоматик тэнзим системлэриндэ веричи эвэзинэ дэринлик параметрини (тэзйиги) өлчән чиһаздан истифадэ олунанда, об'ектин тэнлийи ашағыдакы кими ифадэ олунар:

$$\bar{P}_{\text{диб}} = \frac{\frac{V_{\text{вермэ}}}{p}}{\frac{1}{\rho} \operatorname{sh} \gamma l + a \operatorname{ch} \gamma l}, \quad (1)$$

бурада: ρ —борулары характеризэ эдэн коэффисентдир.
 a —сүхуру характеризэ эдэн коэффисентдир.

$$\gamma = \rho \sqrt{\frac{m}{EF}}$$

l —гуюнуу дэринлийи (буруг борусу сырасынын узунлуғу).

(1) тэнликлдэ гиперболик функциялары үстлү функцияларла эвэз этдикдэ:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\text{диб}} = \rho \frac{2 \frac{\bar{V}_n}{p}}{e^{\gamma c} (1+a\rho) - e^{-\gamma c} (1-a\rho)} = \frac{\bar{V}_n}{\rho a} \left\{ e^{-\rho \tau} - \frac{1-a\rho}{1+a\rho} e^{-\rho \tau} + \right. \\ \left. + \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right) e^{-3\rho \tau} - \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^2 e^{-5\rho \tau} + \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^3 e^{-7\rho \tau} - \right. \\ \left. - \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^4 e^{-9\rho \tau} + \dots \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

бурада: τ —далғанын яйылма вахтыдыр.

$$\tau = \frac{l}{c}$$

Я. Б. ГƏДИМОВ, Б. А. ЛИСТЕНГАРТЕН

ПАЙЛАНМЫШ ПАРАМЕТРЛИ АВТОМАТИК ТƏНЗИМ СИСТЕМЛƏРИНИН ТƏДГИГИНДƏ ДИСКРЕТ ЛАПЛАС ЧЕВИРМƏСИНИН ТƏДГИГИ

Ғабагкы ишлəрдə [1, 2] кəстəрилəн бир сыра тəдгигатларда, алəт верилишинин тəнзим системлəриндə тəнзим об'ектинин—газыма боруларынн пайланмыш параметрли олдуғу кəстəрилмишдир.

Пайланмыш параметрли мангасы олан электрик интигалы вə автоматик тəнзим системлəринин бир сыра тəдгигат мəсəлələри үчүн оператор тənликлəринə чəмлəнмə вə я гайтарма теоремини тəтбиг əвəзинə, Лапласын дискрет чевирмəсини тəтбиг əдəндə, интигалын бир сыра тəдгигат мəсəлələри сəдələшə билəр.

Автоматик тəнзим системлəриндə веричи əвəзинə дəринлик параметрини (тəзийги) өлчəн чиһаздан истифадə олуһанда, об'ектин тəнлийи ашағыдакы кими ифадə олунур:

$$\bar{P}_{\text{диб}} = \frac{\frac{V_{\text{верм}}}{p}}{\frac{1}{\rho} \operatorname{sh} \gamma l + a \operatorname{ch} \gamma l}, \quad (1)$$

бурада: ρ —борулары характеризə əдən кəэффисентдир.

a —сүхуру характеризə əдən кəэффисентдир.

$$\gamma = \rho \sqrt{\frac{m}{EF}}$$

l —гуюонун дəринлийи (буруг борусу сырасынн узунлуғу).

(1) тənликдə гиперболик функциялары үслү функцияларла əвəз этдикдə:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\text{диб}} = \rho \frac{2 \frac{\bar{V}_n}{p}}{e^{\gamma l} (1+a\rho) - e^{-\gamma l} (1-a\rho)} = \frac{\bar{V}_n}{\rho a} \left\{ e^{-p\tau} - \frac{1-a\rho}{1+a\rho} e^{-p\tau} + \right. \\ \left. + \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right) e^{-3p\tau} - \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^2 e^{-3p\tau} + \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^2 e^{-5p\tau} - \right. \\ \left. - \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^3 e^{-5p\tau} + \dots \right\} \quad (2) \end{aligned}$$

бурада: τ —далғанын яйылма вахтыдыр.

$$\tau = \frac{l}{c}$$

c — далғанын яйылма сүр'әтидир.
(2) тәнлийин айры-айры топлананларыны чәмләйәрәк, мұхтәлиф заман фасиләләриндәки $P_{\text{диб}}(t)$ гиймәтини алырыз:

$$P_{\text{диб}} = 0 \quad t < \tau$$

$$P_{\text{диб}} = \frac{V_{\text{вермә}}}{a} \left[1 - \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^2 \right] \quad 3\tau < t < 5\tau$$

$$P_{\text{диб}} = \frac{V_{\text{вермә}}}{a} \left[1 - \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^3 \right] \quad 5\tau < t < 7\tau.$$

Истәнилән заман фасиләси үчүн ашағыдакы ифадәни алырыз:

$$P_{\text{диб}} = \frac{V_{\text{вермә}}}{a} \left[1 - \left(\frac{1-a\rho}{1+a\rho} \right)^s \right] \quad \tau(2s-1) < t < \tau(2s+1) \quad (3)$$

(3) тәнлийә әсәсән $f[n]$ пилләли функцияны тә'йин эдәк: дәйишмәнин бир-биринә гоншу дискрет гиймәтләри арасындакы фасиләни $t = nT$, $T = 2\tau$ гәбул эдәк, n — мәнфи олмаян там эдәддир ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$).

$$f[n] = \frac{V_{\text{вермә}}}{a} [1 - e^{a(n-0,5)}], \quad (4)$$

бурада:

$$e^a = m = \frac{1-a\rho}{1+a\rho} < 1; \quad \varepsilon = 0,5 \text{ асылы олмаян дәйи-}$$

шәнин кечикмәсидир.

Дәйишмәнин дискрет гиймәтләри арасындакы мәсафә $T = 2\tau$ периоду илә тә'йин олундуғундан вә $t < \tau = \frac{T}{2}$ заманында функция сыфра бә-

рабәр олдуғу үчүн $f[n]$ функциясыны, ε — ярымперид фасиләсиндә ерини дәйишән, кечикән кими тәсәввүр эдирик.

Дәйишмәнин $\varepsilon < 1$ ер дәйишмәсинә n -дән асылы олмаян параметр кими бахмаг лазымдыр.

$f[n]$ функцияны Лаплас дискрет чеврилиши илә ифадә эдәк [3]:

$$F^*(q) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-qn} \cdot f[n] = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-qn} \frac{V_{\text{вермә}}}{a} (1 - e^{an}) =$$

$$= \frac{V_{\text{вермә}}}{a} \left[\frac{e^q}{e^q - 1} - \frac{e^q}{e^q - e^a} \right]. \quad (5)$$

Балта верилишинин автоматик тәнзим системиндә тәнзимләйичи бир сыра элементләрден ибарәтдир. Тәнзимләйичинин тәнлийи [1]:

$$(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1) \bar{V}_{\text{вермә}} = k_2 \bar{P}, \quad (6)$$

бурада T_1, T_2, T_3 айры-айры мангаларын заман сабитләридир.

(6) тәнликдә $p = \frac{q}{T}$ еринә гойсаг, тәнзимләйичинин кечирмә коэфиси-

ентини тә'йин этмиш оларыз (импульс дөврәсинин хәтти һиссәси):

$$k(q) = \frac{k_2 \beta_1 \beta_2 \beta_3}{(q + \beta_1)(q + \beta_2)(q + \beta_3)}, \quad (7)$$

бурада:

$$\beta_1 = \frac{T}{T_1}, \quad \beta_2 = \frac{T}{T_2}, \quad \beta_3 = \frac{T}{T_3}.$$

$k_1^*(q)$ гиймәтини дискрет формая кечирмәклә тә'йин эдирик:

$$k_1^*(q) = k_2 \left(c_0 + \sum_{v=1}^c c_v \frac{e^q - e^{qv(1-v)}}{e^q - e^{qv}} e^{qv} \right). \quad (8)$$

бурада: q_v — алынмыш тәнликдә кечирмә коэфисиентинин полюслары-
дыр.

v — долдурма (импульс мүддәтинин, там периода олан һисбәти) бизим һал үчүн c_0 вә c_v коэфисиентләри чәмләмә теореминдән тә'йин олунур.

c_0, c_1, c_2, c_3 коэфисиентләрини (8) тәнликдә еринә гойсаг, аларыз:

$$k_1^*(q) = k_2 \left[1 + \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{e^q - 1}{e^q - e^{-\beta_1}} + \frac{\beta_1 \beta_3}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)} \cdot \frac{e^q - 1}{e^q - e^{-\beta_2}} + \frac{\beta_1 \beta_2}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)} \frac{e^q - 1}{e^q - e^{-\beta_3}} \right]. \quad (9)$$

Беләликлә, тәнзимләйичинин тәнлийини ашағыдакы шәкилдә тәсәв-
вүр этмәк олар:

$$V_{\text{вермә}} = k_1^*(q) P.$$

Балта веричинин гапалы олмаян автоматик тәнзим системн объект вә тәнзимләйичинин дискрет формалары илә тә'йин олунур:

$$V_{\text{вермә}} = k_2 v \left[1 + \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{e^q - 1}{e^q - e^{-\beta_1}} + \frac{\beta_1 \beta_3}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)} \cdot \frac{e^q - 1}{e^q - e^{-\beta_2}} + \frac{\beta_1 \beta_2}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)} \frac{e^q - 1}{e^q - e^{-\beta_3}} \right] \left[\frac{e^q}{e^q - 1} - \frac{e^q}{e^q - e^a} \right] \quad (10)$$

бурада: $V_{\text{вермә}}$ — гапалы олмаян системн чыхышыдыр.

v — гапалы олмаян системн киришинә верилән импульс-
дур.

Гайтарма теореминдән истифада эдәрәк, орикиналы тә'йин эдәк. (10) тәнлийин айры-айры һәдләри үчүн орикиналын гиймәти ашағы-
дакы ифадәләрә бәрабәр олачагдыр:

$$\frac{e^q}{e^q - 1} \div 1[n]; \quad \frac{e^q}{e^q - e^a} \div e^{an};$$

$$\frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{e^q \cdot e^q}{(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - 1)} \div$$

$$\div \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{1}{1 - e^{-\beta_1}} [1 - e^{-\beta_1(n+1)}]$$

$$\frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{e^q}{(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - 1)} \div \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{1}{1 - e^{-\beta_1}} (1 - e^{-\beta_1 n})$$

$$\frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{e^q \cdot e^q}{(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - e^a)} \div$$

$$\div \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{1}{(e^{-\beta_1} - e^a)} [e^{-\beta_1(n+1)} - e^{a(n+1)}]$$

$$\frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{e^q}{(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - e^a)} \div$$

$$\frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{1}{(e^{-\beta_1} - e^{\alpha})} (e^{-\beta_1 n} - e^{\alpha n}),$$

үчүнчү, дөрдүнчү, бешинчи вэ алтынчы һэдлэри чэмлэдикдә ашағы-
дакыны алырыг:

$$\frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \left\{ \frac{e^{-\beta_1 n}}{1 - e^{-\beta_1}} (1 - e^{-\beta_1}) + \frac{1}{e^{-\beta_1} - e^{\alpha}} [e^{-\beta_1 n} (1 - e^{-\beta_1}) - e^{\alpha n} (1 - e^{\alpha})] \right\} = \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \frac{e^{-\beta_1 n} (1 - e^{\alpha}) - e^{\alpha n} (1 - e^{-\beta_1})}{e^{-\beta_1} - e^{\alpha}}.$$

Һәмнн гайда үзрә $\frac{\beta_1 \beta_3}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)}$ вә $\frac{\beta_1 \beta_2}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)}$ һэдлэрини чэм-

лэдикдә гапалы олмаян дөврә үчүн ашағыдакы ифадәни алырыг:

$$V_{\text{вермә}} = k_2 v \left[1 - e^{\alpha n} + \frac{\beta_2 \beta_3 (1 - e^{\alpha}) (e^{-\beta_1 n} - e^{\alpha n})}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)(e^{-\beta_1} - e^{\alpha})} + \frac{\beta_1 \beta_3 (1 - e^{\alpha}) (e^{-\beta_2 n} - e^{\alpha n})}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)(e^{-\beta_2} - e^{\alpha})} + \frac{\beta_1 \beta_2 (1 - e^{\alpha}) (e^{-\beta_3 n} - e^{\alpha n})}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)(e^{-\beta_3} - e^{\alpha})} \right]. \quad (11)$$

Гапалы олмаян систем үчүн (11) тәнликли об'ектдәки кечикмә нәзәрә алынмашы һал үчүн алынмышдыр. Һәгигәтлә исә об'ектин тәнлийиндә $\epsilon = 0,5$ кечикмә вар. Һәмнн кечикмәни асылы олмаян параметр кими нәзәрә алмаг лазымдыр. ϵ — нәзәрә алмагла, гапалы олмаян дөврә үчүн тәнлик ашағыдакы сон шәкли алыр:

$$V_{\text{вермә}} = k_2 v \left[1 - e^{\alpha n} + \frac{\beta_2 \beta_3 e^{-\beta_1/2} (1 - e^{\alpha}) (e^{-\beta_1 n} - e^{\alpha n})}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)(e^{-\beta_1} - e^{\alpha})} + \frac{\beta_1 \beta_3 e^{-\beta_2/2} (1 - e^{\alpha}) (e^{-\beta_2 n} - e^{\alpha n})}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)(e^{-\beta_2} - e^{\alpha})} + \frac{\beta_1 \beta_2 e^{-\beta_3/2} (1 - e^{\alpha}) (e^{-\beta_3 n} - e^{\alpha n})}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)(e^{-\beta_3} - e^{\alpha})} \right]. \quad (12)$$

Алыннан чеврилишлэрин дүзкүн олмасыны, дискрет формалы тәнлик-
ләрә ке чмәдән гайтарма теореминдән истифадә этмәклә исбат этмәк
олар. Инди исә гапалы олмаян систем үчүн һәмнн ифадәни об'ектин
вэ тәнзимлэйичинин оператор формасындан истифадә эдәрәк алаг.

Об'ектин тәнлийи (1) ифадәси тәнзимлэйичинин тәнлийи (6) ифадәси
илә көстәрилмишдыр. Гапалы олмаян системин тәнлийи:

$$V_{\text{вермә}} = \frac{k_2 v}{p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1) \left(\frac{1}{a\rho} \operatorname{sh} \gamma l + \operatorname{ch} \gamma l \right)}. \quad (13)$$

(13) тәнликдән:

$$\varphi_1(p) = \frac{k_2 v}{p \left(\frac{1}{a\rho} \operatorname{sh} \gamma l + \operatorname{ch} \gamma l \right)};$$

$$\varphi_2(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}. \quad (14)$$

$\varphi_1(p)$ — функциясынын орикиналы, гайтарма теоремасындан истифадә
эдәрәк, тәйин эдәк:

$$\varphi_1(p) = \frac{k_2 v}{p \left(\frac{1}{a\rho} \operatorname{sh} \gamma l + \operatorname{ch} \gamma l \right)} = \frac{U(p)}{p W(p)}, \quad (15)$$

бурада:

$$W(p) = \frac{1}{a\rho} \operatorname{sh} \gamma l + \operatorname{ch} \gamma l,$$

тәнлийиннн көкләри:

$$p_k = \frac{\sigma + jk\pi}{l \sqrt{\frac{m}{EF}}}.$$

$W(p)$ функциянын төрәмәси:

$$W'(p) = \sqrt{\frac{m}{EF}} l \left(\frac{1}{a\rho} \operatorname{ch} \gamma l + \operatorname{sh} \gamma l \right),$$

бурадан:

$$p_k W'(p_k) = -\frac{\gamma_k l}{\operatorname{sh} \gamma_k l}$$

вә

$$\varphi_1(t) = k_2 v \left[1 + \sum_{k=-\infty}^{\infty} -\frac{\operatorname{sh}(\sigma + jk\pi)}{\sigma + jk\pi} \right] e^{-\frac{\sigma + jk\pi}{l \sqrt{\frac{m}{EF}}} t} \quad (16)$$

$\varphi_2(p)$ функциясынын орикиналы ашағыдакындан ибарәт олачаг:

$$\varphi_2(t) = \frac{T_1}{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)} e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2}{(T_2 - T_1)(T_2 - T_3)} e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{T_3}{(T_3 - T_1)(T_3 - T_2)} e^{-\frac{t}{T_3}}. \quad (17)$$

Гайтарма теоремн эсасында

$$\varphi_1(p) \cdot \varphi_2(p) \div \int_0^t \varphi_2(x) \cdot \varphi_1(t-x) dx \quad (18)$$

(18) тәнликдә $\varphi_1(t)$ вә $\varphi_2(t)$ функцияларынын гиймәтлэрини еринә
гойдугда, ашағыдакыны аларыг:

$$\varphi(t) = \int_0^t \left(1 + \sum_{k=-\infty}^{\infty} A e^{p_k x} \right) B e^{-\frac{t-x}{T}} dx, \quad (19)$$

бурада:

$$A = -\frac{\operatorname{sh}(\sigma + jk\pi)}{\sigma + jk\pi}; \quad p = \frac{\sigma + jk\pi}{\tau}; \quad B = \frac{T_1}{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)},$$

вә я:

$$\varphi(t) = \int_0^t B e^{-\frac{t-x}{T}} dx + \int_0^t \sum_{k=-\infty}^{\infty} A e^{p_k x} B e^{-\frac{t-x}{T}} dx =$$

$$= BT \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \sum_{k=-\infty}^{\infty} A \cdot B \cdot \frac{T}{pT + 1} (e^{p_k t} - e^{-\frac{t}{T}}). \quad (20)$$

(20) тэнликдә A, B, p гиймәтләрини еринә гойсар, аларыг:

$$\begin{aligned} \varphi(t) = & \frac{T_1^2}{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)} (1 - e^{-\frac{t}{T_1}}) - \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{\text{sh}(\sigma + jk\pi)}{\sigma + jk\pi} \cdot \\ & \cdot \frac{T_1^2}{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)} \cdot \frac{e^{\frac{\sigma + jk\pi}{\tau} t} - e^{-\frac{t}{T_1}}}{\tau} + \\ & + \frac{T_2^2}{(T_2 - T_1)(T_2 - T_3)} (1 - e^{-\frac{t}{T_2}}) - \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{\text{sh}(\sigma + jk\pi)}{\sigma + jk\pi} \cdot \\ & \cdot \frac{T_2^2}{(T_2 - T_1)(T_2 - T_3)} \cdot \frac{e^{\frac{\sigma + jk\pi}{\tau} t} - e^{-\frac{t}{T_2}}}{\tau} + \\ & + \frac{T_3^2}{(T_3 - T_1)(T_3 - T_2)} (1 - e^{-\frac{t}{T_3}}) - \sum_{k=-\infty}^{\infty} \frac{\text{sh}(\sigma + jk\pi)}{\sigma + jk\pi} \cdot \\ & \cdot \frac{T_3^2}{(T_3 - T_1)(T_3 - T_2)} \cdot \frac{e^{\frac{\sigma + jk\pi}{\tau} t} - e^{-\frac{t}{T_3}}}{\tau}. \end{aligned} \quad (21)$$

(21) тэнликдә бир сыра әмәлийят апарырыг; вурғулар айырырыг, сонсуз чәми мұвафиг функция илә әвәз әдирик, охшар һәдләри бирләшдиририк. Бир сыра бу кими кифайәт гәдәр узун әмәлийятлардан сонра (21) тәнлик ашағыдакы шәкли алыр:

$$\begin{aligned} \varphi(t) = & 1 - e^{-\frac{\sigma}{\tau} t} + \frac{T_1^2}{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)} e^{-\frac{\sigma}{\tau} t} \cdot \frac{\text{sh} \sigma}{\text{sh}(\sigma + \frac{\tau}{T_1})} + \\ & + \frac{T_2^2 e^{-\frac{\sigma}{\tau} t}}{(T_2 - T_1)(T_2 - T_3)} \frac{\text{sh} \sigma}{\text{sh}(\sigma + \frac{\tau}{T_2})} + \\ & + \frac{T_3^2 e^{-\frac{\sigma}{\tau} t}}{(T_3 - T_1)(T_3 - T_2)} \frac{\text{sh} \sigma}{\text{sh}(\sigma + \frac{\tau}{T_3})} - \frac{T_1^2 e^{-\frac{t}{T_1}}}{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)} \cdot \\ & \cdot \frac{\text{sh} \sigma}{\text{sh}(\sigma + \frac{\tau}{T_1})} - \frac{T_2^2 e^{-\frac{t}{T_2}}}{(T_2 - T_1)(T_2 - T_3)} \frac{\text{sh} \sigma}{\text{sh}(\sigma + \frac{\tau}{T_2})} - \\ & - \frac{T_3^2 e^{-\frac{t}{T_3}}}{(T_3 - T_1)(T_3 - T_2)} \frac{\text{sh} \sigma}{\text{sh}(\sigma + \frac{\tau}{T_3})}. \end{aligned} \quad (22)$$

(22) тәнликдә T_1, T_2, T_3 коэффисентләрини $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ илә ифадә әдиб лийятлары апарырыг:

$$\frac{\text{sh} \sigma}{\text{sh}(\sigma + \frac{\beta_1}{2})} = \frac{e^{\sigma} (e^{2\sigma} - 1)}{e^{(-\sigma + \beta_1/2)} [e^{2(\sigma + \beta_1/2)} - 1]} = \frac{e^{-\beta_1/2} (1 - e^{\sigma})}{e^{-\beta_1} - e^{\sigma}}.$$

Бунлардан сонра гапалы олмаян дөврәнин тәнлийини алырыг:

$$\begin{aligned} \varphi(t) = & 1 - e^{zn} + \frac{\beta_2 \beta_3 \cdot e^{-\beta_1/2} (1 - e^{\sigma})}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_1 - \beta_3)(e^{-\beta_1} - e^{\sigma})} (e^{zn} - e^{-\beta_1 n}) + \\ & + \frac{\beta_1 \beta_3 (1 - e^{\sigma}) \cdot e^{-\beta_2/2}}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)(e^{-\beta_2} - e^{\sigma})} (e^{zn} - e^{-\beta_2 n}) + \\ & + \frac{\beta_1 \beta_2 \cdot e^{-\beta_3/2} (1 - e^{\sigma})}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)(e^{-\beta_3} - e^{\sigma})} (e^{zn} - e^{-\beta_3 n}). \end{aligned} \quad (23)$$

(23) тәнлийи, юхарыда алынмыш (12) ифадә илә уйғун кәлир.

Беләликлә, пайланмыш параметрли системләрин тәдигиндә дискрет Лаплас чеврилишиндән истифадә этмәк олар. Бу чеврилишин һесабламаны хейли азалдыр.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Кадымов Я. Б. Исследование скважины при турбинном способе бурения, как объекта автоматического регулирования. "Автоматика и телемеханика", 1956, 12.
2. Кадымов Я. Б. Листенгаартен Б. А. Сравнение автоматической системы регулирования подачи инструмента при поверхностных и глубинных датчиках. "Изв. АН Азерб. ССР", 1956, 8.
3. Цыпкин Я. З. Переходные и установившиеся процессы в импульсных цепях. Госэнергоиздат, М.—Л., 1951.
4. Рыжик И. М., Градштейн И. С. Таблицы интегралов сумм, рядов и произведений, Гостехтеориздат, М.—Л., 1951.

Я. Б. Кадымов, Б. А. Листенгаартен

Применение дискретного преобразования Лапласа для исследования систем автоматического регулирования с распределенными параметрами

РЕЗЮМЕ

Ряд вопросов исследования привода может быть упрощен, если для систем электропривода и автоматического регулирования, имеющих звенья с распределенными параметрами, применить дискретное преобразование Лапласа, вместо того, чтобы решать систему, применяя теорему разложения или свертки к операторным уравнениям.

В системе автоматического регулирования подачи инструмента уравнение объекта определяется следующим равенством:

$$\bar{P}_{заб} = \frac{\bar{V}_{под}}{p} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\rho} \text{sh} \gamma l + a \text{ch} \gamma l}. \quad (1)$$

Преобразовывая уравнение (1), переходя от гиперболических функций к показательным, получим

$$\bar{P}_{заб} = \frac{\bar{V}_{пол}}{pa} \left\{ e^{-p\tau} - \frac{1-arp}{1+ar} e^{-p\tau} + \frac{1-arp}{1+ar} e^{-3p\tau} - \left(\frac{1-arp}{1+ar} \right)^s e^{-3p\tau} + \left(\frac{1-arp}{1+ar} \right)^2 e^{-5p\tau} - \dots \right\}. \quad (2)$$

Общая формула для любого промежутка времени.

$$P_{заб} = \frac{V_{пол}}{a} \left[1 - \left(\frac{1-arp}{1+ar} \right)^3 \right] \text{ при } \tau(2s-1) < t < \tau(2s+1). \quad (3)$$

Определяем ступенчатую функцию $f[n]$, полагая в ней $t=nT$, где $T=2\tau$.

$$f[n] = \frac{V_{пол}}{a} [1 - e^{a(n-0.5)}], \quad e^a = m = \frac{1-arp}{1+ar} < 1. \quad (4)$$

Функцию $f[n]$ преобразовываем по дискретному преобразованию Лапласа

$$F^*(q) = \frac{V_{пол}}{a} \left[\frac{e^q}{e^q - 1} - \frac{e^q}{e^q - e^a} \right]. \quad (5)$$

Коэффициент передачи регулятора имеет следующий вид:

$$k(q) = \frac{k_2 \beta_1 \beta_2 \beta_3}{(q + \beta_1)(q + \beta_2)(q + \beta_3)}. \quad (6)$$

Переходя к дискретной форме, получим

$$k_1^*(q) = k_2 \left[1 + \frac{\beta_2 \beta_3 (e^q - 1)}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)(e^q - e^{-\beta_1})} + \frac{\beta_1 \beta_3}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)} \times \right. \\ \left. \times \frac{e^q - 1}{e^q - e^{-\beta_2}} + \frac{\beta_1 \beta_2 (e^q - 1)}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)(e^q - e^{-\beta_3})} \right]. \quad (7)$$

Уравнение разомкнутой системы автоматического регулирования подачи в дискретной форме определится уравнениями объекта и регулятора

$$V_{пол} = k_2 v \left[\frac{e^q}{e^q - 1} - \frac{e^q}{e^q - e^a} + \frac{\beta_2 \beta_3 \cdot e^q \cdot e^q}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - 1)} - \right. \\ \left. - \frac{\beta_2 \beta_3 \cdot e^q}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - 1)} - \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)} \times \right. \\ \left. \times \frac{e^q \cdot e^q}{(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - e^a)} - \frac{\beta_2 \beta_3 \cdot e^q}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)(e^q - e^{-\beta_1})(e^q - e^a)} \right]. \quad (8)$$

Переходя к оригиналам, с учетом запаздывания, уравнение разомкнутой цепи имеет следующий вид:

$$V_{пол} = kv \left[1 - e^{an} + \frac{\beta_2 \beta_3 e^{-\beta_1/2} (1 - e^a) (e^{-\beta_1 n} - e^{an})}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_3 - \beta_1)(e^{-\beta_1} - e^a)} + \right. \\ \left. + \frac{\beta_1 \beta_3 e^{-\beta_2/2} (1 - e^a) (e^{-\beta_2 n} - e^{an})}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)(e^{-\beta_2} - e^a)} + \frac{\beta_1 \beta_2 \cdot e^{-\beta_3/2}}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)} \times \right. \\ \left. \times \frac{(1 - e^a) (e^{-\beta_3 n} - e^{an})}{e^{-\beta_3} - e^a} \right]. \quad (9)$$

Справедливость полученного преобразования возможно доказать, пользуясь теоремой свертывания, не переходя к уравнениям в дискретной форме. Однако этот путь значительно сложнее. Уравнение разомкнутой системы имеет вид:

$$\bar{V}_{пол} = \varphi(p) = \varphi_1(p) \cdot \varphi_2(p). \quad (10)$$

Переходя от изображений к оригиналам, применяя теорему разложения бесконечных сумм соответствующими функциями и т. д., после всех достаточно длинных преобразований получим уравнение

$$\varphi(t) = 1 - e^{an} + \frac{\beta_2 \beta_3}{(\beta_1 - \beta_2)(\beta_1 - \beta_3)} \frac{e^{-\beta_1/2} (1 - e^a)}{(e^{-\beta_1} - e^a)} (e^{an} - e^{-\beta_1 n}) + \\ + \frac{\beta_1 \beta_3}{(\beta_2 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_3)} \frac{e^{-\beta_2/2} (1 - e^a)}{(e^{-\beta_2} - e^a)} (e^{an} - e^{-\beta_2 n}) + \\ + \frac{\beta_1 \beta_2}{(\beta_3 - \beta_1)(\beta_3 - \beta_2)} \frac{e^{-\beta_3/2} (1 - e^a)}{(e^{-\beta_3} - e^a)} (e^{an} - e^{-\beta_3 n}). \quad (11)$$

Уравнение (11) совпадает с вышеполученным выражением (9).

Таким образом, для исследования систем с распределенными параметрами возможно использовать дискретное преобразование Лапласа.

О. С. МƏММƏДЯРОВ

МҮХТƏЛИФ КƏРКИНЛИКЛИ ПАРАЛЕЛ ИШЛƏЙƏН ШƏБƏКƏЛƏРДƏ УЗУНУНА КОМПЕНСАЦИЯНЫН ТƏТБИГИ НАГГЫНДА

Энержи системлэринин кенишләнмəsi, бирлəшмэлэри вэ ССРИ-дэ бирлəшмиш энерги системинин ярадылмасы илэ əлагəдар олараг мұх-тəлиф кəркинликли шəбəкəлэрин паралел ишлэмəсинə əhtiяч артыр.

Азəрбайжанда шəбəкəлэрин инкишафы нəтичəсиндэ кəлəчəкдэ белə шəбəкəлэрин "Азэнержи" системиндэ дэ яранмасы мұмкүндүр.

Мұхтəлиф кəркинликли паралел ишлəйən шəбəкəлəрдэ күчлэрин пайланмасы бəйүк күч иткилэри ярадыр. Шəбəкəдэ күчлэри минимал итки илэ пайламаға чалышырлар, бу мəгсəдлэ кəркинлийин əнинə вэ узунуна тəнзим əдилən трансформаторлардан истифадэ əдилир [1—5].

Хəтлэрин реактив мұгавимəтинин узунуна компенсаиясы шəбəкəдэ кəркинликлэри яхшылашдырмагла бəрəбэр күчлэрин пайланмасыны яхшылашдырыб, иткилэрин тəнзим əдилən трансформаторлара нисбə-тən даға да азалмасына сəбəб олур [3]. Анчаг бу мəсəлэ индийə гəдэр лазымынча тəдгиг əдилмəмишдир.

М. Д. Каменски вэ Б. И. Розенбергин ишлэриндэ [2, 3] исə ики ниссəдən ибарət олан гeyри-чинсли гапалы шəбəкəдэ узунуна компен-сация васитəсилə йүклэрин итгисади пайланылмасына бахылыр.

Анчаг онлар узунуна компенсаия кəркинлийи əнинə тəнзим əди-лən трансформаторларын мұгайнəсəсилə кифайəтлənмишлэр. Бир нечə гeyри-чинсли ниссəдən ибарət гапалы дəврəдэ узунуна компенсаия тамамилə тəдгиг əдилмəмишдир.

Мəгалəдэ, шəбəкəнин бир ниссəсинə гошулмуш узунуна компен-сация васитəсилə гапалы шəбəкəлəрдэ күчлэрин мəчбури итгисади пайланмасына бахылыр.

Мұхтəлиф кəркинликли паралел ишлəйən шəбəкəлəрдэ күчлэрин пайланылмасы

Трансформаторларла əлагəлənмиш гапалы шəбəкəлэр хейли гeyри-чинсли олмалары илэ характеризə əдилирлэр.

Бу чүр шəбəкəлəрдэ күчлэрин сəрбəст пайланылмасындаки итки-лэр минимум иткилэрə малик олан итгисади пайланылмадан хейли фəрглənə билэр.

Бир нөгтəдən дойдурулан гапалы шəбəкəдэ (1-чи шəкил О нөгтəси) иткилэри нэзэрə алмаяраг, күчлэрин сəрбəст вэ итгисади пайланыл-масы ашағыдакы ифадэлэрлэ тə'йин олунур:

$$P_c = G_0 \sum (pR + qX) + B_0 \sum (pX - qR)$$

О. С. МЭММЭДЯРОВ

МҮХТЭЛИФ КЭРКИНЛИКЛИ ПАРАЛЕЛ ИШЛЭЙЭН ШӘБӘКЭЛӘРДӘ УЗУНУНА КОМПЕНСАЦИЯНЫН ТӘТБИГИ НАГГЫНДА

Энержи системләринин кенишләнмәси, бирләшмәләри вә ССРИ-дә бирләшмиш энерги системинин ярадылмасы илә әләгәдар олараг мұх-тәлиф кәркинликли шәбәкәләрин паралел ишләмәсинә әһтияч артыр.

Азәрбайчанда шәбәкәләрин инкишафы нәтичәсиндә кәләчәкдә белә шәбәкәләрин „Азәнержи“ системиндә дә яранмасы мүмкүндүр.

Мүхтәлиф кәркинликли паралел ишләйән шәбәкәләрдә күчләрин пайланмасы бөйүк күч иткиләри ярадыр. Шәбәкәдә күчләри минимал итки илә пайламага чалышырлар, бу мәгсәдлә кәркинлийин әһинә вә узунуна тәнзим әдилән трансформаторлардан истифадә әдилир [1—5].

Хәтләрин реактив мүгавимәтинин узунуна компенсациясы шәбәкәдә кәркинликләри яхшылашдырмагла бәрәбәр күчләрин пайланмасыны яхшылашдырыб, иткиләрин тәнзим әдилән трансформаторлара нисбә-тән даһа да азалмасына сәбәб олур [3]. Анчаг бу мәсәлә индийә гәдәр лазымынча тәдгиг әдилмәмишдир.

М. Д. Каменски вә Б. И. Розенбергин ишләриндә [2, 3] исә ики һиссәдән ибарәт олан гейри-чинсли гапалы шәбәкәдә узунуна компен-сация васитәсилә йүкләрин иғтисади пайланылмасына бахылыр.

Анчаг онлар узунуна компенсация кәркинлийин әһинә тәнзим әди-лән трансформаторларын мүгайисәсилә кифайәтләнмишләр. Бир нечә гейри-чинсли һиссәдән ибарәт гапалы дөврәдә узунуна компенсация тамамилә тәдгиг әдилмәмишдир.

Мәгаләдә, шәбәкәнин бир һиссәсинә гошулмуш узунуна компен-сация васитәсилә гапалы шәбәкәләрдә күчләрин мәчбури иғтисади пайланмасына бахылыр.

Мүхтәлиф кәркинликли паралел ишләйән шәбәкәләрдә күчләрин пайланылмасы

Трансформаторларла әләгәләнмиш гапалы шәбәкәләр хейли гейри-чинсли олмалары илә характеризә әдилирләр.

Бу чүр шәбәкәләрдә күчләрин сәрбәст пайланылмасындаки итки-ләр минимум иткиләрә малик олан иғтисади пайланылмадан хейли фәргләнә биләр.

Бир нөггәдән дойдурулан гапалы шәбәкәдә (1-чи шәкил О нөггәси) иткиләри нәзәрә алмаяраг, күчләрин сәрбәст вә иғтисади пайланыл-масы ашағыдаки ифадәләрлә тә'йин олунур:

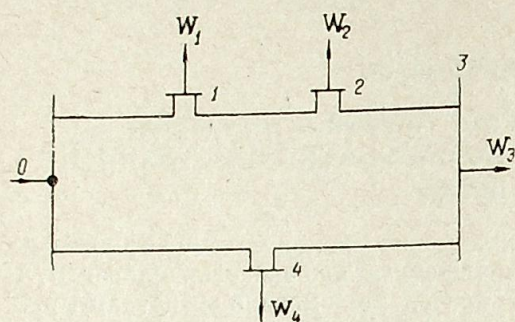
$$p_c = G_0 \sum (pR + qX) + B_0 \sum (pX - qR)$$

$$Q_c = -G_0 \Sigma (pX - qR) + B_0 \Sigma (pR + qX)$$

$$P_n = \frac{1}{R_0} \Sigma pR \quad Q_n = \frac{1}{R_0} \Sigma qR,$$

бурада $G_0 = \frac{R_0}{R_0^2 + X_0^2}$ вэ $B_0 = \frac{X_0}{R_0^2 + X_0^2}$.

R_0 вэ X_0 гапалы дөврөний актив вэ реактив мугавиметлериدير.



1-чи шәкил

Бурада κ_1 вэ κ_2 дөврөни бир истигамәтдә дөвр этдикдә тә'йин әдилән 1 вэ 2-чи трансформаторларын трансформасия әмсалларыдыр:

$$\text{Әкәр: } \kappa_1 \cdot \kappa_2 = 1$$

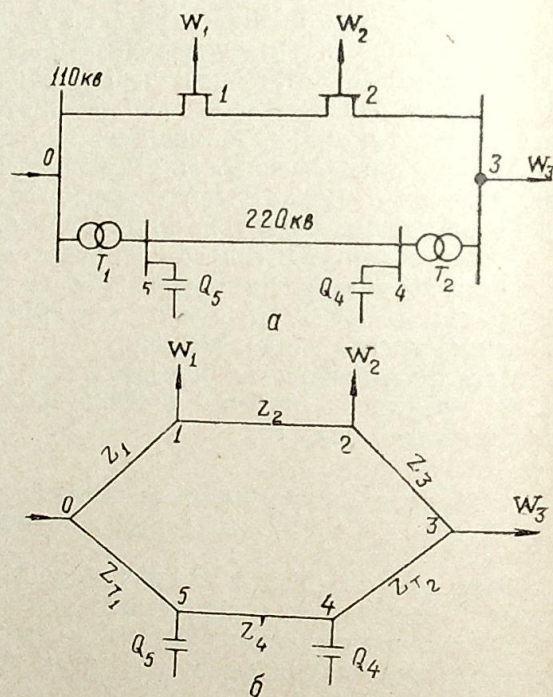
$$z_4^1 = \kappa_1^2 \cdot z_1.$$

Беләликлә, күчләрин пайланмасы һәм айры-айры йүкләрин гиймәтләриндән, һәм дә шәбәкәний параметрлариндән асылыдыр.

Күчләрин пайланмасынын игтисадилиийини өйрәнмәк үчүн анчаг бир йүкү олан гапалы дөврә тәдгиг әдилмишдир (3-чү шәкил). Бир нечә йүкүн тә'сирини суперпозиция үсулундан истифадә әдәрәк тә'йин әтмәк олар.

3-чү шәкилдә көстәрилән гапалы дөврөний икинчи һиссәи үчүн күчләрин сәрбәст вэ игтисади пайланымасы белә тапылачаг:

$$P_{2c} = \frac{R_0}{R_0^2 + X_0^2} (pR_1 + qX_1) + \frac{X_0}{R_0^2 + X_0^2} (pX_1 - qR_1)$$



2-чи шәкил

$$z_4^1 = \frac{\kappa_1^2}{\kappa_1 \cdot \kappa_2} \cdot z_1.$$

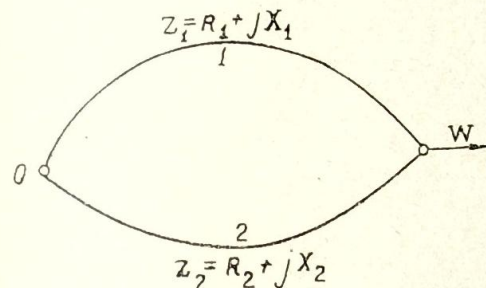
$$Q_{2c} = -\frac{R_0}{R_0^2 + X_0^2} (pX_1 - qR_1) + \frac{X_0}{R_0^2 + X_0^2} (pR_1 + qX_1)$$

$$P_{2n} = \frac{1}{R_0} pR_1 \quad Q_{2n} = \frac{1}{R_0} qR_1.$$

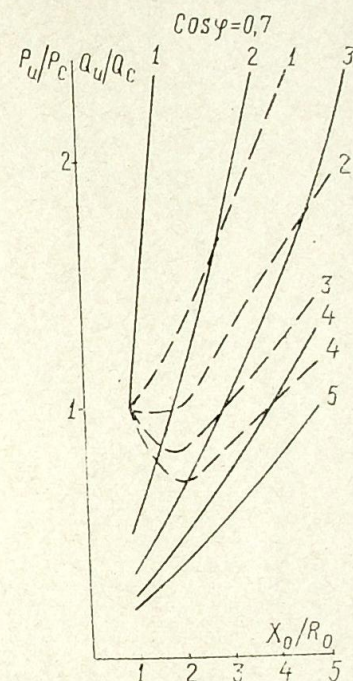
Юхаридакыларә көрә, күчләрин игтисади вэ сәрбәст пайланмасынын һисбәти:

$$\frac{P_{2n}}{P_{2c}} = \frac{1 + \left(\frac{X_0}{R_0}\right)^2}{1 + \frac{X_1}{R_1} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{X_0}{R_0} \left(\frac{X_1}{R_1} - \operatorname{tg} \varphi\right)} \quad (1)$$

$$\frac{Q_{2n}}{Q_{2c}} = \frac{1 + \left(\frac{X_0}{R_0}\right)^2}{1 - \frac{X_1}{R_1} \cdot \operatorname{ctg} \varphi + \frac{X_0}{R_0} \left(\operatorname{ctg} \varphi + \frac{X_1}{R_1}\right)} \quad (2)$$



3-чү шәкил



4-чү шәкил

һәр һиссәний $\frac{X}{R}$ олан һисбәтиндән вэ йүкүн $\cos \varphi$ асылыдыр. Гапалы шәбәкә бирчинсли оларса, йә'ни шәбәкәний бүтүн һиссәләри үчүн

$$\frac{X}{R} = \text{const}, \quad \frac{P_{2n}}{P_{2c}} = 1 \quad \text{вэ} \quad \frac{Q_{2n}}{Q_{2c}} = 1, \quad \text{актив вэ реактив күчләр өз-өзлүйүндә}$$

сәрбәст оларәг игтисади пайланьр. 4—6-чы шәкилләрдә $\cos \varphi = 0,7 \div 0,9$

$$\text{вэ } \frac{X_1}{R_1} = 1 \div 5 \quad \text{һаллары } \text{үчүн } \frac{P_n}{P_c} = f_1\left(\frac{X_0}{R_0}\right) \quad \text{вэ} \quad \frac{Q_n}{Q_c} = f_2\left(\frac{X_0}{R_0}\right) \quad \text{әйриләри}$$

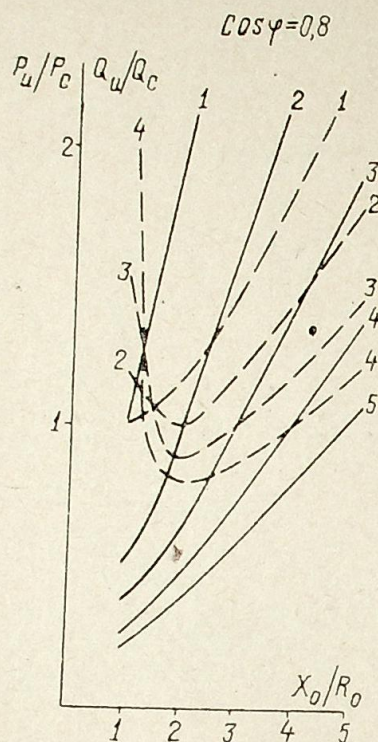
көстәрилибдир.

Бүтөв хәтләр актив, ғырыг хәтләр исә реактив күчләрә аиддир. Бу әйриләрдән көрүнүр ки, чох һалларда актив күчләр реактив күчләрә һисбәтән даһа чох ғейри-игтисади пайланьр. Реактив күчләрин

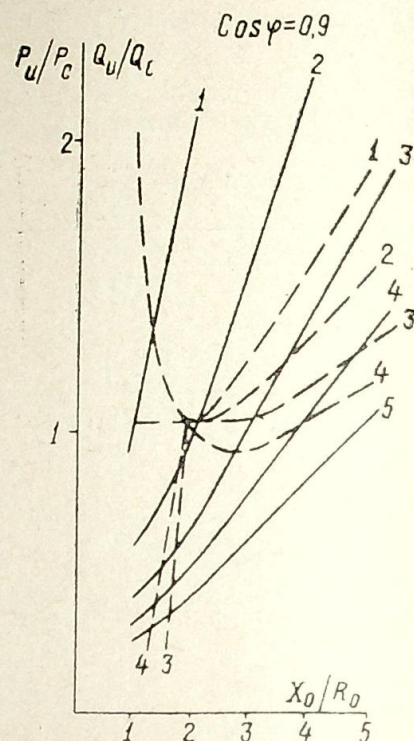
исә ғейри-игтисади пайланмасы анчаг $\frac{X_0}{R_0} = 1,5 - 2$ -дә һиссә олу-

нур. Трансформаторлар илә әләгәләниш шәбәкәләрдә $\frac{X_0}{R_0}$ һәмишә

1,5—2 чох олдуғуна көрө, актив күчләр интисади пайланмасына даһа чох фикир верилмәлидир.



5-чи шәкил



6-чы шәкил

Узунуна компенсация илә гапалы шәбәкәләрдә күчләр интисади пайланмасы

Бир йүкү олан гапалы шәбәкәдә күчләр интисади пайланмасы үчүн шәбәкәнин $\frac{X}{R}$ чох олан һиссәсинә ардычыл конденсаторлар

гошмагла, шәбәкәнин һәр ики һиссәси үчүн $\frac{X}{R}$ нисбәтини бәрабәр-

ләшдирмәк лазымдыр. Бу, шәбәкәни бирчинсли эдиб, бүтүн режимләрдә актив вә реактив күчләр интисади пайланмасыны тәмин эдир.

Бир нечә йүкү олан гапалы шәбәкәнин айры-айры һиссәләринә конденсаторлар гошмагла, шәбәкәни бирчинсли этмәк олар. Анчаг бу чох баһа баша кәлдийинә көрә, әлверишсиздир. Белә шәбәкәдә интисади күчдән аз йүкләнмиш һиссәйә конденсатор гошараг бу һиссәнин күчүнү интисади күчә гәдәр галдырыб, иткиләри даһа аз хәрчлә азалтмаг мүмкүндүр.

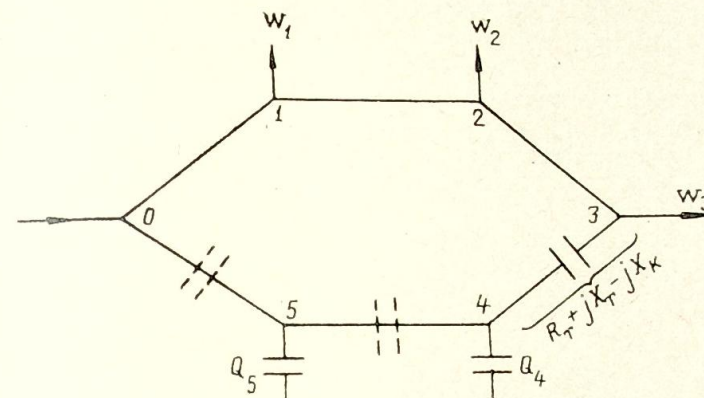
Бу һалда узунуна компенсация конденсаторларынын мүгавимәти X_k йүкләр ин максимал режимләри үчүн һесапланмалыдыр.

Күчләр интисади пайланмасы үчүн узунуна компенсация параметрләринин тәйин олунмасы

Бир йүкү олан гапалы шәбәкәдә (3-чү шәкил) узунуна компенсация гурғусуну гошараг шәбәкәни бирчинсли эдирик. Бу һалда узунуна компенсация конденсаторларынын мүгавимәти:

$$X_k = X_0 - R_0 \frac{X_1}{R_1} \quad (3)$$

Тутаг ки, бир нечә йүкү олан гапалы шәбәкә үчүн (2-чи шәкил) интисади күчдән аз йүкләнмиш һиссә 0—5—4—3-дүр вә актив күчүн интисади пайланмасы үчүн узунуна компенсация гурғусуну 7-чи шәкилдә көстәрилән кими 3—4 һиссәдә ерләшдирмишик. Бу шәкилдә $Q_4 = Q_5$ 5—4 хәттинин II шәкилли әвәзләйичи схеминдә реактив тутум күчүдүр.



7-чи шәкил

Әкәр X_k мүгавимәтли узунуна компенсациянын гошулмасы нәтижәсиндә актив күчләр интисади пайланмасы әлдә эдиләрсә,

$$G_0^1 \left(\sum_{i=1}^3 p R + \sum_{i=1}^5 q X + Q_4 \cdot X_k + Q_5 \cdot X_k \right) + B_0^1 \left(\sum_{i=1}^3 p X - \sum_{i=1}^5 q R \right) = P_n$$

бурада $G_0^1 = \frac{R_0}{R_0^2 + (X_0 - X_k)^2}$ вә $B_0^1 = \frac{X_0 - X_k}{R_0^2 + (X_0 - X_k)^2}$.

Тәдгиг эдилән шәбәкә үчүн $\sum p R + \sum q X$ S_1 , $\sum p X - \sum q R$ S_{II} илә ишарә эдиб, G_0^1 вә B_0^1 гиймәтләрини нәзәрә алараг ашағыдакы X_k тәйин эдән квадрат тәнлик алыныр:

$$P_n \cdot X_k^2 - (2P_n \cdot X_0 - S_{II} + 2R_0 \cdot Q_4) X_k - R_0 \cdot S_1 - X_0 \cdot S_{II} + P_n (R_0^2 + X_0^2) = 0 \quad (4)$$

Узунуна компенсациянын 4—5 вә 5—0 һиссәләрдә ерләшдирилмәси үчүн аналожи олараг, тапырыг:

$$P_n \cdot X_k^2 - (2P_n \cdot X_0 - S_{II} + R_0 \cdot Q_4) X_k - R_0 \cdot S_1 - X_0 \cdot S_{II} + P_n (R_0^2 + X_0^2) = 0 \quad (5)$$

$$P_n \cdot X_k^2 - (2P_n \cdot X_0 - S_{II}) X_k - R_0 \cdot S_1 - X_0 \cdot S_{II} + P_n (R_0^2 + X_0^2) = 0 \quad (6)$$

Бу тәнликләрин ики көкүндән дөврәнин индуктив мүгавимәтини тамамлә компенсация этмәйән көк гәбул эдилмәлидир.

Узунуна компенсация үчүн КПМ—0,6-50-1 типли конденсаторлар бурахылыр. Йүксэлдичи вэ алчалдычы трансформаторларын трансформация эмсаллары эйни олмадыгда, дөврөдө күчлэрин игтисади пайланылмасына тәсир эдән бәрабәрләшдиричи күч әмәлә кәлир:

$$W_0 = \frac{(1 - \kappa_1 \cdot \kappa_2) U_2}{z_0}$$

Бурада z_0 бир кәркинлийә кәтирилмиш гапалы дөврәнин там мугавимәти;

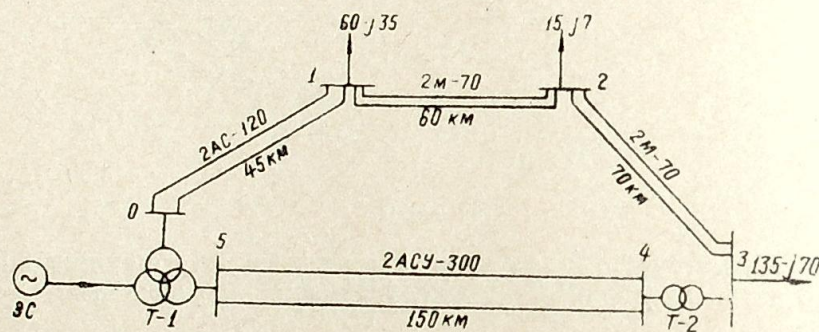
U_2 —трансформаторун алчаг тәрәф кәркинлийидир. Бу бәрабәрләшдиричи күчүн актив хиссәси:

$$P_6 = (1 - \kappa_1 \cdot \kappa_2) \cdot U_2 \frac{R_0}{z_0^2}$$

конденсаторларын мугавимәтини тәйин эдән (4—6) тәнликләрдәки игтисади актив күчүн гиймәтиндә нәзәрә алынмалыдыр.

(4—6) тәнликләри илә тәйин олунмуш X_k мугавимәти йүкләрин максимал режимләри үчүн күчлэрин игтисади пайланмасын тәмин эдир.

Һесабламалар көстәрир ки, узунуна компенсациялы гапалы шәбәкәләрдә йүкләр дәйишдикдә күчлэрин пайланмасы чох аз дәйишилиб, игтисади пайланмая яхын галыр.



8-чү шәкил

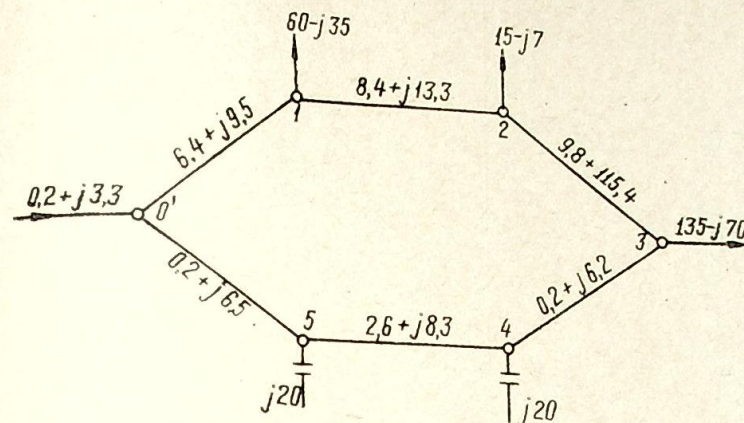
Мисал. 8-чү шәкилдә көстәрилән шәбәкә үчүн узунуна компенсация васитәсилә йүкләрин максимал, минимал вэ аралыг режимләриндә күчлэрин игтисади пайланмасынә һесаблаяг. Схемдә 1-чи трансформатор үчдолаглы, үмуми күчү 360000 ква, кәркинлийи $15,75/121 \pm 5\%$ / $242 \pm 5\%$ кв, реактив мугавимәти 16—8—0%, долагларын күчү 100—67,5—100%; 2-чи трансформатор икидолаглы, үмуми күчү 300.000 ква, кәркинлийи $220/121 \pm 5\%$, реактив мугавимәти 14%-дир. Трансформаторларын актив мугавимәти кәркинлийин һәр пилләсиндә 0,5% тәшкил эдир. Биринчи трансформаторда $15,75/121 \pm 5\%$ / 242 кв, икинчи трансформаторда $220/221$ кв учлары гәбул эдилиб.

Хәтләрин вэ йүкләрин параметрләри 8-чү шәкилдә, 110 кв кәркинлийә кәтирилмиш һесаблама схеми исә 9-чү шәкилдә верилмишдир.

9-чү шәклин 0—5 хиссәси үчүн актив вэ реактив күчлэрин сәрбәст пайланмасы:

$P_{05c} = 104,2$ мин квт вэ $Q_{05c} = 39,5$ мин квар, игтисади пайланмасы исә:

$P_{05n} = 142$ мин квт вэ $Q_{05n} = 36,8$ мин квар тәшкил эдир. Трансформаторда гәбул эдилән учлара кәрә дөврәдә $P_6 = 3$ мин квт бәрабәрләшдиричи актив күч әмәлә кәлир.

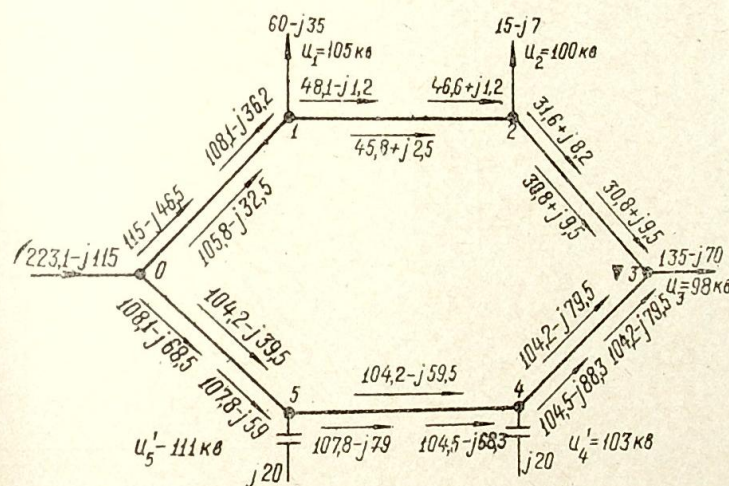


9-чү шәкил

P_6 -ни нәзәрә алараг X_k -ны тәйин әтмәк үчүн игтисади актив күч $P_n = 142 - 3 = 139$ мин квт.

Верилән гиймәтләре кәрә (4) тәнлийи һәлл эдилиб $X_k = 15,25$ ом тапылыр.

Күчлэрин сәрбәст вэ узунуна компенсация илә күчлэрин мәчбури пайланмалары, һабелә шәбәкәнин айры-айры нөгтәләрин кәркинликләри 10-чү вэ 11-чи шәкилләрдә көстәрилмишдир.



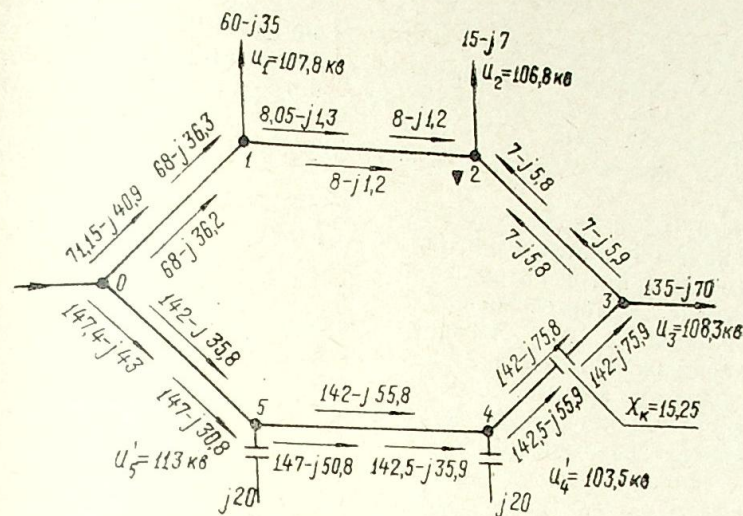
10-чү шәкил

Бу схемләрдә дөврәнин харичиндәки әгрәбләрлә иткиләри нәзәрә алан, дөврәнин дахилиндәки әгрәбләрлә иткиләри нәзәрә алмаян күчлэрин пайланмасы көстәрилмишдир. О нөгтәнин кәркинлийи $U_0 = 115$ кв гәбул эдилмишдир. Алынан нәтичәләрдән көрүнүр ки, күчлэрин сәрбәст пайланмасында актив күч иткиси 13,1 мин квт (6,25%) тәшкил эдир вэ 3-чү нөгтәнин кәркинлийи чох аз алыныр (98 кв). Күчлэрин мәчбури пайланмасында актив күч иткиси 8,5 мин квт-а гәдәр азалыр (4,05%) вэ ән кичик кәркинлик 4-чү нөгтәдә 103,5 кв

1-чи чөдвөл

Үүклэрин рэжими (1000 квт)	Сэрбэст пайлан- мада 0—5 һиссэ- синдэки күч	Актив вэ реактив күчлэрин итгисади пайланымасында 0—5 һиссэсиндэки күч	Итгисади пайла- нылма лазым олан x_k (ом)	Актив күчлэрин итгисади пайла- нымасында 0—5 һиссэсиндэки күч	Узунуна компен- сация вэаситэсилэ мэчбури пайла- нымала 0—5 һиссэсиндэки күч	Гөйд
I. Максимал $w_1 = 60-j35$ $w_2 = 15-j7$ $w_3 = 135-j70$	$104,2-j39,5$	$142-j36,8$	15,25	$142-j35,8$	$142-j35,8$	
II. Аралыг $w_1 = 30-j17$ $w_2 = 15-j7$ $w_3 = 135-j70$	$100-j35,5$	$135-j32$	15,4	$135-j35$		
III. Аралыг $w_1 = 60-j35$ $w_2 = 15-j7$ $w_3 = 67,5-j35$	$61-j8,9$	$82,3-j5,25$	15,9	$82,3-j7$	$81,4-j7,2$	Актив күчлэрин пайланымасында алынган фэрг 1,1%-дир.
IV. Минимал $w_1 = 30-j17$ $w_2 = 15-j7$ $w_3 = 67,5-j35$	$56-j5$	$75-j1,2$	15,6	$75-j3$		

гиймэтини алыр. Белэликлэ, мугавимэти 15,25 ом олан узунуна компенсация вэ трансформаторларда габул эдилэн учлар вэаситэсилэ актив күчлэрин итгисади вэ реактив күчлэрин тэхминэн итгисади пайланымасы вэ бүтүн нөгтэлэрдэ кэркинлийин кафи гиймэтлэри элдэ эдилир.



11-чи шәкил

2-чи чөдвөл

Үүклэрин пайланмасы	Күч иткисилэри		Иллик энерги иткисилэ, 1000000 квт/саат	Иллик иткисилэрин ганаэти, 1000000 квт/саат	Иллик иткисилэрин гиймэти миллион манат	Узунуна компенсация тэбигиндэ алынган ганаэти миллион манат	Узунуна компенсация конденсатор- ларынын гиймэти мин манат	Узунуна компенсация күчү, мин квт
	1000 квт	%-дэ						
1. Сэрбэст	13,1	100	52,4	0	3,68	0	—	—
2. Мэчбури (узунуна компенсация вэаситэсилэ)	8,5	65	34,0	18,4	2,38	1,3	380	7500

1-чи чөдвөлдэ 0—5 һиссэ үчүн үүклэрин мүхтэлиф режимлэриндэ күчлэрин сэрбэст вэ итгисади пайланмасы кэстэрилмишдир.

2-чи чөдвөлдэ күчлэрин сэрбэст вэ мэчбури пайланмасынын эсас кэстэричилэри верилмишдир. Энержи иткисилэни тэ'йин этдикдэ, иткисилэни орта гиймэти $\tau = 4000$ саат, энержинин мая дэяэри 7 гэл/квт саат габул эдилмишдир.

Бу чэдвэллэрдэн көрүнүр ки, энерги иткисинин азалмасы нәтижәсиндә узунуна компенсация бир илдә 1,3 миллион манат гәнаәт верир. Конденсаторларын гиймәти (380 мин манат) тәхминән 4 ай мүддәтиндә өзүнү доғрулда биләр.

Нәтижә

1. Ики мүхтәлиф кәркинликдә ишләйән паралел шәбәкәләрдә күчләрин сәрбәст пайланмасында реактив күчләр актив күчләрә нисбәтән даһа чох иғтисади пайланыр. Күчләрин иғтисади пайланмасы вә я иғтисади пайланмая яхын пайланмасы (бир нечә гейри-чинсли һиссәләрден ибарәт шәбәкәләрдә) узунуна компенсация васитәсилә алына биләр.

2. Бир йүкү олан паралел ишләйән шәбәкәләрдә узунуна компенсация шәбәкәни бирчинсли эдиб, актив вә реактив күчләрин иғтисади пайланмасыны автоматик оларат тәмин эдир. Бир нечә йүклү шәбәкәләрдә узунуна компенсация шәбәкәнин бир һиссәсинә гошулдугда иғтисади пайланмая яхын пайланма ярадыр. Йүкләр хейли дәйишдикдә күчләрин пайланмасы чох аз дәйишилир вә шәбәкәдәки иткиләр, демәк олар ки, артмыр.

3. Бөйүк йүклү шәбәкәләрдә узунуна компенсация илдә миллион манатларла гәнаәт верә биләр.

ӘДӘБИЙЯТ

1. Глазунов А. А. Электрические сети и системы. ГЭИ, 1954.
2. Каменский М. Д. Электрические системы. ГЭИ, 1952.
3. Крикунчик. Энергетика Швеции (Энергетика за рубежом), ГЭИ, 1956.
4. Розенберг Б. И. Компенсация уравнивающих токов в замкнутых контурах высоковольтных сетей. "Электричество", 2, 1952.
5. Холмский В. Г. Применение регулируемых трансформаторов в электрических сетях, ГЭИ, 1950.

О. С. Мамедъяров

О применении продольной компенсации в параллельных сетях различных напряжений

РЕЗЮМЕ

В результате укрупнения и объединения существующих энергосистем и создания объединенной энергосистемы Советского Союза возникает необходимость и в параллельной работе высоковольтных сетей различных напряжений. В связи с развитием сетей Азербайджана возможно в дальнейшем появление таких сетей и в системе Азэнерго.

В параллельно работающих сетях различных напряжений произвольное распределение мощностей приводит к большим потерям. Известно, что применением трансформаторов с продольным и поперечным регулированием напряжения можно эти потери значительно снизить.

Продольная компенсация реактивного сопротивления линии (ПК) также может улучшить распределение мощностей в параллельно работающих сетях различных напряжений и повысить напряжения в сети. Потери мощности при этом снижаются еще больше, чем при применении регулируемых трансформаторов.

Однако этот вопрос недостаточно изучен. В настоящей работе рассматриваются вопросы экономического распределения мощностей в замкнутых сетях принудительным их перераспределением при помощи ПК, включенного на один из участков сети. Для выявления экономичности распределения активных и реактивных мощностей в параллельных сетях различных напряжений исследована замкнутая сеть лишь с одной нагрузкой. Влияние нескольких нагрузок можно определить методом суперпозиции.

Для замкнутой сети с одной нагрузкой экономичность распределения мощностей определяется выражениями (1) и (2) или кривыми 4—6 и зависит от отношения $\frac{X}{R}$ для каждого участка и от $\cos \varphi$

нагрузки. Если замкнутая сеть однородна, т. е. $\frac{X}{R} = \text{const}$ для всех участков сети, то распределение активных и реактивных мощностей всегда получается экономическим.

В неоднородных замкнутых сетях реактивные мощности распределяются более экономично, чем активные. Поэтому в замкнутых сетях с трансформатором наибольшее внимание следует сосредоточить на экономическом распределении активных мощностей.

Для получения экономического распределения мощностей в замкнутой сети с одной нагрузкой, необходимо в участок сети с большим значением $\frac{X}{R}$ последовательно включить конденсаторы так, чтобы

на обоих участках получить $\frac{X}{R} = \text{const}$. При этом сеть становится

однородной, и достигается экономическое распределение активных и реактивных мощностей в любом режиме.

Для получения экономического распределения мощностей в замкнутой сети с несколькими нагрузками необходимо весь контур сделать однородным путем включения конденсаторов ПК на всех участках. Однако при существующих ценах на конденсаторы установка ПК на всех участках навряд ли окажется целесообразной, хотя в контуре и будет обеспечено автоматически экономическое распределение активных и реактивных мощностей в любом режиме.

В замкнутой сети с несколькими нагрузками путем установки ПК только на одном, относительно экономической мощности разгруженном участке, можно также значительно снизить потери мощности, доведя их почти до минимума при значительно меньшей стоимости установки ПК.

Сопротивление ПК, которое приводит к экономическому распределению мощностей, определяется для сети с одной нагрузкой по (3), для сети с несколькими нагрузками — по (4—6).

Произведение коэффициентов трансформации повысительных и понизительных трансформаторов обычно не равно 1 и поэтому, в зависимости от положения отвлечения на трансформаторах, в контуре появляется уравнивающая мощность, активную составляющую которой необходимо учесть при определении экономической активной мощности в выражениях (4—6).

Для энергосистемы, представленной на рис. 8, рассчитано экономическое распределение мощностей при помощи установки ПК для

режимов максимальных, минимальных и промежуточных нагрузок. Полученные результаты сведены в таблицы 1 и 2, из которых видно, что в результате снижения потерь энергии продольная компенсация создает ежегодно экономию в 1,3 млн. рублей. Такая установка окупится относительно быстро, так как стоимость основного оборудования — конденсаторов (380 тыс. руб.) окупится примерно в течение четырех месяцев.

Л. А. МУХАРСКАЯ

ТРАНСФОРМАТОР ЯГЫНЫН ТЕРМИКИ КӨННӨЛМƏСИНИН ТЭДГИГИ

Сон иллэр трансформатор ягларынын өмрүнүн азалмасы гейд олунур. Бу һал тэзэ трансформатор ягларынын сүр'әтлэ көһнөлмәсилэ изаһ эдилэ билэр. Бунунла элагәдар оларга трансформатор ягынын термик көһнөлмә дәрәчәси тәдгиг эдилмишдир.

Ягларынын оксидләшмәйә олан мейлләри М. В. Курлин тәрәфиндән верилмиш үсулла апарылмышдыр [3].

Оксидләшмә ачыг стәканларда 105°C температурда апарылмышдыр. Яг нумунәләри 500 мл һәчмли стәканларда термостатларда сахланылмышдыр. Ягынын кейфийәти онун оксидләшмәдән сонракы характеристикалары илә айдылашдырылмышдыр. Бу характеристикалар бунлардыр: диэлектрик иткиләр бучагынын танкенси, туршу рәгәми, суда һәлл олан туршуларынын тәркиби, Унион калориметринә көрә рәнки вә эләчә дә чөкүнтүнүн олмасы.

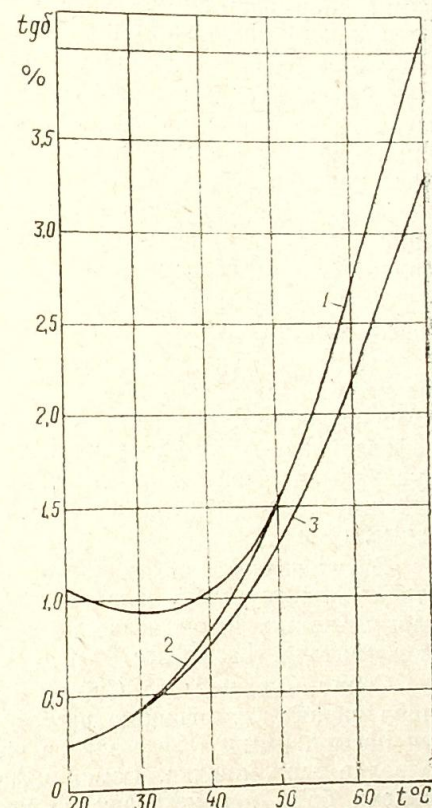
$\text{tg}\delta$ -нын өлчүлмәси цилиндршәкилли электродлары олан конденсаторда 10 кВ/см градиентли, нормал тезликли дәйишән кәркинлик саһәсиндә апарылмышдыр.

Оксидләшмиш ягларынын диэлектрик хассәләринә чөкүнтүләрин тәсири тәйин этмәк үчүн бүтүн яглар ики һалда сынанмышдыр:

1. Сынанмамышдан габаг яг гарышдырылыр;

2. Сынанмамышдан габаг яг икигәт филтрдән сүзүлүр.

Һәр ики һал үчүн диэлектрик иткиләр бучагынын танкенсинын температурдан асылылыгы — $\text{tg}\delta = F(t)$ арашдырылмышдыр. Чохлу яг



1-чи шәкил.

Чөкүнтүләрин трансформатор ягынын диэлектрик хасийәтләринә олан тәсири.

нүмунэләриндән бири үчүн бу асылылыглар 1-чи шәкилдә көстәрилмишдир; шәкилдә биринчи әйри тәркибиндә асылы чөкүнтүләр олан ягда $tg\delta$ -нын температурдан асылылыгыны, 3-чү әйри исә икигат филтрдән сүзүлмүш ягда һәммин асылылыгы көстәрир.

Әйни заманда сабит кәркинликдә кечиричилиин γ температурдан асылылыгы тәйин әдилмишдир. Бунун әсасында: $tg\delta = \frac{1,8 \cdot 10^{12} \cdot \gamma}{\varepsilon \cdot \delta}$

ифадәсиндән $tg\delta$ -нын температурдан асылылыгы һесапланмышдыр. Сүзүлмүш яғ үчүн тәйин әдилмиш бу асылылыг 3-чү әйрийә уйғун кәлир ки, бу да сүзүлмүш яғларда дипол иткиләринин олмадыгыны көстәрир. Сүзүлмәмиш яғ үчүн бу асылылыг 2-чи әйри, ашағы температурларда 3-чү әйрийә, йүксәк температурларда исә 1-чи әйрийә уйғун кәлир.

Беләликлә, асылы чөкүнтүләр ашағы температурларда әлавә иткиләр ярадыр. $tg\delta$ -нын сәнае тезлийиндә өлчүлмүш гиймәти онун сабит кәркинликдәки кечиричилиә көрә һесапланмыш гиймәтинә уйғун кәлир. Асылы чөкүнтүләр дәйишән кәркинлик саһәсиндә өзүнү дипол кими апарырлар вә электрик саһәси истигамәтиндә ерләшмәйә чалышырлар; бу да әлавә итки ярадыр.

50°-йә яхын температурда чөкүнтүләр әрийир вә $tg\delta$ -нын температурдан асылы олараг бундан сонракы артмасы өzlүлүйүн дәйишмәси илә мүййән әдилир. Бу температурларда чөкүнтүләр электрик кечиричилиини бир гәдәр артырыр, бу һала ади трансформатор яғларында да раст кәлинир.

Бүтүн тәдгиг әдилән яғлар онларын истәр электрик көстәричиләрини чыхардыгда, истәрсә дә кимйәви анализ апардыгда чөкүнтү асылы һалда галсын дейә сынагдан габаг гарышдырылмышдыр.

Илкин хаммалын яғларын оксидләшмәсинә олан мейлинә тәсирн тәдгиг әдилмишдир.

Тәдгигат үчүн хаммал олараг Бакы нефтләриндән олан Балаханы яғлы нефти, Балаханы яғлы нефти илә Рамана нефтинин гарышыгы, Бузовна нефти, Биби-Һейбәт йүнкүл нефти, сечмә Сураханы вә Сийәзән нефтләриндән истифадә әдилмишдир. Гейд этмәк лазымдыр ки, сечмә Сураханы вә Сийәзән нефтләриндән алынмыш яғлар Азәрбайчан Әлми-Тәдгигат Нефт Институтунда Р. Ш. Гулиевин лабораториясында һазырланмышдыр.

Бүтүн яғлар әйни техноложн режим үзрә һазырланмышдыр. Яғлар сульфат туршусу васитәсилә тәмизләниб, сонра гәләви илә нейтраллашдырылмышдыр. Бүтүн яғлар үчүн туршу сәрфи тәхминән әйни мигдарда олмушдур (һазыр яға 9—10% туршу).

Сечмә Сураханы вә Сийәзән нефтләриндән һазырланмыш яғлар әлавә парафинсизләшдирмә просеси кечмишләр. Мүхтәлиф хаммаллардан һазырланмыш тәдгиг әдилән яғларын оксидләшмә нәтичәләри 1-чи чәдвәлдә верилмишдир. Һәммин чәдвәлдә яғларын башлангыч вәзийәтиндәки бәзи параметрләри дә көстәрилмишдир, диқәр көстәричиләр 982—56 дөвләт стандартына уйғун кәлир. 1-чи чәдвәлдән көрүндүйү кими, мүхтәлиф хаммаллардан һазырланмыш трансформатор яғлары әйни бир башлангыч шәраитиндә оксидләшмәйә олан мейлләринә көрә хейли фәргләнирләр.

400 саатлыг оксидләшмәдән сонра Балаханы яғлы нефтиндән һазырланмыш яғын $tg\delta$ -сы дәйишмәмишдир. Әйни шәраитдә 300 саат оксидләшдикдән сонра Бузовна нефтиндән һазырланмыш яғын $tg\delta$ -сы (100°С-дә) 20%-ә гәдәр артмышдыр.

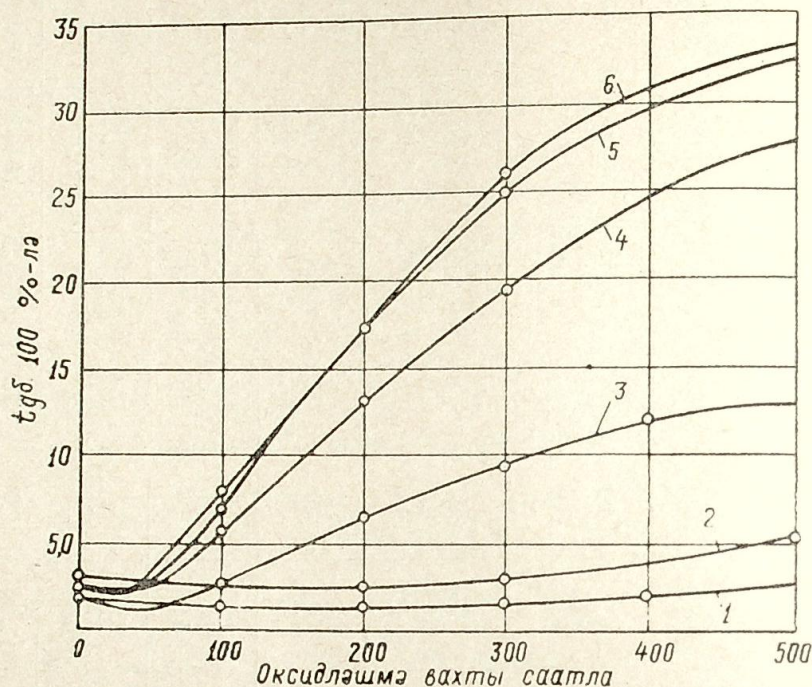
1-чи чәдвәл

Хаммалын трансформатор яғларынын сабитлийнә тәсирн

Яғын нәмә	Нефт	Оксидләшмә сәһәсиндә вәкити	$tg\delta$ 70%-дә		$tg\delta$ 100%-дә		Судә һал олунан туршулар		Туршу рәғәми мг кон/г		Туршу реак- сия	Туршу реак- сия	Туршу реак- сия
			башлангыч	соң	башлангыч	соң	реаксия	К мг кон яғ г	башлангыч	соң			
М-1	Балаханы яғлы нефти	200	0,8	0,38	2,0	1,5	нейтрал	0,0019	0,007	0,012	500	0,012	0,012
		300	0,8	0,5	2,0	1,7	нейтрал	0,0030	"	0,013	550	0,013	0,013
		400	0,8	0,6	2,0	2,0	нейтрал	0,0050	"	0,015	300	0,015	0,015
М-2	Сураханы сечмә нефти	100	1,0	0,85	3,0	2,8	нейтрал	0,0012	0,010	0,015	150	0,015	0,015
		200	1,0	0,83	3,0	2,6	нейтрал	0,0018	"	0,021	130	0,021	0,021
		300	1,0	0,9	3,0	2,9	нейтрал	0,0028	"	0,027	120	0,027	0,027
М-3	Яғлы Балаханы вә Сураханы нефтләринин гарышыгы	200	0,7	2,3	1,9	6,6	нейтрал	0,0062	0,011	0,028	150	0,028	0,028
		300	0,7	3,0	1,9	9,4	турш	0,0107	"	0,035	130	0,035	0,035
		400	0,7	3,8	1,9	12,0	турш	0,0134	"	0,039	120	0,039	0,039
М-4	Бузовна	100	0,8	1,6	2,5	5,7	нейтрал	0,0051	0,006	0,024	150	0,024	0,024
		200	0,8	3,8	2,5	13,2	турш	0,0124	"	0,038	130	0,038	0,038
		300	0,8	5,9	2,5	19,6	турш	0,0165	"	0,052	120	0,052	0,052
М-5	Биби-Һейбәт йүнкүл нефти	100	0,85	2,5	2,7	8,0	нейтрал	0,0054	0,008	0,024	150	0,024	0,024
		200	0,85	4,7	2,7	17,2	турш	0,0124	"	0,038	130	0,038	0,038
		300	0,85	6,8	2,7	24,8	турш	0,0189	"	0,052	120	0,052	0,052
М-6	Сийәзән	100	0,9	2,0	2,6	7,0	нейтрал	0,0058	0,010	0,031	150	0,031	0,031
		200	0,9	5,2	2,6	17,5	турш	0,0181	"	0,055	130	0,055	0,055
		300	0,9	7,4	2,6	26,1	турш	0,0240	"	0,073	120	0,073	0,073

Мүхтәлиф нефтләрден алынмыш яғлар үчүн $tg\delta$ -нын суда һәлл олан туршуларын тәркибинин вә туршу рәгәминин оксидләшмә мүддә-тиндән асылылыг характеристикалары чыхарылмышдыр.

2—4-чү шәкилләрдә мүхтәлиф нефтләрден һазырланмыш яғларда $tg\delta$ -нын (100°C -дә) суда һәлл олунан туршуларын мигдарынын, вә тур-шу рәгәминин оксидләшмә вахтындан олан асылылыгларынын харак-тери көстәрилмишдир. 2—4-чү шәкилләрдән көрүндүйү кими Бузовна,



2-чи шәкил.

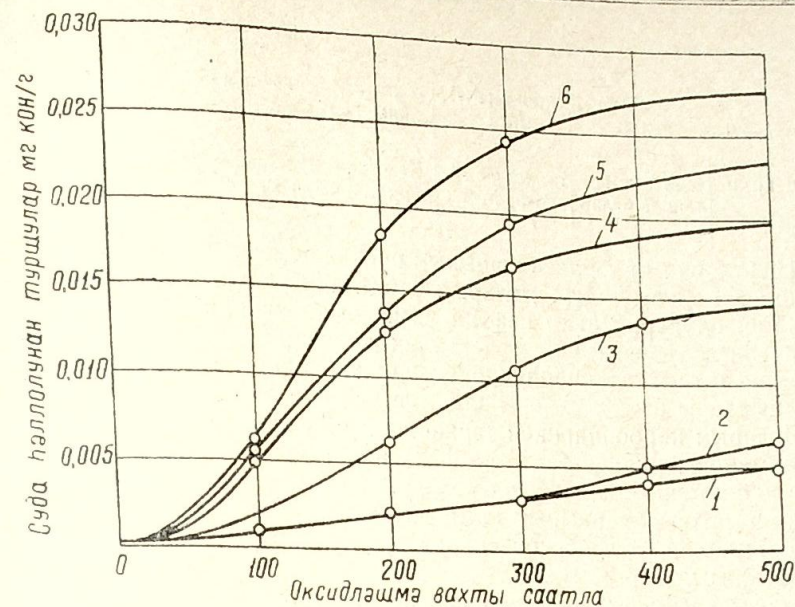
Мүхтәлиф нефтләрден һазырланмыш яғларын $tg\delta$ -нын 100°C -дә агзы ачыг стәканларда оксидләшмәси заманындан асылы олараг дәйишмәси
1—Балаханы яғлы нефти, 2—Сураханы сечмә нефти, 3—Балаханы яғлы нефти илә Рама-на нефтинин гарышыгы, 4—Бузовна нефти, 5—Биби-Һейбәт йүнкүл нефти, 6—Сийәзән нефти.

Биби-Һейбәт йүнкүл вә Сийәзән нефтләриндән һазырланмыш яғларда гыса мүддәтли индуксия дөврүндән сонра (бу дөврдә $tg\delta$ бир гәдәр азалыр) диэлектрик иткиләри бучагынын танкенси, туршу рәгәми вә суда һәлл олунан туршуларын фаизлә мигдары сүр'әтлә артмаға башлайыр. Бу яғлар үчүн индуксия дөврү 50 саат гәдәрдир, оксидләшмә просесинин тормозлашмасы тәхминән 300 саат оксидләшмә кетдикдән сонра башлайыр, бундан сонра оксидләшмә мәһсулларынын артмасы явашыйыр.

Сабит нефтләрден һазырланмыш яғларда (Балаханы яғлы нефти вә Сураханы сечмә нефти) индуксия дөврү хейли артыгдыр вә башлангыч характеристикаларынын бир гәдәр писләшмәси тәкчә 200 саат оксидләшмә кетдикдән сонра мүшәһидә эдилир.

Бүтүн тәдгиг эдилмиш яғлары, ашағыдакы классификасия үзрә бир-бириндән фәргли ики група бөлмәк олар (2-чи чәдвәл).

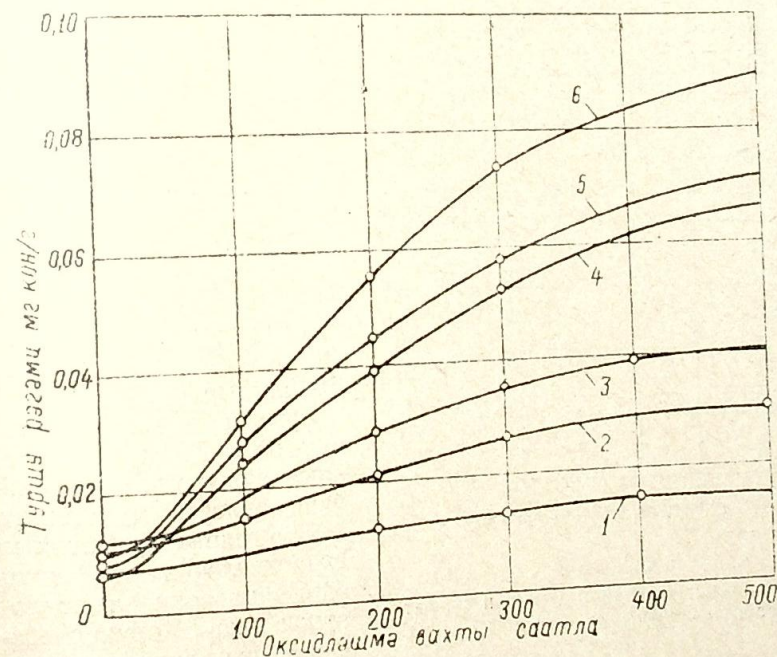
Беләликлә, изолясия яғларынын оксидләшмәйә олан мейли, он-ларын һансы ятагын нефтиндән һазырланмасы илә билаваситә әлагәдар-дыр.



3-чү шәкил.

Мүхтәлиф нефтләрден һазырланмыш яғлардакы суда әрийән туршуларын мигдарынын онларын агзы ачыг стәканларда оксидләшмә вахтындан асылы олараг дәйишмәси

1—Балаханы яғлы нефти, 2—Сураханы сечмә нефти, 3—Балаханы яғлы нефти илә Рама-на нефтинин гарышыгы, 4—Бузовна нефти, 5—Биби-Һейбәт йүнкүл нефти, 6—Сийәзән нефти.



4-чү шәкил.

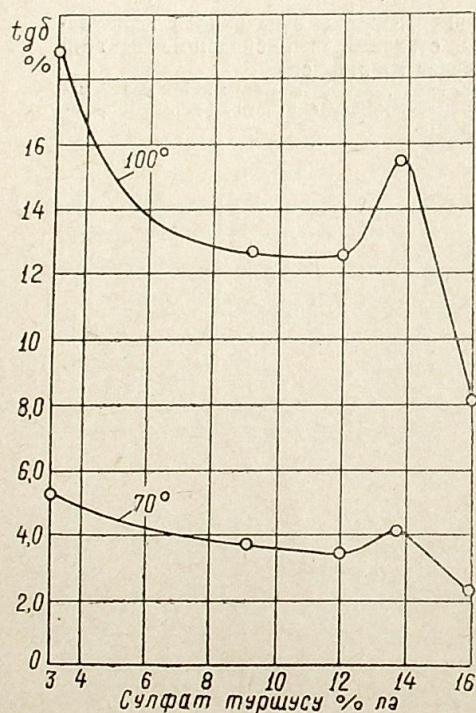
Мүхтәлиф нефтләрден һазырланмыш яғларын туршу рәгәминин онла-рын агзы ачыг стәканларда оксидләшмә вахтындан асылылыгы
1—Балаханы яғлы нефти, 2—Сураханы сечмә нефти, 3—Балаханы яғлы нефти илә Рама-на нефтинин гарышыгы, 4—Бузовна нефти, 5—Биби-Һейбәт йүнкүл нефти, 6—Сийәзән нефти.

1-чи групп	Сабит яглар	типлери М-1, М-2	Хаммал—Балаханы яглы нефти вэ Сура- ханы сечмэ нефти
2-чи групп	асан оксид- лэшен яглар	типлери М-4, М-5, М-6	Хаммал—Бузовна нефти, Биби-Һейбэт йүнкүл нефти вэ Сийэзэн нефти

Нефтлэрин яг фраксияларынын оксидлэшмэси мәсэлэсинэ даир чо-
лу ишлэр көрүлмүшдүр. Ягларын сабитлийи онларын кимйэви тәркиби-
лэ тәйин олунур. Лакин нефтин кимйэви тәркибинин, хусусэн яг фрак-
сияларынын тэдиги бөйүк чәтинлик төрәдир, белә ки, гайнама тем-
пературу артдыгча карбоһидрокенлери айры-айры группара бөлмәк, ин-
дивидиумлары аз-чох тәмиз һалда олмәк даһа да чәтинләшир [6].

Ягларын карбоһидрокен тәркибинин өйрәнилмәсинин вачиб олмасы-
на бахмәраг, индийә гәдәр яг фраксияларынын тәркиб структурасыны
дәгиг характеризә эдән үсүл йохдур. Буна көрә дә ягларын, хусусән
трансформатор ягларынын кимйэви тәркиби яхшы мә'лум дейилдир.
Ахыр заманлар адсорбсион анализ үсүлү эн мүкәммәл үсүл кими ин-
тишар тапмышдыр.

Айры-айры нефтлэрин яг фраксиялары бир-бириндән нафтен, арома-
тик, парафин вэ нафтен-арома-
тик сыраларындан олан кар-
боһидрокенлэрин тәбиәти вэ
онлара дахил олан карбоһид-
рокенлэрин гурулушларынын
мүхтәлифлийилә фәргләнирләр
вэ бу амилләрден асылы ола-
раг оксидлэшмә вахты өзләр-
ни башга-башга формада апа-
рырлар.



5-чи шәкил.

Оксидлэшмиш туршунун $\text{tg } \delta$ -нын сульфат
туршусунун сәрфиндән олан асылылығы

көстәрилән нефтләрден һазырланмыш
лары тамамилә тәмизләмир.

Сулфат туршусунун сәрфинин Бузовна нефтиндән алынан ягларын
оксидлэшмәсинә көстәрдийи тәсир арашдырылмышдыр. Сульфат туршусу-

Ягларын сабитлийи үчүн
ароматик карбоһидрокенлэрин
мигдарынын бөйүк әһәмийәти
вардыр. М. В. Курлин тәрә-
финдән көстәрилмишдир ки,
йүксәк кейфийәтли трансфор-
матор ягынын тәркибиндә мак-
симум 15—20% ароматик кар-
боһидрокенләр вэ минимум
80—85% парафин-нафтенләр
олмалыдыр [4].

Бузовна, Биби-Һейбэт йүн-
күл вэ Сийэзән нефтлэриндән
алынан ягларын алчаг сабитли-
йини онларын тәркибиндә бө-
йүк мигдарда ароматик карбо-
һидрокенлэрин вэ гәтрәнлы
бирләшмәлэрин олмасилә изаһ
әтмәк олар. Көрүнүр ки, сул-
фат туршусунун һазыр яг үчүн
гәбул олунмуш сәрфи (9—10%)

яглар үчүн кифайәт әтмир вэ он-

Туршунун сәрфи, %-лә	Оксидлэш- мә вахты, саатла	tg δ 70 %-лә		tg δ 100 %-лә		Суда һәлл олунан тур- шулар		Туршу рәгәми, мг кон/г		Турш реак- сияны баш- ланмасы мүддәти, саатла
		башлангыч- дакы	оксидлэш- мәдән сон- ракы	башлангыч- дакы	оксидлэш- мәдән сон- ракы	реаксия	К мг кон яг 2.	башлангыч- дакы	оксидлэш- мәдән сон- ракы	
3	130 200	2,3 2,3	4,5 5,3	5,0 5,0	18,1 18,8	турш турш	0,0201 0,0252	0,011 .	0,048 0,055	100
9,17	130 200 300	0,87 0,87 0,87	2,6 3,6 5,2	2,2 2,2 2,2	9,9 12,7 19,3	нейтрал турш турш	0,0058 0,0096 0,0149	0,009 " "	0,026 0,034 0,048	150
12	130 200 300	0,69 0,69 0,69	2,5 3,4 5,1	1,8 1,8 1,8	9,8 12,6 19,2	нейтрал турш турш	0,0058 0,0096 0,0149	0,009 " "	0,026 0,034 0,048	150
13,7	130 200 300	0,9 0,9 0,9	3,4 4,2 6,7	2,4 2,4 2,4	13,2 15,5 22,6	турш турш турш	0,0115 0,0165 0,0201	0,006 " "	0,034 0,045 0,059	100
16	130 200 300	0,89 0,89 0,89	1,9 2,4 3,4	2,4 2,4 2,4	6,5 8,1 11,2	нейтрал нейтрал турш	0,0029 0,0043 0,0072	0,007 " "	0,009 0,021 0,025	300

сунун сәрфи хазыр яға нисбәтән 3—16% һәдләри дахилиндә дәйишилмишир. 3-чү чәдвәлдә алынан нәтичәләр көстәрилмишир. Әмтиә яғы Бузовна нефтиндән 9,17% сульфат туршусу сәрф әтмәклә хазырланыр. Оксидләшмә яғларын $t_{\text{гд}}$ -нын тәмизләнемә дәрәчәсиндән асылы олараг дәйишмәси 5-чи шәкилдә көстәрилмишир.

Апарылмыш тәчрүбәләр нәтичәсиндә мүййән әдилмишир ки, сульфат туршусу сәрфи артдыгча, оксидләшмиш яғларын $t_{\text{гд}}$ -сы азалыр, сульфат туршусу сәрфи 13,7% олдугда, $t_{\text{гд}}$ азачыг артыр, сонра исә сульфат туршусу сәрфи 16% олдугда кәскин сурәтдә азалыб, өзүнүн ән кичик гиймәтини алыр.

Бүтүн яғлар үчүн $t_{\text{гд}}$ дәйишдикчә, суда һәлл олан туршуларын тәркиби, туршу рәгәми вә әләчә дә яғларын рәнки дәйишир.

Сабитлик нөгтеи-нәзәринчә Бузовна хаммалы үчүн 16%-лик тәмизләмә һәмин хаммалын ароматик карбоһидрокенләр вә гәтранлы бирләшмәләр үзрә оптимал тәркибинә уйгун кәлир. Лакин сульфат туршусунун бу сәрфи итгисади чәһәтчә өзүнү доғрултмур.

Ахырда яғларын оксидләшмәйә олан мейлинә кифайәт гәдәр ююлмашы яғларын тәркибиндәки нафтен туршулары натриум сабунларынын тәсире тәйин әдилмишир.

4-чү чәдвәл

Кифайәт гәдәр ююлмашы яғ нүмунәриндә олан нафтен туршуларынын натриум сабунларынын сабитлийинә тәсире

Нүмунәни №-си	Башлангыч- дакы $t_{\text{гд}}$, %-лә		Оксидләшмә вахты, саатла	Оксидләш- мәдән сонра- кы $t_{\text{гд}}$, %-лә		Суда һәлл олуна туршулар		туршу рә- гәми, мг кон/г		Турш реаксиянын башлан- масы мүддәти, саатла
	$t=70^{\circ}$ олдугда	$t=100^{\circ}$ олдугда		$t=70^{\circ}$ олдугда	$t=100^{\circ}$ олдугда	реаксия	К мг кон яг	башлангычдакы	оксидләшмәдән сонракы	
1	1,1	3,2	300	6,1	20,5	турш	0,0168	0,009	0,054	150
2	3,0	7,8	300	6,8	21,8	турш	0,0176	0,011	0,062	150
3	4,5	11,2	300	8,4	30,6	турш	0,0257	0,009	0,075	100
4	5,8	14,6	200	5,9	18,5	турш	0,0185	0,010	0,048	100
			300	9,2	32,7	турш	0,0279	"	0,077	

Натриум сабунунун мигдары $t_{\text{гд}}$ -нын гиймәтинә көрә мүййән әдилмишир [1]. Нәтичәләр 4-чү чәдвәлдә көстәрилмишир.

Тәркибиндә чохла мигдарда нафтен туршуларынын натриум сабуну олан йүксәк $t_{\text{гд}}$ -я малик яғларын (6-чы чәдвәлдәки 3-чү вә 4-чү нүмунәләр) сабитлийи ади яғларынкындан аздыр. Белә яғын $t_{\text{гд}}$ -сы 100°C -дә 300 саат оксидләшдикдән сонра 30%-ә гәдәр артыр. Һәмин шәраитдә ади әмтиә яғынын $t_{\text{гд}}$ -ын чәми 20% артыр. Ади әмтиә яғларында туршу реакциясы 150 саатдан сонра башландыгы һалда, кифайәт гәдәр ююлмашы яғларда даһа тез, 100 саатдан сонра башланыр.

Тәдгиг олуна яғын $t_{\text{гд}}$ -ын 70°C -дә 3%-ә гәдәр артмасы 4-чү чәдвәлдән көрүндүйү кими, әмәли олараг сабитлийә тәсир әтмир.

Бурадан айдындыр ки, 982—56 дәвләт стандарты үзрә $t_{\text{гд}}$ -нын гиймәти 2,5% олдугда, бу һалда яғын тәркибиндә натриум сабунлары 0,005%-дән артыг олмур, ягда олан сабунларын мигдары онларын верилмиш хаммал вә тәмизләмә режиминдә мүмкүн олан сабитлийини алчалтнини вә истисмарынын яхшылашдырылмасына һәср әдилмиш әлми-техбир бала гәдәр әндирилмәси мәсәдәуйгун дейилдир; бундан әләвә бу чүр тәләб яғ истәһсалы технолокиясыны хейли чәтинләшдир.

Нәтичә

1. Оксидләшмиш яғларда диэлектрик иткиләрин артмасы, онларда кимйови мәһсулларын—чөкүнтү вә ашағы молекуляр вә әләчә дә юхары кечиричилик иткиләри ярадыр. Алчаг температурда асылы һалда чөкүнтү температурда чөкүнтү һәлл олур вә иткиләр кечиричилик иткиләринә чеврил.

2. Трансформатор яғларынын мүхтәлиф дәрәчәдә оксидләшмәси әсас әтибарилә мүхтәлиф нефтләрдән алынан яғларын мүхтәлиф тәркибләре малик олмалары илә тәйин әдил.

3. Бузовна нефтиндән алынан ягдан өтрү оптимал режим әлдә әтмәк үчүн хазырланмыш яға 16% күкүрд туршусу сәрф әтмәк лазымдыр.

4. Натриум сынағынын ики балдан бир бала гәдәр азалдылмасы әлверилишл дейилдир. Чүнки 982—56 дәвләт стандарты үзрә $t_{\text{гд}}$ -нын гиймәти 2,5% олдугда, яғын тәркибиндә натриум сабунлары 0,005%-дән артыг олмур вә ягда олан сабунларын бу мигдары онларын сабитлийини алчалтмыр.

5. Сечмә Сураханы нефтиндән трансформатор яғынын сәнае мигясында истәһсал әдилмәсинә йийәләнмәк лазымдыр.

ӘДӘБИЯТ

- Джуварлы Ч. М., Мухарская Л. А. Исследование причин повышенных диэлектрических потерь товарных трансформаторных масел. «Химия и технология топлива», 1956, 5.
- Кулиев А. М., Кулиев Р. Ш., Алиев М. И. Зависимость физико-химических и эксплуатационных свойств смазочных масел от углеводородного состава и приемистость их к присадкам. «Химический состав и эксплуатационные свойства смазочных масел». Труды совещания, 1957.
- Кушлин М. В. Трансформаторное масло и его заменители. Труды научно-тех. сессии по электрической изоляции. 1949.
- Кушлин М. В. Изучение старения трансформаторных масел. Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук, 1955.
- Решение научно-технического совещания по улучшению качества и эксплуатации энергетических масел, 1955.
- Черножуков Н. И., Крейн С. Э., Лосиков Б. В. Химия минеральных масел. 1951.

Л. А. Мухарская

Исследование термического старения трансформаторных масел

РЕЗЮМЕ

В связи с уменьшением за последние годы срока службы трансформаторных масел было проведено исследование склонности масел к термическому старению.

Окисление велось в открытых станках при температуре 105°C . Пробы масел в стаканах в количестве 500 мл загружались в термостаты. Критерием качества масел служили их характеристики после окисления — тангенс угла диэлектрических потерь, кислотное число, реакция водной вытяжки с количественным определением содержания водорастворимых кислот, цвет по колориметру Унион, а также наличие осадка.

Прежде всего исследовалось влияние исходного сырья на склонность масел к термическому старению. Исследование велось на образцах масел, изготовленных при одном и том же технологическом режиме, из различных бакинских нефтей — балаханской масляной, балаханской масляной в смеси с раманинской, бузовнинской, бибиэбатской легкой, сураханской отборной и сиазанской нефтей.

Для масел из бузовнинской нефти определялось влияние на склонность масел к окислению глубины очистки серной кислотой. Расход кислоты менялся в пределах 3—16% на готовое масло. С углублением очистки, по мере удаления смол и непредельных углеводородов, $\text{tg}\delta$ окисленных масел уменьшается, достигая своего наименьшего значения при очистке в 16% серной кислоты на готовое масло.

В полном соответствии с электрическими характеристиками менялись и химические показатели окислительных масел — кислотное число, количество водорастворимых кислот и цвет.

В заключение исследовалось влияние на стабильность натриевых мыл нафтенных кислот, содержащихся в недостаточно промытых образцах масел.

На основании проведенной работы можно прийти к следующим выводам:

1. Повышение диэлектрических потерь окисленных масел обусловлено образованием в них химических продуктов окисления — осадка и кислот как низкомолекулярных, так и высокомолекулярных. Кислоты создают в маслах потери проводимости. Наличие же взвешенного осадка обуславливает при низких температурах дипольные потери; при повышенных температурах — осадок растворяется и потери становятся потерями проводимости.

2. Различная склонность трансформаторных масел к окислению в основном определяется различием в химическом составе масел, обусловленном различным месторождением исходных нефтей. Наиболее стабильными оказались масла, полученные из сураханской отборной и балаханской масляной нефтей. Низкая стабильность масел из бузовнинской, бибиэбатской легкой и сиазанской нефтей, по-видимому, обусловлена относительно большим содержанием в них тяжелых ароматических углеводородов и смолистых веществ.

3. Для масел, изготовленных из бузовнинской нефти, оптимальный режим очистки, необходимый для повышения стабильности, имеет место при расходе серной кислоты в 16% на готовое масло.

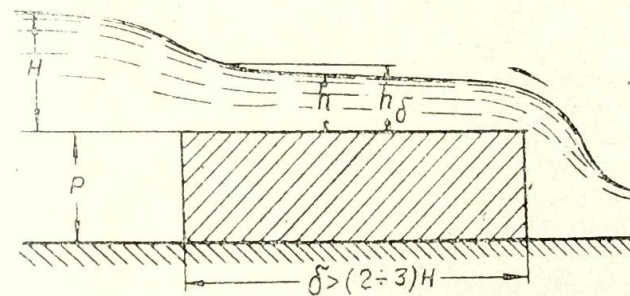
4. Изменение натровой пробы с двух до одного балла является нецелесообразным, так как содержание натриевых мыл, обуславливающих увеличение натровой пробы до двух баллов, мало влияет на стабильность, тем более, что нормируемая ГОСТом 982—56 величина $\text{tg}\delta$ в 2,5% при 70°C гарантирует содержание натриевых мыл в маслах до 0,005%, которое практически не ухудшает стабильность.

5. Необходимо освоить в промышленном масштабе выпуск трансформаторных масел из сураханской отборной нефти.

Н. М. МƏММƏДОВ

ЭНЛИ АСТАНАЛЫ СУАШЫРАНЫН ТƏДГИГИ МƏСƏЛƏСИНƏ ДАИР

Гидротехникада чох кениш яйылмыш тикинтилəрдəн бири дə энли астаналы суашырандыр. Ахымын гаршысыны кəсəн бу суашыранын астанасынын энли кифайət гəдər бəйүк олдуғундан, онун үстүндəн кечən суюн һәрəkəти тəхминən паралеллүлəли ахым кими олур. Тəч-рүбэлər кəстəрмишдир ки, белə һәрəkəт астананын энли онун үзəриндə-ки суюн басгысындан ики-үч дəфə чох олан заман əмэлə кəлир, йə'ни:
 $\delta > (2 \div 3) H$ (1-чи шəкил).



1-чи шəкил.

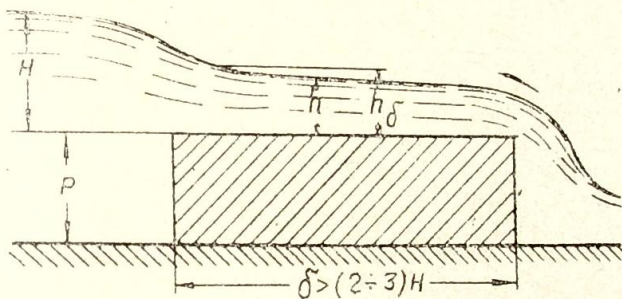
Бир чох гидротехники тикинтилəрин—сутуллаян тикинтилəрин, ирригасия шəбəkəлəриндəки низамлайычы шлүзлəрин, судүшүрəнлəрин кириш һиссəлəринин вə бəндин алтында олан диб дешиклəринин гидравлики һесабаты энли астаналы суашыранын дүстүру илə апарылыр.

Бир чох һалларда гидротехники тикинтилər астаная малик олмурлар: йə'ни астанасыз олурлар. Буна мисал олараг, суварма каналларындыкы низамлайычы-шлүзлəри, субурахычылары, кичик көрпүлəри вə башгаларыны кəстəрмəк олар (2-чи шəкил). Белə тикинтилər гидравлики чəһəтдən энли астаналы суашыранларын хүсуси һалларыдыр. Бу чүр астанасыз суашыранлардан кечən суюн үмүми характери, энли астаналы суашырандан кечən суюн һәрəkəт характери кими олур. Бунларын арасында олан əсас фəрг ондан ибарəтдир ки, астанасыз суашыранларын габағында олан басгы, энли астаналы суашыранын габағында астананын һүндүрлүйүнə көрə əмэлə кəлən басгы кими олмайыб, ялныз ахымын даяглар вə ян диварлар васитəсилə сыхылмасы һесабына əмэлə кəлир.

Н. М. МƏММƏДОВ

ЭНЛИ АСТАНАЛЫ СУАШЫРАНЫҢ ТƏДГИГИ МƏСƏЛƏСИНƏ ДАИР

Гидротехникада чох кениш яйылмыш тикинтилəрдəн бири дə энли астаналы суашырандыр. Ахымын гаршысыны кəсəн бу суашыраның астанасыны энли кифайət гəдər, бəйүк олдуғундан, онун үстүндəн кечən суюн һәрəkəти тəхминən паралеллүлəли ахым кими олур. Тəчки суюн басгысындан ики-үч дəфə чох олан заман əмələ кəлир, йə'ни: $\delta > (2 \div 3) H$ (1-чи шəкил).

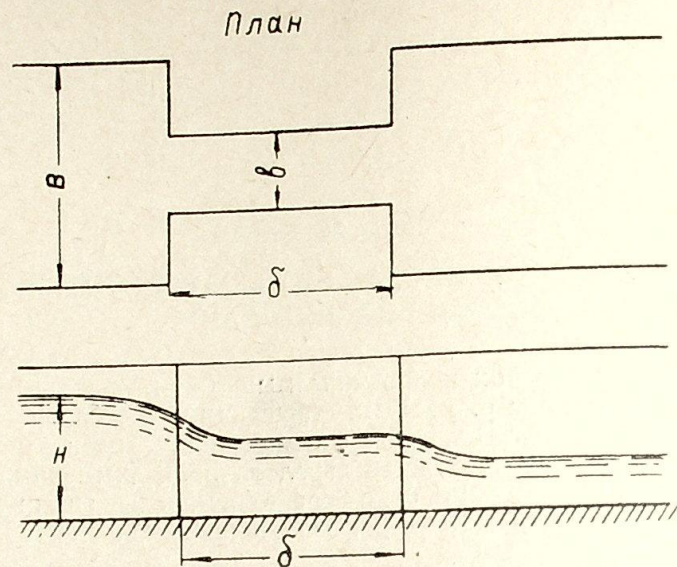


1-чи шəкил.

Бир чох гидротехники тикинтилəрин—сутуллаян тикинтилəрин, ирригасия шəбəkəлəриндəки низамлайчы шлүзлəрин, судүшүрəнлəрин кириш һиссəлəринин вə бəндин алтында олан диб дешиклəринин гидравлики һесабаты энли астаналы суашыраның дүстүрү илə апарылыр.

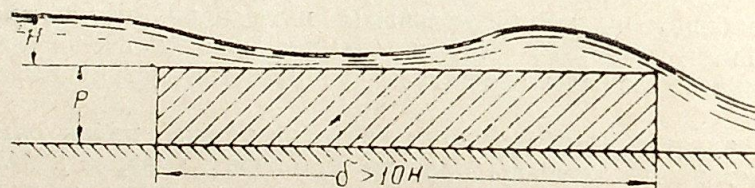
Бир чох һалларда гидротехники тикинтилəр астаная малик олмурлар: йə'ни астанасыз олурлар. Буна мисал олараг, суварма каналларындакы низамлайчы-шлүзлəри, субурахычылары, кичик көрпүлəри вə башгаларыны кəстəрмək олар (2-чи шəкил). Белə тикинтилəр гидравлики чəһəтдən энли астаналы суашыранларын хүсуси һалларыдыр. Бу чүр астанасыз суашыранлардан кечən суюн үмуми характери, энли астаналы суашырандан кечən суюн һәрəkəт характери кими олур. Бунларын арасында олан əсас фəрг ондан ибарəтдир ки, астанасыз суашыранларын габағында олан басгы, энли астаналы суашыраның габағында астананың һүндүрлүйүнə көрə əмələ кəлən басгы кими олмайыб, ялныз ахымын даяглар вə ян диварлар васитəсилə сыхылмасы һесабына əмələ кəлир.

Энли астаналы суашыран мөвзуу илэ бир чох алмилэр мөшгүл олмушлар. Бу суашыран айры-айры алмилэр тэрэфиндэн мүхтәлиф вахтларда һәм нәзәри, һәм дә экспериментал олараг тәдгиг әдилмишдир.



2-чи шәкил.

Сон вахтлар энли астаналы суашыран бир чох совет алмиләринин (Ф. И. Пикалов, Г. И. Сухомел, А. Р. Березински вә башгалары) тәдгигат фәнни олмушдур. Әсас олараг, сәрф әмсалы m , сүр'әт әмсалы φ вә басдырылма әмсалынын σ гиймәтләри өйрәнилмишдир¹. Энли астаналы суашыранын өйрәнилмәсинә даир алмилэр тэрәфиндән чохлу тәдгигатларын апарылмасына бахмаяраг, һазырда суашыранлар саһәсиндә элэ бир вәзийәт әмәлә кәлмишдир ки, һәр һансы бир мәсәләнин һәлли үчүн мүхтәлиф һесабат үсуллары вә әмсаллары (мүхтәлиф заманларда айры-айры мүәлифләрин тәклифи илэ верилмиш) вардыр. Бунлар да лайиһәдә вә истәһсалатда ишләйән мүһәндисин ишини чәтинләшдирәрәк, мөвчуд һесабат гайдаларынын ән әлверилисини сечмәк мәгсәдилә онлары анализ әтмәйә мәчбур әдир. Буна



3-чү шәкил.

көрә, демәк олар ки, һәлә индийә гәдәр энли астаналы суашыранын үмуми гәбул әдилмиш һесабат үсулу йохдур. Бундан башга суашыран астанасынын узунлуғу $\delta > 10H$ оларса, онда белә суашыран гыса каналлара вә көрпүләрә аид олур вә индийә гәдәр бунларын гидрав-

¹ Азәрбайжан ССР Элмәр Академиясы аспирантларынын V конгрессынын әсәрләри. Суашыранларын гидравлика һесабаты, 1957.

лики һесабаты энли астаналы суашыранын дүстуру илэ апарылыр (3-чү шәкил). Гейд әтмәк ләзымдыр ки, гыса каналлар вә көрпүләр дә һазырда экспериментал олараг аз тәдгиг әдилмишдир.

Бүтүн бу юхарыда кәстәриләнләри нәзәрә алараг, энли астаналы суашыранын өйрәнилмәсинә даир экспериментал олараг, ени хүсуси әлми-тәдгигат ишләри апармаг гаршыда дуран әсас мәгсәддир.

Буна көрә ян сыхылмасы олмаян энли астаналы суашыранын тәдгигинә даир бир нечә тәчрүбә апарылмышдыр. Бу тәчрүбәләрин кедиши һаггында ашағыда изаһат верилир.

Тәчрүбәләрин кедиши

Ян сыхылмасы олмаян энли астаналы суашыран үзәриндә тәчрүбәләр Азәрбайжан ССР ЭА Энергетика Институтунун гидравлика лабораториясынын бөйүк шүшәли новунда апарылмышдыр.

Новун үмуми узунлуғу 30 м, эни исә 2 м-дир. Новун диби вә трапесшәкилли суөлчән васитәсилә дахил олур. Энли астаналы суашыранын модели новун шүшә һиссәсиндә гоюлмушдур. Шүшә һиссәлуғу 16,5 м, моделдән сонра исә 12 м-дир. Суашыран астанасынын моделинин эни $\delta = 2$ м, астананын һүндүрлүйү исә $P_1 = 0,295$ м; $P_2 = 0,32$ м-дир. Новун дәринлиийи 1,1 м-дир. Энли астаналы суашыранын модели бетондан һазырланмыш вә үзәри яхшы һамарланмышдыр.

Трапесшәкилли суөлчән суашыраны үзәриндәки суюн басгысыны өлчмәк үчүн сәвиййә өлчүчү ийнәдән истифадә олунмуш вә нова дахил олан суюн сәрфи $Q = 1,866 H^{3/2}$ дүстуруна әсасән гурулмуш графикдән тәйин әдилмишдир. Суашыран моделинин үстүндәки суюн дәринликләри һәрәкәтәдичи ийнә васитәсилә өлчүлүшдүр.

Тәчрүбәләр апарыларкән суашыран астанасынын үзәриндән кечән ахымын профилләри чәкилмиш вә 4-чү шәкилдә кәстәрилмишдир. Бу тәчрүбәләрдә суашыран астанасынын үзәриндәки басгы $H = 0,031 \div 0,213$ м, суашыран астанасынын һүндүрлүйүнүн басгыя олан нисбәти: $\frac{P}{H} = 1,5 \div 7,26$, суашыран астанасынын узунлуғунун басгыя олан

нисбәти $\frac{\delta}{H} = 9,45 \div 64,5$ олмушдур. Нова дахил олан суюн сәрфи $Q = 0,015 \div 0,300$ м³/сан олмушдур.

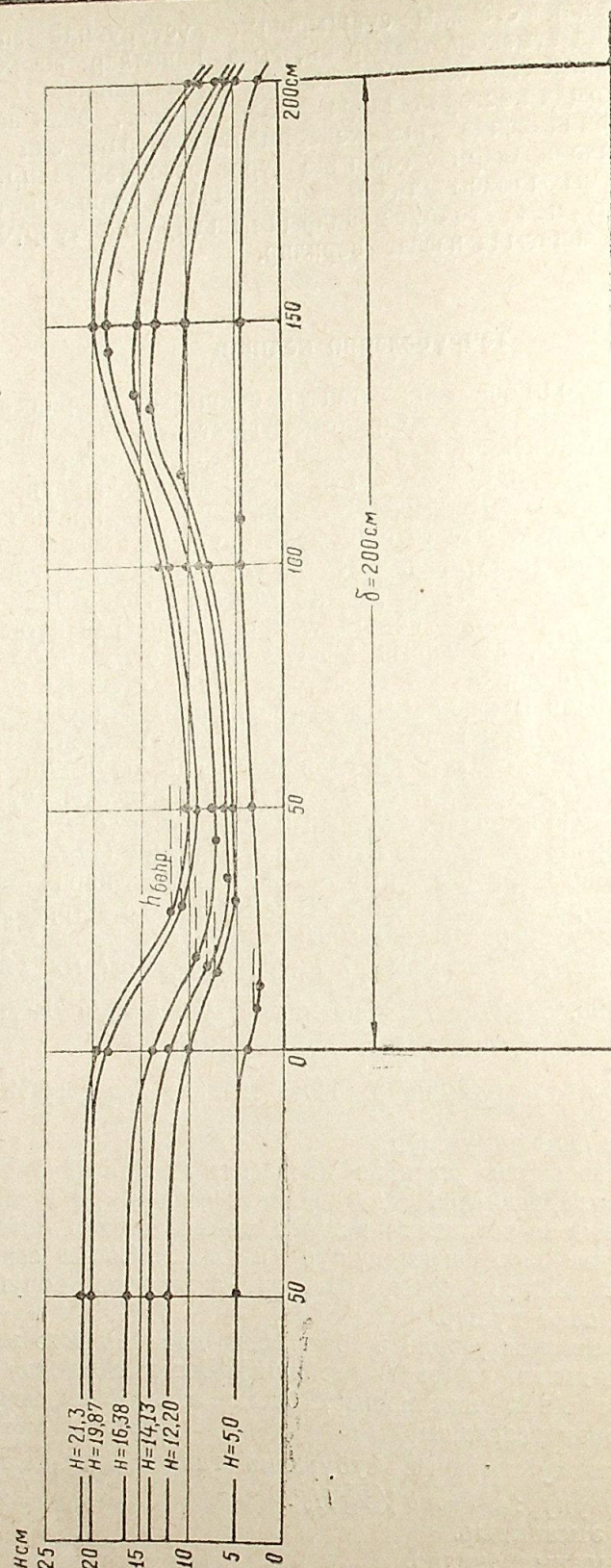
Суашыран астанасынын үстүндән кечән ахымын профилләри кәстәрир ки, астана үзәриндә ики ердә дәринлик бөһран дәринлиийиндән аз олур. Йә'ни ахымын сәвиййәси астаная яхынлашаркән мүғавимәтә раст кәләрәк бирдән-бирә ашағы дүшүр ($h < h_{\text{бөһр}}$). Сонра сычрайыш далға илэ суюн сәвиййәси галхыр. Нәһайәт астананын сонунда енә суюн сәвиййәси ашағы дүшүр.

Суашыранын астанасы үзәриндә басгынын дәйишмәсилә әлагәдәр олараг сычрайыш-далға өз ерини дәйишир. Басгы артаркән сычрайыш-далға ашағы б'ефә яхынлашыр, басгы азалдыгча сычрайыш-далға ашағы б'ефдән узаглашыр.

Энли астаналы суашыранын субурахма габиллийәти ашағыдакы дүстурла тәйин олунур: $Q = mb \sqrt{2g H_0^{3/2}}$. (1)

Бурада: m —сәрф әмсалыдыр.

b —суашыранын энидир.



4-үү шөкөл

H_0 —яхынлашма сүр'этин нэзэрэ алмагла, астана үзэриндэки басыдыр, йә'ни: $H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g}$.

(1) дүстурундан сэрф эмсалы: $m = \frac{Q}{b \sqrt{2gH_0^{3/2}}}$ олур, яхуд: $m = \varphi \kappa \sqrt{1-\kappa}$; $\kappa = \frac{h}{H_0}$.

h —суашыран астанасынын үзэриндэки эн кичик сыхылмыш дэринликдир. φ —сүр'эт эмсалыдыр; $\varphi = \frac{m}{\kappa \sqrt{1-\kappa}}$.

Суашыран астанасы үзэриндэки бөһран дэринлийи $h_{бөһр} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$ дүстуру илэ тә'йинэдилир.

Бурада q —хүсуси сэрфдир; $q = \frac{Q}{b}$.

Апарылмыш тәчрүбэләрдә астанасынын эни $\delta=2$ м вә астанасынын һүндүрлүйү $P_1=0,295$ м, $P_2=0,32$ м олан суашыранынын параметрлеринин гиймәти

Сыра №-си	Q м³/сан илэ	H_0 м-лэ	h м-лэ	$h_{бөһр}$ м-лэ	κ	φ	m
1	0,050	0,0682	0,031	0,0397	0,455	0,936	0,316
2	0,105	0,1077	0,052	0,0655	0,482	0,963	0,335
3	0,121	0,123	0,0545	0,0716	0,444	0,97	0,322
4	0,124	0,125	0,06	0,073	0,483	0,930	0,322
5	0,125	0,124	0,058	0,0732	0,467	0,95	0,324
6	0,140	0,133	0,062	0,079	0,466	0,95	0,325
7	0,149	0,1413	0,0645	0,0825	0,458	0,945	0,318
8	0,162	0,1485	0,067	0,087	0,45	0,96	0,32
9	0,172	0,1517	0,072	0,091	0,475	0,96	0,33
10	0,182	0,1638	0,0735	0,0945	0,45	0,935	0,312
11	0,211	0,178	0,083	0,102	0,466	0,93	0,318
12	0,215	0,179	0,085	0,106	0,475	0,936	0,322
13	0,221	0,182	0,087	0,107	0,477	0,935	0,323
14	0,224	0,1875	0,0875	0,108	0,47	0,915	0,314
15	0,234	0,1936	0,0895	0,111	0,46	0,92	0,312
16	0,253	0,204	0,095	0,1175	0,466	0,92	0,314
17	0,258	0,205	0,0966	0,119	0,471	0,92	0,315
18	0,265	0,208	0,097	0,121	0,465	0,93	0,315
19	0,270	0,213	0,0975	0,124	0,458	0,92	0,31
20	0,275	0,212	0,10	0,124	0,474	0,93	0,318
21	0,285	0,219	0,101	0,129	0,461	0,937	0,316

Юхарыдакы чәдвәлдән көрүнүр ки, сэрф эмсалы m әксәр һалларда 0,32 вә бу гиймәтә яхын олур. Сэрф эмсалынын гиймәти мүхтәлиф шәраитләр үчүн кәләчәкдә апарачагымыз тәчрүбәләрдә өйрәниләчәкдир. Энли астаналы суашыраны даһа бир чох мәсәләләрини тәдгиг этмәк үчүн тәчрүбәләр давам әтдирилир.

Апарылан тәчрүбәләрдән ашағыдакы нәтичәйә кәлмәк олар:

1. Энли астаналы суашыраны моделинин вә новун өлчүләринин бөйүк олмасы тәчрүбәләрин даһа дәгиг апарылмасына имкан верир.
2. Кириш һиссәси дүзбучаглы олан энли астаналы суашыран үчүн сэрф эмсалы $m=0,32$ олур.

3. Суашыран астанасынын үстүндө сычрайыш-далга $H < 0,10$ м олаң вахт сычрайыш-далга йох олур ($\delta = 2\text{ м}$, $P = 0,32\text{ м}$ оларкән).

ӘДӘБИЙЯТ

1. Агроскин И. И., Дмитриев Г. Т. и Пикалов Ф. И. Гидравлика. М. Л., Госэнергоиздат, 1954.
2. Березинский А. Р. Пропускная способность водослива с широким порогом. М., Стройиздат, 1950.
3. Михайлов К. А., Богомолов А. И., Болдаков Е. В., Лелявкин Н. Я. Гидравлика, гидрология, гидрометрия, ч. II. М. Изд. дорожно-технич. л-ры Гусосдора МВД СССР, 1952.
4. Технические условия и нормы проектирования гидротехнических сооружений. Гидравлические расчеты водосливов. М.—Л., Госэнергоиздат, 1952.

Н. М. Мамедов

К вопросу исследования водослива с широким порогом

РЕЗЮМЕ

Водослив с широким порогом весьма часто применяется в гидротехнической практике. Гидравлический расчет многих гидротехнических сооружений ведется по формулам водослива широким порогом. Так, расчет отверстий плотины, входной части водосборных сооружений, шлюзов-регуляторов ирригационной сети, перепада и других сооружений ведется по формулам водослива с широким порогом.

Во многих случаях гидротехнические сооружения имеют так называемые донные пороги, которые не возвышаются над дном водотока, например, шлюзы-регуляторы на оросительных каналах, водоспуски, малые мосты, безнапорные трубы и пр. Такие сооружения с гидравлической стороны представляют особый случай водослива с широким порогом без донного выступа. Общий характер движения воды через эти водосливы остается такой же, как и через водослив с широким порогом. Разница заключается в том, что напор создается не за счет возвышения порога водослива, а вследствие бокового сжатия потока устоями, быками и пр.

Водослив с широким порогом за последнее время был предметом исследования многих советских гидравликов (Г. И. Сухомел, А. Р. Березинский, Ф. И. Пикалов и др.). Исследовались главным образом значения коэффициентов расхода m скорости φ и условия затопления.

Несмотря на то, что по водосливу с широким порогом проведено много работ, еще не уточнены и недостаточно изучены некоторые параметры этого водослива.

С этой целью проведен ряд опытов по водосливу с широким порогом без бокового сжатия.

Опыты проводились в большом лотке гидравлической лаборатории Энергетического института им. И. Г. Есьмана. Длина лотка 30 м, ширина 2 м и глубина 1,2 м.

Модель водослива установлена в зеркальной части лотка, т. е. почти в середине. Ширина порога 2 м, высота 0,32 м. В опытах замерялись расходы и профили потока. Из проведенных опытов можно сделать следующие выводы.

1. Большие размеры лотка и модели водослива с широким порогом дают возможность точнее провести опыты.

2. Для водослива с широким порогом с прямоугольным входным ребром коэффициент расхода получается около 0,32.

3. На пороге водослива при больших напорах образуется прыжок-волна, при малых напорах прыжок-волна исчезает.

Для изучения ряда вопросов водослива с широким порогом опыты продолжаются.

МҮНДӘРИЧАТ

Ә. Ш. Һәбибзадә. Нүвәси параметрә көрә полином олан бир сийиф интегро-дифференциал тәнликләр үчүн коши мәсәләси	3
З. А. Әлиярәва, Һ. Б. Абдуллаев. Бир нечә элементин селәи дахилдә диффузиясынын тәдгиги	7
Ә. Х. Хәлилов, Ә. Ю. Салаев. Бәзи полиактиваторлу фосфорларын һәячанландырма спектрләринә вә рентген шәаларынын тәсиринин тәдгиги	15
С. З. Өмәров. Нисби рефраксиянын вә абберрассиянын һесаблима дүстурлары	19
Ә. Һ. Әлиев, А. М. Минзберг. Сементин тәркибинин типинин шәрғи Абшерон мәһсулдар гатларынын юхары һиссә коллектор хусусийәтләринә тәсир	31
А. Б. Сатурянс, Т. А. Һачыева. Азәрбайжан нефт ятагларынын кеотермик пилләси һаггында мәлүматлар	39
Г. Н. Чәлилов, Х. А. Гуламов. Ачылма дәрәчәсинә көрә натамам нефт гукусунун бирчинсли олмаян (чохтәбәгәли) лайларда иши һаггында	47
С. Ч. Мәһдиев, Б. Ф. Пишнамаззадә, Л. М. Кошелева, Ш. Һ. Һейбәтова, Ф. А. Һәшимова. Фәрди карбоһидрогенләрин нефтдән чыхарылмасы. 1-чи мәлүмат. Сиклоһексанын чыхарылмасы	53
С. Ч. Мәһдиев, Ә. Ф. Әлиев, Ү. Х. Ағаев. Сиклоһексан карбоһидрогенләринин хлорлашдырылма реаксиясынын тәдгиги	67
И. А. Мәммәдов, В. Ф. Негреев. Ералты нефт вә газ көмәрләринин пластмас өртүйү илә муһафизәсинә даир	75
С. М. Рәсулова, Н. Г. Хәлилова, Р. М. Чәфәрли, С. Ә. Мурадова, З. Һ. Зүлфугаров. Ханларит крекинг катализаторларынын фәаллығынын артырылма йолларынын тәдгиги	81
А. Г. Мискәрли, В. Я. Земланская. Чәтин шәрәйтдә нефт гуюларынын газылмасы үчүн ағырлашдырылмыш кил препаратларынын истәһсалы үсүлунун тәкмилләшдирилмәси	97
Я. Б. Гәдимов, Б. А. Листенгартен. Пайланмыш параметрли автоматик тәнзим системләринин тәдгигиндә дискрет лаплас чевирмәсинин тәдгиги	109
О. С. Мәммәдяров. Мүхтәлиф кәркинликли паралел ишләйән шәбәкәләрдә узунуна компенсациянын тәтбиги һаггында	119
Л. А. Мухарская. Трансформатор яғынын термики көһнәлмәсинин тәдгиги	131
Н. М. Мәммәдов. Әли астаналы суашыравын тәдгиги мәсәләсинә даир	143

СОДЕРЖАНИЕ

А. Ш. Габиев. Задача Коши для одного класса линейных интегральных дифференциальных уравнений с ядром в виде полинома относительно параметра	3
З. А. Алиева, Г. Б. Абдуллаев. Исследование диффузии некоторых элементов в селене	7
А. Х. Халилов, Э. Ю. Салаев. Исследование влияния γ - и рентгеновских лучей на спектры возбуждения некоторых полиактиваторных фосфоров	15
С. З. Омаров. Формулы дифференциальной рефракции и аберрации	19
А. Г. Алиев, Л. В. Минзберг. О влиянии состава и типа цемента на свойства коллекторов верхнего отдела продуктивной толщи восточного Апшерона	31
А. Б. Цатурянц, Т. А. Гаджиева. Новые данные о геотермической ступени для нефтяных месторождений Азербайджана	39
К. Н. Джалилов, Х. А. Гуламов. О работе несовершенной скважины по степени вскрытия в неоднородных (многослойных) пластах	47
С. Д. Мехтиев, Б. Ф. Пишмамазаде, Л. М. Коршелева, Ш. Э. Эйбатова, Ф. А. Гашимова. Выделение индивидуальных углеводов из нефти	53
С. Д. Мехтиев, А. Ф. Алиев, У. Х. Агаев. Исследование реакции хлорирования циклогексановых углеводов	67
И. А. Мамедов, В. Ф. Негреев. Защита подземных трубопроводов пластмассовыми покрытиями	75
С. М. Расулова, Н. Г. Халилова, Р. М. Джафарли, С. А. Мурадова, З. Г. Зульфугаров. Исследование путей повышения стабильной активности катализатора крекинга—ханларита	81
А. К. Мискари, В. Я. Землянская. Усовершенствование способа производства утяжеленных и стабилизированных глинопрепаратов для бурения нефтяных скважин в осложненных условиях	97
Я. Б. Кадымов, Б. А. Листенгартен. Применение дискретного преобразования Лапласа для исследования систем автоматического регулирования с распределенными параметрами	109
О. С. Мамедьяров. О применении продольной компенсации в параллельных сетях различных напряжений	119
Л. А. Мухарская. Исследование термического старения трансформаторных масел	131
Н. М. Мамедов. К вопросу исследования водослива с широким порогом	143

Азербайчан ССР Элмлер Академиясынын ашагыдакы журналларына 1959-чу ил үчүн АБУНЭ ГЭБУЛУ БАШЛАНМЫШДЫР

„АЗЕРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛЕР АКАДЕМИЯСЫНЫН МЭ'РУЗЭЛЭРИ“

Илдэ 12 нөмрө чыхыр.
Иллик абунэ гиймэти 48 манат,
һәр нөмрөнин гиймэти 4 манатдыр.

„АЗЕРБАЙЧАН ССР ЭЛМЛЕР АКАДЕМИЯСЫНЫН ХЭБЭРЛЭРИ“

„Азербайчан ССР
Элмлер Академиясынын Хэбэрлери“
ашагыдакы сериялар үзрә чыхыр:

1. Геология-тография элмлери сериясы.
2. Физика-техника вә кимя элмлери сериясы.
3. Биология вә кәнд тәсәррүфат элмлери сериясы.
4. Ичтимаи элмлер сериясы.

Һәр серия илдэ 6 нөмрә чыхыр.
Һәр сериянын иллик абунэ гиймэти 48 манат,
1 нөмрөнин гиймэти 8 манатдыр.

Абунэ „Союзпечат“ вә бүтүн почта
шө'бәлери тәрәфиндән гәбул олунур.

Азербайчан ССР
Элмлер Академиясы Нәшрийяты