

**İDARƏ OLUNAN ROTOR SİSTEMİ İLƏ QAZMA  
ZAMANI MAİLİ VƏ ÜFÜQİ QUYULARIN  
TRAYEKTORİYALARININ İDARƏ OLUNMASI ÜÇÜN  
ƏYRİLİK RADİUSUNUN TƏYİNİ**

**Şirinov M.M., Boqopolskiy V.O., Səmədov V.N.,  
Həmidov E Ə. (magistrant ADNSU)**

Hal-hazırda maili və üfqi quyu lülələrinin qazılmasında idarə olunan rotor sistemi (rotary steerable system (RSS)) fəal inkişaf dövrü keçir, belə ki, dağ süxurlarının dağıdılması, baltanın qazma kəməri ilə birlikdə fırlanması yuxarı intiqal sistemi (YİS) vasitəsilə yerinə yetirilir, həmçinin də inhirafetdirici sistem vintli quyudibi mühərrik vasitəsilə işləyir.

İdarə olunan rotor sistemi böyük inhirafli və üfqi quyuların qazılmasına imkan verməklə yanaşı qazma kəmərinin fasiləsiz fırlanması, alətin tutulma ehtimalını azaldır, qazmanın sürətini artırır, qazılmış süxur hissəciklərindən quyu lüləsinin yaxşı təmizlənməsini təmin edir, qazma məhlulunun məhsuldar laya çox zərərli təsirini azaldır və quyunun istismara verilməsi vaxtını sürətləndirir.

İRS quyu oxuna nisbətən balta istiqamətinin dəyişməsinin idarə olunma prinsipinə görə iki əsas tipə bölünür:

1. "push the bit" (baltanın quyu divarına itələnməsi);
2. "point the bit" (baltanın pozisionlaşdırılması və ya mövqələşdirilməsi)

**"Push the bit" (baltanın quyu divarına itələnməsi) tipli  
İRS iş prinsipi.**

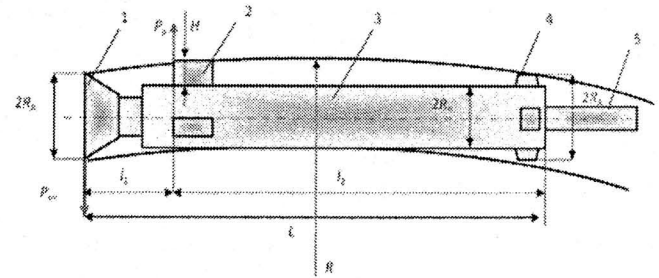
"Push the bit" – sistemi quyu əyriliyinin dəyişməsinə, inhirafetdirici qüvvənin təsirlə quyu divarının frezerlənməsi hesabına alır.

"Push the bit" – baltada inhirafetdirici qüvvənin qiymət və istiqamətinin dəyişməsi, yəni baltanın quyu divarına itələnməsi üçün lazımı istiqamətdə baltanın gövdəsində təzyiq yaranır [1].

Bu sistemdə baltada yaranan inhirafetdirici qüvvə  $P_t$ , quyu divarına  $P_r$  reaksiya qüvvəsilə təzyiq göstərən pərlərin (2) hərəkəti nəticəsində yaranır (şəkil 1, şəkil 2).

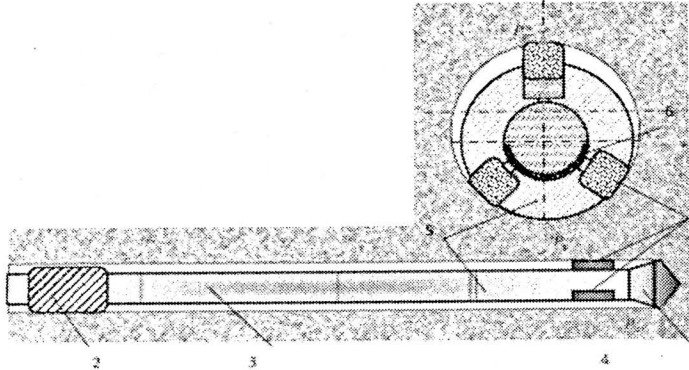
Qazma kəmərinə lazım olan istiqamətə yönəltmək üçün baltanı inhiraf etdirmək əslində sistemdə baltanı quyu divarına sıxmaqla yerinə yetirilir.

Bu növ İRS-də 3 ədəd qazma məhlul ilə hərəkətə gətirilən irəli çəkilən başmaqlı və balta yaxınlığında inhirafetdirici yan gücü yaratmaq üçün yaxınlığında inhirafetdirici blok istifadə olunur. Süxura yan təzyiq yaratmaq üçün fırlanan gövdədən siyirtməli başmaq dinamiki çıxır və bu öz növbəsində qazma istiqamətinin dəyişməsinə səbəb olur.



*Şəkil 1. Baltanın radial yerdəyişməli İRS-in əyrilik radiusunun hesablanması üçün sxem.*

*1 – balta; 2 – hərəkət edən pərlər; 3 – gövdə; 4 – yuxarı stabilizator; 5 – boru;  $D_b$  – baltanın diametri;  $H$  – gövdədən pərin çıxma hündürlüyü;  $D_0$  – gövdənin diametri;  $D_s$  – stabilizatorunun diametri.*



Şəkil 2. Baltanın İnhiraf etdirilməsi üçün idarə olunan rotor sisteminin sxemi. 1 – hərəkət edən pərlər; 2 – stabilləşdirici; 3 – idarəetmə bloku; 4 – balta; 5 – inhiraf bloku; 6 – qapaq

Bucağın qiymətini artırmaq üçün hər bir başmaq quyu lüləsinin aşağı divarına sıxılır və baltanı yuxarı divara sıxır.

Bucağın qiymətini azaltmaq üçün, əksinə - quyunun yuxarı hissə-sinə sıxılır və baltanı quyu lüləsinin aşağı divarına sıxır. Qazmaçı tərəfindən göndərilən komanda telemetrik və hidroimpuls əlaqə ka-nalı vasitəsilə başmağın işləmə vaxtını və gücünü təyin edir. İnhiraf-etdirici blokun üstündə yerləşən idarə bloku, fırlatma qapağını (klapanını) işə salır, qazma kəmərinin dönməsi ilə əlaqədar irəli çəkilən başmağa qazma məhlulunun verilməsini açır və ya bağlayır. Bu başmaqların hər biri istiqamətləndirmə nöqtə-sindən keçdikdə sistem sinxron uzunluğunu və təmas istiqamətində təzyiqli dəyişir. Hər dəfə (konkret) müəyyən nöqtəni keçdikdə hidravliki təzyiqli göstərərək başmaq qazma kəmərinə əks istiqamətə əyir, bununla da baltanı lazım olan istiqamətə yönəldir. Bu zaman balta quyu divarının frezerlənməsi yolu ilə onu lazım olan istiqamətə aparır.

Baltanın radial yerdəyişməli idarə olunan rotor sistemlə qazılan quyu lüləsinin əyrilik radiusunu şəkil 2 – də göstərilən sxemə əsasən aşağıdakı kimi təyin etmək olar [2].

$$R = \frac{0,5}{h} l_1 l_2 \quad (1)$$

$$h = H - (R_b - R_0) + \frac{l_1}{L} (R_b - R_s);$$

burada,  $R_b, R_0, R_s$  – uyğun olaraq baltanın, gövdənin və stabilləşdiricinin radiuslarıdır;  $l_1$  və  $l_2$  uyğun olaraq baltadan hərəkət edən pərlərə və hərəkət edən pərlərdən stabilləşdiriciyə qədər olan məsafədir.

İnhirafetdirici alətin deformasiya olunmadığı halında əyriləşdirilmiş quyu lüləsinə uyğunlaşması şərtindən (1) ifadəsi alınmışdır. Ona görə də (1) düsturundan parametrlərin verilmiş qiymətləri zamanı əyrilik radiusunun minimal qiymətini və uyğun olaraq quyu lüləsinin əyrilik intensivliyinin minimal qiymətini təyin etmək olar. Bu zaman quyu divarının frezerlənməsi prosesində inhirafetdirici qüvvənin  $P_i$  təsiri altında baltanın frezerləmə qabiliyyəti əsas rol oynayır. Bu halda əyrilik intensivliyi (2) düsturundan təyin oluna bilər, əyrilik radiusu isə aşağıdakı asılılıqdan təyin oluna bilər.

$$R = \frac{v_q}{v_f L} \quad (2)$$

burada  $v_q$  və  $v_f$  - uyğun olaraq qazma və quyu divarının frezerlənmə sürətləridir, m/san.

Buradan belə çıxır ki, formalaşdırılmış əyri qazma və quyu divarının frezerlənmə sürətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Əyriliyin yığılma parametrlərinin tələblərini təmin etmək üçün, (1) düsturundan hesablanan əyrilik radiusu ancaq məlum qazma və frezerləmə sürətləri zamanı alına bilər.

İdarə olunan rotor sisteminin frezerləmə istiqamətində təsir edən inhirafetdirici qüvvə inhirafetdiricinin boğulma - dövriyyə sistemində qazma məhlulunun təzyiqləndirilməsi və ölçüsündən asılı olacaq və aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər.

$$P_i = \frac{P_r l_2}{2L} = \frac{F_m S_s l_2}{2L} \quad (3)$$

Burada:  $P_i$  - inhirafetdirici qüvvə, MPa;  $l_2$  - hərəkət edən pərdən inhirafetdiricinin stabiləşdiricisinə qədər olan məsafə, m;  $L$  - inhirafetdiricinin uzunluğu, m;  $P_m$  - hərəkət edən başmaq üstündəki hidrokamerada qazma məhlulunun təzyiqi, MPa;  $S_s$  - hidrokamera tərəfdən hərəkət edən pərin sahəsi, m<sup>2</sup>.

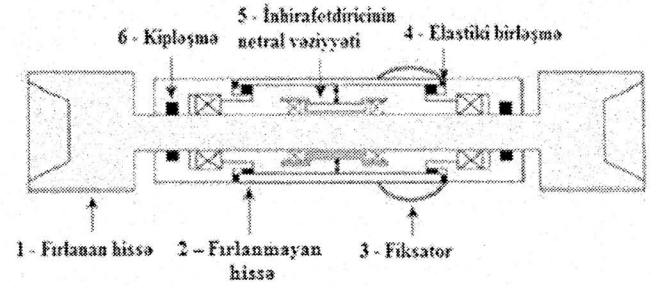
### “Point the bit” - baltanın pozisionlaşdırılması və ya mövqeləşdirilməsi tipli İRS iş prinsipi.

“Point the bit” – baltanın pozisionlaşdırılması (mövqeləşdirilməsi), ötürücü valın alətə nisbətən ayrıləşdirilməsi nəticəsində alınır və ya onun əyrilik bucağının istiqamətinin dəyişməsi son nəticədə balta dişlərinin süxura təmas bucağının dəyişməsinə gətirib çıxarır.

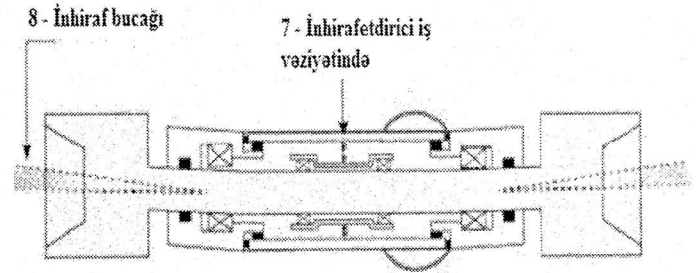
Baltanın çəpləşmə mexanizmini həyata keçirən İRS quyu istiqamətini dəyişmək üçün inhirafetdiricinin daxili valının əyilməsi hesabına işləyir. Bu sistemdə valın əyilmə nöqtəsi gövdənin içərisində balta üstündə yerləşir. Valın əyriliyinin oriyentasiyası qazma kəmərilə eyni sürətlə əks istiqamətdə fırlanan servomühərrikin köməyiylə nəzarət olunur. Bu kəmərin fırlanması zamanı qazma alətin sonunun geostasionar oriyentasiyasının saxlanmasına imkan verir.

İnhirafetdirici qurğunun sxemi aşağıda verilmişdir (şəkil 3). Şərti olaraq bu qurğu fırlanan 1 və fırlanmayan 2 hissələrə bölünür. Fiksa-tor 3 fırlanmayan gövdənin vəziyyətini stabiləşdirir. Konstruksiyada elastiki 4 birləşməli fiksator resoru bu sistemin müxtəlif diametrlili və əyrilikli quyularda istifadəsinə imkan verir. Sıxlaşma 6 yağ yığılmış qurğu gövdəsini hermetikləşdirir. İnhirafetdirici 5 neytral vəziyyətdə olan zaman alət düz qalır (şəkil 3a). İnhirafetdirici 7 işləyən zaman alət əyilir və əyrilik bucağı qədər balta istiqamətini dəyişir 8 (şəkil 3b).

a) Düz alət

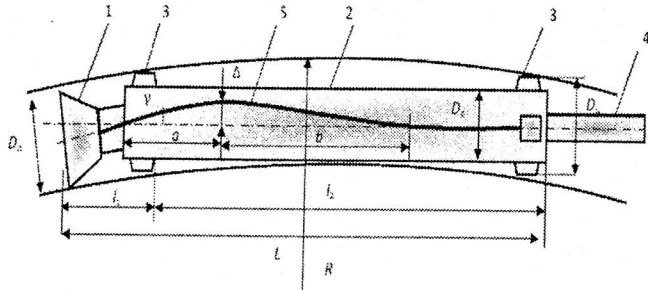


b) Əyilmiş alət



Şəkil 3. İnhirafetdirici qurğunun sxemi

Baltanın çəpləşməsinin dəyişməsi ilə işləyən İRS üçün (şəkil 4) quyunun əyrilik radiusu gövdənin deformasiya olunmasını nəzərə almasaq aşağıdakı ifadədən təyin olunur.



Şəkil 4. Baltanın əyrilik istiqamətinin dəyişməsi İRS-in əyrilik radiusunun hesablanması üçün sxem.

1 – balta; 2 – gövdə; 3 – stabilləşdirici; 4 – boru; 5 – inhirafetdiricinin valı;  $D_B$  – baltanın diametri;  $D_0$  – gövdənin diametri;  $D_s$  – stabilləşdiricinin diametri;  $L$  – sərt hissənin uzunluğu;  $R$  – quyu lü-ləsinin əyrilik radiusu;  $l_1$  və  $l_2$  uyğun olaraq baltadan stabilləşdiriciyə və iki stabilləşdirici arasında olan məsafədir [3,4].

$$R = \frac{L}{2\sin(\gamma - \beta)} \quad (4)$$

burada  $\beta$  – quyu oxuna nisbətən inhirafetdiricinin əyrilik bucağıdır,  $\beta$  bucağı aşağıdakı düsturdan təyin olunur.

$$\beta = \arctan \frac{D_B - D_s}{2l_1} \quad (5)$$

İnhirafetdiricinin valının əyilməsi zamanı yaranan  $\gamma$  bucağı aşağıdakı düsturdan təyin oluna bilər.

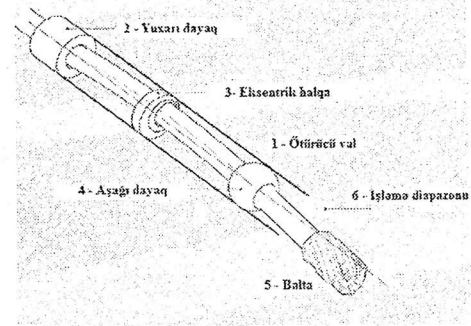
$$\gamma = \frac{3\Delta(1-\mu)^2}{\alpha^3\mu l_2} \quad (6)$$

burada  $\Delta$  – əyilmə zamanı valın inhiraf (uzaqlaşma) bucağı, dər.

$$\alpha = \frac{a}{l_2}; \mu = \frac{b}{l_2}. \quad (7)$$

## Sperry - Sun kompaniyasının idarə olunan rotor sistemi Geo – Pilot

Geo – Pilot idarə olunan rotor sistemində balta ilə alətin yuxarı hissəsi arasında yerləşən bütöv valdan ibarət idarə olunan inhiraf-ətdiricidən istifadə olunur (şəkil 5).



Şəkil 5. Fırlanma üsulu ilə qazmada Geo – Pilot idarə olunan rotor sistemi.

Yuxarı dayaq paslanmayan yüksək davamlı poladdan hazırlanmış val qazma məhlulunun keçməsi üçün daxili kanala malikdir. Fırlanmayan gövdənin yuxarı hissəsinin daxilində yerləşən kompakt və möhkəm inhirafetdirici uzal iki fırlanan eksentrik halqa vasitəsilə vala, idarə olunan uzaqlaşma ötürür. Eksentrik halqaları ilə əlaqə, yuxarıdan və aşağıdan iki ötürücü sistemin köməyiylə yerinə yetirilir. Bir və ya hər iki ötürücü sistemin təsiri nəticəsində halqa birlikdə və ya ayrılıqda çevrilir və valı gövdənin mərkəzindən kənara çəkir yəni valı əyilməyə məcbur edir və lazım olan bucaq istiqamətində baltanı istiqamətləndirir. Gövdənin daxilində xüsusi layihələndirilmiş fırlanan kipləşdirici dayaq, qazma məhlulunun sistemin daxilində və yağlama mayesinin sistemdən kənara axmasına imkan vermir.

Eksentrik halqa valı əyən zaman ona, özündən yuxarıda əyilməyə imkan verməyən yuxarı dayaq və baltanın istənilən

verilmiş səmtə istiqamətlənməsinə və sərbəst fırlanmasına imkan verən aşağı dayaq arasında əyilir. Baltaya verilən əsas oxboyu yük gövdə vasitəsilə ötürülür, onda bunun sayəsində valı nisbətən nazik və idarə olunan etmək olar. Geo-Pilot sisteminin işləmə müddətinin maksimum və sistemin etibarlılığını təmin etmək məqsədilə kipləşdirici dayaq və başqa daxili hərəkət edən hissələr yağın içərisində yerləşdirilir. Alətin yuxarı hissəsində yerləşən kompyuterləşdirilmiş blok valın əyilməsinə nəzarət edir. Bu işə fasiləsiz olaraq baltanın hərəkət istiqamətini idarə etməyə imkan verir.

Quyuların qazılması üçün istifadə olunan Geo – Pilot aləti şəkil 5 – də göstərilmişdir.

Bu sistem genişləndirilmiş qəlibləyici gövdəli almazlı baltanı istifadə etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Ötürücü val 1 (şəkil 5) yuxarı və aşağı şarnirli dayaqalarda (podşipniklərdə) yerləşdirilir. Yuxarı şarnirli dayaq 2 silindr formasında, aşağı şarnirli dayaq 4 kürə formasında olub, baltanı pozisionlaşdırmaq üçün işlədilir. Eksentrik halqa 3 ötürücü valı ortadan əyir və nəticədə balta 5 əks istiqamətə inhiraf edir.

Baltanın 5 pozisionlaşma intervalı mürəkkəb üç ölçülü profilin yerinə yetirilməsinə imkan verir.

Bu sistemin idarə olunması iki rejimdə yerinə yetirilir. Əl ilə idarə rejimində sistemin vəziyyətinə operator vasitəsilə nəzarət edilir.

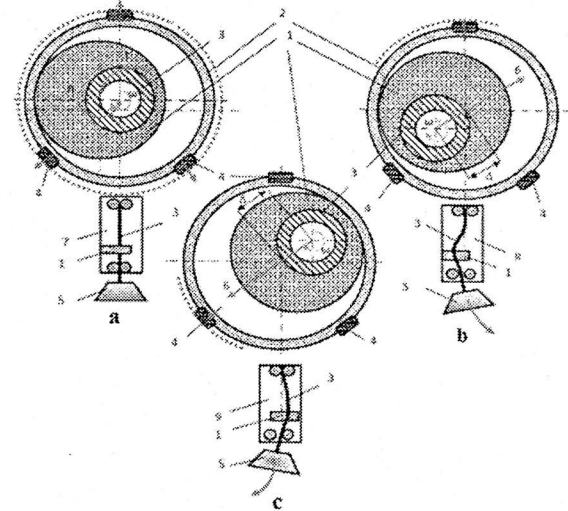
Avtomatik rejimdə "Geopilot" trayektoriyayı düzəltmək və ya saxlamaq proqramından istifadə etməklə quyu trayektoriyasını layihə üzrə aparırlar. Məlumatların yer üzünə ötürülməsi müsbət impulsu hidravliki əlaqə kanallı telemetriya sistemi vasitəsilə yerinə yetirilir, idarə olunma rotorun fırlanma tezliyi və ya qazma məhlulu selinin dəyişməsi nəticəsində, ötürülən xüsusi komanda ilə yerinə yetirilir.

Bu tip qurğunun iş sxemi şəkil 6 – da göstərilmişdir.

Eksentrik qol 1 öz oxu ətrafında  $\mu$  istiqamətində, həmçinin də İRS –in gövdə-stator 2 oxu ətrafında  $\tau$  istiqamətində fırlanma

imkanına malikdir. İRS –in val-rotoru 3, hansı ki qazma baltası 5 bağlanıb, eksentrik halqa 1 içərisində  $\omega$  tezliklə fırlanır. Siyirtmə 4 hərəkət edən zaman quyuda İRS –in gövdə - statoru müəyyən vəziyyət alır.

Servomexanizmin köməyiylə eksentrik halqa 1 döndərilir, bu iş elektron blok vasitəsilə kompyuter prosesini idarə edən tərəfindən idarə olunur.

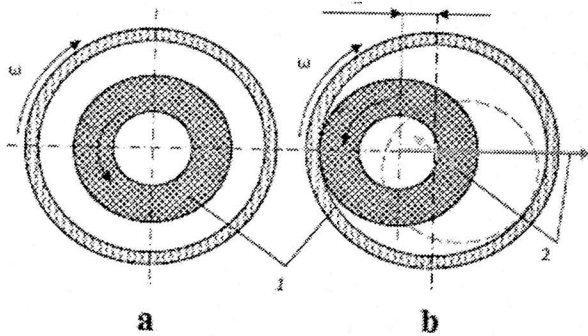


Şəkil 6. Baltanın pozisionlaşdırılması və ya mövqeləşdirilməsi ilə İRS –in iş sxemi.

a – düzxətli qazma istiqamətini təyin edən sistemin vəziyyəti; b, c – qazma istiqamətinin dəyişməsinə təyin edən sistemin vəziyyəti; 1 – eksentrik vtulka; 2 – gövdə - stator; 3 – val - rotor; 4 – hərəkət edən siyirtmə; 5 – balta; 6 – quyunun əyilmə istiqaməti; 7 – düzxətli qazma zamanı İRS –in iş sxemi; 8, 9 – qazma istiqaməti dəyişən zaman İRS –in iş sxemi.

Eksentrik qolun 1 dönməsi, İRS – in gövdəsinin 2 mərkəzi oxuna nisbətən  $\Delta$  məsafəsi qədər val – rotorun 3 inhirafına gətirib çıxarır, və balta 5 qolun vəziyyətindən asılı olaraq bu və ya digər tərəfə çəplik alır. Şəkil 9, (a) – qazmanın düzxətli istiqamətini təyin edir, burada eksentrik qolun daxili dəşiyi İRS – in gövdəsilə oxları üst-üstə düşür.  $\Delta = 0$ , baltada çəplik yoxdur. b,c – qazma istiqamətinin dəyişməsinə təyin edir, burada eksentrik qol İRS – in gövdəsində fırlanaraq elə vəziyyət alır ki, bu zaman valın əyilməsinin, baltanın çəp vəziyyət almasını, qazmanın istiqamətinin dəyişməsinə təmin edir.

Şəkil 7-də simmetrik halqavari qol hesabına aparıcı valın əyilməsinin başqa cürə idarə olunması göstərilir. Belə bir variantın yerinə yetirilməsi mümkündür, ancaq bu bir qədər mürəkkəb ötürücü sistem tələb edir, belə ki, qolun val ilə birlikdə yerdəyişməsinə yerinə yetirmək lazım gəlir, bir də inhirafetdiricinin gövdəsinin məhdud olması çətinləşdirir.



Şəkil 8. İnhirafetdirici uzelin iş sxemi və baltanın pozisionlaşdırılması və ya mövqeləşdirilməsi vəziyyətində İRS – lə əyriliyin yığılması.  
a – düzxətli qazma zamanı valın 1 vəziyyəti; b – quyuda qazma istiqamətinin dəyişməsi zamanı valın 1 vəziyyəti.

Geo Pilot sistemi üçün verilmiş aşağıdakı parametrlərdə:  $a = b = 2, 25 \text{ m}$ ;  $l_1 = 0,8 \text{ m}$ ;  $l_2 = 4,5 \text{ m}$ ;  $D_0 = 244 \text{ mm}$ , 295 mm – lik balta ilə qazma zamanı və inhirafetdirici valın müxtəlif əyilmələrində hesabatın nəticələri cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1  
İRS Geo Pilot əyrilik radiuslarının hesabatdan alınmış məlumatları

Mərkəzləşdiricinin diametri, D, mm.	244			280			
	4	5	6	2	3	4	5
Valın əyriliyi, L, mm.							
Əyrilik bucağı, $\gamma$ , rad..	1,75	2,18	2,62	0,87	1,31	1,75	2,18
Əyrilik radiusu, R, m	-	438	194	475	200	126	93

“Bell Direktor” sistemi üçün,  $D_0 = 244 \text{ mm}$ ,  $l_1 = 700 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 2500 \text{ mm}$   $D_b = 295,3 \text{ mm}$  və  $D_m = 280 \text{ mm}$  olan zaman quyuyu lüləsinin əyrilik radiusunun qiymətləri cədvəl 2 – də verilmişdir.

Cədvəl 2  
Bell Direktor sistemi üçün əyrilik radiuslarının hesabatdan alınmış məlumatları

Gövdədən pərin çıxma hündürlüyü H, mm	30	29	28	27,25	26,75
Əyri zonada quyuyu divarı ilə balta arasındakı h, mm	5,75	4,75	3,75	3,00	2,50
Əyrilik radiusu R, m	152	184	233	291	350

### Ədəbiyyat

1. «The Aulotrak System. Rotary Closed-Loop Drilling System.» Baker Hughes Incorporated INT, 0BI716A408-01 2M. 2001.

2. Нескоромных, В.В. Направленное бурение и основы кернометрии: учебник / В.В. Нескоромных. - Москва: ИИФРА-М, 2015.
3. Акбулатов Т.О. Роторные управляемые системы: учебное пособие / Т.О. Акбулатов, Р.А. Хасанов, Л.М. Левинсон - Уфа : УГИТУ, 2006.
4. Кейн С.А. Современные технические средства управления траекторией наклонно направленных скважин: учебное пособие / С.А. Кейн-Ухта : УГТУ, 2014.