

UOT 622.276:658.58

Yeni konstruktiv icralı mancanaq dəzgahının elementlərində yaranan elastik yerdəyişmələrin qiymətləndirilməsi

B.B. Əhmədov, t.e.n., A.B. Hacıyev
Azərbaycan Texniki Universiteti

Elektron ünvan: Ahmedov.Beyali@mail.ru

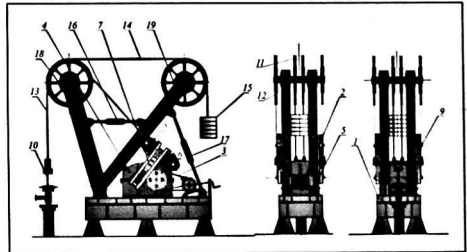
Məqalədə neftin çıxarılmasında istifadə olunan yeni konstruktiv icralı mancanaq dəzgahının konstruktiv elementlərində iş prosesi zamanı statik və dinamik qüvvələrin təsirindən yaranan elastik deformasiyalar tədqiq edilmişdir. Bu elastik deformasiyaların mütləq qiymətlərindən asılı olaraq plunjerin gedisinin faktiki qiyməti müəyyənləşdirilmişdir.

Açar sözlər: mancanaq dəzgahı, ştanq, plunjer, boru, ştok, dirsək-sürüncək.

Əksər ölkələrin iqtisadi inkişafında neft sənayesi ən önəmli və diqqət çəkən sahələrdəndir. Bu sahənin vəziyyətini və imkanlarını nəzərə almadan dövlətin ümumi inkişaf planını işləyib hazırlamaq və onun gələcək mərhələlərini proqnozlaşdırmaq mümkün deyil. Neftin çıxarılması və dünya ölkələrinə nəql edilməsi Respublikanın iqtisadi inkişafında önəmli yer tutur. Bu baxımdan istifadə olunan mancanaq dəzgahların tədqiqi və yeni konstruksiyalarının yaradılmasına böyük ehtiyac var.

Bu sahədə aparılan işlər arasında Azərbaycan Texniki Universitetinin "Maşınların konstruksiya edilməsi" kafedrasının əməkdaşları tərəfindən layihələndirilmiş yeni konstruktiv icralı balansirsiz mancanaq dəzgahı xüsusi əhəmiyyət kəsb edir (şəkil 1). Mancanaq dəzgahının mexaniki intiqalı çoxpilləli reduktorun aparılan valına hər iki tərəfdən sərt bərkidilmiş iki ədəd çarxqolundan ibarətdir. Ötürmə ədədi 125 olan çoxpilləli reduktor iki val üzərində qurulmuşdur. Reduktorun aparın valının bir ucunda pazvari qayış ötürməsinin aparılan qasnağı, digər çıxış ucunda isə qoşa qelibli tormozun qasnağı oturdulur.

Mexaniki intiqal yayma profildən hazırlanmış uzununa tirlərdən ibarət çərçivə, iki ədəd



Şəkil 1. Yeni konstruktiv icralı balansirsiz mancanaq dəzgahının ümumi görünüşü:

1 – çərçivə; 2 – mühərrik; 3 – qayış; 4 – reduktor; 5 – tormoz; 6 – qasnaq; 7 – çarxqolu; 8 – rotorlu əks hərəkətli yük; 9 – tir; 10 – ştanq; 11, 12 – bloklar; 13, 14 – kanatlar; 15 – hərəkətli əks-yük; 16, 17 – ön və arxa dartqılar; 18, 19 – ön və arxa dayaq

ön, iki ədəd arxa dayaq, həmçinin iki ədəd ön və arxa dartqıları birləşdirmək üçün kronşteynlərdən ibarətdir. Çərçivədə reduktorla birlikdə üçfazlı asinxron elektrik mühərriki quraşdırılmışdır.

Cevirici mexanizmin tərkibində həmçinin kanat və bloklar da yerləşir. Paralel kanatların bir ucunda eninə tir vasitəsilə quyuda nasosun plunjerilə əlaqələndirilən ştanqlar kolonnası asılmış, digər ucunda əks-yüklə çarxqolları

bərkidilmişdir. Digər tərəfdən eninə hərəkət edən əks-yükün paralel kanatları ilə, ştanq isə eninə tirlə sərt birləşdirilib. Ön və arxa dayaqlar çərçivənin kronşteynlərmə oynaqı və hər biri sağ və sol yivli sahələrə malik ön dartqılar vasitəsilə bir-birilə birləşdirilmişdir. Bundan əlavə arxa dayaqlar arxa dartqılar vasitəsilə çərçivənin kronşteynlərinə oynaqı birləşdirilmişdir.

Dartqılar dayaqların maillik bucaqlarının dəyişməsinə təmin edir. Dayaqların hündürlüklərini tənzimləmək üçün ştanqın asqı nöqtəsinin gedişindən asılı olaraq, onlar teleskopik hazırlana bilər. Arxa və ön dayaqların aşağı (əsas) ucları, təmir işləri və ştanqın asqı nöqtəsinin şaquli düz xətt üzrə istiqamətləndirilməsi zamanı, həmçinin quyuağzı ətrafında geniş ərazinin azad edilməsi üçün çərçivəyə oynaqı dayaqlarda ön dartqılar vasitəsilə sağa və sola doğru yönəldilə bilməsi imkanına malik olmaqla birləşdirilir. Bundan əlavə dayaqların kronşteynə oynaqı bərkidilməsi mancaq dəzgahının quraşdırma yerinə daşınması zamanı onun ön və arxa dayaqlarını tamamilə qatlamağa imkan verir.

Məsələnin qoyuluşu

Yeni konstruktiv icralı mancaq dəzgahının kanatlarından asılmış ştanqın aşağı-yuxarı hərəkəti zamanı ştanq, boru və kanatlarda deformasiyalar yaranır. Quyuya endirilmiş ştanq və borular öz çəkisinin təsirindən sabit deformasiyaya məruz qalır. Lakin mancaq dəzgahına təsir edən statik və dinamik yüklərin təsirindən ştanq və borunun deformasiyası iş prosesində dəyişir [1, 2].

Məsələnin həlli üsulu

Ümumi halda yuxarıya doğru hərəkəti zamanı ştanqlar kolonnasının maye içərisindəki ağırlıq qüvvəsi $G_{st,m}$, nasos-kompresor borularındakı (NKB) mayenin ağırlıq qüvvəsi $G_{m,süt}$, NKB kolonnasının ağırdakı təzyiqlər $G_{q,a}$ və ştanqlar kolonnasının NKB-yə sürtünməsindən yaranan $G_{sür}$, boruətrafi sahədəki təzyiqlərdən yaranan $G_{b,o}$ və boruətrafi sahədəki mayenin ağırlıq qüvvəsindən yaranan $G_{m,as}$ qüvvələr təsir edir. Qeyd olunan ilk dörd qüvvənin istiqaməti sərbəstdüşmə təcilinə istiqaməti ilə üst-üstə düşür, sonuncu iki qüvvə isə əks-istiqamətə yönəlir (şəkil 2) [3].

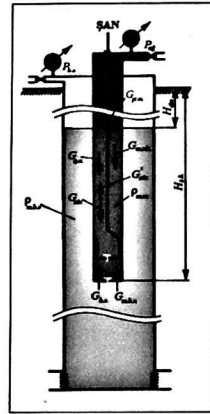
Ştanqlar kolonnasının (plunjerin) yuxarıya doğru hərəkəti zamanı sorucu klapın açığı, vurucu klapın isə bağlı olduğundan NKB-lər

tərəfindən təsir edən qüvvə aşağıdakı kimi yazıla bilər

$$G_{st(NKB)} = (G_{m,süt} + G_{q,a}), \quad (1)$$

boruətrafi sahədən təsir edən qüvvə isə

$$G_{st(b,o)} = (G_{m,as} + G_{b,o}). \quad (2)$$



Şəkil 2. Ştanqlar kolonnasına təsir edən qüvvələrin sxemi

Ştanqlar kolonnasının aşağıya doğru hərəkəti zamanı sorucu klapın bağlı, vurucu klapın isə açıq olduğundan, həm NKB-lər tərəfindən, həm də boruətrafi sahədən təsir edən qüvvələr ($G_T - G_{b,o}$) sıfıra bərabər olur.

Yuxarıda qeyd olunan qüvvələr qurğunun statik iş rejimində konstruktiv elementlərinə təsir edir. Qurğunun dinamik iş rejimində isə əlavə ətalət G_{et} və vibrasiya G_{vib} qüvvələri də təsir edir.

Statik yüklənmə rejimində NKB-lərin içərisindəki maye sütununun çəkisindən yaranan qüvvə

$$G_{m,süt} = AH_{st,k}\rho_{m,or}g, \quad (3)$$

burada A – nasosun plunjerinin en kəsik sahəsi, m^2 ; $H_{st,k}$ – ştanqlar kolonnasının uzunluğu, m ; $\rho_{m,or}$ – NKB-lərdəki mayenin orta sıxlığı, kq/m^3 ; g – sərbəstdüşmə təcildir, m/s^2 .

$$G_{q,a} = Ap_{ag}, \quad (4)$$

$$G_{b,o} = Ap_{b,o}, \quad (5)$$

burada p_{ag} , $p_{b,o}$ – uyğun olaraq quyuağzındakı və boruətrafi sahədəki təzyiqlərdir, N/m^2 .

Quyunun boruətrafi sahəsindəki maye sütununun çəkisindən yaranan qüvvə

$$G_{m,as} = A(H_{st,k} - H_{din})\rho_{m,b,o}g, \quad (6)$$

burada H_{din} – dinamik səviyyə, m ; $\rho_{m,b,o}$ – boruətrafi sahədəki mayenin orta sıxlığıdır, kq/m^3 .

Ştanqın yuxarıya doğru qalxması zamanı asqı nöqtəsinə təsir edən təzyiqlər fərqi yaranan qüvvə ştanq, boru və kanatları dartılma deformasiyasına məruz qoyur. Quyuların istismarı zamanı ştanq, boru və kanatların əhəmiyyətli dərəcədə uzanmasına $G_T - G_{b,o}$ qüvvəsi təsir göstərir. Sürtünmə qüvvələrini nəzərə almadan dartılma və sıxılmada Huk qanunun ifadəsindən istifadə etsək ştanqın asqı nöqtəsinin yuxarıya doğru hərəkəti zamanı ştanqlar kolonnasının uzanması olacaq

$$\Delta l_{st} = \frac{(G_{st(NKB)} - G_{st(b,o)})H_{st,k}}{A_{st}E}. \quad (7)$$

Ştanqın asqı nöqtəsinin aşağıya doğru hərəkəti zamanı $G_T - G_{b,o}$ qüvvəsi ştanqlar kolonnasından götürülür (ştanqlar kolonnası Δl_{st} qədər qısalmır) və NKB-lərə ötürülür. Bu zaman NKB-lərin uzanması aşağıdakı kimi olur

$$\Delta l_b = \frac{(G_{st(NKB)} - G_{st(b,o)})H_{st,k}}{A_bE}, \quad (8)$$

burada E – ştanq və boruların elastiklik modulu, N/m^2 ; A_b – borunun en kəsik sahəsidir, m^2 .

Yeni konstruktiv icralı mancaq dəzgahının konstruksiyasından asılı olaraq kanatın uzunluğu $H_k \approx 0.01 \cdot H_{st,k}$ olur. Onda kanatların dartılmadan yaranan elastik yerdəyişməsinə aşağıdakı ifadə ilə təyin edə bilərik

$$\Delta l_k = \frac{4(G_{st(NKB)} - G_{st(b,o)})H_{st,k} \cdot 10^{-2}}{A_k E \cos^4 \alpha \cos^4 \beta}, \quad (9)$$

burada α – kanatın mətilinin hörmənin oxuna nəzərən maillik bucağı; β – hörmənin kanatın oxuna nəzərən maillik bucağıdır, spiralşəkilli kanatlar üçün $\beta = 0$.

Praktiki hesablamalarda adətən ştanq, boru və kanatların öz çəkisindən uzanması və sürtünmə qüvvələri nəzərə alınmır.

Bu deformasiyalar nəticəsində nasosun silindrinə plunjerin yerdəyişməsi o zaman başlayacaq ki, plunjer yuxarıya doğru hərəkət etməzdən əvvəl pardaxlanmış ştok ($\Delta l_{st} + \Delta l_b + \Delta l_k$) qədər uzanmış olsun. Bu gediş, **plunjerin gedişinin itkisi** adlandırsaq və $\Delta l_{st} + \Delta l_b + \Delta l_k = \lambda^*$ ilə işarə etsək, onda plunjerin həqiqi gedişi aşağıdakı şəkildə olacaq

$$S_{pl} = S_g - \lambda^*, \quad (10)$$

burada

$$\begin{aligned} \lambda^* &= \Delta l_{st} + \Delta l_b + \Delta l_k = \\ &= \frac{(G_{st(NKB)} - G_{st(b,o)})H_{st,k}}{E} \times \\ &\times \left(\frac{1}{A_{st}} + \frac{1}{A_b} + \frac{4 \cdot 10^{-2}}{A_k \cos^4 \alpha \cos^4 \beta} \right) = \\ &= \frac{((G_{m,süt} + G_{q,a}) - (G_{m,as} - G_{b,o}))H_{st,k}}{E} \times \\ &\times \left(\frac{1}{A_{st}} + \frac{1}{A_b} + \frac{4 \cdot 10^{-2}}{A_k \cos^4 \alpha \cos^4 \beta} \right) = \\ &= \frac{AH_{st,k} [(\rho_{m,or} - \rho_{m,b,o})H_{st,k} g + \\ &+ (p_{ag} - p_{b,o}) + H_{din}\rho_{m,b,o} g]}{E} \times \\ &\times \left(\frac{1}{A_{st}} + \frac{1}{A_b} + \frac{4 \cdot 10^{-2}}{A_k \cos^4 \alpha \cos^4 \beta} \right). \quad (11) \end{aligned}$$

(11)-dən göründüyü kimi statik iş rejimində plunjerin gedişinin itkisi ancaq ştanq, boru və kanatların konstruksiyasından və nasosun diametridən deyil, həm də bir sıra texnoloji parametrlərdən, yəni quyuağzı və boruətrafi təzyiqlərdən, nasosun asqı dərinliyi və dinamik səviyyədən asılı olur.

Dinamik yüklənmə rejimində ştanqlar kolonnasının və quyuya hasilatının (maye sütununun) çəkisindən yaranan ətalət qüvvəsi

$$\begin{aligned} G_{et} &= (m_{st} + m_h)a = (G_{st} b' + G_h) \frac{a}{g} = \\ &= (G_{st} b' + (G_{st(NKB)} - G_{st(b,o)})) \frac{a}{g}, \quad (12) \end{aligned}$$

burada m_{st} , m_h – uyğun olaraq ştanqlar kolonnasının və quyuya hasilatının kütləsi, kq ; a – ətalət təcili, m/s^2 ; G_h – quyuya hasilatının çəkisindən yaranan qüvvə, N ; $b' = 1 - \frac{\rho_{m,or}}{\rho_{st}} \left(1 + \frac{p_{ag}}{\rho_{m,or} g H_{st,k}} \right)$ –

ştanqın maye içərisində “üzmə” əmsəlidir. (12)-də təcilin müvafiq qiymətini yerinə yazsaq, ştanqın asqı nöqtəsinin yuxarıya doğru hərəkəti zamanı yaranan ətalət qüvvəsi aşağıdakı şəkildə olacaq

$$\begin{aligned} G_{et}^{dyn} &= \frac{(G_{st} b' + G_h) \pi^2 n^2 S_g \times}{900g} \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1 - \lambda^2)} \right) \end{aligned}$$

$$\leftarrow \frac{\times [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \varepsilon \lambda \sin \varphi]}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} \quad (13)$$

Ştanqın asqı nöqtəsinin aşağıya doğru hərəkəti zamanı yaranan ətalət qüvvəsi isə ($G_h = 0$)

$$G_{ot}^{as} = \frac{G_{st} b' \pi^2 n^2 S_g \times}{900g \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1-\lambda^2)} + \frac{\times [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \varepsilon \lambda \sin \varphi]}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} \right) EA_{st}} \quad (14)$$

Ştanqlar kolonnasının yuxarıya doğru hərəkəti zamanı yuxarı ölü nöqtədə ətalət qüvvəsi maksimum olur, onun təsir istiqaməti isə ağırlıq qüvvəsinin əks istiqamətinə yönəlir. Bu yükün təsiri nəticəsində ştanqlar kolonnası sıxılır ki, bu da plunjerin silindr içərisində gedişinin artmasına səbəb olur. Bu əlavə gediş aşağıdakı düsturla ifadə olunur

$$\Delta e_{st}^{nax} = \frac{(G_{st} b' + G_h) \pi^2 n^2 S_g \times}{900g \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1-\lambda^2)} + \frac{\times [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \varepsilon \lambda \sin \varphi] H_{st,k}}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} EA_{st}} \quad (15)$$

Ştanqlar kolonnasının aşağıya doğru hərəkəti zamanı isə ətalət və ağırlıq qüvvələrinin təsir istiqamətləri üst-üstə düşür. Bu qüvvənin təsirindən ştanqlar kolonnası dartılır ki, bu da plunjerin silindr içərisində gedişinin artmasına səbəb olur. Bu əlavə gediş aşağıdakı şəkildədir

$$\Delta e_{st}^{as} = \frac{G_{st} b' \pi^2 n^2 S_g \times}{900g \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1-\lambda^2)} + \frac{\times [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \varepsilon \lambda \sin \varphi] H_{st,k}}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} EA_{st}} \quad (16)$$

Ətalət qüvvəsinin təsirindən plunjerli nasosun bir tsikli ərzində ştanqlar kolonnasının elastik

deformasiyası nəticəsində yaranan cəm əlavə gediş aşağıdakı kimi olacaq

$$\lambda_{ot} = \Delta e_{st}^{nax} + \Delta e_{st}^{as} = \frac{\pi^2 n^2 S_g \times}{450g \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1-\lambda^2)} + \frac{\times [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \varepsilon \lambda \sin \varphi] H_{st,k}}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} EA_{st}} \times \left(G_{st} b' + \frac{G_h}{2} \right) \quad (17)$$

Beləliklə ümumi halda plunjerin həqiqi gedişi

$$S_{pl} = S_g - \lambda^* + \lambda_{ot} \quad (18)$$

burada λ^* – statik iş rejimində ştanqların elastik deformasiyası; λ_{ot} – ətalət qüvvələrinin təsirindən ştanqların elastik deformasiyası; S_g – ştanqın asqı nöqtəsinin gedişidir $\pi = 3.1416$ və $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ qəbul edərək (17) ifadəsini (18)-də nəzərə alsaq

$$\lambda_{ot} = S_g + \frac{\pi^2 S_g [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \frac{-\varepsilon \lambda \sin \varphi] H_{st,k}}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} EA_{st}}{448g \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1-\lambda^2)} + \left(G_{st} b' + \frac{G_h}{2} \right) - \lambda^* = S_g \left[1 + \frac{\pi^2 [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \frac{-\varepsilon \lambda \sin \varphi] H_{st,k}}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} EA_{st}}{448g \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1-\lambda^2)} + \left(G_{st} b' + \frac{G_h}{2} \right) - \lambda^* \right)} \right] \quad (19)$$

Bu ifadədə

$$\delta^* = \left[1 + \frac{\pi^2 [\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi - \frac{-\varepsilon \lambda \sin \varphi] H_{st,k}}{\frac{\varepsilon^4 \lambda^4 (\lambda^2 + 3)}{4(1-\lambda^2)^3}} EA_{st}}{448g \left(2 + \frac{\varepsilon^2 \lambda^2}{(1-\lambda^2)} + \left(G_{st} b' + \frac{G_h}{2} \right) \right)} \right]$$

əvəzlənməni aparsaq, onda plunjerin həqiqi gedişini təyin etmək üçün aşağıdakı ifadəni alarıq

$$S_{pl} = S_g \delta^* - \lambda^* \quad (20)$$

burada δ^* – plunjerin gedişində uduş əmsalıdır.

Nəticə

1. Neftin çıxarılmasında istifadə olunan yeni konstruktiv icralı manca naq dəzqahının iş prosesi zamanı statik və dinamik yüklərin təsirindən onun konstruktiv elementlərindəki defor-

masiyalar tədqiq edilmiş və elastik deformasiyaların mütləq qiymətindən asılı olaraq plunjerin gediş yolunun faktiki qiyməti müəyyən edilmişdir.

2. Plunjerin gediş yolunun faktiki qiymətinin müəyyən edilməsi, ştanqın asqı nöqtəsinin gediş yolunu, onun sürət və təcili, manca naq dəzqahının məhsuldarlığını daha dəqiqliklə təyin etməyə imkan verir.

3. Təklif olunan ifadələr dərinlik nasosundan maksimal nəzəri məhsuldarlıq əldə etmək məqsədilə layihələndirilən qurğunun iş rejiminə uyğun olaraq elastik deformasiya təsirini nəzərə almaqla plunjerin diametrinin hesablanmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Аливердизаде К.С. Балансирные индивидуальные приводы глубинно-насосной установки (станки-качалки). – Баку: Азнефть. 1951, 215 с.
2. Чичеров Л.Г., Молчанов Г.В., и др. Расчёт и конструирование нефтепромыслового оборудования. – М.: Недра, 1987, 422 с.
3. Мищенко И.Т. Молчанов Г.Б., Рабинович А.М. и др. Скважинная добыча нефти. – М.: Изд-во "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2003, с. 816.

Оценка эластических деформаций в элементах нового конструктивного решения станка-качалки

В.В. Ахмедов, А.Б. Гаджиев

Исследованы упругие деформации в конструктивных элементах нового конструктивного решения станка-качалки, используемого при добыче нефти, от действия статических и динамических сил, произведена оценка фактического хода плунжера в зависимости от абсолютного значения эластических деформаций в процессе работы станка-качалки.

Ключевые слова: станок-качалка, штанга, плунжер, труба, шток, кривошип-шатун.

Evaluation of elastic deformations in the elements of newly developed design solution for sucker-rod pumping unit

V.V. Ahmadov, A.B. Hajiyev

Elastic deformations in structural elements of newly developed design solution for sucker-rod pumping unit used in oil production from the action of static and dynamic forces have been studied, the evaluation of actual plunger stripping depending on the absolute elastic deformations values during sucker-rod pumping unit performance carried out as well.

Keywords: sucker-rod pumping unit, drill rod, plunger, tube, piston, crank-connecting rod.