

Study of the Mechanism of Tooth Wear in the Drilling Rotor

A.M. Aliyev

Azerbaijan State University of Oil and Industry (Azadlig ave., 16/21, Baku, AZ 1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Aliyev Alesker / e-mail: alesker.meherrem@gmail.com

Abstract

Since the bevel gears used in the drilling rotor operate under high stress-strain conditions, various types of failures can occur. In rotary drilling, the rock is destroyed by the drill bit as a result of the longitudinal load applied to the bit and the rotation of the bit. When working with a downhole motor, the reactive torque generated from rotation is transferred to the body due to the stop of the driven conical wheel of the rotor; in both cases, the conical pair of the rotor is in a stress-strain state. If we take into account that the starting torque of the engine exceeds the nominal value, the shocks that occur in each cycle are repeated and affect the contact of the gear pair. The combined effect of axial, torsional and transverse vibrations that occur at the bottom of the well leads to crushing, bending and breakage of the teeth of the rotor wheels. To use the power of drilling motors effectively, it is important to choose the right combination of thrust force and rotational speed depending on the diameter of the bit. These issues are resolved depending on many factors, including well depth, bit diameter, drilling fluid parameters, thrust values and frequency. rotation, drill string diameter.

Keywords: drilling rotor, vibration, transmission power, axial force, rotational speed, useful work coefficient.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_01_55_64

Received 10.11.2022

Revised 16.03.2023

Accepted 27.03.2023

For citation:

Aliyev A.M.

[Study of the mechanism of tooth wear in the drilling rotor]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2023, vol. 15, no. 1, pp. 55-64 (in Azerbaijani)

Qazıma rotorunda dişlərin yeyilmə mexanizminin tədqiqi

Ə.M. Əliyev

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pros., 16/21, Bakı, AZ 1010, Azərbaycan)

Yazışma üçün: Əliyev Ələsgər / e-mail: alesker.meherrem@gmail.com

Xülasə

Qazıma rotorunda istifadə olunan konus dişli çarxlar yüksək gərginlikli-deformasiya şəraitində işlədiyindən müxtəlif xarakterli nasazlıqlar yaranı bilər. Rotor üsulu ilə qazımda süxur baltaya verilən oxboyu yük və baltanın fırladılması nəticəsində qazıma baltası vasitəsilə dağıdılır. Quyu dibində mühərriklə işlədikdə fırlanmadan yaranan reaktiv moment rotorun aparılan konus dişli çarxının durdurulması hesabına gövdəyə ötürülür. Hər iki halda rotorun konus dişli çarx cütü gərginlikli-deformasiya vəziyyətində olur. Mühərrikin işəsalma momentinin nominal momentdən artıq olduğunu da nəzərə alsaq, hər bir tsikldə yaranan zərbələr təkrarlanır və dişli çarxların təmasına öz təsirini göstərir. Quyu dibində yaranan oxboyu, burulma və eninə titrəmələrin birgə təsiri rotorun dişli çarxlarında dişlərin əzilməsi, əyilməsi və qırılması ilə nəticələnir. Qazıma mühərrikinin gücündən səmərəli istifadə etmək üçün baltanın diametrinə görə oxboyu qüvvə ilə fırlanma sürəti kombinasiyasının düzgün seçilməsinin mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Göstərilən məsələlər çoxsaylı amillərdən, o cümlədən quyunun dərinliyindən, baltanın diametrindən, gilli məhlulun parametrlərindən, oxboyu qüvvənin və fırlanma tezliyinin qiymətlərindən, boru kəmərinin diametrindən asılı olaraq həll edilmişdir.

Açar sözlər: qazıma rotoru, vibrasiya, intiqal gücü, oxboyu qüvvə, fırlanma sürəti, faydalı iş əmsalı.

DOI 10.52171/2076-0515_2023_15_01_55_64

УДК 622.24.051.553

Исследование механизма изнашивания зубьев бурового ротора

А.М. Алиев

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (пр. Азадлыг, 16/21, Баку, AZ1010, Азербайджан)

Для переписки:

Алиев Алескер / e-mail: alesker.meherrem@gmail.com

Аннотация

Поскольку конические зубчатые колеса, используемые в буровом роторе, работают в условиях высоких напряжений-деформаций, могут возникать различные виды отказов. При бурении роторным способом порода разрушается с помощью бурового долота в результате действия продольной нагрузки, придаваемой долоту, и вращения долота. При работе забойным двигателем реактивный момент, образующийся от вращения, передается на корпус за счет останова ведомого конического колеса ротора, в обоих случаях коническая пара ротора находится в напряженно-деформированном состоянии. Если учесть, что пусковой момент двигателя превышает номинальное значение, удары, возникающие в каждом цикле, повторяются и влияют на контакт зубчатой пары. Совместное воздействие осевых, крутильных и поперечных колебаний, возникающих на забое скважины, приводит к смятию, изгибу и поломке зубьев колес ротора. Чтобы эффективно использовать мощность буровых двигателей, важно выбрать правильное сочетание осевой силы и скорости вращения в зависимости от диаметра долота. Указанные вопросы решаются в зависимости от глубины скважины, диаметра долота, параметров бурового раствора, значений осевого усилия и частоты вращения, диаметра буровой колонны и др.

Ключевые слова: буровой ротор, вибрация, приводная мощность, осевое усилие, частота вращения, коэффициент полезной работы.

Giriş

Sənaye üsulu ilə neft çıxarılması dövründən bu günə qədər karbohidrogen məhsulları əsas enerji mənbəyi kimi öz hegemonluğunu qoruyub saxlamaqdadır. Yeni-yeni alternativ enerji mənbələrinin kəşf olunaraq istifadəyə verilməsinə baxmayaraq, hələ də neft və qaz istehsalı öz aktuallığını qoruyur.

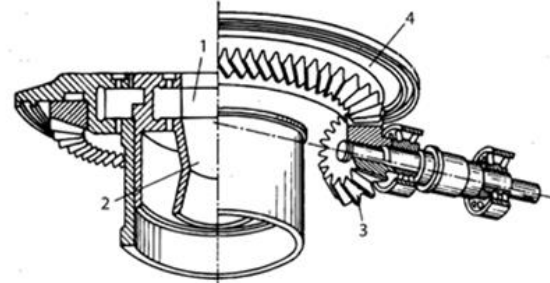
Quyuların yeni texnika və texnologiya ilə qazılmasında topdrayv sisteminin üstünlükləri ilə yanaşı (qazımanın ümumi məsrəflərini 20%-ə qədər azaldır), müəyyən çatışmazlıqları da vardır. Tal kanatının daha çox yeyilməsi, texniki xidmətə ehtiyacın artması, topdrayvın çəkisinə görə vıışkanın yüksəkləmə qabiliyyətinin azalması, sistemin imtinası zamanı onun prosesdən kənarlaşdırılması və ənənəvi rotor üsulu ilə qazımaya keçirilməsi üçün vaxt itgilerinin olması bu qəbildən olan qüsurlardır.

Rotor üsulu ilə qazımada transmissiya sistemi ilə qazıma bucurqadından alınan hərəkət, quyu ağzında yerləşdirilmiş rotora, oradan isə aparıcı boru (işlək boru) vasitəsilə qazıma kəmərinə və nəhayətdə qazıma baltasına ötürülür (şəkil 1).

Baltaya ötürüləcək fırladıcı moment rotorun aparıcı valı üzərində oturdulmuş aparıcı konus çarx (3) vasitəsilə rotor stoluna (2) qızdırılma ilə birləşdirilmiş aparıcı çarxa (taca) (4) ötürülür. Rotor stolunun yuvasında yerləşdirilmiş içliklərin (1) vasitəsilə işlək boruya və sonradan boru kəməri və baltaya ötürülür.

Rotor üsulu ilə qazımada quyu dibinə endirilmiş balta, qazıma boruları ilə birlikdə quyu ağzında yerləşdirilmiş qazıma rotoru vasitəsilə hərəkətə gətirilir. Qazıma kəməri qiyməti və istiqaməti müxtəlif olan külli miqdarda qüvvələrin təsirinə məruz qaldığından çox gərgin şəraitdə işləyir. Baltaya verilən oxboyu yük qazıma kəməri ağırlığının müəyyən hissəsi hesabına əldə edilir.

Rotor üsulu ilə qazımada süxur baltaya verilən oxboyu yük və baltanın fırladılması nəticəsində qazıma baltası vasitəsilə dağıdılır.



Şəkil 1 – Qazıma rotorunun kinematik sxemi
Figure 1 – Kinematic scheme of the drilling rotor

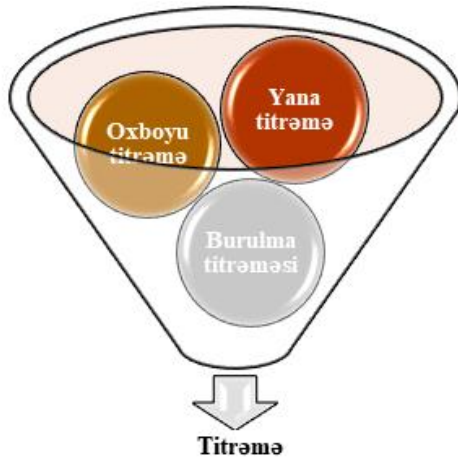
Normal qazıma şəraitində ağırlaşdırılmış qazıma borularının çəkisi hesabına yaradılan oxboyu qüvvənin təsirdən baltanın şəroşkalarının dişləri ardıcıl olaraq süxura batır və balta istər quyudibi mühərrik, istərsə də quyu ağzından rotor vasitəsilə yaradılan fırladıcı momentin köməyi ilə fırladılır. Beləliklə, qazıma zamanı baltanın irəliləmə və fırlanma hərəkətlərinin birgə təsirdən quyu dərinləşir.

Şəroşkalar həm öz oxları, həm də birlikdə quyunun oxu ətrafında boru kəməri vasitəsilə fırladılır. Nəticədə bir dişdən digərinə keçdikdə oxboyu qüvvənin təsirdən yaranan reaksiya qüvvəsi aşağıdan yuxarıya doğru istiqamətlənərək, bir hissəsi verilən oxboyu yüklə müvazinətləşir, qalan hissəsi isə qazıma kəməri vasitəsilə quyu ağzında yerləşdirilmiş qazıma rotorunun köməkçi yastığına təsir edir. Quyudibi mühərriklə işlədikdə fırlanmadan yaranan reaktiv moment rotorun aparıcı konus dişli çarxının durdurulması hesabına gövdəyə ötürülür.

Rotorla işlədikdə isə aktiv fırladıcı moment aparıcı konus dişli çarx vasitəsilə aparıcı çarxa – taca ötürülür. Beləliklə, hər iki halda qazıma rotorunun konus dişli çarx cütü gərginlikli-deformasiya vəziyyətində olur. Mühər-

rikin işəsalma momentinin nominal momentdən artıq olduğunu nəzərə alsaq, hər texnoloji tsiklin başlanğıcında alınan zərbələr təkrarlanır və bu da dişli çarxların təmasında öz izini qoyur.

Fırlanma ilə qazıma üç əsas vibrasiya növündən təsirlənir: Yana titrəmə, oxboyu titrəmə və burulma titrəməsi (şəkil 2). Bunların sayəsində boru kəmərinin quyu divarına zərbəsi və onun özünün oxu ətrafında qeyri-müntəzəm fırlanma hərəkəti meydana çıxır. Qazıma zamanı bu titrəmələr ayri-ayrılıqda və ya birgə təsir göstərə bilər. Baltanın sıçrayışla aşağı-yuxarı istiqamətdə hərəkəti qazıma rotoru elementlərində müxtəlif zədələnmələrə və yorulmaya səbəb olur.

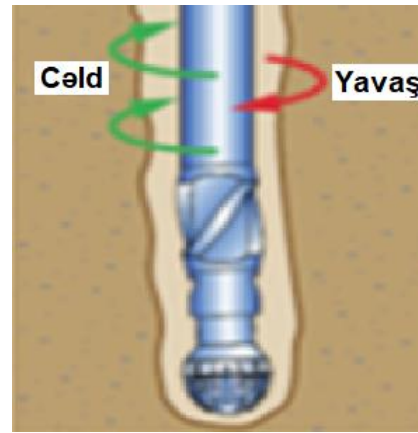


Şəkil 2 – Titrəmələrin yaranma sxemi
Figure 2 – The scheme of the generation of vibrations

Quyu divarı ilə sürtünmə və kritik sürətlərlə işləmə vibrasiyanı gücləndirən əsas səbəblərdəndir. Qazımada yerüstü avadanlıqların yaratdığı titrəmələrin müəyyən qədər öyrənilməsinə baxmayaraq, yeraltı (quyudibi) avadanlıqların və texnologiyanın təsirləri kifayət qədər öyrənilməmişdir. Müasir nəzarət üsullarından istifadə edərək qazıma qurğularındakı titrəmələri analiz etmək, onun təsirlərini azaltmaq və ya minimuma endirmək mümkündür.

Burulma titrəmələri

Burulma titrəmələrinə qazıma kəmərinin fırladılması səbəb olur. Burulma vibrasiyası kəmərin yuxarı hissəsindəki fırlanma bucaq sürətinin qazıma baltasının bucaq sürəti və mövqeyi ilə sinxronlaşdırılmadığı zaman yaranır (şəkil 3).



Şəkil 3 – Burulma titrəmə
Figure 3 – Torsional vibration

Qazıma baltası ilə süxur və ya quyu divarı ilə qazıma kəməri arasındakı qeyri-xətti qarşılıqlı təsirlər burulmanın artmasına səbəb olur. Qazıma işləri davam etdikcə, qazıma borusu burulma enerjisini toplayır. Qazıma borusunda ətalət enerjisinin toplanması qazıma rotorunun dişli çarxlarının zədələnməsinə, yorulmasına səbəb olan ani saat əqrəbi yaxud əksinə fırlanma hərəkətinə səbəb olur.

Yüksək burulma vibrasiyası nəticəsində yaranan bu fenomen burulma rezonansı da yarada bilər. Burulma vibrasiyası keçici və stasionar şəkildə özünü büruzə verir. Keçici titrəmələrə qazıma intervalının dəyişiklikləri ilə əlaqələndirilən şərtlər, məsələn, süxurdakı heterogenlik aid oluna bilər.

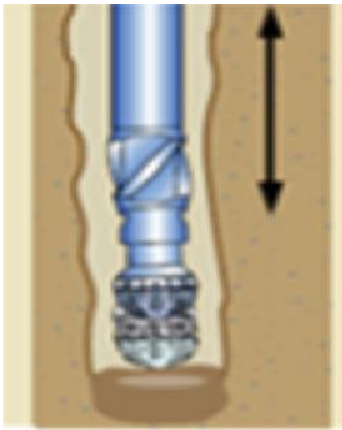
Digər tərəfdən, belə titrəmələrin qazıma kəmərinin təbii rezonansından da qaynaqlanması mümkündür. Bu, ən geniş yayılmış burulma vibrasiyası növüdür.

Rotor üsulu ilə qazıma zamanı ən çox rast gəlinən stasionar burulma vibrasiyasıdır ki, bu da qazıma əməliyyatı zamanı balta ilə süxurun qarşılıqlı təmasında meydana gələn tutub-buraxmalardır.

Nəticədə, duyu divarına yapışmış qazıma kəməri ani sürüşərək bu titrəmələri qazıma kəməri boyunca ötürəcəkdir. Bu titrəmələr rotorun dişli çarxlarında döyüclənmələrə səbəb olacaq.

Oxboyu titrəmələr

Oxboyu (uzununa) titrəmələr qazıma baltası ilə quyu arasındakı qarşılıqlı təsirlər nəticəsində yaranır. Bu səbəbdən ağırlıq qüvvəsinin istiqaməti qazıma kəmərinin dayaq nöqtəsindən keçmir. Qazıma kəməri həm statik, həm də dinamik oxboyu yüklənmələrə məruz qalır. Dinamik oxboyu yüklər balta-suxur qarşılıqlı təsirindən qaynaqlanır (şəkil 4).

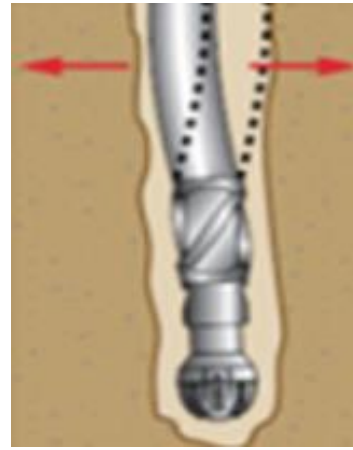


Şəkil 4 – Oxboyu titrəmə
Figure 4 – Vibration along the axis

Bu, baltaya tətbiq olunan yükün zaman-dan asılı dəyişmələrinə səbəb olur. Baltanın belə sıçrayışlı hərəkəti oxboyu titrəmələr nəticəsində yaranır. Belə olduqda rotorun köməkçi və əsas dayaq yastıqlarında, dişli çarxlarında yorulmalara və bəzən ciddi zədələnmələrə səbəb ola bilər.

Eninə titrəmələr

Borunun quyu lüləsi ilə eksentriklikliyi səbəbindən eninə titrəmələr meydana gəlir; bu həmdə qazıma kəmərinin spiralvari (irəliləmə və fırlanmanın birgə təsiri) hərəkəti kimi də qiymətləndirilə bilər (şəkil 5). Baltanın spiralvari hərəkəti quyu divarında yumşaq süxurları sərt süxurlardan daha böyük diametrə qədər böyüdəcək. Bu titrəmə yeraltı qazıma alətinə dağıdıcı təsir göstərsə də, bəzən yer səthində heç bir göstərici qeyd olunmaya bilər.



Şəkil 5 – Yana titrəmə
Figure 5 – Lateral vibration

Üstəlik, quyu divarı ilə təmaslardan yaranan zərbələr nəticəsində quyudibi komponentlərə zərər dəyə bilər. Eninə titrəmələr burulma titrəməsindən daha yüksək tezliyə malikdir. Onu təkcə ölçmələr əsasında proqnozlaşdırmaq və ya təxmin etmək daha çətindir. Eninə zərbələr quyu yuyulmalarına gətirib çıxarır və quyu genişlənməsinə səbəb olan rezonanslar eninə titrəmə ilə əlaqəli ən çox rast gəlinən hadisələrdəndir.

Zərbə qısa müddət davam edən mexaniki qüvvələrin təsirindən meydana gəlir və çox zaman avadanlığın sıradan çıxması ilə nəticələnir.

Qazma kəmərinin eksentrik hərəkəti bir sıra səbəblərdən meydana gəlir. Bura tez-tez baş verən zərbələr, əyilmə gərginliyinin böyük qiymət alması və bir sıra digər amillər daxildir.

Oxboyu və eninə titrəmələrin birgə təsiri rotorun dişli çarxlarında dişlərin əzilməsi, əyilməsi və qırılması ilə nəticələnir.

Məsələnin qoyuluşu

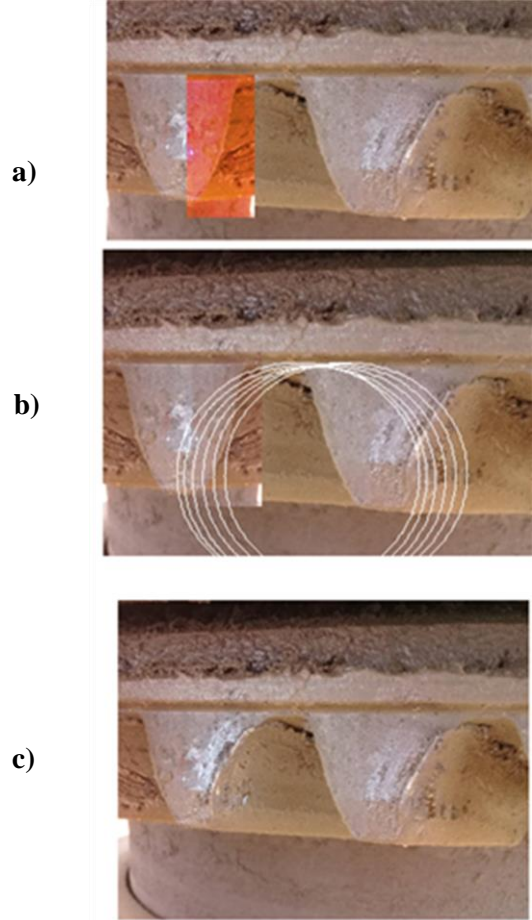
Rotorlarda konik dişli çarxlardan istifadə olunur. Umumiyyətlə bir çox hallarda vallar 90° olduqda gücün bir oxdan digərinə ötürülməsi üçün istifadə olunur. Bu çarxların dişləri konik səthdə əmələ gəlir və normalda iki val bir-birilə düz bucaq altında konusun zirvəsində "kəsişir".

Dişli çarxlar yüksək gərginlikli-deformasiya şəraitində işlədiyindən müxtəlif xarakterli nasazlıqlar yaranır. Yerli qüsurların meydana gəlməsi daha təhlükəli sayılır və sürətlə inkişaf etməyə meyllidir. Bu cür problemlər güc ötürülməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edə bilər.

Əgər nasazlıqlar vaxtında aşkar olunmazsa səthin intensiv yeyilməsi, diş qırılmaları, qopmalar və kəsilmələr kimi ən təhlükəli yerli qüsurlarla nəticələnən dramatik hadisələr baş verə bilər. Yuma mayesinin təcavüz xarakterli xassəyə malik olmasını da nəzərə alsaq, onda yeyilmənin hansı şəraitdə və necə baş verməsini aydınlaşdırmaq olar (şəkil 6).

Rotorun əsas təyinatından əlavə olaraq qazıma kəmərinin qaldırılıb-endirilməsi zamanı şamların açılmasını və bağlanmasını təmin etmək məqsədilə də istifadə olunur. Maksimal burucu moment yaradıldıqdan sonra, ilkin vəziyyətə qayıtdıqda, sanki yay effekti yaranır və konus dişli çarxın dişlərində əlavə dinamiki qüvvələr yaranır. Bu qüvvələr qısa müddətli və böyük qiymətlə təsir edir. Endirilən və qaldırılan şamların sayı qədər tsikllər təkrarlanır. Bu zaman dişlərin təmas səthlərində yaranan gər-

ginliklər qısa müddətdə buraxılabilən həddən artıq qiymət alır və plastik deformasiyanın (qalıq deformasiyanın yaxud yeyilmənin) baş verməsinə səbəb olur. Rotor vasitəsilə böyük fırladıcı momentlərin ötürülməsi konus dişli çarxların dişlərinin yeyilməsinə gətirib çıxarır.



Şəkil 6 – Dişin intensiv yeyilməsinin ardıcılığı
Figure 6 – The sequence of intensive tooth decay

Quyunun oxu boyu yaranan titrəyişlərin təsirindən dişlər arasında ön və radial ara boşluqları artır. Bu halda normal təmas pozulur və aparıcı dişli çarx öz yerini dəyişmədiyindən onun dişləri frez kimi kəsmə təsiri göstərir və aparılan çarxın dişlərinin yeyilməsi sürətlənir. Tsikllərin sayı artdıqca yeyilmə intensivliyi daha da artır (şəkil 6, b-də çevrələrlə göstərilib). İş zamanı çox güclü taqıltiların və zərbə-

lərin yaranması yüksək yeyilmənin və ya dişlərin sınımasının olmasına dəlalət edir.

Məsələnin həlli

Düz dişlər özünün bütün uzunluğu boyunca ilişməyə daxil olur və ilişmədən çıxır. Bu zaman iki dişin təmas xətti (qovuşması) ilişmə müstəvisi əmələ gətirərək yerdəyişməyə məruz qalır. Bütün vəziyyətlərdə sabit ötürmə nisbətini saxlamaq üçün birinci cüt dişlər ilişmədən çıxdığı an ikinci cüt dişlər ilişməyə daxil olmalıdır. Beləliklə ilişmə xəttinin aktiv hissəsinin uzunluğu dişlərin əsas addımından az olmamalıdır.

İlişmə müddətini ön qapama əmsalı ilə səciyyələndirmək qəbul olunmuşdur [1]:

$$\varepsilon_{\alpha} = 1.88 - 3.2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right);$$

Adətən $\varepsilon_{\alpha} = 1.2 \dots 1.8$ həddində olur. ε_{α} -nın qiymətini artması ilə bir cüt dişin ilişmə müddəti azalır. Bu isə dişlərdə gərginliyin artmasına, səs-küyün yaranmasına və ilişmədə dinamik qiüvvələrin yüksəlməsinə səbəb olur.

P 700 rotoru timsalında ($z_1=18$; $z_2=65$) $\varepsilon_{\alpha} = 1.656$ alınır, bu o deməkdir ki, bir cüt dişli çarx ilişmədə tam iştirak edir, ikinci cüt dişin ya 65.6%-i ilişməyə daxil olur, ya da ilişmədən çıxır.

Qazıma əməliyyatı zamanı, statik sürtünmə dinamik sürtünmədən daha yüksək olduqda qazıma kəmərinə toplanmış enerji quyudibi alətdə ətalət enerjisinə çevrilir. Ətalət momentinin istiqamətindən asılı olaraq balta əlavə təcil olaraq ya daha sürətli fırlanacaq ya da ləngiyəcəkdir. Buradan görünür ki, rotorun dişli çarxları nominal fırladıcı momentdən fərqlənən momentləri kəməre ötürür.

Məlumdur ki, burucu momentin bir valdan digərinə ötürülməsi ilişmədə olan dişli çarxların dişləri tərəfindən ilişmə xətti boyunca

ca istiqamətlənmiş normal qiüvvənin təsiri altında yerinə yetirilir. İlişmədəki təmas möhkəmlik şərti [2]:

$$\sigma_H = 335 \sqrt{\frac{8k_u T_2 u}{d_{e2}^3 (1 - 0.5\psi_{bRe})^2 \psi_{bRe}}} \leq \sigma_{HP} \quad (1)$$

burada 335 – dişli çarx cütünün hazırlandığı materialların mexaniki xarakteristikasını, ilişmənin həndəsəsini və qovuşmanı nəzərə alan əmsal; k_u – dişlərin qeyri müntəzəm yüklənməsini nəzərə alan əmsal; T_2 – rotor stoluna ötürülən fırlanma momenti; u – ötürmə ədədi; d_{e2} – bölgü çevrəsinin diametri; ψ_{bRe} – dişin uzunluğunun xarici konus məsafəsinə olan nisbəti; σ_{HP} – materialın buraxıla bilən təmas gərginliyidir.

Düsturdan görünür ki, təmas gərginliyinin dəyişməsinə əsas təsir göstərən amil fırladıcı momentin artıb-azalmasıdır. Yuxarıdakı izahatda qeyd olunduğu kimi fırlanmadan yaranan ətalət təşkilədicisi işarəsindən asılı olaraq burucu momenti artır, yaxud azalda bilər.

Rotorun tələb olunan intiqal gücünü təyin etdikdə qazıma kəmərinin quyuda boşuna fırlanmasına və baltanın fırladılması ilə dağ süxurunun dağıdılmasına sərf olunan güclər müəyyən olunur [3]:

$$P_{boş} = C\rho d^2 L n^{1.7} 10^{-5} \text{ kVt}$$

$$P_b = 3.5kP_b D_b n 10^{-2} \text{ kVt}$$

düsturlarda C – quyunun əyilmə bucağını nəzərə alan əmsal; ρ – qazıma məhlulunun sıxlığı, q/sm^3 ; d – qazıma borularının xarici diametri, m ; L – qazıma borularının uzunluğu, m ; n – qazıma kəmərinin fırlanma tezliyi, $dövr/dəq$; k – baltabın dişlərinin yeyilməsini nəzərə alan əmsal; P_b – baltaya verilən oxboyu yük, kN ; D_b – baltanın diametri, m .

Rotorun tələb olunan intiqal gücü çoxsaylı amillərdən, əsasən baltaya verilən ox-

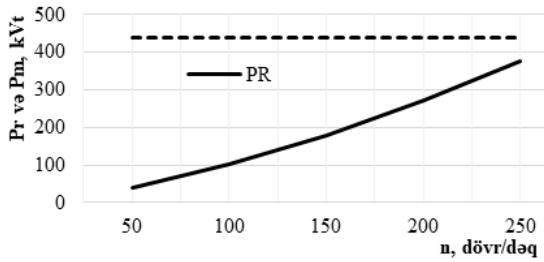
boyu yüklə dövrlər sayının kombinasiyasının düzgün seçilməsindən asılıdır.

Beləliklə, rotorun tələb olunan tam gücü:

$$P = P_{boş} + P_b \quad (2)$$

(1) və (2) ifadələrinə əsasən hesablamalar aparılmış və nəticələr qrafiklərdə təsvir olunmuşdur (şəkil 7 və 3D formatında şəkil 8).

Rotor intiqalı mühərrikinin gücü stolun istənilən dövrlər sayında sabitdir. Tələb olunan güc çoxsaylı amillərdən asılı olaraq dəyişdiyindən hər bir konkret halda müxtəlif qiymətlərə malik olur. Qazıma baltasının müxtəlif diametrlərində rotorun faydalı iş əmsalının dəyişmə qrafiki şəkil 9-da təsvir olunmuşdur.

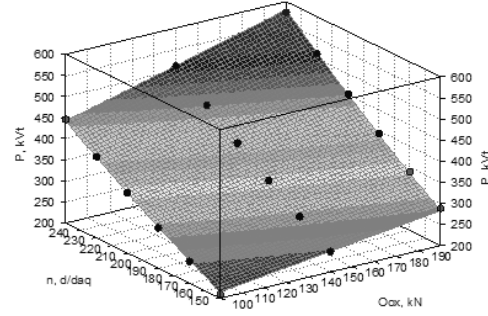


Şəkil 7 – Rotor stolunun müxtəlif fırlanma sürətlərində tələb olunan gücün (Pr və Pm) dəyişmə qrafiki ($P_{ox}=220$ kN; $D_b=0.215$ m; $d=0.127$ m; $L=3500$ m)

Figure 7 – Change graph of required power (Pr and Pm) at different rotation speeds of the rotor table ($P_{ox}=220$ kN; $D_b=0.215$ m; $d=0.127$ m; $L=3500$ m)

Şəkildən aydın olur ki, quyunun baxılan dərinliyində, qazıma baltasının və oxboyu yaradılan qüvvənin müəyyən qiymətində intiqalın f.i.ə. stolun dövrlər sayından asılı olaraq dəyişir. Mühərrikin gücündən səmərəli istifadə etmək üçün baltanın diametrinə görə oxboyu qüvvə ilə fırlanma sürəti kombinasiyasının düzgün seçilməsinin mühüm əhəmiyyəti vardır.

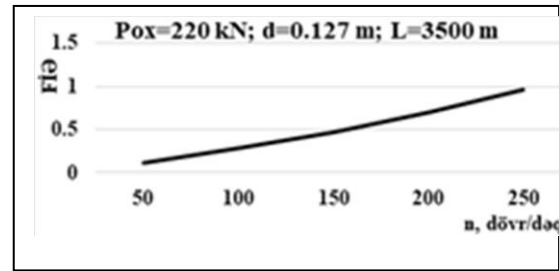
Digər tərəfdən fırlanma sürətinin artması ilə dişli ilişmədə yaranan təmas gərginlikləri də mühüm dərəcədə dəyişir (şəkil 10). Şəkildən aydın olur ki, təmas gərginliyinin yüksəlməsinə ən çox dövrlər sayı təsir göstərir.



$$\ln P = 1.5838631 + 0.0094731 \sqrt{Q_{ox}} \ln Q_{ox} + 0.1335219 (\ln n)^2 \quad (R^2 = 0.9990348)$$

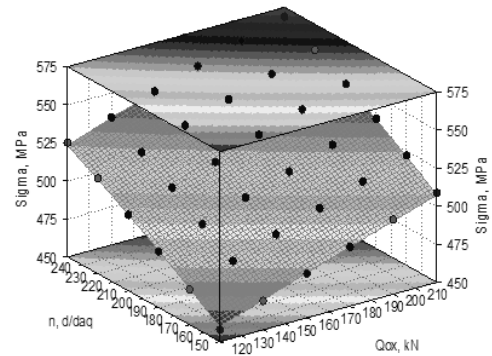
Şəkil 8 – Rotor stolunun müxtəlif fırlanma sürətlərində və baltaya verilən oxboyu qüvvələrdə tələb olunan gücün dəyişmə qrafiki

Figure 8 – The graph of the variation of the required power at different rotational speeds of the rotor table and axial forces applied to the chisel



Şəkil 9 – Rotorun mexaniki f.i.ə-nin dövrlər sayından asılılığı ($D_b=295$ mm)

Figure 9 – Dependence of the mechanical efficiency of the on the rotor number of cycles ($D_b=295$ mm)



$$\sigma_H = 166.35378 + \frac{3.0138731 Q_{ox}}{\ln Q_{ox}} + 17.80817 \sqrt{n} \quad (R^2 = 0.99918)$$

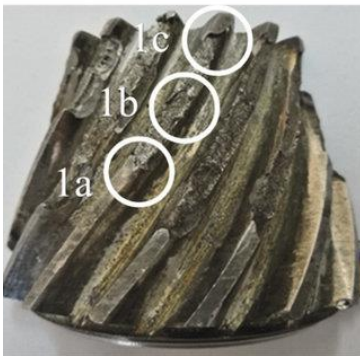
Şəkil 10 – Dişlərin təmas gərginliyinin baltaya verilən oxboyu qüvvədən və stolun fırlanma sürətindən asılılığı

Figure 10 – Dependence of the contact stress of the teeth on the axial force applied to the chisel and the rotation speed of the table

Qazılacaq quyunun fərdi işçi layihəsində böyük oxboyu qiymətlərlə yanaşı, əsaslandırılmamış dövrlər sayının aşağı qiymətlərinin qəbul edilməsi intiqalın faydalı iş əmsalını (mühərrikin gücündən istifadə əmsalını) aşağı salır və həddən artıq fırladıcı momentlə yüklənməni artırır.

Tsikllər təkrarlandıqca təmas gərginliklərinin artması sayəsində vaxtından əvvəl yorulmalar yaranır ki, bu da dişlərin yeyilməsinə və qırılmalara gətirir. Dişin qırılması zədələrin ən təhlükəli növüdür və qırılan diş parçaları aparıcı valın, dişli çarxın, yastıqın və digər komponentlərinin zədələnməsinə və sıradan çıxmasına səbəb olur.

Həddindən artıq yüklənmə və yerli zədələr şəkil 11-də göstəriləndi kimi dişin qırılmasına səbəb ola bilər. Bununla yanaşı, dişli çarxların dişlərində ən çox rast gəlinən təkrarlanan əyilmə yüklənmələrinin əmələ gətirdiyi yorulma səbəbindən yaranır [3-4]. Bu adətən kiçik çatlarla başlayır və dişin bir hissəsi və ya hamısı qopana qədər yayılır. Dişin qalan hissəsi daha çox yüklənməyə məruz qalacaq və qırılmağa daha da meyilli olacaqdır (şəkil 11-dəki 1a, 1b, 1c və digər məntəqələrdəki kimi).



Şəkil 11 – Diş qırılması
Figure 11 – Tooth fracture

Dişli çarxlarda yağlanmanın düzgün həyata keçirilməməsi səbəbindən yağlı sürtünmə yarımayağlı və bəzən quru sürtünməyə keçir ki,

bu da sütünmə və yeyilmə itgilərinin artmasına və təmas səthlərinə temperaturun yüksəlməsinə səbəb olur. Bu halda təmas səthlərində yeyilmə nəticəsində qopmalar yaradaraq yerli çökəkliklər əmələ gətirir.

Çökəklik dişin səth yorğunluğu səbəbindən sıradan çıxmasıdır. Təmas gərginliyi yorulmaya davamlılıq limitindən çox olduqda çökəyin yaranması baş verir. Yükün təkrar tsikllərlə dəyişməsi ilə səthdəki kiçik çökəklik sahələri yarandıqdan sonra sürətlə yayılmağa başlayır, çünki digər səthlər zədələnmiş ərazinin daşdığı yükü də qəbul etməli və ötürməlidirlər.

Nəticədə çox yüksək istilik və qovuşan səthlərdə yerli qaynaq meydana çıxmağa bilər. Dişli çarxlar fırlandıqca bu qaynaqlanmış nöqtələr qopur və başqa yerdə problemlər yaranır. Bu zədələr inkişaf etsə də dişli çarxlar hələ də güc ötürə bilər. Zaman keçdikcə dişli çarxın toxunma səthində çökəklər artır və nəhayətdə kəsilmə deformasiyası nəticəsində dişlərin sınıması baş verir. Həm lokal, həm də səpələnmiş dişli çarx zədələri ötürmədə problemlər yaranır və qurğunun vibrasiya səviyyəsini artırır.

Yerli zədələr cari vəziyyətin qiymətləndirilməsi baxımından daha vacibdir, xüsusilə diş qırılması fəlakətlə nəticələnə bilər.

Nəticə

Qazılacaq quyunun fərdi işçi layihəsində böyük oxboyu qiymətlərlə yanaşı, əsaslandırılmamış dövrlər sayının aşağı qiymətlərinin qəbul edilməsi intiqalın faydalı iş əmsalını (mühərrikin gücündən istifadə əmsalını) aşağı salır və həddən artıq fırladıcı momentlə yüklənməni artırır, təmas gərginliklərinin artması sayəsində vaxtından əvvəl yorulmalar yaranır ki, bu da dişlərin yeyilməsinə və qırılmasına gətirir.

Müəyyən edilmişdir ki, qazıma mühərrikinin gücündən səmərəli istifadə etmək üçün

baltanın diametrinə görə oxboyu qüvvə ilə fir-
lanma sürəti kombinasiyasının düzgün seçil-
məsinin mühüm əhəmiyyəti vardır. Alınmış ri-
yazi modellərdən istifadə etməklə bu məsələni
həll etmək olar.

Maraqlar münaqişəsi

Müəllif bu məqalədə araşdırılması tələb
olunan maraqlar münaqişəsinin olmadığını
qeyd edir.

REFERENCES

- 1. Iosilevich Q.B.** Prikladnaya mehanika. M.: *Mashinostroyeniye*, 1988. - 368 p. (*in Russian*)
- 2. Kərimov Z.H.** Maşın hissələri və yükqaldırıcı-nəqlədicisi maşınlar. Bakı: *Maarif*, 2002, 596 p. (*in Azerbaijani*)
- 3. Cənəhmədov Ə.X., Vəliyev N.A., Əliyev Ə.M.** Neft avadanlıqlarının dinamikası və möhkəmliyi. Bakı: *Apostroff*, 2016. - 424 s. (*in Azerbaijani*)
- 4. Əliyev Ə.M., Əkbərli N.A.** Qazıma rotorunda yaranan nasazlıqlar və onların aradan qaldırılması yolları. “*Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*”. Cild 11, N3, 2019. – s. 40-45 (*in Azerbaijani*)