

UOT 621.86

SAGMİLL DƏYİRMANLARINDA QALDIRICI ASTARLARIN OPTİMAL KONSTRUKTİV ÖLÇÜLƏRİNİN TƏYİNİ

Həbibov İ.Ə., Həmidov F.M.

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1007, Bakı şəh., Azadlıq pr., 16/21
Azərbaycan Beynəlxalq Mədən Şirkəti
AZ1004, Bakı şəh., Badamdar şoss., 165
E-mail: h.ibo@mail.ru, famil-433@mail.ru*

Xülasə. Məlumdur ki, dağ-mədən sənayesində filizlərin üyüdülməsi prosesində istifadə olunan küvrəli dəyirmanların ümumi iş prinsipinin dəyərləndirilməsində texnoloji göstəriciləri ilə yanaşı onun konstruktiv parametrləri: qaldırıcı sinə astarlarının sayı, onların yerləşmə bucağının qiyməti, qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə və onun hündürlüyünə olan nisbətdən asılıdır.

Bunları nəzərə alaraq, təqdim olunan məqalədə SAGMill dəyirmanlarında qaldırıcı astarların yerləşmə bucağının, iki qonşu qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə və onların hündürlüyünə olan nisbətinin üyüdülmə məhsulün çıxış göstəricilərinə olan təsiri qiymətləndirilməsi ilə bağlı tədqiqatların nəticələri verilmişdir.

Abstract. It is known that along with the technological parameters used in the evaluation of the general working principle of the ore grinding process in the mining industry, its constructive parameters are: the number of hoisting linings, the cost of their position, and the distance between the two adjacent breast linings.

With this in mind, the paper presents the results of studies on the impact of the position of the lifting linings on the SAGMill mills, the distance between the two adjacent chest linings, and their impact on the output indicators of the grinding products.

Аннотация. Известно, что наряду с технологическими параметрами, используемыми при оценке качества процесса измельчения руды в шаровых мельницах серьезнее влияние оказывают конструктивные параметры футеровки - количество подъемных лайнеров, угол их расположения и расстояние между двумя соседними лайнерами.

Учитывая это, в статье представлены результаты исследования по оценке влияния конструктивных параметров подъемных лайнеров мельниц типа SAGMill, а также расстояния между двумя соседними лайнерами на выходные показатели помола. В то же время рекомендуется эмпирическое выражение между конструктивными параметрами мельницы и отношением расстояния между подъемными лайнерами к их высоте.

Açar sözlər: dağ-mədən sənayesi, filiz, üyütmə prosesi, metal küvrələr, qaldırıcı və sinə astarları, qaldırıcı astarın yerləşmə bucağı, qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə və onun hündürlüyünə olan nisbəti

Key words: mining industry, ore, grinding process, metal spindle, lifting and chest linings, angle of lifting lining, distance between two adjacent breast linings and its height

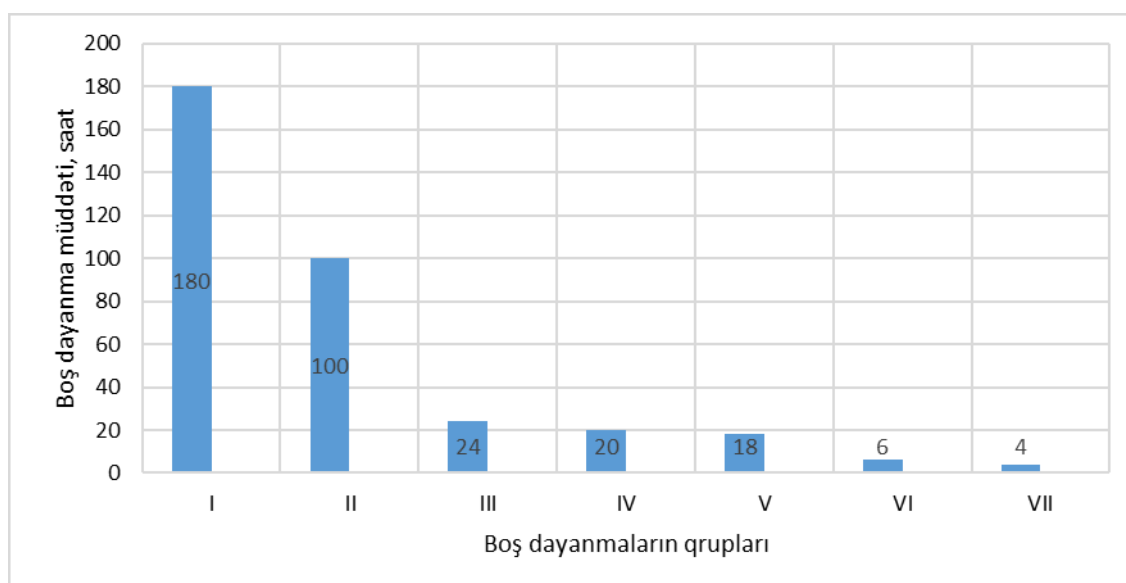
Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, руда, процесс измельчения, металлические шары, подъемные лайнеры, угол их размещения, соотношение расстояния между двумя соседними лайнерами к их высоте

Giriş. Müasir dağ-mədən sənayesi Azərbaycan Respublikasının iqtisadiyyatının yanacaq-energetika kompleksindən sonra dinamik inkişaf edən istiqamətlərdən biridir. Hal-hazırda sənayenin bu sektorunda AİMC (Azərbaycan International Mining Company) və AzerGold şir-

kətləri fəaliyyət göstərirlər [1, 2, 3]. Bu istehsal sahələrində suxurların parçalarında və üyüdülməsində əsasən iki tip avadanlıqlardan - qırıcılar və üyüdücü dəyirmanlar istifadə olunur [4, 5].

AİMC-də üyütmə prosesində istifadə olunan SAG Mill tipli dəyirmanlarda baş verən boşdayanmaların səbəblərinin təhlili onların aşağıdakı kimi qruplaşdırılmasına imkan verir: dəyirmanın gövdəsində baş verən nasazlıqlar (I); astarların yenilənməsi və dağılması (II); hərəkət intiqalı daxil olan elementərin (reduktor, elektrik mühərriyi, val və dişli çarxlar) sıradan çıxması (III); pulpanın çıxışında qoruyucu politilen örtük torunun sıradan çıxması (IV); Dəyirmanın giriş boğazının zərbələrin təsirindən dağılması və yeyilməsi (V); Yağlama sistemindəki nasoslarda kipləndirmənin pozulması (VI) və elektrik sisteminə nəzarət və bərpa işləri (VII).

Şəkil 1-də son beş ildə (2014-2018) AİMC-də istismarda olan SAG Mill tipli dəyirmanlarda baş verən imtinaların təhlili onların aradan qaldırılmasına sərf olunan vaxt tutumları əks olunmuşdur.



Şəkil 1. 2014-2018-ci illərdə AİMC-də istismarda olan SAG Mill tipli dəyirmanlarda baş verən imtinalar və onların aradan qaldırılmasına sərf olunan vaxt

Araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ümumilikdə AİMC-də imtina səbəblərinin aradan qaldırılmasına il ərzində 350 saatdan çox vaxt sərf olunur.

Hal-hazırda AİMC-də ölçüləri (diametr və eni) $D \times L = 5,0 \times 2,5$ metr olan 2 ədəd SAG Mill dəyirmanlarından istifadə olunur. Bu dəyirmanlar adətən birinci dərəcəli üyütmə prosesində tətbiq edilir. Burada reallaşan emal prosesinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, dəyirmanın fırlanma hərəkəti zamanı onun daxilinə yüklənmiş kürələr qaldırıcı astarların köməkliyi ilə müəyyən hündürlüyə qədər qaldırılaraq orada parabolik traektoriya boyu zəblə iri filiz kütləsin parçalayaraq, onun doğranmasını təmin edir. Eyni zamanda kürələr və filiz parçalarının dəyirməndə diyrilməsi və sürtünməsi nəticəsində suxurların üyüdülməsi həyata keçirilir.

Dəyirmanın ümumi iş prinsipinin dəyərləndirilməsində aşağıdakı faktorların nəzərə alınması önəmlidir: qaldırıcı sinə astarlarının sayı; qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafənin onun hündürlüyünə olan nisbəti; dəyirmanın sürəti; çıxışda torların yerləşmə mövqeyi və toplam açıq sahənin ölçüsü; kürələrin diametri və onların yüklənmə həcmi.

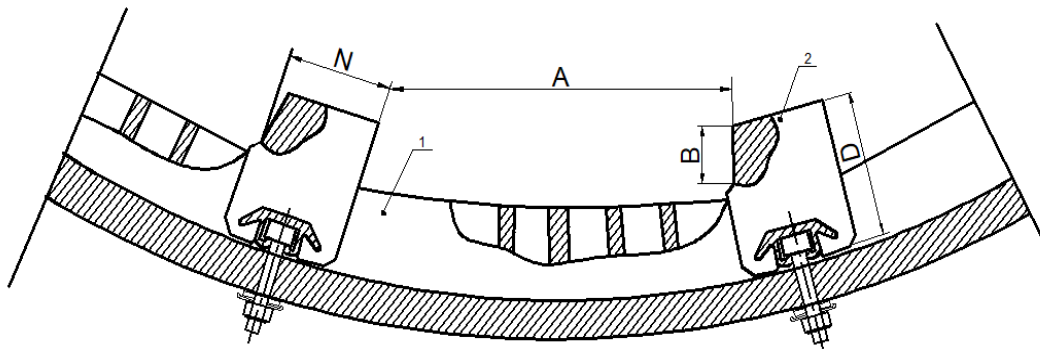
Məlumdur ki [6] üyüdücü dəyirmanın istismar prosesində astarların ölçü və həndəsəsinin dəyişməsi emal olunan məhsulun məhsuldarlığına və keyfiyyət göstəricilərinə təsir edir. Eyni zamanda qaldırıcı astarların kütləsinin böyük olması (90-120 kq) və onların dəyişdirilməsinin texniki və texnoloji baxımdan çətinliyi nəzərə alınmaqla bu istiqamətdə aparılan hər bir nəzəri və praktiki tədbirlərin aktuallığını təsdiqlənir.

Müasir dəyirmanlarda 20-dən çox profilli astarlar tətbiq olunur [7, 8]. Astarların layihələndirilməsində onların hazırlanma texnologiyasının mükəmməlliyi, montaj sxemi və vasitələri, təmir və bərpa işlərinin asanlıq, eləcə də yeyilməyə davamlığı nəzərə alınmalıdır. Eyni zamanda örtüyün profilinin və montaj sxeminin seçimi üyüdülmə filizin və kürələri ölçülərindən, dəyirmanın fırlanma sürətindən və s. asılıdır [9].

Yuxarıda qeyd olunanlar nəzərə alınmaqla tədqiqat işində aşağıdakı məqsəd qoyulmuşdur.

Məqalədə qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafənin (A) və onun hündürlüyünə (B) olan nisbəti üyütmə prosesinə olan təsiri ilə bağlı tədqiqatların nəticələri əks olunmuşdur. Dəyirman gövdəsinin müntəzəm zərbələrdən, aqressiv mühit və sürtünmə yeyilməsindən qorunması üçün astarlar önəmli rol oynayır.

Şəkil 2-də qaldırıcı və sinə astarlarının dəyirmanın daxilində yerləşmə sxemi verilmişdir.



Şəkil 2. *Qaldırıcı və sinə astarlarının yerləşmə sxemi:*
1-sinə astarı; 2-qaldırıcı astar

Məlumdur ki, diametri 5 və 10 metr olan dəyirmanlar üçün kürələrin traektoriya boyu zərbə sürətləri uyğun olaraq 8 m/s və 12 m/s həddindən çox olmaması tövsiyə edilir. Beləki, əks halda kürələr sürətlə sinə astarları ilə toqquşaraq onların qırılaraq tez sıradan çıxmasına səbəb ola bilərlər.

Bu səbəbdən SAG dəyirmanının etibarlı iş rejiminin təmini üçün yüklənən kürələrin həcmi və diametrinin, eləcə də qaldırıcı sinə astarlarının konstruktiv parametrlərinin düzgün seçilməsi vacib şərtlərdəndir.

Tədqiqatlar [10] nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Gədəbəy, Qədir və Uğur yataqlarının filizləri üçün SAG dəyirmanında kürə yüklənməsi 15%, kürə diametri 100 mm və qaldırıcı sinə astarlarının yerləşmə bucağının $\alpha=70^0$ altında olması arzu ediləndir. Bunlarla yanaşı astarların qalınlığının, hündürlüyünün və qonşu iki qaldırıcı astarlar arasındakı məsafənin qarşılıqlı münasibətlərinin nəzərə alınması olduqca önəmlidir.

Əsas hissə. 2013-cü ildə AİMC-də istismara verilən dəyirmanın daxili səthlərinə çəkilmiş örtük qatı rezindən olmaqla sinə astarları üçün qalınlığı 90 mm və qaldırıcı sinə astar üçün hündürlük 230 mm, $\alpha=90^0$ qəbul edilmişdir. Bu zaman $A=427\text{mm}$ və $B=D-H \Rightarrow B=230-90=140\text{mm}$ olduğuna nəzər yetirsək görürük ki, $A/B=3,05$ təşkil edir.

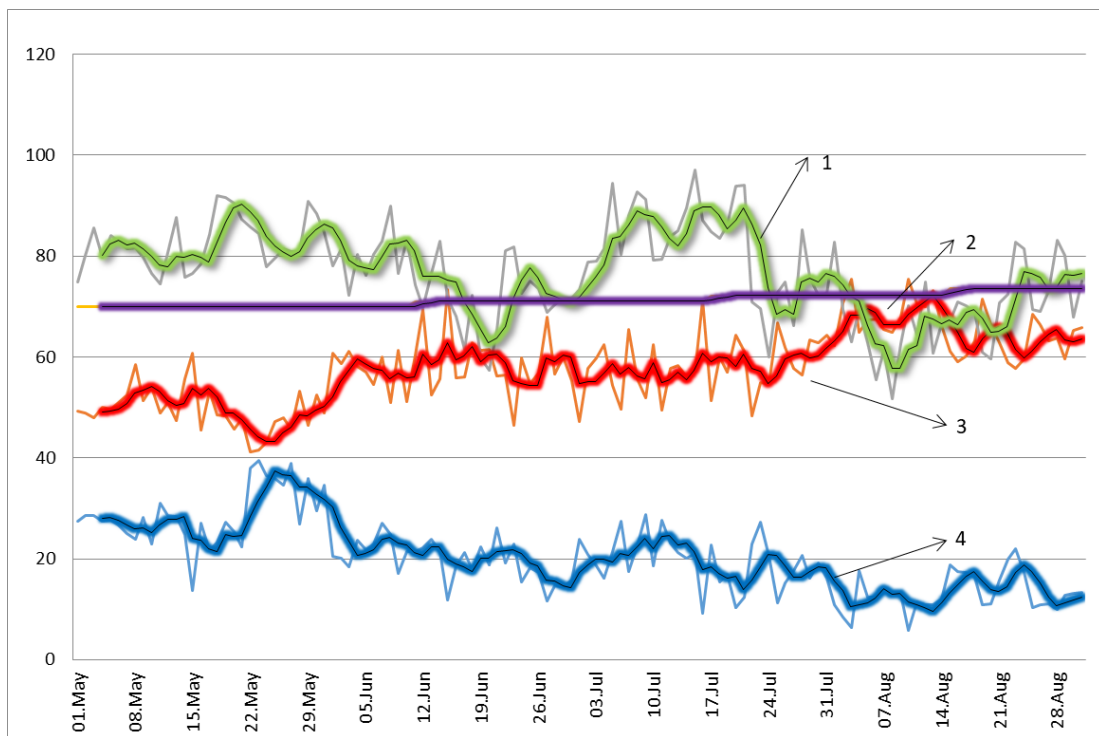
İstismar prosesində A-nın ədədi qiymətinin dəyişməməsi və B-nin müəyyən zamandan sonra yeyilmə səbəbindən kiçilməsi nəticəsində A/B nisbətinin ədədi qiymətinin artması tendensiyası baş verir. Müəyyən edilmişdir ki, bu nisbətin artması, eləcə də rezin və filizin bərklik göstəriciləri arasındakı böyük fərq örtük qatının yeyilməsi və son olaraq dağılıb sıradan çıxmasına səbəb olur. Bu zaman astarların istismar ömrü 973 saat olmuşdur.

İkinci mərhələdə astar qismində kompozit materialdan (polimetaldan) istifadə olunmuşdur. Bu zaman sinə astarının qalınlığı 90 mm (alt qatı 40 mm-lik rezin və üst qatı 50 mm-lik metal çubuqlar olmaqla) olan polimetal təbəqədən istifadə olunmuşdur. Örküyün konstruksiyasında $A=427\text{ mm}$ sabit qalmaq şərti ilə qaldırıcı sinə astarının hündürlüyü $D=250\text{ mm}$ -ə qədər

artırılmışdır. Belə olduqda $B=D-H \Rightarrow B=160$ mm və $A/B=2,67$ -ə qədər azalmışdır. Belə bir dizaynı örtük materialından istifadədə istismar ömrü ümumilikdə 1400 saatadək yüksəlmişdir.

Şək.2-də $A/B=2,67$ olan və toplam qalınlığı 90 mm (alt qatı 40 mm-lik rezin və üst qatı 50 mm-lik metal çubuqlar olmaqla), qaldırıcı sinə astarının yerləşmə bucağı 64^0 altında olduğu halda məhsuldarlıq və çıxış məhsulunun ölçüləri verilmişdir.

Şək.2-nin təhlilindən göründüyü kimi qaldırıcı astarların qeyd olunan dizaynında dəyirmanın istismar olunan 93 günündə ortalama məhsuldarlığı 80-85 ton/saat olmuşdur. İstismarın 38-ci günündən sonra A/B nisbəti artması və bu əsasda daha narın üyütmənin başlaması müşahidə edilmişdir. Şək.3-də bunu yaşıl qrafikdə daha aydın görmək olur. 3 aylıq istismardan sonra astarlarda davam edən yeyilmə prosesi A/B nisbəti 4,0-4,2-yə qədər yüksəlməsi və qaldırıcı sinə astarının yerləşmə bucağının ölçüsünün 64^0 -dən 50^0 -yə dəyişməsi üytmə prosesinə əks təsir göstərərək dəyirmanın məhsuldarlığının azalaraq 65-70 tona qədər düşməsinə səbəb olduğu müəyyən edilmişdir.



Şəkil 3. $A/B=2,67$ və qalınlığı 90 mm olan qaldırıcı astarlarla təchiz olunmuş dəyirməndə üyütmənin nəticələri: 1- məhsuldarlıq, ton/saat; 2- dəyirman sürəti, %; 3- 150 mkm-dən kiçik hissəciklərin çıxışı, %; 4- 500 mkm böyük hissəciklərin çıxışı, %.

Növbəti mərhələdə qaldırıcı sinə astarı hündürlüyü 275mm-ə, yerləşmə bucağı 64^0 olmaqla sabit saxlanılmış və sinə astarının qalınlığı 100 mm qəbul edilmişdir. Bu şərtlər daxilində istismar zamanı astarların ömrü 1800 saata yüksəlmiş və A/B nisbətinin ilkin qiyməti 2,44-ə dəyişmişdir.

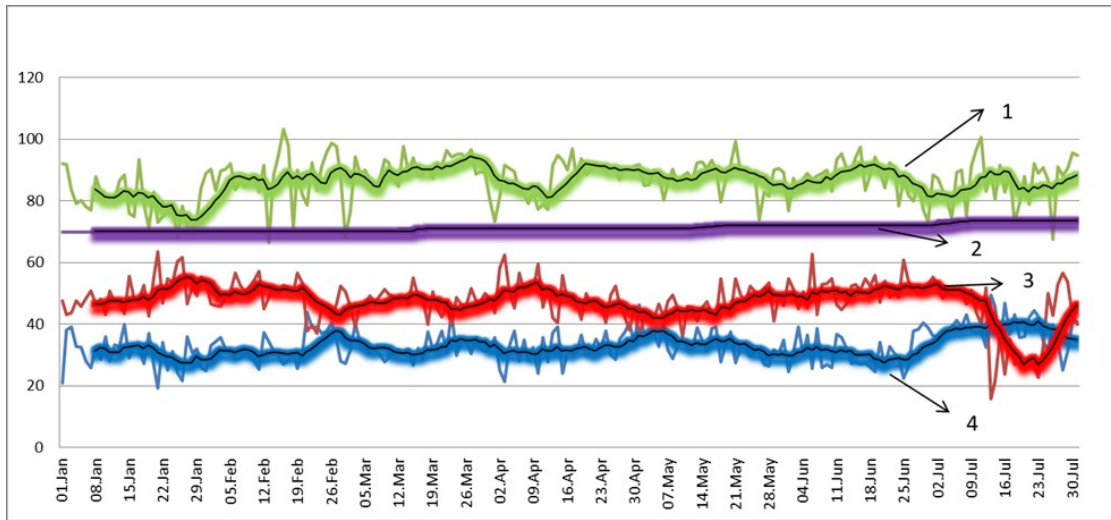
Təcrübələrin nəticələrinin üyütmə prosesinə təsirini nəzərə alaraq sonrakı sınaqlar üçün qaldırıcı sinə astarlarının hündürlüyünün 325 mm, sinə astarlarının qalınlığı 130 mm qəbul olunması qərara alınmış, eləcə də sinə astarlarının yerləşmə bucağının ölçüsünün 70^0 qəbul etmək (beləki onların yeyilməsi səbəbindən kifayət qədər kürəni qaldıraraq traektoriya boyu zərbələr endirə bilməməsini nəzərə alınmaqla) təklif olunsada istehsalçı şirkətin onun 76^0 olmasını əsaslandırmağa çalışmışdır. Arqument olaraq tərəfimizdən təklif olunan qaldırıcı sinə astarlarının hazırlanması üçün xüsusi qalıbların layihələndirilməsinin tələb olunduğunu və bunun üçün böyük həcmdə vəsaitin olmasını göstərmişdir.

Yeni dizaynlı qaldırıcı astarların istismarı zamanı dəyirmanının sürətinin aşağı salınması məcburiyyəti yaranmış, bu isə öz növbəsində kürələrin zərbə intensivliyinin az olmasına və yekunda dəyirmanının ilk 14 gündə istismar zamanı üyütmənin pozulmasına səbəb olmuşdur. Qaldırıcı astarların yerləşmə bucaq ölçüsünün yanlış seçimi üyütmə göstəricilərində qeyri stabilliyə səbəb olmuşdur. Astarların dizaynının təkmilləşməsi istiqamətində aparılan mərhələli tədqiqat işləri nəticəsində qaldırıcı sinə astarlarının dəyişmə intensivliyi hər istismar ili üçün 6 dəfədən 2 dəfəyə qədər endirilmişdir. Bu zaman onların təmir və bərpasına sərf olunan vaxt itkisinin 72 saatdan 23 saata qədər azaldılmasına nail olunmuşdur.

Belə olduqda sınaq işləri dayandırılaraq qaldırıcı astarların 70^0 altında yerləşdirilməsi təmin olunmuş və üyütmə prosesi davam etdirilmişdir. A/B nisbətinin 2,19 olaraq başlaması qaldırıcı sinə astarının ömrünün 180 günə 4000 saatdan çox uzanmasına səbəb olmuşdur. Eyni zamanda qaldırıcı astarların ortalama istismar müddətinin uzadılmış və təmir müddəti 54 saatdan 20 saata kimi azalmışdır.

Bir dəst qaldırıcı sinə astarı istismar olunub dəyişdiriləndə sinə astarları öz istismar resursunun 30%-ni istifadə etdiyini nəzərə alsaq o zaman ikinci dəst qaldırıcı astarlarla işlədikdə A/B nisbəti 1.8-ə qədər düşmüşdür.

Şəkil 4-də 70 dərəcəli qaldırıcı astarlarla yeni sinə astarlarının eyni zamanda istismara (A/B nisbəti 2.19) verildikdən sonra əldə olunmuş nəticələr qeyd olunmuşdur.

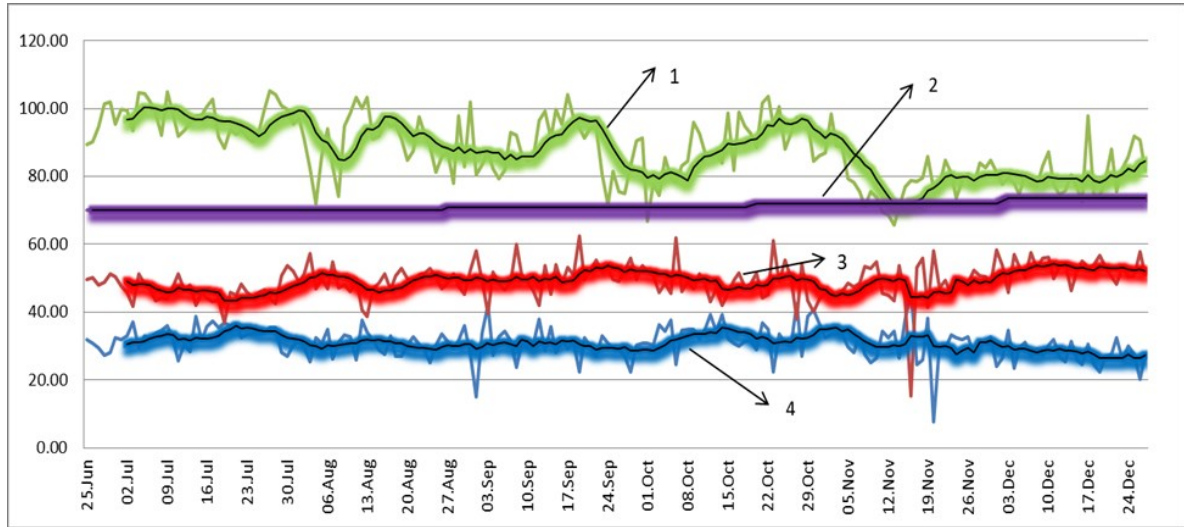


Şəkil 4. Yeni dizaynlı qaldırıcı astarlarla təchiz olunmuş dəyirməndə üyütmənin nəticələri: 1- məhsuldarlıq, ton/saat; 2- dəyirmanın sürəti; 3- 150 mkm-dən kiçik hissəciklərin çıxışı, %; 4- 500 mkm böyük hissəciklərin çıxışı %.

Şəkil 3-ün təhlilindən göründüyü kimi, dəyirmanının bütün istismar müddətində məhsuldarlıq sabit ortalama 90 ton/saat olmuşdur. Bu zaman 150 mkm-dən kiçik hissəciklər ortalama çıxış göstəricisi - 50%, 500 mkm-dən böyük hissəciklər üçün - 20% ətrafında saxlamaq mümkün olmuşdur. İstismarın 190-cı gününə qədər parametrlərin ideal saxlanılması təmin olunmuş, lakin 190-210 günlər aralığında artıq A/B nisbətinin 4,17-yə qədər yüksəldiyindən üyütmə prosesinin pozulduğu müşahidə olunmuşdur.

Tədqiqatlar zamanı müəyyən olunmuşdur ki, qaldırıcı və sinə astarlarının resursları fərqlidirlər. Bu isə onların təmiri prosesində boş dayanmaların həcmnin artmasına səbəb olur.

Şəkil 5-dən təklif olunan dizaynla hazırlanmış qaldırıcı sinə astarlarında və 30% resursunu istifadə etmiş sinə astarları ilə istismar prosesinin nəticələri əks edilmişdir.



Şəkil 5. *Təklif olunan dizaynla hazırlanmış qaldırıcı sinə astarları və 30% resursunu istifadə etmiş sinə astarlarının istismar prosesinin nəticələri: 1- məhsuldarlıq, ton/saat; 2-dəyirmanın sürəti; 3-150 mkm-dən kiçik hissəciklərin çıxışı, %; 4- 500 mkm böyük hissəciklərin çıxışı, %*

Şəkil 5-dən göründüyü kimi A/B nisbətinin kiçik olması ($A/B = 1,8$) ilkin istismara verildikdə özünün müsbət təsirini, yəni məhsuldarlıq ortalama 105 ton/saat olmuşdur. Burada eyni zamanda kürələrin traektoriya boyunca hərəkət etməsi və qarşı tərəfdəki qaldırıcı astarları zədələyərək daha tez A/B ölçünün kiçilməsinə səbəb olmuşdur. Bu da mərhələli şəkildə məhsuldarlığın aşağı düşməsinə gətirib çıxarır.

Aparadığımız araşdırmalar, eləcə də çoxsaylı təcrübə-sınaq işlərinin nəticələri, eləcə də simulyasiya proqramlarındakı edilmiş təhlillərə əsaslanaraq SAG tipli dəyirmanlarda (diametr $D=5,0$ m olduqda) qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafənin (A) onun hündürlüyünə (B) olan nisbətinin (A/B) ideal qiymətinin dəyirmanın konstruktiv parametrləri arasında aşağıdakı empirik ifadənin tövsiyə olunması əsas verir:

- dəyirməndə fırlanma sürəti dəyişə bilən olduqda

$$\frac{A}{B} = \left(1 - \frac{70-\beta}{100}\right) \cdot \frac{\pi(D-2b)}{D} \cdot K$$

Burada Ball Mill dəyirmanı üçün $K=1,044$, SAG Mill dəyirmanı üçün isə $K=0,76$ korreksiya əmsalıdır; A- qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə; B- qaldırıcı sinə astarının hündürlüyü; D- dəyirmanın diametri; b- sinə astarının qalınlığı və β - hesablanmış kritik sürətin faiz göstəricisidir.

Nəticə. Beləliklə, aparılmış tədqiqatların yekunlarına əsaslanaraq aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar:

- kürəli dəyirmanların məhsuldarlığı və çıxış məhsulunun keyfiyyəti (nəminləmə dərəcəsi) dəyirmanın sürəti və yüklənmə əmsalı ilə bərabər astarların dizaynından, o cümlədən A/B nisbətindən ciddi şəkildə asılıdır;

- kürəli ilkin istismar prosesi üçün A/B nisbətinin 2,2-dən kiçik götürülməsi məqsədəuyğun deyildir;

- qaldırıcı astar və sinə astarlarının istismar resurslarının arasındakı fərqin bərabərləşdirilməsi və təmir-bərpa işlərində boş dayanmaların azaldılması önəmli faktordur və bu məqsədlə ikinci dəst qaldırıcı astarlarının hündürlüyünün kiçildilməsi ($D = 280$ mm) tövsiyə olunur.

- diametri 5 m olan dəyirmanlarda qaldırıcı sinə astarlarının sayının 24-dən 28 qədər artması məqsədə uyğundur.

Ədəbiyyat

1. Həmidov, F.M. Azərbaycanın dağ-mədən sənayesində istifadə olunan dəyirmanların hissələrinin yeyilmə intensivliyinin analizi/ F.M. Həmidov, İ.Ə. Həbibov// “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” ETİ-nun Elmi Əsərləri, -Bakı: -2015. XVI cild, -s. 282-287.
2. Габибов, И. А. Результаты усовершенствований мельниц типа SAG, используемых в Азербайджанской международной горнодобывающей компании/ И.А. Габибов, Ф.М. Гамидов, П.П. Чакраборти// Известия уральского государственного горного университета, -2018. №2(50), -с. 102-106.
3. Гамидов, Ф.М. Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей промышленности Азербайджана// Материалы XLI Международной Научной Конференции «Теоретические и практические вопросы современной науки», Eurasian Scientific Association, №7(41), -с.28-29.
4. Перов, В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / В.А. Перов. - М.: Недра, -1990. -301с.
5. Лукина, К.И. Процессы и основное оборудование для обогащения полезных ископаемых / К.И. Лукина, В.П. Шилаев, В.П. Якушкин. - М.: Издательство МГОУ, -2006. -216 с.
6. The Selection and Design of Mill Liners
7. Дырда, В. И. Резиновые футеровки технологических машин / В. И. Дырда, Р. П. Зозуля, А. П. Левицкий, И. В. Хмель. –Днепропетровск: -2014. -255 с.
8. Чижик, Е.Ф. Барабанные рудоизмельчительные мельницы с резиновой футеровкой/ Е.Ф. Чижик. -Барнаул: -2005. -360 стр.
9. Богданов, В.С. Рабочие элементы измельчающего оборудования: тематическая подборка/ В.С. Богданов. Цемент и его применение. -СПб: "Цемент", -2015. №2. -с. 46-74.
10. Həmidov, F.M. Dağ-mədən sənayesində tətbiq olunan üyüdücü dəyirmanların kürelərinin istismar göstəricilərinin yeksəldilməsi // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX respublika elmi-konfransının materialları, –Bakı: ADNSU-mətbəəsi, 1-ci cild, -с.307-308.

Məqalə qəbul olunub: 26.04.2020
Təvsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov