

## Характерни повреди и откази на редукторите на подемните машини

Илия Йочев

"Рудметал" АД, 4960 гр. Рудозем

**РЕЗЮМЕ.** Редукторът на подемната уредба заема значителен дял от стойността на цялата машина. От неговото техническо състояние зависят надеждността, безопасността при експлоатация и до голяма степен икономическите показатели на предприятието за подземен добив на полезни изкопаеми.

В доклада са формулирани понятията изправност, работоспособност, повреда и отказ. Систематизирани са най-често срещаните в практиката и описаните в литературните източници откази и повреди на редукторите на подемните машини. Дадени са норми за допустими отклонения на технически параметри.

### TYPICAL DAMAGE AND FAILURE OF REDUCTION GEARS OF MINE WINDING MACHINES

**ABSTRACT:** The reduction gear of winding machine takes considerable part of the whole machine value. The economic parameters of the enterprise for underground production of mineral resources are dependent on its technical state.

The most widespread damage and failure of reduction gears of winding machines are systematized in this paper. Standards for admissible deviations of technical parameters are presented.

## Въведение

Редукторите на рудничните подемни уредби са важен елемент от машината. Познаването на техните повреди и откази позволява на експлоатационния персонал да поддържа доброто им техническо състояние с минимум средства.

Работоспособността на дадена машина се определя от това нейно състояние, което в определен момент съответствува на всички изисквания по отношение на основните й параметри, характеризиращи нормалното изпълнение на зададените й функции.

Изправността се определя от това състояние на машината, което в даден момент съответствува както на основните параметри, характеризиращи работоспособността, така и на второстепенните параметри, които характеризират удобствата за експлоатация и други фактори. Под неизправност се разбира такова изменение на параметрите, при което все още е възможна работата на машината в задоволителни граници. Достигането на гранично допустимите стойности на тези параметри води до т. нар. отказ, до пълна или частична загуба на работоспособност, т. е. до неработоспособност.

Ако машината от изправно състояние преминава в неизправно, но работоспособно състояние, това събитие се нарича повреда. Ако машината преминава в неработоспособно състояние, това събитие се нарича отказ. Отказите са разнообразни – счупване на детайл, поради което машината не може да изпълнява основната си функция, влошаване на някой от основните параметри под допустимата граница и др.

Нормите за гранично техническо състояние най-напред са въведени за частите от машините в машиностроенето. Голяма част от тези норми, касаещи стандартни машинни елементи като плъзгащи и търкалящи лагери, зъбни козлове, валове, цилиндри, бутала и др., могат да се използват и за частите от минната механизация.

Основен критерий за оценка на техническото състояние на частите от машините в машиностроенето е техническият критерий, а другите критерии имат спомагателен характер. Техническият критерий определя това гранично техническо състояние на частта, което съответства на началното рязко увеличаване на износването на работната повърхнина, на гранично допустимо намаляване на якостта на износащата се част вследствие на изменението на нейните размери или на нарушаването на нормалното взаимодействие с други части.

Част от нормите за гранично техническо състояние за частите от машините в машиностроенето могат да се използват до известна степен и за частите на редукторите на рудничните подемни уредби. Имайки предвид обаче, високите стойности на предаваните от тях въртящи моменти, големите им маси и габарити и високата им цена е необходимо да се подходи по специален начин.

В настоящия доклад в логичен ред са анализирани мероприятията за диагностика и нормите за гранично техническо състояние, свързано с най-често проявяващите се повреди и откази.

## Повреди

### Частично разрушаване на фундамента

#### Наличие на пукнатини

Замазват се откритите пукнатини през 150-200 mm в продължение на пукнатината с гипсова замазка с размери на сечението 20x10 mm и дължина, достигаща по 30 mm от двете страни на пукнатината. Спукване на замазката след 2 – 3 дни свидетелства за прогресиращо разрушаване на фундамента.

Необходимо е да се открие причината за разрушаването и да се извърши ремонт на фундамента.

Попадането на масло върху фундамента силно намалява якостта му, поради което течовите е необходимо да се отстранят с особено внимание.

#### Нарушено прилягане на редуктора към фундамента

При появата на тази повреда, както и констатирането на откъртване на бетона от редуктора е необходимо да се изкърти изцяло или частично подливката и да се залее отново. Нужно е да се провери състоянието на закрепващите елементи.

#### Нарушена хоризонталност

Установява се посредством нивелир с точност 0,1 mm/m, който последователно се поставя върху обработените части от корпуса и върху шийките на валовите. Корпусът не трябва да е деформиран в резултат на затягането му към фундамента. Осите на валовите да са в една плоскост. Допуска се отклонение от хоризонталност до 0,3 mm/m. Допуска се отклоняване на валовите един от друг с  $\pm 0,5$  mm.

#### Износване на зъбите

Може да бъде проверено чрез непосредствено измерване на дебелината на зъбите с шублер – зъбомер, а при необходимост от проследяване на динамиката на процеса - с микрометър и изготвяне на микрометражна снимка.

Общият критерий за гранично износване е намаляването на дебелината на зъба с 10 %.

При зъби с циментационен слой за гранично се счита такова износване, при което дебелината на циментационния слой е достигнала до стойност 0,2 - 0,3 от номиналната си стойност, като при това общото износване на зъба не надвишава 10 % от дебелината му.

Когато зъбните колела се износват и челно, т. е. по дължината на зъба, граничното износване е това, при което дължината на зъба е намалена с 12 – 15 %.

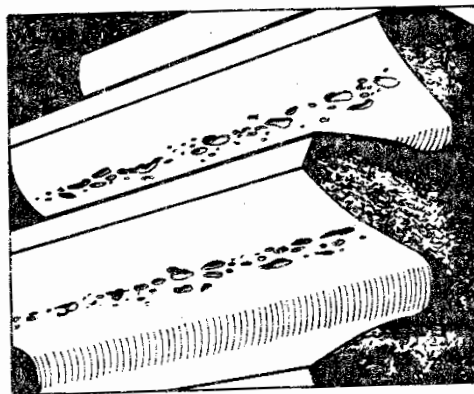
#### Контактна умора (питинг)

Тази повреда се изразява в поява на малки пукнатини по триещите се повърхнини, които под разклинващото действие на маслото нарастват и понякога достигат дълбочина няколко милиметра - фиг. 1.

Установява се чрез визуален контрол. При достигане на питинга до 20 % от повърхността на зъба експлоатацията на редуктора може да продължи след изготвяне на заключение за състоянието му от експертна комисия.

#### Нарушено зацепване

Необходимо е да се определи големината, формата и разположението на контактното петно. Става посредством намазване с бързосъсхваща боя на 3 - 4 зъба, влизащи в съприкосновение. Завърта се в едната и другата посока няколко пъти. Оформя се контактното петно, което за еволвентно зацепване трябва да има формата на разтеглен овал, разположен по средата на работната повърхност (след продължителна експлоатация контактното петно има повишен метален блясък и не е нужно използването на боя). Големината на контактното петно за най-често употребяваните редуктори е дадена в таблица 1.



Фиг. 1. Добре изразен питинг по цялата дължина на зъбите

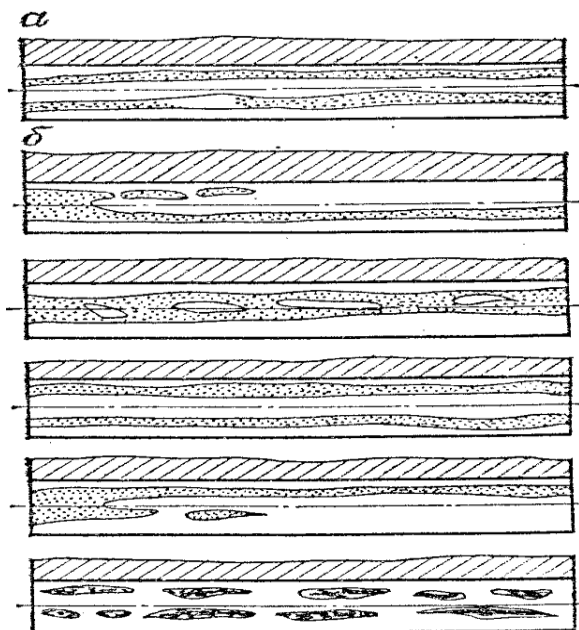
При зацепване на Новиков и нов редуктор първоначалният контакт се оформя в основата на зъба във вид на линии, разположени на не по-малко от 80 % от дължината на зъба. В процеса на работа контактното петно се разполага по цялата височина на зъба. Пример за контактни петна при зацепване на Новиков е даден на фиг. 2.

Таблица 1

Нормални големина на контактни петна за най-често използвани редуктори за подечни машини

| РЕДУКТОР ТИП                                                                                    | Контактното петно не по-малко, % |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|                                                                                                 | По височина на зъба              | По дължина на зъба |
| ЦДП-7, 2ЦД-14, РС-700М, 2ЦД-17, 2ЦД-20, 2ЦД-23, ЦД-20, ЦД-2000, ЦО2Х2200, ЦО-20, ЦД-17, ЦД-100Т | 45                               | 60                 |
| ЦД-16                                                                                           | 60                               | 80                 |
| ЦО-18, ЦО-22, ЦО 2Х1800                                                                         | 50                               | 70                 |
| ЦД-115, ЦД-115у, ЦД-5-115, ЦД-150М, ЦД2-163                                                     | 45                               | 50                 |
| ЦД-150У, ЦД-170, РЦД-1150Л, КЦТН-710, ЦОН-16                                                    | 60                               | 50                 |

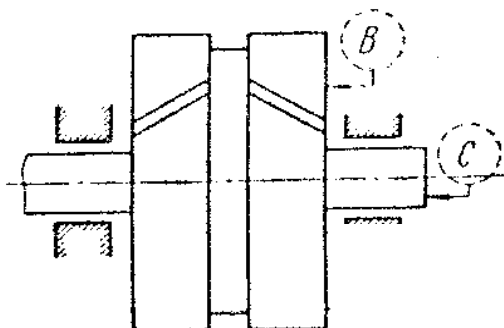
При несъответствие на формата, разположението и големината на контактното петно с табл. 1 и фиг. 2 е необходимо да се открие причината, която най-често е нарушената успоредност на валовите на зъбните колела или деформиране на корпуса на редуктора в резултат на неправилно затягане на анкерните болтове. Друга вероятна причина е прекалено голямата височина на плоското уплътнение, разположено между основата и капака на редуктора.



Фиг. 2. Примери за контактни петна при зацепване на Новиков  
а - нормален контакт; б - допустими отклонения от нормално  
разположеното контактното петно

#### Повишено челно биене на зъбните колела

Обикновено този дефект се установява с помощта на два часовникови индикатора В и С с точност на едно деление 0,01 mm – фиг. 3. Бавно се завърта редукторът и се измерва биенето в не по-малко от осем точки през 45 градуса. Показанията на индикаторите се изваждат, ако и двете са в една посока и се сумират, ако са в различни посоки.



Фиг. 3. Измерване на челното биене с два часовникови индикатора

Допустимите стойности за челно биене за зъбни колела на редуктори на руднични подемни машини са изложени в таблица 2. Измерването на стойности, надвишаващи посочените в табл. 2 свидетелства за наличие на деформации на основните елементи на редуктора.

#### Повишено биене на корпуса при редуктори на пружинни опори

Измерването се извършва посредством два измерителни часовника - единият се разполага на челната повърхност, а другият - на страничната повърхност на редуктора. Завърта се бавно органът за навиване и се снимат показанията през 90 градуса. Амплитудата на биене не трябва да превишава 0,6 mm. Ако това не е изпълнено, да се про-

вери състоянието на вала на подемната машина и вала на редуктора.

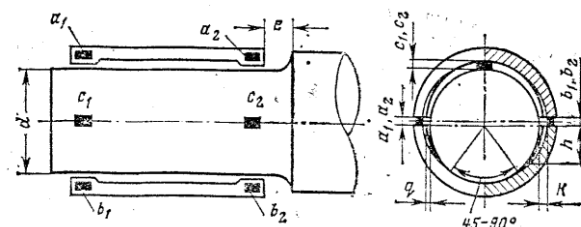
Таблица 2

Допустими стойности на челното биене на зъбно колело, отнесено към 100mm от неговия диаметър,  $\mu m$

| Степен на точност на предавката | Широчина на колелото или полушеврона, mm |          |           |           |           |           |           |           |
|---------------------------------|------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                 | До 55                                    | 55 - 100 | 110 - 160 | 160 - 220 | 220 - 320 | 320 - 450 | 450 - 630 | 630 - 900 |
| 7                               | 21                                       | 11       | 8         | 6         | 5         | 4,2       | 3,6       | 3,2       |
| 8                               | 26                                       | 14       | 10        | 8         | 6         | 5,2       | 4,5       | 4,0       |
| 9                               | 34                                       | 18       | 12        | 10        | 8         | 6,5       | 5,5       | 5,0       |
| 10                              | 42                                       | 22       | 16        | 12        | 10        | 8,5       | 7,0       | 6,0       |

#### Увеличена радиална хлабина (над граничната) при редуктори с плъзгащи лагери

До тази повреда най-често се стига при наличие на условия за влошено смазване на даден лагер. Определянето на радиалната хлабина може да се извърши с помощта на няколко парчета оловна тел с диаметър 2 – 3 mm, които се разполагат между черупките и вала по схемата на фиг. 4. Затягат се свързващите болтове, разхлабват се, демонтира се горната черупка и чрез микрометър се измерва дебелината на деформираните парчета.



Фиг. 4. Определяне на радиалната хлабина на плъзгащ лагер

Фактическата стойност на радиалната хлабина  $m$  се определя по формулите:

$$m_1 = c_1 - \frac{a_1 + b_1}{2}, mm \quad (1)$$

$$m_2 = c_2 - \frac{a_2 + b_2}{2}, mm \quad (2)$$

където  $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$  са дебелините на деформираните оловни парчета,  $mm$ .

Граничните стойности за радиалната хлабина на плъзгащи лагери за редуктори, произведени от Новокраматорския машиностроителен завод, са посочени в таблица 3.

Таблица 3

Допустими стойности на радиалната хлабина за плъзгащи лагери на редуктори на подедни машини, mm

| Диаметър на вала, mm | Радиална хлабина, mm |          | Макс. хлабина K в зоната на масления джоб, mm | Дълбочина на масления джоб h <sub>1</sub> , mm |
|----------------------|----------------------|----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                      | Нормална             | Гранична |                                               |                                                |
| 50 - 80              | 0,06                 | 0,18     | 2,0                                           | 15                                             |
| 81 - 120             | 0,08                 | 0,21     | 2,5                                           | 18                                             |
| 121 - 180            | 0,10                 | 0,24     | 3,0                                           | 20                                             |
| 181 - 260            | 0,12                 | 0,28     | 3,0                                           | 20                                             |
| 261 - 360            | 0,14                 | 0,32     | 3,5                                           | 25                                             |
| 361 - 500            | 0,16                 | 0,37     | 4,0                                           | 30                                             |
| 501 - 630            | 0,18                 | 0,40     | 5,0                                           | 35                                             |
| 630 - 800            | 0,20                 | 0,43     | 6,5                                           | 45                                             |

Таблица 4

Допустими стойности на радиалната хлабина за търкалящи лагери на редуктори на подедни машини, mm

| Диаметър на отвора,mm | Тип на лагера       |                      |                       |                      |                          |                      |
|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|                       | Сачмен радиален     |                      | Радиален с къси ролки |                      | Ролков радиален сферичен |                      |
|                       | Радиална хлабина,μm |                      |                       |                      |                          |                      |
|                       | Макс. за нов лагер  | Макс. след експлоат. | Макс. за нов лагер    | Макс. след експлоат. | Макс. за нов лагер       | Макс. след експлоат. |
| 30-40                 | 26                  | 80                   | 55                    | 150                  | 40                       | 120                  |
| 40-50                 | 29                  | 90                   | 55                    | 150                  | 45                       | 140                  |
| 50-65                 | 33                  | 100                  | 65                    | 200                  | 50                       | 150                  |
| 65-80                 | 34                  | 110                  | 70                    | 200                  | 60                       | 180                  |
| 80-100                | 40                  | 120                  | 80                    | 250                  | 70                       | 200                  |
| 100-120               | 46                  | 140                  | 90                    | 270                  | 80                       | 250                  |
| 120-140               | 53                  | 160                  | 100                   | 300                  | 90                       | 270                  |
| 140-160               | 58                  | 175                  | 115                   | 350                  | 100                      | 300                  |
| 160-180               | 65                  | 190                  | 125                   | 370                  | 110                      | 330                  |
| 180-200               | 75                  | 220                  | 135                   | 400                  | 120                      | 360                  |
| 200-225               | -                   | -                    | 150                   | 450                  | 140                      | 420                  |
| 225-250               | -                   | -                    | 165                   | 500                  | 150                      | 450                  |
| 250-280               | -                   | -                    | 180                   | 540                  | 170                      | 500                  |
| 280-315               | -                   | -                    | 195                   | 600                  | 180                      | 540                  |
| 315-355               | -                   | -                    | 215                   | 630                  | 210                      | 630                  |
| 355-400               | -                   | -                    | 235                   | 700                  | 230                      | 700                  |
| 400-450               | -                   | -                    | 260                   | 750                  | 260                      | 750                  |

За определяне на граничните стойности на радиалната хлабина в плъзгащите лагери на редукторите на подедните машини може да се използва и следната формула:

$$m = (0,0005 \div 0,0015)d, mm \quad (3)$$

където  $d$  е диаметърът на шийката на вала, mm.

Ниската стойност, получена съгласно (3), се счита за нормална, а високата за гранична.

Регулирането на радиалната хлабина става посредством пластините, разположени между черупките на лагера, а когато това е невъзможно – чрез презаливане.

### Увеличена радиална хлабина (над граничната) при редуктори с търкалящи лагери

При редукторите с търкалящи лагери хлабината между външния пръстен и ролките или сачмите се измерва посредством хлабиномер откъм двете чела на лагера. Замерите се извършват през 90 градуса. За максимална големина на радиалната хлабина се приема средно-аритметичната стойност. Признак за гранично износен търкалящ лагер е характерен стържещ шум, придружен с периодични удари. Граничните стойности за радиалните хлабини на търкалящи лагери за редуктори на подедни машини са посочени в таблица 4.

### Откази

Отказите на редукторите от подедните машини са сравнително рядко проявяващи се събития, които са свързани с големи престои на подедната уредба и скъпо струващи ремонтни действия. Във всички случаи при настъпване на отказ е необходимо да се подмени дефектния елемент.

#### Счупване на вал

До този отказ се стига много рядко. Все пак има описани случаи – Киричок и др. (1982) на счупване на вал в резултат на умора на материала. При рудничните подедни уредби този момент може да настъпи след 30-35 г. експлоатация при условия, близки или по-тежки от проектните.

#### Разрушаване на зъбно колело

Дължи се на умора на материала и на различни претоварвания. Зъбите се разрушават частично или изцяло. Случва се най-често при работа на подедната уредба с окачени товари, значително надхвърлящи проектните. На фиг. 5 е илюстрирано пластично разрушаване на зъбите на входящ вал от редуктор „РС 700М“, работещ в комплекта на подедна машина „МК-2,1х4р-18“ на шахта „Рудозем“.



Фиг. 5. Пластично разрушаване на зъби от редуктор „РС 700М“

#### Износване на заливката на плъзгащ лагер

До този отказ се стига при работа на плъзгащ лагер с радиални хлабини, надхвърлящи граничните и (или) влошеното смазване. В резултат на това може да се стигне до износване на целия слой композиционен материал (бабит) и нарушаване на зацепването на дадена предавка, т.е. за-

губа на работоспособност. Необходимо е да се извърши презаливане с последващо обработване на лагера .

## Заклучение

Повредите и отказите на редукторите на подемните машини са събития с неголяма честота на проявяване, но недопускането на значителните загуби от престои и за възстановителни мероприятия изисква познаването на нормите за гранично техническо състояние на техните елементи. Целта на експлоатационния персонал трябва да бъде поддържането и възстановяването на рудничните подемни машини да става с такива разходи, при които стойността на подема на хора и товари е минимална.

Важен момент за постигането на тази цел е своевременното отстраняване на повредите и недопускането на отка-

зи, за което е подходящо да се използват нормите за гранично техническо състояние на елементи от редукторите на подемните машини, изложени в настоящия доклад.

## Литература

- Бежок, В. Р., Б. Н. Чайка, Н. Ф. Кузьменко. 1982. *Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок*. М., Недра.
- Киричок Ю. Г., В. В. Ройзен, Н. И. Илиенко, В. И. Хорунжий, Л. Е. Шабаш, В. Д. Корнилов. 1982. *Проектирование и эксплуатация подъемных комплексов железорудных шахт*. М., Недра.
- Мърхов Н. Б. 1991. *Поддържане и ремонт на минна механизация*. С., Техника.