

## Характерни повреди и откази на редукторите на подечните машини

Илия Йочев

"Рудметал" АД, 4960 гр. Рудозем

**РЕЗЮМЕ.** Редукторът на подечната 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 подечен 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 подечните 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 подечни 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 ѝ параметри, характеризиращи нормалното изпълнение на зададените ѝ 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 плъзгачи и търкалящи лагери, зъбни колела, 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 износващата 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 подечни 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 течовете е необходимо да се отстранят с особено внимание.

#### Нарушено прилягане на редуктора към фундамента

При появата на тази повреда, както и констатирането на откъртане 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 валовете. Корпусът не трябва да е деформиран в резултат на затягането му към фундамента. Осите на валовете да са в една плоскост. Допуска се отклонение от хоризонталност до 0,3 mm/m. Допуска се отклоняване на валовете 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 %.

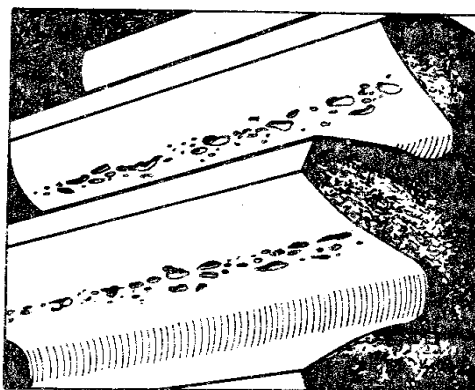
#### Контактна умора (питинг)

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 бързозасъхваща боя на 3 - 4 зъба, влизачи 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

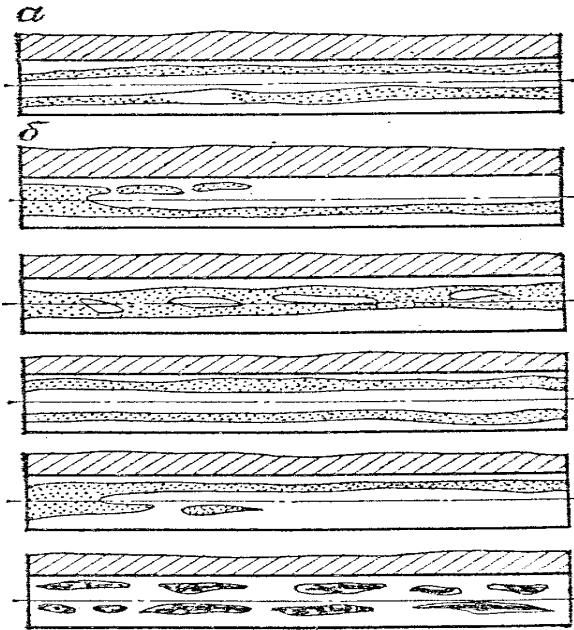
При зацепване на Новиков и нов редуктор първоначалният контакт се оформя в основата на зъба във вид на линии, разположени на не по-малко от 80 % от дължината на зъба. В процеса на работа контактното петно се разполага по цялата височина на зъба. Пример за контактни петна при зацепване на Новиков е даден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

Таблица 1

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

РЕДУКТОР ТИП	Контактно петно не по-малко, %	
	на зъба По височина	на зъба По дължина
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

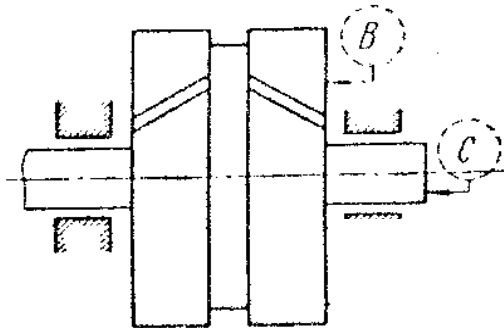
При несъответствие на формата, разположението и големината на контактното петно с табл. 1 и фиг. 2 е необходимо да се открие причината, която най-често е нарушената успоредност на валовете на зъбните колела или деформиране на корпуса на редуктора в резултат на неправилно затягане на анкерните болтове. 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 контактно 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 подедни 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 снемат показанията през 90 градуса. Амплитудата на биене не трябва да превишава 0,6 mm. Ако това не е изпълнено, да се про-

вери съосността на вала на подедната машина и вала на редуктора.

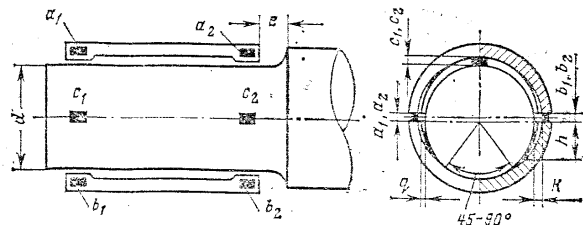
Таблица 2

Допустими стойности на челното биене на зъбно колело, отнесено към 100mm от неговия диаметър, μm

на предавката	Широчина на колелото или полушеврона, mm								
	До 55	55 - 100	110 - 160	160 - 220	220 - 320	320 - 450	450 - 630	630 - 900	900 - 1250
7	21	11	8	6	5	4,2	3,6	3,2	2,8
8	26	14	10	8	6	5,2	4,5	4,0	3,6
9	34	18	12	10	8	6,5	5,5	5,0	4,5
10	42	22	16	12	10	8,5	7,0	6,0	5,5

**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*<sub>1</sub>, *b*<sub>1</sub>, *c*<sub>1</sub>, *a*<sub>2</sub>, *b*<sub>2</sub>, *c*<sub>2</sub> 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:

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

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 дефектният 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-2,1x4p-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. загуба 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 откази, 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.