

ОСОБЕНОСТИ ПРИ ИЗПИТВАНЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТТА НА СПИРАЧНАТА СИСТЕМА НА РУДНИЧНА ПОДЕМНА УРЕДБА С ТРИЕЩА ШАЙБА

Антоанета Янева¹, Илия Йочев²

¹ Минно-геоложки университет "Св. Ив. Рилски", 1700 София

² "Рудметал" АД, 4960 гр. Рудозем

РЕЗЮМЕ. Спирачната система на рудничната подемна уредба (РПУ) подлежи на изпитване при първоначално пускане в експлоатация, след промяна на крайния окачен товар или височината на подема, както и след провеждане на някои ремонтни дейности. В предложения доклад не се предлага цялостен метод за изпитване на спирачната система, тъй като той е подробно изяснен в предишна публикация на същите автори. Изследвани и систематизирани са най-важните особености при изпитване на руднични подемни машини (ПМ) с многовъжбена триеща задвижваща шайба. Посочени са изискванията за граничните стойности на ускоренията при предпазно спиране, както и за максималната допустима стойност на динамичния коефициент на сигурност срещу приплъзване съгласно нормативните документи. Предложената методика за изпитване на работоспособността и изчисляване на основните параметри на спирачната система обхваща най-често срещаните случаи на монтаж на едно- и многовъжбени ПМ с триеща шайба.

SPECIAL FEATURES IN CONDITIONS OF TESTING THE BRAKE SYSTEM OF A MINING WINDING MACHINE WITH MANY ROPES FRICTION PULLEY

Antoaneta Yaneva¹, Ilija Iochev²

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski, 1700 Sofia, Bulgaria

²"Rudmetal" AD, 4960 Rudozem, Bulgaria

ABSTRACT. The brake system of the mining winder is always tested at the time of the initial putting into exploitation, after changing the end hang load or lift height as well as after some repair works. In the report a complete method for testing the brake system is not represented because the same one is explained in details in a previous publication of the authors. The most important special features for testing the mining winding machines with many ropes friction pulley are investigated and systemized. The requirements for the boundary values of the accelerates at conditions of safety stopping, as well as for the maximum boundary value of the dynamic safety factor against sliding, are pointed out according to the normative documents. The proposed methods for testing the workability and estimating the main parameters of the stopping system contain the most applied cases of winding machines with one- or many ropes friction pulley situating.

Въведение

Спирачната система е един от най-важните елементи на рудничните подемни уредби (РПУ), от които зависи сигурността и безопасността при експлоатация.

Спецификата на предаването на двигателната сила към органа за навиване при подемни уредби с триеща шайба предопределя специалните условия, на които е необходимо да отговаря спирачната система, а именно недопускане на приплъзване на подемните въжета.

Проверката се прави при проектиране на РПУ, а при експлоатацията трябва да се създадат условия за поддържане на параметрите в дадените граници.

Възприето е работоспособността на машината да се определя от това нейно състояние, което в даден момент съответствува на всички изисквания по отношение на основните й параметри, характеризиращи нормалното изпълнение на зададените й функции.

Работоспособността на спирачната система не е свързана само с нейната способност да изпълнява

необходимите функции, но и с това, че основните й параметри трябва да са в известни допустими граници.

Изпитването на работоспособността на спирачната система на рудничните подемни уредби обикновено е завършващ етап от нейната настройката и се налага при следните обстоятелства:

- пускане в работа на нова подемна машина;
- промяна на условията на експлоатация (промяна на окачените товари, височината на подем, типа и конструкцията на подемните въжета и др.);
- извършване на ремонти свързани с елементи от спирачната система;
- неудовлетворителна работа на спирачката и др.

Основни цели и необходими условия на изпитването

Поставени са следните цели:

- определяне на продължителността на празния ход и времето за сработване на спирачката при предпазно спиране и проверка на съответствието

на тези стойности с изискванията на правилниците по техническа безопасност;

- определяне на закъснението на подемните съдове при предпазно спиране при спускане и подем на изчислителния товар за дадената подемна уредба;
- определяне на стойностите на действителните динамични коефициенти против приплъзване на въжетата.

Времето за празен ход на предпазната спирачка е времето от момента на задействане на спирачката до съприкосновението на накладките със спирачните полета.

Времето за сработване на предпазната спирачка е времето от задействането до момента на създаване на спирачен момент равен на статичния.

Разглеждат се няколко възможни варианта на монтаж на подемната машина (ПМ) с триещя шайба, както и няколко варианта на натоварване на двата клона на въжетата.

Конкретно се извеждат формули за проверка на допустимите ускорения и на динамичния коефициент на сигурност срещу приплъзване при едно- и многовъжени ПМ с наземно монтаж, както и при многовъжени ПМ, разположени в надшахтната кула за случаите с и без отклоняваща шайба.

Друга задача при изпитването на работоспособността на спирачната система е определяне на броя устойчиви степени при работно спиране осигурявани от регулатора на налягане, при които на определен ток в управляващата бобина отговаря съответна стойност на спирачния момент. Изпълнението на тази дейност е разгледано в Йочев, Кърцелин (2003) и не е обект на внимание на настоящия доклад.

Изпитването на предпазното спиране се извършва при спазване на следните условия:

- Хлабините между накладките и спирачните полета трябва да са настроени на максимална величина (сумарна хлабина за двете челюсти и полето $2+2\text{mm}$), при която сработва изключвателът за износеникладки. При машини с пружинно задвижване на работната спирачка изпитването се извършва както при максимални така и при нормални хлабини, понеже от големината на сумарната хлабина зависи стойността на спирачния момент;
- Единият от подемните съдове трябва да е натоварен с максималния изчислен товар. Не се допуска изпитания да се извършват при наличие на хора в подемните съдове. При извоз само на хора, в подемния съд се натоварват тежести с сумарно тегло равно на теглото на максималния разрешен брой хора.;
- За неуравновесен подем изпитванията се извършват при това положение на подемните съдове, при което статичната разлика в клоновете на въжетата е максимална. За уравновесен подем изпитванията се извършват при което и да е положение на подемните съдове;

- Изпитванията се извършват при максимална скорост разрешена за подем и спускане;
- Предпазното спиране трябва да е съпроводено с изключване на главния двигател от мрежата.

Същност на изпитването

Извършва се осцилографиране на процеса на предпазно спиране. Определяне на продължителността на празния ход, на времето за сработване на спирачката и на закъснението на подемните съдове при предпазно спиране е подробно описано в Йочев, Янева (2004) и затова в настоящия доклад тази технология няма да бъде разглеждана.

При подемните уредби с триеща шайба по-малко опасен режим на предпазно спиране е този при подем на товар. Поради тази причина първо се провеждат изпитванията на предпазно спиране при подем на товар. Получената стойност на средното закъснение a_n не трябва да превишава 5m/s^2 , а така също стойността на $a_{\text{пм}}$, изчислени по формули (1) или (2) при разполагане на подемната машина на надшахтова кула, или формула (3) при наземно разполагане на подемната машина или при случай на едно подемно въже.

Максимално допустимата стойност на закъснението, осигуряваща необходимата стойност на динамичния коефициент против приплъзване на въжетата $\mu_d = 1.25$ ще се определи по формулите:

- при случай на подем на по-натоварения клон на въжетата от страна на отклоняващите шайби:

$$a_{\text{ПМ}} = g \frac{F_1(e^{\mu\alpha-1}) + \mu_D(F_1 - F_2)}{\mu_D(F_1 + F_2 + gG_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}) + (F_1 + gG_{\text{ш}} \cdot 10^{-3})(e^{\mu\alpha-1})} \quad (1)$$

- при случай на подем на по-натоварения клон на въжетата от страната без отклоняващи шайби:

$$a_{\text{ПМ}} = g \frac{F_1(e^{\mu\alpha-1}) + \mu_D(F_1 - F_2)}{\mu_D(F_1 + F_2 + gG_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}) + F_1(e^{\mu\alpha-1})} \quad (2)$$

- при случай с наземно разполагане на подемната машина :

$$a_{\text{ПМ}} = g \frac{F_1(e^{\mu\alpha-1}) + \mu_D(F_1 - F_2)}{\mu_D \left[\frac{F_1 + F_2 + g \cdot 10^{-3} (2G_{\text{ш}} + \Delta M_{\text{ПП}})}{1} \right] + \left[\frac{F_1 + g \cdot 10^{-3} (G_{\text{ш}} + G_{\text{ш}}^1)}{1} \right] (e^{\mu\alpha-1})} \quad (3)$$

където F_1 и F_2 са товарите на клоновете на въжетата, kN като $F_1 > F_2$;

$G_{\text{ш}}$ - приведена маса на отклоняващата шайба или блока от шайби, kg;

μ - коефициент на триене на въжетата и облицовката на органа за навиване;

α - ъгъл на обхват на органа за навиване, rad.

Особеностите на наземното разполагане на много-въжените и едновъжените подемни машини с триещи шайби се състоят наличието на направляващи шайби и на двата клона на въжетата.

При едновъжени подемни уредби с триеща шайба и наличие на парашутно устройство е необходимо да се отчете и масата на въжето, включващо парашута, и масата на шайбата за това въже. Общо приведената маса на парашутното въже и шайбата му ще бъде:

$$\Delta M_{PP} = q(H + 2h) + G_{iш}^1 \quad (4)$$

където q е линейната маса на въжето включващо парашутното устройство kg/m;

h – дължина на това въже от шайбата до най – горното положение на клетката, m;

$G_{iш}^1$ - приведена маса на шайбата поддържаща въжето включващо парашута, kg.

Необходимо е да се изпита предпазното спиране и на по-тежкия клон на въжетата при движение на празни съдове. Получената при това стойност на средното закъснение a_n^1 също не трябва да превишава $5m/s^2$, а така също стойността на $a_{пш}$ изчислени по формули (1) или (2) при разполагане на подемната машина на надшахтова кула, или формула (3) при наземно разполагане на ПМ или при случай на едно подемно въже.

Чрез получените стойности на a_n и a_n^1 се изчисляват очакваните стойности на закъсненията съгласно Бежок и др. (1982):

- при спускане на товар

$$a_{СПО} = a_{П} - \frac{2.10^3 \cdot F_o}{M_{PP}} \quad (5)$$

- при спускане на по тежкия клон на въжетата при движение на празни съдове

$$a_{СПО}^1 = a_{П}^1 - \frac{2.10^3 \cdot F_o^1}{M_{PP}^1} \quad (6)$$

където F_0 и F_0^1 са статичните разлики в клоновете на въжетата съответно при подем на товари и при движение на празни съдове, kN;

M_{PP} и M_{PP}^1 – приведена маса на движещите се части на подемната уредба съответно при подем на товари и при движение на празни съдове, kg.

Получените стойности на закъсненията по формули (5) и (6) не трябва да надвишават определените стойности на $a_{спш}$ по формула (7) или (8) при разполагане на подемната машина на надшахтова кула, или формула (9) при наземно разполагане на подемната машина или при случай на едно подемно въже. Ако това условие е удовлетворено, може да се пристъпи към изпитване на спирачката при спускане на товар или при спускане на по-тежкия клон на въжетата при движение на празни съдове. В противен случай се

извършва настройка на спирачната система с цел намаляване на стойностите на a_n и a_n^1 , отново се изпитва предпазната спирачка при подем на товар и отново се изчисляват очакваните стойности на $a_{СПО}$ и $a_{СПО}^1$.

Максимално допустимата стойност на закъснението осигуряваща необходимата стойност на динамичния коефициент против приплъзване на въжетата $\mu_d = 1.25$ при спускане ще се определи по формулите:

- при случай на спускане на по-натоварения клон на въжетата от страна на отклоняващите шайби:

$$a_{СПМ} = g \frac{F_2(e^{\mu_d \alpha - 1}) - \mu_d(F_1 - F_2)}{\mu_d(F_1 + F_2 + gG_{iш} \cdot 10^{-3}) + F_2(e^{\mu_d \alpha - 1})} \quad (7)$$

- при случай на спускане на по-натоварения клон на въжетата от страната без отклоняващи шайби:

$$a_{СПМ} = g \frac{F_2(e^{\mu_d \alpha - 1}) - \mu_d(F_1 - F_2)}{\mu_d(F_1 + F_2 + gG_{iш} \cdot 10^{-3}) + (F_2 + gG_{iш} \cdot 10^{-3})(e^{\mu_d \alpha - 1})} \quad (8)$$

- при случай с наземно разполагане на подемната машина :

$$a_{СПМ} = g \frac{F_2(e^{\mu_d \alpha - 1}) - \mu_d(F_1 - F_2)}{\mu_d \left[\frac{F_1 + F_2 + g \cdot 10^{-3} \left(2G_{iш} + \Delta M_{PP} \right)}{2} \right] + \left[\frac{F_2 + g \cdot 10^{-3} \left(G_{iш} + G_{iш}^1 \right)}{2} \right] (e^{\mu_d \alpha - 1})} \quad (9)$$

Изпитванията на предпазното спиране както при подем, така и при спускане се извършва 3-4 пъти, повишавайки скоростта при всяко изпитание. При това е необходимо да се установи липсата на приплъзване на въжетата визуално или чрез устройството за защита от това явление. При наличие на приплъзване изпитанията се преустановяват, като следва да се извърши регулиране на спирачната система. За избягване на прегряване на спирачните накладки между изпитанията се правят 10 – 15 минутни паузи.

Получените фактическите стойности на закъсненията при предпазно спиране при спускане на товар и при спускане на по натоварения клон от въжетата при движение на празни съдове съответно $a_{сп}$ и $a_{сп}^1$ трябва да са не по-малки от $1.5m/s^2$ и не по-големи от стойностите на $a_{СПМ}$.

Чрез използване на фактическите стойности на закъсненията при подем a_n и $a_{сп}$ се определят фактическите динамични коефициенти на сигурност против приплъзване както следва:

- при подем на товар със съда, разположен към страната на отклоняващите ролки:

$$\mu_{дП} = \frac{[(g - a_{П})(F_1 + gG_{iш} \cdot 10^{-3})](e^{\mu_d \alpha - 1})}{a_{П}(F_1 + F_2 + gG_{iш} \cdot 10^{-3}) - g(F_1 - F_2)} \geq 1.25 \quad (10)$$

- при подеи на товар в съда от страната без отклоняващи шайби:

$$\mu_{ДП} = \frac{F_1(g - a_{П})(e^{\mu \cdot \alpha} - 1)}{a_{П}(F_1 + F_2 + gG_{iш} \cdot 10^{-3}) - g(F_1 - F_2)} \geq 1.25 \quad (11)$$

- при подеи на товар с наземно разположена подеи машина:

$$\mu_{ДП} = \frac{\left[F_1(g - a_{П}) - a_{П} \cdot g \cdot 10^{-3} (G_{iш} + G_{iш}^1) \right] (e^{\mu \cdot \alpha} - 1)}{a_{П} \left[F_1 + F_2 + g \cdot 10^{-3} (2G_{iш} + \Delta M_{ПП}) \right] - g(F_1 - F_2)} \geq 1.25 \quad (12)$$

- при спускане на товар със съда, разположен към страната на отклоняващите ролки:

$$\mu_{ДСП} = \frac{F_2(g - a_{СП})(e^{\mu \cdot \alpha} - 1)}{a_{СП}(F_1 + F_2 + gG_{iш} \cdot 10^{-3}) + g(F_1 - F_2)} \geq 1.25 \quad (13)$$

- при спускане на товар в съда от страната без отклоняващи шайби:

$$\mu_{ДСП} = \frac{\left[F_2(g - a_{СП}) - a_{СП} \cdot g \cdot G_{iш} \cdot 10^{-3} \right] (e^{\mu \cdot \alpha} - 1)}{a_{СП}(F_1 + F_2 + gG_{iш} \cdot 10^{-3}) + g(F_1 - F_2)} \geq 1.25 \quad (14)$$

- при спускане на товар с наземно разположена подеи машина:

$$\mu_{ДСП} = \frac{\left[F_2(g - a_{СП}) - a_{СП} \cdot g \cdot 10^{-3} (G_{iш} + G_{iш}^1) \right] (e^{\mu \cdot \alpha} - 1)}{a_{СП} \left[F_1 + F_2 + g \cdot 10^{-3} (2G_{iш} + \Delta M_{ПП}) \right] + g(F_1 - F_2)} \geq 1.25 \quad (15)$$

Изводи

Систематизирана е методика, приложима както при експлоатацията на руднични подеи уредби, така и при тяхното проектиране. Тя дава възможност за решаване на основни задачи при определяне на работоспособността на спирачната система на ПМ с триеща шайба, а именно:

Определяне на времето за празен ход, времето за сработване на спирачката, стойностите на средното закъснение в периода на предпазно спиране и фактическите динамични коефициенти на сигурност при приплъзване.

Получените фактически стойности на средното закъснение при подеи на товар не трябва да превишават 5m/s².

Получените фактически стойности на средното закъснение при спускане на товар или спускане на по-натоварения клон на възетата при движение на празни съдове не трябва да са по-малки от 1.5m/s² и по-големи от стойностите изчислени съгласно (7), (8) и (9).

Получените фактически стойности на динамичния коефициент на сигурност против приплъзване на възетата за различните случаи при подеи и спускане на товар трябва да не са по-малки от 1.25.

Литература

- Бежок, В.Р., Б.Н. Чайка, Н.Ф. Кузьменко. 1982. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок. М., Недра.
- Йочев, И.Щ., Янева А.И. 2004. Изпитване на работоспособността на спирачната система на руднична подеи уредба. – Год. МГУ, 47, св. III – Механиз. електр. и автом., 13 – 16.
- Йочев, И.Щ., Кърцелин Е.Р. 2003. Определяне на техническото състояние на някои основни елементи от руднична подеи уредба. – Год. МГУ, 46, св. III – Механиз. електр. и автом., 19 – 22.
- Правилник по безопасност на труда при разработване на рудни и нерудни находища по подземен начин /В-01-02-04/1969. С., Техника.
- Правилник по безопасност на труда в подземните въглищни рудници /В.01.01.01/. 1992. С., ДФ "Полиграфичен комбинат".