

ОТВОДНЯВАНЕ НА ПОДЗЕМЕН РУДНИК „ ВЪРБА-БАТАНЦИ”

Румен Исталиянов¹, Петко Кюмурков², Юли Желев², Таньо Минчев²

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail rgi@mgu.bg

² „ИНСТИТУТ ПО СТРОИТЕЛСТВО И МИННО ДЕЛО” – АД

РЕЗЮМЕ: В статията са представени резултатите от проектирането на водоотливната уредба за отводняване на подземен рудник „Върба-Батанци”

DRAINAGE OF UNDERGROUND MINE “VARBA-BATANTSI”

Rumen Istalianov¹, Petko Kumourkov², Juli Zhelev², Tanyo Minchev²

¹University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Sofia, Republic of Bulgaria, E-mail rgi@mgu.bg

²“INSTITUTE OF CONSTRUCTION AND MINING” – AD, Sofia, Republic of Bulgaria

ABSTRACT: The article presents results from the design to the water drainage system of underground mine “Varba-Batantsi”

Кратки сведения за развитие на добивните дейности на находището.

Находище „Върба” е открито за добив през 1952 година и работи до 1999 година след което следва затваряне на рудника. През времето на експлоатация са добити 3363,4 х.т. руда. През 1968 г. шахтата пропада и добива е преустановен. Шахтата е запълнена с баластров материал и е прокарана отново.

Находище „Батанци” е открито през 1962 год. и е в експлоатация до 1999 година, като през годините на експлоатация са добити 1620,2 х.т. руда. Двете находища са обединени в един рудник през 1995 г. През 2007 година е извършен частичен ремонт на шахтата от к. 960 до хор.740. Сменени са дървените водачи и са закрепени пропаднали участъци по шахтата.

Двете находища са свързани хидравлично на хор. 590. Находище „Върба” е наводнено от хор.540 до хор.740. Находище „Батанци” е наводнено от хор 590 до хор. 740. Изчисленията направени на база иззетите под хор. 740 пространства показват, че те са 727 292 m³ за находище „Върба” и 448 024 m³ за находище „Батанци”. Общо за двете находища отработените пространства са 1 175 316 m³. Като се вземе предвид обема обрушвки и евентуално „изтичане” на част от запълващия материал /прилаган при системата със запълване на иззетото пространство/, може да се допусне че обема вода акумулиран в двете находища е около 1 милион m³.

Водопритокът на двете находища е в пряка зависимост от валежите на повърхността, тъй като същите имат големи площи засегнати от обрушаване и напукване на параметите на жилата. Терциерния комплекс на

конгломерато-брекчите действа като събирателна чаша и при проливни дъждове водопритока се увеличава многократно, като това се отразява до 10 дни след спиране на валежите. Поради пропуски по заустване на обрушките и късане на отводнителните съоръжения на повърхността, р-к „Върба” е наводняван многократно през годините на експлоатация. Замереният водоприток на изхода на травербана Рудозем-Върба е 40 l/s към 24.01.2012 г. и 70 l/s към 15.03.2012 г.

Отводняването на находището е една от най-важните задачи които трябва да се решат за да започнат нормалните добивни работи. Едва след това може да се даде задоволителна оценка за състоянието на шахтата, рудичните дворове и подготвителните изработки. Възможно е в следствие на продължителното наводняване на участъците, част от запълващия материал да е „изтекъл” и затлячил добивните блокове на хор 540. Всичко това може да доведе до допълнителни разходи, които ще направят експлоатацията им не ефективна. След отводняването може да се започне зачистване на руддвора и полевата галерия на хор.590 /свързваща участък Батанци/, като се осигури транспортна и вентилационна връзка с разкриващата наклонена галерия от площадка „Хаджийски дол”.

Основни технически решения

Приема се че отводняването на находището ще се извърши през съществуващата шахта Върба -1. В идейна фаза бяха разгледани и други варианти, но само варианта на отводняване през Върба-1 дава възможност за едновременно пропускане на няколко мощни високопроизводителни помпи при което срока на отводняване е 4-5 месеца.

Определяне на мощността на помпите

Изборът на помпа е направен въз основа на дълбочината на рудника и необходимия дебит.

Ще се използват многостъпални потопяеми помпи тип SP-215-8 на фирмата Grundfos със следните показатели:

- производителност - 200 m³/h;
- напор – 215 m;
- брой на стъпалата – 8;
- мощност на двигателя – 147 kW;
- тегло – 680 kg;
- диаметър на помпата без кожуха – 241 mm;
- диаметър на помпата с кожуха – 500 mm.

Ще бъдат доставени 4 бр. помпи, като три ще бъдат включени в работа, а една в резерв.

Кабелна линия

Сечението на кабелната линия се определя по:

- допустимо-токово натоварване

$$I_{доп} \geq I_n$$

където I_n е номинален ток, А; $I_{доп}$ - допустимият ток на проводника или кабела. За един консуматор – помпа с мощност 147 kW номиналният ток е 315 А.

Избирам кабел NYCY 3X120 mm² с $I_{доп}=328$ А.

(ПБТ изисква задължително използване на брониран или екраниран кабел)

- загуба на напрежение

Максималната загуба на напрежение в трифазна линия се определя с израза:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n I_i \cdot (P_{m,i} \cdot r_i + Q_{m,i} \cdot x_i) \cdot 100}{U^2}, \%$$

където $P_{m,i}$ и $Q_{m,i}$ са максималните активни и реактивни товари в i -тия участък, kW и kVA;

l_i е дължината на i -тия участък на линията, km;

r_i и x_i са активното и реактивното съпротивление за променлив ток за единица дължина на i -тия участък, Ω /km; U е напрежението на линията, V.

При дължина на кабелната линия от разпределителното табло до помпата 250 m се получава загуба на напрежение 9%. Поради тази причина избираме следващо сечение, което да отговаря на това изискване при допустима загуба на напрежение не по-голяма от 5%.

На това условие отговаря сечение 185 mm². със следните параметри $r_i = 0,1 \Omega$ /km и $x_i = 0,06 \Omega$ /km.

Избор на апаратура за управление и защита

Условията на които трябва да отговаря апаратурата са:

$$U_{н.а} \geq U_{н.мр}$$

$$I_{н.а} \geq I_n$$

$$I_{изкл} \geq I_{к.с.макс}$$

където $U_{н.а}$ и $U_{н.мр}$ - номиналните напрежения съответно на автоматичния прекъсвач и на електрическата мрежа, V;

$I_{н.а}$ - номиналният ток на автоматичния прекъсвач, А;

$I_{м30}$ - номиналният ток на консуматора, А;

$I_{изкл}$ - токът на късо съединение, който може да изключи автоматичния прекъсвач (изключвателна способност), kA;

$I_{к.с.макс}$ - възможният максимален ток на късо съединение, който се определя за мястото на включване на автомата, kA.

Избирам автоматичен прекъсвач тип Compact NB400 3p 3d MX (с независим работен изключвател) със следните характеристики:

$$U_{н.а} = 500 \text{ V}$$

$$I_n = 400 \text{ A}$$

$$I_{изкл} = 18 \text{ kA}$$

$$I_{мтз} = 4000 \text{ A}$$

Препоръката на фирмата производител за избор на защита от претоварване е за електронна защита тип MP 204. Същата се доставя и с комплект токови трансформатори 500/5 А, и готова (фирмена) настройка за защита на определен тип помпа.

За осъществяване на нулева защита избирам контактори тип LC1-F225 за продължителен ток (в режим AC-1) 315 А.

За захранване на помпите ще се използват наличните 2 бр. (на кота 790) трансформатори 6/0,4 kV с мощност 400 kVA тип ТСВП с характеристики показани в табл.1:

Таблица 1

Характеристики на трансформатор тип ТСВП 400/6/0,4

$S_n, \text{ kVA}$	400
$U_{н.мр1}, \text{ kV}$	$6 \pm 5\%$
$U_{н.мр2}, \text{ V}$	690
$U_{к.с.}, \%$	3,5
$I_{пр.х.}, \%$	2,2
$P_{к.с.}, \text{ W}$	3600
$P_{пр.х.}, \text{ W}$	2070

Избираните по условията на нормален режим сечения на токопроводящите жила в кабела се проверяват и по условието на пускане на най-мощен и отдалечен двигател. Целта на проверката е да установи, дали в момента на пускането ще бъде осигурено достатъчно напрежение, за да може той да се развърти, а едновременно с това дали напрежението при отделните пускатели ще бъде в допустими граници $(0,6-0,75)U_n$, за да не се изключат останалите електродвигатели в периода на пускането. Проверката се извършва в случаите, когато мощността на електродвигателя е съизмерима с мощността на захранващия трансформатор (до 1:4). При голям брой консуматори, с малка мощност спрямо трансформатора, такава проверка не е необходима.

За захранване на два броя помпи отношението на мощност на помпа към мощност на трансформатор е приблизително 1:2,5 и тази проверка е задължителна.

Проверката ще се извършва в следния ред:

- излиза се от условието за допустим минимален пусков момент, който трябва да развива двигателят в момента на пускане при понижено напрежение. Минималното допустимо напрежение при пускане на електродвигателя е:

$$U_{n.min} = U_n \sqrt{\frac{K_{min}}{K}} = 380 \cdot \sqrt{\frac{0,6}{2,0}} = 209 \text{ V};$$

където $K_{min} = \frac{M_{n.min}}{M_n}$ - минимална кратност на пусковия

момент – за помпи $K_{min} = 0,6$;

$K = \frac{M_n}{M_n}$ - кратност на минималния пусков момент на

електродвигателя (от техническата характеристика на двигателя $K=2$)

Загубата на напрежение в гъвкавия кабел при пускане на най-мощния двигател при нормална работа на останалите двигатели се определя по израза:

$$\Delta U_{n.з.к} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{n.дв} \cdot L \cdot K_{з.к} \cdot \cos \varphi_{n.дв}}{\gamma \cdot f} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 6,2 \cdot 315 \cdot 250 \cdot 1,1 \cdot 0,45}{53 \cdot 185} = 43 \text{ V}$$

където: $I_{n.дв}$ - пусков ток на електродвигателя, А;

k_n - кратност на пусковия ток ($k_n=6,2$)

$\cos \varphi_{n.дв}$ - факторът на мощността на двигателя при пускането (отчита се от техническата характеристика на двигателя $\cos \varphi_{n.дв} = 0,45$).

$k_{з.к.}$ - коефициент отчитащ провисването на кабела, $k_{з.к.}=1,1$

Факторът на мощността на трансформатора при пускането е:

$$\cos \varphi_{n.ф.к} = \frac{(I_{p.тп} - I_{p.дв}) \cdot \cos \varphi_{p.тп} + I_{n.дв} \cdot \cos \varphi_{n.дв}}{I_{n.тп}} =$$

$$= \frac{(630 - 315) \cdot 0,85 + 6,2 \cdot 315 \cdot 0,45}{2088} = 0,51$$

Токът на трансформатора при пускането е:

$$I_{n.тп} = \sqrt{[(I_{p.тп} - I_{p.дв}) \cos \varphi_{p.тп} + (I_{n.дв} \cdot \cos \varphi_{n.дв})]^2 + [(I_{p.тп} - I_{p.дв}) \sin \varphi_{p.тп} + (I_{n.дв} \sin \varphi_{n.дв})]^2} =$$

$$= \sqrt{[(630 - 315) \cdot 0,85 + 6,2 \cdot 315 \cdot 0,45]^2 + [(630 - 315) \cdot 0,53 + 6,2 \cdot 315 \cdot 0,89]^2} = 2088 \text{ A}$$

- относителната стойност на активната загуба на напрежение във вторичната намотка на трансформатора-

$$\Delta U_a \% = \frac{P_{ис} \cdot 100}{1000 \cdot S_{н.тп}} = \frac{3600 \cdot 100}{1000 \cdot 400} = 0,9\%$$

- относителна стойност на реактивната загуба на напрежение

$$\Delta U_r \% = \sqrt{\Delta U_{кс}^2 \% - \Delta U_a^2 \%} = \sqrt{3,5^2 - 0,9^2} = 3,38\%$$

Относителната загуба на напрежение във вторичната намотка на трансформатора при пускане:

$$\Delta U_{n.тп} \% = \frac{I_{n.тп}}{I_{н.тп}} (\Delta U_a \% \cdot \cos \varphi_{n.тп} + \Delta U_r \% \cdot \sin \varphi_{n.тп}) =$$

$$= \frac{2088}{577} (0,9 \cdot 0,51 + 3,38 \cdot 0,86) = 12,1\%$$

Загубата на напрежение в трансформатора в абсолютни единици е:

$$\Delta U_{n.тп} = \frac{U_{н2тп} \Delta U_{тп} \%}{100} = \frac{400 \cdot 12,1}{100} = 48,4 \text{ V.}$$

Допустимата загуба на напрежение в мрежата при пускане е:

$$\Delta U_{n.доп} = U_{n.тп} - U_{n.мин} \geq \Delta U_{n.тп} + \Delta U_{n.з.к}$$

$$\Delta U_{n.доп} = 400 - 209 = 191 \geq 48,4 + 43 = 91,4 \text{ V}$$

За да не се изключват контакторните бобини на магнитните пускатели на останалите консуматори е необходимо да бъде спазено условието:

$$U_{н2тп} - \Delta U_{n.тп} = 400 - 48,4 =$$

$$= 351,6 \geq (0,6 \div 0,75) U_n = 0,75 \cdot 380 = 285 \text{ V}$$

От направената проверка се установява, че това условие е изпълнено.

В горните формули са използвани следните означения:

$\cos \varphi_{n.тп}$ - факторът на мощността при пускане.

$I_{тп.к}$ - токът на трансформатора при нормален режим

$\cos \varphi_{тп.к}$ - факторът на мощността на трансформатора при нормален режим

Оразмеряване на тръбопровода

Вътрешния диаметър на тръбопровода се определя от производителността на помпата. За свеждане на загубите от налягане до целесъобразни стойности скоростта на водата в тръбопровода се ограничава. За рудни рудници скоростта не трябва да надвишава 1,5-2,2 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{3600 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 200}{3600 \cdot 3,14 \cdot 2}} = 0,19 \text{ m}$$

където Q_n - номинална производителност m^3/h

V - скорост на движение на водата m/s

Определяне дебелината на стената на тръбопровода

Като използваме практически установената зависимост за дебелината на стената на тръбопровода се получава:

$$\delta = \frac{p_{max.раб} \cdot D}{203} = \frac{3,5 \cdot 0,19}{203} = 0,0033 \text{ m}$$

където $p_{max.раб}$ - максималното работно налягане в тръбопровода в МПа

Избираме стандартна безшевна тръба с дължина 6 m , дебелина на стената 6 mm с диаметър 245 mm.

Характеристика на тръбопровода

Характеристиката на тръбопровода се построява като използваме уравнението:

$$\begin{aligned}
H_{mp} &= H_z + R_{mp} \cdot Q^2 = \\
&= H_z + \left[\frac{k_T \cdot 6,375 \cdot 10^{-9}}{D_{втр}^4} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{L}{D_{втр}} + \sum_1^n \xi_i + 1 \right) \right] \cdot Q^2 = \\
&= 200 + \left[\frac{1,1 \cdot 6,375 \cdot 10^{-9}}{0,238^4} \cdot \left(0,032 \cdot \frac{250}{0,238} + 28 + 1 \right) \right] \cdot Q^2 = \\
&= 200 + 0,0001244 \cdot Q^2, h^2 / m^5
\end{aligned}$$

където L - дължина на тръбопровода;

λ - коефициент на линейно (хидравлично) съпротивление;
 k_m коефициент отчитащ загубите от отлагане и полепване на механични частици по стените на тръбопровода;

ξ - коефициенти на съпротивление на арматурата и фасонните елементи (местни съпротивления).

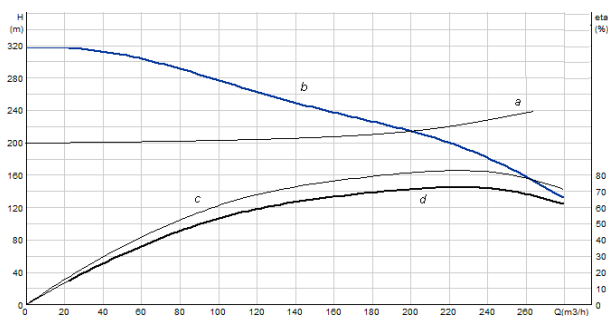
В таблица 2 са показани коефициенти на съпротивление на арматурата и фасонните елементи

Таблица 2

Коефициенти на съпротивление на арматурата и фасонните елементи

Вид арматура	Стойност на ξ	брой
Смукателна решетка	7	1
Конусен преходник	1,3	2
Ъглови колена (45°)	0,15	3
Закръглени колена (90°)	0,25	2
Спирателен кран	0,25	1
Обратен клапан	14	1
Тройник (в отклонение)	1	2
Изход на тръбопровод	1	1

На фиг. 1 е показана характеристиките на тръбопровода и помпа тип SP-215-8



фиг. 1 характеристики на тръбопровода и помпа тип SP-215-8

a- характеристика на тръбопровода

b- характеристика помпа

c и d –зависимости на к.п.д. от дебита

Време за отводняване

Определяне продължителността на отводняване

Очакваният водоприток към началото на отводняване е около 50 l/s. или 180 m³/h

Акумулираните води в двата участъка „Върба“ и „Батанци“ е около 1 000 000 m³.

Отводняването ще се извърши от хор. 740 до хор. 540 т.е. участък с височина 200 m.

$$T = \frac{K \cdot Q}{n \cdot Q_n - q_e} = \frac{1,3 \cdot 1000000}{3 \cdot 200 - 200} = 3250 \text{ часа}$$

където Q – акумулирани води – m³;

n – брой на помпите;

Q_n – дебит на помпите – m³/h;

q_e – дебит на водопритока – m³/h;

k – коефициент на неравномерност на водоотлива = 1,3

Очакван брой дни за отводняване при 24 часов режим на работа – $3250:24 = 135 \text{ дни}$

При нормална работа на водоотливната уредба отводняването може да се извърши за **4,5** месеца.

Литература

1. Исталиянов Р.Г., Повишаване енергийната ефективност на помпени уредби в минната промишленост, Дисерт. за получаване на образ. и научна степен „Доктор“, 2010 г.,
2. Цветанов Цв., Руднични вентилаторни и водоотливни уредби, София, Авангард Прима, 2005.
3. Правилник по безопасността на труда при разработване на рудни и нерудни находища по подземен начин (В-01-02-04), Д.И. „Техника“, София, 1971.
4. Нормативи и правила за технологично проектиране на подземни рудници Д.И „Техника“, София, 1980
5. Наредба № 3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, обнародвана в ДВ, бр. 90 и 91 от 2004 г.