

ОПТИМАЛЕН ВАРИАНТ ЗА РЕКОНСТРУКЦИЯ НА РУДНИЧНА ПОДЕМНА УРЕДБА ПРИ УДЪЛБАВАНЕ НА ВЕРТИКАЛНА ШАХТА "КАПИТАЛНА", РУДНИК ЧЕЛОПЕЧ

Антоанета Янева

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

РЕЗЮМЕ. В настоящия работа са разгледани възможностите на съществуващата подемна уредба на шахта "Капитална", рудник Чelopeч, и нейните подежни съоръжения. Целта е доразработване на рудника и удължаване на същата шахта с още един хоризонт - 100 m. Чрез цялостно проектиране на ПУ е проверена нейната работоспособност при новите параметри – височина на подема и годишна производителност. Изследвани са различни варианти за изменение на подежните съоръжения. Търсено е оптимално решение с най-малки допълнителни капитални разходи, с минимални промени по конструктивните елементи и с най-кратък срок на реконструкция и спиране на добива и подема на полезно изкопаемо. Предложени са решения за модернизация на подежната уредба и за по-далечно бъдеще при наличие в дълбочина на запаси с достатъчна икономическа ефективност и в зависимост от дългосрочната програма за развитие на рудника.

OPTIMAL VARIANT FOR RECONSTRUCTION OF A MINING WINDER IN CASE OF DIGGING A VERTICAL SHAFT 'KAPITALNA', CHELOPECH MINE

Antoaneta Yaneva

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

ABSTRACT. The possibilities of the existing winder of vertical shaft "Kapitalna", Chelopech Mine, and its winding equipment are represented in the report. The purpose is further development of the mine and digging one more horizon of the shaft – 100 meters. Through complete design of the winder its workability with the new parameters is checked – lift height and annual output. Various variants for alternation of the winding equipment are investigated. An optimal decision with the least additional capital expense, with minimum alternation of constructive elements and with the shortest time of reconstruction and stopping the production and winding the mineral resource is searched for. Future decisions for the winder modernization are proposed in the presence of reserves in depth with sufficient economic effectiveness and depending on the long-term program for mine development.

Увод

В настоящия работа са разгледани възможностите на съществуващата подемна уредба (ПУ) на шахта "Капитална", рудник Чelopeч, и нейните подежни съоръжения с цел доразработване на рудника и удължаване на същата шахта с още един хоризонт – 100m.

Чрез цялостно проектиране на ПУ е проверена нейната работоспособност при новите параметри – височина на подема и годишна производителност. Търсено е оптимално решение с най-малки допълнителни капитални разходи, с минимални промени по конструктивните елементи и с най-кратък срок на реконструкция и съответно спиране на добива и извоза на полезно изкопаемо.

Предлагат се решения и за по-далечно бъдеще при наличие в дълбочина на запаси с достатъчна икономическа ефективност и в зависимост от дългосрочната програма за развитие на рудника.

Сведения за находището, рудничния комплекс и подежната уредба

Находище "Чelopeч" е едно от най-големите медно-златно-пиритни находища в Европа, разработвано по

подземен начин. Разположено е на 70 км източно от София. В находището се срещат следните типове руди:

- златно-пиритни – само златото е със съдържание над бортовото;
- златно-медно-пиритни – с относително по-високо съдържание на мед;
- медно – златно – пиритни – при тях преобладава златото;
- медно-пиритни – само медта е със съдържание над бортовото;
- полиметални – освен мед и злато има повишено съдържание на олово, цинк и сребро.

Полезните компоненти, определящи промишлената ценност на находището, са медта и златото. Средните съдържания на основните компоненти в рудата са: Cu – 1,51 %; Au – 4,28 g/t; S - 11,34%.

Надземният рудничен комплекс е изграден главно в района на шахта "Капитална" и се състои от:

- Бункерно стопанство – непосредствено до шахта "Капитална" са построени три бункера с обща вместимост 300 t, под които е изградено отделение за едро трошене и четири бункера с вместимост по 58 m³;

- Сграда, в която се намира цех за средно и ситно трошене;
- Обогатителна фабрика – в нея се намира мелнично отделение, флотационно и филтърно отделение;
- Връзката между отделението за едро трошене, цеха за средно трошене и обогатителната фабрика се осъществява чрез гумено лентови транспортьори.

Шахта "Капитална" е с обща височина $H = 345$ m със светло сечение $23,6$ m². Бетонирана е. Армировката за водене на подземните съдове (ПС) е твърда. Шахтата е оборудвана с две отделения за две двуетажни клетки, пешеходно и тръбно-кабелно отделение.

Подземните съдове са двуетажни необръщателни клетки за извоз на вагони ВНР – $2,8$ m³.

Подземни въжета са стоманени с кръгло сечение, отворена конструкция с паралелна плетка - 6×36 6+(1+7+7+7+14). Диаметърът е $d_v = 60,5$ mm, сечение $S_v = 1488$ mm² и дължина $L = 560$ m. Въжето има якост на опън $\sigma_0 = 1770$ N/mm² и сила на скъсване $Q_r = 2634$ kN. Този вид въжета работят добре на огъване, имат по-голяма допирна повърхност и по-малка деформация при навиване около органа и направляващите шайби. Техен недостатък е склонността им към разсукване, особено при големи дълбочини, което затруднява окачването и сменяването им, а също така чрез ПС оказва допълнителен натиск върху шахтната армировка. Предлагайки ново въже, при проектната проверка може да се мисли освен за конструкцията му като якост на опън, също така и за начина му на оплитане.

Подземната машина е еднобарабанна с двусекционен барабан тип ЦР – $6 \times 3,2/0,75$. Този вид подземни машини могат да се използват при работа на два хоризонта. Машината е монтирана в отделна сграда на повърхността върху масивен железобетонен фундамент и е закрепена към него с анкерни болтове.

Електрозадвигването на рудничната подземна уредба е едновидово без редуктор. Задвигването се осъществява с бавноходов постоянен ток двигател с неза-висимо възбуждане по система Г–Д (генератор-двигател). Синхронен двигател тип СДС $n=1000$ r/min; $S=1860$ kVA; $P=1600$ kW; Постояннотоков генератор Тип – МП-172-10 КУ4, $P=1450$ kW; $n=1000$ r/min; постоянен ток двигател тип – П2-26/51-2,5 УХЛ4, $P=2500$ kW.

Спирачната система е с пневмо-тежестно задвигване, двучелюстна с паралелно преместване.

Задачи на оптимизацията и анализ на вариантите

Главната идея на изчислителната проверка и избора на оптимален вариант е да се запазят основните конструктивни елементи на подземната система - подземният съд (ПС), шахтната армировка, надшахтната кула с направ-

ляващите шайби, устройствата за товарене и разтоварване и, много важно, на подземната машина (ПМ) - заради необходимостта от минимални загуби на време, труд и допълнителни инвестиции.

Подземни съдове

Подземният съд от една страна е свързан с вътрешно-рудничния транспорт, който го ограничава с определен вид вагонетки, а от друга – с параметрите на шахтната армировка. Вариантите тук при бъдещи по-кардинални промени са:

- преминаване към друг тип вагонетки с по-голяма вместимост (при запазена плътност на рудата) и проверка на якостта на подемото въже и ПМ с новия полезен товар;
- преминаване към 3-етажна клетка със същия тип вагонетки – променя се само височината на ПС – и отново проверка на въжето и машината;
- преминаване към нов ПС – клетка или скип (изцяло различно виждане – предназначение на РПУ само за товар), което би довело до изменения в армировката, товаро-разтоварните устройства, околошахтния двор на приемните площадки, полезния товар и др. Ще се наложат промени и в надшахтния комплекс, най-вече в приемния бункер и транспортните връзки; може да е необходима и нова надшахтна кула – като височина и конструкция;
- при необходимост от работа на много хоризонти и от големи дълбочини – запазване на досегашния тип клетка, но преминаване към един ПС и противотежест.

Във всички случаи са необходими пресмятания и проверки на работоспособността на ПМ, за да се докаже оставането ѝ в експлоатация.

Една от възможните проверки е якостно изчисляване на цилиндричната част на барабана (при запазени диаметър - D_b и широчина – B_b). При необходимост може да се премине към по-дебела ламарина, което води до по-големи стойности на максималното статично натоварване на ПМ. Подобни пресмятания са правени за различни конструкции ПМ, използвани в българската рудодобивна промишленост 2002, Йочев.

Подземни машини

Необходимостта от смяна на подземната машина би довела до цялостна промяна в надшахтовия комплекс:

- ако сме в границите на еднобарабанните машини или преминем към едновъжена триеща шайба, ще се наложат промени само в сградата – най-вече по фундаментите на ПМ, монтажа на спирачната система и т.н.; надшахтната кула може да се запази при малки изменения в усилията върху нея, направляващите шайби могат да се променят по размери, но не и по място на монтаж;
- ако се наложи преминаване към двубарабанна ПМ, цялостно би се изменила както сградата ѝ, така и надшахтната кула, а също и съоръженията на повърхността – свързани с разтоварването и по-нататъшната обработка на рудата;
- трета възможност е преминаването към многовъжена триеща шайба с аналогични последици, като гореизброените, но би била

оправдана при богати залежи на голяма дълбочина;

Могат да се разглеждат още варианти и комбинации от тях при запазване на един или друг параметър постоянен, но работата е много обемна. Би била оправдана и необходима при цялостна реконструкция на рудника.

Основи на проектирането и предимства на избрания вариант

Конкретната задача в случая има практико-приложен характер, свързана е с частични промени и се предлага във връзка с най-близките планове на минно-добивното предприятие в "Челопеч".

Основните изходни данни за проектиране и проверка са:

- Годишна производителност на рудника – $A_g = 1\,000\,000\text{ t/год.}$
- Височина на подема – $H = 445\text{ m, (335m + 100m)}$;
- Предназначение на подземната уредба – за извоз на руда и хора
- Вид на полезното изкопаемо – руда; обемно тегло на полезното изкопаемо – $\gamma_0 = 3,05\text{ t/m}^3$.

Направени са пресмятания и проверки на подземното въже, подземната машина, спирачната система и електрозадвигването по методиката от Янева, Переновски (2003) за еднорабанна ПМ и необръща-телна клетка. Изчислена е кинематиката и динамиката на подема и е доказана работоспособността на съществува-щия орган за навиване на въжето като якост и конструк-тивни размери (достатъчна широчина B_6 да събере допълнителната дължина въже при удълбаване на шахтата).

Разработената тема с направените изчисления и взетите проектантски решения позволява удълбаване на ВШ "Капитална" - рудник Челопеч с още един хоризонт – 100m. Въпреки че липсват икономически пресмятания, приетият вариант за промяна в състоянието на РПУ е най-изгоден, защото:

- запазва органа за навиване на въжето на ПМ в същия вид – като геометрични размери и като конструкция;
- запазва подземния съд – съответно типа вагонетка, конструкцията на шахтната армировка и производителността – за повишаване на последната се влияе върху скоростта на подема;
- кинематиката на подема се запазва като изходни данни за закон на движението; увеличавайки пътя (H) и запазвайки часовата производителност, се налага увеличаване на скоростта;
- променя електрозадвигването – което позволява по-висока скорост; от използваната Г-Д група се запазва постоянно-токовият двигател (от 1450 на 2900kW) и синхронният двигател (от 1600 на 3150kW); освен за по-голямата скорост новото задвигване е достатъчно и за по-големите тегла от допълнителната дължина въже и за допълни-телен резерв без опасност от претоварване;

- променя конструкцията на подземното въже като осигурява по-голяма якост в рамките на допустимия за ПМ работен диаметър; $d_b = 60\text{ mm, } 6 \times 36\text{ (1+7+7+7+14)}$ паралелна/кръстосана плетка с изкуствена сърцевина (ISO 2001, Bridon);
- запазва технологичния комплекс на повърхността – бункери, връзка с трошачно отделение и т.н.;
- запазва надшахтната кула по размери и конструкция, също и направляващите шайби.

Бъдещи насоки за развитие на РПУ

При необходимост от по-нататъшно удълбаване на ВШ могат да се разгледат следните технически решения.

А) Запазване на еднорабанната машина с:

- минимални промени по ПМ – смяна на облицовката на барабана за по-голям диаметър въже в рамките на допустимото;
- смяна на цилиндричната част – с ламарина с по-голяма дебелина – с проверка на лагерувания, махови моменти и други силови изчисления;
- изчисляване на остатъчния ресурс на отделните елементи на РПУ за определяне на допълнителния й срок на експлоатация – може да се използва методика, предложена в дисертационна работа -2002, Йочев;
- преработване на барабана в такъв с бягащи навивки – вж. Б.1;

Б) Преминаване към двурабанна ПМ със следните варианти:

- еднослойно навиване на въжето;
- двуслойно навиване на въжето;
- преработване на барабана в такъв с бягащи навивки на триене.

Според правилника за безопасност на труда /2/ двуслойно навиване на подземното въже е допустимо при използване на РПУ във вертикални шахти само за товар. Това променя предназначението на разглежданата ПУ – може да се мисли и за смяна на ПС с всичките допълнителни последици. За момента се спираме само на влиянието на 2-барабанната машина при двуслойно навиване на подземното въже.

При режим на ПУ с двуслойно навиване има опасност от неопределено навиване на въжето и свързаните с това отрицателни последици:

- намаляване на възможната дължина въже за навиване върху барабана;
- увеличаване на радиуса на навивките от външния слой и опасност от прескачане на въжето извън реборда, водеща до сериозна аварийна ситуация

Трябва да се предвидят съответните механични и електрически защиты.

На всяка конкретна ПУ действа специфичен комплекс от фактори, влияещи върху процеса на навиване на въжето:

- състояние на облицовката – дълбочина на каналите под въжето, височина на гребените, наличие на локално износване;

- колебателни процеси и скорост на навиване на подемното въже;
- наличие и вид на направляващо устройство при влизане на въжето върху барабана;
- краен окачен товар;
- конструкция на въжето – линейна маса, съпротивление на усукване, коравина и др.
- усилие на триещите намотки върху барабана;
- хоризонталност на главния вал на ПМ, перпендикулярност спрямо посоката на движение на ПС и др.

Б.1. При ПМ с бягащи навивки на триене липсва обикновеното закрепване на въжето към реборда на барабана. Усилието от задвижващия барабан се предава чрез триене. Краищата на въжето се свързват към подемните съдове. Осигурява се еднослойно навиване, икономия на една пълна дължина въже, увеличаване на товароподемността и производителността на ПУ. За първи път такава конструкция се използва 1990г. в Украйна. При преместване на ПС от долна до горна приемна площадка триещите навивки се преместват от единия реборд към другия. При преработване на еднобарабанна ПМ дълбочината на обслужваната част от ВШ се увеличава с:

$$\Delta H = \pi(D + d_b)(n_i - n), m \quad (1)$$

където: D – диаметър на барабана; d_b – диаметър на въжето; n_i – брой на стационарните навивки за триене – (5+5 – за метална облицовка); n – брой бягащи навивки на модернизираната машина.

При преработване на двубарабанна ПМ, при което двата барабана ще се използват като един триещ орган за навиване допълнителната височина ще бъде:

$$\Delta H = 2\pi(D + d_b)(n_i - n), m \quad (2)$$

Модернизацията на барабан на ПМ по система с бягащи навивки е рационална по следните причини:

- увеличава се височината на подема;
- увеличава се товароподемността;
- намалява се напрегнатото състояние на барабана;
- повишава се надеждността и безопасността на работа.

Заклучение

При необходимост от модернизация трябва да се определи възможният допълнителен срок на експлоатация на

РПУ. При оценка на отделните елементи на подемната уредба трябва да се съобразят следните критерии:

- теоретична обосновка за запазване или смяна;
- спазване на изискванията на ПБТ;
- морално остаряване на съответната конструкция и др.

Прави се проверка за възможностите на новата ПУ на база – годишна производителност, височина на подема, коефициент на сигурност на подемното въже и др.

Извършва се обосновка и анализ на всички възможни за конкретната ПУ варианти, зависещи от условията на бъдещата експлоатация, и избор на икономически най-изгодния.

При планиране и създаване на необходимата организация на работа по реконструкцията се взимат предвид възможностите на наличната помощна механизация за ефективно извършване на монтажно-демонтажните операции. Съвместяват се максимално групи дейности за осигуряване на кратки срокове при спазване на изискванията на правилниците по безопасност на труда и отрасловите нормативи. Преценява се възможността за успоредно нормално извършване на добивните и транспортни работи в рудника. Използва се нашият и чуждестранният опит при избора и осъществяването на оптимален вариант.

Като научно-приложни приноси на предложената разработка могат да се подчертаят направените анализи, изследвания и прогнози за развитие на рудника, свързани с технологични и конструктивни промени по РПУ на шахта "Капитална".

Литература

- Йочев Илия, 2002г, Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен "Доктор", София, МГУ "Св. Ив. Рилски".
- Правилник по безопасност на труда при разработване на рудни и нерудни находища по подземен начин /В-01-02-04/ 1969. С., Техника.
- Янева А., Переновски Н., 2003 г. "Ръководство за упражнения по РПУ", Издателска къща МГУ, София, Bridon – Mining Catalogue, 2004.