



## NEW SOLUTIONS OF MINE SHAFTS

### SAVREMENA REŠENJA U RUDNIČKOM IZVOZU

Jozef HANSEL

AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland

**Abstract:** The paper summarises the current status of the mining sector in Poland in terms of vertical transport system safety. Selected results of research programmes conducted at the AGH-UST relating to the mine hoist system safety are reviewed. The conclusions support the notion that costs of the vertical transport systems can be reduced, at the same time the required safety and reliability levels should be maintained. Novel solutions: movable fender beams HWR, linings modar® and the integrated shock absorbers PHH for conveyance guiding systems fully confirm this hypothesis.

**Key words:** vertical transport, system safety, conveyance systems

**Apstrakt:** U radu je u kratkim crtama dat prikaz trenutnog stanja bezbednosti u vertikalnom transportu u poljskim rudnicima. Prikazani su odabrani rezultati istraživačkih projekata koji su sprovedeni u „AGH-UST“, a odnose se na bezbednost izvoznih sistema u rudarskim okнима. Zaključci idu u prilog stanovišta da je moguće smanjiti troškove vertikalnog transporta uz istovremeno održavanje neophodnog nivoa bezbednosti i pouzdanosti rada. Savremena rešenja: pokretni branici HWR, modar® obloge i PHH amortizeri koji se koriste u sistemu za upravljanje transportom i izvozom u potpunosti potvrđuju iznetu hipotezu.

**Ključne reči:** vertikalni transport, stanje bezbednosti, transportni sistem

## 1 INTRODUCTION

As the result of restructuring of the mining sector in Poland, nearly 400 mine hoists were taken out of commission after 1990. About 340 mine hoists are still operated in Polish collieries, copper, zinc, lead and salt mines and in mine dewatering plants. In the years to come this number is not likely to decrease sharply since hard coal will probably be the main fuel used for the production of electricity. Copper mines, operating now in the conditions of market economy, are not planning major production cut-backs.

Certain processes have continued in the Polish mines for a number of years:

## 1 UVOD

Posle 1990. godine kao posledica restrukturiranja rudarskog sektora u Poljskoj je izbačeno iz upotrebe oko 400 izvoznih postrojenja. Približno 340 izvoznih sistema je još uvek u upotrebi u rudnicima uglja, bakra, oliva, cinka i soli kao i u objektima za odvodnjavanje. U narednih nekoliko godina mala je verovarоća da će doći do naglog smanjenja ovog broja, s obzirom da će kameni ugalj verovatno biti osnovna sirovina za proizvodnju električne energije. Rudnici bakra koji sada rade u uslovima tržišne ekonomije, takođe ne planiraju značajnije smanjenje obima proizvodnje.

Treba napomenuti da su u poslednjih nekoliko godina primećene određene tendencije, koje treba istaći:

- the average depth of the shafts has increased, hence the operating conditions of balance ropes, hoisting ropes, reinforcements, conveyances, and headframes are getting worse while the payload is reduced,
- the geological and mining conditions deteriorate too, hence the mined material contains more rock or the metal content in ore is lower,
- prices of ropes, conveyances, reinforcement elements and lining (i.e. material costs) have increased,
- price of electricity increases.

Those factors and processes are responsible not only for increased costs of production of coal, copper ore and other minerals but for lower safety of shaft hoist operations.

## **2 CONDITION OF THE POLISH MINING SECTOR IN TERMS OF HOIST SAFETY**

Without going into the reasons for this state of affairs, the present-day safety conditions of the vertical transport system safety in Polish mines ought to be viewed in the context of the following limitations and constraints [1, 2, 3].

- hoists operated in Polish mines are rather old, not catching up with the world leaders in that field (more than 60% of hoists are over 30 years old),
- after 1990 mining companies had to economise and were not able to build new shafts to mine lower seams (in Polish collieries nearly 50% of coal comes from seams lying beneath the bottom station levels), neither were they willing to spend money on modernisation of existing shafts,
- in the next few years no new mines are going to be built, yet the best mines will have to deepen the shafts,
- hoisting velocity, conveyance capacity and other hosting parameters are not likely to change considerably.

- prosečna dubina jama je u porastu, naime stanje balansne i izvozne užadi, armature, sredstava za izvoz, izvoznih tornjeva se pogoršava dok je teret materijala koji se prevozi sve manji,
- geološki i rudarski uslovi su takođe pogoršani s obzirom da otkopana ruda sadrži veći procenat jalovine,
- cene užadi, vozila, elemenata za armaturu i obloge (tj. materijalni troškovi) su u porastu,
- cena električne energije je takođe u porastu.

Gore pomenuti faktori i tendencije dovode ne samo do porasta proizvodnih troškova, već takođe utiču i na pogoršanje bezbednosti na izvoznim sistemima.

## **2 BEZBEDNOST IZVOZA U POLJSKIM RUDNICIMA**

Ne ulazeći u razloge i uzroke trenutnih bezbednosnih uslova u vertikalnim transportnim sistemima u poljskim rudnicima ovaj problem treba posmatrati u kontekstu sledećih ograničavajućih faktora [1, 2, 3].

- izvozna postrojenja koja su trenutno u funkciji u poljskim rudnicima su relativno stara i ne prate savremene razvojne trendove u ovoj oblasti (više od 60% izvoznih postrojenja su stari preko 30 godina),
- posle 1990. godine rudarska preduzeća su bila prinudena da svedu troškove na minimum pa otkopavanje na dubljim horizontima nije bilo moguće (u poljskim rudnicima uglja oko 50% uglja otkopava se iz slojeva koji se nalaze neposredno ispod donjeg navozišta) niti je bilo moguće ulagati u modernizaciju postojećih jama,
- u narednih nekoliko godina ne planira se otvaranje novih rudnika, a u boljim rudnicima moraće se preći na dublje horizonte,
- ne očekuju se značajne promene u brzini izvoza, kapacitetu transporta i ostalim izvoznim parametrima.

### **3 SELECTED RESULTS OF RESEARCH WORK AND APPLICATIONS**

The Department of Rope Transport of AGH-UST has numerous achievements in the area of vertical transport system safety:

- methods of assessing the working conditions and operating parameters of the hoist installation elements, such as wire ropes, rubber-coated wire ropes, conveyance guiding systems, headframes and the methods of determining the force distributions in hoisting ropes,
- new designs of diagnostic instruments: measuring heads and recorders for magnetic testing of wire ropes, measuring guides, sensors for measuring force distribution in hoisting ropes, vibration sensors,
- methods of designing conveyances, emergency braking systems, shaft steelworks, safety landings, headframes and mobile fender beams,
- new technology of manufacturing rubber-coated tail ropes, pulley linings and other components of hoisting installations.

Of particular importance are the results the research project T12A 024 20 "Development of the Mine Hoist Safety Management System" continued for 3 years, supported by the State Committee for Scientific Research in Poland.

The main achievements include:

- formulation, definition and starting a public discussion on terms relating to hoist transport safety (safety redundancy, safety level, acceptable risk level)
- identification and definition of 12 types of safety redundancies (structural, functional, parametric, time-related, informational, diagnostic, cognitive, qualitative, systematic margins and those involving resistance features, safety measures and human reliability) [3]
- development of the nation-wide mine hoist safety management system, covering the safety of hoisting operations
- framework for the creation of the computer system supporting the mine hoist safety management system

### **3 NAJVAŽNIJI REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVA PRIMENA**

Katedra za užetni transport na AGH-UST postigao je mnogobrojne rezultate u oblasti bezbednosti kod vertikalnih transportnih sistema.

- metode za ocenu radnih uslova i radnih parametara kod pojedinih komponenti izvoznih postrojenja kao što su: žičana užad, žičana užad obložena gumom, sistemi za upravljanje sredstvima za izvoz, izvozni tornjevi kao i metode za određivanje rasprostiranja sila u izvoznim užadima,
- novi modeli dijagnostičkih instrumenata: merne glave, uređaji za magnetno ispitivanje žičane užadi, senzori vibracija,
- metode za projektovanje sredstava za izvoz, sistema za iznenadno kočenje u slučaju opasnosti, čeličnih elemenata, sigurnosne platforme, izvozni tornjevi i pokretni branici,
- nove tehnologije za izradu zadnje užadi sa gumenom oblogom, obloga užetnica i ostalih komponenti izvoznih postrojenja,

Od posebnog značaja su rezultati istraživačkog projekta T12A 024 20 «Razvoj sistema za kontrolu bezbednosti izvoznih postrojenja» koji je trajao 3 godine uz podršku Državnog komiteta za naučna istraživanja Poljske.

Najznačajniji rezultati su:

- formulisanje, definisanje i započinjanje javne rasprave na temu bezbednosti u rudničkom izvozu (zastarele metode, bezbednosni nivo, dozvoljeni nivo rizika),
- identifikacija i definisanje 12 zastarelih metoda (u konstruktivnom, funkcionalnom, parametarskom, vremenskom, informacionom, dijagnostičkom, kognitivnom, kvalitativnom smislu, zatim u pogledu sistematskih ograničenja, otpornosti, bezbednosnih mera i pouzdanosti ljudskog faktora) [3].
- razvoj sistema za kontrolu bezbednosti u rudničkom izvozu na nacionalnom nivou koji obuhvata rad svih izvoznih postrojenja,
- stvaranje okvira za kreiranje kompjuterskog sistema koji će biti podrška sistemu za kontrolu bezbednosti rudničkog izvoza,

preparing the form (charts) for evaluation and control of occupational risk of mine hoist operators

This paper is limited in scope so the achievements are summarised rather briefly. They are presented in more detail in the collective work (edited by the author) covering more than twenty chapters written by participants in this research programme [3].

### 3.1 Major Applications

The main practical achievements of the Department of Rope Transport include patents, utility patterns and know-how solutions owned now by the AGH-UST [1-3]:

- Equipment and methods for magnetic testing of wire ropes and rubber-coated ropes now commercially available and used on all continents,
- Sensors for force measurements in ropes in multi-rope hoists, accelerometers, measuring guides,
- Rubber-coated ropes manufactured since 1989,
- Frictional emergency braking system HS2W for overwind travels, allowing the loss of 100% of kinetic energy of the largest conveyances operated in Polish mines,
- New designs and methods for calculating the parameters of movable fender beams integrated with frictional emergency braking systems for conveyances, conveyance heads, headframes applied for the first time in the world in the shaft Bartosz II in the colliery Katowice-Kleofas,
- New technologies of drum and pulley linings manufacturing known as modar® linings,
- Conveyance guiding systems with integrated shock absorbers PHH1, PHH2, PHH3 (technical names accepted in Poland).

### 3.2 Results Relating to the Main Hypothesis of the Paper

- A. The results of the research programme 8 T 12A 024 20 [3] supported by the analysis of major accidents and life losses in the Polish

izrada obrasca (dijagrama) za ocenu i praćenje rizika kojima su izloženi rukovaoci izvoznih postrojenja.

U radu je, s obzirom na ograničen prostor, dat relativno kratak pregled postignutih rezultata. Detaljniji prikaz rezultata dat je u zborniku radova (čiji je recenzent autor ovog rada) koji obuhvata više od dvadeset poglavlja koje su priredili učesnici u pomenutom istraživačkom projektu [3].

### 3.1 Osnovna primena

Najvažniji praktični rezultati postignuti na Katedri za užetni transport obuhvataju patente, prototipove i tehnološka rešenja koja predstavljaju vlasništvo „AGH-UST“ [1-3]:

- Oprema i metode za magnetno testiranje čelične užadi i užadi sa gumonom oblogom koja su našla komercijalnu primenu i plasman širom sveta;
- Senzori za merenje sila koje deluju na uže prilikom izvoza sa više uzadi, akcelerometri, merni regulatori,
- Užad sa zaštitnim gumenim slojem koja se proizvode od 1989. god.
- Sugurnosni friкциони који систем HS2W за претеривање извозног коша, који омогућава елиминацију 100% кинетичке енергије код највећих извозних уређаја који су у функцији пољским rudnicима,
- Нове технике и методе за израчунавање параметара покретних браника у сигурносном фрикционом који систему и то за извозна средства, истоварне крајеве и извозне токове, које су по први пут применјене у окну Bartosz II у руднику угља Katowice-Kleofas,
- Нове технологије за облагanje бубња и валијака познате као modar® облоге,
- Системи за управљање средствима за извоз са амортизаторима PHH1, PHH2, PHH3 (технички називи усвојени у Пољској).

### 3.2 Rezultati istraživanja koji potkrepljuju hipotezu prikazanu u ovom radu

- A. Rezultati istraživačkog projekta 8 T 12A 024 20 [3] potkrepljeni analizom највећих havarija i smrtnih slučajeva u пољским jamama

shafts from 1990-2003 (40 fatal accidents and 28 major ones) reveal that the risk of life loss among people involved in operation and maintenance of mine shaft hoists (not persons travelling in the shaft conveyances) is decidedly (almost 60%) higher than among the other persons of underground mines and in other sectors of industry [3].

Accordingly, two fundamental conclusions can be drawn:

- According to the author, the risk of life loss of people involved in operation and maintenance of mine shaft hoists exceeds the acceptable level and new efforts are needed to improve the safety features
  - The risk of life loss of people involved in operation and maintenance of mine shaft hoists might be reduced through the reduction of time required to remove the effects of catastrophic accidents, to replace the worn components and assess the working conditions of the conveyance guiding systems, shaft steelworks, hoisting ropes and others.
- B. Methods and solutions listed in section 3.2 are widely adopted in Polish mines (and not only) seem to prove the statement that safety and reliability of hoisting operations can be improved, at the same time the operating costs can be reduced. All these solutions are protected by Polish patents.

#### **4. MOVABLE FENDER BEAMS (technical name HWR)**

##### **4.1 Description**

Movable fender beams HWR (fig. 1 and 2) differ from most existing solutions. The principles of operation differ from those of fixed fender beams, automatic catchers and overwind structures in headframes. Movable fender beams HWR are installed as "sliding" in the braking strips of the emergency arresting system and the free path beginning instead of the free path ends,

od 1990. do 2003. godine (40 havarija sa fatalnim ishodom i 28 većih havarija) pokazuju da su radnici zaduženi za rukovanje i održavanje rudničkih izvoznih postrojenja (što ne uključuje ljude koji se njima prevoze) mnogo izloženiji životnoj opasnosti (skoro 60%) od ostalih zaposlenih u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom ili u nekim drugim industrijskim granama [3].

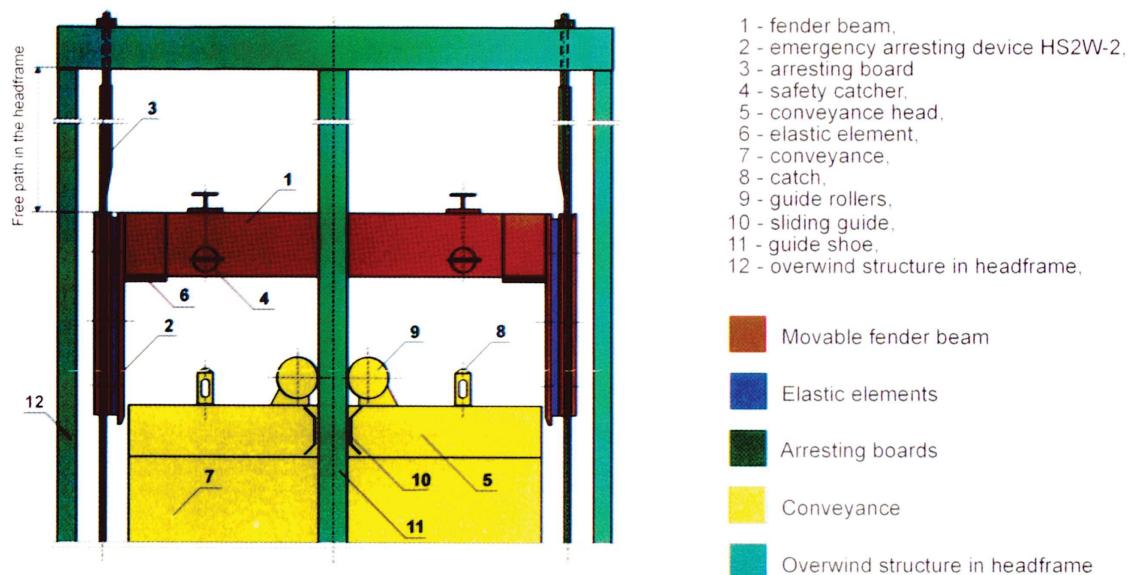
Dva osnovna zaključka mogu se izvući iz pomenute konstatacije:

- Po mišljenju autora, životna opasnost kojoj su izloženi zaposleni na rukovanju i održavanju izvoznih postrojenja u rudnicima premašuje svaki prihvatljiv nivo, pa je neophodno uložiti dodatne napore kako bi se unapredila njihova bezbednost na radu.
  - Stepen životne opasnosti kojoj su izloženi zaposleni na rukovanju i održavanju izvoznih postrojenja može se značajno smanjiti ukoliko se skrati vreme potrebno za uklanjanje posledica katastrofalnih nesreća na zameni oštećenih komponenti i procenu rada sistema za upravljanje izvoza, procenu stanja konstrukcije okna, izvozne užadi i ostalog.
- B. Metode i rešenja navedena u tački 3.2 dobile su široku primenu u poljskim rudnicima (i ne samo u njima) što potvrđuje tezu da se bezbednost i pouzdanost izvoza u rudnicima može poboljšati uz istovremeno smanjenje troškova. Sva pomenuta rešenja zaštićena su patentima.

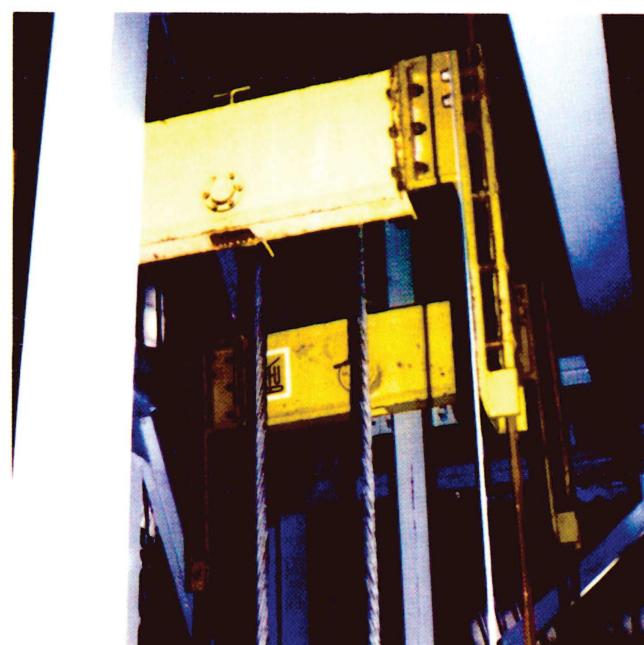
#### **4. POKRETNI BRANICI (tehnički naziv HWR)**

##### **4.1 Opis**

Pokretni branici HWR (slike 1 i 2) razlikuju se od većine postojećih rešenja. Njihov princip rada je drugačiji nego kod fiksnih branika, automatskih hvataljki i konstrukcija za preterivanje izvoznog koša u izvoznim tornjevima. Pokretni branici HWR postavljeni su kao „klizači“ na kočione sajle sistema za iznenadno zaustavljanje, što obezbeđuje slobodnu putanju celom dužinom a



*Fig.1 Movable fender beams for emergency braking in mine hoists HWR  
slika 1 Pokretni branici HWR za iznenadno zaustavljanje kod rudničkog izvoza*



*Figure 2 Movable fender beams  
slika 2 Pokretni branici*

as in most existing solutions. Movable fender beams have special safety arrestors connecting them to the conveyances and the system made of fender beams and conveyances is capable of moving over the whole free path length. That is why, dynamic forces acting upon the conveyance head, a headframe structure element, bearing ropes and other hoist components are decidedly smaller than dynamic forces generated when a conveyance hits a fixed beam. Application of the movable fender beams results in the following:

ne samo na krajevima kao kod većine postojećih rešenja. Pokretni branici imaju specijalne bezbednosne stopere pomoću kojih su povezani sa izvoznim sredstvom i zajedno sa njim kreću se duž čitave putanje. Iz tog razloga dinamičke sile koje deluju na istovarni kraj, konstruktivni element izvoznog tornja, na noseći užad i ostale komponente izvoznog postrojenja su znatno slabije od dinamičkih sile koje nastaju kada izvozno sredstvo udari u fiksni branik. Primenom pokretnih branika dobijaju se sledeći rezultati:

- reduction of mass of most structural elements of shaft hoists: conveyances, hoist and balance ropes, headframes and others,
- using existing hoisting facilities at deeper levels without any payload limitation,
- increase the conveyance payload (i.e. the hoist capacity) without the need to increase the engine power, rope diameters, headframe reinforcements and others.

Furthermore, movable fender beams integrated with frictional arresting systems offer several advantages:

- 100% reliability for any conveyances, which significantly improves the work safety in the mine hoists,
- repeated use and very short time (40-50 min) is required to restore the initial operating conditions of the system (In this respect this solution is unique in the world),
- simple design, engineering, assembly and maintenance procedures, low price.

- smanjena masa gotovo svih konstruktivnih elemenata izvoznih postrojenja: izvozna sredstva, izvozna i balansna užad, izvozni tornjevi i dr.
- upotreba postojećih izvoznih postrojenja na dubljim horizontima bez ograničenja korisnog tereta,
- povećanje korsinog tereta (tj. kapaciteta izvoza) bez potrebe za povećanjem snage motora, prečnik užadi, armature izvoznog tornja i dr.

Osim toga, pokretni branici u kombinaciji sa frikcionim stoperima imaju čitav niz prednosti:

- 100%-tna pouzdanost izvoza što značajno poboljšava bezbednost na radu kod većine izvoznih postrojenja,
- uzastopna upotreba i mogućnost da se u kratkom vremenskom periodu (40 do 50 minuta) uspostave početni radni uslovi na sistemu. (Ova karakteristika predstavlja jedinstveno rešenje)
- jednostavna konstrukcija, montaža i održavanje što obezbeđuje nisku cenu.

## 4.2 Financial Effects

The financial effects come as the result of:

- reduction of costs of repairing the damage caused by overwind travels,
- multi-fold reduction of dynamic forces generated at the moment of the conveyance hits a movable beam while compared to collisions with fixed beams.

The costs of repairing the damage caused by overwind travels vary from several hundred thousand to more than ten million PLN, to say nothing of indirect costs (i.e.those not associated with the productivity). [2]

The computed probability of this type of failure when less effective emergency arresting systems are employed (such as reinforced guides) is once in 10 years.

Calculated yearly savings are the product of probability of the occurrence of this event (i.e. failure) and the time required to repair the damage.

## 4.2 Ekononski efekti

Ekonomski efekti su rezultat:

- smanjenja troškova popravki šteta prouzrokovanih preterivanjem izvoznog koša,
- višestruko smanjenje dinamičkih sila koje se stvaraju u trenutku kada sredstva za izvoz udare u pokretni branik u poređenju sa udarcem u fiksni branik..

Troškovi popravke oštećenja nastalih preterivanjem izvoznog koša kreću se od nekoliko stotina do više desetina miliona złota izuzimajući idirektne troškove (tj. neproizvodne troškove). [2]

Verovatnoća da do ovakvih otkaza dođe kada se koriste manje efikasni sistemi za zaustavljanje (kao što su armirane vođice) je jedan prema 10.

Izračunata godišnja ušteda predstavlja proizvod verovatnoće otkaza i vremena potrebnog za popravku oštećenja.

In conservative estimates taking into account the direct costs of repairing the damage the financial effects generated yearly vary from 1.4-1.6 million PLN per one hoist, depending on its technical parameters [2,3].

Reduction of dynamic forces generated in the hoist during the collision of a conveyance and movable beams brings significant financial effects. Besides, new approach is now possible in design of headframe structures, conveyances, hoisting and balancing ropes. This aspect is of primary importance in modernisation of existing shaft, hoisting from deeper levels and employing unconventional solutions.

According to rough estimates, the savings may range from one to more than ten million PLN per one hoisting installation, depending on technical parameters [2].

#### 4.3 Improved Safety Features

Application of movable fender beams improves the safety of personnel transport and eliminates certain dangerous jobs required to repair the damage caused by overwind travels.

An example here could be the failure of the hoisting installation in the shaft Fortuna III in the coal mine "Kleofas" during the personnel transport. Thanks to the application of frictional emergency arrestors (of the type developed by AGH-UST), all ended well for the 18 persons and the installation was quickly put back to use without any loss.

When reinforced guides are applied at the only overwind protection, overwind travels are the major cause of catastrophic accidents. The time required to repair the damage is 48 hours, on the average [2].

Application of movable fender beams HWR integrated with emergency arresting systems vastly reduce the risk of overwind travels and the time required to restore the normal operating conditions can be brought down to even 1 hour [2].

Ranije procene troškova uzimale su u obzir neposredne troškove popravki oštećenja i godišnje finansijske efekte koji se kretali od 1.4 do 1.6 miliona zlota po jednom izvoznom postrojenju, zavisno od njegovih tehničkih parametara [2,3].

Smanjenje dinamickih sila koje nastaju u trenutku udara izvoznog sredstva u pokretnе branike donosi značajne finansijske rezultate. Osim toga, mogući su novi pristupi u projektovanju konstrukcije izvoznog tornja, sredstava za izvoz (koševa, skipova, vredrica), izvoznih i balansnih užadi. Ovaj aspekt je od primarnog značaja za modernizaciju postojećih jama, za izvoz sa dubljih horizonta i primenu nekonvencionalnih rešenja.

Prema grubim procenama, ušteda se može kretati od jednog do više desetina miliona zlota po svakom izvoznom postrojenju, zavisno od tehničkih parametara [2].

#### 4.3 Poboljšana bezbednosna svojstva

Primena pokretnih branika omogućava bezbedniji transport radnika i eliminiše potrebu za rizičnim poslovima kao što je popravka oštećenja nastalih prilikom preterivanja izvoznog koša.

Primer za ovo mogao bi biti otkaz izvoznog postrojenja u jami Fortuna III u rudniku uglja "Kleofas" do koga je došlo u toku prevoza radnika. Zahvaljujući primeni sigurnosnih frikcionih stopera (tip razvijen u AG-USR), incident se završio bez posledica za 18 radnika, a i izvozno postrojenje je u veoma kratkom vremenskom periodu ponovo pušteno u rad.

Kada se kao zaštita kod preterivanja izvoza koriste samo armirane vodice izvozni transport može bit uzrok katastrofalnih havarija. Vreme potrebno da se popravi oštećenje je u proseku 48 sati [2].

Primena pokretnih branika HWR u kombinaciji sa sigurnosnim stoperima u velikoj meri smanjuju rizik preterivanja izvoznog koša, a vreme potrebno da se ponovo uspostave normalni uslovi rada skraćuje se na čak 1 h [2].

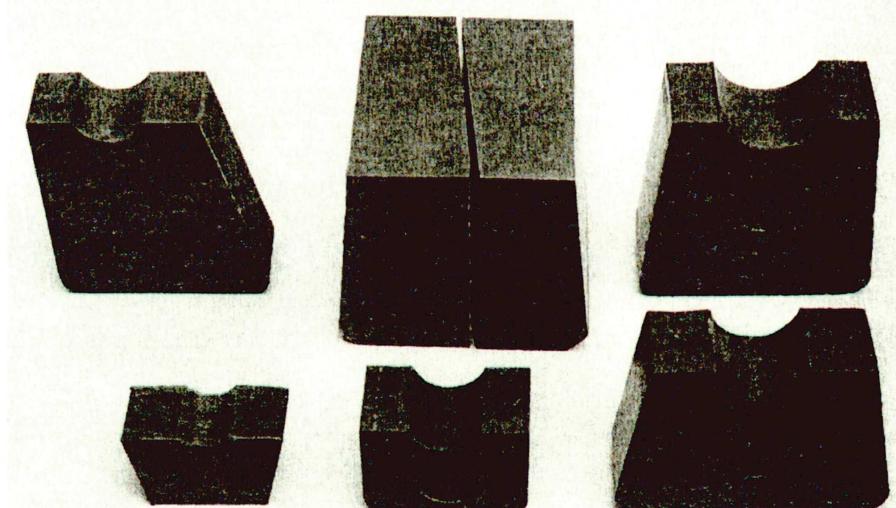
## 5 LININGS MODAR ®

### 5.1 Description

The chemical composition and manufacturing technology are the result of long-term research work conducted at the AGH University of Science and Technology in Cracow and in the Work Cooperative "SPOIWO".

Linings modar ® are intended for head wheels and drums in hoisting installations in underground mines, cable railways, ropeways, ski lifts and other ropeway installations.

The exclusive manufacturer of the several available versions of the head wheel lining modar® is the work cooperative SPOIWO in Radom (fig.3).



*Figure 3 Examples of shape inserts of linings modar®  
slika 3 Primeri modela obloga modar®*

Head wheel linings designated as modar R3/Mz. are intended for head wheels and drums in mine hoists, cable railways, ski lifts and other ropeway installations.

Their main advantages:

- large and stable values of friction coefficient (frictional contact) vastly exceeding the admissible values  $\mu \geq 0.25$ ,
- good durability (high resistance to abrasive wearing),
- adequate hardness and good values of the Poisson ratio.

## 5 MODAR ® OBLOGE

### 5.1 Opis

Hemski sastav i tehnologija izrade su proizvod dugogodišnjeg istraživačkog rada na AGH Univerzitetu za nauku i tehnologiju u Krakovu u saradnji sa preduzećem "SPOIWO".

Upotreba modar ® obloga predviđa se kod prednjih užetnica i bubenjeva na izvoznim postrojenjima u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom, kod žičara, ski-siftova o sličnih postrojenja.

Ekskluzivni proizvodač nekoliko tipova modar® obloga za prednje užetnice je preduzeće SPOIWO iz Radoma (sl.3).

Obloge za prednje užetnice pod nazivom modar R3/Mz namenjene su prednjim užetnicama i bubenjevima u izvozim postrojenjima, žičarama, ski liftovima o ostalim sličnim postrojenjima.

Njihove osnovne prednosti su:

- koeficijent trenja je visok i stabilan (frikcioni kontakt) i znatno premašuje minimalne vrednosti,  $\mu \geq 0.25$ ,
- izdržljivost i produžen vek trajanja (visoka otpornost na abraziju),
- odgovarajuća čvrstoća i povoljna vrednost Puasonovog koeficijenta.

Linings designated as modar R7/Wz are intended for drums and Koepe pulleys operated in the conditions of explosion hazard: for instance in underground mine excavations. Furthermore, apart from the general characteristics, they display most advantageous electrostatic features and are slow-burning.

Linings designated as modar R5/Kk are intended for rope pulleys and might be employed in most rope transport installations:

Modar R5/Kk features:

- very hard,
- high-resistance to pressure loads,
- friction coefficient ranging from  $\mu \geq 0.12 \div 0.2$ .

Extensive laboratory tests reveal that the linings modar ® meet all the requirements set forth in the relevant safety standards. They have all the required certificates and Operational Acceptance documents, including the certificate issued by the Director of the State Mining Authority in Katowice and the Central Mining Institute.

## 5.2 Economic effects

The high resistance and favourable Poisson ratios of modar® linings lead to the improved service life of winder drums in multi-rope hoists. The linings Modar R5/Kk might be applied for head and deflection wheels i.e. in the tower and ground mounted winders. Laboratory tests reveal that the service life of hoist ropes of tower mounted winders is prolonged by about fifty percent in comparison with ground mounted ones where the head wheels are without linings.

The financial effects come the result of:

- high resistance of Modar R3/Mz, Modar R5/Kk linings and cost-effectiveness,
- improved durability of rope pulleys in multi-hoist installations,
- longer service life of hoisting ropes when the lining Modar R5/Kk is applied on rope pulleys in winder machines on the shaft level.

Obloge pod nazivom modar R7/Wz koriste se kod bubenjeva i užetnica sistema "Koepe" koje rade u eksplozivnom, metanskom režimu kao što su otkopi u podzemnoj eksploraciji. Osim toga, pored opštih pozitivnih karakteristika ovaj materijal ima odlična elektrostatička i sporogoreća svojstva.

Obloge pod nazivom modar R5/Kk kosiste se za užetnice kao i za većinu transporna postrojenja.

Karakteristike modar R5/Kk obloga su:

- velika čvrstoća,
- velika otpornost na pritisak,
- koeficijent trenja kreće se u opsegu od  $\mu \geq 0.12 \div 0.2$ .

Obimna laboratorijska istraživanja pokazala su da obloge modar ® ispunjavaju sve zahteve bezbednosnih standarda. Poseduju sve potrebne ateste i sertifikate uključujući i sertifikat nadležnog Državnog organa iz Katovica i Centralnog Rudarskog instituta.

## 5.2 Ekonomski efekti

Velika otpornost i povoljan Puasonov koeficijent modar® obloga produžavaju radni vek izvoznog bubenja i izvoznih postrojenja sa više užadi. Obloge Modar R5/Kk mogu se koristiti za prednje i prevojne koturove, odnosno u izvoznim tornjevima ili izvoznim mašinama na planumu. Laboratorijska istraživanja pokazala su da se radni vek užadi na izvoznim mašinama u tornjevima produžava za oko pedeset posto u poređenju sa izvoznim mašinama na planumu kod kojih prednji koturovi nemaju obloge.

Ekonomski rezultati su proizvod sledećih faktora:

- velika otpornost i rentabilnost obloga Modar R3/Mz i Modar R5/Kk,
- poboljšana izdržljivost užetnica u mašinama sa više izvoznih postrojenja,
- duži radni vek izvozne užadi u slučajevima kada su užetnice zaštićene oblogom Modar R5/Kk.

### 5.3 Improved Safety Features

Large and stable values of the frictional contact in linings designated as Modar R3/Mz vastly improve the safety features of frictional rope shaftings in multiple-rope winding installations. Hence the likelihood of slips, being a major cause of catastrophic accidents, is much lower.

Excellent electrostatic properties and the fact that they are slow-burning make the linings Modar R7/Wz a good choice in hazard conditions, for example for underground gassy mines and shafts.

## 6. SHAFT GUIDE SYSTEMS WITH SYMMETRIC SHOCK ABSORBERS PHH

### 6.1. Description

- The roller guide systems with integrated shock absorbers are attached to conveyances in shaft hoists. They are used for guiding the conveyances along the guide strings attached to the buntons connected to the shaft lining. Roller guide with an integrated symmetric shock absorber PHH is presented in Fig. 4 and 5.

### 5.3 Poboljšana bezbednosna svojstva

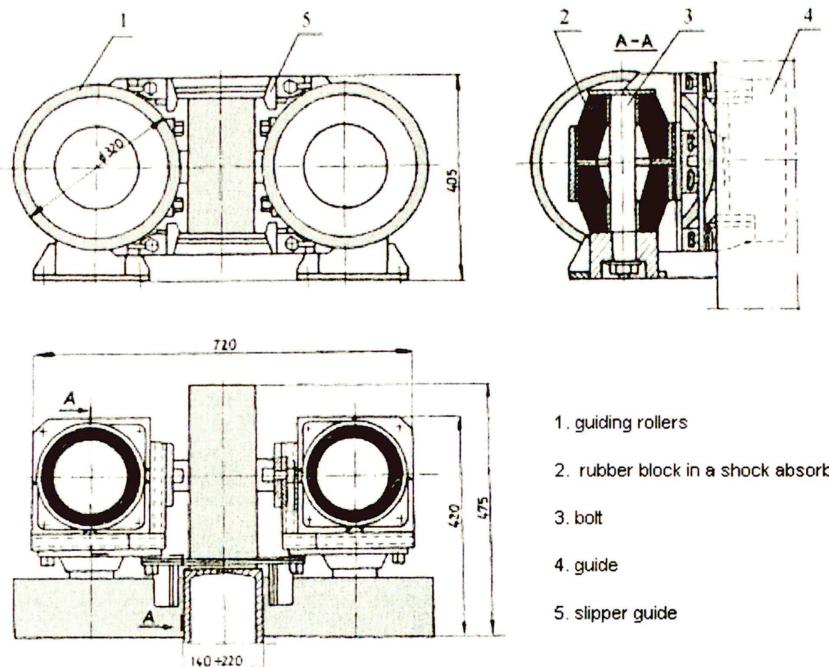
Visoke i stabilne vrednosti koeficijenta trenja u oblogama pod nazivom Modar R3/Mz u mnogome poboljšavaju bezbednosna svojstva nosača frikcione užadi u više-užadnim izvoznim postrojenjima. Iz pomenutog razloga mogućnost isklizavanja užadi, što predstavlja najčešći uzrok havarija, je mnogo manja.

Izvranredna elektrostatička svojstva ovog materijala i činjenica da veoma sporo gori čine obloge Modar R7/Wz veoma podesnim za primenu u teškim i rizičnim uslovima kao što su jame sa metanskim režimom i sl.

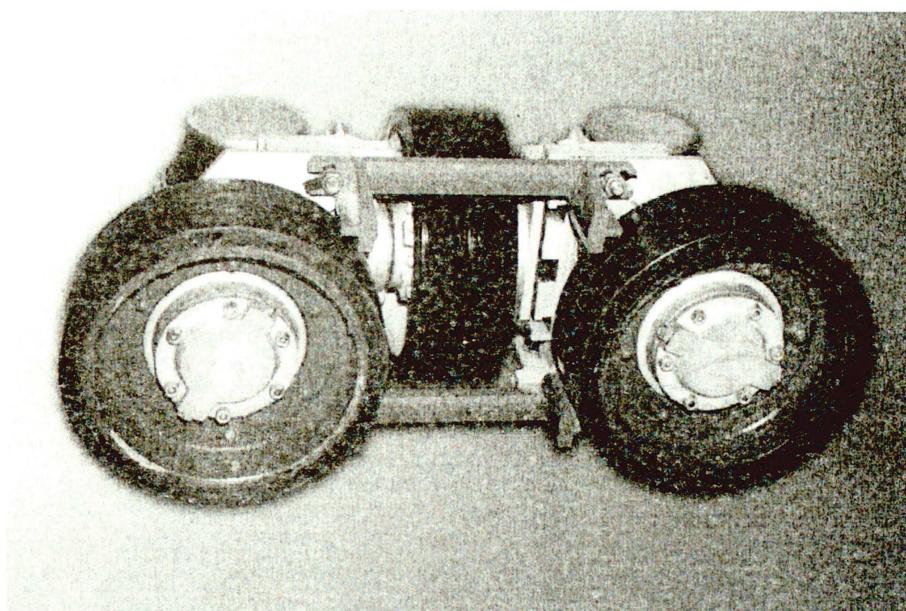
## 6 SISTEM ZA VOĐENJE IZVOZA POMOĆU SIMETRIČNIH AMORTIZERA PHH

### 6.1 Opis

Sistem za vođenje izvoza valjcima sa integriranim amortizerima postavljaju se na sredstva za izvoz iz okna. Ovaj sistem koristi se za vođenje koševa, skipova i ostalih sredstava za izvoz i postavljaju se duž užadi koja su prikačene na poprečnicu podgrade okna. Sistem za vođenje izvoznih sredstava pomoću valjaka sa simteričnim amortizerima prikazan je na slikama 4 i 5.



*Figure 4 Roller guide with an integrated symmetric shock absorber PHH  
slika 4 Sistem za vođenje izvoznih sredstava pomoću valjaka sa simteričnim amortizerima PHH*



*Figure 5 Roller guide with an integrated symmetric shock absorber PHH  
slika 5 Sistem za vođenje izvoznih sredstava pomoću valjaka sa simetričnim amortizerima PHH*

There is an elastic connection between three guide roller units shown in Fig 4 (1) and the conveyance, comprising four conical rubber blocks (2) fixed by twos on two vertical bolts (3) attached to the conveyance. Each pair of rubber blocks is connected to the grip of the front and lateral roller axis while the front roller axis acts at the same time as the connection between the two grips. Connected in such manner, these grips together with the axes of three roller guides form a rigid unit which stabilises position of rollers' axes in the rubber blocks' plane of symmetry. In this configuration all the elements of the roller system are within the space determined by the roller diameters and the guide cross-section (4). This system occupies little space on the landings, which is of major importance particularly when we consider conveyances with multi-rope suspension. The system of two specially designed slipper guides (5) is provided so that no hard objects would get pressed in between the lateral roller and the guide. The two slipper guides are attached to the grips of guiding rollers, symmetrically with respect to the plane determined by the rollers' axes. The slipper guides are rigidly connected to the roller unit and move together with that unit with respect to the conveyance. There is a small clearance between them and the guide to protect the guiding system lest any hard object should be pressed between the lateral roller and the guide. Slipper guides limit the deflection of rubber coatings of the guiding rollers so they also protect the rubber coatings and roller bearings from overloading.

Kao što se vidi sa slike 4(1) set od tri povratna valjka povezan je elastičnom vezom sa izvoznim sredstvom koje se sastoji od četiri konične gumene sekcije (2) fiksirane u paru sa dva vertikalna zavrtinja (3) na izvozno sredstvo. Svaki par gumenih sekcija prikaćen je za hvataljku osovine prednjeg i bočnog valjka. Osovina prednjeg valjka istovremeno predstavlja i vezu između dve hvataljke. Ovako spojene, hvataljke zajedno sa ovinama tri vođice valjaka čine čvrstu celinu koja stabilizuje poziciju osovine valjaka u ravni simetrije gumenih sekcija. U ovakvoj konfiguraciji svi elementi sistema valjaka su u prostoru određeni prečnicima valjaka i poprečnim presekom vođica (4). Pomenuti sistem zauzima malo mesta na navozištima, što je od velikog značaja naročito kod izvoza sa više užadi. Sistem sa dve specijalno konstruisane papučice (5) predviđen je da bi sprečio zaglavljivanje čvrstih predmeta između bočnog valjka i vođice. Ove dve papučice su postavljene na hvataljke vodećih valjaka, simetrično u odnosu na ravan koja je određena osama valjaka. Papučice su čvrstom vezom povezane sa setom valjaka i pokreću se zajedno sa njim u odnosu na izvozno sredstvo. Između njih i vođice postoji mali zazor kako bi se zaštitio sistem za upravljanje kako se neki čvrst predmet ne bi zaglavio između bočnog valjka i vođice. Papučice sprečavaju savijanje gumene obloge vodećih valjaka što istovremeno štiti od preopterećenja i gumeni sloj kojim su presvučeni ležajevi valjaka.

Several technical problems might arise due to guide misalignment as they impact on the guide of the conveyance when hoisted or lowered in the shaft.

The main goal is to reduce the influence of conveyance mass, hoisting velocity and guide misalignment on dynamic guide loading. That can be achieved when the conveyance guides are made more elastic.

## 6.2. Cost-effectiveness

For many years now shafts in Polish mines have become deeper and deeper and that seems to be a world-wide trend. The shaft depth increases and so do the costs of hoisting transport. These costs might be reduced through the concentration of production, i.e. construction of hoists able to handle conveyances with larger capacities, hoisted or lowered in the shaft at higher velocities.

Dynamic loads of the guides and guide shoes depend on the parameters of guide strings, their imperfections and the hoisting speed.

Guide systems with integrated symmetric shock absorbers solve the problem of conveyance hoisting to a large extent. Their application vastly reduces the adverse effects of conveyance mass and hoisting speed on guide and guideline loading.

Economic benefits of shock-absorbing guide systems (damping the conveyance vibrations and reducing the horizontal forces) result from the improved durability of the guide system and shaft steelworks (shaft guides and buntons), conveyances, hoisting ropes and other elements of the hoisting equipment, so the costs of man transport and the haulage of materials can be significantly reduced.

## 6.3 Improved Safety Levels

As it was mentioned in earlier sections, the improved safety levels are achieved by shortening the time required for in-shaft jobs: repairs, diagnostic, evaluation of technical condition of hoist components. Application of PHH guide system allows the time intervals

Ukoliko ovakva konfiguracija sistema ne ispoštuje u potpunosti mogu se javiti problemi tehničke prirode što će uticati na kvalitet upravljanja celokupnim transportom u oknu.

Osnovni cilj je da se smanji uticaj mase sredstva za izvoz, brzina izvoza, greške prilikom postavljanja vođica i njihovo dinamičko opterećenje. Pomenuti ciljevi mogu se postići povećanjem stepena elastičnosti vođica

## 6.2 Rentabilnost

U poslednje vreme u poljskim rudnicima otkopavanje se vrši na sve većim dubinama, a to je čini se, postao trend u celom svetu. Sa povećanjem dubine rastu i troškovi rudničkog transporta i izvoza. Troškovi se mogu smanjiti koncentracijom proizvodnje, odnosno izgradnjom izvoznih postrojenja sa koševima većih kapaciteta koji se mogu kretati u oknu većom brzinom.

Dinamičko opterećenje vođica i vodećih papučica zavisi od parametara vodećih sajli, njihovih eventualnih nedostataka i brzine izvoza.

Sistem za vođenje sa integrisanim simetričnim amortizerima u velikoj meri rešava probleme koji se javljaju prilikom rudničkog izvoza. Njihova primena u mnogome umanjuje negativan uticaj mase i brzine na opterećenje vođica i smernica.

Pozitivni ekonomski efekti primene upravljačkog sistema sa amortizerima (smanjenje vibracija i horizontalnih sila) rezultat su poboljšane izdržljivosti i duži vek trajanja samog sistema i čelične konstrukcije okna (vođica i poprečnica), sredstava za izvoz, izvozne užadi i ostale izvozne opreme čime se značajno smanjuju troškovi transporta materijala i prevoza radnika.

## 6.3 Poboljšana ukupna bezbednost

Kao što je već naglašeno ukupna bezbednost izvoza podignuta je na viši nivo skraćenjem vremena potrebnog za obavljanje radova u jami: popravki, dijagnostike, procene tehničkih uslova u kojima se nalaze komponente izvoznog postrojenja itd. Primenom PHH sistema za

between the replacements of worn elements (guide shoes, ropes) to get longer whilst the necessary repairs of guides, shaft steelworks and conveyances are few and far between, which directly improves the safety levels. in Polish mines is 60-70 times higher than that faced by operators of other types of machines.

## 7. FINAL CONCLUSIONS

1. In recent years Polish mines ensured the required safety levels of personnel transport not by modernisation of hoisting installations, but by prolonging the time spent on diagnostics and repairs of hoisting installation components. However, this method of providing for the required safety level vastly reduces the risk of life loss and major accidents for people involved in operation and maintenance of mine shaft hoists.
2. In the next few years several new shafts will have to be built and at least ten will be deepened in Polish coal and copper mines. The depth of most of these shafts will exceed 1200 m.
3. Application of movable fender beams HWR, modar® linings (particularly Modar R7/Kk) and roller guides with an integrated shock absorber PHH improve the safety of hoisting operations, reducing the occupational hazard for hoist operators and leading to reduction of operating costs as well as the costs of shaft construction and deepening.

upravljanje izvozom produžava se vek trajanja pojedinih delova (vodećih papučica, užadi), popravke vođica čelične konstrukcije okna i sredstava izvoza su mnogo ređe. Pomenuti rezultati direktno utiču na poboljšanje ukupne bezbednosti izvoznih postrojenja u poljskim rudnicima, koja je 60 do 70 puta veća u poređenju sa ostavim tipovima mehanizacije.

## 7. ZAKLJUČCI

1. U poslednje vreme, u poljskim rudnicima da bi se obezbedio neophodan nivo bezbednosti u rudničkom izvozu i transportu nije se ulagalo u modernizaciju izvoznih postrojenja, već u metode pomoću kojih će se lakše ustanoviti i popraviti kvarovi na izvoznoj opremi. Ove metode u velikoj meri smanjuju rizik od velikih havarija i smrtnih slučajeva, odnosno obezbeđuju bezbedniji rad i održavanje izvoznih postrojenja.
2. U nekoliko narednih godina u Poljskoj se planira otvaranje određenog broja novih jama i eksploracija na dubljim horizontima u bar deset rudnika uglja i bakra. Dubina jama u velikom broju slučajeva treba da bude veća od 1200 m.
3. Primena pokretnih branika HWR, modar® obloga (posebno Modar R7/Kk) i vođenje izvoza pomoću vođica sa integrisanim PHH amortizerima će u velikoj meri podići ukupan nivo bezbednosti izvoza, poboljšati bezbednost na radu za rukovaće postrojenja i smanjiti troškove eksploracije, kao i troškove otvaranja novih jama i otkopavanja na dubljim horizontima.

## REFERENCES / LITERATURA

- [1] Hansel, J.: *Methods of Mine Hoist Safety Control*. Safety at Work and Environment Protection in Mining (in Polish), A monthly of Central Mining Institute, Special Edition, Katowice, 1997
- [2] Collective work. Editor-in-chief: Józef Hansel, Movable Fender Beams (in Polish), Journal of AGH – KTL, Vol 17 (117 pages), Kraków, 2000
- [3] Collective work. Editor-in-chief: Józef Hansel, Development of the Mine Hoist Safety Management System, Journal of AGH-KTL, Part 1 -Vol 27 (95 pages), Kraków 2002, Part 2-vol 32 (241 pages), Kraków, 2003

**Reviewal / Recenzija:** prof. dr Miloš Grujić