



METHODOLOGY OF IMPROVING THE SAFETY OF MINE HOIST INSTALLATIONS IN POLAND

METODOLOGIJA ZA POVEĆANJE BEZBEDNOSTI NA RUDNIČKIM IZVOZNIM POSTROJENJIMA U POLJSKOJ

Józef HANSEL

AGH University of Science and Technology, Faculty of Technical Engineering and Robotics, Krakow, Poland

Abstract: In recent years adequate reliability and safety features of the hoisting installation systems and personnel transport, specified by the mining law, have been mostly achieved by prolonging the time devote to inspections, overhauls and repairs, maintenance plans and other actions aimed to enhance the capacities of the hoisting installations. However, this method of achieving sufficient reliability of hoist facilities tends to increase the risk of life loss or injury of hoist operators. The methodology developed in the Department of Ropeway Installations of the AGH-UST in Krakow, in collaboration with the State Mining Authority in Katowice involves:

- system of hoist safety management in Polish mines,
- database of hoisting installations currently operated in Poland,
- methods and measures to improve the safety of hoisting installations,
- methods of risk assessment for hoist operators,
- on-the job training of specialists responsible for design, construction, operation and maintenance, diagnostics of hoist elements.

Key words: personnel transport, safety

Apstrakt: Poslednjih godina adekvatne karakteristike pouzdanosti i bezbednosti izvoznih postrojenja i transporta osoblja, koje zahteva zakon o rudarstvu, uglavnom su dostizane putem produžavanja vremena koje se posvećivalo pregledima, remontima i popravkama, planovima održavanja i drugim postupcima koji su imali za cilj da povećaju kapacitete izvoznih postrojenja. Međutim, ova metoda postizanja dovoljnog stepena pouzdanosti izvoznih mašina ima tendenciju da poveća rizik od gubitka života ili povreda rukovalaca postrojenjima. Metodologija, izrađena na Odseku za užetna postrojenja AGH Univerziteta za nauku i tehnologiju u Krakovu, u saradnji sa Državnim sekretarijatom za rudarstvo u Katovicama, obuhvata:

- Sistem upravljanja izvoznim mašinama i bezbednošću u poljskim rudnicima,
- Baza podataka o izvoznim postrojenjima koja trenutno rade u Poljskoj,
- Metode i mere za unapređenje bezbednosti izvoznih postrojenja,
- Metode za procenu rizika po rukovaocu izvoznim mašinama,
- Interna obuka stručnjaka odgovornih za projektovanje, izgradnju, rad i održavanje, dijagnostiku elemenata izvoznih mašina.

Ključne reči: transport radnika, bezbednost

1 INTRODUCTION

In recent years the required working conditions and safety features of the vertical transport systems in Polish collieries have been achieved through enhanced supervision and control and by prolonged repairs, diagnostics and maintenance procedures aimed to ensure the satisfactory performance levels of hoisting installations.

This approach to reliability and safety of transport systems, which ought to be treated as intricate anthropotechnic systems, result in an increased risk of life loss and injury of maintenance personnel and hoist operators. The risk for hoists operators is decidedly greater than of operators of other machines used in other sectors.

The methodology outlined in this study was developed by the Department of Ropeway Installations AGH-UST in collaboration with the State Mining Authority in Katowice to improve the safety features. The methodology involves [1]:

- system for management of hoist safety in Polish collieries,
- methods and means to improve the safety standards in vertical transport,
- computer-assisted system supporting the safety management system,
- database of currently operated hoisting installations in Poland,
- methodology to control the occupation hazard of hoist operators,
- professional and on-the-job training (I and II degree programs, post-graduate studies, specialist training) for those engaged in design, engineering, diagnostics, maintenance and operation of hoisting installations.

This paper is limited in scope and focuses on selected aspects:

- identification of the problem of reliability and safety of the hoisting systems,
- identification of causes of catastrophic failures,
- summary of major research data,
- list of methods, means and solutions developed at AGH-UST to improve the safety of hoisting installations.

1 UVOD

U poslednjih nekoliko godina, neophodni radni uslovi i sigurnosne funkcije vertikalnih transportnih sistema u poljskim rudnicima uglja ostvareni su putem unapređenog nadzora i kontrole i pomoću dugotrajnih popravki, dijagnostičkih procedura i postupaka održavanja koji imaju za cilj da se obezbedi zadovoljavajući nivo učinka izvoznih postrojenja.

Ovakav pristup pouzdanosti i sigurnosti transportnih sistema, koji treba da se tretiraju kao složeni antropotehnički sistemi, vodi do povećanog rizika od gubljenja života i povreda radnika na održavanju i rukovalaca izvoznim mašinama. Rizik po rukovaće izvoznim mašinama daleko je veći nego po rukovaće drugim mašinama koje se koriste u drugim sektorima.

Metodologija izložena u ovoj studiji izrađena je na Katedri za užetna postrojenja fakulteta AGH-UST u saradnji sa Državnim organom za rudarstvo u Katovicama kako bi se unapredile sigurnosne funkcije. Ova metodologija uključuje [1]:

- sistem za upravljanje sigurnošću izvoznih mašina u poljskim rudnicima uglja,
- metode i sredstva za poboljšanje sigurnosnih standarda u vertikalnom transportu,
- sistem potpomognut računarima za podršku sistema za upravljanje sigurnošću,
- baza podataka o izvoznim postrojenjima koja trenutno rade u Poljskoj,
- metodologija za kontrolisanje rizika profesije rukovalaca izvoznim mašinama,
- stručna i interna obuka (programi I i II stepena, post-diplomske studije, specijalističke obuke) za one koji rade u projektovanju, inženjeringu, dijagnostici, održavanju i rukovanju izvoznim postrojenjima.

Ovaj rad je ograničen u obimu i fokusira se na sledeće aspekte:

- utvrđivanje problema pouzdanosti i sigurnost izvoznih sistema,
- utvrđivanje uzroka katastrofalnih kvarova,
- pregled glavnih rezultata istraživanja,
- spisak metoda, sredstava i rešenja izrađenih na fakultetu AGH-UST u cilju poboljšavanja sigurnosti izvoznih postrojenja.

2 RELIABILITY AND SAFETY OF ANTHROPOTECHNIC SYSTEMS

Safety of technical objects is closely associated with reliability of anthropotechnic systems and might be solved using the methods of the reliability theory. No matter what the actual cause, technical part of the system might fail and an operator might make a mistake, which creates a potentially risky situation.

The analysis of reliability of a technical object focuses on breakdowns, machine failures and human mistakes, whereas the work safety is mostly concerned with those failures and errors that might lead to situations where extra effort is required to avert the danger (an accident, catastrophe).

It is apparent that the theory of reliability and that of safety are closely linked, the theory of reliability emphasises the machine failures and human errors whereas the theory of safety concentrates on potential hazards to humans and environment.

Starting from the study of the effects, the theory of safety deals with failures and human errors that might endanger human life and health and the natural environment. Broadly speaking, these are mainly caused by:

- unfavourable surroundings,
- human errors (hoist operators, signal men, repairmen) during the hoist operation caused by illness, stress, insufficient training, lack of attention, neglect,
- faulty operation of machines, signalling systems, control systems and other functional facilities.

3 ANALYSIS OF CAUSES AND EFFECTS OF CATASTROPHIC FAILURES OF HOISTING INSTALLATIONS IN POLISH MINES

The analysis of statistical data reveals that operation of hoisting installations might be treated as Markov's stochastic processes. The Markov process can be assumed under the following assumptions:

2 POUZDANOST I SIGURNOST ANTROPOTEHNIČKIH SISTEMA

Bezbednost tehničkih objekata je blisko povezana sa pouzdanošću antropotehničkih sistema i može biti rešena pomoću metoda teorije sigurnosti. Bez obzira na to koji je pravi uzrok, tehnički deo sistema se može pokvariti a rukovalac može napraviti grešku, što stvara potencijalno rizičnu situaciju.

Analiza pouzdanosti tehničkog objekta fokusira se na havarije, kvarove mašina i ljudske greške, pri čemu na bezbednost na radu najviše utiču oni kvarovi koji mogu dovesti u situaciju u kojoj je potreban dodatni napor da se spreči opasnost (nesreća, katastrofa).

Očigledno je da su teorija pouzdanosti i teorija sigurnosti blisko povezane, pri čemu torija pouzdanosti skreće pažnju na kvarove mašina i ljudske greške dok se teorija sigurnosti koncentriše na moguću opasnost po ljude i okolinu.

Polazeći od studije posledica, teorija sigurnosti bavi se kvarovima i ljudskim greškama koje mogu ugroziti život i zdravlje ljudi kao i prirodnu sredinu. Uopšteno govoreći, uzroci ovoga su sledeći:

- nepovoljno okruženje,
- ljudske greške (rukovaoci izvoznim mašinama, signalisti, mehaničari) tokom rada maštine nastale usled bolesti, stresa, nedovoljne obučenosti, nedostatka pažnje, nemara,
- neispravan rad mašina, signalizacionih sistema, kontrolnih sistema i drugih funkcionalnih objekata.

3 ANALIZA UZROKA I POSLEDICA KATASTROFALNIH KVAROVA IZVOZNIH POSTROJENJA U POLJSKIM RUDNICIMA

Analiza statističkih podataka otkriva da rad izvoznih postrojenja može biti tretiran kao Markovljevi stohastički procesi. Markovljev proces se može tako definisati pod sledećim pretpostavkama:

- failures of hoisting elements components should be treated as independent random events,
- probability of failure in all nearly identical system components should be the same,
- operation and maintenance processes are subject to the exponential reliability principle.

The adequacy of those assumption was verified accordingly by:

- checking the independent character of particular service conditions of the system elements,
- investigation of a cyclic component,
- checking the homogeneity of operational test data,
- checking the distribution of particular service condition times.

Identification of the hoisting installations elements, application of the Markov's stochastic model to their description and verification of the model adequacy supported by extensive statistical data permits a reliable evaluation of causes and effects of catastrophic and parametric failures of the system. Application of the Markov's model allows the numerical factors to be computed easily. These indicators are treated as the measure of reliable safety (for catastrophic failures) or parametric reliability given by formulas below [1]. Intensity of failure occurrence λ :

$$\lambda = \frac{1}{T_p}, [1/h] \quad (1)$$

where:

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n T_{pi}}{n}, [h] \quad (2)$$

T_p – average time of correct operation in [h],
 T_{pi} – periods of correct operation between the subsequent catastrophic or parametric failures in [h],
 n – number of failures,

Intensity of failure decay β :

$$\beta = \frac{1}{T_A}, [1/h] \quad (3)$$

- kvarovi komponenata izvoznih elemenata mogu se tretirati kao nezavisni slučajni događaji,
- verovatnoća od kvara trebalo bi da bude ista u svim skoro identičnim komponentama sistema,
- procesi rada i održavanja zavise od eksponencijalnog principa pouzdanosti.

Osnovanost ovih prepostavki bi prema tome bila proverena putem:

- provere nezavisnog karaktera uslova određene usluge u elementima sistema,
- ispitivanja ciklične komponente,
- provere homogenosti operativnih kontrolnih podataka,
- provere raspodele vremena određene usluge.

Utvrđivanje elemenata izvoznih postrojenja, primena Markovljevog stohastičkog modela na njihov opis i proveru operavdanosti modela uz pomoć opsežnih statističkih podataka, omogućavaju pouzdanu procenu uzroka i posledica katastrofalnih i parametarskih kvarova sistema. Primena Markovljevog modela omogućava da se lako izračunaju numerički faktori. Ovi pokazatelji se tretiraju kao mera pouzdane sigurnosti (u slučaju katastrofalnih kvarova) ili parametarske pouzdanosti prema formulama datim u daljem tekstu [1]. Intenzitet učestalosti kvara λ :

$$\lambda = \frac{1}{T_p}, [1/h] \quad (1)$$

gde je:

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n T_{pi}}{n}, [h] \quad (2)$$

T_p – prosečno vreme ispravnog funkcionisanja u [h],
 T_{pi} – periodi ispravnog funkcionisanja između kasnjeg katastrofalnog ili parametarskog kvara u [h],
 n – broj kvarova,

Intenzitet smanjenja kvarova β :

$$\beta = \frac{1}{T_A}, [1/h] \quad (3)$$

where:

$$T_A = \frac{\sum_{i=1}^n T_{Ai}}{n}, [\text{h}] \quad (4)$$

T_A – average shutdown time due to the failure [h],
 T_{Ai} – shutdown times due to failures,
 χ – failure occurrence factor χ .

$$\chi = \frac{\lambda}{\beta} \quad (5)$$

Critical probability of correct operation P_P

$$P_P = \frac{\beta}{\lambda + \beta} \quad (6)$$

Critical probability of a failure

$$P_A = \frac{\lambda}{\lambda + \beta} \quad (7)$$

Numerical values of these indicators can be computed on the basis of source data: failure and accident reports available from the State Mining Authority (for catastrophic failures) and the records documenting the shaft operations available at the mining companies.

Catastrophic failures include all unplanned shutdowns of hoisting installations, registered by the State Mining Authority. These shutdowns, lasting for more than 8 hours, are mainly the consequence of overwind travels; broken hoisting or balarce ropes, conveyance falling into the shaft. Such failures always involve considerable material loss, ranging from several hundred to several million EURO and present a major threat to human life and health.

Statistical analysis covered all hoisting installations in mines (over the period of more than ten years), with the conveyance capacity no less than 7,5 Mg, operated in mines where the novel solutions developed at AGH-UST have not been implemented yet. These solutions, listed in section 5, vastly improve the hoisting safety.

gde je:

$$T_A = \frac{\sum_{i=1}^n T_{Ai}}{n}, [\text{h}] \quad (4)$$

T_A – prosečno vreme isključenja usled kvara [h],
 T_{Ai} – periodi isključenja usled kvara,
 χ – faktor dešavanja kvara χ .

$$\chi = \frac{\lambda}{\beta} \quad (5)$$

Kritična verovatnoća ispravnog funkcionisanja P_P

$$P_P = \frac{\beta}{\lambda + \beta} \quad (6)$$

Kritična verovatnoća kvara

$$P_A = \frac{\lambda}{\lambda + \beta} \quad (7)$$

Brojčane vrednosti ovih pokazatelja se mogu izračunati na osnovu izvornih podataka: izveštaji o kvarovima i nesrećama koji se mogu dobiti od Državnog organa za rudarstvo (za katastrofalne kvarove) i izveštaji koji dokumentuju rade u oknu koji se obavljaju u rudarskim preduzećima.

Katastrofalni kvarovi obuhvataju neplanirana isključenja izvoznih postrojenja, koje zabeleži Državni organ za rudarstvo. Ova isključenja, ukoliko traju više od 8 sati, uglavnom su posledica opterećenja izvoznog kaiša, pokidane izvozne ili balansne užadi, pada transportnih sredstava u okno. Ovakvi kvarovi uvek uključuju značajan gubitak materijala, koji se kreće od nekoliko stotina do nekoliko miliona evra i predstavljaju veliku opasnost po ljudski život i zdravlje.

Statistička analiza je obuhvatila sva izvozna postrojenja u rudnicima (tokom perioda od više od deset godina), uz kapacitet transportnih sredstava ne manjim od 7,5 Mg, koji rade u rudnicima gde još nisu primenjena inovativna rešenja osmišljena na fakultetu AGF-UST. Ova rešenja, navedena u odeljku 5, u velikoj meri poboljšavaju sigurnost izvoznih mašina.

Table 1 summarises the reliability indicators for particular types of catastrophic failures, obtained for hoisting installations in collieries. "Other failures" include infrequent failures, for instance due to the damage of the headframe structure or shaft steelwork. The shutdown time in case of such failures will be long, so though their proportion is rather small, the shutdown time they produce can be still considerable.

Tabela 1 rezimira pokazatelje pouzdanosti za pojedine vrste katastrofalnih kvarova, a koji su dobijeni za izvozna postrojenja u rudnicima uglja. „Ostali kvarovi“ obuhvataju neučestale kvarove, na primer zbog oštećenja konstrukcije izvoznog tornja ili čelične konstrukcije oko okna. Vreme isključenja u slučaju ovakvih kvarova će biti dugo, tako da, iako je njihov udeo prilično mali, vreme isključenja koje stvore može biti i dalje značajno.

Table 1 Reliability indicators for particular types of catastrophic failures
Tabela 1 Pokazatelji pouzdanosti za pojedine vrste katastrofalnih kvarova

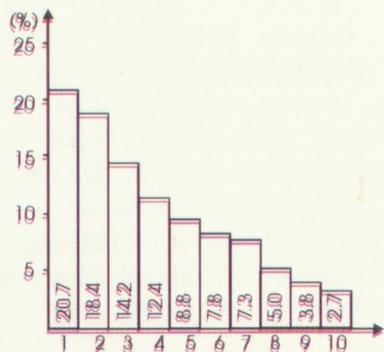
Lp.	Failure	Reliability indicator				
		T_A [h]	T_P [h]	$\lambda \times 10^{-5}$ [1/h]	β [1/h]	$\chi \times 10^{-3}$
1.	Overwind travels	43,0	151053,6	0,662	0,023	0,285
2.	Winder failure	37,5	169485,3	0,590	0,027	0,221
3.	Power failure (electric power cut)	4,4	217195,7	0,460	0,227	0,020
4.	Conveyance or the material falling to the shaft bottom	35,6	238194,2	0,403	0,028	0,143
5.	Entangled, broken or deformed hoisting rope	38,3	365774,2	0,273	0,026	0,105
6.	Breakdown of the guiding system	24,8	386109,9	0,259	0,040	0,064
7.	Broken balance rope	30,6	408818,3	0,245	0,033	0,075
8.	Conveyance failure	19,8	579181,8	0,173	0,050	0,034
9.	Pulley failure	9,5	868791,7	0,115	0,105	0,011
10.	Other failures	139,7	992794,6	0,101	0,007	0,141

where: T_A – average shutdown time,
 T_P – average time of correct operation,
 λ – intensity of failure occurrence,
 β – intensity of failure decay,
 χ – failure occurrence factor.

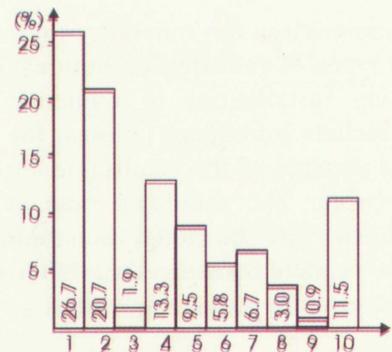
gde je: T_A – prosečno vreme isključenja,
 T_P – prosečno vreme ispravnog funkcionisanja,
 λ – intenzitet frekventnosti kvarova,
 β – intenzitet smanjenja kvarova,
 χ – faktor frekventnosti kvarova.

Figure 1 shows the proportions of various types of failures in relation to the total number of catastrophic failures and the shutdown time, Figures 2-6 show the results produced by those failures.

Slika 1 prikazuje udeo različitih vrsta kvarova u odnosu na ukupan broj katastrofalnih kvarova i vreme isključenja, Slike 2-6 prikazuju posledice ovih kvarova.



a) in relation to the total number of failures
a) u odnosu na ukupan broj kvarova



b) particular shutdown times in relation to the total shutdown time,
b) pojedinačna vremena isključenja u odnosu na ukupno vreme isključenja

Figure 1 Proportion of particular types of catastrophic failures: (Failure type)

where: 1 - overwind travels, 2 - winder failure, 3 - power failure, 4 - conveyance or the material falling to the shaft bottom, 5 - entangled, broken or deformed hoisting rope, 6 - breakdown of the guiding system, 7 - broken balance rope, 8 - conveyance failure, 9 - pulley failure, 10 - other failures

slika 1 Udeo pojedinih vrsta katastrofalnih kvarova: (Vrsta kvara)

gde je: 1 - opterećenje izvoznog kaiša, 2 – kvar čekrka, 3 – prekid napajanja (nestanak struje), 4 – prevozno sredstvo ili materijal koji pada na dno okna, 5 – zamršeno, prekinuto ili deformisano izvozno uže, 6 – defekt sistema za navođenje, 7 – pokidano balansno uže, 8 – kvar prevozognog sredstva, 9 – kvar dizalice, 10 – ostali kvarovi



Figure 2 Effects of overwind travels
slika 2 Posledice opterećenja izvoznog kaiša

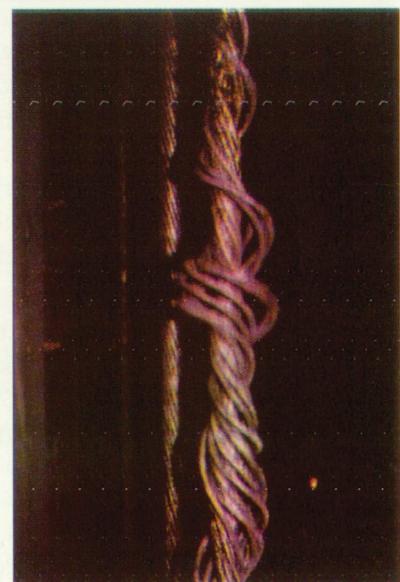
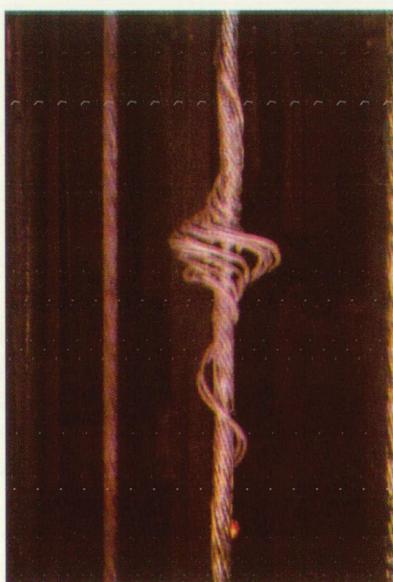
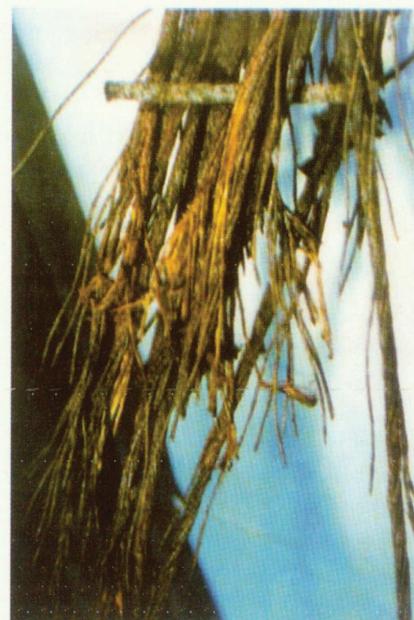


Figure 3, 4 Damaged balance ropes (round ropes)
slika 3, 4 Oštećena balansna užad (okrugla užad)



*Figure 5, 6 Broken balance ropes (flat ropes)
slika 5, 6 Pokidana balansna užad (ravna užad)*

4 RESULTS OF RESEARCH PROGRAMS PURSUED AT THE DEPARTMENT OF ROPEWAY INSTALLATIONS CONNECTED WITH THE NEW METHODOLOGY

The methodology is connected with "my" research program no 4 T12A 016 29 "Development of the methodology for controlling the safety of hoisting installations in Polish collieries". This research program ended in 2007 and so did the program financed through the statutory research fund: "Quality, reliability and safety of ropeway installations" Both projects were sponsored by the Ministry of Science and University Education.

The methodology is supported by the results of research programs and other research data collected at the Department of Ropeway Installations. Extensive research was undertaken under my supervision, covering the issues relating to reliability, safety of anthropotechnic systems and adaptation of the Polish legislature to the EU standards.

Major research achievements include:

- cause and effect analysis (section 3) of catastrophic failures,
- formulation, definition and starting a public discussion on terms relating to hoist transport safety (safety redundancy, safety level, acceptable risk level),

4 REZULTATI ISTRAŽIVAČKIH PROGRAMA IZVRŠENIH NA KATEDRI ZA UŽETNA POSTROJENJA A KOJA SU VEZANA ZA NOVU METODOLOGIJU

Ova metodologija je vezana za „moj“ istraživački program br. 4 T12A 016 29 „Izrada metodologije za kontrolisanje sigurnosti izvoznih postrojenja u poljskim rudnicima uglja“. Ovaj istraživački program završio se 2007. kao i program finansiran preko propisanog istraživačkog fonda: „Kvalitet, pouzdanost i sigurnost užetnih postrojenja“. Oba projekta su sprovedena pod pokroviteljstvom Ministarstva nauke i univerzitetskog obrazovanja.

Ovu metodologiju potkrepljuju rezultati istraživačkih programa i drugi istraživački podaci prikupljeni na Katedri za užetna postrojenja. Pod mojim nadzorom započeto je opsežno istraživanje, koje je obuhvatilo pitanja vezana za pouzdanost i sigurnost antropotehničkih sistema i prilagođavanje poljskog zakonodavstva standardima EU.

Glavna dostignuća istraživanja obuhvataju:

- analizu uzroka i posledica (odeljak 3) katastrofalnih kvarova,
- formulisanje, definicija i početak javne diskusije pod uslovima vezanim za sigurnost izvoznog transporta (redundantnost sigurnosti, nivo sigurnosti, nivo prihvatljivog rizika),

- 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),
- development of the nation-wide mine hoist safety management system, covering the safety of hoisting operations.
- utvrđivanje i definicija 12 vrsta sigurnosnih redundantnosti (struktune, funkcionalne, parametarske, vremenske, informativne, dijagnostičke, kognitivne, kvalitativne, sistematicne marge i one koje uključuju funkcije otpora, sigurnosne mere i ljudsku odgovornost),
- izrada nacionalnog rudničkog izvoznog sistema za upravljanje izvoznim mašinama, koji bi obuhvatao sigurnost izvoznih operacija.

5 MEANS AND METHODS TO IMPROVE THE SAFETY OF HOISTING INSTALLATIONS

Reliability and safety of hoisting installations might be improved through:

- elimination of reducing the probability of a parametric or catastrophic failure occurrence,
- prolonging the service life of ropes, shaft steelwork, conveyances, linings, and hoist components,
- improving the accuracy of diagnostics.

Research data listed above were further utilised to develop more practical solutions, including:

- movable fender beams HWR and a frictional emergency braking system HS2W with the relevant calculaiton procedure,
- drum and pulley linings designated as modar®,
- conveyance guiding system with integrated shock absorbers PHH,
- rubber-coated balance ropes SAG,
- sensor heads for magnetic inspection of wire ropes: GP-60, GP-90 and for inspection of rubber-coated ropes: GP-8, GP-3K200, GP-3K300 [1].

These solutions are the results of many years' research work, right from the formulation of the problem, through conceptual designs of the solution, creation of the mathematical model, laboratory tests, prototyping, legal protection of results, filing the patent applications in Poland and abroad, obtaining the required licences to use, development of the manufacturing technology, serial production, right through to implementation in mines.

5 SREDSTVA I METODE ZA POBOLJŠANJE SIGURNOSTI IZVOZNIH POSTROJENJA

Pouzdanost i sigurnost izvoznih postrojenja može se poboljšati putem:

- eliminisanja ili smanjivanja verovatnoće da će doći do parametarskog ili katastrofnog kvara,
- produžavanje veka trajanja užadi, čelične konstrukcije oko okna, transportera, obloge i izvoznih komponenata,
- poboljšanje tačnosti dijagnostike.

Rezultati istraživanja koji su prethodno navedeni dalje su upotrebljeni za izradu praktičnijih rešenja, kao što su:

- pokretne zaštitne grede HWR i frikcioni kočioni sistem za slučaj opasnosti HS2W sa odgovarajućim postupkom izračunavanja,
- obloge valjka i kotura označene pod znakom modar®,
- transportni sistem za navođenje sa integrisanim amortizerima PHH,
- balansna užad SAG obložena gumom,
- vrhovi senzora za magnetno ispitivanje žičane užadi: GP-60, GP-90 i za ispitivanje užadi obložene gumom: GP-8, GP-3K200, GP-3K300 [1].

Ova rešenja su rezultati dugogodišnjeg istraživačkog rada, od formulisanja problema, preko idejnih planova rešenja, izrade matematičkog modela, laboratorijskih testova, izrade prototipa, pravne zaštite rezultata, prijavljivanja za patentiranje u Poljskoj i inostranstvu, dobijanje traženih licenci na korišćenje, osmišljavanja proizvodne tehnologije, serijske proizvodnje, pa do primene u rudnicima.

All these solutions are protected by 21 patents, 4 patent applications filed in Poland, 4 European patents, others have a status of know-how solutions. They were awarded a gold and silver medals at the Inventions, Research and New Technologies Fairs Eureka in Brussels in 2003, 2004, 2005, 2006 (4 gold and 2 silver medals). They won two gold medals at the International Intellectual Property Fair in 2005 and 2007 and a gold medal in Paris in 2007.

AGH-UST is the sole proprietor of all these patents and know-how solutions. In the last 5 years the University signed 30 licence agreements allowing their use.

6 CONCLUSIONS

The methodology outlined here is widely adopted in collieries, copper mines and other mining companies, leading to a vast improvement of reliability and safety of the hoisting systems, at the same time permitting the reduction of maintenance and modernisation costs.

Sva ova rešenja su zaštićena putem 21 patenta, pri čemu su 4 patenta registrovana u Poljskoj, 4 su evropski patenti a ostala imaju status rešenja iz oblasti praktičnog znanja („know-how“ rešenja). Ona su dobila zlatne i srebrne nagrade na Sajmovima izuma, istraživanja, i novih tehnologija Eureka u Briselu, 2003., 2004., 2005. i 2006. godine (4 zlatne i 2 srebrne medalje). Ona su osvojila i dve zlatne medalje na Međunarodnom sajmu intelektualne svojine 2005. i 2007. godine a zlatnu medalju u Parizu 2007. godine.

AGH-UST je isključivi vlasnik svih ovih patenata i rešenja iz oblasti praktičnog znanja. U poslednjih 5 godina Univerzitet je potpisao 30 licencnih ugovora kojim se odobrava njihova upotreba.

6 ZAKLJUČAK

Metodologija koja se ovde pominje široko je rasprostranjena u rudnicima uglja, bakra i drugim rudarskim preduzećima, koja vodi do velikog poboljšanja pouzdanosti i sigurnosti izvoznih sistema, što omogućava istovremeno smanjenje troškova održavanja i modernizacije.

REFERENCES / LITERATURA

- [1] Hansel, J. *Metodyka kształtowania bezpieczeństwa transportu pionowego w polskich zakładach górniczych (Methodology of shaping of hoist safety in polish mine)*. Zeszyty Naukowo-Techniczne AGH-KTL, Zeszyt 40, Kraków 2007

Reviewal / Recenzija: prof. dr Miloš Grujić