



DYNAMIKA TĚŽNÍCH ZAŘÍZENÍ

THE DYNAMICS OF THE MINE HOIST CONVEYANCE

Zdeněk Folta¹, Hynek Přeček², Jiří Havlík³

Katedra částí a mechanismů strojů, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu, 708 33 Ostrava-Poruba,

¹ tel.: +420 597 323 393, e-mail: zdenek.folta@vsb.cz

² tel.: +420 597 323 230, e-mail: hynek.precek@vsb.cz

³ tel.: +420 597 323 284, e-mail: jiri.havlik@vsb.cz

Abstrakt: Článek popisuje problém měření dynamiky dopravní nádoby při jízdě pomocí akcelerometrických snímačů a jejího vyhodnocení pomocí počítačového programu včetně následné spektrální analýzy pro zjištění zdroje buzení.

Klíčová slova: Těžní zařízení, těžní stroj, akcelerometrie.

Abstract: The article deals with dynamics measuring system during skip or cage transportation when driving by means of accelerometric devices and theirs further successive evaluation by means of computer program. Consecutively frequency spectral analysis is included for a key finding of the resources of generation of the vibrations.

Key words: Mining equipment, hoisting machinery, accelerometry.

1. ÚVOD

Jámové výstroje hlubinných dolů řeší §46 vyhlášky Českého báňského úřadu č. 415/2002 „O bezpečnosti provozu při svislé dopravě a chůzi v organizacích podléhajících dozoru státní báňské správy“ [1], výpočet je pak v příloze č. 3 a 5. Kontrola provozního stavu je pak prováděna podle §78 uvedené vyhlášky.

1. INTRODUCCION

Hole equipment within underground deep-mines solves regulation of Czech Coal Board no 415/2002 “About operational safety in case of vertical transportation and walking in organizations subjected to come under supervisory of Coal Board Government Body” [1], calculation then appendixes No. 3 and 5. Operating check is pursued in accordance with §78 of mentioned regulation.

Při provádění akcelerometrického měření bylo zjištěno, že není technicky jednoznačně definován způsob vyhodnocování a následného hodnocení stavu jámové výstroje na základě dynamických stavů těžní nádoby.

2. MĚŘENÍ AKCELEROGRAFIE DOPRAVNÍ NÁDOBY

Vlastní měření je prováděno pomocí nízkofrekvenčních snímačů zrychlení firmy Wilcoxon Research, umístěných horizontálně ve směru X (směr spojnice průvodnic) a v kolmém směru Y. Signál ze snímačů je digitálně zaznamenáván rychlostí 50 vzorků za sekundu do paměti dataloggeru DT100 firmy Consynea, který je schopen zaznamenat půl miliónu takovýchto vzorků.

Souběžně s měřením zrychlení je pomocí optického difúzního snímače snímán okamžik průjezdu kolem rozpony, které jsou pravidelně instalovány co 2 nebo 3 metry (podle konkrétní jámy). Signál ze snímače je zaznamenáván do třetího kanálu dataloggeru a slouží pro vyhodnocení okamžité hloubky jámy. Po měření jsou data načteny sériovou linkou do počítače, rozdělen na jednotlivá měření a vyhodnocen (viz blokové schéma na obr. 1).

Vzhledem k velikosti měřícího zařízení, u kterého je největší částí zmíněný datalogger s rozměry 200 x 155 x 110 mm a další komponenty jsou menší, jsme schopni měřit i zrychlení na protizávaží těžního zařízení.

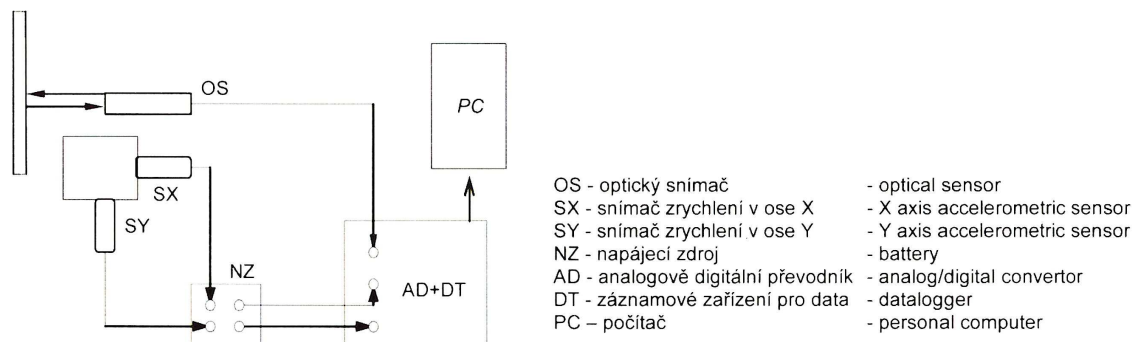
During pursuit accelerometric measurement it was found that's not the technically possible case unambiguously defined there used evaluation method and further on the successive state post-evaluation hole equipment, on the base of existing dynamics conditions of skip buckets.

2. ACCELEROGRAPHIC MEASUREMENT OF SKIP OR CAGE HOIST

Test stand measurement is performed by means of low frequency acceleration sensors, manufactured by Wilcoxon Research Corporation, fitted horizontally in place at X - axis direction (join flow-line between cage-guides) and in perpendicular direction Y. Signals taken from scanners is digitally recorded at full speed 50 samples per second into datalogger DT100 memory (Consynea corporation) which is able to record 500.000 samples such as.

Simultaneously with doing acceleration measurements is, by help of optical scanner, scanned the moment passing by cage guides support that are regularly mounted at intervals at about 2 or 3 meters (according to individual hole). The signal from scanner is recorded into third datalogger channel and serves to determine instantaneous depth of mineshaft. After accomplishing of measurement, data are read, with help of the program LabWindows via the serial line, into computer. The data are divided into separate individual measurements and evaluated (see block diagram on Fig. 1).

Considering to measuring equipment dimensions, of which the greatest part is represented by above-mentioned datalogger with overall dimensions 200 x 155 x 110 mm and over-more further extra components that are a bit lesser, we are able to measure acceleration onto counterweight of the hoisting machinery.



Obr. 1 - Blokové schéma měřícího zařízení
Fig. 1 - The block diagram of the measuring equipment

3. VYHODNOCENÍ DYNAMIKY NÁDOBY

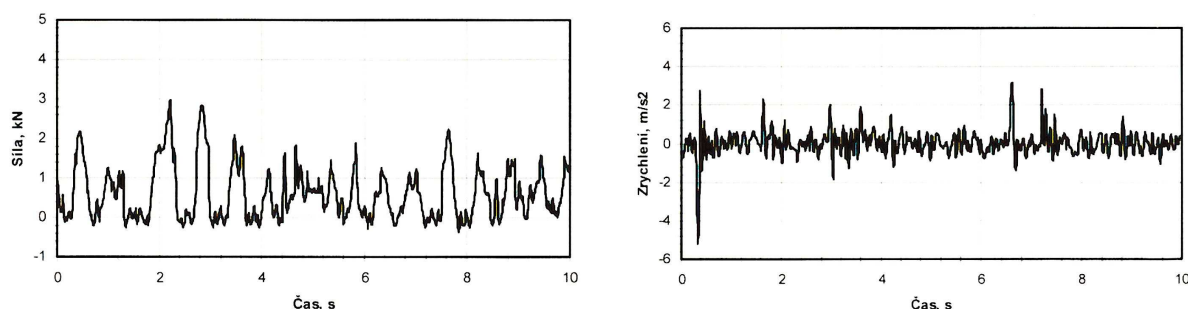
Jak je uvedeno v úvodu, cílem měření je stanovení hodnot absolutní velikosti horizontálního zrychlení nádoby, které nesmí překročit zadané meze.

Původní přístroj pro měření akcelerometrie už svou konstrukcí, zejména hmotností zapisovacích částí, fungoval jako dolnoproustný filtr. Při použití piezoelektrického snímače jsme začali snímat i vyšší kmitočty, takže jsme zjistili, že pro srovnatelnost měření s původním přístrojem jsme dosáhli při použití dolnoproustného číslicového filtru s limitní frekvencí 15 Hz. Jak se ukázalo z měření sil v kolovém vedení a jejich srovnání se záznamem zrychlení (obr. 2) [4][5], hodnoty zrychlení s frekvencí nad 15 Hz se již na silových účincích podílejí jen zanedbatelně.

3. EVALUATION OF THE BUCKETS DYNAMICS

As noted above in Introduction, the very measurement goal is values determination of absolute value of skip or cage vibrations, which must not get over demanded limitations.

The former device for accelerometry measurement by its construction, in particular by its mass, functioned as low-pass filter. When using piezoelectric sensor we began with scanning higher frequencies. So that for purpose of comparability analysis with former device we found out that it is necessary to use low-pass digital filter for frequencies lying below 15 Hz. The measurement of the forces acting in wheels guides and its comparison with acceleration (fig. 2) [4][5] indicate that values of acceleration with frequency up to 15 Hz caused only insignificant force effect.



Obr. 2 - Záznam síly v kolovém vedení (vlevo) a zrychlení nádoby (vpravo)
Fig. 2 - Records of the forces in the wheel guide (on the left) and skip acceleration (on the right)

Hlavní příčinou tohoto jevu je, alespoň podle našich dosavadních poznatků, vliv hmotnosti nádoby, která je funkcí času (přesněji rychlosti působící síly) a dále zde působí vliv dalších vedení nádoby, což způsobuje frekvenční posuvy mezi působící silou a zrychlením. Podrobný popis tohoto jevu je mimo rozsah tohoto článku, nicméně je možno konstatovat, že velikost hodnoty zrychlení bez zohlednění její frekvence nemusí správně vypovídat o velikosti zatížení jámové výstroje [7].

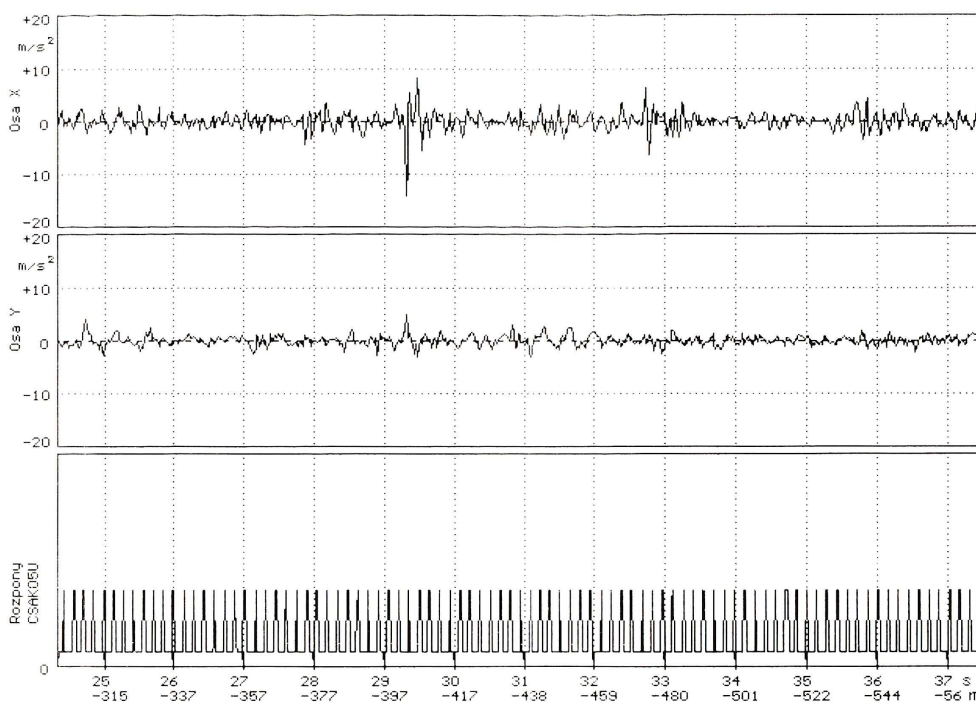
Vlastní vyhodnocení požadované podle výše uvedeného báňského předpisu spočívá:

- ve vykreslení průběhu zrychlení podél hloubky jámy odděleně pro osy X a Y;
- vyhledání a vyčíslení průvodnic pro doplnění průběhu skutečnými hloubkami jámy (obr. 3);
- vyhledání a vyčíslení maximálních hodnot zrychlení a jejich polohy v jámě.

In accordance with our actual piece of knowledge, main causes of this phenomenon are influence of the cage mass, which is function of time (accurately velocity of the acting force) and furthermore influences by other cage guides, which causes frequencies drift between force and acceleration. Detailed description of this phenomenon is out of range this article, but it can be observe, so only amplitude of the acceleration, without take heed of his frequency, don't properly correspond with forces acting on pit equipment [7].

Evaluation of the measurement, according to coal mining regulations, included:

- drawing chart of acceleration along shaft hole both X-axis and Y-axis separately;
- finding out and enumerating the cage-guides for data completion of the depth of the mine shaft (Fig. 3);
- finding out and enumeration of maximum acceleration values and theirs altitudes in the hole.



Obr. 3 - Část záznamu zrychlení v ose X, Y a optického snímání rozpon.

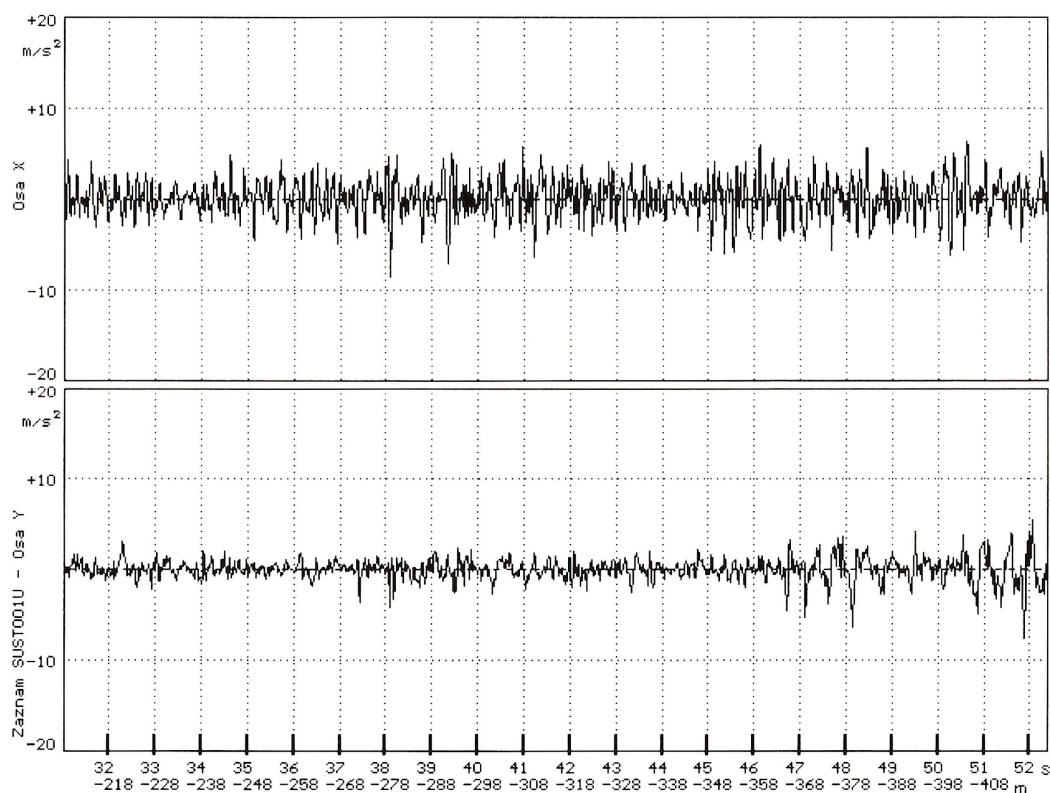
Fig. 3 - Part of acceleration record in direction X and Y and record of the cage guides support optical scanning

4. ANALÝZA MOŽNÝCH ZDROJŮ VIBRACÍ

Výše uvedené vyhodnocení registruje pouze stav jámové výstroje. Pokud se na záznamu vyskytnou vyšší hodnoty jen místně (obr. 3 mezi 29. a 30. sekundou), je možno vizuálně v jámě zjistit příčinu (obvykle špatný spoj průvodnic, přechod z průvodnice do rohového vedení...) a provést opravu. V některých případech je však záznam „roztřesen“ v celém průběhu nebo jeho velké části (obr. 4).

4. ANALYSIS OF POSSIBLE RESOURCES OF VIBRATIONS

Above given evaluation show only condition of mine shafts equipment. If on record are encountered higher values locally only (Fig. 3 between 29th and 30th second), then it is possible visually in the hole to find out its reason (usually bad joints of guide rails, transition from cage-guide into corner guide...). In some cases however the fact is that the logged record is “shaky” in throughout all course (Fig. 4).



Obr. 4 - Záznam zrychlení s vyšší úrovní v celém průběhu (směr X).

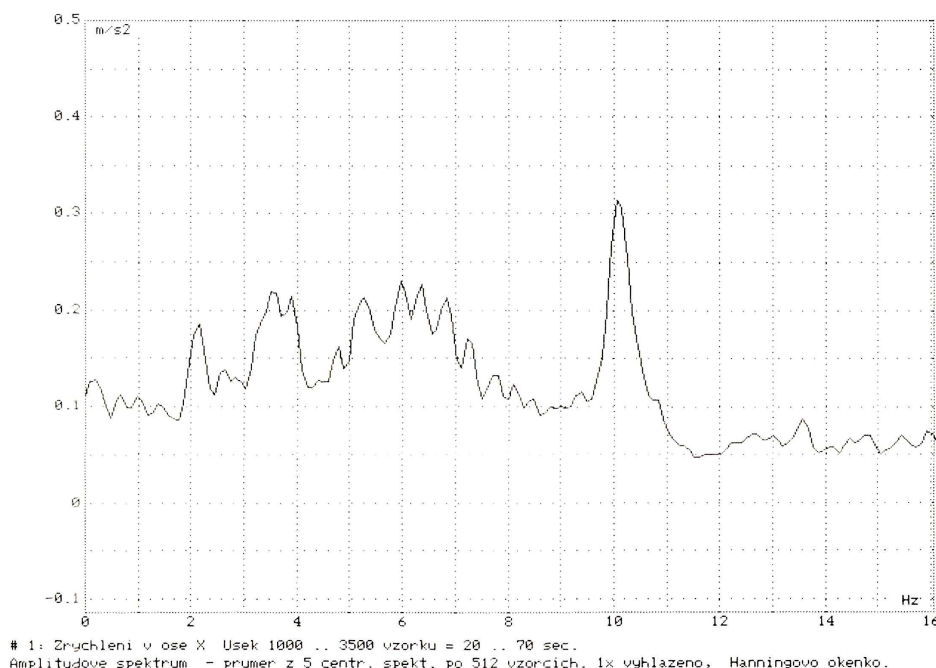
Fig. 4 - Record of the acceleration “shaky” in whole course (X direction)

V tomto případě je nutno provést další krok pro vyhodnocení záznamu. Tímto krokem je frekvenční analýza záznamů (obr. 5), která nás může informovat o možných zdrojích vibrací.

In this case is necessary to carry out next step for analytical evaluation of the data recorded. That way is frequency spectral analysis of the data recorded (Fig. 5) which could inform us about presumptive resources of vibrations.

Máme-li pro příklad jámovou výstroj, která má průvodnice délky 6 m , vertikální vzdálenost rozpon 2 m a obvod kola kolového vedení $1,4\text{ m}$, a je-li rychlost jízdy $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pak v případě vady na kolovém vedení se na spektru projeví zvýšení zrychlení na frekvenci 10 Hz , v případě nerovnosti rozpon na frekvenci 7 Hz a špatné spoje průvodnic signalizuje zvýšení vibrací na frekvenci $2,3\text{ Hz}$.

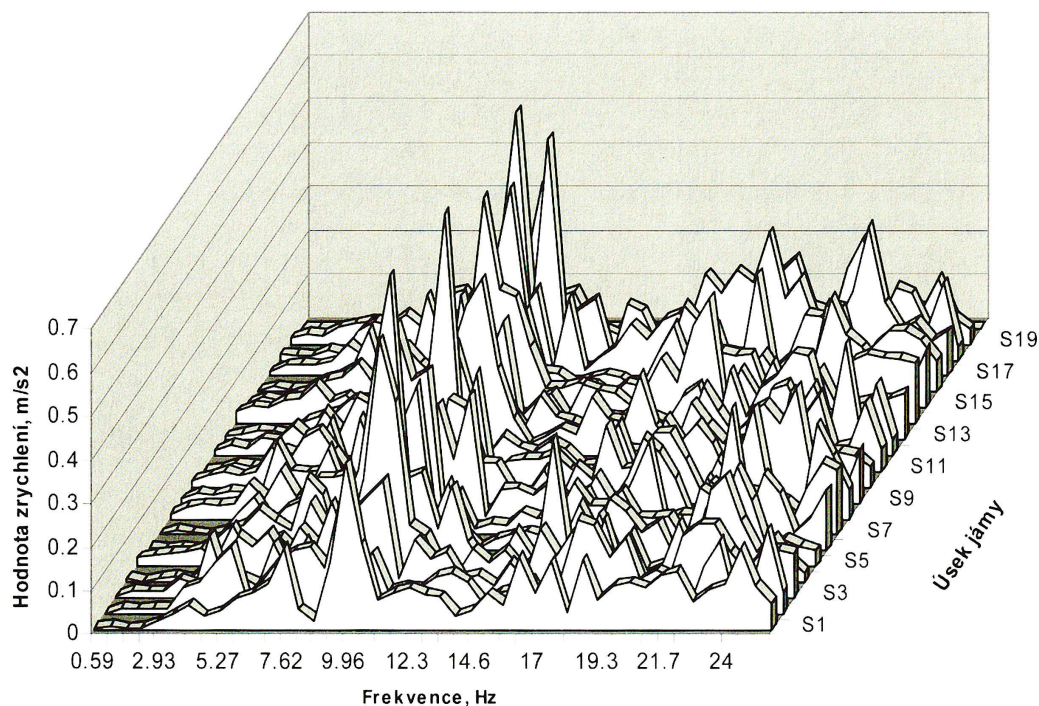
If we have, for example, mine shaft equipment, which has cage-guide at length of 6 m , vertical distance of cage-guide supports 2 m and diameter of the bantam wheel at $1,4\text{ m}$ and if the running speed is $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, then in case of damages on bantam it is showing on the spectrum of the acceleration on increase on frequency 10 Hz (Fig. 5), in the event inequalities of cage-guide supports on frequency 7 Hz and bad joints of cage-guide proved to show signals increase on frequency $2,3\text{ Hz}$.



Obr. 5 - Frekvenční analýza záznamu zrychlení v ose X z obr. 4.
Fig. 5 - Frequency analysis of the acceleration from fig. 4 in X direction

Problém ovšem nastává v případě, že se budící nebo vlastní frekvence mění v průběhu jízdy. Může to být případ, kdy vibrace způsobuje kmitání lan, jejichž frekvence se při jízdě nahoru se zkracující se délkou zvyšuje, případně se některé frekvence projevují jen v části jámy, například při rekonstrukci části jámové výstroje, nebo při prodlužování jámy [6]. V těchto případech je nutno provádět spektrální analýzu po částech (obr. 6).

Problem however occurs in the case of, that if exciting or natural frequency changing its absolute quantity during the drive. It happen to be a case when oscillation is caused due to ropes trembling, than frequency during driving upwards when shortening the length increases, eventually some frequencies occurred within separate part of hole. That happened for instance during reconstruction section of hole equipment or during works on the hole lengthening [6]. In those cases is necessary execute frequency spectral analysis sequentially, i. e. "per-partes" (Fig. 6).



Obr. 6 – Spektrální analýza záznamu zrychlení po částech úseku jámy

Fig. 6 – Spectral analysis of the acceleration record per partes

4. ZÁVĚR

Akcelerometrické měření stavu jámové výstroje je jednoduchá metoda, schopná signalizovat existenci nerovností či poškození jámové výstroje včetně určení její polohy a při vhodné interpretaci informovat i o druhu poškození. Silové působení na jámovou výstroj však není možné získat jednoduchým přepočtem, neboť vztah mezi zrychlením a silou je v tomto dynamickém procesu velmi komplexní a závislý na mnoha veličinách, které navíc často nejsou v čase konstantní. Proto je zmíněné silové působení nutno získat pomocí přímého měření, případně matematickým modelem, který však je vhodné měřením ověřit pro konkrétní jámu.

4. CONCLUSION

Accelerometric measurement of the hole equipment is uncomplicated method, capable sign occurrence inequality or damage of the hole equipment inclusive assignation her location and notify, by suitable interpretation, also about kind of the damage. Force act on the pit equipment however isn't possible to obtain by simple recount. Relationship between acceleration and force is, in this dynamic case, very complex and dependent upon widely values, which are, in addition, often not constant in time. Therefore the said force acting we have get by measurement, eventually by way of mathematic model, which is suitable verify by measurement for given pit.

Literatura / References

- [1] Vyhláška Českého báňského úřadu č. 415/2003.
- [2] Folta Z., Přeček H., *The Pit Equipment Working Life Prolongation*. In Proceedings the 14th international conference on automation in mining ICAMC2001, Helsinki university of technology, 2001, Finsko, s. 341 ... 346, ISBN 951-22-5615-0.
- [3] Přeček H., Folta Z. *The risks at shaft hoist in Czech Republic*. In Proceedings of the international scientific session „Management of natural and technogenic risks“, University of mining and geology „St. Ivan Rilski“, 2001, Bulharsko, str. 307 ... 308, ISBN 954-9748-33-2.
- [4] Přeček, H., Folta, Z. *Analýza napětí na jámové výstroji*. In Sborník mezinárodního semináře Nejnovější poznatky z výstavby, údržby, provozu a následné dopravy ve svislých jámách hlubinných dolů, ISBN 80-7225-007-8, 3. a 4. 12 1998 VŠB-TU Ostrava, s. 48...50 - dotisk.
- [5] Přeček, H., Folta, Z. *The limiting terms of the traffic subsystem mine hosting vessel - shaft steel equipment*. In Sborník mezinárodní vědecké konference k 50 založení FS, září 2000, Publikace vydána na CD - ROM, Vydal VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2000.
- [6] Boroška, J., Fedorko, G.: Modelovanie namáhania drôtov oceľových lán. In: XXV NAUKOWO-DYDAKTICZNE FORUM EUROPEJSKICH KATEDR MASZYN GÓRNICZYCH I LOGISTYKI, Gliwicz-Ustroń 23. – 24. października 2003
- [7] Stanová, E., Fedorko, G.: Matematický model protismerného oceľového lana, In: Aplimat 2004 – geometrie v technickej praxi, február 2004, s. 879-882, ISBN 80-227-1995-1

Reviewal / Recenzia: prof. Ing. Ján Boroška, CSc.