The International Journal of
TRANSPORT & LOGISTICS
Medzinárodný časopis
DOPRAVA A LOGISTIKA

ISSN 1451-107X

ŘÍZENÍ LOGISTICKÉHO ŘETĚZCE - REGULACE HMOTOVÉHO TOKU POMOCÍ NOVĚ NAVRŽENÉHO 3DIMENZIONÁLNÍHO SNÍMAČE

LOGISTICS CHAIN CONTROLLING – MATERIAL FLOW REGULATION USING NEW DESIGNED 3DIMENSIONAL INDICATOR

Aleš Slíva[1], Peter Bindzár[2]

[1] *Institute of Transportation, Laboratory of Bulk Solids, VSB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech republic, email: ales.sliva@vsb.cz, www: http://www.lsh.vsb.cz http://www.id.vsb.cz*

[2] *Deparment of Logistics and Production Systems, TU of Košice, Park Komenského 14, 043 84 Košice, Slovak republic, tel.: (+421 55) 602 3146, e-mail: peter.bindzar@tuke.sk*

Abstrakt: *Příspěvek zkoumá napětí sypké hmoty ve skladovacím zařízení pomocí nově rozvíjeného 3Dimenzionálního (Tříosového) snímače. Nový design a koncepce 3D snímače byla vyvíjena za účelem zjišťování reálných tlaků (napětí) uvnitř skladovacích zařízení a tím zlepšování toků sypké hmoty a detekování poruch toku hmoty..*

Kľúčové slová: *3Dimenzionální snímač, sypká hmota, skladovací zařízení*

Abstract: *The paper investigates a bulk solid pressure observation inside a transport vessel using new developed 3Dimensional (Triaxial) Indicator. New design and conception of the 3D indicator have been developed exclusively for detecting of real stresses/pressures inside vessels, bunkers and silos.*

Kev words: *3Dimensional indicator, bulk solid, transport vessel*

1. ÚVOD

Nejčetnější problémy se vyskytují v problematice skladování a dopravy sypkého materiálu na další dopravní systém (komínování, klenbování, tvorba oblouku, jádrový tok, atď. [3]). Tyto nežádoucí jevy mají vliv na celkové fungování dopravního systému a následně se projevují nefunkčností celého systému, který ohrožuje bezpečnost obsluhy provozu [4].

1. INTRODUCTION

The most numerous problems-malfunctions occur during the storage and transfer of bulk material to another transport system (funneling, arching, creating an arch, core flow, etc. [3]). These malfunctions have an effect on the entire operation of the transport system, as well as on the subsequent lack of functionality that occurs in the entire system, which endangers operational safety [4].

Za tímto účelem byl navržen a zkonstruován 3Dimenzionální (tříosový) snímač sypkých hmot (obr. č. 6, [8-9]) umožňující detekci reálných napětí v kritickém místě tvorby poruch. Změna napětí (tlaku), resp. jeho přírůstek je právě indikátorem vzniku poruch. Dřívější konstrukce snímačů vycházely z předpokladu přenášení tlaků a pulsací do stěn zásobníku a z tohoto důvodu se umísťovaly přímo na stěny zásobníku (sila). Bohužel, často tato měření neodpovídala skutečnosti a neodrážela skutečný stav vlivem špatného přenosu signálu od zdroje problematického materiálu. Zmiňovaný navržený 3D snímač včetně metodiky identifikace tlaků pomocí vhodného SW (obr. č. 3 a 5) dokáže řešit tyto problémy v celé jeho šíři a navíc dokáže zaregistrovat veškeré okamžité jevy vyskytující se uvnitř-přímo v kontaktním místě sypké hmoty.

2. KONSTRUKCE A VÝVOJ 3DIMENZIONÁLNÍHO PŘÍSTROJE PRO SNÍMÁNÍ NAPĚŤOVÉHO STAVU

Současný stav vývoje měřících přístrojů pro zjišťování napěťových stavů sypkých hmot ustrnul a nepřinesl žádné převratné novinky do oblasti vývoje zcela nových měřících aparatur. Vyvíjené aparatury v posledních několika letech posunuly současné možnosti odhalování poruch toku sypkých hmot, ale vycházejí z koncepce obdobných zařízení vyvíjených v 60. a 70. letech 20. století (FT3 Powder Rheometer-viz. Vrtulová zkouška [8], apod.).

První vlaštovkou přinášející pokrok v této oblasti byla studie modelu umožňujícího snímat trojosé napětí ve skladovacích systémech (viz. obr. 1) a zaznamenávat nejaktuálnější děj v sypké hmotě v libovolném místě skladovacího systému. Poprvé tento model byl představen v Gainesville, SSIW 2003, University of Florida, USA.

For this purpose a 3Dimensional indicator for bulk solids (fig. 6, [8-9]) has been designed and constructed for allowing the actual stress in critical areas where the failures tend to occur to be detected. The change in stress (pressure), rather an increase in it, is the indication that a failure has occurred. Earlier indicators were based on the presumption that pressure and its fluctuations were transmitted to the wall of the container and for this reason they were located directly on the container (silo) wall itself. Unfortunately, this measurement often didn't reflect the real situation or the actual status due to the poor transmission of the signal from the source of the problematic material. The 3D indicator (fig. 3 and 5), including a methodology for identifying pressures using the SW developed for it, is able to completely solve these problems and, moreover, register all sudden occurrences that take place directly within the bulk solid.

2. THE CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF A 3DIMENSIONAL DEVICE FOR OBSERVING THE STATE OF STRESS

Current development in devices used for measuring the state of stress in bulk solids has stagnated and brought with it no major new innovations in the field for developing entirely new measuring equipment. The equipment developed in the past few years has moved the opportunities for discovering flow failures in bulk solids forward, but they are based on concepts from similar equipment developed in the 1960s and 1970s (FT3 Powder Rheometer-see Propeller test [8], etc.).

The first sign of progress in this field was a study of a model allowing triaxial stress to be observed in storage systems (see fig. 1) and the most current status in the bulk solid to be recorded in random locations in the storage system. This model was first set up in Gainesville, SSIW 2003, at the University of Florida, USA.

Tento „ryze teoretický" model je schopný snímat všech 18 vyskytujících se smykových a normálních napětí na elementu sypké hmoty pomocí snímačů ukotvených na konstrukci (viz. obr. č. 1) a posléze na plochu krychle představující nosnou základovou konstrukci zařízení.

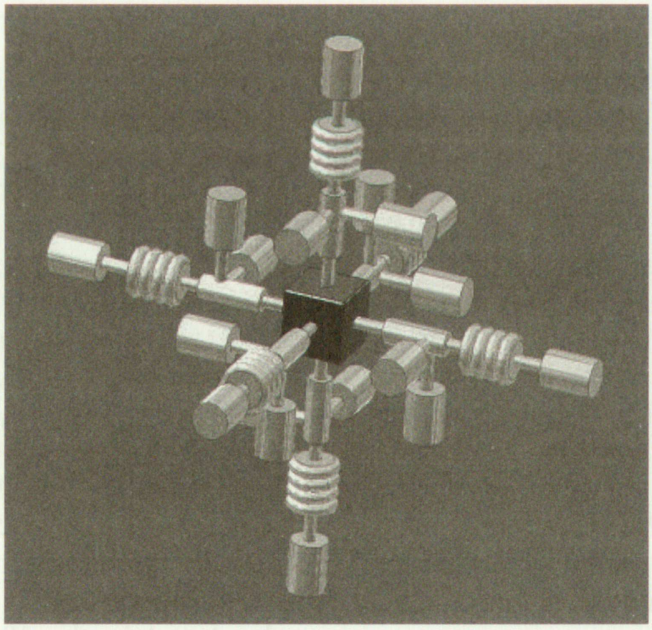
2.1 3DIMENZIÁLNÍ (TROJOSOVÝ) MODEL MĚŘÍCÍ APARATURY VYVÍJENÝ V LABORATOŘI SYPKÝCH HMOT V RÁMCI POST.-DOC. GRANTU 101/03/D039

Koncepce modelu z obr. č.1 bohužel nebyla dokončena a to převážně z důvodů praktické nemožnosti snímání všech 18 různých (sdružených) smykových a normálových napětí a následně jejich komplikovaného vyhodnocování.

This "purely theoretical" model is able to observe all 18 shear and normal stresses occurring on the element of the bulk solid using indicators embedded in the structure (see fig. 1) and afterwards on the surface of the cube representing the load-bearing basic structure of the entire equipment.

2.1 A 3DIMENSIONAL (TRIAXIAL) MEASURING APPARATUS DEVELOPED AT THE LABORATORY FOR BULK SOLIDS WITHIN THE FRAMEWORK OF POST.-DOC. GRANT 101/03/D039

The design of the model from fig. 1, unfortunately, was not completed principally due to the practically impossible ability to detect all 18 various (combined) shear and normal stresses and their subsequent intricate interpretation.



Obr. 1 Model plně popisující napěťový stav všech normálových a smykových napětí působící na element sypké hmoty. Zdroj: SSIW, University of Florida, Gainesville

Fig.1. Model fully describing the state of stress of all normal and shear stresses acting on the element of the bulk solid. Source: SSIW, the University of Florida, Gainesville

Toto vlastně byla výzva k navržení zcela koncepčně nového a odlišného modelu schopného snímat pouze hlavní napěťový stav v podobě hlavních normálových

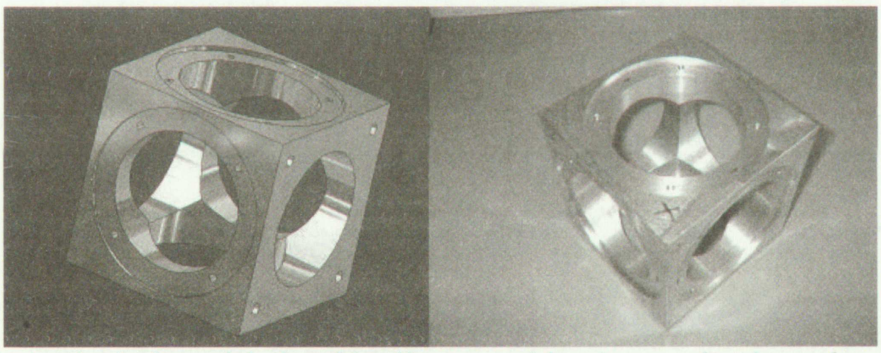
This proved to be the call for designing an entirely newly conceived and different model able to observe only the main state of stress in the form of main normal

napětí (σ_1, σ_2, σ_3) a následně odvození smykových napětí a zobrazení napěťového stavu snímané sypké hmoty ve skladovacím zařízení včetně teoretické analýzy napěťového stavu. Také bylo přihlédnuto k ekonomickým hlediskům a vybráno pouze nezbytné množství součástek potřebných k navržení a sestavení modelu i s ohledem k minimálnímu množství navržených snímačů.

Již při samotné úvaze konstrukčního modelu byla vzata v potaz nutnost pevného základu pro samotné snímače s cílem maximálně snížit deformační vlivy samotné nosné konstrukce základu měřící aparatury ponořené do sypké hmoty skladovacího systému. Za tímto účelem byl navržen nosný základ krychlového tvaru (obr. č. 2).

stresses (σ_1, σ_2, σ_3) and subsequently deriving the shear stresses and picturing the state of stress of the bulk solid being observed in the storage equipment, including a theoretical analysis of the state of stress. Economical factors were also taken into account and only those components necessary for designing and setting up the model were selected, even with regard to using the minimum amount of detectors.

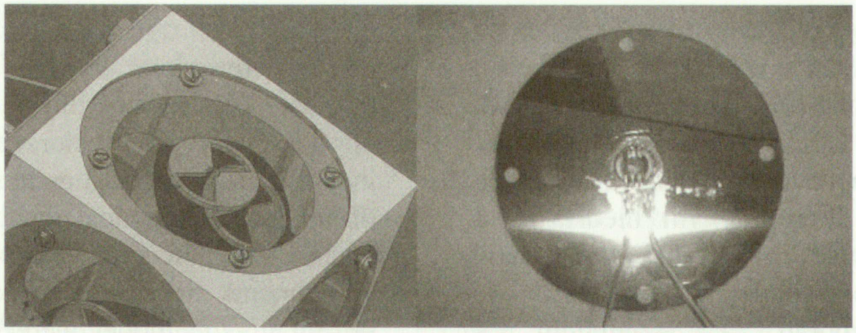
When considering the structure of the model by itself, the need for a hard base was taken into account for individual detectors with the goal of decreasing deformation effects as much as possible for the individual load-bearing structure of the base for the measuring apparatus embedded in the bulk solid of the storage system. For this purpose a load-bearing base for the cubed shape was designed (fig.2).



Obr. 2 Počítačový návrh modelu krychlového tvaru (vlevo) a vyrobený tvar krychle (vpravo)
Fig.2. Computerized design of a model of a cube (left) and the produced shape of the cube (right)

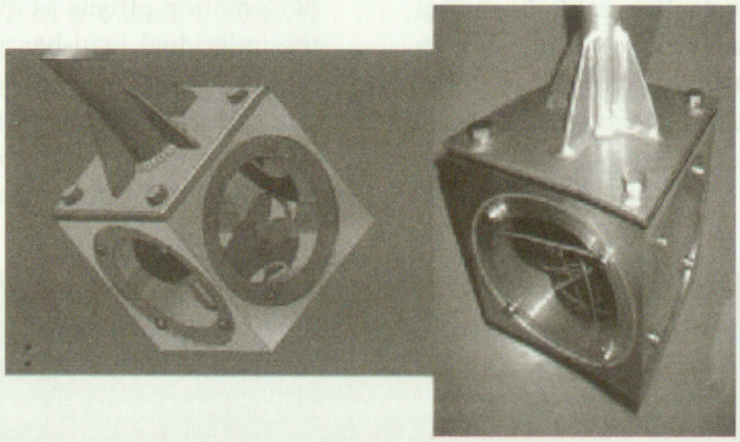
Základ krychlového tvaru (obr. č.2) byl opatřen osazením za účelem vsazení čtyř deformačních čel (obr. č.3 vpravo, obr. č.5) pomocí válcových šroubů. Deformační čela byla navržena kruhového tvaru za účelem zachycení deformací v ose x, y a z a následné kontrole deformace v ose y (celkem tedy 4 čela). Právě tento tvar splňuje kritérium symetrální deformace a napěťového radiálního a tangenciálního namáhání při přesném umístění detektorů deformace (tenzometrů) uprostřed vnitřní strany deformačního čela.

The base of the cube (fig. 2) was equipped with an attachment for the purpose of embedding four deformation faces (fig. 3 right, fig. 5) using cylindrical screws. The deformation face was designed in a circular shape in order to capture deformation on the axes of x, y and z and afterward check the deformation on the y axis (a total of 4 faces). This shape meets the right criteria for symmetrical deformation and the radial and tangential voltage stress for locating the deformation detectors (tensometric sensors) precisely in the middle of the internal wall of the deformation face.



Obr. 3 Počítačový návrh modelu vsazení deformačního prvku s detektory deformace (vlevo) a vyrobený deformační prvek včetně umístění detektoru (vpravo). Zdroj: [8]

Fig.3. A computerized model of an embedded deformation component with deformation detector (left) and the manufactured deformation component, including the location of the detector (right). Source: [8]



Obr. 4 Počítačový návrh sestavy modelu se snímači a uchycení (vlevo) a smontovaný 3D snímač (vpravo). Zdroj: [8]

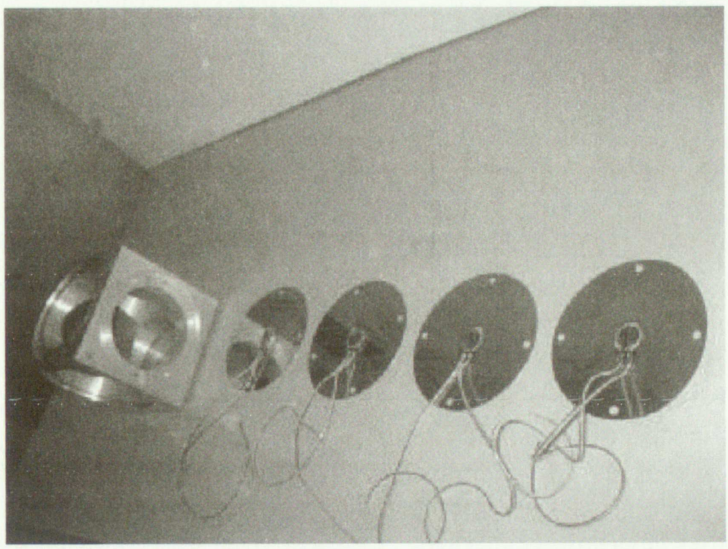
Fig.4. Computerized design of the model setup with indicators and attachment (left) and mounted 3D indicator (right). Source: [8]

Uvedená deformační čela byla vyrobena z nerezového materiálu s příměsí zušlechťujících prvků (fosfor, apod.) zajišťujících pružnou deformaci bez creepových efektů až do meze úměrnosti deformačního materiálu čela (obr. č.3 – 5).

Vnitřní otvor nosného základu krychlového tvaru (obr. č. 2) způsobený vyfrézováním otvorů pro deformaci čel byl využit pro umístění konstrukce snímacích a zesilovacích prvků deformačních detektorů včetně přívodu zdroje jejich napájení a signálů deformačních napětí přes nosnou ukotvující konstrukci.

The deformation faces were made out of a stainless material with an alloy of refined components (phosphorus, etc.) in order to ensure elastic deformation without creeping effects all the way up to the limits of the proportions of the deformation material of the face (fig. 3 - 5).

The internal orifice of the load-bearing base of the cubed shape (fig. 2) milled out with other orifices for the deformation faces was used for locating the structure of the detectors and amplification components of the deformation detectors, including transmitting their supply and the signals of the deformation stress via the embedded load-bearing structure.



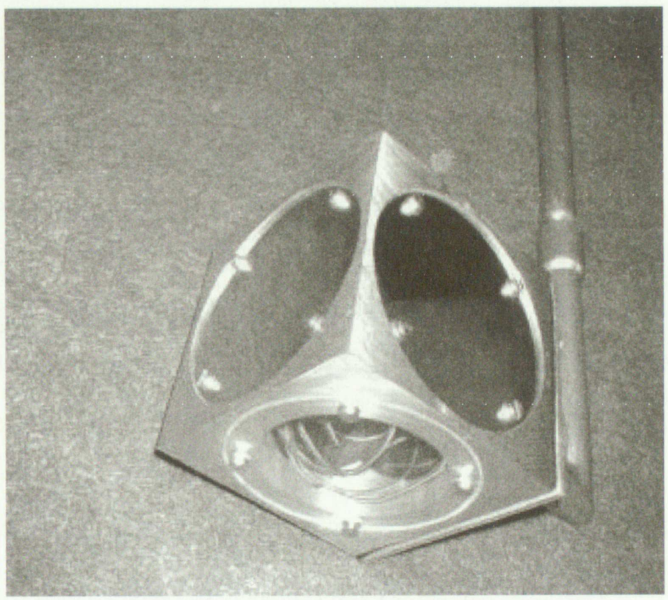
Obr. 5 Nosný základ krychlového tvaru se čtyřmi deformačními čely opatřenými detektory deformace (tenzometry) zapojenými do plného můstku. Zdroj: [8]
Fig.5. The load-bearing base of the cube with four deformation faces furnished with deformation detectors (tensometric sensors) connected to the full bridge. Source: [8]

3. ZÁVĚR

Navržený 3D snímač (obr. č. 6) včetně metodiky identifikace tlaků sypké hmoty pomocí vhodného SW dokáže řešit tokové problémy vyskytující se ve skladovacím zařízení v celé jeho šíři a navíc dokáže zaregistrovat veškeré okamžité jevy vyskytující se přímo ve sledovaném místě sypké hmoty.

3. CONCLUSION

The designed 3D indicator (Fig. 6), including the methods for identifying the pressure of bulk solids using the appropriate SW, is able to solve flow problems that occur within the entire scope of the storage equipment and, what's more, it can register all immediate occurrences directly in the space of the bulk solid being monitored.



Obr. 6 Sestava 3Dimenzionálního snímače pro sledování vlastností sypkých hmot. Zdroj: [8]
Fig.6. The 3Dimensional detector assembling for bulk solid observations. Source: [8]

Nezanedbatelná účast doktorandů, kteří byli vtaženi do celého problému řešení zařízení od samotné myšlenky až po realizaci vedla k vytvoření práceschopného týmu výkonných lidí, kteří z vlastní vůle měli ochotu se podílet na vývoji celého zařízení, navrhovat a zlepšovat řešení zařízení. Budoucnost celého vývojářského týmu bude záviset na podpoře dalších výzkumných úkolů v rámci Czech Science Foundation a jiných vědeckých nadací. Již dnes se jeví reálná šance pro doktorandy pracovat v rámci projektů CIPT-Centra informačních pokročilých technologií založených při VŠB-TU Ostrava.

The significant contribution of the doctoral candidates who were engaged in finding a solution for the equipment from its earliest conception until it was carried out led to the creation of an adept team of capable people who were willing to participate in the development of the equipment as a whole, and to design and improve the solution for the equipment. The future of this entire team of developers depends on the support of further research assignments within the scope of the Czech Science Foundation and other scientific foundations. Today there is a real chance for doctoral candidates to work within the scope of projects from CIPT – the Center for Information on Advanced Technologies – founded at VŠB-TU of Ostrava.

Literatúra / References

[1] Artur, J., R., F., Menzies, B., K., Inherent anisotropy in a sand, *Geotechnigue*, No. 22, 1972, FR, pp. 115-128.

[2] Bilik, J., Janik, I., Samolejova, A., Pustejovska, P., Application of Economic Models for Comparing Variants of Liquid metal Production made of Iron Ores, *METALURGIJA*, Vol. 3, No. 43, 2004, RU, pp. 234.

[3] Brozova, S., Bartusek, S., Buzek, Z., Possible ways of plasma heating for processing the metal-bearing oxidis wastes. *8th Conference on Environment and mineral processing*, VŠB-TU Ostrava, CZ, pp.107-109.

[4] Janssen, H., A., Versuche uber Getreidedruck in Silozellen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1895, DE, p. 1045-1049.

[5] Kozacka, J., *Thermodynamic analysis of energy conversion processes*, Wydzial Inzynierii Mechanicznej i Robotyki AGH, Krakow, 2002, PL.

[6] Rankine, W., J., M.: Manual of Civil Engineering. 5th edn, Griffin, TE. R. Gerstein Library, London , 1867.

[7] Trifunović, P., Miličić, N., Miličić, M.: Annex to the methodology for hoisting rope quality evaluation in the mining industry. Underground Mining Engineering N°13, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 2004, s. 125-131.

[8] Sliva, A., *Observing the state of stress in a bulk solid using a 3Dimensional (triaxial) indicator,* ES Ostrava: VŠB-TU Ostrava-Faculty of Mechanical Engineering, 2004

[9] Sliva, A., Zegzulka, J., Polak, J., New Method of a Silo Stress/Pressure Observation using the 3Dimensional Indicator, *iCEER 2004*, VŠB-Technical University of Ostrava, Olomouc 2004, CZ, pp.769-771.

Acknowledgements

This paper came about as part of post-doc. grant GACR 101/03/D039, project MSM 6198910016 and No. 9255023 granted by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

Reviewal / Recenzia: *prof. Miloš Grujić, D.Sc, grad.eng.*