



EQUIPMENT FOR IMPACT TESTING OF CONVEYOR BELTS

ZARIADENIA NA PRIERAZOVÉ SKÚŠKY DOPRAVNÝCH PÁSOV

*Daniela MARASOVÁ, Abdelqader I. Y. NAJAJREH,
Vieroslav MOLNÁR, Peter BINDZÁR, Gabriel FEDORKO*

*Faculty of Mining, Ecology, Process Control and Geotechnologies (F BERG)
Technical University (TU) of Košice, Slovakia*

1. INTRODUCTION

Impact resistance is one of the most important properties of conveyor belts. The puncture waste of conveyor belt causes consecutive destruction and thus incurred losses for belt's user. The manufacturers endeavor to produce and belt's users endeavor to buy the conveyor belts with maximum impact resistance. The equipment for impact testing of conveyor belts was constructed at the Technical University in Košice, (Department of Logistic and Production Systems). Its modification was carried out later for purpose of decreasing economical costs.

2. EQUIPMENT FOR IMPACT TESTING OF CONVEYOR BELTS

The equipment for impact testing of conveyor belts on the Fig.1 consists of two basic parts: a tower and a frame table.

2.1 THE TOWER

A transformer post creates the construction of the tower. On the place for gripping the transformer there is a lifting winch of the drop hammer, with loading capacity of 300 kg. The lifting winch together with fixed and free rollers create block-and-tackle. The drop hammer can be raised at the maximum height of 3,5 m. It is led in two vertical closed construction single-strand wire ropes. The weight of the ram is 50 kg and it can be alternated. We can get various values of shatter breakover energy by changing the weight of the drop hammer

1. ÚVOD

Jednou z najdôležitejších požiadaviek kladených na dopravné pásy, je ich odolnosť proti prírazom. Poškodzovanie dopravného pásu prírazmi viedie k jeho postupnému zničeniu a tým vznikajú používateľovi veľké ekonomicke straty. Preto je snahou výrobcov produkovať a zákazníkov kupovať dopravné pásy s čo najväčšou odolnosťou voči prírazom. Na základe požiadaviek výrobcu dopravných pásov, bolo na Katedre logistiky a výrobných systémov F BERG TU Košice zhodené skúšobné zariadenie na zistovanie odolnosti dopravných pásov proti prírazom. Neskôr bolo zariadenie modifikované vzhľadom na požiadavky na zníženie nákladov na skúšky a skúšobné vzorky.

2. SKÚŠOBNÉ ZARIADENIE

Skúšobné zariadenie na obr.1 sa skladá z dvoch základných častí : veže a stola.

2.1 VEŽA

Konštrukciu veže tvorí transformátorový stožiar. Na ploche určenej pre uloženie transformátora, je umiestnený zdvihací vrátko baranidla o nosnosti 300 kg. Vrátko spolu s pevnou a voľnou kladkou vytvárajú kladkostroj veže. Baranidlo môže byť zdvihané do maximálnej výšky 3,5 m. Je vedené v dvoch zvislých jednopramenných oceľových lanach uzavretej konštrukcie. Hmotnosť baranidla je 50 kg a môže sa meniť až do max. 500 kg. Zmena hmotnosti baranidla sa vykoná nakladaním alebo odoberaním prídavných závaží. Zmenou hmotnosti

and shatter height. The achieved values of the belt's resistance power for two types of conveyer belts $P\ 1000/4$ and $P\ 2000/4$ are presented in Table 1. These values was computed according to *equation 1*.

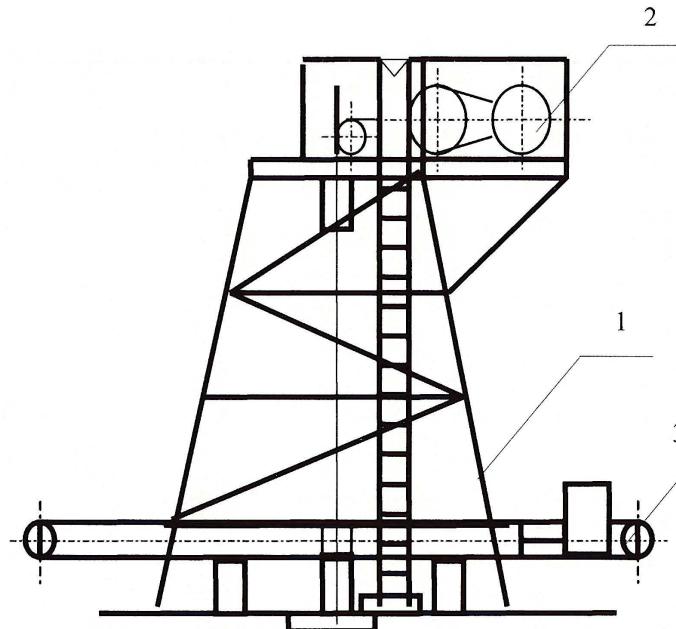
2.2 FRAME TABLE

The frame table is a combination of the belt conveyor from Jakl profiles and a strut-frame from U-sections. The frame table in conjunction with belt conveyor has maximum height of 750 mm from the base of the transformer tower.

Table 1: Average values of resistance power

Tabuľka 1: Priemerné hodnoty odporových sôl pre rôzne typy pásov

Weight of the ram	Shatter height [m]									
	0,28 m		0,78 m		1,28 m		1,78 m		2,28 m	
	P 1000/4	P 2000/4	P 1000/4	P 2000/4	P 1000/4	P 2000/4	P 1000/4	P 2000/4	P 1000/4	P 2000/4
50 kg	2118	2349	3592	3822	4605	5296	5848	6999	-	-
60 kg	3666	4384	7000	8125	8755	10 153	11 190	15 377	20 511	27 630
90 kg	-	5360	-	10 231	-	14 757	-	17 257	-	18 539
100kg	-	-	-	-	-	15 418	-	18 426	-	20 509



*Figure 1 Side-view of the previous frame of the testing equipment
1 - tower, 2 - lifting winch of the drop hammer, 3 - belt conveyor*

*Obrázok 1 Bočný pohľad na pôvodnú konštrukciu skúšobného zariadenia
1 - veža (stožiar), 2 - zdvívací vrátko baranidla, 3 - pásový dopravník*

baranidla a pádovej výšky docielime rôzne hodnoty pádovej prierazovej energie. Podľa *vzťahu 1* sú v *tabuľke 1* uvedené dosiahnuté hodnoty odporových sôl pre 2 typy dopravných pásov $P\ 1000/4$ a $P\ 2000/4$.

2.2 STÔL

Konštrukcia stola je kombináciou pásového dopravníka z jaklových profilov a prútovéj konštrukcie vlastného stola z U - profilov. Stôl spolu s dopravníkom má maximálnu výšku 750 mm od spodnej základne veže.

Parameters of belt conveyor, which is a component of the equipment for impact testing of conveyor belts:

- length of belt conveyor	$l = 4 \text{ m}$,
- width of belt conveyor	$s = 0,63 \text{ m}$,
- width of belt	$b = 0,4 \text{ m}$,
- speed of the belt	$v = 0,22 \text{ m.s}^{-1}$.

Disadvantage of the described equipment is the length of testing conveyor belt – 10 m. Consequently, economic costs of the impact tests are very high. Handling with conveyor belt and its setting-on is rather difficult. The puncture of the conveyor belt results in its cutting and that's why it is not usable for testing purposes any more and the exchange of the test sample is necessary.

The producers require construction changes of testing equipment so that the size of the test sample was minimized and at the same time the testing possibilities of the equipment were maintained.

3. MODIFICATION OF EQUIPMENT

New proposal of the equipment construction comes out from maintaining the authentic tower with lifting winch and drop hammer. Conveyor belt (10 m) which is needed for the tests on the initial equipment design is replaced by testing sample of the length 1 m and the width is given by the type of the conveyor belt through maximum width 630 mm. This one affords saving of testing material and decrease of economic costs.

The initial design of the equipment table, consisting of belt conveyor is replaced by a new design of smaller dimensions, by Fig. 2.

New design of the equipment table is projected so as to retain the straight centric shock safely and to provide the same possibilities as the previous version. The shock itself rises from the impact of the drop hammer at the testing sample. The testing sample is gripped in unmovable jaws with 10 screws which are fixed at the equipment table. The fixed jaw is designed so that the testing sample could be positioned in radial direction in respect of the width of the testing conveyor belt. The whole fixed jaw is consequently gripped with screws together with the testing sample (Fig. 3).

Testing sample is gripped in the sliding jaw after gripping by fixed jaw. The sliding jaw allows straining of the testing conveyor belt sample along its length by the straining screw (Fig. 4). The sliding jaw can be moved in radial direction in respect of the width of the testing conveyor belt as well as fixed jaw.

Parametre pásového dopravníka, ktorý je súčasťou skúšobného stendu:

- dĺžka pásového dopravníka	$l = 4 \text{ m}$,
- šírka pásového dopravníka	$s = 0,63 \text{ m}$,
- šírka pásu	$b = 0,4 \text{ m}$,
- rýchlosť pásu	$v = 0,22 \text{ m.s}^{-1}$.

Nevýhodou opísaného zariadenia je, že skúšaný dopravný pás je dlhý 10 m. V dôsledku toho sú ekonomicke náklady na prierazové skúšky vysoké. Manipulácia s dopravným pásmom a jeho nasadzovanie sú náročné. Pri prieraze dopravného pásu dochádza k jeho prerezaniu, znemožneniu ďalších skúšok a tým k nutnosti výmeny skúšobnej vzorky.

Preto bola výrobcom dopravných pásov daná požiadavka na zmenu konštrukcie skúšobného zariadenia tak, aby veľkosť skúšobnej vzorky bola minimálna, pri zachovaní rovnakých možností skúšania ako pri pôvodnej konštrukcii.

3. MODIFIKÁCIA SKÚŠOBNÉHO ZARIADENIA

Návrh novej konštrukcie skúšobného zariadenia vychádza zo zachovania pôvodnej veže so zdvíhacím vrátkom a baranidlom. Dopravný pás (10m) potrebný pre skúšky na starej konštrukcii zariadenia je nahradený skúšobnou vzorkou dĺžky 1 m a šírky podľa typu dopravného pásu avšak maximálne do šírky 630 mm, čo prináša úsporu skúšobného materiálu a zníženie finančných nákladov.

Pôvodná konštrukcia stola, tvorená pásovým dopravníkom je nahradená novou konštrukciou s menšími rozmermi podľa obr. 2.

Nová konštrukcia je navrhnutá tak, aby bezpečne zachytávala priamy centrický ráz, ktorý vzniká dopadom baranidla na skúšobnú vzorku a aby poskytovala rovnaké možnosti ako predchádzajúci variant. Vzorka sa najprv upína zovretím do pevnej čel'uste 10 skrutkami upevnenými na stole zariadenia. Pevná čel'ust' je navrhnutá tak, aby umožňovala polohovanie vzorky v radiálnom smere vzhľadom k šírke skúšaného dopravného pásu. Celá čel'ust' sa následne aj so skúšobnou vzorkou upevní pomocou skrutiek podľa obr. 3.

Po zovretí do pevnej čel'uste sa vzorka upevní do pohyblivej čel'uste. Pohyblivá čel'ust' umožňuje napínanie skúšobnej vzorky dopravného pásu v smere jeho dĺžky pomocou napínacej skrutky podľa obr. 4. Podobne ako pevná čel'ust' aj pohyblivá čel'ust' umožňuje pohyb v radiálnom smere.

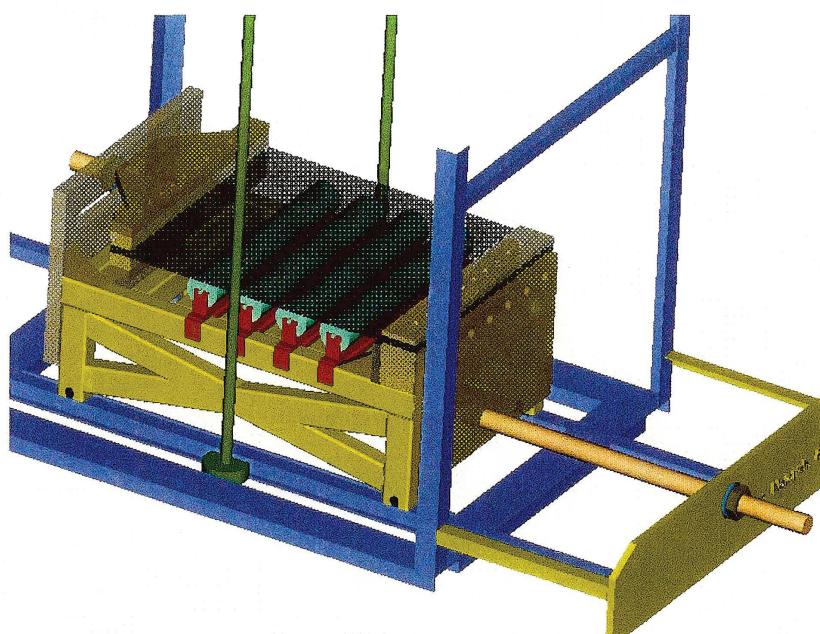


Figure 2 A new design of the equipment table
Obrázok 2 Nová konštrukcia stola zariadenia

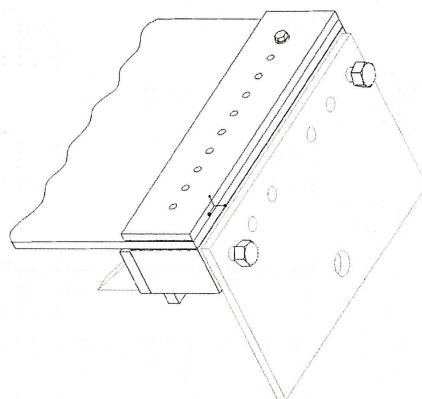


Figure 3 Fixed jaw
Obázok 3 Pevná čelust'

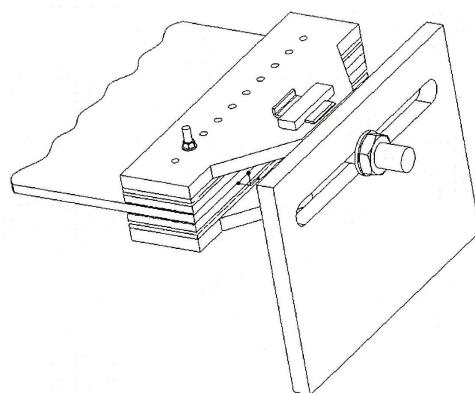


Figure 4 Fixturing of the testing belt sample in the sliding jaw
Obrázok 4 Upnutie skúšobnej vzorky pásu v pohyblivej čelusti

Required strain force is achieved by straining screw in the testing conveyor belt sample. The equipment table is embedded in the rails. Positioning of the testing conveyor belt sample in axial direction is designed by moving the equipment table in the rails.

4. THE PROCESS OF MEASURING

The value of belt's resistance power is determined by formula:

$$F = m \cdot a \quad [N] \quad (1)$$

where: m – weight of the falling ram [kg]

a – deceleration value as a result of tup impact to the belt compared with acceleration value before the tup reaches the belt [$m \cdot s^{-2}$].

The weight is known, it is given by the drop hammer weight and the additional weights, which are fixed on the drop hammer. It is possible to achieve the maximum weight of 500 kg in such a way.

The deceleration a is defined by acceleration sensor. Output signal from the sensor is voltage U [V] which responds to existing deceleration.

Output signal from the sensor is led through the amplifier into the computer and it is processed by the application program Pascal. Obtained values are processed in application processor Excel thereafter. It's possible to locate maximum acceleration value at the moment of the weight fall on the conveyor belt (Fig. 5).

Pomocou napínacej skrutky sa dosahuje skúšobnej vzorke požadovaná napínacia sila.
Nastavovanie vzorky v axiálnom smere je riešené posúvaním stola po koľajniciach, na ktorých je stôl uložený.

4. PRIEBEH MERANIA

Veľkosť odporovej sily dopravného pásu určíme na základe vzorca:

kde: m – hmotnosť dopadajúceho baranidla [kg]
 a – spomalenie baranidla v dôsledku jeho dopadu na dopravný pás vzťahované k hodnote zrýchlenia baranidla pred dopadom [$m \cdot s^{-2}$].
 Hmotnosť poznáme, je daná hmotnosťou samotného baranidla a hmotnosťou prídavných závaží, ktoré sa na baranidlo umiestňujú. Takto je možné dosiahnuť maximálnu hmotnosť až 500 kg.
 Spomalenie a určíme pomocou snímača zrýchlenia. Výstupom z tohto snímača je napätie u [V], ktoré zodpovedá danému spomaleniu.

Výstup zo snímača sa ďalej viedie cez zosilňovač do počítača, kde sa spracováva programom, vytvorenom v jazyku Pascal. Následne sa tieto hodnoty spracovávajú v programe Excel, kde je možné presne určiť maximálne zrýchlenie v okamihu dopadu bremena na dopravný pás (obr. 5).

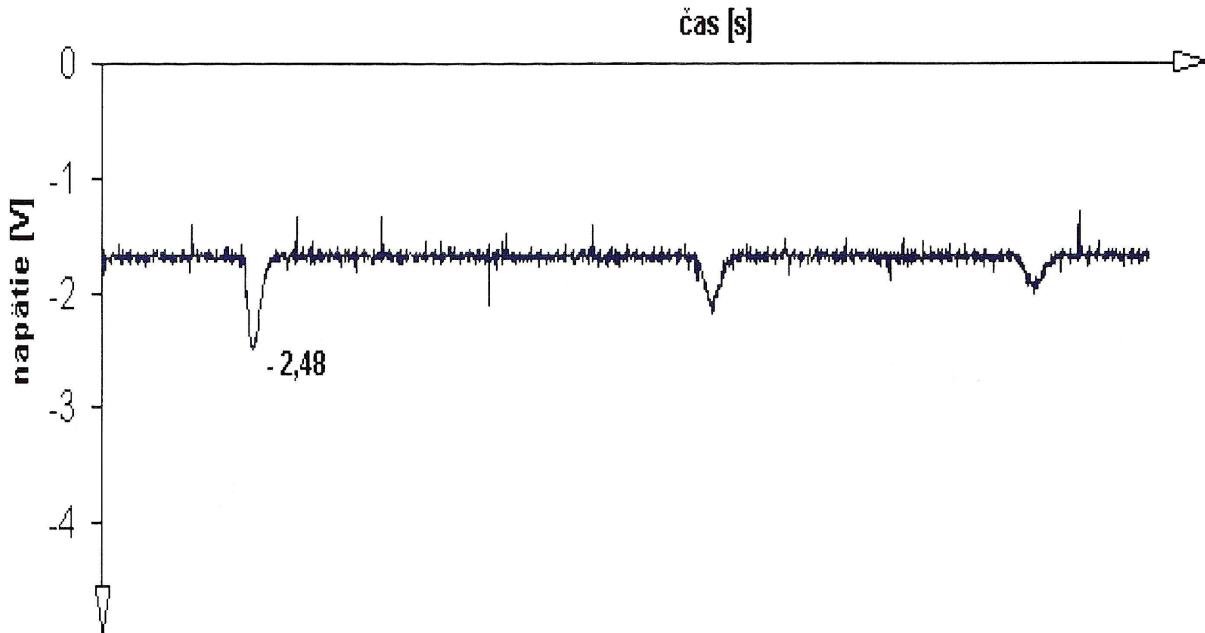


Figure 5 The flow of the impact power for the belt P 1000/4, belt in standstill, shatter height 1 meter

Obázok. 5 Priebeh rázovej sily pre pás P 1000/4, pás v klúde, výška dopadu 1m

As the output signal from sensor is voltage U [V] corresponding to specific deceleration a [m.s^{-2}], it is necessary to define conversion constant to conversion values U [V] at a [m.s^{-2}], as follows:

$$a = \frac{U}{c} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (2)$$

where U – measured voltage [V]

c – sensor sensitivity [V.g^{-1}],

where $1g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$, sensor sensitivity c declared by the manufacturer and in our case it has the value of 0,0002325 [V/g], we will get :

$$a = \frac{U \cdot g}{0,0002325} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (3)$$

The formula (3) would be valid in case, that output signal from sensor would not be amplified. In our case it is not true. We must consider amplifying, which has the value in this case 458. The formula (3) obtains the form now:

$$a = \frac{U \cdot g}{0,0002325} \cdot \frac{1}{z} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (4)$$

where z is the value of amplification

For the value of resistance power we can write :

$$F = m \cdot k_a \cdot U \quad [\text{N}] \quad (5)$$

where: m – weight of the falling ram [kg]

k_a – conversion constant [$\text{m/s}^2\text{V}$],

u – measured voltage [V],

whereas conversion constant k_a :

$$k_a = \frac{g}{0,0002325 \cdot 458} = 92,1 \quad [\text{m.s}^{-2}/\text{V}] \quad (6)$$

As seen from the formula (6), constant k_a depends on sensor sensitivity c and value of amplified signal.

7. DESCRIPTION OF MEASURING SYSTEM

Measuring system is connected by scheme on the Fig. 6. Acceleration sensor, which is built-in on the drop hammer is scanning the acceleration-deceleration process at the moment of the impact at the conveyor belt.

Output signal from the acceleration sensor is adapted and amplified in the amplifier unit so that optimum measure range of A/D converter could be utilized, which is a component part of the multifunctional card MF 604. This card is built-in PC. Acceleration sensor data acquisition is

Ked'že výstupom zo snímača je napätie U [V], zodpovedajúce určitému spomalaniu a [m.s^{-2}], je potrebné určiť prevodovú konštantu na prevod hodnôt U [V] na a [m.s^{-2}], a to nasledovným spôsobom:

$$[\text{m.s}^{-2}] \quad (2)$$

kde U – namerané napätie [V].

c – citlivosť snímača [V.g^{-1}],

pričom $1g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$, citlivosť snímača c udávaná výrobcom a v našom prípade má hodnotu 0,0002325 [V/g], dostaneme teda:

$$[\text{m.s}^{-2}] \quad (3)$$

Vzorec (3) by platil v prípade, že signál zo snímača sa nezosilňoval, čo však v našom prípade neplatí. Musíme teda uvažovať aj zo zosilnením, ktoré má v tomto prípade hodnotu 458. Výraz (3) potom nadobudne tvar:

kde z je hodnota zosilnenia.
Pre veľkosť odporovej sily môžeme tiež písat:

$$F = m \cdot k_a \cdot U \quad [\text{N}] \quad (5)$$

kde: m – hmotnosť dopadajúceho baranidla [kg],

k_a – prevodová konštantă [$\text{m/s}^2\text{V}$],

u – namerané napätie [V],

pričom prevodová konštantă k_a :

Ako vidíme zo vzorca (6), konštantă k_a závisí od citlivosti snímača c a veľkosti zosilnenia signálu.

7. POPIS MERACIEHO SYSTÉMU

Merací systém je zapojený podľa schémy na obr. 6. Snímač zrýchlenia ktorý je zabudovaný na baranidle sníma priebeh zrýchlenia/spomalenia počas nárazu na dopravný pás.

Výstupný signál zo snímača zrýchlenia je ďalej upravený a zosilnený v bloku zosilňovača tak, aby bol optimálne využitý merací rozsah A/D prevodníka, ktorý je súčasťou multifunkčnej karty MF 604. Táto karta je zabudovaná v počítači triedy PC. Zber údajov zo snímača zrýchlenia je riadený programom, špeciálne vytvoreným pre tento účel

controlled by the program, especially created for this purpose in program language *Pascal*.

Measuring process is as follows:

1. Starting the program in *MEASURING mode*. This mode runs 15 s.
2. Activation of the ram. This activation must be realized in *MEASURING mode*.
3. Displaying of impact process. The program is automatically transferred in this mode when *MEASURING mode* is over or after a period of 15 s, the whole 15 s is recorded with the resolution of 1 ms. This record is automatically saved on the PC hard disk under the name given in advance.

v programovacom jazyku *Pascal*.

Merací proces je nasledovný:

1. Spustenie programu do režimu *MERANIE*. Tento režim trvá 15 s.
2. Spustenie baranidla. Toto spustenie sa musí vykonať počas režimu *MERANIE*.
3. Zobrazenie priebehu nárazu. Do tohto režimu prejde program automaticky po skončení režimu *MERANIE*, resp. po uplynutí doby 15 s, pritom je zaznamenaných celých 15 s s rozlíšením 1 ms. Tento záznam je tiež automaticky uložený na pevný disk počítača pod vopred určeným názvom.

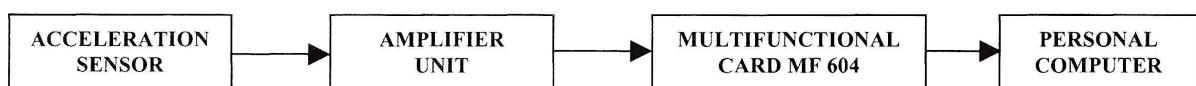


Figure 6 Diagram of the measuring system
Obrázok 6 Schématické znázornenie meracieho systému

Besides impact force, tension force has been measured in the belt using tensometric sensors connected at strain-gauge bridge. The signal from tensometers has been processed by tensometric equipment *M 1000*.

Test condition.

The following parameters have been changed during the test.

- shatter height
- type of conveyor belt

Shatter height is increased gradually about 0,5 m, in the range 0,28 – 2,28 m. The height of the falling drop hammer *h*, together with weight *m* affect the shatter energy value by formula (7).

$$E_k = m \cdot g \cdot h \quad [J] \quad (7)$$

where *g* – gravitational constant [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$].

Conveyor belt type. Conveyor belts type *P 2000/4* and *P 1000/4* were used in the measurements. They are cartridge-four conveyor belts which differ in its strength. A stronger belt *P 2000/4* was used because of safety for higher values of shatter breakover energy, where the weight of the drop hammer is 90 and 100 kg.

8. CONCLUSION

The subsequent analysis of data measured on the designed prototype demonstrates how equipment modification responds to premises and whether it

Okrem merania nárazovej sily bola sledovaná aj ľahová sila v páse, pomocou tenzometrických snímačov zapojených do plného mostíka. Signál z tenzometrov bol spracovávaný prostredníctvom tenzometrickej aparátury *M 1000*

Podmienky skúšky

Počas skúšky sa menili tieto parametre:

- výška dopadu
- typ dopravného pásu

Výška dopadu sa postupne zvyšuje o 0,5 m a to v rozsahu 0,28 - 2,28 m. Výška dopadajúceho baranidla *h*, spolu s hmotnosťou *m*, ovplyvňuje veľkosť dopadovej energie podľa vzorca (7).

$$\text{where } g - \text{zemské tiažové zrýchlenie } [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}].$$

Typ dopravného pásu. Pre účely merania boli použité dopravné pásy typu *P 2000/4* a *P 1000/4*. V obidvoch prípadoch ide o štvorvložkové dopravné pásy, ktoré sa líšia iba svojou pevnosťou. Pre vyššie hodnoty dopadovej energie, kde hmotnosť baranidla je 90 a 100 kg, sa z bezpečnostných dôvodov použil už len silnejší pás *P 2000/4*.

8. ZÁVER

Až následný rozbor nameraných hodnôt na zhotovenom prototype ukáže, do akej miery navrhovaná modifikácia skúšobného zariadenia

decreases high input costs on the samples of conveyor belts.

This article is a part of the grant project No.1/8074/0199 – Designing and Simulation of Ecologic Transport Systems and Components of Transport Equipment.

zodpovedá navrhovaným predpokladom a zníži predpokladané vysoké vstupné náklady na skúšobné vzorky dopravných pásov.

Tento článok je časťou riešenia grantového projektu č.1/8074/0199 – Projektovanie a simulácia ekologickejch dopravných systémov a prvkov dopravných zariadení.

REFERENCES / LITERATÚRA

- [1] Hořejší, J. a kol.: *Statické tabulky*, SNTL Praha, 1987.
- [2] Fiala, J. a kol.: *Strojnicke tabulky*, SNTL Praha, 1988.
- [3] Štroffek, E., Boroška, J., Pinka, J. Marasová, D : *Dopravné pásy v priemysle*, vydavateľstvo Štroffek, 1995, ISBN 80 –967325 – 0 –1
- [4] Štroffek, E., Boroška, J., Pinka, J., Hiklová, J., Marasová, D., Mikulica, P., Mikušek, F.: *Dopravné pásy v priemysle*. Monografia, Vydavateľstvo Štroffek, Košice, 1995, s.202
- [5] ISO 5048 - *Pásové dopravníky. Základy výpočtu*.
- [6] Bittnar, Z.,- Šejnoha, J.: *Metoda konečných prvkov I*, ČVUT, Praha, 1991
- [7] Caban, S.,- Chlebová, Z.,- Friedrich, L.: *Mechanika III*, ES VŠT, Košice, 1985
- [8] Floreková, Ľ.: *Matematické modelovanie*, ALFA, Bratislava, 1988
- [9] Janča, J.: *Dúlní doprava*, SNTL, Praha, 1973
- [10] Jasaň, V.: *Teória a stavba dopravníkov*, ALFA, Bratislava, 1984
- [11] Janalík, J.: *Potrubní hydraulická a pneumatická doprava*, SNTL, Ostrava, 1984
- [12] Jasaň, V.,- Košábek, J.,- Szuttor, N.: *Teória dopravných a manipulačných zariadení*, ALFA, Bratislava, 1989

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