

## Seizmická aparátúra UVS 1504, jej možnosti a využitie

Blažej Pandula<sup>1</sup>, Ondrej Dojčár<sup>1</sup> a Igor Leško<sup>2</sup>

### Seismic Device UVS 1504, possibilities of its Utilization

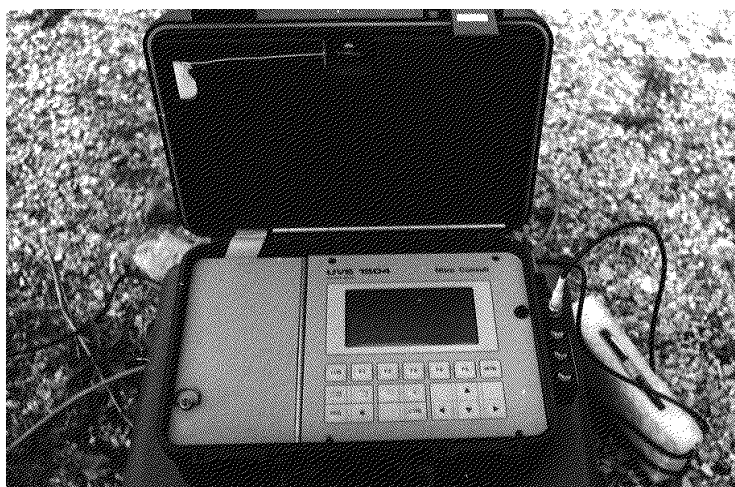
Department of Mining and Geotechnics for many years deals with questions of the technical seismicity. In the paper are given possibilities of utilizing the UVS 1504 device and results obtained from the measurement of seismic effects of blasting as well as others sources of bursts. The measurements showed that this device enables to measure parameters and to evaluate measured data quickly, reliably, and with a very high precision. The device enables evaluating individual time degrees of blasts, determining the law of attenuation of the seismic waves, and precise determination of the maximum charge permissible for further advance of the blasting in given conditions.

**Key words:** technical seismicity, particle velocity, analysis of seismic signal, acceleration, seismic monitoring, law of attenuation, power spectral density

### Úvod

Katedra dobývania ložísk a geotechniky sa už mnoho rokov zaoberá otázkami technickej seizmicity. Donedávna sa používali seizmické aparátúry s oscilografickým záznamom na registračný papier alebo film, s následným ručným spracovaním a vyhodnocovaním. V poslednej dobe sa používa seizmograf UVS 1504, ktorý patrí vo svojej kategórii k najmodernejším. Jeho použitie ukázalo, že merania týmto prístrojom sú rýchle, presné, autonómne a nezávislé na operátorovi.

Seizmograf UVS 1504 patrí k najnovšej generácii seizmických aparátúr, ktoré vyvinula firma Nitro Consult pre meranie vibrácií v horninových prostrediach a rázových zvukových vln, generovaných technickou činnosťou, do ktorej patria i trhacie práce. Seizmograf charakterizuje jednoduchá obsluha, malá hmotnosť, elektronické kalibrovanie a veľká presnosť merania. Štvorkanálový digitálny seizmograf je prispôsobený na automatický záznam zvoleného parametra. Zabudovaný LCD displej poskytuje informácie o meranej zložke rýchlosti kmitania, zrýchlenia, amplitúde a frekvencii seizmického a zvukového vlnenia po trhacích prácach alebo z iného zdroja pružného vlnenia (obr.1).



Obr.1. Seizmograf UVS 1504.

<sup>1</sup> Katedra dobývania ložísk a geotechniky, F BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 19

<sup>2</sup> Katedra riadenia výrobných procesov, F BERG Technickej univerzity, 040 01 Košice, ul. Boženy Němcovej 3  
(Recenzenti: RNDr. Pavel Kalenda, CSc. a Doc. Ing. Vladimír Sedlák, CSc. Revidovaná verzia doručená 26.11.1996)

Štandardná pamäť (Nitro Consult, 1992):

- zahŕňa** - plný vlnový obraz záznamu so stlačenou pamäťovou registráciou,  
**má** - 512 kbyte - kapacitu vnútornej pamäti,  
 - 2 048 kbyte - kapacitu vonkajšej pamäti,  
 - AD prevodník s automatickým 14 bitovým dynamickým rozsahom, ktorý zodpovedá 0,05-250 mm/s a 0,5-1500 Pa,  
 - frekvenčný rozsah 4 - 1000 Hz,  
 - nízkofrekvenčný filter 0 - 80/315 Hz (-3dB),  
 - automatický test kanálov a kalibráciu snímačov,  
**realizuje** - nepretržitý záznam dvoma paralelnými spôsobmi:
  - maximálne hodnoty v dvojminútových intervaloch/30 dní
  - maximálne hodnoty v dvojsekundových intervaloch/8 hodín,
 - záznam celého vlnového priebehu udalosti a uloženie do pamäti prehľadným katalógovým spôsobom,  
 - automatickú registráciu údajov na diskovej jednotke UVS 3600,  
**má** - RS-232 interfejs pre vonkajšiu komunikáciu s počítačom, tlačiarňou a diskovou jednotkou,  
 - presné meranie reálneho času - 1 min./mesiac,  
 - teplotný rozsah merania -20 - + 60 °C,  
 - napájanie - dobývateľná batéria (6 V, 10 Ah),  
 - adaptér 220/10,5 V,  
 - rozmery 380 x 270 x 155 mm,  
 - hmotnosť 8,5 kg s batériou a snímačmi.

Rozšírená pamäť umožňuje, analýzu kvality vlnového obrazu, zaznamenaného pre ďalšie spracovanie na počítači.

LCD displej zobrazuje funkcie: CATALOG, GRAPH, TABLE, BAR, Q-BAR, SETUP, INFO a OUTPUT. Niektoré z nich sú uvedené podrobnejšie:

*Funkcia Graph*, okrem iného umožňuje zviditeľniť vlnový obraz na LCD displeji, namerané maximálne hodnoty rýchlosti kmitania, zrýchlenia, výchylky a frekvencie pre štyri kanály, grafický priebeh seizmického signálu, test seizmometrov (výsledok automatického testu pripojených seizmometrov, vykonaného pred každým meraním) a iné parametre (obr. 7).

*Funkcia TABLE* prezentuje maximálne hodnoty zo všetkých štyroch kanálov v dvojminútových intervaloch, súbežne registrované vo funkcii GRAPH. Kapacita pamätí je 32 dní nepretržitého merania. Najstaršia informácia je nahradzovaná najnovšou (obr. 2).

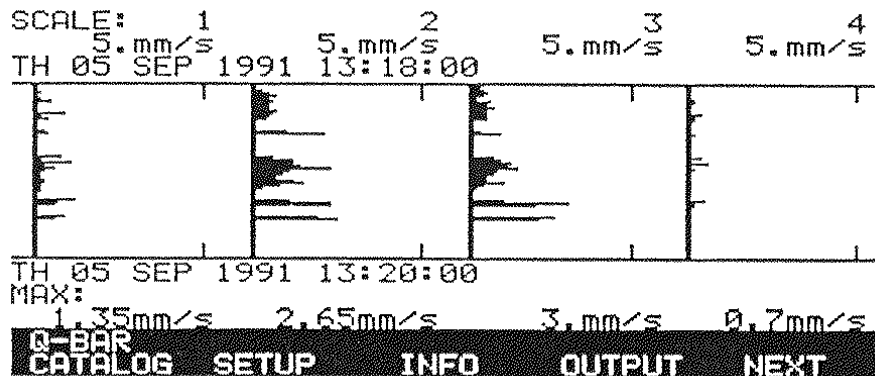
		1	2	3	4
		mm/s	mm/s	mm/s	mm/s
TH	05:05:EP	13:11	1.45	1.85	0.25
TH	05:05:EP	13:13	1.35	2.05	0.6
TH	05:05:EP	13:15	2.25	2.55	1.1
TH	05:05:EP	13:17	11.55	3.45	1.65
TH	05:05:EP	13:19	1.35	3.35	0.7
TH	05:05:EP	13:21	1.15	1.45	0.55
TH	05:05:EP	13:23	0.95	1.45	0.55
TH	05:05:EP	13:25	1.25	2.15	0.55
TH	05:05:EP	13:27	0.35	1.2	0.25
TH	05:05:EP	13:27	STOP		

THRESHOLD: 0. 0. 0. 0.

TABLE CATALOG SETUP INFO OUTPUT NEXT

Obr. 2. Namerané údaje vo funkcii TABLE.

Funkcia Q-BAR poskytuje histogramy hodnôt v dvojsekundových intervaloch a v dvojminútových časových úsekoch (obr. 3), pričom registrácia prebieha súbežne s registráciou maximálnych hodnôt vo funkcii TABLE.

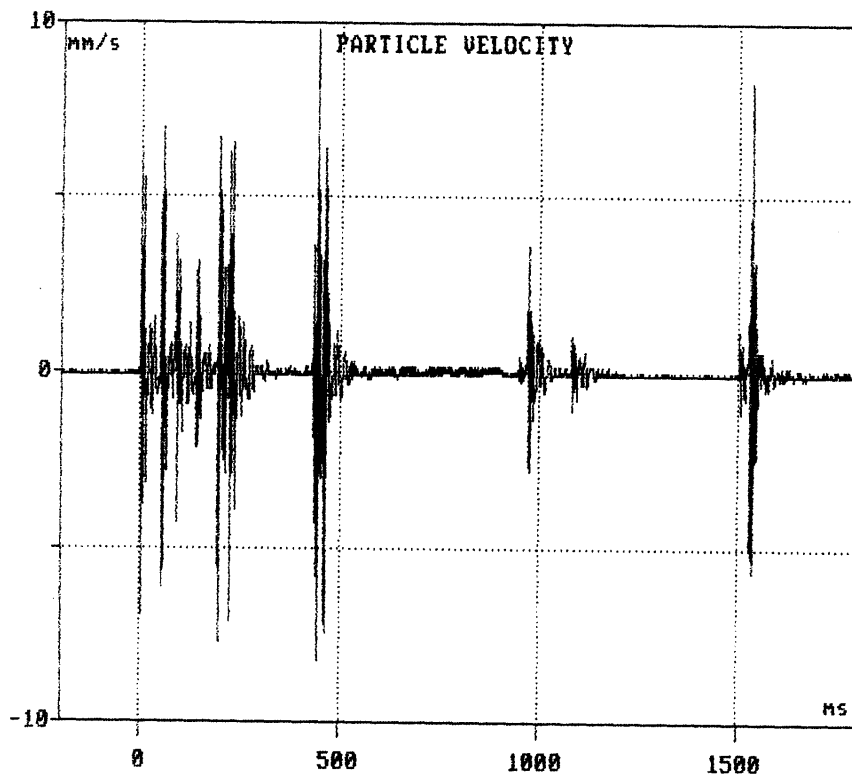


Obr. 3. Priebežné hodnoty merania vo funkcii Q - BAR.

Funkcia *SETUP* umožňuje programovať meranie: zaradiť frekvenčné filtre, regulovať merací rozsah podľa citlivosti snímačov, nastaviť spúšťačiu úroveň pre každý kanál samostatne v rozsahu 0,4 až 200 mm/s, nastaviť dĺžku registrácie v rozsahu 1, 2, 4, 8 a 16 s.

Funkcia *OUTPUT* poskytuje možnosť zaznamenané údaje vytlačiť na tlačiarňu, uložiť ich na disketu alebo preniesť do počítača na ďalšie spracovanie.

UVS 1504 S/N: 210  
 Event#: 030 Date: Th 10 Dec 1992 Time: 19:32:58  
 Channel 1  
 Channel Max: 9.747 after 441.5 ms  
 Monitor Location : DOBSINA  
 Project : Prof. Ing. O. Dojcar, CSc.  
 Operator : RNDr. B. Pandula, J. Šaranik



Obr. 4. Analýza seizmického signálu programom UVX - vyhodnotenie rýchlosti kmitania vybudeného kontrolným odstreloom - ČVO Dobšiná.

Súčasťou seizmografu je trojzložkový UVS GEOFÓN a UVS Mikrofón.

UVS GEOFÓN je špeciálny elektrodynamický snímač s vyrovnanou frekvenčnou charakteristikou, s technickými parametrami:

- citlivosť 20 mV/mm/s
- frekvenčný rozsah 4 - 1000 Hz
- dynamický rozsah +/- 2 mm výchylka
- rezonančná frekvencia 4,5 Hz, +/- 0,5 Hz
- rozmery snímača 35 x 76 mm
- hmotnosť 725 g

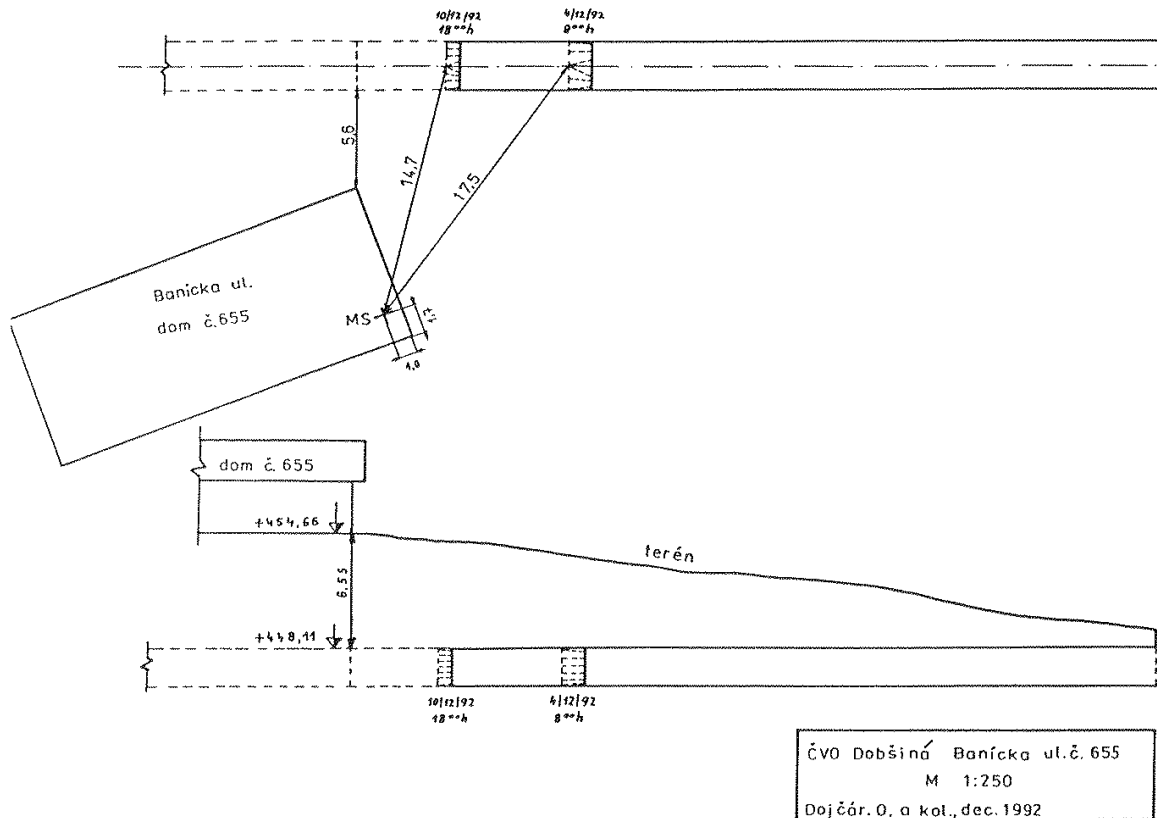
UVS SHOCK-WAVE MICROPHONE je špeciálny mikrofón pre meranie rázových vzdušných vln s technickými parametrami:

- citlivosť 2 mV/Pa
- frekvenčný rozsah 3 - 8000 Hz
- dynamický rozsah 1500 Pa
- vstupná impedancia 600 Ohm
- rozmery 15 x 125 mm
- hmotnosť 90 g.

Súčasťou aparatúry je aj programové vybavenie, ktoré umožňuje namerané údaje spracovať na počítači. Program UVX, verzia 1.0, poskytuje podrobnú analýzu seizmického signálu vo všetkých kanáloch. Analýza signálu umožňuje seizmický signál filtrovať pomocou vysokofrekvenčných aj nízkofrekvenčných filtrov (obr. 4), integrovať a derivovať seizmický signál, nájsť pomocou metódy najmenších štvorcov efektívne hodnoty a pomocou rýchlej Fourierovej transformácie stanoviť frekvenčné spektrum seizmického signálu (Dojčár et al., 1995).

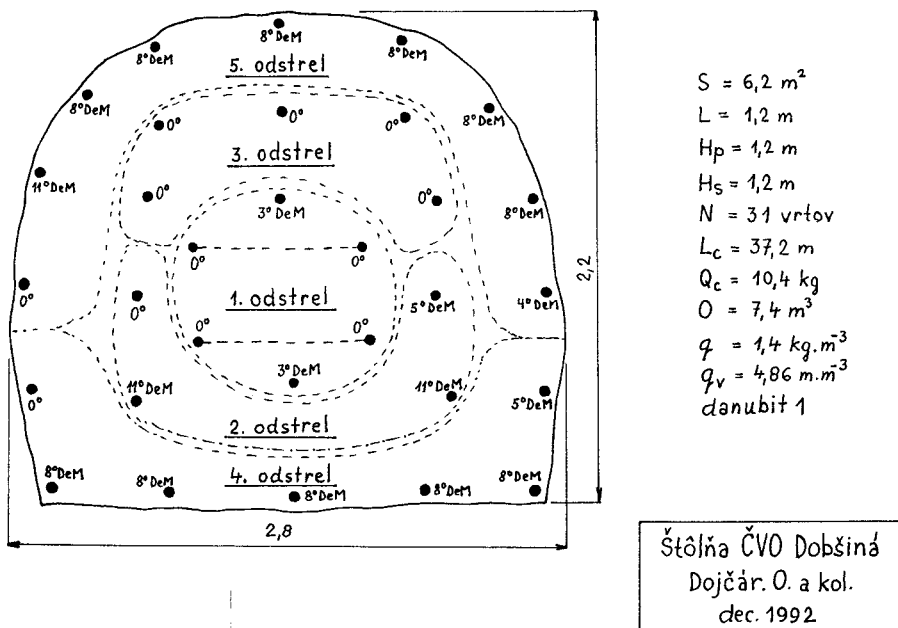
#### **Príklad použitia seizmografu UVS 1504**

V príklade stručne uvedené riešenie konkrétneho prípadu stanovenia seizmickej bezpečnosti pri razení štôlne ČVO v Dobšinej (Dojčár et al., 1992). Bolo potrebné chrániť rodinný dom na Baníckej ulici č.655 v Dobšinej, ktorý sa nachádzal v kritickom mieste v najkratšej vzdialenosti 8,6 m od štôlne, ako to znázorňuje obr. 5. Úloha znela: *Na základe konkrétnych meraní rýchlosti kmitania stanoviť maximálnu dovolenú nálož na časový stupeň.*



Obr. 5. Situačná a výškopisná situácia zdroja otrasov (štôlna ČVO) a receptora otrasov (dom Banická ul. č. 655).

Približne horizontálne banské dielo o rozmeroch 2,8 x 2,2 m bolo razené v porušených permských jemnozrnných zlepencoch použitím trhaviny Danubit 1, 28 mm/200 g, elektrických rozbušiek DeM-Sicca, DeM-S a DeP-S. Skupiny vrťov v čelbe boli postupne nabíjané a odpalované



Obr. 6. Vítacia a časovacia schéma overovacieho odstreľu - ČVO Dobšiná.

tak, že v jednom postupe na cyklus bolo realizovaných 5 samostatných odstrelov. To umožnilo pomerne rýchlo získať potrebný väčší počet údajov pre následné matematicko-štatistické spracovanie seizmických účinkov. Seizmické účinky boli registrované dvomi geofónmi, ktoré registrovali 2 horizontálne a 2 vertikálne zložky rýchlosti kmitania "v". Ďalej bol realizovaný kontrolný odstrel (obr. 6). Seizmogram tohoto odstrelu (funkcia GRAPH) v tvare  $v = f(t)$  je na obr. 7. Na základe nameraných rýchlostí kmitania bol stanovený zákon útlmu seizmických vln pre danú oblasť v tvare:

$$v = f(L_R) = f(L/Q\check{c}),$$

( $L_R$  - redukovaná vzdialenosť [ $m \text{ kg}^{-0,5}$ ],  $L$  - vzdialenosť zdroja od receptora [ $m$ ],  $Q\check{c}$  - nálož na časový stupeň [ $kg$ ]), (obr. 8).

Zákon útlmu na obr. 8 má tvar priamky, vedenej maximálnymi hraničnými hodnotami rýchlosti kmitania  $v_{hr}$ , resp. ako stredná hodnota maximálnych hodnôt rýchlosti kmitania zložiek:  $v_{str}$ . Toto riešenie umožňuje rýchle a s vysokou presnosťou stanoviť dovolenú nálož na časový stupeň  $Q\check{c}$  pre každú vzdialenosť zdroja od receptora (Dojčár, 1985). Spracovanie nameraných výsledkov bolo uskutočnené programom LeSeiz, vypracovanom na katedre riadenia výrobných procesov FBERG (Leššo, 1996). Program automaticky vypočíta regresný model zákona útlmu seizmických vln. Hodnoty meraní a príslušný regresný model sú zobrazované súčasne v logaritmických ale aj dĺžkových súradniciach.

Pre kritickú maximálnu vzdialenosť zdroja od receptora  $L_{min} = 8,6 \text{ m}$ , t.j. pre raziť štôlne v úseku medzi 40 až 50 m dĺžky a pre maximálnu hodnotu dovolenej rýchlosti kmitania  $v_d = 10 \text{ mm/s}$ , boli prijaté tieto odporúčania: dĺžka vrtov 0,6 m, počet vrtov v čelbe 38 - 40 (inak 31 vrtov), maximálna nálož na časový stupeň  $Q\check{c} = 0,2 \text{ kg}$ , kombinácia rozbušiek DeM, DeD, DeP (tej istej odolnosti), čo umožňuje súčasný odpal všetkých náloží v čelbe.

Následný seizmický monitoring potvrdil správnosť stanovených opatrení na zaistenie seizmickej bezpečnosti sledovaného rodinného domu.

```

INSTRUMENT S/N      210
EVENT #             0300
DATE & TIME         TH 10 DEC 1992 19:32:58

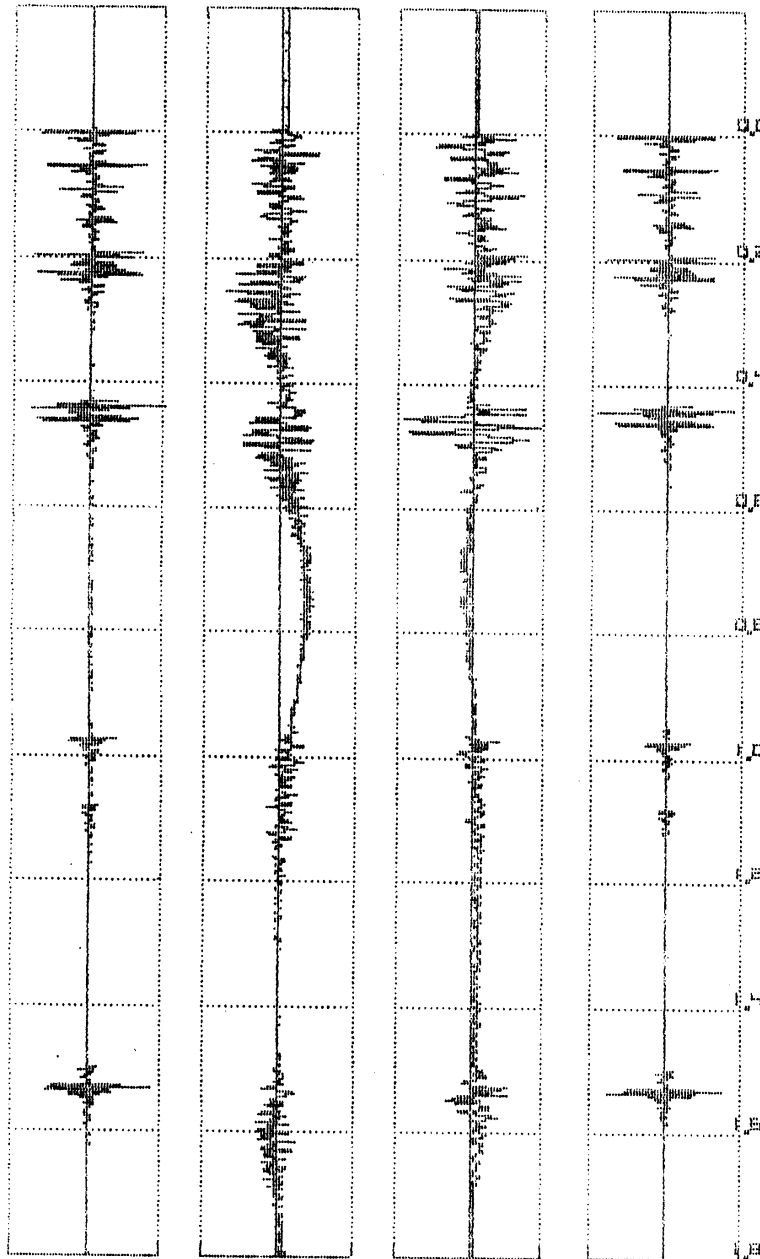
UNIT                1 mm/s      2 mm/s      3 mm/s      4 mm/s
TRIG LEVEL          1.          1.          1.          1.
REG LENGTH          2 s

PEAK                0.0        1.75       2.2        0.3
DIFF                14.0000    10.0000    1.4        10.0000
INTEG               120.        86.        48.0       120.0000
FREQ Hz             120.        86.        41.        160.

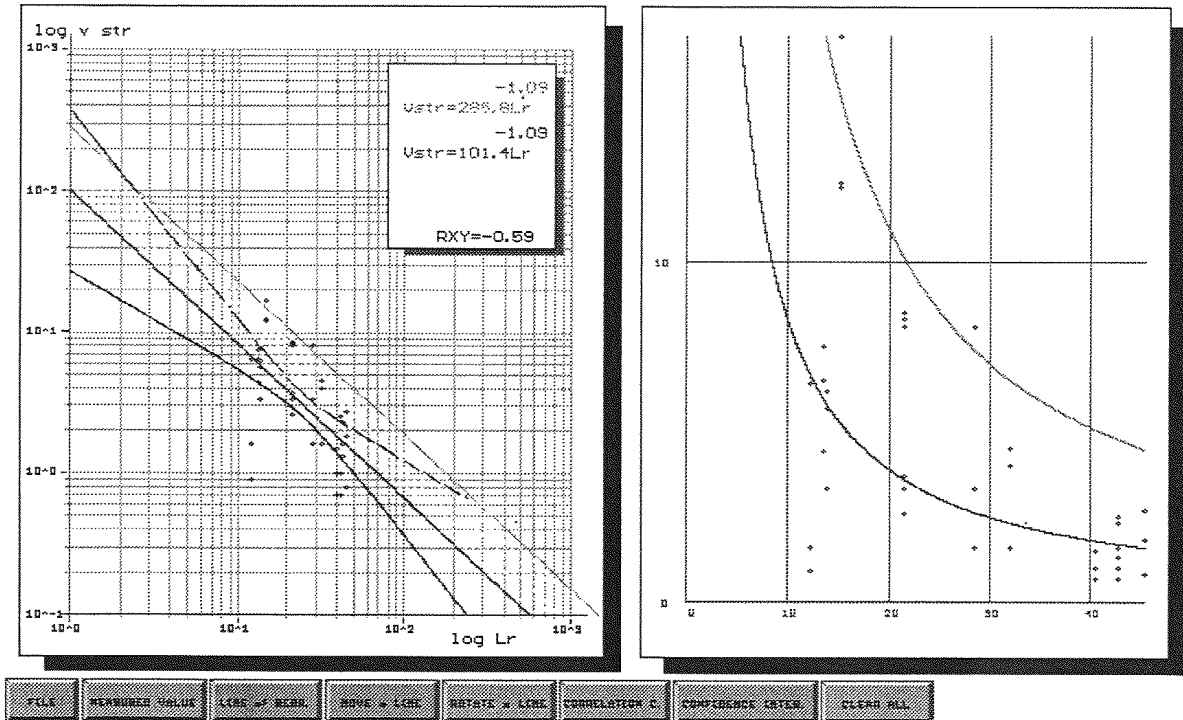
VECTOR MAX          10. at 0.441s
    
```

```

TIME SCALE          0.2 s/div
GRAPH SCALE         10. mm/s
                    2.5 mm/s   2.5 mm/s   10. mm/s
                    1          2          3          4
    
```



Obr. 7. Seizmogram kontrolného odstrelu - ČVO Dobšiná.



Obr. 8. Závislosť rýchlosti kmitania na redukovanej vzdialenosti; stanovenie zákona útlmu seizmických vln - ČVO Dobšiná pomocou programu LeSeiz.

## Záver

Merania seizmických účinkov trhacích prác (aj iných zdrojov otrasov) pomocou aparátúry UVS 1504 preukázali, že táto aparatúra nielen umožňuje merať a vyhodnocovať namerané údaje rýchlo, spoľahlivo a veľmi presne, ale dovoľuje pri vhodnom časovaní vyhodnotiť jednotlivé časové stupne odstrelu. To umožňuje stanoviť zákon útlmu seizmických vln pre danú oblasť z oveľa menšieho počtu odstrelův a zároveň umožňuje presne stanoviť maximálnu dovolenú nálož pre ďalší postup trhacích prác vo veľmi krátkom čase. Doteraz používané seizmické aparátúry to neumožňovali. Programové vybavenie seizmografu navyše umožňuje stanoviť efektívne hodnoty rýchlosti kmitania, zrýchlenie a frekvenčnú analýzu seizmického signálu, čo je zväšť výhodné pri posudzovaní účinku hluku a vibrácií na ľudský organizmus.

## Literatúra

- Dojčár, O., Pandula, B. & Baraník, J.: Seizmické účinky Dobšiná. Razenie štôlne pre ČVO - dom Banická ul.655. Výskumná správa - KDL a G, BF TU Košice, 1992.
- Dojčár, O.: K problematike stanovenia seizmických účinkov trhacích prác meraním. *Rudy*, 1985, č.4, s. 87-89.
- Leššo, I.: LeSeiz - podporný programový prostriedok pre vyhodnocovanie seizmických účinkov trhacích prác. *Manuskript*, Košice 1996.
- Nitro Consult Stockholm SWEDEN. *UVS 1504 Vibration Monitor. User's Manual*, 1992.