

Ing. Milan V r b í č e k , VÚHU

Protivýbuchová uzávěra dlouhých důlních děl

V roce 1989 bylo ve VÚHU v Mostě dokončeno řešení úkolu H 50-125-015 "Výzkum možností výbuchovzdorného uzavírání dlouhých důlních děl". Řešení bylo vyprovokováno výsledky měření odolnosti sádrových uzávěr na pokusném Dolu Tremonia v SRN. Měření prokázala, že max. odolnost uzávěr je 0,35 - 0,45 MPa, přičemž při těchto tlacích byly již používány tlumicí clony. Jako tlumicích clon bylo použito několik stěn (2 - 4) z ocelových nosníků umístěných tak, aby mezi nosníky zůstala mezera 2 - 3 cm. Takto vytvořený labyrint ztlumil rázovou vlnu výbuchu a prostém tlaku již sádrová uzávěra odolala.

Tímto zjištěním byla ovšem značně snížena operativnost, a tím i použitelnost sádrových uzávěr. Uvážíme-li, že k dopravě dvou pažení je nutné ještě dopravit a postavit 2 - 4 ocelové clony, aby byla zajištěna odolnost vůči přetlaku 0,35 - 0,45 MPa.

Na základě těchto zjištění bylo nutné konstatovat, že v současné době není spolehlivá uzávěra, která by okamžitě odolávala přetlaku 1,00 MPa a doba její stavby by nepřesáhla 8 hodin.

Protože při prostorovém uzavírání důlního požáru, není možné vyloučit výbuch požárních zplodin s následným ohrožením osádky likvidující mimořádnou událost, je nutné provést uzavření požárů hrázemi, které odolají výbuchu a chrání osádku před jeho účinky.

Z těchto důvodů byl VÚHU v Mostě zadán úkol vyvinout uzávěru s těmito parametry:

1. Po postavení uzávěry musí okamžitě odolat přetlaku 1,00 MPa.
2. Doba stavby nesmí přesáhnout 8 hodin.
3. Maximální hmotnost jednotlivých dílů uzávěry nesmí být větší než 80 kg.
4. Uzávěra musí být přenosná.
5. Stavba uzávěry musí být realizovatelná bez větších úprav v důlní chodbě bez ohledu na její profil.
6. V případě výbuchu nesmí být pracující ohroženi přetlakem unikajícím z uzavřeného prostoru.

Z analýzy potřebných pevnostních parametrů a nutných technických prostředků ke stavbě dosud používaných protivýbuchových uzávěr plynul jednoznačný názor, že požadované parametry nelze splnit jakoukoliv inovací. Zejména požadovanou okamžitou odolnost 1,00 MPa a dobu stavby max. 8 hodin.

Z analýzy požadovaných parametrů a výsledků pokusů na Dole Tremonia ve SRN vyplynulo, že jedinou cestou, byť riskantní, je návrat k vodní pytlové uzávěře, jejíž princip byl patentován již v roce 1965 v ČSR a částečně byl odzkoušen. Protože tehdejší technologické postupy neumožňovaly vyrobit pytle o malé hmotnosti s odolností proti tlaku 1,6 - 1,8 MPa, bylo od dalších zkoušek upuštěno.

Uzávěra zkoušená v roce 1964 se skládala ze dvou hlavních elementů. Z vodních pytlů válcovitého tvaru a lanové opěry umístěné na straně odvrácené od výbuchu. Lanová opěra byla uchycena po obvodu důlního díla svorníky o délce 1,5 m.

Protože při stavbě lanové opěry je nutná základní mechanizace (vrtačka), bylo snahou, při řešení daného úkolu, se tomuto prvku vyhnout.

Princip funkce vodní vakové protivýbuchové uzávěry vychází z rovnice rovnováhy

$$p_v \cdot F \leq (p_v \cdot k + p_p) \cdot l \cdot o \cdot f \quad /1/,$$

kde

- p_v - tlak výbuchu (MPa)
- F - průřez uzavíraného důlního díla (m^2)
- k - koef. přenosu výbuchového tlaku do vaků
- p_p - počáteční přetlak ve vacích (MPa)
- o - obvod důlního díla (m)
- l - aktivní délka vaků (m)
- f - součinitel tření mezi vaky a obvodem důlního díla

Ze vztahu /1/ je patrné, že stěžejní podmínku funkce uzávěry vidíme ve stanovení součinitele k . Za předpokladu, že hodnota k je známa, pak ostatní členy lze snadno optimalizovat.

Hodnota k je přímo závislá na vlastnostech materiálu, tj. pružnosti a zejména průtažnosti, ze kterého jsou zhotoveny vodní vaky. V praxi to znamená, že se zvyšující se průtažností se snižuje hodnota k .

Ideální materiál pro vodní vaky protivýbuchové uzávěry je ten, který má vysokou elasticitu a minimální průtažnost.

Vliv průtažnosti lze ovšem snížit větším počtem nosných obalů vaku PVU.

Vyloučíme-li vliv přenosu výbuchového tlaku do vaků PVU, nabývá vztah /1/ tvaru

$$p_v \cdot F = p_p \cdot l \cdot o \cdot f \quad /2/.$$

Ze vztahu /1/ a /2/ je patrné, že použijeme-li při návrhu konstrukce vaků protivýbuchové uzávěry (PVU) vztahu /2/, je nutné uvažovat vaky s vyšší pevností a tím i hmotností. Protože tlak výbuchu se do vaků v každém případě přenesení.

Pro srovnání uvedu kontrolní výpočet.

Vstupní parametry

$p_v = 1,00 \text{ MPa}$	$F = 10 \text{ m}^2$	$l = 5,00 \text{ m}$
$p_p = 0,4 \text{ MPa}$	$k = 0,35$	$f = 0,30$
$P_o = \text{odolnost uzávěry}$		$o = 12 \text{ m}$

podle vztahu /1/

$$P_o = \frac{(40 + 0,35 \cdot 100) \cdot 5 \cdot 12 \cdot 0,30}{10} = 135 \text{ t.m}^{-2}$$
$$= 1,35 \text{ MPa}$$

podle vztahu /2/

$$P_o = \frac{40 \cdot 5 \cdot 12 \cdot 0,3}{10} = 72 \text{ t.m}^{-2} = 0,72 \text{ MPa}$$

Počáteční hodnota přetlaku ve vacích PVU, aby byla docílena stejná odolnost 1,35 MPa, bude

$$p_p = \frac{p_v \cdot F}{1 \cdot o \cdot f} = \frac{135 \cdot 10}{5 \cdot 12 \cdot 0,3} = 75 \text{ t.m}^{-2} = 0,75 \text{ MPa}$$

V prvním případě musí být při koeficientu 1,2 odolnost vaků 2,196 MPa, ve druhém 2,52.

Filosofii řešení a zejména předpoklad, že uzávěra nepotřebuje lanovou opěru, bylo nutné prokázat. Pokusy byly rozděleny do dvou etap:

1. Pokusy s modelem PVU
2. Pokusy s prototypem PVU

Pokusy s modelem PVU

Pokusy na modelu PVU byly realizovány v malé pokusné štolě VÚHU, kterou tvoří ocelová trubka o $\varnothing$ 521 mm a síle stěny 12 mm.

Malá pokusná štola je vybavena: třemi čidly pro měření velikosti tlaku, odpalovacím zařízením, montážními otvory pro vkládání clon oddělujících zaplynovaný prostor od nezaplynovaného, ventilem pro napouštění plynu, plynoměrem, ventilátorem pro mísení plynu (acetylénu) se vzduchem, měřicí ústřednou řízenou počítačem SAPI 1, umožňující vyhodnocení a výpis pokusu na tiskárně a liniovém zapisovači.

Modely vaků PVU tvořily válce o průměru 16 cm a délce 60 cm. Byly ušity z chemlonové tkaniny o pevnosti $9,8 \text{ kN} \cdot 5 \text{ cm}^{-1}$ a opatřené duší z PVC folie s napouštěcím ventilem z veloduše. Odolnost modelu kolmo na podélnou osu byla $2,45 \text{ MPa}$.

Pokusy s modelem PVU lze rozdělit na 2 etapy. V první etapě byla ověřována funkce modelu při kontrolním plnění 112 l plynu nebo výbušného média, což v rámci možností zaručovalo, že výbuchový tlak se bude pohybovat mezi $0,7 - 1,2 \text{ MPa}$. Při pokusech byly měřeny a sledovány tyto veličiny:

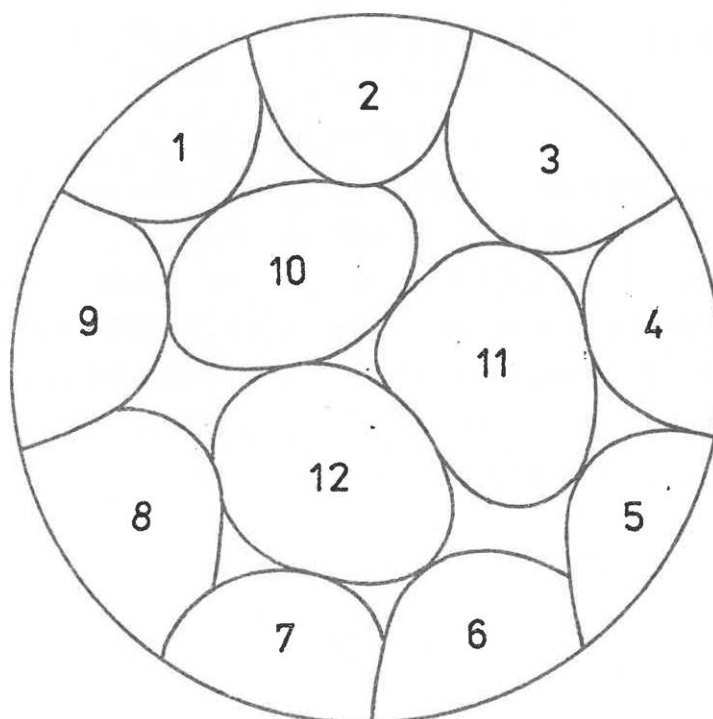
1. množství plynu (C_2H_2)
2. délka zaplynovaného prostoru
3. koncentrace (9,5 - 10,2 %)
4. tlak výbuchu před uzavěrou
5. počáteční přetlak ve vacích modelu
6. přenos výbuchového tlaku do vaků
7. posun modelu PVU v ústí pokusné štoly.

V této etapě bylo provedeno 41 pokusů a pouze ve třech případech došlo k vyhození uzavěry. Ve všech těchto případech došlo k poškození vaku vytržením ventilu, na kterém bylo upevněno čidlo měření tlaku ve vaku. Výsledky pokusů první etapy jsou uvedeny v tabulce č. 1 a 2 a obr. č. 1 a 2.

Tabulka 1

Poř. č. pokusu	Číslo pokusu	Datum	Plnění (l)	Průměr vaku (cm)	Tlak 0,1 MPa čidlo číslo			
					1	3	5	7
1	1	18.8.	50	10	8,699	0,000	0,428	2,567
2	2	18.8.	50	10			5,561	
3	3	18.8.	100	10			12,976	
4	4	18.8.	100	16			9,697	
5	5	18.8.	100	16			10,553	
6	6	18.8.	100	16			0,719	
7	7	18.8.	100	16			2,567	
8	8	18.8.	100	16			2,709	
9	9	18.8.	100	16			8,126	
10	10	18.8.	100	16			8,556	
11	11	19.8.	50	16			5,847	
12	1	23.8.	100	16			0,428	
13	1A	23.8.	100	16			1,854	
14	2	23.8.	150	16			3,565	

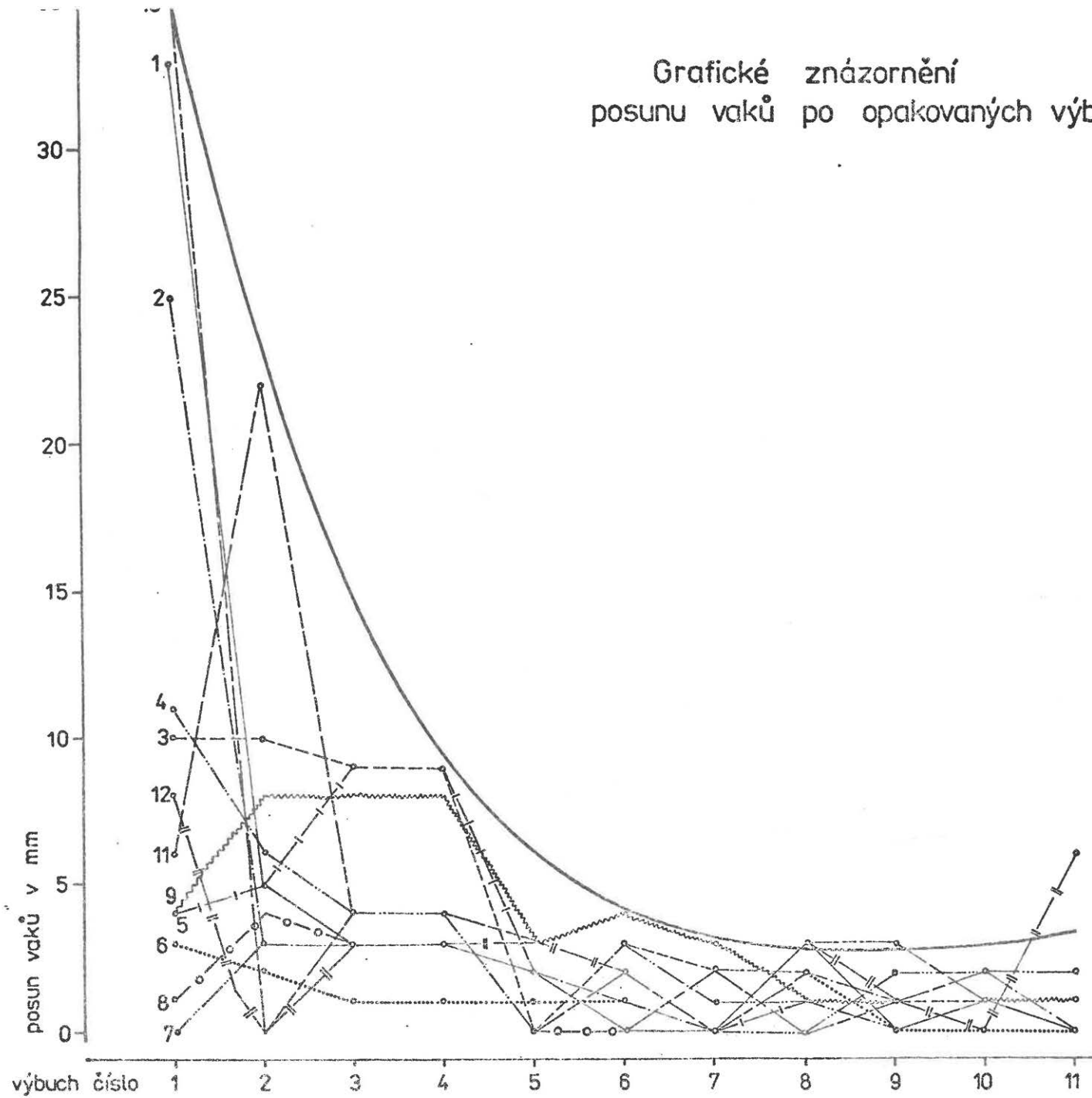
Obrázek 1



Tabulka 2

Poř.č. pokusu	Datum	Č.pokusu	Plnění štol	Ø vaku modelu (cm)	Tlaky - čísla čidla		
					5	7	Poznámka
15	24.8.	1	50	16	5,704	12,692	
16		2	100	16	0,400	0,000	
17		2A	50	16	4,848	2,282	
18		4	100	16	7,415	8,128	změna měření 7
19	25.8.	1	100	16	11,836	10,41	vytržen ventil
20		2	100	16	5,989	6,132	oprava ventilu
21	26.8.	1	100	16	10,267	18,253	vytržen ventil
22	31.8.	1	100	16	9,982	4,420	vak 1, 3 teče ventil
23	31.8.	2	100	16	3,992	2,566	chybné měření
24		3	100	16	3,137	5,847	špatné napájení elektroniky
25		4	100	16	0,700	0,000	
26		5	112	16	10,274	36,363	
27		6	112	16	10,41	36,363	
28		7	112	16	9,269	36,363	
29	1.9.	1	112	16	10,41	27,379	poškozené ventily
30		2	112	16	9,554	39,80	přestavění vaků
31	5.9.	1	112	16	9,554	36,363	
32	6.9.	1	112	16	10,124	28,092	
33	chybný 2 pokus - odpal proveden bez měření						
34		3	112	16	10,267	28,52	
35		4	112	16	13,689	32,37	
36		5	112	16	11,55	31,657	
37		6	112	16	10,837	32,655	
38	7.9.	1	112	16	4,326	16,684	málo vyvětráno
39		2	112	16	11,55	27,664	
40		3	112	16	12,549	30,374	
41	8.9.	1	112	16	11,55	26,096	

Grafické znázornění posunu vaků po opakovaných výbuších



Obr. č. 2

Na základě série pokusů první etapy bylo možné jednoznačně konstatovat:

1. Návrh konstrukce a princip funkce PVU je správný.
2. PVU nepotřebuje ke své funkci lanovou opěru.
3. Výbuchový tlak se přenáší do vaků PVU.
4. Ve vacích vzniká rázová vlna, což dokumentují tlaky na čidle č. 7, které jsou až 1,8 krát větší než tlak výbuchu (čidlo č. 5). Vysoká hodnota koef. (k) přenosu tlaku výbuchu do vaků PVU je patrně způsobena vysokou pevností modelu PVU, takže materiál není namáhán na mez průtažnosti.
5. Uzávěra odolává i opakovaným výbuchům.
6. Dochází k posunu uzávěry, který se však s počtem výbuchů snižuje.

2. etapa

V této etapě byla uvěřována max. odolnost modelu PVU. Byly provedeny 2 pokusy.

1. pokus

délka zaplynovaného prostoru	9,00 m
množství plynu	166 l
koncentrace	10 %
tlak před uzávěrou	2,353 MPa
počáteční tlak ve vacích	1,00 MPa
tlak ve vacích vyvolaný výbuchem	3,636 MPa
přenos	$k = 1,084$

Uzávěra odolala.

2. pokus

délka zaplynovaného prostoru	12,0 m
množství plynu	224 l
koncentrace	10,2 %
počáteční přetlak ve vacích	1,00 MPa
tlak výbuchu před uzávěrou	3,123 MPa
tlak ve vacích vyvolaný výbuchem	2,538 MPa

Uzávěra byla výbuchem vyhozena z ústí štoly. Při kontrole jednotlivých vaků bylo zjištěno:

1. ventily vaků situovaných po obvodu štoly byly nalomeny a tekly,
2. z vaku č. 3 byl vytržen ventil s měřicím čidlem,
3. došlo k prasknutí jednoho vaku PVU. Nebylo však možné zjistit, zda k poškození došlo vlivem výbuchu nebo rozříznutím o ocelové kruhy simulující důlní výztuž.

Pokusy druhé etapy prokázaly, že odolnost uzávěry je limitována jenom pevností vaků vůči přetlaku a jejich odolností proti mechanickému poškození.

Výsledků pokusů s modelem protivýbuchové uzávěry bylo využito při návrhu prototypu. Vak prototypu PVU musí vyhovovat dvěma podmínkám:

1. Odolnost proti přetlaku 1,7 MPa s koeficientem bezpečnosti 1,5.
2. Hmotnost vaku nesmí přesáhnout 80 kg.

V první řadě bylo nutné optimalizovat počet vaků v uzávěře, protože při malých průměrech vaků by sice byly splněny podmínky v bodech 1 a 2, avšak počet vaků v PVU by se neúnosně zvětšil, což by podstatně prodloužilo její stavbu. Počet vaků různých průměrů nutných pro uzavření profilu o ploše 10 m^2 je uveden v tabulce č. 3.

Tabulka 3

$F/m^2/$	$D/m/$	$n/l/$	$D/m/$	$n/l/$	$D/m/$	$n/l/$	$D/m/$	$n/l/$
10	0,20	318,31	0,15	62,88	0,70	25,98	0,95	14,11
10	0,25	203,72	0,50	50,93	0,75	22,64	1,00	12,73
10	0,30	141,47	0,55	42,09	0,80	19,89	1,05	11,55
10	0,35	103,94	0,60	35,37	0,85	17,62	1,10	10,52
10	0,40	79,58	0,65	30,14	0,90	15,72	1,15	9,63

Z tabulky je patrné, že optimální průměr vaku se pohybuje mezi 0,7 - 1,15 m.

Hmotnost vaku je dána jeho průměrem, délkou, počtem vrstev tkaniny, hmotností vzdušnice a plnicího ventilu.

Vak PVU tvoří:

1. Nosné obaly z chemlonové tkaniny, zajišťující odolnost proti přetlaku.
2. Vzdušnice z PVC folie s nalepeným krycím obalem z chemlonové tkaniny, zajišťující jeho těsnost. Vzdušnice je opatřena napouštěcím ventilem, zajišťujícím průtok $400 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.
3. Zdrhovací lanka, která jsou navlečena do lemů na obou koncích nosných obalů a uzavírají oba konce vaku.
4. Krycí čela z chemlonové tkaniny, uzavírající oba konce vaku PVU.

Výpočet vaku PVU byl proveden v těchto krocích:

1. Výpočet počtu nosných obalů v závislosti na průměru vaku PVU.
2. Výpočet aktivní délky PVU.
3. Výpočet průměru ocelového zdrhovacího lanka.
4. Výpočet průměru a počtu krycích čel.

Vstupní parametry:

$$\gamma_1 = 0,65 \text{ kg.m}^{-1}$$

$$\gamma_2 = 1,05 \text{ kg.m}^{-1}$$

$$N_j = 9,8 \text{ kN} \cdot 5 \text{ cm}^{-1}$$

$$G = 3 - 5 \text{ kg}$$

$$p_t = 2,50 \text{ MPa}$$

hmotnost tkaniny nosného obalu

hmotnost PVC folie vzdušnice

pevnost chemlonové tkaniny v tahu

hmotnost plnicího ventilu

požadovaná odolnost vaku vůči přetlaku

1) Výpočet počtu nosných obalů

Počet nosných obalů vyjádříme vztahem /3/

$$n = \frac{p_o \cdot D}{2 \cdot N_j} \quad /3/,$$

kde

n - počet nosných obalů

p_o - požadovaná odolnost vůči přetlaku

D - průměr vaku

Počet nosných obalů n pro průměry 0,7 - 1,15 m je uveden v tabulce č. 4.

Tabulka 4

$(p_v + p_p) \cdot k = (1,00 + 0,7) \cdot 1,5 = 2,55 \text{ MPa}$					
D/m/	n	D/m/	n	D/m/	n
0,7	(4,55) 5	0,85	(5,53) 6	1,0	(6,51) 7
0,75	(4,88) 5	0,90	(5,85) 6	1,05	(6,63) 7
0,80	(5,2) 6	0,95	(6,18) 7	1,10	(7,16) 8
				1,15	(7,48) 8

2) Výpočet aktivní délky uzávěry

Aktivní délku uzávěry vyjádříme ze vztahu /1/.

Plochu profilu převedeme na kruh.

Vstupní parametry

F	$= 12 \text{ m}^2$	plocha uzavíraného profilu
p_v	$= 1,00 \text{ MPa}$	výbuchový tlak
p_p	$= 0,40 \text{ MPa}$	počáteční přetlak ve vacích
k	$= 0,35$	předpokládaná hodnota přenosu
f	$= 0,30$	koef. tření na obvodu důl. díla

$$l \geq \frac{p_v \cdot D}{4 (p_p + 0,35 \cdot p_t)} = \frac{100 \cdot 3,91}{4 (40 + 0,35 \cdot 100) \cdot 0,30}$$

$$l \geq 4,344 \text{ m}$$

Byla zvolena délka 4,5 m.

Hmotnosti vaků v závislosti na průměrech jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 5

Ø vaku (m)	G kg	Ø vaku (m)	G kg
0,7	62	0,95	103
0,75	66	1,00	108
0,80	79	1,05	112
0,85	83	1,10	130
0,90	88	1,15	136

Z tabulky č. 5 je patrné, že vyhovující hmotnost mají pouze vaky o průměrech 70 - 80 cm. V konečné fázi byl zvolen však vak o $\varnothing$ 70 cm s ohledem na šíři tkaniny 120 cm, aby v podélné ose vaku byly pouze dva spoje.

3) Výpočet zdrhovacího lanka

Namáhání ve zdrhovacích lankách I vypočítáme ze vztahu, který platí pro výpočet tenkostěnných bání kulového tvaru

$$T = \frac{\gamma \cdot r}{2} \left(h + \frac{5}{3} \cdot r \right) \cdot 10^2 \quad (\text{kN}) \quad /4/,$$

kde

$r = 0,35$	zakřivení kulové bání
$\gamma = 1 \text{ t.m}^{-3}$	objemová hmotnost prostředí, zatěžující kulovou bání
$h = 2,8 \text{ MPa}$	výška sloupce, nebo specifické zatížení

$$T = \frac{1 \cdot 0,35}{2} \left(2,8 + \frac{5}{3} \cdot 0,35 \right) \cdot 10^2$$
$$= 59,208 \text{ kN}$$

S ohledem na nosnost spojů lanek, byly zvoleny dva závity lanka v každém nosném obalu.

4. Krycí čela

Krycí čela čelních otvorů vaků PVU brání roztržení vzdušnice. Aby nedošlo k protlačení čel, musí být splněna podmínka rovnováhy, kterou lze vyjádřit vztahem:

$$\frac{\pi \cdot D_1^2 \cdot p_{\max}}{4} = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) p_{\max} \cdot t \cdot n \quad /5/$$

po úpravě

$$D_2 = \sqrt{\frac{D_1^2 + D_1^2 \cdot t \cdot n}{n \cdot t}},$$

kde

n	= počet krycích čel	= 2
D_1	= průměr čelního otvoru	25 cm
D_2	= průměr podstavy kulového vrchlíku	70 cm
$p_{\max}$	= max. přetlak ve vaku	2,8 MPa
t	= koef. tření tkaniny	0,2

$$D_2 = \sqrt{\frac{25^2 + 25^2 \cdot 0,2 \cdot 2}{3 \cdot 0,2}} = 38,188 \text{ cm}$$

Byla zvolena čela o $\varnothing$ 40 cm.

Zkoušky prototypu PVU

Prototyp PVU byl zkoušen ve velké pokusné štolě VÚHU na Do-
le Obránců míru. Funkční zkoušky byly rozděleny do tří etap.

1. etapa

Zkoušky těsnosti a odolnosti jednotlivých vaků PVU.

2. etapa

Ověřování technologie stavby PVU včetně časového snímku díl-
čích operací.

3. etapa

Pokusy s PVU s cílem ověřit:

- a) množství plynu a délku zaplynovaného prostoru pro dosažení požadovaného přetlaku 1 MPa
- b) koeficient přenosu výbuchového tlaku do vaků PVU
- c) zvýšení tlaku na vzdušné straně PVU únikem výbuchových zplodin netěsnostmi PVU
- d) odolnost uzávěry i proti opakovaným výbuchům.

1. etapa

Vaky byly naplněny vzduchem na přetlak 0,25 MPa. Po třech dnech byl změřen tlakový úbytek. Vaky byly v převážné většině těsné. Pokud se vyskytl výrazný tlakový úbytek, byl způsoben netěsnostmi spojů u napouštěcích ventilů.

Zkoušky odolnosti vaků byly zaměřeny na pevnost šitých spojů čel a uzávěrů obou konců vaku. Vaky byly plněny tlakovou vodou. Při zkouškách bylo zjištěno, že pevnost šitých spojů je dostatečná, avšak pevnost spojů ocelových lanek, uzavírajících konce vaku, nevyhovuje, proto bylo spojení konců lanek změněno. Nový způsob spojení byl ověřen na trhacím stroji a zkoušky prokázaly, že pevnost spoje přesahuje nosnost ocelových lanek.

2. etapa

Ověřování technologie stavby PVU.

Stavbu lze rozdělit na tyto operace:

- a) stanovení počtu vaků v uzávěře a jednotlivých vrstvách
- b) doprava vaků na místo stavby
- c) ukládání a plnění vaků v jednotlivých vrstvách
- d) dotlakování PVU na počáteční přetlak p_p .

Stěžejní podmínkou bezchybné funkce PVU je správná volba jak celkového počtu vaků v profilu, tak počtu vaků v jednotlivých vrstvách.

Počet vaků n v profilu důlní chodby je pro obloukovou výztuž dán vztahem /6/.

$$n = \frac{4a \cdot b \cdot 0,83}{\pi \cdot D^2} \cdot 1,05 \quad /6/$$

po úpravě

$$n = \frac{a \cdot b \cdot 1,11}{D^2} = a \cdot b \cdot 2,265 \quad /7/,$$

kde

n = počet vaků v profilu

a = šířka důlního díla při počvě (m)

b = výška důlního díla (m)

D = průměr vaku PVU = 0,70 m

Koeficient 1,05 vyšel z experimentu.

Počet vaků ve vrstvě n_1 je dán vztahem /8/.

$$n_1 = \frac{b}{D} \quad /8/,$$

kde

D = průměr vaku PVU

b = šířka důlního díla v místě kladení vrstvy

Z ověřování technologie stavby PVU vyplynuly tyto zásady:

1. vaky v jednotlivých vrstvách plnit tak, aby výška vrstvy nepřesáhla 60 cm;
2. po uzavření profilu vyrovnat přibližně objemy všech vaků;

3. vaky situované po obvodu profilu tlakujeme jako první. Přetlak by neměl přesáhnout 0,10 - 0,15 MPa;
4. ve druhé fázi tlakujeme vaky umístěné uprostřed. V této fázi již dochází k tlakovému ovlivňování okolních vaků;
5. při tlakování uzávěry je třeba sledovat a měřit tlak nejen v plněném vaku, ale i v okolních vacích.
6. tlakování ukončíme při dosažení přetlaku v celé uzávěře 0,4 - 0,42 MPa.

V průběhu tlakování uzávěry docházelo k praskání vzdušnic z PVC v zadní části vaku, aniž došlo k poškození jejího ochranného obalu. Kontrola poškozených vzdušnic prokázala, že příčina tkvěla v chybném přilepení vzdušnice k zadní části jejího nosného obalu.

3. etapa

Pokusy s prototypem PVU

Pokusy byly prováděny ve velké pokusné štolě s cílem ověřit:

- a) odolnost uzávěry
- b) výbuchový tlak v uzavřeném prostoru před uzávěrou, který byl měřen snímačem č. 2, umístěným 3 m od zadní části PVU
- c) tlak ve vacích, měřený snímačem č. 4
- d) tlak na vzdušné straně uzávěry, měřený snímačem č. 5.

Výsledky pokusů jsou uvedeny v tabulce č. 6. Ukázky záznamů časového průběhu výbuchového tlaku z malé a velké pokusné štoly jsou na obr. č. 3 a 4. Pro orientaci uvádíme:

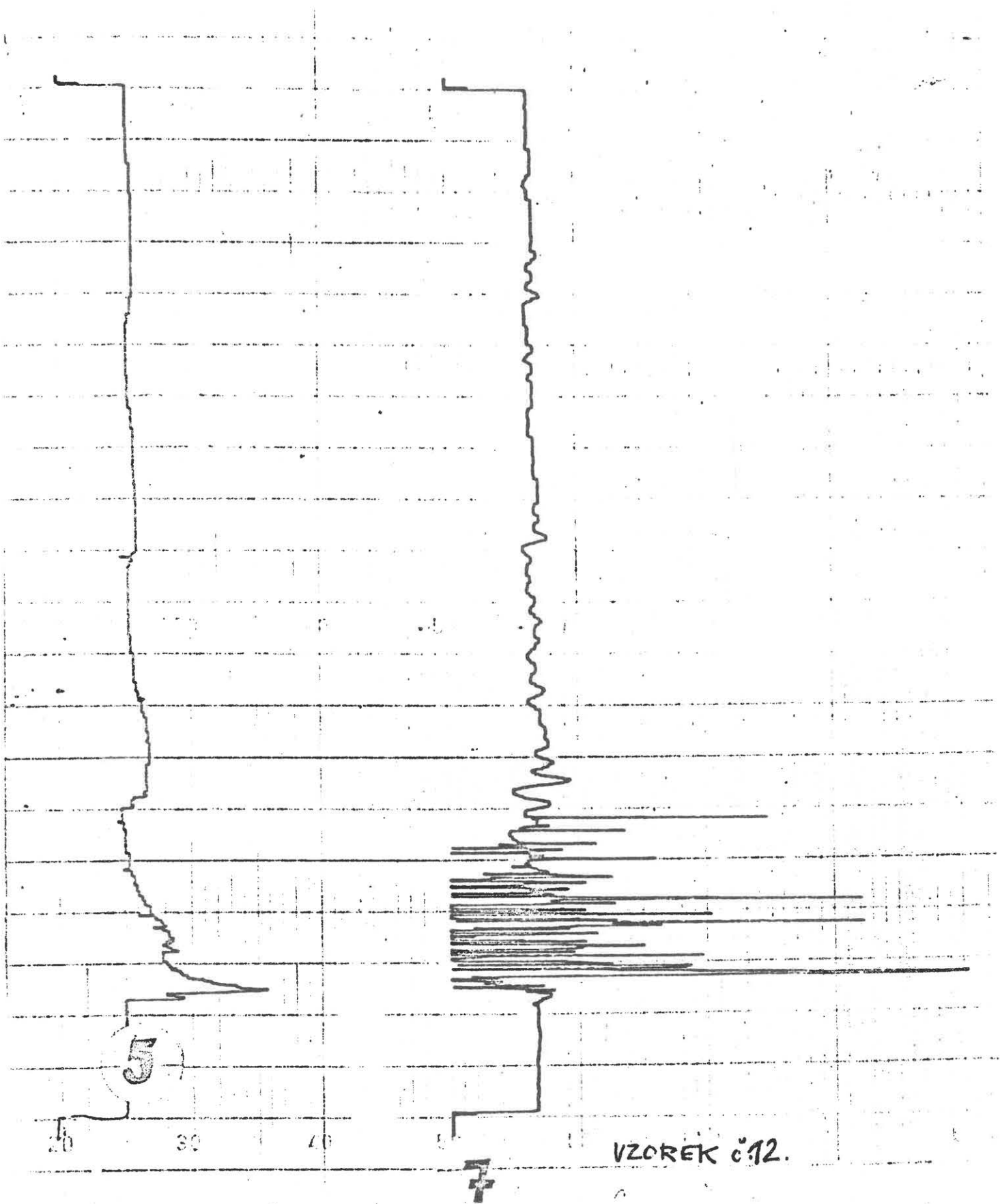
malá štola

čidlo č. 5	tlak před modelem uzávěry
č. 7	tlak v modelu uzávěry

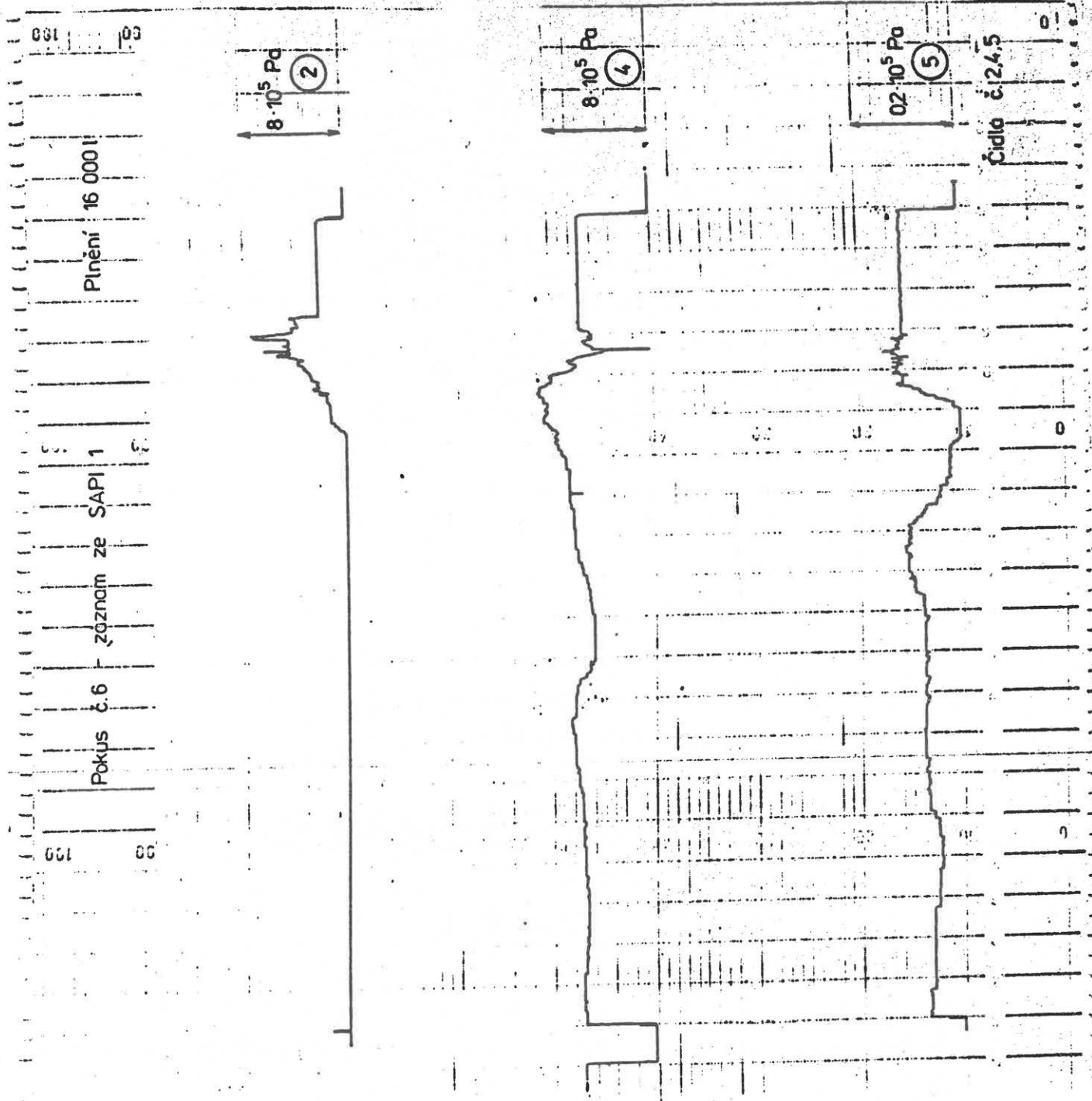
velká štola

čidlo č. 2	tlak před uzávěrou
č. 4	tlak v uzávěře
č. 5	tlak na vzdušné straně uzávěry

Pokus č.	C ₂ H ₂ (l)	snímač číslo	tlak 0,1 MPa	počet vaků	poč. pře- tlak (MPa)	K	síla kN	poznámka
1	2000	2 4 5	2,28 0,86 0,0011	19	0,35	0,307	1720	odolala
2	2000	2 3 4	1,85 1,426 0,507	19	0,35	0,274	1402	odolala
3	2000	2 4 5	2,85 0,55 0,0014	18	0,32	0,193	2154	odolala
4	3000	2 3 4	1,85 1,71 0,998	19	0,32	0,539	1420	odolala
5	10000	2 4 5	3,422 1,953 0,0026	14	0,38	0,571	1980	odolala
6	16000	2 4 5	5,989 3,422 0,0039	14	0,38	0,571	3479	odolala
7	20500	2 4 5	1,02 4,705 0,0032	14	0,41	0,471	5926	odolala
8	16000	2 3 5	6,417 6,987 0,00457	14	0,40		4066	odolala
9	22289	2 3 4 5	6,402 6,111 3,707 0,0039	14	0,40	0,579	3719	odolala



obr. č. 3



obr. č. 4

Na základě série 9 pokusů s prototypem PVU lze konstatovat:

1. Navržené řešení nového typu PVU splňuje zadané parametry.
2. Uzávěra odolává i opakovaným výbuchům.
3. Navržená odolnost vaků PVU je dostatečná, protože ani v jednom případě nedošlo k roztržení nosných obalů přetlakem vyvolaným výbuchem.
4. Tlak výbuchu se přenáší do vaků PVU a zvyšuje jejich odolnost. Hodnota koef. přenosu $k = 0,307 - 0,579$.
5. Hodnota přenosového koef. k se zvyšuje úměrně výbuchovému tlaku a počátečnímu přetlaku ve vacích PVU.
6. Zvýšení tlaku na vzdušné straně uzávěry unikajícím přetlakem neohrozí osádku za uzávěrou.

Závěrem lze tedy konstatovat, že zkoušky prototypu PVU ve velké pokusné štole plně potvrdily teoretické předpoklady řešení a výsledky modelových zkoušek.

Shrnutí

Článek popisuje teoretické řešení nového typu protivýbuchové uzávěry, průběh modelových a prototypových zkoušek této uzávěry v malé a velké pokusné štole VÚHU.