

Ing. Milan V r b í ě k
Milan V o p a t, VÚHU, a. s.

Vývoj aktivní vodní protivýbuchové uzávěry a její porovnání s hasící schopností korýtkové uzávěry

Untersuchungen mit aktiver Wassertrogsperrre und Vergleich mit dem Löschvermögen der Trogsperrre

In Jahren 1991-1992 wurde in AG VÚHU Most ein neuer Typ der Wassertrogsperrre gegen die Übertragung der Gas- und Braunkohlenstaubexplosion in den Bergwerken untersucht. Die Wassertrogsperrre wurde als ein in der Bergwerkachse eingehängter Wasserbehälter gelöst. Die Wasserfüllung des Behälters ist bei der Explosion durch eine mit dem tensometrischen Abtaster mit Bereich 0 - 100 kPa ausgestattete bergbausichere Zündschnur initiierte durch den Druckumwandler zerschossen.

Development of active water barrier against burst and its comparison with the extinguishing ability of trough barrier

In 1991 - 1992 it was in VÚHU (Brown coal research institute) j.s.c. Most solved the new type of water anti-burst barrier against the transmission of burst of gas and coal dust in mining workings. The water barrier against burst was solved as the water reservoir hung in the axis of mining working.

The water filling of the reservoir is blasted in the case of burst by mining safety detonating fuse initiated by the pressure converter, that is fitted with tensometric sensing unit with range 0 - 100 kPa.

Развитие активного водяного противовзрывного заслона и его сравнение с тушительной способностью желобчатого заслона

В 1991-1992 гг. было в институте ВУТУ Мос разработано решение нового типа водяного заслона действующего против передачи взрывов и угольной пыли в подземных горных выработках. Данный заслон представляет собой водяной бункер, подвешенный в оси горной выработки. В случае взрыва вода из бункера освобождается детонирующим мнуром, инициированным помощью преобразования давления, мнур обеспечен тензометрическим датчиком действующим в диапазоне 0 - 100 кПа.

Vývoj aktivní vodní protivýbuchové uzávěry a její porovnání s hasící schopností korýtkové uzávěry

V letech 1991 - 1992 byl ve VÚHU a. s. Most řešen nový typ vodní protivýbuchové uzávěry proti přenosu výbuchu plynů a uhelného prachu v důlních dílech. Vodní protivýbuchová uzávěra byla řešena jako zásobník vody zavěšený v ose důlního díla.

Vodní náplň zásobníku je v případě výbuchu rozstřelena důlně bezpečnou bleskovíci iniciovanou převodníkem tlaku, který je opatřen tensometrickým snímačem s rozsahem 0 - 100 kPa.

V průběhu let 1991 - 1992 byl ve VÚHU v Mostě řešen nový typ vodní protivýbuchové uzávěry proti přenosu výbuchu plynů a uhelného prachu v důlních dílech.

Cílem řešení bylo vyvinout vodní uzávěru s těmito parametry:

1. Zabránit přenosu výbuchu plynů a uhelného prachu při rychlostech výbuchové vlny od 80 - 500 m.s⁻¹.
2. Zabránit přenosu výbuchu i v případech, kdy dojde k jeho opakování.

Řešení dané problematiky bylo s ohledem na jeho technickou náročnost rozděleno na dvě etapy.

V roce 1991 byla navržena a ověřena koncepce řešení. V roce 1992 byla

pokusnými výbuchy na velké štole VÚHU ověřována funkce automatické vodní protivýbuchové uzávěry (AVPU), zejména její spolehlivost a hasící schopnost.

Řešení vychází z ověřeného předpokladu, že plamen výbuchu se v důlních dílech šíří pomaleji než čelo tlakové vlny. Podmínkou řešení je tedy navrhnout konstrukci, která je schopna reagovat na tlakový impuls tlakové vlny a vytvořit v profilu důlní chodby dostatečné množství vodní mlhoviny, ve které by došlo k uhašení plamene.

Bylo tedy nutné navrhnout:

- a) konstrukci zásobníku vody
- b) způsob vytvoření vodní mlhoviny
- c) způsob iniciace.

Návrh konstrukce zásobníku vody

Při hledání koncepce konstrukce zásobníku byly zvažovány různé možnosti, které by však splňovaly tyto podmínky:

- 1) snížená pracnost při instalaci proti dosud používané korýtkové uzávěře
- 2) snížení nároků na prostor, ve kterém je uzávěra instalována
- 3) malá tuhost konstrukce.

Po zvážení všech požadavků bylo zvoleno následující řešení.

Popis konstrukce

Nosnou část tvoří dvě ocelové trubky o průměru 50 mm, na které je připevněna drátěná síť o okatosti 50 x 50 mm a síle drátu 2 mm. Nosná konstrukce je na obou stranách ukončena vloženými čely z překližky o síle 5 mm, nebo z pěnového polystyrénu o síle 30 mm. Čela jsou zajištěna proti vypadnutí vlivem tlaku napuštěné vody. Těsnicí část je tvořena fólií z PVC. Po naplnění vodou zásobník nabude tvaru koryta s oblým dnem.

Objem vody v AVPU je dán vyhláškou ČBÚ ze dne 29. 12. 1988 č. 22/1989 Sb.

Vyhláška prakticky vyžaduje, aby množství vody na m² profilu důlního díla bylo minimálně 200 litrů.

Tvorba vodní mlhoviny

Rozprášení vodního obsahu zásobníku AVPU s ohledem na rychlost postupu tlakové vlny a plamene je možné pouze jedním způsobem, tj. výbušninami. Otázkou zůstává pouze druh a množství výbušniny, její krytí proti působení vody a způsob iniciace.

Po konzultaci s pracovníky ČBÚ bylo dohodnuto, že k vytvoření vodní mlhoviny bude použito důlně bezpečné bleskovic NPV.Zb, umístěné v ose zásobníku vody s tím, že počet pramenů bude určen pokusy. Množství použité trhaviny je limitováno zejména požadavkem, že její výbuch nesmí vyvolat v bezprostředním okolí (do 3 m) větší tlak než 0,02 MPa. Tento přetlak totiž nezpůsobí zdravotní poškození pracovníků, kteří by se v případě nežádoucí iniciace nacházeli v blízkosti uzávěry.

Konstrukce iniciačního zařízení

Při návrhu konstrukce iniciačního zařízení byla stěžejním požadavkem jeho spolehlivost proti náhodné iniciaci a akční rychlost. Byly zvažovány dvě možnosti.

- 1) Iniciaci provést tlakovým tensometrickým čidlem, jehož impuls odpálí elektrickou rozbušku. Výhodou je nesporně vysoká rychlost iniciace a možnost nastavit el. impuls na požadovaný tlak. Nevýhodou pak závislost na zdroji el. energie.
- 2) K iniciaci využít přímo energie tlakové vlny a vhodným způsobem iniciovat přímo nápichovou rozbušku. Výhodou uvažovaného způsobu je nezávislost na zdroji energie. Nevýhodou pak nižší iniciační rychlost, nižší spolehlivost a odolnost vůči náhodné iniciaci.

Při rozboru používaných konstrukcí mechanických iniciačních zařízení bylo zjištěno, že jejich akční rychlost je nevyhovující a zajištění proti nežádoucí iniciaci bez zásahu do jejich konstrukce nereálné. Proto bylo přikročeno k vývoji elektrického iniciačního zařízení s vlastním zdrojem energie.

Konstrukce a zapojení iniciačního zařízení

Iniciační zařízení bylo konstruováno jako převodník tlakového impulsu z tensometrického snímače typ 11447 s rozsahem 0 - 100 kPa.

Proti náhodnému tlakovému impulsu z prováděných trhacích prací je bráněno časovým filtrem s nastavenou hodnotou 0,5 ms.

Technická data:

Nastavitelný rozsah tlaku:	(0,01 až 0,015) MPa
Hystereze měřicího zesilovače:	0,002 MPa
Časová filtrace signálu:	0,5 ms (přestavitelná)
Snímač tlaku - typ:	114 47 (ZPA)
- napájení:	10 mA
Napájení převodníku:	akumulátor 12 V/2.2 Ah
Minimální provozní napětí:	11 V
Proudová zátěž akumulátoru:	12 V/15 mA
Doba zálohování nabitým akumulátorem:	20 hod.
Minimální odpor zátěže:	1 Ohm
Minimální proud zátěže:	4 A
Ochranný odpor v převodníku:	2,2 Ohm/4 W
Rozsah odporu vedení s rozbuškou:	
max:	10 Ohm (pro proud 0,9 A)
min:	1 Ohm (pro proud 4 A)

Popis konstrukce aktivní mlhové proudnice

Dalším úkolem řešení nové konstrukce AVPU byla její schopnost zabránit přenosu výbuchu uhelného prachu v dlouhých důlních dílech i v případě jeho opakování.

Problém byl řešen mlhovou proudnicí, jejíž uzávěr reaguje jak na tlakový tak na teplotní impuls.

Mlhová proudnice má tyto části:

1. Tělo proudnice
2. Pohyblivé tříštící tělísko
3. Pákový uzavírací systém
4. Teplotní člen
5. Tlakové křídlo

Tělo proudnice je tvořeno ocelovou pozinkovanou trubkou o průměru 5/4"

o délce 350 mm. Na jedné straně je ukončena tryskou, na které jsou upevněna vodítka tříštícího tělíska, vytvářejícího vodní mlhovinu. Druhá strana je ukončena šroubením o průměru 1" pro upevnění uzavíracího ventilu a přívodní hadice.

Na bok proudnice jsou přivařeny držáky pákového uzavíracího systému.

Pohyblivé tříštící tělísko má tvar kolmé úseče o průměru 35 mm a výšce 15 mm. Na obvodu je opatřeno dvěma otvory, kterými prochází jeho vodítka.

Pákový uzavírací systém tvoří zalomená dvouramenná páka, opatřená stavěcím šroubem, ovládající přitlak tříštivého tělíska na výtokovou trysku a tím zaručuje také těsnost proudnice. Druhá strana dvouramenné páky je ukončena teplotním členem, který je opřen o podporu, ovládanou tlakovým křídlem.

Teplotní člen je tvořen dvěma pozinkovanými plechy sletovanými Woodovým kovem s teplotou tání 68°C , jedna strana teplotního členu je přišroubována na dvouramennou páku a druhá je opřena o zarážku ovládanou tlakovým křídlem.

Tlakové křídlo je tvořeno hliníkovým plechem o rozměrech 200 x 300 mm, pohybuje se v otočném čepu, který je připevněn na těle proudnice.

Funkce mlhové proudnice spočívá v tom, že zvýšením teploty prostředí na 68°C dojde k rozpojení teplotního členu a otevření proudnice. V případě výbuchu uhelného prachu dojde k vychýlení tlakového křídla a rovněž k otevření proudnice. Následný výbuch je pak uhašen již vzniklým pásmem vodní mlhoviny.

Pokusné práce

Pokusné práce na velké pokusné štolě VÚHU v Mostě je možno rozdělit do tří etap.

1. etapa

Cílem první etapy bylo stanovit takové uspořádání pokusu, tj. způsob iniciace výbuchu, rozmístění a množství uhelného prachu tak, aby parametry pokusných výbuchů v dalších etapách se příliš nelišily. V této etapě byly realizovány čtyři pokusné výbuchy.

V průběhu pokusů byly sledovány tyto parametry:

a) dosah plamene výbuchu

b) teplota plynů unikajících z ústí štoly.

Dosah plamene výbuchu byl měřen indikačními plátky, které při styku s plamenem vyhořely. Teplota plynů byla měřena termovizí.

Uspořádání pokusů

1. Ve vzdálenosti 5 m od čelby štoly byla zavěšena fólie z PVC uzavírající prostor cca 30 m^3 . Do uzavřeného prostoru byly napuštěny $3\text{ m}^3\text{ C}_2\text{H}_2$. Iniciace plynovzdušné směsi byla provedena bleskovicí o délce 5 m, která byla zavěšena v ose profilu. Bleskovice byla iniciována el. rozbuškou DeM - S⁰ 2.

2. Ve staničení 15, 25 a 35 m od čelby byly v ose profilu štoly zavěšeny pytle s uhelným prachem. Hmotnost prachu v jednom pytli byla 10 kg. Rozmetání prachu bylo provedeno náložkou Uhlometanitu 26, iniciovanou el. rozbuškou s časovým stupněm 0.

3. Indikační plátky byly upevněny v ose profilu na ocelových lankách o průměru

6 mm natažených mezi počvou a stropem štoly. Indikační plátky byly situovány ve staničení 33, 38, 43, 48, 53, 63, 68, 73, 78, 83, 88, 93 m. Výsledky pokusů jsou uvedeny v tabulce 1.

Pokus č.	C_2H_2 (m ³)	Q prachu (kg)	Délka plamene (m)	Teplota plynu °C
1	3	30	88	347
2	3	30	93	363
3	3	30	83	343
4	3	30	88	352
5	3	30	93	357

Na základě výsledků pokusů první etapy bylo možné konstatovat, že parametry jednotlivých pokusných výbuchů jsou podobné a lze je využít jako srovnávací etalon pro další etapy.

2. etapa

Cílem pokusů druhé etapy bylo ověřit:

- funkčnost a hasicí účinek mlhové proudnice,
- funkčnost konstrukce zásobníku vody AVPU a hasicí účinek vodní mlhoviny vzniklé jeho rozstřelením.

a) Zkoušky funkčnosti a hasicí schopnosti mlhové proudnice

Zkoušky byly realizovány ve dvou fázích. V první fázi byla jedním pokusným výbuchem ověřena funkčnost tlakového křídla, tj. zda působením energie čela tlakové vlny dojde k posunu křídla a otevření proudnice. Výsledky pokusu ukázaly, že působením energie čela výbuchu došlo k otevření proudnice a částečné deformaci hliníkového plechu tvořícího hlavní část křídla. Bylo tedy možné konstatovat, že kinetická energie čela výbuchu je dostatečná a k otevření proudnice dojde v každém případě.

Ve druhé fázi byly realizovány dva pokusné výbuchy s cílem ověřit hasicí účinek tří otevřených mlhových proudnic.

Uspořádání pokusů je patrné z tabulky 2.

Staničení od čelby štoly (m)		
Indikační plátky	Pytle s uhelným prachem	Proudnice
33	15	45
38	25	51
63	35	
73	65	
88		57

S ohledem na větší průkaznost pokusů byl ve staničení 65 m od čelby situován pytel s uhelným prachem, který byl rozstřelen současně s pytli ve

staničení 15, 25 a 35 m. Dalo se tudíž předpokládat, že při nedostatečném hasebním účinku sestavy mlhových proudnic dojde k přenosu výbuchu a vyhoření indikačních plátek ve staničení 63, 73 a 88 m.

Výsledky pokusů

Při obou pokusech došlo k vyhoření indikačních plátek ve staničení 33 a 38 m. Indikační plátky ve staničení 63, 73 a 88 m byly nedotčené.

Teplota plynů, unikajících z ústí štoly, změřená termovizí, byla při prvním pokusu 153 °C, při druhém 157 °C. Pracovní přetlak tří mlhových proudnic byl 0,2 MPa. Množství vody 385 l.min⁻¹.

Na základě těchto výsledků bylo tedy možné konstatovat:

1. K uhašení plamene výbuchu došlo v nejkrajnějším případě 63 m od čelby štoly.
2. Hasící a chladící účinek tří mlhových proudnic je dostatečný, což dokumentuje snížení teploty výbuchových plynů v ústí štoly z 356 °C na 157 °C.
3. Vodní mlhovina, vytvořená třemi mlhovými proudnicemi, zabrání přenosu výbuchu uhlénoho prachu v případě, že dojde k jeho opakování.

b) Zkoušky funkčnosti konstrukce zásobníku vody a hasební schopnosti vodní mlhoviny vzniklé jeho rozstřelením

Při těchto zkouškách byly provedeny tři pokusné výbuchy (č. 8 - 10).

Při prvním pokusu byla ověřována hasební schopnost uzávěry v případě, že dojde k selhání iniciačního zařízení a k destrukci zásobníku dojde pouze vlivem působení čela tlakové vlny. Uspořádání pokusu bylo totožné jako při zkouškách hasebního účinku mlhotvorných proudnic. Zásobník vody byl situován ve staničení 57,8 - 64,8 m od čelby štoly. Obsah vody v zásobníku byl 1 405 l, tj. cca 198,67 l.m⁻².

Výsledky pokusu č. 8

1. Indikační plátky ve staničení 33 - 38 m vyhořelé, ve staničení 63, 73 a 88 m nepoškozené.
2. Maximální teplota plynů u ústí štoly, naměřená termovizí, byla 59,2 °C.

Druhá fáze pokusů (č. 9 - 10) ověřovala hasební schopnost uzávěry v případě, kdy dojde k vytvoření vodní mlhoviny rozstřelením vodního obsahu zásobníku.

Protože v této fázi ještě nebylo vyvinuto iniciační zařízení, bylo rozstřelení zásobníku provedeno dvěma prameny bleskovice o celkové délce 13 m, která byla iniciována el. rozbuškou DeM S⁰ 4.

Uspořádání pokusů č. 9, 10 bylo totožné s pokusem č. 8.

Výsledky pokusů

Pokus č. 9 : indikační plátky ve staničení 33 a 38 m vyhořelé, ostatní nedotčené, maximální teplota u ústí štoly 55,4 °C

Pokus č. 10 : indikační plátky ve staničení 33 a 38 m vyhořelé, další nedotčené, maximální teplota u ústí štoly 57,6 °C

3. etapa

Cílem pokusných prací třetí etapy bylo ověřit:

1. Hasící a chladící schopnost AVPU v případě selhání jejího iniciačního zařízení.
2. Hasící a chladící schopnost klasické korýtkové vodní uzávěry.
3. Funkčnost iniciačního zařízení při nízkých výbuchových tlacích.
4. Odolnost iniciačního zařízení proti náhodné iniciaci při provádění trhací práce v důlních prostorách.
5. Velikost přetlaku při výbuchu bleskovice umístěné v plném a prázdném zásobníku ve vzdálenosti 1,2 m.
6. Velikost nálože umístěné v zásobníku vody.
7. Krytí profilu důlní chodby mlhovinou vzniklou výbuchem trhaviny.
8. Čas potřebný k vykrytí profilu chodby.

Hasící a chladící schopnost AVPU v případě selhání jejího iniciačního zařízení

Ověření bylo provedeno při pokusném odstřelu č. 3 a 4. Uspořádání pokusů bylo shodné s ostatními pokusnými odstřely. Naměřené výsledky jsou uvedeny v tabulce 3.

Hasící a chladící schopnost klasické korýtkové vodní uzávěry

Před ověřováním sdružené vodní korýtkové uzávěry byl proveden pokusný odstřel č. 1, při kterém nebyl plamen hašen a získané výsledky sloužily jako srovnávací etalon teploty.

Parametry pokusného odstřelu č. 1:

- objem zaplynovaného prostoru	30 m ³
- množství acetylenu	3 m ³
- iniciace acetylenovzdušné směsi	10 m bleskovice Np V.Zb. 1 ks el. rozbušky DeM ⁰ 3

Uhelný prach byl v profilu chodby umístěn ve třech pytlích a byl rozmetán náložkami Uhlometanitu 26 o hmotnosti 100 g, které byly iniciovány el. rozbuškami Dem ⁰0.

Pokusný odstřel č. 2

Byl proveden s cílem zjištění hasební schopnosti klasické korýtkové uzávěry. Uspořádání pokusu bylo shodné s pokusem č. 1. Sdružená vodní korýtková uzávěra byla 29 m dlouhá. Profil důlního díla byl 6,68 m². Počet korýtek v uzávěře byl 35 ks o obsahu 40 l. Naměřené výsledky jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3

Vyhodnocení pokusů č. 1 - 4

pokus č.	měř. místo kanál	max. tlak MPa	max. teplota		rychlost čela tlak. vlny m.sec ⁻¹
			čidlo termovize °C		
1	0 1 2 3	0,70 0,15	830 zničen	347 ^x	551,270
2	0 1 2 3	0,52 0,07	700 36	60,1 ^x	492,624
3	0 1 2 3	0,47 0,10	780 47	66 ^x	492,712
4	0 1 2 3	0,70 0,11	zničen 64	68,5 ^x	492,624

^x teplota měřena termovizí v ústí štol

Z tabulky 3 je patrné, že hasební schopnosti AVPU bez aktivního členu jsou srovnatelné s hasebními schopnostmi klasické korýtkové uzávěry. Tento závěr je ovšem platný pouze v oblasti s rychlostmi tlakové vlny od 450 m.sec⁻¹ výše.

Další pokusy třetí etapy řešící body 3, 4, 5, 6, 7 a 8

Bod 3

Cílem pokusů bylo ověřit funkci aktivního členu AVPU v oblasti nízkých výbuchových tlaků cca do 0,1 MPa.

V této etapě byly provedeny dva pokusy (pokus č. 5 a 10).

Pokus č. 5

Uspořádání pokusu je shodné s ostatními pokusy.

Parametry

zaplynovaný prostor 30 m³
 množství acetylenu 1,5 m³
 zapálení plynovzdušné směsi bylo provedeno
 10 m bleskovice iniciované el. rozbuškou DEM⁰⁰

obsah vody v AVPU	1 400 l
délka AVPU	5,2 m
délka bleskovice v AVPU umístěné v ose náplně byla	
2 x 5,00 m	

Prohlídkou AVPU bylo zjištěno, že aktivní člen AVPU nereagoval na tlak výbuchové vlny, protože došlo k ucpání otvoru tensometrického čidla uhelným prachem. Dále bylo zjištěno, že AVPU je sice bez vodního obsahu, avšak mokré pásmo po obvodu důlní výztuže dosahuje délky 5,5 m, což dokumentuje, že došlo k vytvoření mlhoviny pouze vlivem tlakové vlny.

Bod 4

Cílem řešení bylo ověřit odolnost aktivního členu AVPU vůči náhodnému tlakovému impulsu vzniklému prováděním trhací práce v důlních prostorách v blízkosti AVPU. V této etapě byly provedeny pokusy č. 6, 7, 8, 9.

Při těchto pokusech byla odpalována náložka Uhlometanitu o hmotnosti 200 g ve vzdálenostech 2,0 m (pokus č. 6), 5 m (pokus č. 9) a 10 m (pokusy č. 8 a 7) od aktivního členu.

Pokusy prokázaly, že nastavená filtrace a časové zpoždění 0,5 ms je dostatečná, protože ani v jednom případě nenastala aktivace připojeného mžikového palníku.

Bod 5

Cílem těchto pokusů bylo ověřit velikost přetlaku v důlním díle, vyvolaného náhodnou iniciací bleskovice v AVPU.

Pokusné odstřely č. 11, 12, (př. č. 30 - 33)

Při odstřelu č. 11 byla simulována situace, kdy dojde k protržení AVPU, voda vyteče a bleskovice v AVPU je iniciována.

Při odstřelu č. 12 byla odpálена bleskovice v AVPU s plnou vodní náplní.

V obou případech byl snímán tlak dvěma tlakovými tensometrickými snímači v bezprostřední blízkosti, t.j. ve vzdálenosti 1,2 m od AVPU a výsledkem měl být důkaz, že výbuchový tlak nepřekročí 0,02 MPa, což je udávané tlakové maximum pro ohrožení lidského zdraví.

V prvním případě byla tlaková hodnota mírně překročena, v případě druhém nedojde k poškození lidského zdraví.

Body 6, 7, 8

Cílem řešení bylo stanovení množství trhaviny, nutné pro vytvoření vodní mlhoviny, obsažené v AVPU. Množství trhaviny bylo limitováno požadavkem, že v případě náhodného odpalu nebude ve vzdálenosti 1,2 m od AVPU tlak výbuchové vlny větší než 0,02 MPa a k vykrytí profilu důlního díla vodní mlhovinou dojde v kratším čase než 60 ms.

Množství trhaviny, umístěné v ose AVPU, bylo stanoveno pokusným rozstřelováním svazku bleskovice NP V.Zb, umístěného v ose igelitového pytle naplněného vodou a následným měřením poloměru rozstříknuté vody. Přepočtem poměru plochy čela igelitového pytle k ploše čela AVPU byla jako dostačující stanovena dvojitá bleskovice NP V.Zb, umístěná v ose vodní náplně AVPU.

Krytí profilu důlní chodby mlhovinou vzniklou výbuchem trhaviny a čas

potřebný k vykrytí profilu chodby byly doloženy rozfázováním snímků videozáznamu pokusných odstřelů. Čas potřebný k plnému vykrytí profilu vodní mlhou je 40 až 60 ms.

Pokus č. 10

Uspořádání pokusu bylo totožné s pokusem č. 5.

Výsledek pokusu

Naměřený max. tlak ve výbuchové komoře byl 0,04 MPa. Rychlost čela tlakové vlny byla $157,895 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$.

Při tomto pokusu aktivní člen AVPU zareagoval a došlo k vytvoření vodní mlhoviny. Mokré pásmo dosáhlo až k ústí pokusné štoly, je tedy možno usuzovat, že hasicí schopnost AVPU je dobrá.

Vyhodnocení výsledků pokusů 3. etapy (pokusy č. 5 - 12)

Na základě výsledků pokusů 3. etapy lze konstatovat:

- 1) Hasicí schopnost AVPU bez aktivního členu v oblastech nízkých tlaků a rychlostí výbuchové vlny je nedostatečná, protože nedochází k destrukci AVPU a tím i k vytvoření vodní mlhoviny.
- 2) Reakcí aktivního členu s následným rozstřelením vodního obsahu AVPU je hasicí schopnost AVPU dostatečná i v pásmech nízkých tlaků a rychlostí výbuchové vlny.
- 3) Náhodná reakce aktivního členu AVPU vlivem těžebních odstřelů je vyloučena.
- 4) V případech náhodné iniciace, jak vypuštěné, tak plné AVPU, nepřesahuje velikost tlaku ve vzdálenosti 1,2 m 0,02 MPa, tudíž nedojde k poškození lidského organismu.

S výsledky řešení a provedených pokusů byli seznámeni zástupci ČBÚ, kteří mimo jiné doporučili ověřit výsledky pokusů ve velké pokusné štolě VVUÚ Radvanice ve Štramберку. Ověřovací zkoušky proběhly ve dnech 4. - 8. 10. 1992.

Ověřovací zkoušky ve velké pokusné štolě VVUÚ Radvanice

Metodika měření funkčnosti vodních korýtkových uzávěr je ve VVUÚ Radvanice zpracována na základě měření světelné intenzity plamene při jeho průchodu jednotlivými měřicími místy. Na jednotlivých měřicích místech jsou umístěna jak fotonková, tak tlaková čidla, takže lze provádět měření rychlosti postupu plamene a tlakové vlny. Je tedy možné konstatovat, že hasební schopnost uzávěry je posuzována ne z hlediska snížení teploty, ale snížení světelné intenzity plamene.

Na základě jednání mezi zástupci VVUÚ Radvanice a VÚHU v Mostě byly ověřovací zkoušky rozděleny do tří etap.

1. etapa

Zkoušky modelu AVPU bez aktivního členu.

Bylo provedeno 5 pokusů.

2. etapa

Zkoušky modelu AVPU s aktivním členem.

Bylo provedeno 5 pokusů.

3. etapa

Zkoušky prototypu AVPU s aktivním členem a bez aktivního členu. Byly provedeny dva pokusy.

Pokusy první etapyPopis modelu AVPU

Podmínkou modelových zkoušek je, aby vodní obsah uzávěry byl 320 l. Model byl tedy vytvořen zkrácenou AVPU tak, aby vodní obsah koryta byl 320 l.

Konstrukce modelu je shodná s prototypem AVPU.

Popis velké pokusné štoly VVUÚ Radvanice ve Štramberku

Štola je cca 300 m dlouhá, světlý profil štoly je cca 9 m². Při jejím ústí se profil zvětšuje v délce cca 15 m na 12 - 13 m² a slouží jako expanzní komora. Štola je ukončena hrázovým objektem s ocelovými dveřmi opatřenými otvorem, který slouží pro únik výbuchových plynů a tlumí zvukový účinek výbuchu uhelného prachu.

V levém boku štoly jsou umístěna tlaková a fotonková čidla pro měření velikosti tlaku a intenzity plamene.

Staničení čidel (od čelby) udává následující tabulka.

Tab. 4

Staničení (m)	druh čidla	tlak
1,2	dioda	
3,6	F ₀ (fotonka)	
19,30	F ₁ (fotonka)	T ₁ tenzometr. tlak. čidlo
35,80	F ₂ (fotonka)	
47,70	F ₃ (fotonka)	
62,65	F ₄ (fotonka)	T ₄ tenzometr. tlak. čidlo
77,60	F ₅ (fotonka)	
91,70	F ₆ (fotonka)	T ₆ tenzometr. tlak. čidlo
107,75	F ₇ (fotonka)	
120,15	F ₈ (fotonka)	
137,55	F ₉ (fotonka)	
227,50		T ₁₅ tenzometr. tlak. čidlo
298,45		T hráz

Vyhodnocení účinnosti vodních uzávěr se provádí dle metodiky VVUÚ Radvanice tak, že se srovnává intenzita plamene za uzávěrou s intenzitou, kdy plamen není hašen vodní mlhovinou. Minimální počet v hodnocené sérii je pět pokusů.

Při modelových pokusech se používá 90 kg prachu, který vytvoří zaprášenou zónu o délce 37,5 m. Uhlý prach je nasypán do úhelníků položených na počvu štoly. Rozmetání uhelného prachu se provádí výbuchem bleskovice, která je

umístěna v rohu ocelových úhelníků. Prach je iniciován výbuchem 500 g Vesuvitu, který je umístěn v ocelovém moždíři. Nespornou výhodou modelových zkoušek je jejich reprodukovatelnost a možnost realizovat v poměrně krátkém čase více pokusů.

Vyhodnocení pokusů první etapy

Stěžejním kritériem je snížení intenzity plamene na měřicích místech F_5 , F_6 a F_7 , měřicí místa $F_0 - F_4$ jsou situována před uzávěrou a vykazují tudíž plnou intenzitu.

Srovnání naměřených hodnot intenzity plamene při pokusech s korýtkovou uzávěrou a AVPU bez aktivního členu je uvedeno v tabulce 5.

Statistické vyhodnocení intenzity plamene (mV)

Tab. 5

čidlo	bez uzávěry	korýtka Krasten	AVPU bez akt. členu	rozdíl
F_0	585,3	596,3	538,6	5
F_1	512,7	520,9	539,4	
F_2	386,3	234,8	574,4	
F_3	352,3	271,2	517,5	
F_4	408,1	379,0	569,6	
F_5	433,5	317,7	355,1	
F_6	446,6	166,8	159,4	
F_7	333,2	0	0	
F_8				

Porovnáme-li naměřené hodnoty intenzity plamene na měřicích místech $F_1 - F_4$, kdy nedochází ještě k hašení plamene vodní mlhou, je patrné, že při pokusech s AVPU jsou naměřené hodnoty vyšší než při pokusech s korýtkovou uzávěrou. Přes tyto vyšší hodnoty na měřicích místech $F_1 - F_4$ je hodnota intenzity plamene na měřicím místě F_6 nižší, než při pokusech s korýtkovou uzávěrou. Je tedy možné konstatovat, že hasící schopnost AVPU bez aktivního členu je plně srovnatelná s korýtkovou uzávěrou, která je osazena korýtky z Krastenu.

Tento závěr je však možno aplikovat pouze do velikosti profilu důlního díla 9 m².

Pokusy druhé etapy

Ve druhé etapě pokusů byl zkoušen model AVPU s aktivním členem. Konstrukce modelu byla stejná jako v první etapě. V ose modelu však byly umístěny dva prameny bleskovice NP V.Zb o délce 1,10 m, která byla iniciována elektrickou rozbuškou DEM-S⁰ 0. Iniciace rozbušky byla provedena aktivním členem AVPU, reagujícím na impuls tlakové vlny.

Aktivní člen byl umístěn ve staničení 49,20 m od čelby. Vzdálenost od uzávěry byla 15,20 m.

Ve druhé etapě bylo provedeno rovněž pět pokusů. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6

Fot. č.	pokus číslo					
	207	208	209	212	213	ϕ
F ₀	544	547	407	544	540	543,75
F ₁	534	538	537	536	533	535,25
F ₂	572	567	567	567	563	567,25
F ₃	513	516	514	513	510	513,00
F ₄	567	570	568	567	569	568,25
F ₅	490	419	528	482	273	416,00
F ₆	0	0	215	41	0	10,25
F ₇	0	0	0	0	0	0

Při pokusu č. 209 došlo k poruše aktivního členu, takže výsledky pokusu nejsou věrohodné a nejsou započítány do statistického průměru.

Na základě srovnání snížení intenzity v úseku F₄ - F₆ (viz tabulka 7), je tedy možné konstatovat, že výsledky AVPU 1 (bez aktivního členu) jsou srovnatelné jak s korýtky Krasten, tak EPS. Výsledky pokusů s AVPU 2 jsou výrazně lepší.

Tab. 7

čidlo	ϕ intenzita plamene mV			
	Krasten mV	EPS mV	AVPU 1 mV	AVPU 2 mV
F ₄ mV	400,44	388,040	548,500	545,500
F ₆ mV	166,8	7,30	159,40	10,25
Rozdíl	233,640	380,74	389,00	535,25

Pokusy třetí etapy

Ve třetí etapě byly provedeny 2 pokusy s prototypem AVPU. Při prvním pokusu byla zkoušena AVPU bez aktivního členu, při druhém pokusu byl použit aktivní člen.

Uspořádání pokusů

Uspořádání pokusů s prototypem AVPU bylo prakticky stejné jako u pokusu s modelem s tím rozdílem, že délka rozprášené zóny byla 75,00 m, tedy končila 3,5 m za uzávěrou.

Pokus č. 210

Při pokusu byla zkoušena AVPU bez aktivního členu. Došlo k selhávce bleskovice na úhelníku č. 5 a 6, čímž byla snížena intenzita výbuchu v zaprášené zóně.

Z naměřených hodnot intenzity plamene na měřících stanovištích F₆ bylo

patrné, že hasební schopnost AVPU v oblasti nízkých tlaků a rychlostí výbuchu je nedostatečná. Prohlídkou konstrukce bylo zjištěno, že AVPU zůstala prakticky nepoškozená.

Pokus č. 211

Pokusem byla ověřována hasební schopnost AVPU s aktivním členem. Aktivní člen byl situován 49,20 m od čelby. Vzdálenost od čela uzávěry byla 15,20 m. Stančení prototypu AVPU bylo 64,5 - 71,5 m od čelby štoly.

Na základě výsledků pokusů ve velké pokusné štole VÚHU Most a VVUÚ Radvanice lze konstatovat:

1. Hasební schopnost AVPU bez aktivního členu je srovnatelná s dosud používanými korýtkovými uzávěrami v oblastech, kde rychlosti výbuchu přesahují $400 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ a tlaky 0,3 MPa. Tento závěr je potvrzen výsledky pokusu ve velké štole VÚHU v Mostě.
2. V oblastech, kdy se rychlost tlakové vlny pohybuje v pásmu 300 - 350 $\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ a tlaky nepřesahují 0,1 MPa, je funkce AVPU bez aktivního členu nespolehlivá a nelze ji doporučit.
3. AVPU s aktivním členem je funkční v pásmech s nízkými i vysokými rychlostmi a tlaky výbuchové vlny. Hasební schopnost této uzávěry je výrazně lepší než dosud používaných korýtkových uzávěr. Tento závěr je potvrzen výsledkem pokusů ve velké štole VVUÚ Radvanice ve Štamberku.

Konečný návrh konstrukce prototypu AVPU

1. Konstrukce zásobníku vody

S ohledem na snadnou dopravu, manipulaci a zvýšení spolehlivosti funkce uzávěry byl zásobník vody řešen jako stavebnice. Výhodou stavebnicového systému je, že přidáním dalšího dílu je možno vykrýt větší profily důlních chodeb a v případě, že dojde k poškození jednoho dílu, uzávěra neztrácí svoji funkčnost a případné opravy jsou snadnější a ekonomičtější.

Nosná konstrukce jednoho dílu je tvořena ocelovým pozinkovaným pletivem o okatosti 5 x 5 cm a šířce 200 cm, které je upevněno na ocelových trubkách o ϕ 40 mm a délce 2 100 mm. Nosná konstrukce je ukončena čelou z polystyrenu nebo z vodovzdorné překližky o síle 5 mm. Čela jsou připevněna k pletivu silonovým provazem nebo izolovaným drátem, jednotlivé díly jsou propojeny krátkými ocelovými trubkami o délce 500 mm, které jsou vsunuty do nosných trubek jednotlivých dílů. Těsnicí část je tvořena folií z PVC s antistatickou úpravou. Jednotlivé díly jsou vyvázány na důlní výztuž silonovým provazem používaným k přivazování větraček a potrubí. Předpokládá se, že jednotlivé díly budou připravovány na povrchu a po svinutí dopraveny na místo použití.

2. Krytí trhaviny proti vodě

K vytvoření mlhoviny je použito dvou pramenů důlně bezpečné bleskovice situované v podélné ose vodního zásobníku. Bleskovice je proti působení vody kryta hadicí z PVC nebo gumy. Jednotlivé komory AVPU jsou propojeny ocelovými trubkami ohnutými do tvaru U. Na středním propojovacím dílu je přišroubována ocelolitinová krabice typu XLV3H0, ve které je umístěna rozbuška.

3. Konstrukce a krytí aktivního členu AVPU

Bezpečnostní krytí aktivního členu je provedeno tak, že je umístěn v ocelolitinové skříni typu X1S1EO odolné proti výbuchu metanu a uhelného prachu. Krycí krabice rozbušky a aktivního členu jsou vyrobeny v MEZ Postřelmov.

4. Konstrukce aktivní mlhové proudnice

Aktivní mlhová proudnice se skládá z těchto částí:

1. Tělo proudnice
2. Pohyblivé tříštící tělísko
3. Uzavírací pákový mechanismus
4. Tlačné křídlo
5. Uzavírací ventil

Tělo proudnice je tvořeno ocelovou pozinkovanou rourou o průměru 2" zakončenou na jedné straně uzavíracím ventilem 3/4" a na druhé tryskou. Tryska je uzavřena pohyblivým tříštícím tělískem, které je pomocí pákového mechanismu drženo přitlačovacím šroubem v zavřené poloze. Páka je podepřena podpěrou ovládanou tlačným křídlem. V případě, že dojde k výbuchu, narazí čelo výbuchové vlny na tlačné křídlo a jeho vychýlením dojde ke ztrátě podpory pákového mechanismu a otevření mlhové proudnice.

Závěr a doporučení

Na základě výsledků provedených pokusů ve velké štole VÚHU v Mostě a ověřovacích pokusů, provedených ve velké štole VVUÚ Radvanice, lze konstatovat:

- 1) Hasební a ochlazovací schopnost AVPU bez aktivního členu je srovnatelná s dosud používanými korýtkovými uzávěrami pouze v tom případě, že tlak výbuchu je vyšší než 0,3 MPa a rychlost výbuchové vlny větší než 400 m.s⁻¹.
- 2) Při nižších tlacích a rychlostech je funkce AVPU bez aktivního členu nespolehlivá a nelze ji doporučit.
- 3) Hasební schopnost AVPU s aktivním členem je řádově lepší než dosud používané korýtkové uzávěry.
- 4) Navržená konstrukce aktivního členu je vyhovující pro použití v provozních podmínkách.
- 5) Hasební schopnost již otevřených tří mlhových proudnic je dostatečná a zabrání přenosu výbuchu v případě jeho opakování.

Již dnes lze doporučit používání aktivních mlhových proudnic v sestavě s vodními korýtkovými uzávěrami.

Eventuální další ověřování AVPU doporučujeme provádět v pokusné štole VVUÚ Radvanice. Ověřování by se mělo týkat použití AVPU ve velkých profilech důlních chodeb a množství vody v zásobníku, které je potřebné pro zaručení dostatečného hasebního účinku AVPU.

Literatura

- 1) Ing. M. Vrbíček - VÚHU 1991
Ověření koncepce řešení aktivní
protivýbuchové uzávěry

- 2) Ing. M. Vrbíček - VÚHU 1992
Vývoj a výroba prototypu aktivní vodní
protivýbuchové uzávěry a její porovnání s
hasící schopností korýtkové uzávěry
- 3) Ing. M. Lukeš - VVUÚ Radvanice 1992
Stanovení účinnosti modelu a prototypu
vodní protivýbuchové uzávěry AVPU 1 (1A) a
AVPU 2 (VÚHU Most a.s.) v podmínkách
výbuchu v pokusné štole ve Stramberku