

Jan GOTTFRIED*

POPIS MOŽNOSTÍ DYNAMICKÝCH MODELŮ A DOPORUČENÍ PRO ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY ÚNIKU PLYNU Z UZAVŘENÝCH DOLŮ

DESCRIPTION POSSIBILITIES OF DYNAMIC MODELS AND RECOMMENDATIONS FOR
SOLUTION OF PROBLEMS CONNECTED WITH GAS LEAKAGE FROM CLOSED MINES

Abstrakt

Předložený příspěvek se zabývá popisem možností modelů při řešení problematiky úniku plynu ze starých uzavřených důlních děl a popisem jejich využití. Jeho cílem je předvést jak mohou tyto modely pomoci při návrhu odplyňovacího systému, umístování odsávacích vrtů, stanovení režimů odsávání, řízení odsávání a předpovídání vzniku nebezpečných situací. Dále se příspěvek zabývá zhodnocením možností využití modelů v praxi a návrhy postupů při řešení úniku nebezpečných plynů. V příspěvku se pokusíme definovat kroky, které je nutno splnit, aby bylo možno vytvořit funkční věrohodný model, popřípadě účinný odplyňovací systém. Pro jednodušší použití modelů je popsán postup, jak nejlépe aplikovat prezentované modely.

Abstract

The present contribution deals with description of possibilities of models for solving problems connected with gas leakage from old abandoned mine workings and with application of such models. Its aim is to demonstrate how these models can help when designing a degassing system, when placing gas drainage boreholes, when establishing gas drainage regimes, control of drainage and prediction of occurrence of dangerous situations. Furthermore, the contribution deals with potential practical applications of the models and with proposals of procedures for control of leakage of dangerous gases.

In this contribution, we will try to define the steps, which must be completed so that it would be possible to develop a functional credible model, or eventually an effective degassing system. To facilitate a simpler application of the models a procedure is described of how to apply in the best way the models presented here.

Key words: underground mine degassing, gas drainage model.

Obecný postup při návrhu modelu

Při návrhu dynamického modelu vytvářeného systémem POWERSIM, jehož úkolem má být simulace chování plynu proudícího z podzemí uzavřených dolů musíme splnit několik základních kroků tak, aby byl model funkční a schopný poskytovat informace, které od něj vyžadujeme.

Prvním velmi důležitým krokem je získání mapové a důlně geologické situace, pokud možno kompletní a co nejpodrobnější. Tato dokumentace slouží k vytvoření představy o konkrétní situaci na zkoumané lokalitě a pomůže tuto lokalitu rozdělit na menší oblasti, nebo zásobníky. Vzhledem k tomu, že na poddolovaných územích probíhala hornická činnost, je předpoklad, že získání takové dokumentace nemusí být problémem, i když se může stát, že tato dokumentace je ztracená, nebo z jakýchkoliv jiných důvodů nepřístupná.

* Ing., Ph.D., Institut ekonomiky a systémů řízení, HGF VŠB-TU Ostrava, tř. 17. listopadu 15,
708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: jgottfried@iol.cz

Dalším krokem je ohledání situace na místě, kdy je třeba zjistit a zakreslit do mapy místa s největšími výskyty nebezpečného plynu unikajícího na povrch, popřípadě provést metascreeing a lokalizovat plochy plošného výstupu metanu. To samozřejmě souvisí i provedením řady měření ve zkoumané lokalitě.

Metascreeing je metoda zjišťování množství metanu a oxidu uhličitého v půdě pomocí mělkých sond.

Na základě poznatků získaných v předchozích dvou bodech by mělo být možné sestavit náskres systému s možnými zdroji, zásobníky a komunikacemi, které mohou akumulovat, nebo vést plyn k povrchu.

Na základě získané mapové a důlně geologické dokumentace je možno předběžně stanovit hodnoty plynopropustností a dalších parametrů potřebných k práci a vytvoření modelu.

V této fázi je možno se pustit do tvorby samotného modelu. K sestavení počítačového modelu navrženého systému je možno s výhodou využít připravených popsaných obecných modelů, které pomáhají jednoduše krok za krokem sestavit model celkový, který se od obecného modelu bude lišit jen počtem prvků (komunikací, zásobníků) a samozřejmě nastavením parametrů.

Po sestavení počítačového modelu dané lokality a na základě parametrů systému zjištěných v předchozích krocích nastavíme předběžné parametry modelu, které během procesu verifikace zpřesňujeme. Pro přesnější stanovení parametrů modelu, je třeba provést řadu měření, a nejlepší je provést na zkoumané lokalitě odsávací zkoušku (v případě, že již existuje na zkoumané lokalitě vrt, nebo jiné důlní dílo umožňující tuto zkoušku vykonat).

Nyní již je možno s modelem experimentovat využívat jej ke svému účelu. Je třeba mít ovšem na paměti, že i nadále je nutno parametry modelu zpřesňovat a model dotvářet a zdokonalovat na základě dalších nově získaných poznatků.

Postup při návrhu odplyňovacího systému

Pro účely vybudování ochrany oblasti postižené hornickou činností a jejím důsledkem – únikem nebezpečných plynů se jeví jako nejvýhodnější metoda ochrany budování odplyňovacích systémů (pasivních, nebo aktivních). Odplyňovací systémy mají za úkol odvést plyn kontrolovanými cestami z podzemí na povrch místo toho, aby plyn unikal z podzemí na libovolných místech nekontrolovaně. Postup při návrhu odplyňovacího systému je z počátku podobný, jako postup při tvorbě modelu. Nejprve je nutné se důkladně seznámit s důlně geologickou situací v postižené lokalitě.

Dalším krokem při vytváření odplyňovacího systému je vytvoření předběžného počítačového modelu postižené oblasti, návrh různých variant odplyňovacího systému a jejich posouzení spolu s posouzením zjištěné důlně geologické dokumentace. Provedení tohoto kroku nemůže být závislé na jednom člověku, ale je nutné, aby samotnou podobu odplyňovacího systému a jeho parametry (rozmístění vrtů, typ odplyňovacího systému, typ a parametry odsávací stanice) navrhoval tým složený z odborníků z různých oborů (geologové, větrači, báňští inženýři, a podobně). Na základě výsledků získaných v tomto kroku již lze navrhnout a vytvořit odplyňovací systém, který může sloužit k zajištění bezpečnosti.

Na základě informací získaných z modelů a konfrontací s jednotlivými odborníky navrhuji vytipovat ve zkoumané lokalitě tři až pět míst pro vytvoření mělkých odplyňovacích vrtů (z dosavadní zkušenosti víme, že mohou do hloubky cca 100 m). Vrty by měly být rozmístěny tak, aby zasahovali centrální i okrajovou část zkoumané lokality. Jejich rozmístění ovšem zcela závisí na zjištění důlně geologické situace. Na těchto vrtech je vhodné provést odsávací zkoušku a zjistit jejich vzájemné ovlivnění a dále jejich vliv na zkoumanou lokalitu (zejména tlakové poměry). Na základě výsledků zjištěných odsávací zkouškou je možno upřesnit hodnoty plynopropustností na zkoumané lokalitě, popřípadě další parametry a provést zpřesnění předběžného počítačového modelu. V případě, že by odsávací zkouška prokázala nutnost vrtání odplyňovacích vrtů, mohou se vyvrtat další nezbytné vrty. Na základě získaných zkušeností je možno i za pomoci modelu navrhnout parametry případné odsávací stanice. K poznatkům uvedených v této kapitole se došlo postupně a je zde navázáno především na práce Láta et al. (2000), Šenovského (2001) a Gottfrieda et al. (2001).

Tento postup vykazuje rozdíl oproti dosavadní praxi řešení problematiky výstupů nebezpečného plynu na povrch v tom, že v současnosti se v postižené lokalitě vyvrtá velké množství vrtů, které mají zajistit bezpečnost lokality před únikem nebezpečných plynů. Tvorba takového odplyňovacího systému s velkým počtem odplyňovacích vrtů je ovšem nepřiměřeně nákladná.

Možnosti využití modelu

Počítačové modely jsou silným nástrojem, při řešení různorodých problémů z technické praxe. V počátcích řešení problematiky výstupů plynů z oblastí s ukončenou hornickou činností jsem vytvářel model, který měl za úkol ohroženou oblast popsat a měl upozorňovat na nebezpečné stavy. Postupně, během práce s těmito modely, se přidávaly další možnosti využití vytvořených modelů jako je například zjištění nejlepšího umístění odsávací stanice, volba režimu práce odsávací stanice, zjišťování vlivu odsávání na lokalitu, zkoumání variant odsávacího systému, nebo zjišťování parametrů lokality tak, aby se mohly tyto parametry použít na nové nezkoumané lokality.

Jak již bylo řečeno, predikce nebezpečných stavů byl prvotní úkol vytvářených počítačových modelů. Jejich úkolem je upozorňovat na možnost vzniku nebezpečí plynoucího z úniku plynu z podzemí na povrch a na rozsah tohoto nebezpečí. Vstupními parametry, na základě kterých se provádí predikce jsou především meteorologická předpověď vývoje atmosférického tlaku a teploty.

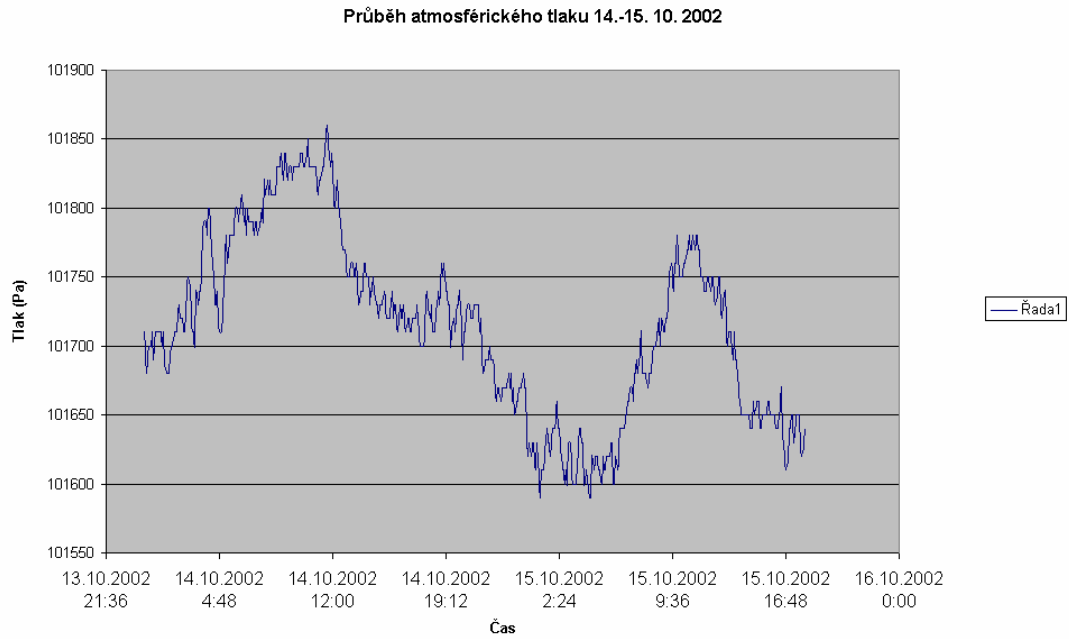
Proto, abychom mohli pomocí modelu navrhovat umístění odsávací stanice, musíme nejprve provést řadu měření na vrtech, které jsou na zkoumané lokalitě vyvrtány a na základě těchto měření verifikovat předběžný model. S takto verifikovaným modelem již lze zkoumat účinky různých podtlaků odsávací stanice, jejího rozmístění na různých vrtech, popřípadě propojení jedné odsávací stanice s více vrty. Model může také pomoci při volbě režimu práce odsávací stanice, kdy můžeme zkoumat účinky otvírání a uzavírání vrtů na tlakové poměry ve zkoumané lokalitě. Pomocí experimentů s modely lze také navrhnout vhodný typ odsávací stanice a režim odsávací stanice. Je možno na modelu vyzkoušet například stanici, která běží kontinuálně a díky malému množství plynu, které je odsáváno nepřetržitě je vytvářen v podzemí mírný podtlak, který znemožňuje úniku nebezpečných plynů na povrch jinou cestou, než cestou odsávaného vrtu, nebo lze na modelu vyzkoušet řešení s odsávací stanicí, která se spouští pouze v určitých intervalech, které jsou vázány na možný vznik nebezpečné situace, na kterou upozorní model na základě předpovědi počasí. Dále můžeme zkoumat vliv uzavírání podtlakových vrtů na dobu odsávání a na tlakové poměry v podzemí. Celkově lze říci, že je možné pomocí modelu zkoumat různé varianty konfigurace odsávacího systému a režimu odsávací stanice a zvolit tak tu nejlepší variantu.

Pravdou je ovšem, že ani tento model není vždy použitelný. Spolehlivý model nelze vytvořit na lokalitě, o které nemáme vůbec žádné informace, nebo zcela kusé informace.

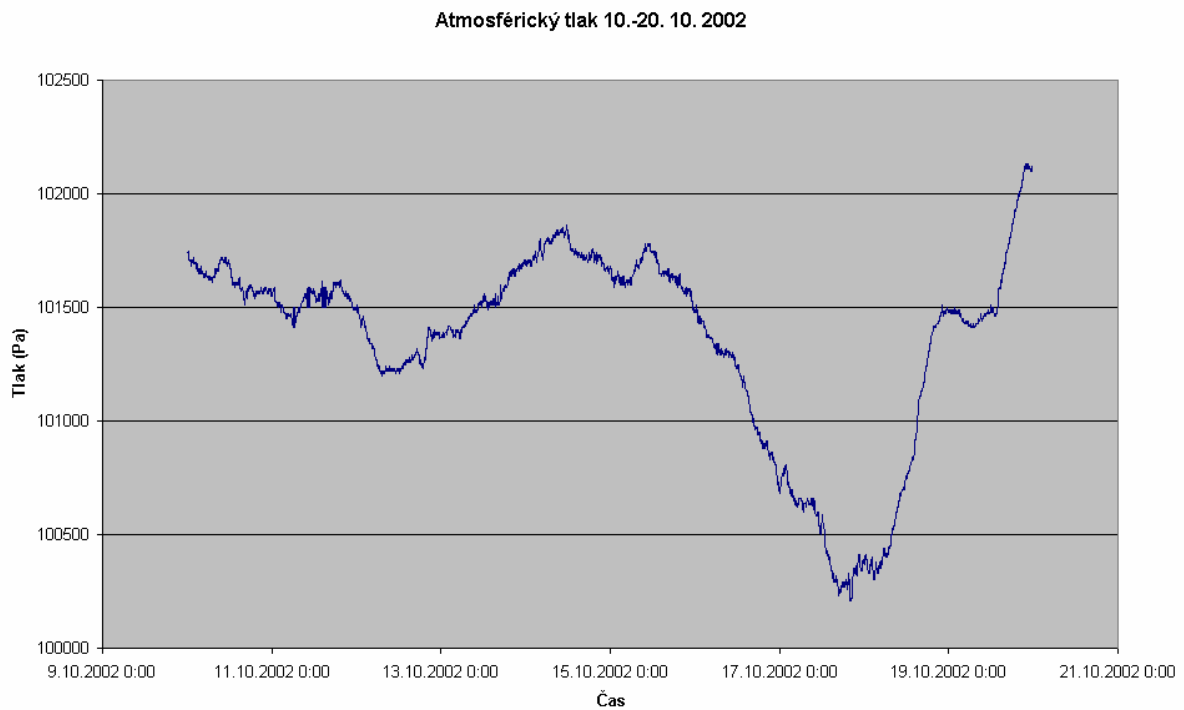
Po odsávacích zkouškách lze modelem ověřovat různé kombinace propojení vrtů s odsávací stanicí a tím lze pomoci při návrhu odplyňovacího systému.

Jako praktickou ukázkou modelů, které jsem vytvořil uvádím výsledky modelu, který popisuje lokalitu Jakloveckého dolu v Ostravě v České republice. Je zde prezentován upravený předběžný model tak, aby odpovídal skutečnosti, tedy aby podtlak degazační ovlivnil směr a velikost proudění mezi povrchem a podzemím. Pro účely verifikace modelu Jakloveckého dolu byly upraveny hodnoty plynopropustností oproti stávajícímu předběžnému modelu tak, aby výsledky simulace s modelem korespondovaly s naměřenou skutečností. To, jak se tento úkol povedl lze zjistit na Obr. 3, Obr. 4 a Obr. 5. Na těchto obrázcích je srovnání hodnot vypočtených modelem a naměřených během odsávacích zkoušek na Jakloveckém dole. Popsaná verifikace modelu je založena na výsledcích odsávacích zkoušek, které provedli pracovníci OKD, DPB a.s. ve spolupráci s VŠB – TU Ostrava ve dnech 14. a 15. října 2002. Odsávaným vrtem byl vrt JD 14 umístěný v areálu bývalého závodu dolu Petr Bezruč (lokalita Jakloveckého dolu).

Průběh atmosférického tlaku zřetelný z Obr. 1 a Obr. 2 ukazuje, že během měření nedošlo k výraznějším výkyvům atmosférického tlaku, což bylo dobré, protože se tím pádem téměř vyloučil právě vliv atmosférického tlaku na odsávací zkoušky (trvale klesající atmosférický tlak během odsávacích zkoušek by měl za následek snížení projevu účinku odsávání, zatímco rostoucí tlak by měl za následek zdanlivě vyšší účinnost odsávání).

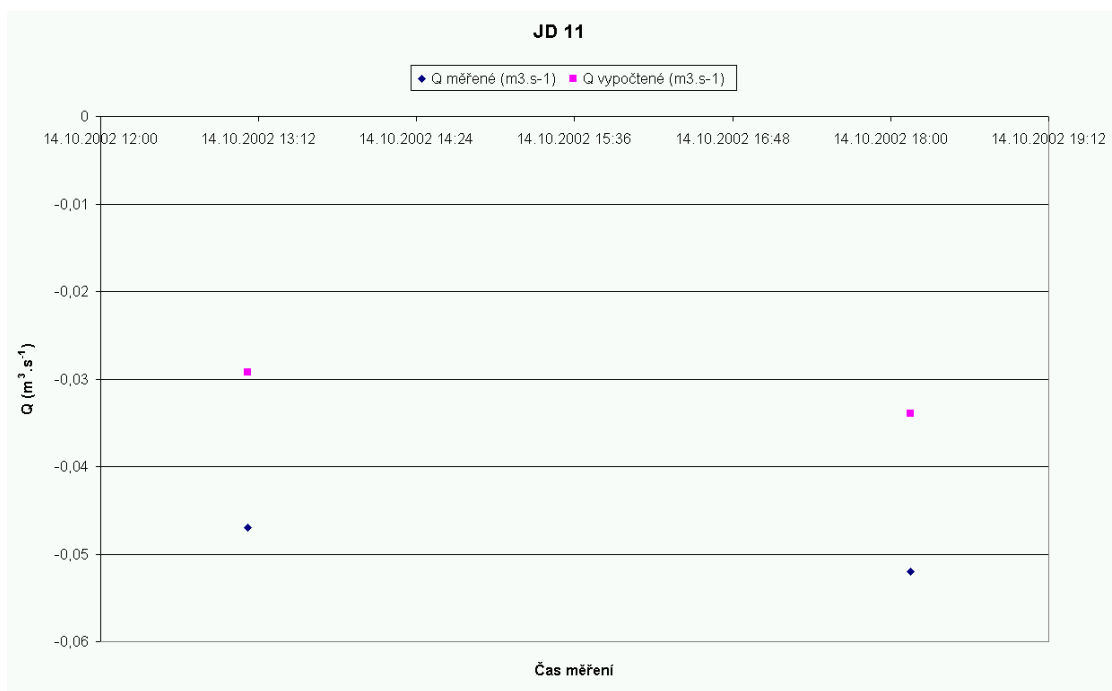


Obr. 1: Průběh atmosférického tlaku pouze ve dnech 14. a 15. 10. 2002



Obr. 2: Průběh atmosférického tlaku ve dnech 10. – 20. 10. 2002

Obr. 2 znázorňuje, pro srovnání s Obr. 1, průběh atmosférického tlaku v širším časovém období kolem období odsávací zkoušky. Z výše uvedených grafů lze vypořadovat, že se atmosférický tlak v období odsávacích zkoušek pohybuje na relativně stejné hladině v rozsahu 101600-101850 tedy kolísá v rozmezí pouhých 250 Pa zatímco výraznější kolísání za stejný časový úsek může být mnohem vyšší (např. 18.-20. 10. 2002 – 2000 Pa), jak je vidět z Obr. 2.



Obr. 3: Srovnání měřených a vypočtených hodnot na vrtu JD 11, na ose x jsou hodnoty časů měření, na ose y jsou objemové průtoky plynu. V každém časovém okamžiku měření je uvedena hodnota měřeného (kosočtverce) a vypočteného (čtverce) množství proudícího plynu vrtem.



Obr. 4: Srovnání měřených a vypočtených hodnot na vrtu JD 13, na ose x jsou hodnoty časů měření, na ose y jsou objemové průtoky plynu. V každém časovém okamžiku měření je uvedena hodnota měřeného (kosočtverce) a vypočteného (čtverce) množství proudícího plynu vrtem.



Obr. 5: Srovnání měřených a vypočtených hodnot na vrtnu JD 16, na ose x jsou hodnoty časů měření, na ose y jsou objemové průtoky plynu. V každém časovém okamžiku měření je uvedena hodnota měřeného (kosočtverce) a vypočteného (čtverce) množství proudícího plynu vrtem.

Závěr

Práce se zabývá tématem, které je v poslední době aktuální. Na téma úniků plynů z podzemí uzavřených dolů v rámci grantového úkolu číslo 105/98/KO45 s názvem „Projekt realizace systému ochrany atmosféry před únikem metanu z uzavřených dolů v Ostravské aglomeraci“ vznikla celá řada prací, které se svým ojedinělým přístupem zasadily o rozvoj poznání v dané oblasti. V budoucnu jistě pomohou při řešení problémů vzniklých útlumem těžby a s ním souvisejícím únikem nebezpečných plynů, nejen v České republice, ale hlavně v zahraničí. Podle dostupných zpráv, které máme ze zahraničí se tato problematika neřešila ještě nikde v tak velkém rozsahu, jako právě u nás. Směr, řešení, který je naznačen v prezentované práci je jen jedním z několika, které se řeší na našem pracovišti.

V práci jsem shrnul několik doporučení a možností postupů, jak by se mohla problematika výstupů plynů z podzemí uzavřených dolů na povrch řešit. Také jsem shrnul jak by se při tomto řešení měly mnou navržené postupy aplikovat.

Po uvedeném shrnutí jsem zařadil i několik praktických poznatků, ve kterých je popsána aplikace zmíněných modelů na konkrétní lokalitě. Jedná se o lokalitu Jakloveckého dolu, kde se podařilo provést alespoň několik měření tak, aby se daly modely verifikovat a použít pro účely, pro které byly vytvořeny. V kapitole o aplikaci modelů na konkrétní lokalitě jsou uvedeny informace o tom, jaké vlastnosti mají a dále vstupní parametry, které určují jejich chování. Stanovení těchto parametrů bylo často velmi složité a bylo proto nutné se někdy spokojit se s určitými zjednodušeními.

Bohužel od počátku řešení až po současnost doprovází nejen mou práci, ale i práci mých kolegů spousta potíží a překážek. Asi největší překážkou jsou, jak už to bývá, peníze. S tím souvisí i další, neméně důležitá překážka, kterou je lidský faktor.

Jsem si vědom například malého počtu měření provedených na zkoumaných lokalitách při odsávacích zkouškách. Při větším počtu provedených odsávacích zkoušek a větším počtu měření by jistě byla i verifikace modelů lepší. Na mou práci lze navázat a rozšířit ji o měření, která by stanovila hodnoty plynopropustnosti jednotlivých typů hornin. Tím by se usnadnila a zpřesnila tvorba předběžných modelů ohrožených lokalit.

Literatura

- [1] Gottfried, J., Šiška, D., Hummel, M.: Protection of surface against emissions of methane after completion mining activities. In *Proceedings of the Mining planning and selection MPES 2001, New Delhi, India, 2001*.
- [2] Lát, J.; Strakoš, V.; Truneček, T.: Gas emission from underground areas to the surface from mines determined to be closed. *Dilčí zpráva za rok 2000 grantového úkolu č. 105/98/KO45, Ostrava, VŠB-TU Ostrava, srpen 2000, s. 64 – 74, ISBN 80-86-111-55-5*.
- [3] Šenovský, P.: Předběžný model Jakloveckého dolu pro řešení proudění plynů. *Dilčí zpráva GÚ č. 105/98/KO45 z 20.12.2001*.

Summary

The work is dealing with a problem, which is actual at the time being. Numerous studies dedicated to gas leakage from underground workings of closed mines were elaborated within framework of grant task N°105/98/K045 named "Project of realization of atmosphere protection system against methane leakage from closed mines in Ostrava agglomeration", which, with their common approach helped to development of knowledge of the last-mentioned sphere. In future, they will certainly help solving of problems resulted from underground spontaneous fires and from emissions of dangerous fire gas products not only in Czech Republic but mainly abroad. According to available reports from abroad such problems have not been solved there as yet in such extent as in our country. The alternative solution which is outlined in the presented work is one of several alternatives which are being solved by our workplace.

In my work, I have summarized several recommendations and potential procedures of how to solve the problems connected with leakage and emission of mine gas from underground workings of closed mines to surface ground. I have summarized equally how the procedures proposed by me should be applied in this solution. After this summarization I have included also some practical experiences in which applying of the above-mentioned models is described.

After the summarization I have added some practical experience in which the application of the above-mentioned models for a concrete locality is described. This is the case of Jaklovec Mine site where at least some measurements were carried out so that the models could be verified and applied for aims for which they were developed. In the Chapter dealing with application of models for a concrete locality the information is given about characteristics they have and about other input parameters by which their behavior is determined. The adjusting of such parameters was often very complicated, and, that is why sometimes it was necessary to be satisfied with certain simplifications.

Unfortunately, from the very beginning of solving until the time being, my work and also the work of my colleagues were accompanied by many difficulties and barriers. Maybe the greatest barrier, as usually, was money. With it also the other, not less important barrier, is connected, and namely the human factor.

For example, I am aware of a small number of measuring activities carried out in localities investigated by degassing tests. In case of a greater number of the carried out degassing tests and of a bigger number of measurements equally the verification of models would be certainly better. My work can be continued and extended by measurements, which would detect the values of gas permeability of particular types of rocks. Herewith, the creation of models of jeopardized localities would be made more simple and accurate.

Recenzent: Ing. Zdeněk Vavrušák, OKD, DPB, a.s., Paskov