

## СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ НА АТМОСФЕРАТА В ОТКРИТ РУДНИК

**Захари Динчев, Михаил Михайлов, Елена Власева, Александър Крилчев**

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; zaharidinchev@gmail.com, michaylov@mgu.bg, elena@mgu.bg, krilchev@mgu.bg

**РЕЗЮМЕ.** Проветряването на открити рудници с голяма (над 300m) дълбочина представлява труден за контролиране процес. Той зависи от много фактори – местоположение на рудника, метеорологични условия, технология на работа, разположение на обектите в него. Рудник "Асарел" е пионер в инсталирането на система за мониторинг на атмосферата чрез дистанционен контрол на CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в четири станции в чашата на рудника. Статията представя внедрената система за мониторинг и начина за обработване и представяне на резултатите от измерванията. Анализирани са прагови стойности на концентрацията на следените газове за предупредително оповестяване и аварийно планиране. Набелязани са възможности за използване на системата при планиране на технологични операции.

### OPEN PIT MINE ATMOSPHERE REMOTE CONTROL SYSTEM

**Zahari Dinchev, Michael Michaylov, Elena Vlasseva, Alexander Krilchev**

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; zaharidinchev@gmail.com, michaylov@mgu.bg, elena@mgu.bg, krilchev@mgu.bg

**ABSTRACT.** Ventilation of open pit mines with great depth (more than 300m) is hardly controlled complicated process. It depends on several factors – mine location, meteorological conditions, technology, and objects location inside the mine. Asarel mine is a pioneer among open pit mines to install remote control system for CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations in four stations inside the mine. This paper presents the system, operating in the mine as well as the way of processing and presenting monitored data. Threshold limit values of traced gases concentrations for alarm announcement and accidental planning are analyzed. Some options to utilize the system in the planning process are proposed.

### Въведение

Рудник "Асарел" е пионер във въвеждането на непрекъснат инструментален контрол на атмосферата в открити рудници. Стремехът е да се достигне до въвеждане на безопасни прагови стойности на контролираните примеси, които да се използват при оценка, управление на риска и аварийна евакуация на работещите в котлована на рудника. При това газовите примеси не се контролират в зоната на дишане на работещите.

Наредба 13 [2], в която са регламентирани гранични стойности за концентрация на вредности в работната среда, представлява въведена европейска норма. В ЕС са приети определени гранични стойности на концентрациите на примеси с атмосферата на работната среда, но всяка държава-членка ги установява самостоятелно в своите норми и често завишава изискванията спрямо законодателството на ЕС. Нормите за гранични концентрации на примеси са регламентирани в Наредба 13 като средно-сменни концентрации за работна смяна и за период до 15 минути, за замърсявания на работната среда, т.е. в зоната на дишане на човека. За два от най-токсичните компоненти - азотните оксиди - в наредбата [2] няма кратковременни норми. В страната няма норми за аварийно планиране нито за работната, нито за околната среда.

В рудник "Асарел" бе доставена и монтирана мониторингова система на фирмата ANLBORN GmbH, Германия за непрекъснат контрол на атмосферата. Системата има три

мониторингови станции, снабдени със сензори за измерване на пет газа: въглероден оксид, серен диоксид, кислород, азотен оксид и азотен диоксид. Всяка от станциите има предвидена възможност за включване на допълнителни сензори. В диспечерната зала на рудника са инсталирани адаптер и радиомодем, които прехвърлят регистрираните данни към компютър със софтуер RTM WIN-control [3]. На монитора се визуализират в реално време и в цифров формат измерените концентрации на петте газа. Доставчикът не е предоставил информация за периодичността на контрол на точността на работата на инсталираните в станциите сензорите и за техния експлоатационен срок.

Същността на представеното изследване е разработена методика за непрекъснат контрол на рудничната атмосфера, която да се верифицира на основата на анализ на представителна информация от нормална работа на комплектованата мониторингова система и метеорологична станция, за да се предложи инструкция за непрекъснат контрол на атмосферата с план за действие при превишения на съдържанието на примеси в нея. На основата на анализ на действащи нормативи в европейски и други страни да се предложат стойности на липсващите в [2] кратковременни концентрации и доза за различни нива на опасност.

### 1. Източници на вредности в рудника

Източниците на вредности в рудника са технологични:

- взривяване, като част от добивната технология;
- работа на дизелови двигатели за транспорт и на други машини.

Взривните работи в рудника се извършват 1-2 пъти седмично, в периода от 14 до 15 часа. Едно изследване на съдържанието на токсични газове във взривния облак на два открити рудника в Австралия [1] показва, че азотният диоксид присъства в сравнително малки (но опасни) концентрации при средно съдържание около 17-18ppm на нивото на земята. В същото време извън зоната на взрива са измерени много по-високи концентрации на CO, NO и SO<sub>2</sub>. Средното съотношение на обемните концентрации на токсичните компоненти извън зоната на взрива е определено в [1], като:

**CO : NO : SO<sub>2</sub> : NO<sub>2</sub> = 500 : 27.5 : 5.5 : 1**

Основните продукти на непълното изгаряне на дизеловото гориво са:

- въглероден оксид (CO);
- въглеводороди, включително алдехиди (HC);
- недоизгорял въглерод (сажди);
- азотни оксиди (NO и NO<sub>2</sub>);
- полиароматни въглеводороди.

## 2. Гранични стойности на концентрацията на следените от системата вредности

Тези стойности са регламентирани в Наредба 13 [2]. Там са дефинирани и някои определения, които са важни за работата на Системата за мониторинг:

- а) Експозиция - излагане на човешки организъм на въздействието на физични фактори, химични или биологични агенти;
- б) Гранична стойност на химичен агент във въздуха на работното място - допустима концентрация на химичния агент във въздуха на дихателната зона на работещия за определен период от време.

В Наредба 13 са пропуснати определенията за цитираните в нея гранични концентрации (за 8 h и за 15 min), които в съответствие с международно приетите означения имат следния смисъл:

- Средно-претеглена във времето концентрация (Международното означение е TWA – Time Weighted Average) - средната концентрация на газа или парата, на която всеки работник може да бъде изложен в обичайната 8-часова работна смяна в 40-часова работна седмица без неблагоприятни ефекти за неговото здраве;
- Кратковременна гранична концентрация (Международното означение е STEL – Short Term Exposure Level).- средно-претеглена във времето концентрация на газа или парата за 15-минутен период (експозиция), на която всеки работник може да бъде изложен без болезнено усещане, неблагоприятни ефекти за неговото здраве и която няма да затрудни неговото самоспасяване или безопасност.

В наредба 13 е пропуснато осъществено изискване към кратковременната STEL концентрационна граница, отнасящо се до допустимата експозиция в рамките на работна смяна:

- интервалът между две превишения до STEL не може да бъде по-малък от 60 минути;

- в рамките на работната смяна достигането на STEL може да се случи не повече от три пъти.

Тези изисквания, въведени от NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) [4,5], са съобразени с начина, по който човешкият организъм се разтоварва от вдишаните газове и пари. В таблица 1 са показани нормираните стойности за следените от системата газове. Както се вижда от данните, кратковременни норми за азотен диоксид не са определени, а за азотен оксид е показана стойност 9.4, която е STEL в нормите [6,7] на MSHA (Mine Safety and Health Administration - USA).

Таблица 1

Газ	Гранични стойности за експозиция			
	480 min (8h)		15 min	
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm
CO	40	34,9	200	174,64
NO	20	16,3	9,4*	5*
NO <sub>2</sub>	4	2,13		
SO <sub>2</sub>	5	1,91	10	3,82

За два от най-токсичните компоненти-азотните оксиди в наредбата няма кратковременни (15-минутни) норми. Не е коментиран и фактът, че кратковременните гранични концентрации са средно претеглени за регламентирания кратък период от 15-минути, както и допустимият интервал между две кратковременни концентрации, а също и допустимият брой на достигането им в работна смяна или денонощие. В страната няма въведени норми за аварийно планиране (ERPG и IDHL – табл. 2) нито за работната, нито за околната среда. На основа анализ на действащи нормативи в европейски и други страни трябва да се предложат стойности на концентрациите и експозицията за различни нива на опасност на замърсяване на рудничната атмосфера. Съществено значение за технологичния режим има и въпросът: Кога рудникът изпада в аварийен режим поради газово замърсяване на атмосферата в него? Международно приетите дефиниции за гранични концентрации при аварийни ситуации и анализ на риска от замърсяване на въздуха са показани в табл. 2, а в табл. 3 – аварийни стойности на следените вредности.

Таблица 2

<b>ERPG</b>	Emergency Response Planning Guidelines Критерии на Американската асоциация по Хигиена на труда, които характеризират безопасни нива при 1-часова експозиция.
<b>ERPG - 1</b>	Максимална концентрация във въздуха, при която хората могат да получат леки и преходни здравни ефекти и да усетят характерна неприятна миризма.
<b>ERPG-2</b>	Максимална концентрация във въздуха, при която хората не получават или развиват необратими или други сериозни здравни ефекти или симптоми, които биха нарушили способността на човека да предприеме предпазни или спасителни действия.
<b>ERPG-3</b>	Максимална концентрация във въздуха, при която хората не получават или развиват застрашаващи живота здравни ефекти. Ако тази концентрация се превиши, могат да се развият опасни за живота ефекти.

<b>IDLH</b>	Immediate Danger for Life and Health Критерий на NIOSH – максимално ниво на експозиция на дадена вредност, при която здрав човек може да е подложен в продължение на 30min без да получи необратими последици за своето здраве.
-------------	--

Таблица 3

Газ	Концентрация, ppm			
	ERPG-1 ≤ 60min	ERPG-2 ≤ 60min	ERPG-3 ≤ 60min	IDLH ≤ 30min
<b>CO</b>	200	350	500	1200
<b>NO</b>	-	-	-	100
<b>NO<sub>2</sub></b>	1	15	30	20
<b>SO<sub>2</sub></b>	0.3	3	25	100

Стойностите в таблицата се използват като реперни за допустимото време за безопасна евакуация при настъпване на аварийен газов режим в рудника. В литературата липсват данни за ERPG на азотния оксид, защото се приема, че на открито той сравнително бързо се доокислява до азотен диоксид.

### 3. Предназначение и обхват на системата за непрекъснат контрол

Стационарен мониторинг се извършва на избрани позиции в рудника. Следят се концентрациите на O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, температурата, атмосферното налягане и относителната влажност на въздуха. Системата се състои от три измервателни пункта (мониторингови станции), разположени в чашата на рудника (таблица 4), модул за безжично предаване на измерената информация, централен компютър със специализиран софтуер AMR WinControl, инсталиран в диспечерския пункт, на който се приема и съхранява предадената информация.

Таблица 4

НАЗВАНИЕ на обекта	Хоризонт	Разстояние до ДП [m]
Мониторингова станция №1	707	770
Мониторингова станция №2	808	573
Мониторингова станция №3	957	3
Диспечерен пункт (ДП)	957	0

Всяка мониторингова станция е комплектувана с:

- газови сензори за O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> (фиг. 1);



Фиг. 1. Газови сензори

- уред за комбинирано измерване на температура, атмосферно налягане и относителна влажност на въздуха тип FHAD46-4AGL05 (фиг. 2);
- измервателен прибор тип ALMEMO® 2890-9 (фиг.3);
- радиомодем;
- електрическо захранване 220V.

Модулът за безжично предаване на информацията ползва радиомодем, разположен в съответната мониторингова станция. Всички сензори на системата измерват непрекъснато величината, която контролират. От настройката на измервателния прибор и софтуера зависи през колко време те ще се обръщат към сензора за измерван резултат.



Фиг. 2. Комбиниран сензор за температура, налягане и относителна влажност

Системата може да получава, показва и регистрира измервания през 10 секунди или на по-голям интервал от време.



Фиг. 3. Измервателен прибор тип ALMEMO® 2890-9

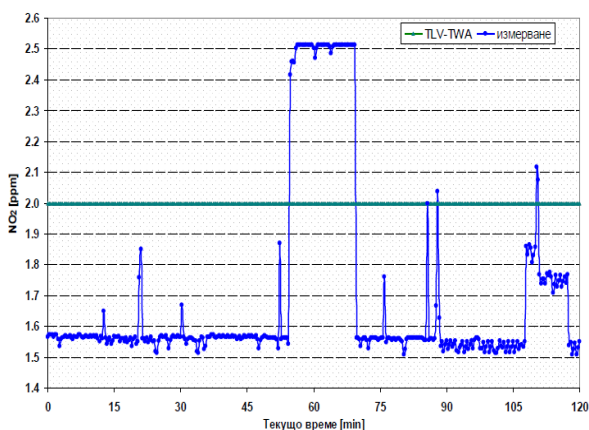
Динамиката на състава на рудничната атмосфера, нейната температура и налягане не се нуждаят от такава голяма честота и натрупване на огромен масив от данни с малка изменчивост. Системата е настроена да се обръща и да получава три данни в минута от всеки сензор, което означава поява на ново показание и запис за концентрацията на всеки газ през 20 секунди. Тази честота е достатъчна за целите на непрекъснатия контрол на рудничната атмосфера. В диспечерския пункт са разположени следните елементи на системата:

- персонален компютър, зареден със специализиран софтуер AMR WinControl;
- RS232/RS485 адаптер с мрежово захранване;
- Радио-модем Elpro;
- комплект кабели и преобразуватели за свързване с PC;
- непрекъсваемо захранване (UPS).

Логиката на програмиране на системата не допуска прекъсване в захранването на компютъра в диспечерския пункт. Всяко прекъсване предизвиква: ново отброяване на времето за изготвяне на доклад, поредица от 2-3 неверни данни за съдържанието на токсичните газове и смущения в логиката – транслирането на данни от софтуера. Новото отброяване на времето за изготвяне на доклад размества часовете в денонощието и прави генерирания доклад хронологично неверен. Големите отклонения на неверните данни след прекъсване могат да генерират фалшив аварийен сигнал в 15-минутната експозиционна концентрация. Заедно със смущенията в логиката те намаляват надеждността на системата, което неминуемо ще се отрази на доверието към нейните показания и аварийни сигнали.

#### 4. Обработване на измерванията

Анализът на възможностите на софтуера на мониторинговата система и сравнението с изискванията на Наредба 13 [2] за контрол на две гранични концентрации: средно-смена TLW-TWA и кратковременна TLW-STEEL определя като възможно решение работата с «плъзгач прозорец» с продължителност на времевия интервал в него от 15 минути. При появата на всяко ново измерване се изчислява средната концентрация на газа за предходния 15 минутен период и резултатът се записва.



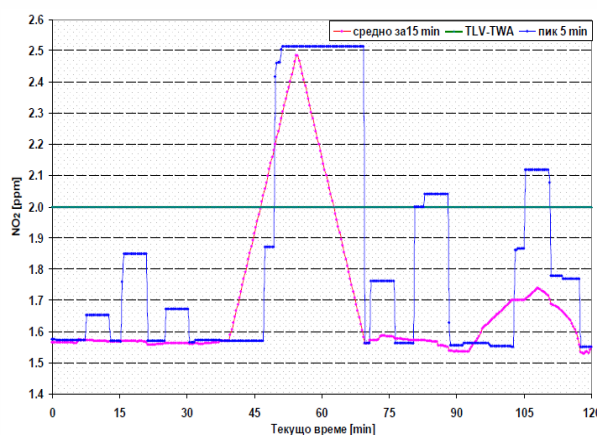
Фиг. 3. Измервания без обработване

Друг плаващ прозорец записва и максималната стойност на газа в 5-минутен интервал преди последното измерване. На фиг. 3 е показана извадка за два часа от записа на данните на системата. В измерените стойности се наблюдават три пика, които превишават средно-сменната гранична (TWA) концентрация и един, който я достига, с различа продължителност по време.

На фиг. 4 са дадени осреднените стойности на измерените концентрации от фиг. 3, както следва:

- плъзгач прозорец с интервал на осредняване 15 минути – линия с кръгче;
- плъзгач прозорец за максималните стойности на концентрацията в интервал от 5 минути – линия с квадратче.

Картината на фиг. 4 е по-ясна по отношение на превишението на граничната средно-сменна норма TLV-TWA = 2ppm и по-ясно очертава интервала от време, в който трябва да се търси причината за появата на пикове. В тези два часа не се достига кратковременната норма TLV-STEEL = 4ppm (табл. 1).



Фиг. 4. Плъзгач прозорец през 5 и 15 min

#### 5. Визуализация на измерванията

Данните от мониторинговите станции се приемат от радиомодема и по стандартен интерфейс до компютъра. Визуализацията и обработката на данни се осъществява от специализиран софтуерен продукт AMR WinControl [3]. Програмата работи на стандартен PC в среда Windows. Работата с AMR WinControl започва с конфигурация на станциите и задаване на параметрите на сензорите. След началното конфигуриране и проверка за наличието на връзка с мониторинговите станции измерванията се визуализират. Програмата предоставя различни възможности за визуализация: в текстов или графичен вид (фиг.5), последователно показване на отделните станции, едновременно показвания на сензорите от трите станции (фиг. 6).

Програмата дава богати възможности за използване на регистрираните измервания, запис и съхраняване на



Фиг. 5. Екрани на системата

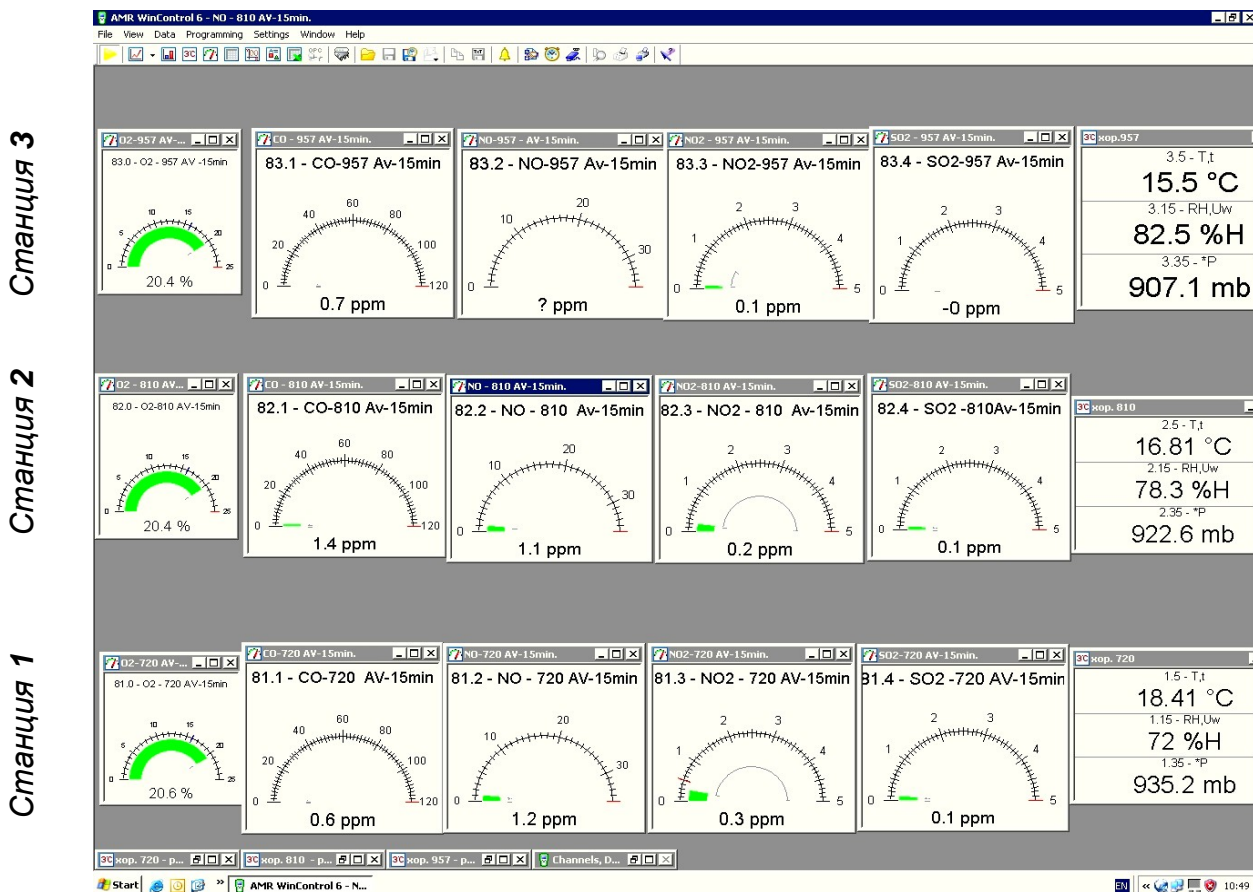


данни; аритметичната им обработка по зададен алгоритъм; визуална и/или акустична аларма – по дадени консервативни норми или изчислителни стойности; графично изображение на текущи стойности с възможност за цифрово означаване на локални екстремуми; експортиране на данни към друг софтуер, включително MS-Excel, генериране и разпечатване на дневни и седмични отчети.

Авторите са програмирали изобразяване на 15-минутни осреднени показания за петте наблюдавани газове компо-

нента от трите мониторингови станции (фиг.6). Екранът е разделен на три сектора, разположени по височина за всяка мониторингова станция. В дясната част на екрана са показани измерванията за температура (°C), атмосферно налягане (mb) и относителна влажност (%H) за всяка станция.

За всеки сензор в съответна цветна скала по ниво на опасност са показани 15 минутните осреднени стойности, както и средната 15 минутна стойност.



Фиг. 6. Програмиран основен екран на системата

## 6. Сигнални нива за аварийната обстановка

По отношение на кодовете за газова опасност се въвежда цветен код за всяко превишение на осреднените 15-минутни измервания. Цветният код се променя в зависимост от нивото на опасност за хората в него, както следва (табл. 5):

- черен код - концентрация на газа по-малка от TWA;
- син код - при достигане и превишаване на TWA, но концентрацията на газа е по-малка от STEL;
- червен код – достигане и превишаване на STEL, без непосредствена опасност за евакуация на хората от рудника за период от 30 минути след достигане на STEL;
- син код – концентрация, при която в рудника не трябва има хора.

Сензорите на системата, които диспечерът трябва да контролира, генерират 24 показания (включително 15 газове концентрации), които се актуализират три пъти в минута. Големият брой на сензорите наложи предложената визуализация на данните (фиг. 6).

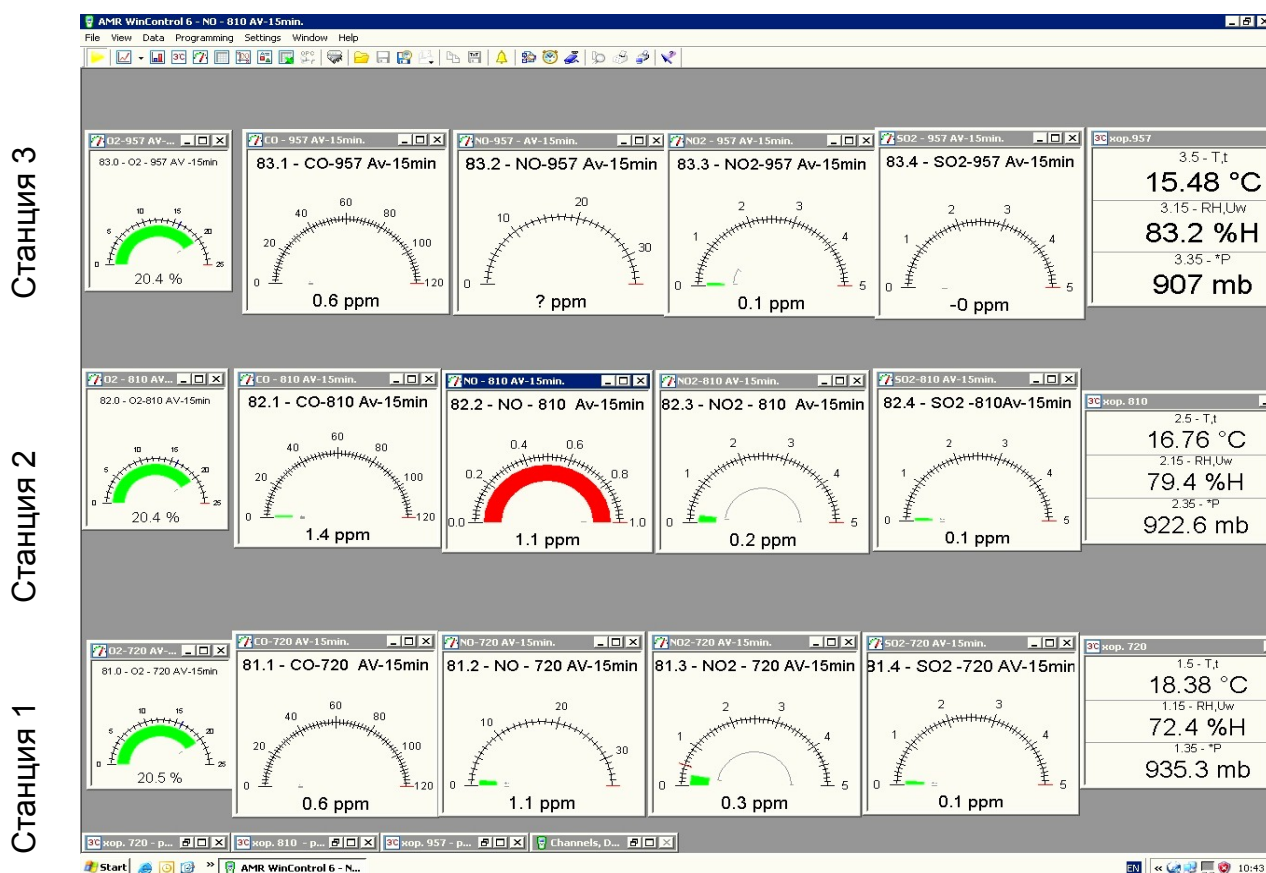
Обхватът на индикаторите за всеки газ е от 0 до зададената кратковременна концентрация (табл. 5). Индикаторите (фиг. 6) показват със зелен цвят текущите 15-минутни средни концентрации.

В основата на всеки часовников индикатор е изписана числената стойност на показанието на цветния плъзгач. Графичният часовников показател променя цвета си в зависимост от показанията на газовите сензори, както е видно в табл. 5. На фиг. 7 граничната концентрация на азотен оксид е изкуствено занижена до 1ppm, за да се илюстрира действието на индикатора – промяна на цвета му от зелен на червен, изпълнил целия циферблат. В долната част на екраните на фиг. 6 и 7 са минимизирани три прозореца за трите мониторингови станции. При получаване на сигнала за достигане на STEL диспечерът има възможност да отвори всеки от тях и да получи информацията във вида на фиг. 7. И в двата случая той има възможност да наблюдава изменението през 20 секунди на 15-минутната концентрация на всички газове на нивото, на което е достигната STEL.

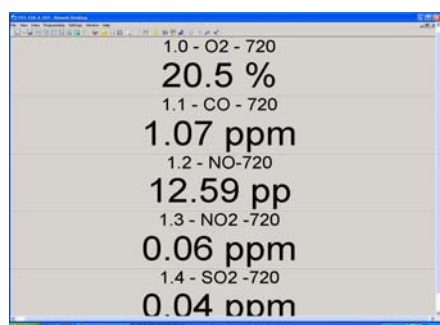
Таблица 5

Цветен код	Ниво на опасност по концентрация "С" на газа				
	O2 [%vol.]	CO [ppm]	NO [ppm]	NO2 [ppm]	SO2 [ppm]
черен	$C \geq 20$	$C < 30$	$C < 16$	$C < 2$	$C < 2$
зелен	$C \leq 19.5$	$30 \leq C < 174$	$16 \leq C < 25$	$2 \leq C < 5$	$2 \leq C < 4$
червен	$C = 19$	$C > 120$	$C > 35$	$C > 5$	$C > 4$
син	$C < 19$	$C \geq 250$	$C \geq 50$	$C \geq 15$	$C \geq 20$

Индикацията за това, върху показанията на кой сензор диспечерът трябва да съсредоточи вниманието си, е безпогрешна при конфигурираната цветова визуализация. Привличане на вниманието на диспечера става от различим звуков сигнал, за който е настроена системата. Аварийният звуков сигнал се подава 60 секунди след достигане на праговото ниво на 15-минутната кратковременна концентрация.



Фиг. 7. Смяна на индикатора на сензора за NO



Фиг. 8.

## 7. Влияние на метеорологичните условия

Ефективността на естественото проветряване и тенденцията за промяна на концентрацията, която се наблюдава, трябва да се оценяват въз основа на мониторинга на газовите примеси в рудника при известни метеорологични условия. Авторите извършиха едногодишни метеорологич-

ни наблюдения, чрез които се изясниха някои предопределени от местоположението на рудника климатични фактори, влияещи върху разпространението и изнасянето на отделяните и контролирани със системата за непрекъснат мониторинг газови примеси. Обобщената информация въз основа на статистическа обработка на регистрираните метеорологични данни за едногодишен период обосновава следните изводи:

- най-малък период на затишие – 2% е наблюдаван през месец март на 2013 г.;
- най-продължителен период на затишие – 32.1%, наблюдаван през февруари 2013 г. (затишие през повече от една трета от времето в месеца, средно 5 часа в денонощието);
- средната продължителност на затишието през годината е изчислена на 18.76% от 8760 h/г, или 164 часа годишно. Средно-дневното затишие съответства на 4.5 часа в денонощие;
- медианата на периодите на затишие е 16.45%, по-малка е от изчислената средна стойност и показва, че

половината от данните са до тази стойност, докато другата половина е над нея.

Анализът на скоростта на вятъра в денонощието дава важна информация:

- максимални стойности на скоростта на вятъра са измерени в периода от 12:30 до 15:00 ч. Вероятно може да се твърди, че скоростта на вятъра в този период се очаква да бъде по-висока от 2 m/s (~7 km/h). Скоростта на вятъра расте от 12:30 до 14:00 ч., след което започва да намалява. Считаме, че този факт трябва да бъде отчетен и да доведе до негово изместване на режима на взривяване, което би било добре да приключва до 13-13:30 ч.;
- вероятността за затишие е най-голяма през периодите 22:30-24:00ч. и 1:30-6:00ч., в които интензивността на газоотделянето в рудника се налага да бъде минимизирана.

Посоката на вятъра се изменя през различните месеци на годината:

- от изток-югоизток; запад-северозапад - през зимния период
- до изток-североизток - през летния,
- една четвърт (25%) от средномесечните скорости са по-малки от 1,57 m/s;
- три четвърти (75%) от средномесечните скорости са по-малки от 2,63 m/s;
- медианата (50%) е 1,97 m/s.

## 8. Обработване, съхранение и архивиране на данните от системата

Системата генерира текстов файл с данните за зададен период от време, конвертируем в Excel формат. Докладите за работна смяна и денонощие се генерират от конвертирания Excel-файл. В началото това трябва да става ръчно, от специалиста по вентилация, докато дружеството реши да бъде създадена програма за генериране на доклади. Конвертираният Excel-файл с три електронни таблици, по една за всеки месец, се архивира в електронното досие на системата. Електронното досие на системата с архивиранията файлове се съхранява на друг твърд диск – RAR или външен диск.

Изготвят се сменни и денонощни доклади, съдържащи средни, максимални и минимални измерени стойности от всеки сензор. Сменни доклади се изготвят при регистрирано и потвърдено превишение на кратковременната концентрация на наблюдаваните газове. Денонощните доклади са съставени по данните за цяло денонощие. Те се изготвят всеки ден и се изпращат по електронната поща. При системна поява на аварийни сигнали за последователни смени или за цяло денонощие трябва да се проследи хронологично връзката на естественото проветряване на рудника с данни от метеорологичните измервания и показанията за газовите концентрации. Особено внимание е необходимо да се обърне на периодите на безветрие (нулева или по-малка от 0,3 m/s скорост на вятъра), и на инверсия (стратификация на атмосферата с устойчиво намаляване на температурата и нарастване на плътността на въздуха по дълбочина на котлована на рудника). Доклад за превишение на кратковременните концентрации ще се изпраща като e-mail писмо, съдържащо типов текст и приложен файл, в който

системата декларира вида на аварийното събитие – намеченото превишение на аварийното ниво на концентрацията. Длъжностните лица, на които е изпратен e-mail, е възможно да получат и SMS-съобщение на мобилния си телефон за превишението. Генерирането на този доклад от системата изисква допълнително програмиране. Докладите както и аварийните съобщения трябва да бъдат получавани поне от следните длъжностни лица: Главния инженер на рудника; Минно-спасителната служба; Специалиста по ТБ на рудника; Специалиста по вентилация в инспекцията по безопасност на предприятието; Началника на инспекцията по безопасност на предприятието.

## 9. Калибриране и контрол на сензорите

Надеждността на работа на мониторинговата система зависи от нейната комплектност и поддръжка. Рудникът разполага с три еталонни газови смеси за калибриране на сензорите и настройка на системата.

Други важни за правилното функциониране на системата са периодичните проверки на показанията с портативен газоанализатор. Измерването се извършва непосредствено до мониторинговата станция, като се записват показанията на измервателния прибор на станцията и тези на преносимия газоанализатор. За резултатите от проверката се води регистър. До набирането на опит в прилагането на системата проверките с портативен газоанализатор е препоръчително да се извършват на всеки две седмици. При отказ или нереални показания на сензорите на системата се извършват извънредни проверки. Тези проверки започват със сравнителен анализ с портативен газоанализатор, след което сензорът се проверява чрез измерване на електрическия му сигнал. Това може да стане чрез контролно измерване на място или след смяната му и прецизно измерване в ел.лаборатория. При отклонения от нормалната работа на повече от три сензора трябва да се извърши извънредна контролна проверка на всички сензори. От датата на тази проверка започва да се отчита времето до следващата тримесечна проверка. За да се бракува сензор, той трябва да премине през лабораторна диагностика и заключение за изчерпан ресурс.

## 10. Перспективно софтуерно разширение на системата

Насочено е към по-ефективно използване на системата. Като първа стъпка авторите препоръчват софтуерно осигуряване на длъжностните лица: Главен инженер на рудника; Минно-спасителна служба; Специалист по ТБ на рудника; Началник на инспекцията по безопасност на предприятието и Специалист по вентилация в инспекцията по безопасност на предприятието да могат да наблюдават газовата обстановка в рудника чрез следене на картината на екрана на диспечера и на персоналните си компютри.

Възможностите на специализирания софтуер AMR Win Control може да се оползотворят в няколко посоки:

- Програмиране на мониторинговата система за хронологично изобразяване на графика за концентрацията на газа, показал превишение, на трите контролирани хоризонта в реално време. Така длъжностните лица, които трябва да вземат решение, могат да видят

развитието на обгазяването или прочистването на рудника след достигане на STEL;

- Програмиране за автоматично генериране на текстово съобщение за достигане на STEL и изпращане на доклад с e-mail до длъжностните лица. Така може да автоматизира изпращането на съобщение за авария;
- Програмиране на автоматично генериране на сменни и денонощни доклади и графики за газовата обстановка рудника;
- Разработване на програма за показване на състояние на инверсия на рудничната атмосфера, с наличната информация от действащите в рудника сензори.

Някои от тези предложения могат да бъдат реализирани в кратки срокове, а други изискват известна практика в ползването на мониторинговата система при нормалната експлоатация в предприятието.

## Заклучение

Стационарният мониторинг на атмосферата в открития рудник трябва да създаде условия за подобряване на безопасността на работа, чрез:

- Намаляване на обема на оперативното персонално опробване на работните места за наличието и съдържанието на вредни газове в зоната на дишане на работещите в рудника, без влошаване на качеството на персоналният мониторинг;
- Отчитане на влиянието на метеорологичните фактори върху проветряването на рудника при емисии от линейни, точкови и залпови източници на замърсяване на атмосферата в него;
- Набиране на емпирични данни за създаване на вътрешно-фирмени правила за управление на замърсява-

нето на атмосферата в рудника, на основата на моделиране, което може да прогнозира опасни по обгазяване зони.

Мониторингът създава условия за по-адекватно наблюдение на метеорологичните условия, оперативно и перспективно планиране на минната дейност и на технологичните процеси.

## Литература

- [1] Management of oxides of nitrogen in open cut blasting. Mines Inspectorate & Explosives Inspectorate of the Department of Employment. Guidance Note – QGN 20, 95р.
- [2] Наредба 13 за защита на работещите от рискове, свързани с химически агенти при работа, ДВ. бр.8/30 Януари 2004г.
- [3] AMR Win Control, User Manual. akrobit® software GmbH, www.akrobit.de
- [4] OSHA Regulation (Standards-29 CFR), Limits for Air Contaminant.
- [5] NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, Publ. No 2005-149, 2007
- [6] Exposure Limits for Gases, Table 1. <https://www.dieselnet.com/standards/us/ohs.php#gas>
- [7] Coal Mine Health Inspection Procedures handbook. PH89-V-1, chap\_5, 2001, <http://www.msha.gov/>

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „РВ и ТБ“.