

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра аэрологии, охраны труда и природы

ШАХТНАЯ АТМОСФЕРА

Методические указания к практическому занятию
по дисциплине «Аэрология горных предприятий»
для студентов специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело»
всех форм обучения

Составитель Л. А. Шевченко

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 2 от 01.10.2014
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 (130400.65)
Протокол № 6 от 27.10.2014
Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2014

Цель: изучить газовый состав шахтной атмосферы, ее основные компоненты, их источники и свойства. Ознакомиться с предельно допустимыми концентрациями вредных веществ и горючих газов.

1. Теоретические положения

Шахтная атмосфера представляет собой смесь газов аналогично атмосферному воздуху на поверхности, но со специфическими примесями, обусловленными свойствами полезного ископаемого и технологий ведения горных работ. В состав шахтной атмосферы, как и атмосферы на поверхности входит азот (N_2) – 78,08%, кислород (O_2) – 20,96%, аргон – 0,93%, углекислый газ 0,03%, а также ряд инертных газов – 0,13%.

Вместе с тем в атмосфере горных выработок угольных шахт присутствуют различные примеси, связанные с выделением газов из полезного ископаемого (метан, углекислый газ, радон, серный ангидрид, сероводород и др.), а также токсичные газы, выделяющиеся при работе технологического оборудования и транспортных машин (оксид углерода, оксиды азота, акролены, формальдегид, водород, непредельные углеводороды и др.). При возникновении очагов эндогенных пожаров также может выделяться оксид углерода (угарный газ), который относится к промышленным ядам. В атмосфере шахт может также содержаться водяной пар, и твердые частицы в виде пыли, а также дым.

Рассмотрим физико-химические свойства основных частей шахтной атмосферы и их влияние на организм человека.

Азот (N_2) – газ без цвета, вкуса и запаха. Плотность относительно воздуха 0,97, относительная молекулярная масса 28,016, растворимость в воде при 0° С – 2%, масса 1 л при нормальных условиях 1,25 г. Химически и физически инертен. В шахтах выделяется из угля и пород, образуется при взрывных работах и гниении древесины.

Кислород (O_2) – газ без цвета, вкуса и запаха. Плотность относительно воздуха 1,11, относительная молекулярная масса 32, масса 1 л при нормальных условиях 1,428 г, растворимость в воде при 0 °С 5%. Необходим для дыхания и горения. В шахтном воздухе содержание кислорода обычно меньше, чем на поверхности

вследствие протекающих окислительных процессов, выделения газов, дыхания людей. Минимально допустимое содержание кислорода в шахтах 20%.

Углекислый газ (CO_2) – газ без цвета, со слабокислым запахом. Плотность по отношению к воздуху 1,52, относительная молекулярная масса 44, растворимость в воде при 0°C 179,7%, масса 1 л при нормальных условиях 1,96 г. Не горит и не поддерживает горения. Газ слабо ядовит. Вдыхание воздуха, содержащего 6% CO_2 вызывает одышку и слабость, при 10% возможно обморочное состояние, при 20-25% смертельное отравление. Выделяется в шахтах из горных пород и угля, при окислении древесины, при взрывных работах, пожарах, взрывах метана.

Максимально допустимое содержание CO_2 в исходящих струях участков и на рабочих местах 0,5%, в исходящих струях крыла, шахты 0,75%, при проведении выработок по завалу 1%. Оксиды азота (NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5) имеет бурый цвет и резкий запах. NO_2 имеет плотность 1,59, относительную молекулярную массу 46,01, массу 1 л при нормальных условиях 2,05. N_2O_4 имеет плотность 3,18, относительную молекулярную массу 92,02, массу 1 л 4,11 г.

Оксиды азота вызывают отек легких. Смертельная доза составляет 0,025%. Максимально допустимая концентрация в шахтном воздухе 0,00025% или 5 мг/м^3 .

Сернистый газ (SO_2), бесцветен, имеет сильный раздражающий запах и кислый вкус. Плотность 2,22, относительная молекулярная масса 64,07. В одном объеме воды растворяется 40 объемов SO_2 , масса 1 л при нормальных условиях 2,86 г.

Газ ядовит, раздражает слизистые оболочки, может вызвать воспаление легких, отек гортани, опасным для жизни является вдыхание воздуха с содержанием 0,05% SO_2 . Образуется при взрывных работах, при пожарах. Максимально допустимое содержание в воздухе 0,00038% или 10 мг/м^3 .

Сероводород (H_2S) – газ без цвета со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц. Плотность 1,19, относительная молекулярная масса 34,09, масса 1 л при нормальных условиях составляет 1,52 г. Газ горит, при содержании в воздухе 6% взрывается. Сероводород выделяется из горных пород, минеральных источников, образуется при гниении органических веществ, взрывных

работах. Максимально допустимая концентрация H_2S в шахтном воздухе 0,00070% или 10 мг/м³.

Аммиак (NH_3) – газ без цвета, с резким запахом. Плотность 0,596, масса 1 л при нормальных условиях 0,77 г, относительная молекулярная масса 17,03, хорошо растворим в воде. При содержании в воздухе 30% взрывается. Максимально допустимая концентрация 0,0025%.

Акролеин (CH_2CHCOH) – бесцветная, легко испаряющаяся жидкость, плотность пара 1,9.

Акролеин ядовит, раздражает слизистые оболочки, вызывает головокружение, рвоту, боли в желудке, образуется при разложении дизельного топлива в условиях высокой температуры. Максимально допустимое содержание в воздухе 0,00008%.

Альдегиды (формальдегид HCHO) образуются при работе двигателей внутреннего сгорания. Плотность формальдегида 1,04, он ядовит, вызывает конъюнктивит, насморк, бронхит, расстройство пищеварения, головные боли, бессонницу. Максимально допустимое содержание формальдегида 0,00037%. Предельно допустимые концентрации газов в шахтах представлены в табл. 1.

Таблица 1

Допустимое содержание токсичных газов
в горных выработках угольных шахт

Наименование газа	ПДК газа в действующих выработках	
	об. %	мг/м ³
Метан		
– во входящей струе в очистной или подготовительный забой	0,5	-
– в исходящей струе очистного или подготовительного забоя	1,0	-
– в исходящей струе крыла или шахты	0,75	-
– местные скопления	2,0	-
– газодренажные горные выработки	3,5	-
– изолированные горные выработки, выработанные пространства	не регламентируется	не регламентируется

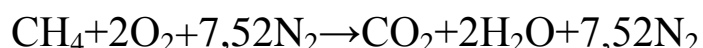
Наименование газа	ПДК газа в действующих выработках	
	об. %	мг/м ³
Оксид углерода	0,0017	20
Оксиды азота	0,00025	5
Диоксид азота	0,00010	2
Сернистый ангидрид	0,00038	10
Сероводород	0,00070	10
Углекислый газ		
– в исходящих струях	0,5	-
участков		
– в исходящих струях крыла	0,75	-
или шахты		
– местные скопления	1,0	-

2. Метан

Метан (СН₄) – газ без цвета и запаха, относительная плотность 0,554, относительная молекулярная масса 16,04. Масса 1 м³ метана при нормальных условиях 0,717 г.

Метан слабо растворим в воде. Динамическая вязкость метана $\mu = 1,75 \cdot 10^{-5}$ Па·с, кинематическая вязкость $\nu = 1,43 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Горение и взрыв метана в воздухе происходит в соответствии с реакцией



Концентрационные пределы взрываемости метановоздушной смеси составляют: нижний 5%, верхний 15%. Взрыв наибольшей силы происходит при 9,5%.

Теплота сгорания метана составляет 8540-9500 ккал/м³. Температура воспламенения метана в зависимости от его процентного содержания, давления и вида источника изменяется от 650 до 750 °С.

Индукционный период, т.е. время между появлением источника воспламенения и воспламенением метана, приведен в табл. 2.

Таблица 2

Индукционный период воспламенения
метановоздушной смеси

Содержание метана в воздухе, %	Длительность индукционного периода (С) при температуре, °С			
	775	875	975	1075
6	1,08	0,35	0,12	0,039
7	1,15	0,36	0,13	0,041
8	1,25	0,37	0,14	0,042
9	1,30	0,39	0,14	0,044
10	1,40	0,41	0,15	0,049
12	1,64	0,44	0,16	0,055

Образующиеся в результате взрыва пары воды в горных выработках конденсируются, вызывая разрежение, вследствие чего возникает обратный удар.

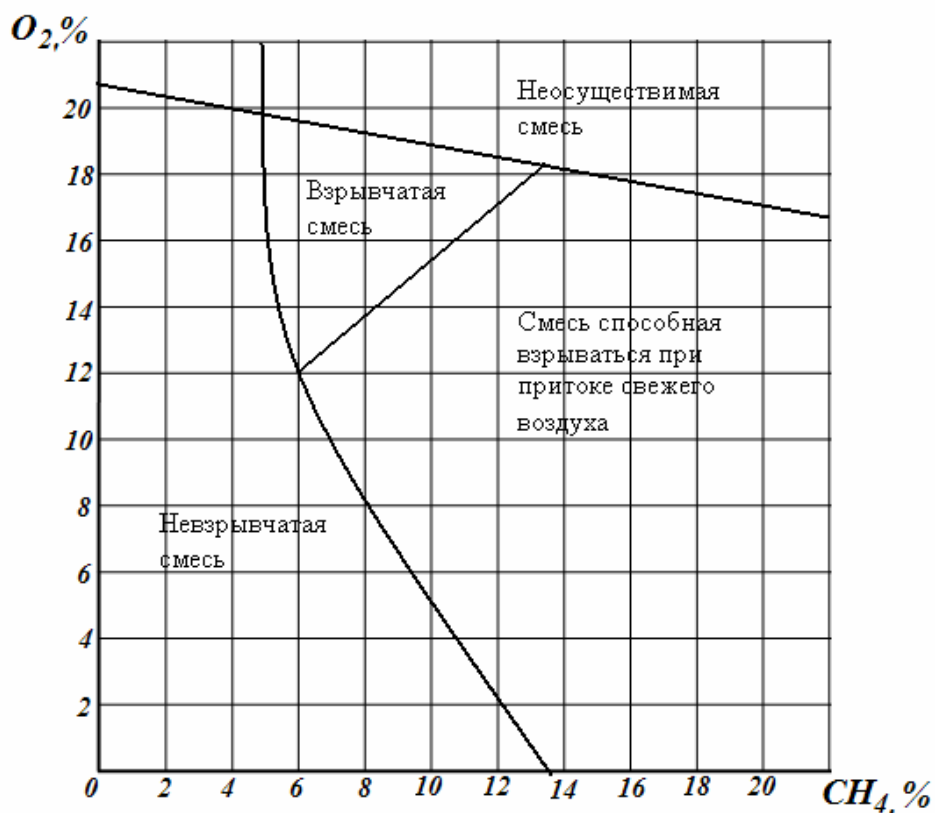
Графически область взрывоопасных концентраций метана в воздухе может быть представлена в виде так называемого треугольника взрываемости.

Интенсивность выделения метана в горные выработки характеризует газообильность шахты. Различают абсолютную и относительную газообильность.

Абсолютная газообильность – это объем газа, выделяющегося из очистного, подготовительного забоя, либо из камеры в единицу времени ($\text{м}^3/\text{мин}$).

Относительная газообильность – это объем газа, приходящийся на 1 тонну суточной добычи ($\text{м}^3/\text{т.с.д.}$).

Обе эти величины зависят, в свою очередь, от природной газоносности угольного пласта, под которой понимается содержание газа в 1 тонне угля в его природном состоянии ($\text{м}^3/\text{т}$). Природная газоносность зависит от возраста угля и глубины его залегания.



Пределы взрываемости смеси метана с воздухом
(треугольник взрываемости)

Показатель относительной газообильности лежит в основе классификации шахт по газу (метану или диоксиду углерода). В соответствии с «Правилами безопасности в угольных шахтах», утвержденными приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ от 19.11.2013 № 550, все шахты делятся на следующие категории (табл. 3).

Таблица 3
Категории шахт по газу (метану или диоксиду углерода)

Категории шахт	Относительная газообильность, м ³ /т
Негазовые	Газы не выявлены
I категория	до 5
II категория	от 5 до 10

Категории шахт	Относительная газообильность, м ³ /т
III категория Сверхкатегорные Опасные по внезапным выбросам угля (породы) и газа	от 10 до 15 15 и более, суфлярные выделения Пласты, опасные по внезапным выбросам угля, породы и газа

Категория шахты подтверждается или изменяется один раз в год по результатам замеров относительной газообильности за предшествующий год, производимой службой аэрогазового контроля шахт.

Порядок выполнения работы

1. Предварительное ознакомление с теоретическими положениями.
2. Ознакомление с допустимым содержанием токсичных газов в атмосфере горных выработок угольных шахт.
3. Изучение физических свойств метана и индукционного периода воспламенения метановоздушной смеси.
4. Ознакомление с порядком категорирования шахт по метану.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные компоненты шахтной атмосферы.
2. Назовите основные ядовитые примеси шахтной атмосферы.
3. Назовите допустимое содержание ядовитых газов в шахтной атмосфере.
4. Назовите основные источники выделения ядовитых газов в атмосферу горных выработок.
5. Назовите допустимое содержание метана в горных выработках шахт.
6. Назовите допустимое содержание углекислого газа в горных выработках шахт.

7. Назовите концентрационные пределы взрывчатости метановоздушной смеси.
8. Что такое треугольник взрывчатости?
9. Что такое абсолютная газообильность участка или шахты?
10. Что такое относительная газообильность участка или шахты?
11. Что понимается под природной газоносностью угольного пласта?
12. Что понимается под остаточной газоносностью угольного пласта?
13. Что такое суфляр?
14. Как категорируются шахты по газу?
15. Кто осуществляет контроль аэрогазовой обстановки на шахте?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах. – М., 2013.
2. Ковалев, В. А. Аэрология горных предприятий : учеб. пособие / В. А. Ковалев, В. Н. Пузырев, Л. А. Шевченко – Кемерово, 2013. – 170 с.
3. Справочник по рудничной вентиляции / под ред. К. З. Ушакова. – М.: Недра, 1977. – 328 с.

Составитель
Леонид Андреевич Шевченко

ШАХТНАЯ АТМОСФЕРА

Методические указания к практическому занятию
по дисциплинам «Аэрология горных предприятий»
для студентов специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело»
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 08.12.2014. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 0,5.

Тираж 54 экз. Заказ

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.