

воздействий на породугольный массив и включения в процесс газовыделения источников, сопутствующих этим воздействиям.

Разработана методика определения параметров проветривания тупиковых выработок при заданном вентиляторе с учетом утечек воздуха, определено время проветривание горной выработки после выброса.

Для решения поставленных задач составлены и решены дифференциальные уравнения.

Список литературы

1. Бойченко В.Н., Мартынов А.А. Приоритетные научно-технические направления по повышению уровня промышленной безопасности газообильных шахт: материалы международной научно-практической конференции [«Школа подземной разработки»], (Днепропетровск-Ялта, 05-12 октября, 2008).

2. Качурин Н.М. Прогноз выделения метана из разрабатываемого угольного пласта и обоснование динамического метода расчета количества воздуха: матеріали міжнародної конференції [«Форум гірників-2008»], (Дніпропетровськ, 13-15 жовтня, 2008).

3. Воронин В.Н. Основы рудничной аэрогазодинамики, М: Углетехиздат 1951, 491 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голіньком В.І.
Надійшла до редакції 17.05.11*

УДК 504.05:622

© А.І. Горова, І.Г. Миронова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ИСХОДЯЩЕЙ СТРУЕ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Выполнены измерения концентрации оксидов углерода, азота и диоксида серы в исходящих струях воздуха каналов вентиляторов главного проветривания. Установлены зависимости концентрации вредных веществ от удельного расхода ВВ. Получены эмпирические формулы для определения концентраций ядовитых газов.

Виконані вимірювання концентрації оксидів вуглецю, азоту та діоксиду сірки у вихідних струменях повітря каналів вентиляторів головного провітрювання. Встановлено залежності концентрації шкідливих речовин від питомої витрати ВР. Отримано емпіричні формули для визначення концентрацій отруйних газів.

The concentration of carbon oxides is measured, nitrogen, and also sulfur dioxide in the outgoing air jets channels of main fans. Dependences of concentration of harmful substances from the specific consumption of explosives are established. The empirical formula for determining concentrations of poisonous gases are received.

Деятельность предприятий горнорудной промышленности сопровождается многосторонним отрицательным воздействием на окружающую среду, масштабы которого зависят от объема основного производства и в связи с возможным увеличением добычи руды имеют тенденцию к дальнейшему росту. Горнорудная промышленность по уровню образования и выбросов вредных ве-

ществ в атмосферу является одной из наиболее загрязняющих воздушный бассейн отраслей. В общем виде техногенным влиянием на воздушный бассейн в результате деятельности горнорудного предприятия являются организованные и неорганизованные выбросы вредных веществ в атмосферу, что приводит к запылению и загрязнению атмосферы в рабочей зоне и прилегающих территорий, росту заболеваемости и негативному влиянию на живые организмы. При этом характер и масштабы этого влияния в каждом конкретном случае различны и определяются производственно-техническими и зонально-климатическими особенностями эксплуатируемых месторождений [1].

На шахтах Украины добыча богатых железных руд в подавляющем большинстве осуществляется этажно-камерными системами разработки. С целью сохранения поверхности и плодородных почв ЗАО «Запорожский ЖРК» (ЗАО «ЗЖРК»), который работает на базе Южно-Белозерского месторождения, осуществляет добычу железных руд этажно-камерной системой разработки с твердеющей закладкой [2]. В течение процессов добычи, дробления, сортировки и отгрузки железной руды, а также при вспомогательных операциях в атмосферу выбрасывается значительное количество загрязняющих веществ. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются: шахты «Эксплуатационная» и «Проходческая», дробильно-сортировочная фабрика (ДСФ), закладочный цех (ЗЦ), ремонтно-механический цех (РМЦ) и автотранспортный цех (АТЦ). Для улавливания пыли после дробления руды на ДСФ установлены ПОУ мокрой очистки типа «СИОТ» скрубберы и СЦВД-20 [3]. На закладочном комплексе для улавливания цементной пыли установлены рукавные фильтры типа СМЦ-166 и СМЦ-199. В ремонтно-механическом цехе и автотранспортном цехе на заточных станках установлены ПОУ типа ЗИЛ-900, две осадительные камеры. После ведения горных работ в шахтах отработанная струя воздуха из них выбрасывается в атмосферу через три вентиляционных ствола неочищенной, т.к. на сегодняшний день не существует эффективного оборудования и очистительных сооружений для улавливания и очистки газов в рудничном воздухе, который выдается на поверхность в весьма больших объемах.

К основным причинам загрязнения ядовитыми газами рудничного воздуха и снижения содержания в нем кислорода относятся: ведение взрывных работ, окисление горных пород и древесины, работа двигателей внутреннего сгорания. Выделение большого количества ядовитых газов происходит при ведении взрывных работ на проходческих и очистных работах. Это связано с использованием на этих работах промышленных ВВ содержащих тротил типа аммонит №6ЖВ, граммонит 79/21 и граммонит А. Рассмотренные реакции взрывчатого разложения этих ВВ позволили установить, что в действительности ход реакции более сложен, наряду с первичной реакцией при высокой температуре и давлении имеют место обратимые вторичные реакции, которые сопровождаются взаимодействием с кислородом и превращением двуокиси.

Учитывая все выше сказанное, целью данной работы стало получения количественной картины состояния исходящей струи рудничного воздуха на протяжении 2006-2010 гг.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований является канал вентилятора главного проветривания северного, южного и дренажного вентиляционных стволов ЗАО «ЗЖРК». Отбор проб воздуха в исходящей струе вентиляторов главного проветривания осуществляется методами физико-химического контроля, а именно с помощью электрохимического газоанализатора «Палладий-3М» и химического газоанализатора ГХ-М с индикаторными трубками [4]. Для отбора проб использовали следующие инструменты: пробоотборник, представляющий собой трубу, изготовленную из трубчатой стали и аккумулирующий мешок из полиэтилена для пробы воздуха. Для закачки воздуха используется установка пневматическая, которая позволяет с помощью компрессора находящегося непосредственно ней по сети соединенных воздухопроводов (трубка для отбора проб – пневматическая установка – мешок для аккумулирования проб воздуха) закачивать пробы воздуха из исходящей струи отработанного воздуха канала вентилятора.

Порядок отбора проб рудничного воздуха заключался в следующем: доставка инструментов и прибора к вентиляционной установке главного проветривания расположенной на вентиляционном стволе, настройка и подключение оборудования для отбора проб в шлюзовой камере и непосредственно отбор проб исходящей струи рудничного воздуха из канала вентилятора. После того как пневматическая установка и инструменты были доставлены к главной вентиляторной установке их расположили в шлюзовой камере. Шлюзовая камера представляет собой пристройку к каналу вентилятора и имеет герметично закрываемую дверь или люду, которая не допускает утечек воздуха. В камере есть люда, которая имеет выход в канал вентилятора и предназначена для проведения измерения скорости движения воздуха, отбора проб и т.д. Непосредственно в шлюзовой камере выполняли настройку и подключение оборудования для отбора проб воздуха. К «Г-образному» концу пробоотборника присоединяли фильтрующий патрон, со стекловолокном предназначенный для улавливания пыли. После отбора мешки с пробами воздуха доставляли в лабораторию, где с помощью газоанализаторов определяли концентрацию вредных веществ. Общей целью определения концентрации ядовитых газов в исходящей струе рудничного воздуха каналов вентиляторов главного проветривания является получение количественной картины состава исходящего воздуха и исходных данных для расчета санитарно-защитной зоны.

Результаты исследований. Полученные результаты концентраций ядовитых веществ в отобранных пробах рудничного воздуха на протяжении 2006-2010 гг. представлены в таблицах 1 и 2.

Анализ источников загрязнения в шахте позволил установить, что основными источниками выделения в рудничную атмосферу оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы являются буровзрывные работы и самоходное оборудование с двигателями внутреннего сгорания.

Таблица 1

Результаты измерений концентрации ядовитых газов в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания

Газ	Концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³				
	2006	2007	2008	2009	2010
Северный вентиляционный ствол (СВС)					
CO	36	40	32	39	38
NO+NO ₂	2,3	2,4	2,1	2,4	2,3
SO ₂	3,2	3,3	3,0	3,3	3,3
Дренажный вентиляционный ствол (ДВС)					
CO	39	43	35	43	41
NO+NO ₂	1,2	1,4	1,1	1,4	1,3
SO ₂	3,2	3,3	3,1	3,3	3,3
Южный вентиляционный ствол (ЮВС)					
CO	34	38	31	37	36
NO+NO ₂	2,1	2,3	2,0	2,2	2,2
SO ₂	3,2	3,4	3,1	3,4	3,4

Таблица 2

Результаты расчета интенсивности выброса

Год	Производительность вентилятора, м ³ /с	Скорость движения воздуха, м/с	Интенсивность выброса					
			CO		NO+NO ₂		SO ₂	
			г/с	кг/ч	г/с	кг/ч	г/с	кг/ч
Северный вентиляционный ствол (СВС)								
2006	217	14,47	7,812	28,12	0,499	1,797	0,694	2,498
2007			8,680	31,25	0,521	1,876	0,716	2,578
2008			6,944	25,00	0,456	1,642	0,651	2,344
2009			8,463	30,47	0,521	1,876	0,716	2,578
2010			8,246	29,69	0,499	1,797	0,716	2,578
Дренажный вентиляционный ствол (ДВС)								
2006	232	14,50	9,048	32,57	0,278	1,001	0,742	2,671
2007			9,976	35,91	0,325	1,170	0,766	2,758
2008			8,120	29,23	0,255	0,918	0,719	2,588
2009			9,976	35,91	0,325	1,170	0,766	2,758
2010			9,512	34,24	0,302	1,087	0,766	2,758
Южный вентиляционный ствол (ЮВС)								
2006	257	14,95	8,738	31,46	0,540	1,944	0,822	2,959
2007			9,766	35,16	0,591	2,128	0,874	3,146
2008			7,967	28,68	0,514	1,850	0,797	2,869
2009			9,509	34,23	0,565	2,034	0,874	3,146
2010			9,252	33,31	0,565	2,034	0,874	3,146

Для установления взаимосвязи концентрации вредных веществ в отобранных пробах воздуха и показателями по шахте за период 2006-2010 гг. были собраны данные по годовой производительности, общему и удельному расходам взрывчатых веществ, полученные сведения представлены в таблице 3.

Таблица 3

Годовая производительность, общий и удельный расходы ВВ
по ЗАО «ЗЖРК» за период 2006-2010 гг.

Год	Годовая производительность, млн. т/год	Годовой общий расход ВВ, кг	Удельный расход ВВ, кг/т
2006	4,31	2794943	0,648
2007	4,40	3003133	0,683
2008	4,50	2768779	0,615
2009	4,30	2909648	0,677
2010	4,50	3000078	0,667

Выполненные измерения концентрации ядовитых газов в исходящих струях воздуха каналов вентиляторов главного проветривания позволили установить зависимости концентрации вредных веществ от удельного расхода ВВ для каждого вентиляционного ствола шахты. Так для северного вентиляционного ствола были установлены зависимости концентрации окиси углерода (рис. 1, а), оксидов азота и диоксида серы (рис. 1, б) от удельного расхода ВВ, которые изменяются по линейному закону.

Проведя аппроксимацию при помощи программы Microsoft Excel 2003, получены эмпирические уравнения зависимостей концентрации C ядовитых газов в исходящей струе канала вентилятора на северном вентиляционном стволе от удельного расхода ВВ q .

Для определения концентрации оксида углерода в исходящей струе воздуха канала вентилятора северного вентиляционного ствола (рис. 1, а), зависимость имеет вид:

$$C = 115,1 \cdot q - 38,71, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 99,8\%, \quad (1)$$

где R – достоверность аппроксимации, %.

Для определения концентрации оксидов азота в исходящей струе воздуха канала вентилятора северного вентиляционного ствола (рис. 1, б), зависимость имеет вид:

$$C = 4,31 \cdot q - 0,54, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 93,4\%. \quad (2)$$

Для определения концентрации диоксида серы в исходящей струе воздуха канала вентилятора северного вентиляционного ствола (рис. 1, б), зависимость имеет вид:

$$C = 4,61 \cdot q + 0,187, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 94,2\%. \quad (3)$$

Проведя аппроксимацию при помощи программы Microsoft Excel 2003, аналогично были получены эмпирические уравнения зависимостей концентрации C ядовитых газов в исходящей струе канала вентилятора на дренажном вентиляционном стволе от удельного расхода $ВВ$ q .

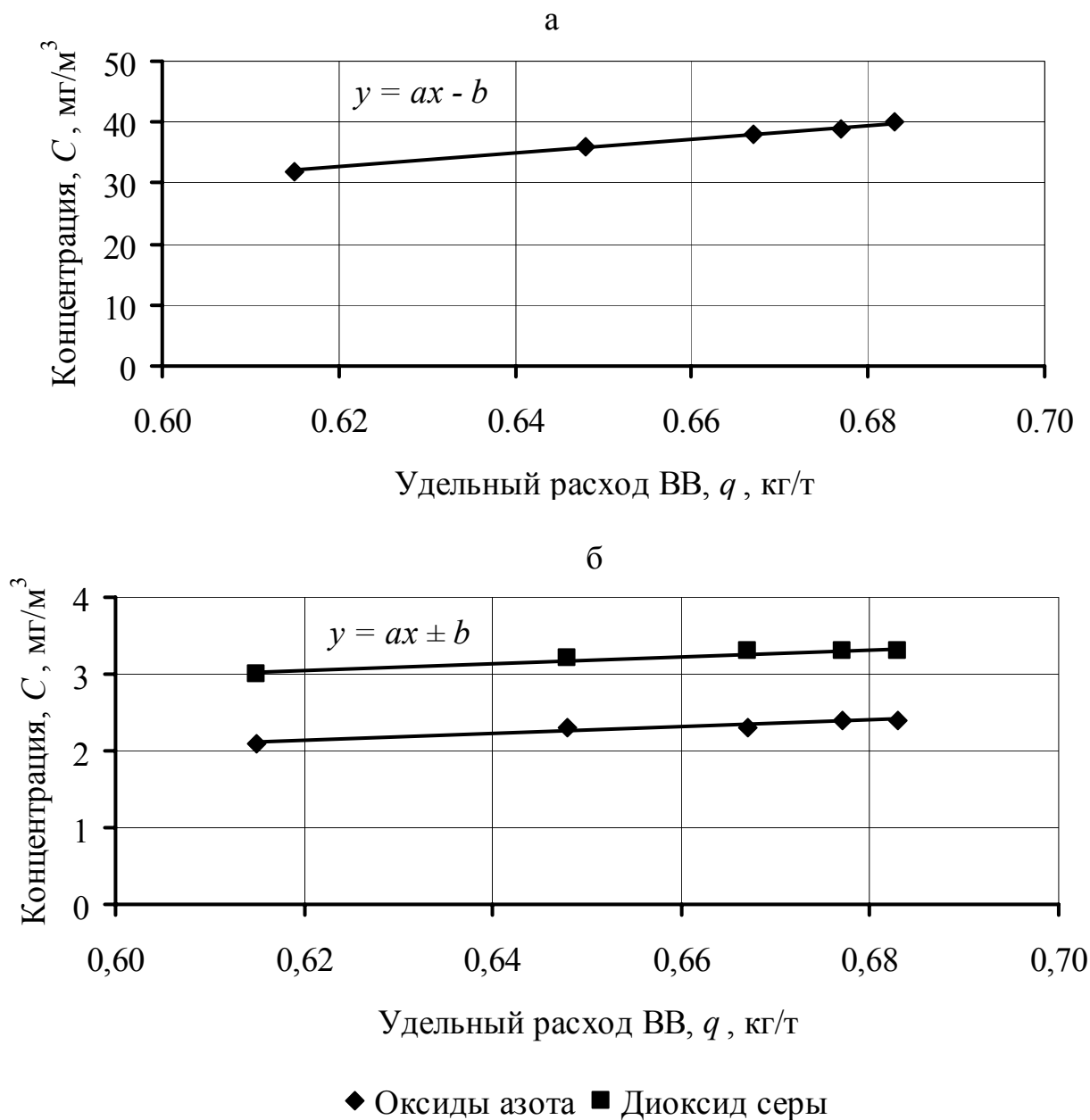


Рис. 1. Изменение концентрации ядовитых газов в исходящей струе от удельного расхода ВВ для северного вентиляционного ствола: а – окись углерода; б – оксиды азота и диоксид серы

Для определения концентрации оксида углерода в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 121,4 \cdot q - 39,65, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 99,1\%. \quad (4)$$

Для определения концентрации оксидов азота в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 4,64 \cdot q - 1,75, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 95,6\%. \quad (5)$$

Для определения концентрации диоксида серы в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 3,18 \cdot q + 1,146, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 95,5\%. \quad (6)$$

Проведя аппроксимацию при помощи программы Microsoft Excel 2003, аналогично были получены эмпирические уравнения зависимостей концентрации C ядовитых газов в исходящей струе канала вентилятора на южном вентиляционном стволе от удельного расхода ВВ q .

Для определения концентрации оксида углерода в исходящей струе воздуха канала вентилятора южного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 100,8 \cdot q - 31, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 99,5\%. \quad (7)$$

Для определения концентрации оксидов азота в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 4 \cdot q - 0,46, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 93,4\%. \quad (8)$$

Для определения концентрации диоксида серы в исходящей струе воздуха канала вентилятора дренажного вентиляционного ствола, зависимость имеет вид:

$$C = 4,94 \cdot q + 0,05, \text{ мг/м}^3, \text{ при } R = 92,0\%. \quad (9)$$

Таким образом, концентрация C всех ядовитых газов от удельного расхода ВВ q изменяется по линейной зависимости, которая имеет вид:

$$C = a \cdot q \pm b, \quad (10)$$

где a и b – данные числа, содержащие известные величины.

Каждое из этих данных значений изменяется с площадью канала вентилятора главного проветривания S_k по следующим закономерностям:

- оксид углерода

$$a = -54,333 \cdot S_k^2 + 1690,6 \cdot S_k - 13019; \quad (11)$$

$$b = -31,342 \cdot S_k^2 + 972,53 \cdot S_k - 7497,4. \quad (12)$$

- оксиды азота

$$a = -1,0167 \cdot S_k^2 + 31,847 \cdot S_k - 244,64; \quad (13)$$

$$b = 0,675 \cdot S_k^2 - 19,715 \cdot S_k + 144,39. \quad (14)$$

- диоксид серы

$$a = 0,1833 \cdot S_k^2 - 7,1133 \cdot S_k + 70,06; \quad (15)$$

$$b = 0,2283 \cdot S_k^2 - 6,1193 \cdot S_k + 40,602. \quad (16)$$

так как

$$S_k = \frac{Q}{v}, \text{ м}^2, \quad (17)$$

где Q – производительность вентилятора главного проветривания, $\text{м}^3/\text{с}$;
 v – скорость движения воздуха в канале вентилятора главного проветривания, $\text{м}/\text{с}$.

Тогда, подставив уравнения (11)-(17) в выражение (10) и выполнив необходимые преобразования, получим эмпирические формулы, определяющие концентрацию ядовитых газов в исходящей струе рудничного воздуха с учетом производительности вентилятора главного проветривания, скорости движения воздуха и удельного расхода ВВ, которые имеют вид:

– для определения концентрации оксида углерода

$$C = \left(\frac{54,333 \cdot Q}{v \cdot \left(31,116 - \frac{Q}{v} \right)^{-1}} - 13019 \right) \cdot q + \frac{31,342 \cdot Q}{v \cdot \left(\frac{Q}{v} - 31,03 \right)^{-1}} + 7497,4, \text{ мг}/\text{м}^3,$$

при $R = 98,4\%$. (18)

– для определения концентрации оксидов азота

$$C = \left(\frac{1,0167 \cdot Q}{v \cdot \left(31,324 - \frac{Q}{v} \right)^{-1}} - 244,64 \right) \cdot q - \frac{0,675 \cdot Q}{v \cdot \left(\frac{Q}{v} - 29,2074 \right)^{-1}} - 144,39, \text{ мг}/\text{м}^3,$$

при $R = 92,4\%$. (19)

– для определения концентрации диоксида серы

$$C = \left(\frac{0,1833 \cdot Q}{v \cdot \left(\frac{Q}{v} - 38,807 \right)^{-1}} + 70,06 \right) \cdot q + \frac{0,2283 \cdot Q}{v \cdot \left(\frac{Q}{v} - 26,804 \right)^{-1}} + 40,602, \text{ мг}/\text{м}^3,$$

при $R = 92,8\%$. (20)

Определение концентрации вредных веществ в исходящей струе воздуха каналов вентиляторов главного проветривания на вентиляционных стволах шахты позволили:

– установить, что на концентрацию ядовитых газов в исходящей струе рудничного воздуха влияет расход ВВ;

– выявить закономерности изменения концентрации оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы в исходящей струе воздуха для каждого вентиляционного ствола шахты от удельного расхода ВВ;

– получить эмпирические формулы позволяющие определить концентрации вредных веществ в исходящей струе воздуха канала вентилятора, которые могут быть использованы для любой горнорудной шахты с учетом производительности вентилятора главного проветривания, скорости движения струи воздуха в канале вентилятора и удельного расхода ВВ.

Список литературы

1. Охрана окружающей среды в горной промышленности.- В.И. Николин, Е.С. Матлак. - К.: Вища школа, 1987. - 192 с.
2. Покорители недр таврии. Посвящается добыче 100-миллионной тонне руды! / Под коорд. В.В. Фортунина. – Запорожье: РА «Цель», 2003. – 156 с.
3. Документи, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємства з іноземними інвестиціями у формі закритого акціонерного товариства «Запорізький залізорудний комбінат». - Мала Білозерка, 2008. – 336 с.
4. Ауров В.В. Методи і засоби вимірювань параметрів довкілля. - Одеса, 2001, – 260 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Колесником В.Є.
Надійшла до редакції 11.05.11*

УДК 622.235:622.457.5

© Г.П. Кривцун, С.Б. Микрюков, Я.Я. Лебедев

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НЕГЕРМЕТИЧНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

На основании анализа аэродинамических процессов в воздушных потоках, протекающих в негерметичных каналах получены расчетные зависимости для определения величины депрессии на участке выработки с равномерно распределенной негерметичностью.

На підставі аналізу аеродинамічних процесів у повітряних потоках, що протікають у негерметичних каналах отримані розрахункові залежності для визначення величини депресії на ділянці виробки з рівномірно розподіленою негерметичністю.

On the basis of analysis of aerodynamic processes in the currents of air, flowing in untight channels calculation dependences for determination of size of depression on the area of making with the no evenly distributed impermeability are got.

При исследовании аэродинамических процессов воздушных потоков в негерметичных горных выработках последние целесообразно разделить на 2 типа:

- выработки с непрерывным изменением расхода воздуха по их длине;
- выработки с дискретным изменением расхода воздуха.

Рассмотрим теоретические основы движения воздушных потоков переменной массы для этих типов выработок (воздуховодов) и установим влияние характера негерметичности на аэродинамическое сопротивление основному воздушному потоку, определим причины его изменения.

В основу теории движения потока с непрерывным изменением расхода, положены уравнения И.В. Мещерского [1], для случая движения твердого тела переменной массы. При отделении массы эти уравнения имеют вид