

05.26.01
11.14

Копия
экземпляр

На правах рукописи

Палатинская Ирина Петровна

УДК 622.864:622.4

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ
КОНВЕКТИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ
В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Специальность 05.26.01 — «Охрана труда»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск 1997

Работа выполнена в Челябинском государственном техническом университете.

Научный руководитель — кандидат технических наук, доцент
Матвеев Г.И.

Официальные оппоненты — доктор технических наук **Купин А.Н.**,
кандидат технических наук, доцент
Зеленков А.Т.


Ведущее предприятие — Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по добыче полезных ископаемых открытым способом.

Защита диссертации состоится **30 октября 1997 г.**, в **11.30** часов, на заседании диссертационного совета Д 135.10.02 при Научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте по добыче полезных ископаемых открытым способом (НИИОГР) по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 83.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « ____ » _____ 1997 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук



Н.Ю.Назарова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Карьеры кимберлитовых месторождений производственного объединения "Якуталмаз" характеризуются большой проектной глубиной (600...700 м), углами откосов бортов до 49°, небольшими размерами в плане и высокими темпами углубки (до 100 м/год). Они оснащены современной высокопроизводительной горной и транспортной техникой, которая при большом объеме горных работ загрязняет атмосферу внутрикарьерного пространства. Концентрация вредных примесей зачастую превышает предельно допустимые нормы, что вызывает временное прекращение работы предприятия, сопровождаемое определенными экономическими потерями.

По мере интенсивного углубления увеличивается нагрузка на внутрикарьерную атмосферу, т.к. с одной стороны - значительно увеличиваются объемы грузоперевозок, расстояния транспортирования, увеличивается концентрация транспортных единиц и другого технологического оборудования на ограниченных пространствах карьера, работа которого сопровождается пылегазовыделением; с другой стороны - происходят изменения в орографии карьера, что приводит к дальнейшей снижению скорости движения воздушных потоков, определяющих, в основном, вынос из атмосферы карьера вредных веществ, а также к ухудшению естественного воздухообмена и санитарно-гигиенических условий труда в нем. Кроме того, суровые климатические условия района расположения алмазодобывающих карьеров еще более усиливают нагрузку на естественный воздухообмен в карьерах, а именно: отрицательная среднегодовая температура (-7,7°C); продолжительные штили в зимний период (73% составляют ветры со скоростью до 1 м/с), частые с ноября по март температурные инверсии - создают условия для накопления вредных примесей в атмосфере кимберлитовых карьеров. Например, простои из-за загазованности карьера "Удачный" (330 м) составили 2345 часов в 1992 г., т.е. 98 дней или 27% рабочего времени. В связи с этим создание нормальных атмосферных условий труда в глубоких кимберлитовых карьерах является важной народнохозяйственной задачей.

Актуальность настоящей работы подтверждается тем, что она выполнялась в соответствии с отраслевой (бывш. Минцветмет СССР, ВПО "Союззолото") программой по решению важнейшей научно-технической проблемы на 1986-1992 гг. "Теоретические и экспериментальные исследования с целью разработки и создания технологии общеобменной вентиляции глубоких карьеров ПНО "Якуталмаз" (№ 01860041221).

Целью работы является повышение эффективности способов и средств конвективной вентиляции в глубоких кимберлитовых карьерах Крайнего Севера путем обоснования параметров конвективной вентиляции.

Идея работы заключается в том, что повышение эффективности способов и средств конвективной вентиляции основывается на определении и оптимизации количества и состава вентиляционных установок в зависимости от объемов проветриваемого пространства и метеопараметров загазованной внутрикарьерной атмосферы.

Задачи исследований :

- исследовать процессы энергообмена, протекающие в атмосфере глубоких карьеров в зимний период при низкой ветровой активности (шгиль);

- исследовать процессы распространения тепловой струи, создаваемой одной тепловой установкой типа УТ-СМ, взаимодействующей и не взаимодействующей со средствами местного проветривания типа УМП-1, или несколькими, действующими совместно или порознь тепловыми установками УТ-СМ;

- на основании теоретических исследований и с учетом экспериментальных данных создать методику, позволяющую определять количество вентиляционных установок, время и режимы их работы в конкретных случаях загазования атмосферы карьера, схему расположения средств вентиляции в пространстве карьера.

Методы исследования. В процессе выполнения работы использован комплекс методов, включающий научное обобщение, теоретические исследования энергообменных процессов, математическое моделирование, аналитические исследования, опытно-промышленные испытания.

Научные положения, разработанные лично автором, и их новизна :

- начальные основные параметры тепловой струи, создаваемой тепловыми установками типа УТ-СМ, а именно: скорость, температура и начальный расход струи, диаметр начального сечения струи можно определять исходя из геометрических размеров теплового источника, характеристик применяемого топлива, его расхода в единицу времени и коэффициентов, характеризующих процесс сгорания топлива;

- определение дальности, производительности струи, ее зависимость от метеорологических параметров атмосферы карьера возможно на основе результатов исследования процесса распространения неизо-термической турбулентной струи в стратифицированной атмосфере;

- производительность и пробивную способность тепловой струи можно регулировать исходя из принципов взаимодействия тепловых струй, устанавливающих связь между процессом взаимодействия тепловых струй, создаваемых работающими одновременно вентиляционными установками, и расстоянием между ними;

- моделирование общеобменной искусственной вентиляции тепловыми установками типа УТ-СМ в глубоких карьерах различной конфигурации осуществляется на базе описания нестационарных энергомассообменных процессов, происходящих в пространстве карьера при работе средств вентиляции, и позволяет определять необходимое количество тепловых установок, схемы их расположения в пространстве карьера, оптимальное время вентиляции и количество топлива, необходимого для работы установок в каждом конкретном случае искусственной вентиляции.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается комплексным характером проведенных исследований, включающих: аналитические исследования с использованием исходных положений газодинамики, математическое моделирование; экспериментальные исследования, подтверждающие адекватность разработанных математических моделей.

Значение работы. *Научное значение работы* заключается в создании математических моделей, описывающих проведение общеобменной вентиляции тепловыми установками типа УТ-СМ в глубоких кимберлитовых карьерах Крайнего Севера, а именно, в установлении зависимостей изменения дальности тепловой струи, расхода загазованного воздуха, эжектируемого в струю, времени работы установки (или установок) во время вентиляции в зависимости от инверсионного состояния атмосферы карьера, его объемов и глубины; в разработке схем взаимодействия тепловых установок между собой, а также со средствами местного проветривания.

Практическое значение работы заключается в создании методики, позволяющей проводить экономически целесообразную общеобменную искусственную вентиляцию атмосферы глубоких кимберлитовых карьеров, а именно, для конкретного случая загазования атмосферы карьера определять количество установок, необходимых для проветривания загазованного объема, схему их расположения во внутрикарьерном пространстве. Оптимальное время конвективной вентиляции атмосферы карьера, а также количество топлива, необходимого для данного способа вентиляции.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Научные положения, выводы и рекомендации использованы

- производственным объединением "Якуталмаз" (г. Мирный) - "Рекомендации по общеобменной вентиляции карьера "Удачный" установками типа УТ-СМ";

- филиалом института промэкологии УрО РАН (г. Челябинск) при разработке методики расчета для промышленных предприятий выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- Научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом по добыче полезных ископаемых открытым способом (г. Челябинск) - "Методика проведения общеобменной конвективной вентиляции тепловыми установками УТ-СМ".

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались на научно-практической конференции "Охрана труда в цветной металлургии" (г. Челябинск, 1990 г.), а также на ежегодных научно-технических конференциях Челябинского государственного технического университета в 1986-1990 гг. и в 1995-1997 гг.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 12 работах, в том числе получено одно авторское свидетельство на изобретение.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, 12 приложений и содержит 148 страниц машинописного текста, 42 рисунка, 10 таблиц, список использованной литературы из 99 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Алмазные месторождения Якутии представлены множеством крупнопадающих рудных тел (кимберлитовых трубок) различной формы. Основными внутренними источниками загазования атмосферы таких карьеров (97% объема выброса загрязняющих веществ) являются взрывные работы и дизельные двигатели большегрузных карьерных автосамосвалов и бульдозеров, при этом количество вредных компонентов зависит от режимов работы, т.к. состав выхлопа существенно меняется от нагрузки: с увеличением ее значительно возрастают концентрация сажи, оксидов азота и оксида углерода. При неблагоприятных метеорологических условиях это вызывает длительные простои карьеров (табл. 1).

Задача интенсификации естественного воздухообмена в глубоких алмазодобывающих карьерах является весьма актуальной. Решение этой задачи ведется по различным направлениям:

- применение оригинальных технологических решений и организационных решений ведения горных работ;
- применение комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта с конвейерно-отвальным комплексом производительностью 8000 т/час;
- применение средств искусственной вентиляции во время загазования атмосферы карьера.

Таблица 1

Величина простоев из-за загазованности карьера "Удачный"

Месяц	Глубина карьера, м				
	230 (1988г.)	255 (1989г.)	280 (1990г.)	305 (1991г.)	330 (1992г.)
январь	10.5	94	129	228	374
февраль	0	209	230	313	466
март	27	143.5	217	238	308
апрель	0	0	22	57	71
май	0	0	100	39	0
июнь	0	0	84	13	56
июль	0	0	24	6	22
август	0	3	110	9	135
сентябрь	4.5	5.5	232	139	92
октябрь	0	133	165	122	231
ноябрь	13	240	87	362	158
декабрь	90	280	131	368	432
Итого, ч	145	1108	1529	1894	2345

Теоретические и практические рекомендации по нормализации санитарно-гигиенических условий труда в карьерах даны в трудах академических, отраслевых, учебных и проектных институтов: ИГД им. А.А.Скочинского, ИГД МЧМ, ЛГИ, ДГИ, МГМИ, МГИ, ин-т "Унипромедь", НИИОГР, ЧПИ, Якутнипроалмаз, Средазнипроцветмет и др. Значительный вклад в решение основных вопросов этой проблемы внесли А.А.Скочинский, В.А. Михайлов, В.С.Никитин, К.З.Ушаков, Н.З.Битколов, С.С.Филатов, П.В. Бересневич, В.П. Куликов, Г.И.Матвеев, и др.

В настоящее время одним из способов обеспечения безопасных условий труда в кимберлитовых карьерах является применение общеобменной конвективной вентиляции, проводимой установкой УТ-СМ, которая эксплуатируется в объединении "Якуталмаз" с 1985 г.

Однако проблема искусственной вентиляции тепловыми установками в карьерах Крайнего Севера в полном объеме не решена, поскольку с увеличением глубины отработки карьеров (более 400 м) появилась необходимость в новых технических решениях. Например, для эффективного проветривания карьера "Мир" глубиной до 450 м и объемом внутрикарьерного пространства 160 млн.м³ одной установки УТ-СМ мощностью 110 МВт недостаточно, необходимо не менее двух таких установок. Но простое увеличение количества тепловых установок, работающих одновременно, может привести к непроизводительным затратам. Так, при выносе загрязненных масс воздуха из карьера "Мир" (300 м) с дальню-

бойностью, превышающей требуемую на 100 м. КПД конвективной вентиляции уменьшался на 40%.

Необходимо провести исследования на основе обобщения и анализа накопленного экспериментального материала по вентиляции атмосферы карьеров тепловой установкой УТ-СМ для того, чтобы определить энергетическую целесообразность и затраты на проведение общеобменной конвективной искусственной вентиляции для кимберлитовых карьеров, различных по объему внутреннего пространства.

В качестве метода исследования процессов, протекающих в атмосфере глубоких карьеров при проведении искусственной вентиляции, было выбрано математическое моделирование. Рабочим инструментом при исследовании этих процессов являются специально разработанные математические модели, которые основаны на фундаментальных законах сохранения массы, энергии, количества движения и на начальных допущениях. Модели получены путем применения операций обезразмеривания, метода факторного анализа, операций осреднения по бесконечно малому объему к поставленным обобщенным краевым задачам (рис. 1).

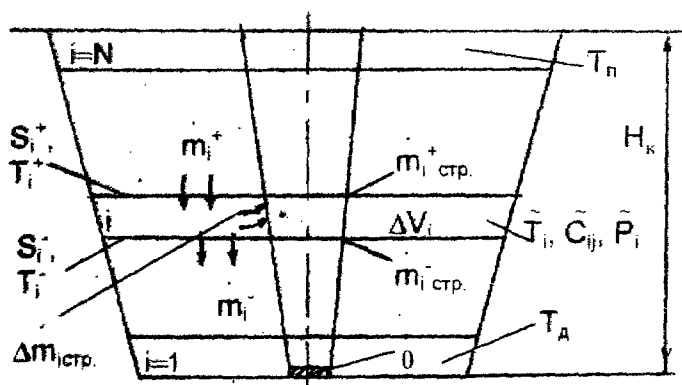


Рис. 1. Расчетная схема внутрикарьерного пространства:
 0 - тепловой источник (установка УТ-СМ); T_n, T_d - температура воздуха на поверхности и дне карьера, К; H_k - глубина карьера, м; ΔV_i - объем i -го слоя, м³; T_i^+, T_i^- - температуры воздуха проходящего через верхнее S_i^+ и нижнее S_i^- сечения объема ΔV_i , К; $\bar{T}_i, \bar{C}_{ij}, \bar{P}_i$ - средние интегральные температура, массовая доля j -ой примеси и давление в i -ом слое, К, % м³ Па; m_i^+, m_i^- - массовые расходы воздуха через S_i^+ и S_i^- сечения, кг/с; $\Delta m_{1 стр.}$ - массовый расход воздуха, поступающий в тепловую струю из ΔV_1 , кг/с; $m_{i стр.}^+, m_{i стр.}^-$ - массовые расходы тепловой струи через сечения S_i^+ и S_i^- , кг/с

Дискретный аналог модели карьера:

$$\begin{cases}
 \frac{d\tilde{T}_i}{dt} = \tilde{T}_i^2 / (\rho_i \beta_{2i}) \cdot \text{Str}_i^{-1} \cdot (\dot{m}_i^+ - \dot{m}_i^- - \Delta \dot{m}_{\text{стр.}}), \\
 \frac{d\tilde{C}_{ij}}{dt} = \text{Str}_i^{-1} \cdot \left(\frac{\tilde{C}_{i+1,j} \cdot \tilde{T}_{i+1}}{\rho_{i+1} \beta_{2i+1}} \cdot \dot{m}_i^+ - \frac{\tilde{C}_{ij} \cdot \tilde{T}_i}{\rho_i \beta_{2i}} \cdot (\dot{m}_i^- + \Delta \dot{m}_{\text{стр.}}) \right), \\
 \sum_{j=1}^N \tilde{C}_{ij} = 1, \\
 \dot{m}_i^+ = (T_i^+)^{-1} \cdot (T_i^- \cdot \dot{m}_i^- + \beta_{2i} \cdot \tilde{T}_i \cdot \Delta \dot{m}_{\text{стр.}}), \\
 \rho_i = \text{const}, \\
 T_i^+ = T_{i+1}, \text{ схема "против потока"}, \\
 T_i^- = T_i, \\
 \dot{m}_i^- = \dot{m}_{i-1}^+, \\
 \Delta \dot{m}_{\text{стр.}} = \dot{m}_i^+ \text{стр.} - \dot{m}_i^- \text{стр.}
 \end{cases} \quad (1)$$

Начальные условия : $t = 0$

$$\tilde{T}_i(0) = \tilde{T}_{i0}, \quad \tilde{C}_{ij}(0) = \tilde{C}_{ij0}. \quad (2)$$

Эта система уравнений является незамкнутой по граничным условиям, которые относятся к тепловой струе (рис.2), создаваемой системой конвективной вентиляции, состоящей из одной, или двух взаимодействующих или не взаимодействующих во время проведения искусственной вентиляции тепловых установок УТ-СМ, или из взаимодействующих установок - УТ-СМ и двух УМП-1 (рис.3).

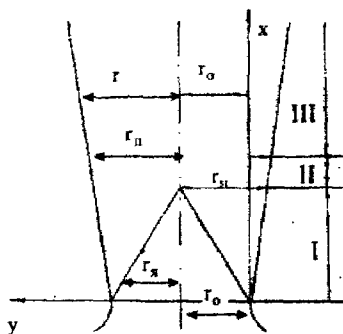


Рис.2. Принципиальная схема течения тепловой струи.

r_0 — начальный радиус струи, $r_я$ — текущий радиус ядра струи, r — текущий радиус струи, $r_н$, $r_п$ — радиусы в конце начального и переходного участков, I, II, III — начальный, переходный, основной участки струи

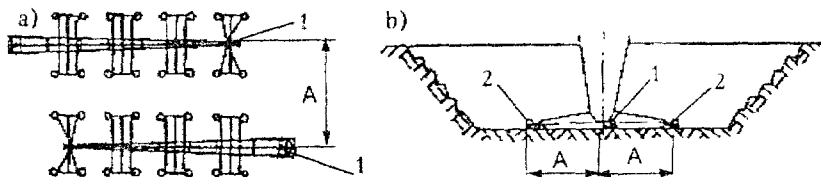


Рис.3. Схема взаимодействия вентиляционных установок УТ-СМ и УМП-1:
 а) двух тепловых установок УТ-СМ: 1 – установка УТ-СМ; А – расстояния между установками;
 б) установок УТ-СМ и УМП-1: 2 – установки УМП-1

Математическая модель, описывающая процесс распространения в стратифицированной атмосфере тепловой струи, создаваемой системой конвективной вентиляции:

1. Начальный участок

Начальные условия: $X=0$

$$\begin{cases} b_{n.c.}(0)=0, & r_n(0)=r_0, & u_m(0)=u_0, & T_m(0)=T_0, \\ \theta = (T_m - T_n)/T_n, & T_n = \varphi(\gamma), \\ T_0 = (\eta_r/c_p \cdot (1 + k_m) \cdot (1 + k_{p.a.})) + T_n, \\ u_0 = m_r \cdot T_0 \cdot R \cdot k_{rop} \cdot (1 + k_m) \cdot (1 + k_{p.a.}) / F_0 \cdot \rho_0 \cdot \mu_0. \end{cases} \quad (3)$$

Профили скорости и температуры:

$$0 \leq r \leq r_n : \quad u = u_m, \quad T = T_m,$$

$$r_n < r \leq r_{стр.} : \quad \begin{cases} u = u_m - u_m \cdot (1 - \eta_n^{1.5})^2, \\ T = T_n + (T_m - T_n) \cdot \eta_n, \\ \eta_n = (r_{стр} - r) / (r_{стр} - r_n). \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{db_{n.c.}}{dx} = 0.54 \cdot (0.54 \cdot r_n + 0.18 \cdot b_{n.c.}) \cdot [(r_n + b_{n.c.} + \theta \cdot b_{n.c.}) \cdot \ln(1 + \theta) - b_{n.c.}] \rightarrow \\ \rightarrow / \theta \cdot (r_n + 0.5 \cdot b_{n.c.}) \cdot \{0.5 \cdot (8 \cdot B_7 - 8 \cdot B_8 + B_1 - B_3) \cdot b_{n.c.} + 0.5 \cdot (B_1 - 8 \cdot B_8) \cdot r_n\}, \\ \frac{du_m}{dx} = ((Q_4 - Q_5 \cdot Q_1 \cdot Q_2^{-1}) \cdot (Q_7 - (Q_6 - Q_5 \cdot Q_3 \cdot Q_2^{-1})))^{-1} \cdot \frac{db_{n.c.}}{dx}, \\ \frac{dr_n}{dx} = - (Q_1 \cdot Q_2^{-1}) \cdot \frac{du_m}{dx} - (Q_3 \cdot Q_2^{-1}) \cdot \frac{db_{n.c.}}{dx}. \end{cases} \quad (5)$$

2. Переходный участок

Начальные условия: $r_{\text{стр.}} = r_n$

$$\begin{cases} | x_n = 1.491 \cdot x_n, \\ | u_n = 1.39 \cdot u_{\text{мн.}}, \\ | T_m = T_n + (T_n / (0.18 \cdot (r_{\text{стр.}}^2 \cdot u_n \cdot T_0) \cdot (r_0^2 \cdot u_0)^{-1} \cdot (T_0 - T_n)^{-1} - 0.697)). \end{cases} \quad (6)$$

3. Основной участок

Профили скорости и температуры:

$$\begin{cases} | u(r) = u_n \cdot (1 - \eta^{1.5})^2, \\ | T(r) = T_m + (T_m - T_b) \cdot \eta^{1.5}, \\ | \eta = r/r_{\text{стр.}}, \quad 0 \leq \eta \leq 1; \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} | \frac{dr}{dx} = 0.11 \cdot (T_m + T_b) \cdot T_b^{-1}, \\ | \frac{dT_m}{dx} = (A_1 \cdot \theta \frac{T_m}{T_b} - 0.601 A_2) \frac{dT_b}{dx} - (\theta \cdot r^{-1}) \frac{dr}{dx} - \rightarrow \\ | \rightarrow A_3 \cdot \theta^2 \cdot u_m^{-1} \cdot (A_1 \cdot \theta - A_2)^{-1}, \\ | \frac{du_m}{dx} = u_m \cdot [A_1 \frac{dT_m}{dx} - r^{-1} \frac{dr}{dx} - A_1 \cdot T_m \cdot T_b^{-1} \cdot \frac{dT_b}{dx}] + A_3 \cdot \theta. \end{cases} \quad (8)$$

Для переходного участка профили скорости и температуры определяются по тем же зависимостям, что и для основного участка.

Для совместно работающих вентиляционных установок разработаны условия взаимодействия струй, создаваемых этими установками:

1) тепловые струи, создаваемые установками УТ-СМ, не взаимодействуют в процессе вентиляции (установки удалены одна от другой на расстояние 100 и более метров). В этом случае рассматриваются две не взаимодействующие между собой струи, распространяющиеся в атмосфере карьера во время вентиляции.

2) тепловые струи двух установок УТ-СМ или струи, создаваемые совместно работающими двумя установками местной вентиляции УМП-1 и одной УТ-СМ взаимодействуют в процессе вентиляции, образуя единую струю (см. рис.3, оптимальное расстояние между УТ-СМ 6...70 м; оптимальное расстояние между установками УМП-1 и УТ-СМ 50...100 м).

Для математического моделирования совместно работающих вентиляционных установок по данным условиям взаимодействия струй, создаваемых этими установками, были разработаны принципы слияния струй:

1. $0.5 \cdot y_{yc} < 2 \cdot k_{ck} \cdot r_0$, то

$$R_{\Sigma} = 2 \cdot b \cdot (a + y_{yc}) / (b + a + y_{yc}). \quad (9)$$

Профили скорости и температуры определяются по зависимостям (4).

2. $r_{стр.1} \geq y_{yc} / 2 \cdot k_{ck}$, то

$$\begin{cases} R_{\Sigma} = (2 \cdot (r_{стр.1}^2 - S_1 / \pi))^{0.5}, \\ r_n = r_n \cdot R_{\Sigma} / r_{стр.1}, \\ \begin{cases} u_{m\Sigma} = 2 \cdot u_{m1} \cdot (r_{стр.1} / R_{\Sigma})^2, \\ T_{m\Sigma} = T_{m1}, \end{cases} \end{cases} \quad (10)$$

где

$$\begin{cases} S_1 = 0.5 \cdot r_{стр.1}^2 \cdot (\alpha - \sin \alpha), \\ \alpha = 2 \cdot \arccos(k_{ck}). \end{cases} \quad (11)$$

Профили температуры и скорости:

$$\begin{cases} T = T_m - (1 - (r_{стр.1} - r) / (r_{стр.1} - r_n)) \cdot (T_m - T_n), \\ u = u_m - u_m \cdot (1 - ((r_{стр.1} - r) / (r_{стр.1} - r_n))^{1.5})^2. \end{cases} \quad (12)$$

3. $k_{ck} \cdot r_n \leq 0.5 \cdot y_{yc} < 2 \cdot k_{ck} \cdot r_n$, то

$$\begin{cases} R_{\Sigma} = (2 \cdot (r_n^2 - S_1 / \pi))^{0.5}, \\ \begin{cases} u_{m\Sigma} = \varphi(u_{m1}, r_{стр.1}, R_{\Sigma}, T_{m\Sigma}, T_n), \\ T_{m\Sigma} = \varphi(r_{стр.1}, R_{\Sigma}, T_{m\Sigma}, T_n), \end{cases} \end{cases} \quad (13)$$

где

$$S_1 = 0.5 \cdot r_n^2 \cdot (\alpha - \sin \alpha), \quad \alpha = 2 \cdot \arccos(0.5 \cdot y_{yc} / r_n). \quad (14)$$

4. $0.5 \cdot y_{yc} \geq 2 \cdot k_{ck} \cdot r_n$, то

$$\begin{cases} R_{\Sigma} = (2 \cdot (r^2 - S_1 / \pi))^{0.5}, \\ \begin{cases} u_{m\Sigma} = 2 \cdot u_{m1} \cdot (r_{стр.1} / R_{\Sigma})^2, \\ T_{m\Sigma} = 2 \cdot (r_{стр.1} / R_{\Sigma})^2 \cdot (T_{m1} + 0.3423 \cdot T_n) - 0.3423 \cdot T_n. \end{cases} \end{cases} \quad (15)$$

Профили скорости и температуры для случаев 3 и 4 определяются по зависимостям (7).

На основе разработанных математических моделей, алгоритмов расчета этих моделей созданы пакеты прикладных программ, позволяющие моделировать для глубоких карьеров различной конфигурации динамику состояния внутрикарьерной атмосферы во время проведения кон-

вективной вентиляции при использовании различных схем взаимодействия вентиляционных установок (рис.4, 5).

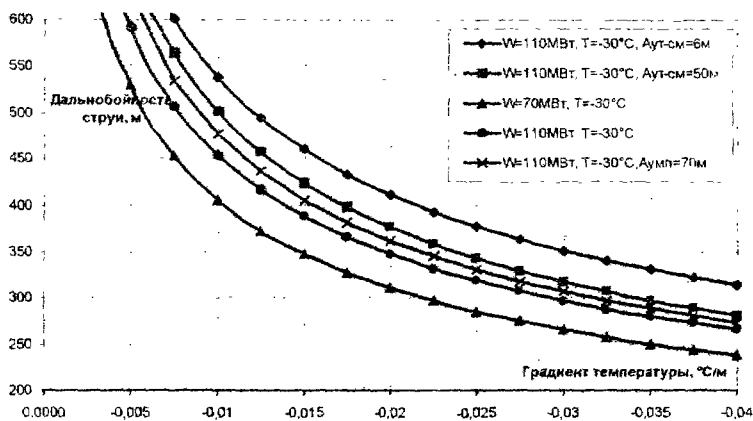


Рис.4. Влияние инверсионного состояния атмосферы карьера на дальность тепловой струи, создаваемой различными схемами взаимодействия вентиляционных установок

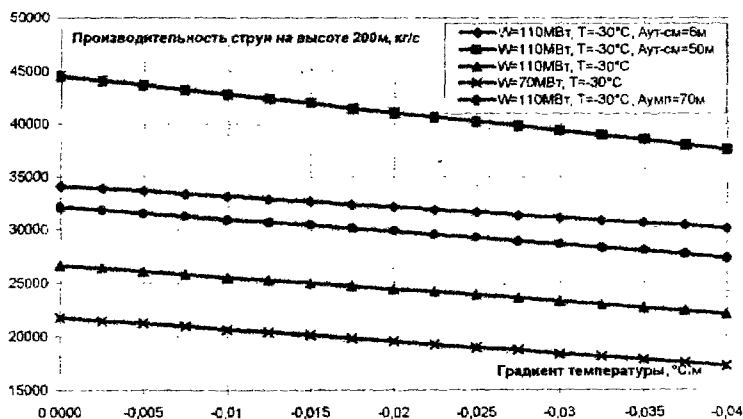


Рис.5. Влияние инверсионного состояния атмосферы карьера на производительность тепловой струи, создаваемой различными схемами взаимодействия вентиляционных установок

Оценка адекватности результатов математических экспериментов результатам натурных испытаний (рис.6, 7), обобщение накопленного опыта

эксплуатации тепловых установок в кимберлитовых карьерах и результатов математических экспериментов, проведенных на базе пакетов прикладных программ, позволили разработать методику определения и оптимизации параметров конвективной вентиляции глубоких кимберлитовых карьеров. Методика основана на математическом моделировании искусственной вентиляции для конкретного случая загазования атмосферы конкретного карьера и выборе наиболее приемлемой схемой взаимодействия вентиляционных установок.

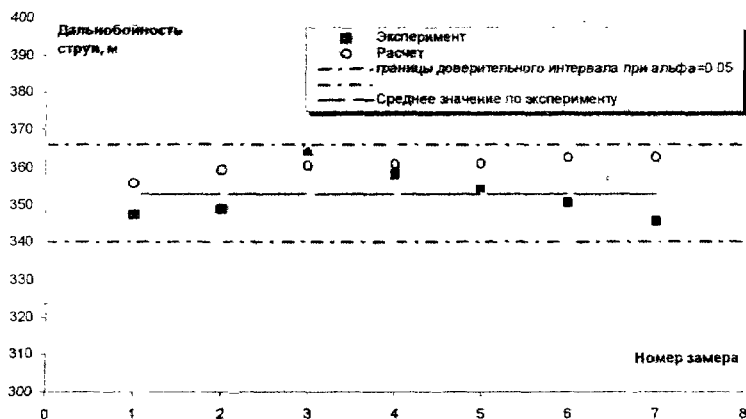


Рис. 6. Сравнение результатов эксперимента и теоретических расчетов по определению дальности струи установки УТ-СМ

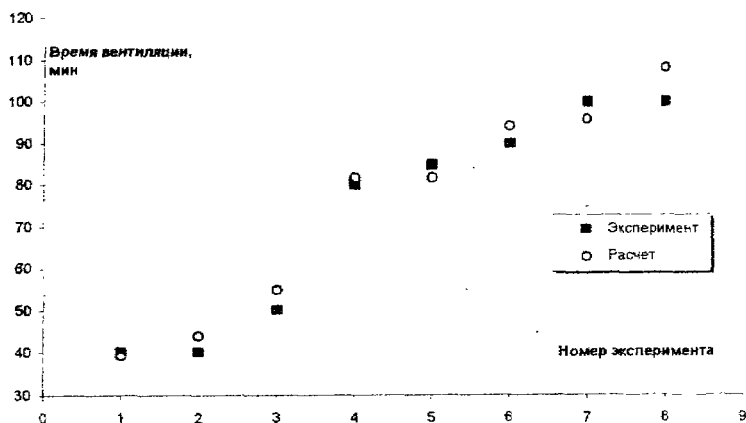


Рис. 7. Сравнение результатов расчетов и испытаний тепловой установки УТ-СМ, проводимых в карьере "Мир"

Основные этапы методики:

- 1- введение данных по геометрическим параметрам внутрикарьерного пространства и по метеопараметрам конкретного состояния загазованности атмосферы карьера в файлы данных пакетов прикладных программ;
- 2- предварительный выбор вентиляционных установок в зависимости от объемов загазованного пространства;
- 3- проведение расчетов с помощью пакетов прикладных программ с целью определения количества установок, их состава, возможных схем взаимодействия, времени, необходимого для вентиляции карьера, а также количества топлива, сжигаемого установками за это время;
- 4- выбор, с учетом полученных результатов, наиболее эффективного способа искусственного проветривания карьера по следующим критериям: время работы установок, количество топлива и электроэнергии, необходимых для вентиляции, стоимость часа простоя данного карьера.

В качестве примера использования методики определения и оптимизации параметров конвективной вентиляции на рис.8 приведены результаты математического моделирования искусственной вентиляции карьера типа "Удачный" глубиной 440 м с применением различных схем взаимодействия вентиляционных установок. Допустим в карьере находятся следующие вентиляционные установки УТ-СМ 70 МВт, УТ-СМ 110 МВт, УМП-1. Возможные схемы конвективной вентиляции: 1 - две УТ-СМ 110 МВт, 2 - две УТ-СМ 70 МВт, 3 - УТ-СМ 110 МВт и две УМП-1, 4 - УТ-СМ 70 МВт и две УМП-1, 5 - УТ-СМ 110 МВт, 6 - УТ-СМ 70 МВт. Согласно методике, время вентиляции ограничено - 2 ч, концентрация вредных веществ (в/в) после вентиляции должна быть не более 0,5-ПДК (ПДК).

В данном случае для схемы 1 (с наименьшим временем проветривания - 77 мин) необходимо - топлива 23,47 т и электроэнергии - 256,7 кВт·ч, для схемы 2 - 17,98 т и 186 кВт·ч (время вентиляции - 93 мин), для схемы 3 - 17,33 т и 185,5 кВт·ч (111,3 мин), для схемы 4 - 12 т и 120 кВт·ч (120 мин), для схемы 5 - 18,29 т и 200 кВт·ч (120 мин). В схемах 3 и 4 оптимальное расстояние между установками УМП-1 и УТ-СМ выбрано 70 м. Схема 6 для данного случая загазования карьера не приемлема (время вентиляции более 2 ч). Наиболее эффективными являются схемы 2 и 3.

Окончательный выбор вентиляционных установок и схемы их взаимодействия определяется из условия минимальности затрат на вентиляцию (затраты на топливо; электроэнергию; на транспортировку, размещение, подключение и эксплуатацию вентиляционных установок) и затрат, связанных с простоем карьера во время проведения искусственной вентиляции.

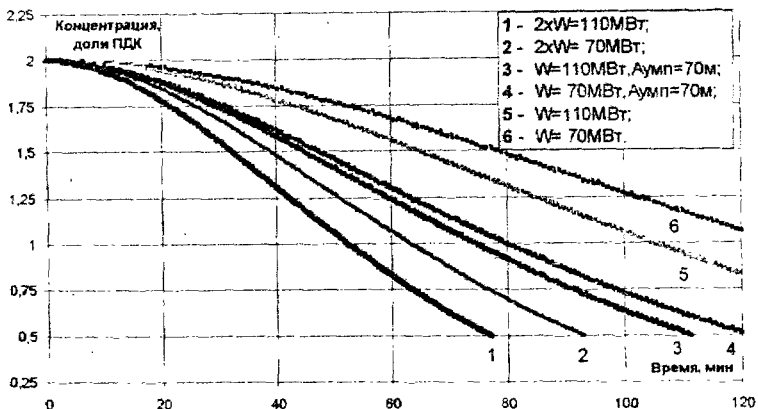


Рис.8. Изменение концентрации вредных веществ на рабочих горизонтах во время конвективной вентиляции карьера "Удачный" (стратификация равномерная, $\gamma = - 0,01^\circ\text{C}/\text{м}$); 1...6 - различные схемы взаимодействия вентиляционных установок

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано новое решение актуальной научно-технической задачи нормализации атмосферных условий труда в глубоких kimберлитовых карьерах Крайнего Севера путем повышения эффективности конвективной вентиляции, заключающееся в обосновании ее параметров. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработаны математические модели, описывающие нестационарные энергомассообменные внутрикарьерные процессы, происходящие при проведении общеобменной искусственной вентиляции тепловыми установками (средствами конвективной вентиляции).
2. Предложено новое описание процесса распространения вертикальной тепловой турбулентной струи, которое в отличие от известных описывает распространение вертикальной тепловой струи в стратифицированной атмосфере.
3. Разработана обобщенная математическая модель, описывающая распространение в стратифицированной атмосфере вертикальной тепловой турбулентной струи.
4. Получены зависимости для определения основных параметров начального сечения струи, создаваемой установкой УТ-СМ.

5. Разработаны принципы, определяющие условия взаимодействия тепловых струй при совместной работе нескольких вентиляционных установок УТ-СМ, УТ-СМ и УМП-1, позволяющие использовать их при математическом моделировании взаимодействия средств вентиляции.

6. На основе математических моделей, предложенной расчетной схемы внутрикарьерного пространства (модели карьера) и алгоритмов расчета этих моделей созданы пакеты прикладных программ, которые позволяют моделировать для глубоких карьеров различной конфигурации динамику состояния внутрикарьерной атмосферы во время проведения искусственной общеобменной вентиляции:

- одной тепловой установкой УТ-СМ;
- двумя тепловыми установками, работающими совместно и порознь, изменяя расстояния между ними;
- тремя вентиляционными установками, а именно, УТ-СМ и две УМП-1, изменяя расстояние между УТ-СМ и УМП-1.

7. Разработана методика определения и оптимизации параметров конвективной вентиляции глубоких кимберлитовых карьеров, основанная на математическом моделировании искусственной вентиляции для конкретного случая загазования атмосферы конкретного карьера и выборе наиболее приемлемой для данного случая схемы работы установок УТ-СМ.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Палатинская И.П. Математическое моделирование процесса распространения струи, создаваемой установкой УТ-СМ//Охрана труда в промышленности. - Челябинск: ЧПИ, 1989. - С.124-130.
2. А.с. 1571269 СССР МКИ E21 F1/00. Способ вентиляции карьеров. Г.И.Матвеев, А.С.Гриднев, С.В.Луцишин, И.П.Палатинская. №4468568/31-03, Заявл. 15.06.88; Опубл. 15.06.90. Бюл. N22.
3. Матвеев Г.И., Палатинская И.П. Повышение эффективности конвективной вентиляции путем оптимизации энергозатрат//Тезисы докладов научно-практической конференции. - Челябинск: ЧПИ, 1990. - С.43-45.
4. Палатинская И.П. Теоретические исследования процесса распространения тепловой турбулентной струи во внутрикарьерном пространстве// Тезисы докладов научно-практической конференции. - Челябинск: ЧПИ, 1990. - С.45-47.
5. Палатинская И.П. Математическое моделирование процесса взаимодействия вертикальной неизотермической струи с внутрикарьерным пространством заданного объема и конфигурации// Безопасность жизнедеятельности: Сб. науч. трудов. - Челябинск: ЧГТУ, 1992. - С.73-82. .

6. Матвеев Г.И., Палатинская И.П. Теоретические исследования воздействия средств системы конвективной вентиляции на энергомассообмен внутрикарьерного пространства// Безопасность жизнедеятельности Сб. научн. трудов. - Челябинск: ЧГТУ, 1995. - С. 75-80.
7. Матвеев Г.И., Мочалов В.А., Палатинская И.П. Исследование возможности безопасной транспортировки установки УТ-СМ в карьерах "Якуталмаз"// Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. - Челябинск: ЧГТУ, 1995. - С. 84-91.
8. Луцишин С.В., Матвеев Г.И., Палатинская И.П. Методика определения количества и состава средств конвективной вентиляции// Безопасность жизнедеятельности : Сб. научн. трудов. Челябинск: ЧГТУ, 1995. - С. 80-84.
9. Матвеев Г.И., Палатинская И.П. Систематизация искусственной вентиляции установками УТ-СМ в карьерах Крайнего Севера// Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. трудов. - Челябинск: ЧГТУ, 1996. - С. 39-40.
10. Палатинская И.П. Способы конвективной вентиляции кимберлитовых месторождений Крайнего Севера// Безопасность жизнедеятельности . Сб. научн. трудов. - Челябинск: ЧГТУ, 1996. - С. 40-43.
11. Палатинская И.П. Пакет прикладных программ "Тепловая газовая струя", 1997, заявка №97027.
12. Палатинская И.П. Пакет прикладных программ "Вентиляция карьеров", 1997, заявка №97028.

Принятые обозначения

$\beta_{2,1}$ – коэффициент осреднения уравнения состояния по объему ΔV_i : $\beta_{2,1} = (\bar{T}_i/\bar{\rho}_i) \int_{\Delta V_i} (\rho/T) dV$;

$\beta_{1,1}$ – приведенный коэффициент осреднения: $\beta_{1,1} = \beta_{стр} / \beta_{в*}$;

$\beta_{1,1}^{**}$ – коэффициент осреднения, учитывающий неравномерность распределения параметров потока “сплошной среды” u и T по граничным сечениям $S_{1,2}$ объема ΔV_i : $\beta_{1,1}^{**} = \int_{S_{1,2}} T_i \rho_i (\mathbf{u} \cdot \mathbf{n}) d\sigma / T_i^{**} m_i^{**}$;

$\beta_{1,1}^{стр}$ – коэффициент осреднения, учитывающий неравномерность распределения параметров потока “сплошной среды” u и T по боковой поверхности струи

объема ΔV_i : $\beta_{1,1}^{стр} = \int_{F_{стр.б.}} T_i \rho_i (\mathbf{u} \cdot \mathbf{n}) d\sigma / T_i^{**} m_i^{**}$;

t – время, с;

$T_{ин}, u_m$ – осевые температура и скорость в струе, К, м/с;

$T_{в}$ – температура окружающей среды, К;

$b_{н.с.}$ – толщина пограничного слоя струи, м;

θ – перегрев струи относительно температуры окружающей среды;

γ – градиент температуры атмосферы в карьере, °С/м;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К;

M_0 – молекулярный вес газовой смеси струи в начальном сечении, кг/моль;

W_M – мощность установки, МВт;

q_T – теплота сгорания 1 кг топлива, Дж/кг;

m_T – массовый расход горючего через всю установку, кг/с;

$K_{гор.}$ – коэффициент полноты сгорания топлива;

F_0 – площадь теплового источника, м²;

B_i – интегралы вида $B_i = \int_0^a c \cdot b^a db / (1 + a \cdot b)$, $i = 1 \dots 8$;

Q_j – определенные интегралы, вычисляемые на начальном и переходном участках распространения тепловой вертикальной струи: $Q_j = f(A_1, T_m, T_b, r_n, r_{стр}, \theta, b_{н.с.}, u_m, B_i)$, $j = 1 \dots 7$;

x_n, x_n – высота окончания начального и переходного участков струи, м;

r_n, r_n – радиус в конце начального и переходного участков струи, м;

$u_{ин}$ – осевая скорость в конце начального участка струи, м/с;

$A_{1,2,3}$ – определенные интегралы, вычисляемые на основном участке распространения тепловой вертикальной струи: $A_{1,2} = f(T_m, T_b)$, $A_3 = f(A_1, T_m, T_b, q, u_m)$;

q – ускорение свободного падения, м/с²;

$K_{сл.}$ – коэффициент слияния: $K_{сл.} \approx 1 \dots 0.5$;

$y_{сл.}$ – расстояние между центрами сечений двух тепловых струй, м;

R_c – суммарный радиус единой струи, м;

b, a – геометрические размеры теплового источника, м.

1. Σ – обозначение параметров одиночной струи и суммарной (единой) струи.

S_1 – 1/2 площади пересечения поперечных сечений взаимодействующих струй, создаваемых вентиляционными установками, м².

Техн. редактор А.В.Миних

Издательство Челябинского
государственного технического университета

ЛР № 020364 от 10.04.97. Подписано в печать 11.09.97 Формат
60×84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд. л.0,99
Тираж 100 экз. Заказ 267/321.

УОП издательства. 454080, пр.им.В.И.Ленина, 76.