

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

КИРИЙ Роман Станиславович

УДК 622.414.2.001.24:622.016.22

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА
ШАХТНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ НА ОСНОВЕ НОВЫХ
ВИДОВ И ПРОФИЛЕЙ ИХ АРМИРОВАНИЯ**

Специальность 05.26.01 - "Охрана труда и
пожарная безопасность"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск 1993

Работа выполнена на кафедре аэрологии и охраны труда
Днепропетровского горного института им. Артема

Научный руководитель

кандидат технических наук, доцент В.А. ДОЛИНСКИЙ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Б.Е. ГРЕДИНГЕР
кандидат технических наук А.Г. ЛЕПИХОВ

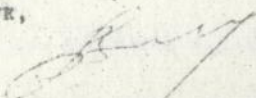
Высшее предприятие - Институт Южгипрошахт

Защита диссертации состоится "20" мая 1993 г.
в 14 часов на заседании специализированного совета
Д 068.08.02 в Днепропетровском горном институте по адресу:
320600, ГСП, г. Днепропетровск - 27, проспект Карла Маркса, 19.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "15" апреля 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент


В.Т. ЗАЙКА

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00803106 (1)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время на шахтах и рудниках горнодобывающих отраслей эксплуатируется большое количество вертикальных стволов, из которых около 75 % имеют жесткие много-расстрельные схемы армировки. Такой вид армировки не отвечает современным требованиям ресурсосбережения как на стадии проектирования, так и на стадиях строительства и эксплуатации шахтных стволов в условиях дальнейшего углубления горных работ и повышения их вентиляционной нагрузки. Проблема снижения расхода электроэнергии на проветривание, достигающего 50 % от общешахтного, может быть решена на основе комплексного повышения аэродинамического качества стволов, где потери давления составляют, как правило, половину от общих по шахте. Одним из наиболее эффективных средств, позволяющим снизить аэродинамическое сопротивление ствола в 3 и более раза, является безрасстрельный вид армировки. Однако широкое внедрение консольных и блочных конструкций и схем сдерживается отсутствием научно-обоснованных аэродинамических и геометрических параметров элементов армировки по фактору вентиляции. Существующие методы аэродинамического расчета стволов не учитывают наличия индуктивного сопротивления, оказываемого воздушному потоку торцевыми участками элементов армировки. Поэтому разработка способов снижения аэродинамического сопротивления стволов и метода расчета безрасстрельного вида армировки является актуальной научно-технической задачей, имеющей важное значение для повышения эффективности и экономичности вентиляции горных предприятий.

Диссертационная работа выполнена в рамках НИР кафедры аэрологии и охраны труда ДТИ в соответствии с отраслевыми научно-техническими программами цветной металлургии: МП-17г, утвержденной в 1986 г., МП-28г, утвержденной в 1987 г. и целевой комплексной научно-технической программой по проблемам аэрологии калийных рудников, утвержденной в 1989 г.

Целью работы является разработка способов повышения аэродинамического качества вертикальных стволов на основе новых видов и профилей элементов их армировки, обеспечивающих снижение расхода электроэнергии на вентиляцию.

Научная задача работы состоит в исследовании и установлении зависимостей коэффициента аэродинамического сопротивления шахтных стволов от длины и продольного калибра элементов армировки с уча-

том влияния индуктивного сопротивления их конструктивных участков.

Идея работы заключается в снижении лобового и местного сопротивления элементов вертикальных шахтных стволов за счет создания лучшей обтекаемости их рабочих поверхностей путем использования способов и средств, разработанных на базе аэродинамических и геометрических параметров армировки, учитывающих ее профиль, вид и объемную компоновку в стволе.

Защищаемые научные положения и результаты. Их новизна. Положения.

1. Установлено, что лобовое сопротивление безрасстрельных видов армировки шахтных стволов включает в себя профильную и индуктивную составляющие. Последняя обусловлена срывом воздушного потока с торцевого участка элемента с последующим вихреобразованием, создающим для него дополнительные потери кинетической энергии, что необходимо учитывать при аэродинамических расчетах для повышения их точности.

2. Коэффициент аэродинамического сопротивления ствола при переменных расстояниях между элементами его армировки зависит от значения меньшего из них. До его величины, равной 3 м, он увеличивается, после - снижается. Расположение следующего элемента армировки должно осуществляться в зоне аэродинамической тени, создаваемой турбулизированным потоком от предыдущего элемента, или на участке, где вентиляционная струя восстанавливает прямолинейность своего течения.

Результаты.

1. Получена зависимость для расчета коэффициента лобового сопротивления элементов армировки стволов, отличающаяся от существующих тем, что учитывает вид крепления конструкций к стенкам, позволяющая производить оценку и выбор профиля проката или его обтекателя в широком диапазоне ширины их медалева сечения и шага армировки.

2. Разработан метод определения аэродинамических параметров шахтных стволов с безрасстрельными схемами, учитывающий геометрические особенности и влияние индуктивного сопротивления элементов армировки, позволяющий принимать достоверные исходные данные для вентиляционных расчетов шахт.

3. Экспериментальным путем установлены значения коэффициента аэродинамического сопротивления и области рациональных геометрических параметров безрасстрельных конструкций и схем в поперечном и продольном сечениях ствола при постоянном и переменном шагах армировки, на основании которых разработаны новые армиров-

ки шахтных стволов, обеспечивающие снижение затрат на вентиляцию, признанные изобретениями.

4. Разработаны способы повышения аэродинамического качества элементов стволов, основанные на снижении лобового и местного сопротивления за счет аэродинамически выгодного конструирования и профилирования рабочих поверхностей, отличающиеся улучшенными показателями эксплуатации и безопасности, признанные изобретениями.

Обоснованность и достоверность выдвигаемых научных положений, полученных результатов и выводов подтверждается использованием апробированных положений теории аэродинамики, применением физического и математического моделирования с соблюдением критериев подобия, схожимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований с погрешностью не более 10 %, внедрением методики аэродинамического расчета стволов с безрасстрельными видами армировки в проектных институтах цветной металлургии. Экспериментальные исследования проводились на большой аэродинамической трубе ДТИ, на рудниках ПО "Сильвинит" и шахте "Северной" ПО "Дзержинскуголь".

Научное значение работы состоит в получении зависимостей аэродинамических параметров конструкций и схем безрасстрельной армировки от степени загрузки сечения ствола и ее продольного калибра, позволяющих учитывать факторы уровня аэродинамического качества и экономической эффективности при проектировании новых видов армировки шахтных вертикальных стволов.

Практическая значимость работы заключается в установлении области аэродинамически выгодных параметров элементов шахтных стволов с безрасстрельными видами армировки и разработке на их основе консольной (а.с. I610024, а.с. I739093) и блочной (а.с. I735591) конструкций армировки и их обтекателей (а.с. I458579), обеспечивающих снижение аэродинамического сопротивления шахтных стволов; разработке способов и средств повышения аэродинамического качества расстрелов жесткой армировки, сопряжения ствола с каналом вентилятора, признанных изобретениями и позволяющих снизить расход электроэнергии на вентиляцию. Практическая значимость работы подтверждается актами внедрения и справками об использовании.

Реализация выводов и рекомендаций работы. По результатам работы разработаны: "Методика определения аэродинамического сопротивления стволов с новыми конструкциями армировки" (1966 г.), "Рекомендации по снижению аэродинамического сопротивления верти-

кельных шахтных стволов с новыми видами армировки" (1989 г.), "Методика оптимизации аэродинамических параметров вертикальных стволов шахт", "Технические предложения по улучшению аэродинамического качества армировки стволов" (1990 г.), утвержденные и принятые к использованию проектными институтами "Гипроцветмет", "Типроникель", "Унипромедь" и институтом КГПИ.

Отдельные положения "Методики определения..." включены в "Руководство по проектированию армировки вертикальных стволов шахт с коробчатыми проводниками" (РДП-20-89).

Разработанные по результатам работы "Каталог значений коэффициента аэродинамического сопротивления вертикальных стволов шахт" и "Рекомендации по снижению аэродинамического сопротивления шахтных вертикальных стволов" (1992 г.) используются ПО "Луганскуголь".

Разработанные рекомендации по изготовлению и выбору параметров сопряжения ствола № 3 используются шахтой "Северная" ПО "Дзержинскуголь".

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на I Всесоюзной школе-семинаре молодых ученых и специалистов "Разработка и обогащение рудных и нерудных месторождений при их комплексном освоении" (Москва, 1987 г.), XII Всесоюзной конференции молодых ученых "Теория и практика комплексной разработки месторождений и обогащения полезных ископаемых" (Москва, 1989 г.), VI Всесоюзной конференции молодых ученых "Интенсификация горнорудного производства" (Свердловск, 1990 г.), республиканской научно-технической конференции молодых ученых "Проблемы совершенствования безопасности горных работ на угольных шахтах" (Донецк, 1991 г.), на заседаниях горно-геологических секций НТС институтов "Норильскпроект" (Норильск, 1987-1989 гг.), "Типроцветмет" (Москва, 1989-1990 гг.), "Типроникель" (Ленинград, 1989-1990 гг.), "Унипромедь" (Свердловск, 1989 г.), ВНИИГ (Санкт-Петербург, 1991 г.), на технических совещаниях ОНИЛ ЦЛТШСО КГПИ (Кривой Рог, 1986-1990 гг.), на заседаниях кафедры АСТ ДГИ (1986-1992 гг.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 32 печатные работы, в том числе 16 авторских свидетельств.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех гл. в и заключения, изложенных на 186 страницах машинописного текста, содержит 24 рисунка, 10 таблиц, список литературных источников и 6 приложений.

Научные основы аэродинамического расчета стволов, способы и средства повышения их аэродинамического качества созданы на базе фундаментальных трудов научных школ МГИ, ЛГИ, ГПИ, ИГТИ АН Украины, ДГИ и др. Однако многие проблемы определения и совершенствования аэродинамических параметров стволов полностью не решены.

Существующие конструкции обтекателей шахтных расстрелов не лишены определенных недостатков, главным из которых является несоответствие требованиям правил безопасности в вопросе обеспечения возможности осмотра состояния армировки ствола. В то же время внедрение обтекателей на ряде шахт и рудников показало их высокую экономическую эффективность. Снижение депрессии одного ствола на 30+40 % позволяет сократить расход электроэнергии, затрачиваемой на вентиляцию шахты, почти на 2 млн. кВт·ч в год. Применяемые способы уменьшения потерь энергии на участке сопряжения ствола с каналом вентилятора связаны с существенными капитальными затратами, а имеющиеся предложения по герметизации вентиляционных стволов не учитывают изменения их аэродинамического качества.

Применение существующих методик расчета коэффициента аэродинамического сопротивления стволов с жесткими схемами армировки обуславливает высокую трудоемкость и низкую достоверность, поэтому зависимости для определения параметров их элементов требуют уточнения.

В настоящее время отсутствует метод аэродинамического расчета шахтных стволов с консольными и блочными схемами армировки.

Для обеспечения эффективного применения безрасстрельных конструкций и схем армировки их расчет должен проводиться по факторам надежности и вентиляции. Возникает необходимость в разработке методик определения аэродинамических параметров вертикальных стволов, учитывающих влияние геометрических особенностей армировки в их поперечном и продольном сечениях.

На основании анализа состояния вопроса и выполненных исследований в работе поставлены следующие основные задачи:

- определение коэффициента лобового сопротивления для различных профилей жестко и консольно закрепленных элементов армировки шахтных вертикальных стволов;
- исследование аэродинамического качества стволов с много-расстрельными схемами армировки для установления зависимостей их

минимального сопротивления от местоположения расстрелов в сечении ствола и степени вытеснения вентиляционного потока;

- разработка метода расчета аэродинамических параметров шахтных вертикальных стволов с безрасстрельными видами армировки;
- определение и обоснование аэродинамических и геометрических параметров стволов с безрасстрельными схемами и конструкциями армировки с целью обеспечения наименьшей их энергоемкости по фактору вентиляции;
- разработке средств снижения лобового сопротивления различных конструкций армировки и подъемных сосудов, обеспечивающих повышение аэродинамического качества шахтных стволов и выполнение требований правил безопасности;
- разработка аэродинамически совершенных средств герметизации и снижения местного сопротивления участка сопряжения ствола с вентиляционным каналом, позволяющих сократить энергозатраты на проветривание и уменьшить непроизводительные потери воздуха;
- определение области целесообразного применения разработанных средств по экономической эффективности для шахтных стволов с различным функциональным назначением.

Для решения поставленных задач использовались экспериментальные исследования лобового сопротивления для различных моделей профилей расстрелов и консолей армировки шахтных стволов.

В результате обработки экспериментальных данных были установлены корреляционные зависимости коэффициента лобового сопротивления от вида и профиля элементов армировки.




Для расстрелов шахтных стволов коэффициент лобового сопротивления определяется по формуле

$$C_{\text{кл}} = C_{\text{хгр}} = A \lg (A_0 \ell_i / d_{\text{ст}}), \quad (1)$$

для консолей

$$C_{\text{кл}} = C_{\text{хгр}} + C_{\text{ин}} = A \lg (T A_0 \ell_i / d_{\text{ст}}), \quad (2)$$

где $C_{\text{хгр}}$, $C_{\text{ин}}$ - коэффициенты, учитывающие профильное и индуктивное сопротивление; $d_{\text{ст}}$ - ширина миделева сечения i -го элемента армировки, м; ℓ_i - продольное расстояние между i -ми элементами армировки, м; A , A_0 , T - коэффициенты регрессии:

профиль	сечение	A	A ₀	T
дугатравовый		0,822 . . .	0,446 . . .	1,323
коробчатый		0,915 . . .	0,277 . . .	1,285
улобообтекаемый		0,230 . . .	1,233 . . .	2,721

Эмпирические константы установлены для 30 различных профилей

элементов, применяемых и рекомендуемых для армировки шахтных стволов, что позволяет проводить сравнительные вентиляционные расчеты и оценивать их аэродинамическое качество.

Предлагается методика аэродинамического расчета шахтных стволов с жесткой армировкой. Исходной для определения коэффициента аэродинамического сопротивления стволов с многорасстрельными схемами принята формула Идельчика, которая после преобразования принимает вид:

$$\alpha \cdot 10^3 = \alpha_{\text{т}} \cdot 10^3 + D_p \frac{\sum_{i=1}^n C_{xi} S_{mi} R_{pi}}{(S - \sum_{i=1}^n \bar{c}_i S_{mi})^3}, \quad (3)$$

где $D_p = 137D^{3/2}$; $R_{pi} = (D/2 - y_i)^{0.3}$; $\alpha_{\text{т}} \cdot 10^3$ - коэффициент сопротивления трения крепи ствола, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$; D - диаметр ствола, м; S - площадь сечения ствола, м^2 ; S_{mi} - площадь миделева сечения i -го элемента армировки, м^2 ; $S_{mi} = \alpha_i \cdot b_i$, здесь b_i - длина миделева сечения i -го элемента армировки, м; y_i - радиальная координата центра тяжести i -го элемента армировки, м; \bar{c}_i - коэффициент, учитывающий разброс и вытеснение воздушного потока.

Функция $\bar{c}_i = f(b_i/d_i)$ описывается полиномом пятой степени.

Коэффициенты полинома определялись методом наименьших квадратов.

Определено условие наименьшего аэродинамического сопротивления расстрела шахтного ствола,

$$0 < R_p \leq 1; \quad (4)$$

$$(D/2 - 1) \leq y \leq D/2; \quad (5)$$

$$b_{\text{max}} = 2 \sqrt{(D/2)^2 - (D/2 - 1)^2}, \quad (6)$$

которое формулируется следующим образом. Для обеспечения наименьшего аэродинамического сопротивления жестко закрепленного расстрела, центр тяжести последнего должен отстоять от ближней стенки шахтного ствола на расстоянии не более одного метра.

При центральном расположении расстрелов в стволе коэффициент его аэродинамического сопротивления определяется по формуле

$$\alpha \cdot 10^3 = \alpha_{\text{т}} \cdot 10^3 + \frac{D_p \sum_{i=1}^n C_{xi} d_{oi}}{e (D_p e - \sum_{i=1}^n \bar{c}_i d_{oi})^3}, \quad (7)$$

где	схема	координата	D_p	D_{p2}
		$y_i = 0$	$109 D^3$	$0,8 D$
		$y_i = 0; y_i = D/4$	$45 D^3$	$0,5 D$
		$y_i = 0$	$27 D^3$	$0,4 D$

Для снижения лобового сопротивления шахтных расстрелов разработано восемь конструкций их обтекателей.

Обтекатели имеют аэродинамически совершенный (удобообтекаемый) каплеобразный и спаренный круглый профили с коэффициентами лобового сопротивления (при $l_i/d_i \approx 80$) $C_{xi} = 0,32 + 0,72$. Все разработанные конструкции обтекателей позволяют производить оперативный осмотр состояния расстрелов армировки шахтных стволов согласно правилам безопасности.

Разработан метод расчета аэродинамических параметров шахтных вертикальных стволов с безрасстрельными видами армировки, основанный на использовании геометрических особенностей расположения элементов армировки в сечении ствола и их влияния на распределение зон движения воздушного потока с различным характером нарушенности его структуры.

Уравнение, отражающее равенство соотношения, с помощью которого можно оценить мощность, необходимую для перемещения заданного объемного расхода воздуха по участку, где происходит нарушение стабилизированного течения, с зависимостью, устанавливающей потери энергии, выраженные через суммарную силу сопротивления, возникающую при обтекании всех элементов армировки, находящихся в стволе на данном участке, на основании закона сохранения массы для схем стволов с безрасстрельными конструкциями армировки, имеет вид:

$$Q \sum_{i=1}^n S_i \frac{\rho u^2}{2} = \sum_{i=1}^n C_{xi} S_{mi} \frac{\rho}{2} \left(\frac{u_i}{1 - \sum_{k=1}^n \frac{S_{mk}}{S}} \right)^2, \quad (8)$$

где Q - расход воздуха в стволе, $m^3 \cdot c^{-1}$; S_i - коэффициент сопротивления; ρ - плотность воздуха, $kg \cdot m^{-3}$; u, u_i - средняя по сечению и скорость воздуха в i -той точке сечения ствола, перед элементом армировки, соответственно, $m \cdot c^{-1}$.

Коэффициент аэродинамического сопротивления шахтных стволов с консольными и блочными конструкциями армировки определяется по формуле

$$\alpha \cdot 10^3 = \alpha_{гр} 10^3 + 100 \frac{D}{l} \sum_{i=1}^n \frac{S_{mi}}{S} \text{Alg} \left(T A_0 \frac{l}{d_{oi}} \right). \quad (9)$$

На рис. I приведен график зависимости коэффициента аэродинамического сопротивления ствола от величины шага безрасстрельной армировки.

Для сравнительной оценки аналитических исследований аэродинамических параметров стволов с консольными и блочными конструкциями армировки применен метод физического моделирования. Изготовленные в масштаба 1:10 элементы армировки испытаны в Большой аэродинамической трубе ДТИ с соблюдением геометрического, кинематического и

динамического подобия модели и натуры. В качестве исследуемых конструкций приняты различные виды и типоразмеры консолей и блоков (8 вариантов), разработанные КГРИ совместно с институтами "Норильск-проект" и "Унипромедь" для внедрения на стволах КС-3 рудника "Таймырский" Норильского ГМК и СКС шахты "Новая" Гайского ГОКа. Результаты экспериментальных исследований безрасстрельных конструкций и схем (15 вариантов) в диапазоне постоянного шага армировки $\ell = 2+8$ м подтвердили величины их аэродинамических параметров, полученных расчетным путем.

Для тех же условий ($\ell = const$) консолей трех типоразмеров: $\delta_1 = 0,9$ м; $\delta_2 = 1,3$ м; $\delta_3 = 2,5$ м, по результатам экспериментальных наблюдений были установлены предельные величины длин элементов армировки с исследуемым профилем. По фактору аэродинамического качества указанный диапазон, для одиночной консоли, расположенной на оси ствола при $D = 6+8$ м, может составлять:

$$D/2 - \sqrt{(D/2)^2 - (B_{ac}/2 + h_1)^2} - h_2 \leq (0,10 + 0,15)D \leq D/2 - 2,1 \text{ IO}$$

где B_{ac} - ширина подъемного сосуда, м; h_1, h_2 - минимальные величины зазоров между подъемным сосудом и крепью и между консолью, несущей проводник и подъемным сосудом, м.

На рис. 2 приведен график зависимости коэффициента аэродинамического сопротивления шахтного ствола от длины консолей.

По данным экспериментов на модели $\alpha \cdot 10^3$ более точно может определяться по формулам:

для консолей на опорных кронштейнах ($\delta = 0,9 + 1,3$ м)

$$\alpha \cdot 10^3 = \alpha_{np} \cdot 10^3 + (5\delta/\ell + 1); \quad (I1)$$

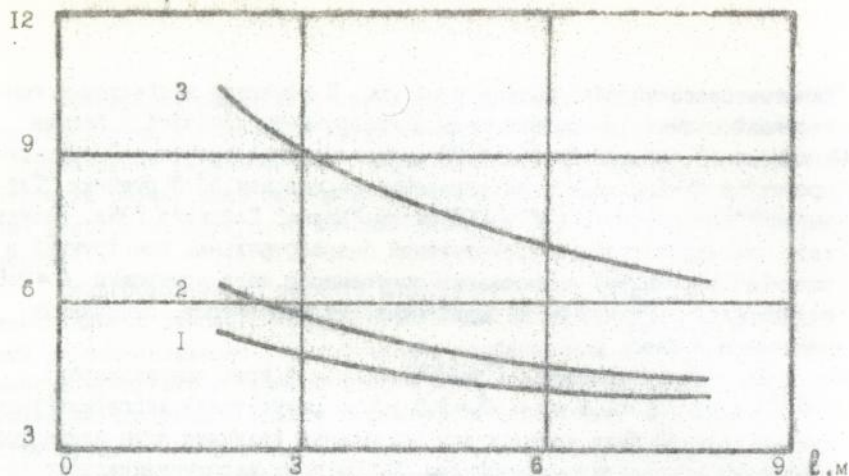
для консолей на распорках ($\delta = 2,5$ м)

$$\alpha \cdot 10^3 = \alpha_{np} \cdot 10^3 + (3,5\delta/\ell + 3). \quad (I2)$$

Наряду с исследованиями аэродинамических параметров стволов при постоянном шаге армировки проводились аналогичные исследования для схем с переменным шагом (ℓvar) консолей и блоков, параметры которых, на настоящий момент, могут быть определены исключительно опытным путем. Эксперименты проводились при различных степенях загрузки поперечного сечения ствола K , профилях элементов и вариантах шага армировки: $\ell_1 - \ell_2 - \ell_1$ ($\ell_1 = 1+7$ м; $\ell_2 = 4+10$ м; $K = 0,009 + 0,028$) и $\ell_1 - \ell_2 - \ell_2 - \ell_1$ ($\ell_1 = 2+4$ м; $\ell_2 = 2+5$ м; $K = 0,017 + 0,093$).

При исследовании аэродинамических параметров стволов с переменным шагом безрасстрельной армировки установлено, что коэффициент аэродинамического сопротивления α зависит в основном

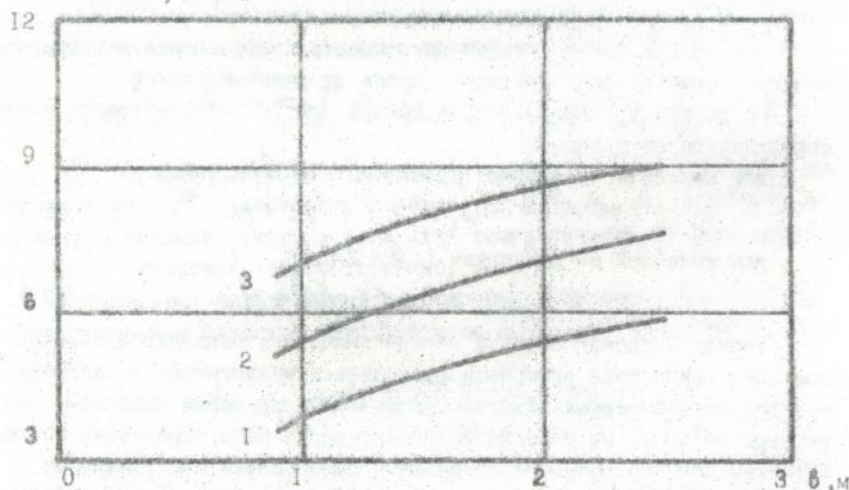
$\alpha \cdot 10^3, \text{H} \cdot \text{c} \cdot \text{M}^{-4}$



1 - $K=0,009$; 2 - $K=0,012$; 3 - $K=0,023$

Рис. 1 График зависимости коэффициента аэродинамического сопротивления от шага армировки

$\alpha \cdot 10^3, \text{H} \cdot \text{c} \cdot \text{M}^{-4}$



1 - $l=0\text{м}$; 2 - $l=4\text{м}$; 3 - $l=2\text{м}$

Рис. 2 График зависимости коэффициента аэродинамического сопротивления от длины консолей

от меньшей величины шага армировки l_1 . Увеличение значения l_2 не приводит к пропорциональному снижению аэродинамического сопротивления ствола.

Величины l_1 и l_2 (м) необходимо выбирать в два этапа:

I - по фактору надежности

$$l_1 = 0 + (1,5 + 2,5);$$

$$l_2 = 4,0 + 5,0;$$

II - по фактору аэродинамики

$$\begin{cases} l_2 > l_1 > 3,5; \\ 2,5 > l_1 > h. \end{cases}$$

Последнее обстоятельство объясняется тем, что в первом случае вентиляционная струя успевает восстановить прямолинейность своего течения перед преодолением следующего источника сопротивления, а в другом - консоль попадает в зону аэродинамической тени, прикрываемую турбулизированным потоком от предыдущего элемента армировки вследствие наличия в нем профильного и индуктивного сопротивления. Во всех иных случаях смыкание линий тока происходит в районе расположения следующего, за обтекаемыми, ярусом армировки, чем и обуславливаются дополнительные потери энергии воздушного потока, протекающего по стволу.

Для снижения данных потерь в стволах с безрасстрельной армировкой разработаны две конструкции консолей с улучшенным аэродинамическим качеством. Первая снижает лобовое сопротивление опорного кронштейна, вторая - линейного и торцевого участков консоли.

В новых конструкциях блочной и консольной армировки с переменным шагом применен эффект аэродинамической тени, позволяющий снизить величину коэффициента, учитывающего потери за счет их лобового и индуктивного сопротивления до уровня коэффициента сопротивления бетонной крепи. $\alpha \cdot 10^3 = 2,614,5 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$.

Высоким аэродинамическим качеством обладает конструкция многосекционного шахтного ствола, разработанная с целью разделения функционального назначения и повышения эксплуатационной нагрузки технологических отделений.

Новая конструкция обтекателей подъемного оборудования шахтного ствола способствует улучшению показателя его аэродинамики и безопасности.

Для повышения аэродинамического качества одного из наиболее энергоемких элементов шахтных стволов, каким является участок

устья и сопряжения с вентиляционным каналом, разработана серия затворов устья и обтекателей сопряжения. Конструкции затворов обеспечивают сокращение непроизводительных потерь воздуха до нормативных значений и условие аэродинамически совершенного входа в канал по стороне внешней кромки. Обтекатели сопряжения позволяют снизить на 15-30 % коэффициент местного сопротивления по стороне его внутренней кромки.

Область целесообразного применения разработанных технических решений, направленных на повышение аэродинамического качества шахтных стволов, ограничивается минимальным значением экономии за счет снижения расхода электроэнергии $E_{\text{мин}}$ на вентиляцию и минимальной величиной расхода воздуха в стволе $Q_{\text{мин}}$, выбранном для внедрения рекомендуемых способов и средств:

$$E_{\text{мин}} = 0,223 K_{г,р} ; \quad (14)$$

$$Q_{\text{мин}} = (D^{4/3}/24)(K_{г,р}/L)^{1/3}, \quad (15)$$

где $K_{г,р}$ - капитальные затраты, связанные с внедрением технических решений, руб.; L - глубина ствола, м; U - стоимостной показатель, на 1992 г. $U = 1$.

Ожидаемый экономический эффект от реализации разработок диссертационной работы составляет более 2 млн.руб. в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе выполнены экспериментальные и аналитические исследования, позволившие получить следующие практические и научные результаты.

1. В результате выполненных исследований классифицированы и определены аэродинамические параметры более 400 действующих и проектируемых вертикальных стволов цветной металлургии, калийной и угольной промышленности с много- и безрасстрельными схемами армировки, установлен удельный вес параметров элементов в конструкции ствола и стволов в общешахтных показателях.

2. Получена зависимость для расчета коэффициента лобового сопротивления жестко и консольно закрепленных элементов армировки шахтных стволов, учитывающая профильную и индуктивную составляющие в их общем сопротивлении.

3. Уточнены формулы для определения аэродинамических пара-

метров стволов с жесткой армировкой при типовом и центральном расположении расстрелов с учетом влияния вытеснения и расслоения воздушного потока, сформулировано ограничение по величине радиальной координаты расстрела, обеспечивающее условие его наименьшего аэродинамического сопротивления.

4. Разработан метод определения коэффициента аэродинамического сопротивления шахтных вертикальных стволов с безрасстрельными видами армировки, учитывающий наличие индуктивного сопротивления, геометрические особенности элементов армировки и их расположения в стволе.

5. Предложена методика расчета предельных длин элементов безрасстрельной армировки, позволяющая оценить влияние объемного планирования применяемых консолей и блоков и учесть их конструктивное решение.

6. Путем экспериментального моделирования установлены значения коэффициента аэродинамического сопротивления схем стволов с безрасстрельными конструкциями при переменном и постоянном шаге их армировки, позволяющие повысить достоверность вентиляционных и экономических расчетов. Разработана методика определения величин переменного шага элементов безрасстрельной армировки по факторам надежности и аэродинамики, обеспечивающая снижение потерь энергии воздушного потока в шахтных вертикальных стволах.

7. В натуральных условиях исследованы характер эксплуатации армировки шахтных вертикальных стволов и режимы аэродинамических процессов при различных местоположениях подъемных сосудов по глубине ствола, на основании чего разработаны конструкции обтекателей расстрелов (а.с. № I550I55, № I5836I4, № I659665, № I659666, № I726748, № I709I07, № I6I537I) и подъемного оборудования, обеспечивающих повышение степени безопасности и снижение потерь давления в стволе.

8. Разработаны конструкции консольной (а.с. № I6I0024, № I739039), блочной (а.с. № I73559I) армировки и многосекционный шахтный ствол (а.с. № I66I42E), обеспечивающие снижение его аэродинамического сопротивления, повышение вентиляционной и технологической нагрузки. Для снижения лобового сопротивления опорного кронштейна, линейного и торцевого участков элементов безрасстрельной армировки разработаны конструкции их обтекателей (а.с. № I458579), позволяющие сократить затраты электроэнергии на проветривание горного предприятия в целом.

9. Разработаны конструкции затвора устья (а.с. № I546664,

№ 1686181) и сопряжения шахтного вертикального ствола (а.с. № 1610025) на участке вентиляционного канала, имеющие улучшенное аэродинамическое и конструктивное качество, что позволяет повысить уровень герметизации вентиляционных стволов, оборудованных подъемом, и снизить величину местного сопротивления входа воздушного потока в канал вентилятора главного проветривания. Рекомендованы соотношения геометрических параметров шахтного ствола и элементов конструкции по условию их технологического размещения и кривизны рабочих поверхностей.

10. Установлена область экономически целесообразного применения разработанных способов и средств повышения аэродинамического качества шахтных вертикальных стволов и предложена методика определения их экономической эффективности для стволов с различным функциональным назначением.

Результаты исследований переданы в виде методических и нормативных документов проектным, научно-исследовательским институтам и производственным объединениям, которые используют их при проектировании шахтных вертикальных стволов, разработке мероприятий по повышению их аэродинамического качества и в вентиляционных расчетах сетей шахт и рудников в процессе эксплуатации и управления их проветриванием.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Долинский В.А., Кирин Р.С. Метод аналитического определения коэффициента аэродинамического сопротивления стволов с новыми конструкциями армировки // Уголь Украины. - 1989. - № 7. - С. 35-37.

2. Аэродинамическое качество вертикальных стволов цветной металлургии / В.А.Долинский, Г.П.Кривцун, Н.П.Рыбалко, Р.С.Ки-рин // Шахтное строительство. - 1989. - № 9. - С. 9-14.

3. Долинский В.А., Кирин Р.С. Аэродинамическое качество вертикальных стволов калийных рудников // Аэрология калийных рудников: Сб. научн. трудов. - Свердловск: ГИ УрО АН СССР. - 1989. - С. 32-35.

4. Кирин Р.С. Средства снижения энергоемкости стволов по фактору вентиляции // Тез. докл. IУ Всесоюз. конф. молодых ученых. - Свердловск: ИГД МЧМ СССР. - 1989. - С. 30-31.

5. Долинский В.А., Кривцун Г.П., Кирин Р.С. Оценка аэродинамических и энергетических характеристик вертикальных стволов рудников Борильского ГМК // Разраб. руд. месторожд.: Сб. научн.

трудов. - К.: Техника. - 1990. - Вып. 50. - С. 95-100.

6. А.с. I610024 СССР, МКИ Е 21 Д 7/00. Армирование шахтного ствола / В.А.Долинский, Р.С.Кириин, Г.П.Кривцун и др. (СССР). - № 4491352/24-03; Заявл. 05.09.88; Опубл. 30.II.90. Бюл. № 44.

7. А.с. I610025 СССР, МКИ Е 21 Д 7/02. Сопряжение вертикального ствола с наклонной выработкой / В.А.Долинский, Р.С.Кириин, А.Г.Косаревский и др. (СССР). - 4625754/24-03; Заявл. 26.I2.88; Опубл. 30.II.90. Бюл. № 44.

8. Кириин Р.С. Новые конструкции обтекателей армировки шахтных стволов // Тез. докл. конф. молодых ученых и спец. - Днепропетровск: ИГТМ АН УССР. - 1990. - С. 54-55.

9. А.с. I546664 СССР, МКИ Е 21 F I/I6. Затвор устья шахтных стволов / Р.С.Кириин (СССР). - № 4218822/23-03; Заявл. 01.04.87; Опубл. 28.02.90. Бюл. № 8.

10. А.с. I550155 СССР, МКИ Е 21 Д 7/02. Обтекатель расстрелов шахтных стволов / Р.С.Кириин (СССР). - № 4360859/24-03; Заявл. 07.01.88; Опубл. 15.03.90. Бюл. № 10.

11. А.с. I661428 СССР, МКИ Е 21 Д 7/00. Шахтный ствол / В.А.Долинский, Р.С.Кириин (СССР). - № 4689136/03; Заявл. 04.05.89; Опубл. 07.07.91. Бюл. № 25.

12. Кириин Р.С. Совершенствование аэродинамического расчета шахтных стволов // Тез. докл. П-й Всесоюз. школы-семинара молодых ученых. - Алма-Ата: ИГД АН Казахстана. - 1991. - С. 94-95.

13. Кириин Р.С. Улучшение аэродинамического качества сопряжения ствола с каналом вентилятора // Тез. докл. республ. конф. молодых ученых. - Донецк: ДФ ИПК МУП СССР. - 1991. - С. 27-28.

14. А.с. I709107 СССР, МКИ Е 21 Д 7/00. Обтекатель шахтных расстрелов дуганового профиля / Р.С.Кириин (СССР). - № 4796598/03; Заявл. 27.02.80; Опубл. 30.01.92. Бюл. № 4.

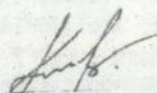
15. А.с. I735591 СССР, МКИ Е 21 Д 7/00. Блочная армировка вертикального шахтного ствола / В.А.Бойко, В.А.Долинский, Р.С.Кириин и др. (СССР). - № 4823182/03; Заявл. 07.05.90; Опубл. 23.05.92. Бюл. № 19.

16. А.с. I733093 СССР, МКИ Е 21 Д 7/00. Армирование шахтного ствола / В.А.Долинский, Р.С.Кириин и др. (СССР). - № 4823970/03; Заявл. 07.05.90; Опубл. 07.06.92. Бюл. № 21.

Личный вклад автора в опубликованных в соавторстве работах:

[1] - разработан метод аэродинамического расчета шахтных стволов с новыми конструкциями армировки, получена зависимость для определения коэффициента их лобового сопротивления; [2] -

установлен диапазон изменения аэродинамических и геометрических параметров в зависимости от схем армировки стволов, предложена их классификация и требования к качеству; [3] - определены аэродинамические параметры шахтных вертикальных стволов, даны оценка схемам армировки и пути их аэродинамического совершенствования; [5] - выполнен расчет оценочных критериев, на основе депрессиограмм выявлены наиболее энергоемкие участки стволов; [6] - предложено выполнять опорные кронштейны из усеченных конусов с равными меньшими основаниями и устанавливать с возможностью контакта со стенками ствола большими основаниями; [7] - предложено выполнять корпус из центральной и боковой секций, вогнутых по радиусу, равному радиусу внутренней кромки сопряжения; [II] - предложено выполнять разделяющие стенки сплошными и снабжать направляющие проводниками; [I5] - предложены конструкции вертикальных рам; [I6] - экспериментально установлена аэродинамически выгодная область величины шага армировки.



КИРИН Роман Станиславович

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА
ШАХТНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВЛОВ НА ОСНОВЕ НОВЫХ
ВИДОВ И ПРОФИЛЕЙ ИХ АРМИРОВКИ

Автореферат

Подписано в печать 18.03.93 г. Формат 60x84 1/16.

Бум.тип. № 3. Сфс.печ. Усл.печ.л. 1,0.

Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 132. Бесплатно.

Ротапринт ДТИ, 320600, ГСП, г.Днепропетровск - 27,
пр.К.Маркса, 19.

Бесплатно

АВ 27.14
АВ 27.148