

6. С. В. Сильвестров. Метрологическое обеспечение гидроакустических измерений. / С. В. Сильвестров, А. Д. Толстоухов, А. М. Трохан. // Измерительная техника – 2005 – № 1. – С. 27-30
7. Б. А. Лопатин. Теоретические основы электрохимических методов анализа. / Б. А. Лопатин. / М.: Высшая школа, – 1975. – 296 с
8. Л. Н. Латышев, В. В. Иванов. Бесконтактный кондуктометр для контроля проводимости скважинной жидкости. / Л. Н. Латышев, В. В. Иванов. // ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2013. № 2. – стр 1-10.:ил
9. К. Б. Карандеев. Мостовые методы измерений : теория и расчет электроизмерительных мостовых схем / К. Б. Карандеев. / К.: Государственное издательство технической литературы. – 1953. – 247 с.: черт
10. В. К. Ткач. Резонаторный метод измерения диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь жидких диэлектриков. / Ткач В.К., Степин Л.Д., Казанский В.В. // Радиотехника и электроника, 1960, Т.5, № 12 – С. 2009-2014
11. Marco Bittelli. Measuring Soil Water Content: A Review / Marco Bittelli // HortTechnology. – 2011. – №21(3). – P. 293-298
12. Marco Bittelli. Correction of TDR-based soil water content measurements in conductive soils / Marco Bittelli, Fiorenzo Salvatorelli, Paola Rossi Pisa // Geoderma. – 2007. – #143. – P. 133-142
13. Total dissolved solids [Электронный ресурс] / Wikipedia, the free encyclopedia. – 2016.– Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Total\\_dissolved\\_solids](https://en.wikipedia.org/wiki/Total_dissolved_solids)
14. Electrical conductivity meter [Электронный ресурс] / Wikipedia, the free encyclopedia. – 2016.– Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_conductivity\\_meter](https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_conductivity_meter)
15. A.I. Johnson. Methods of Measuring Soil Moisture in the Field:[report] / Johnson A.I. – Washington:UNITED STATES GOWERNMENT PRINTING OFFICE, 1962. – 29 p.
16. Field estimation of soil water content: a practical guide to methods, instrumentation and sensor technology / [Laurent J.P., Cepuder P., Heng, L.K. and others] ; in coord. of Evett S. – Vienna:International atomic energy agency, 2008. – 141 p.

Рукопись поступила в редакцию 31.03.16

УДК 004.942: 697.983

М.В. АНДРЕЙЧИКОВ, аспирант, Криворожский национальный университет

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ЦИКЛОННОМ КОЛЛЕКТОРЕ

Циклонный коллектор - это принципиально новое устройство, который представляет собой несколько циклонов, соединенных между собой специальным образом. Невозможно представить себе современную науку без широкого применения математического моделирования. Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта его «образом» - математической моделью. Все естественные и общественные науки, использующие математический аппарат, по сути - занимаются математическим моделированием: заменяют объект исследования его математической моделью, и затем изучают последнюю. Связь математической модели с реальностью осуществляется с помощью цепочки гипотез, идеализаций и упрощений. С помощью математических методов описывается, как правило, идеальный объект, построенный на этапе содержательного моделирования. Эта область науки зародилась несколько веков назад. Но стала приобретать современные черты, и развиваться особенно интенсивно с началом компьютерной революции - во II половине XX века. «Этот «третий метод» познания, конструирования, проектирования, сочетает в себе многие достоинства как теории, так и эксперимента. Работа не с самим объектом (явлением, процессом), а с его моделью дает возможность безболезненно, относительно быстро и без существенных затрат исследовать его свойства и поведение в любых мыслимых ситуациях (преимущества теории). В то же время вычислительные (компьютерные, симуляционные, имитационные) эксперименты с моделями объектов позволяют, опираясь на мощь современных вычислительных методов и технических инструментов информатики, подробно и глубоко изучать объекты в достаточной полноте, недоступной чисто теоретическим подходам (преимущества эксперимента). Неудивительно, что методология математического моделирования бурно развивается, охватывая все новые сферы - от разработки технических систем и управления ими до анализа сложнейших экономических и социальных процессов» - из монографии основоположника научного направления в Советском Союзе академика А.А. Самарского.

**Ключевые слова:** циклонный коллектор, математическая модель, аналитический путь

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Математическую модель можно считать построенной, когда идеальный объект изучаемого явления выбран, и математически описан, т.е. известна система уравнений и неравенств, которым подчиняются параметры модели. Теперь остается исследовать построенную модель. Можно это сделать двумя путями. Во-первых, аналитически, на основе разработанных в прикладной математике методов, - если модель достаточно проста и поддается такому подходу. Аналитический путь обладает существенными преимуществами - он прозрачен и нагляден. Позволяет выявить зависимости между параметрами, и сделать рекомендации по улучшению самой модели или изучаемого техниче-

ского устройства. Однако есть и существенный недостаток - проанализировать, таким способом, возможно лишь достаточно простые модели. Чтобы это понять, достаточно вспомнить, что алгебраические уравнения выше четвертой степени - в общем виде неразрешимы. Аналитически взять интеграл можно лишь от весьма небольшого числа элементарных функций. А что же касается дифференциальных уравнений - основного математического аппарата построения моделей, то здесь, вообще, более или менее полному анализу поддаются лишь простые, линейные уравнения. Но они описывают закономерности природы весьма грубо и приближенно. Большого понимания явлений можно достичь на основе нелинейных моделей, однако общего метода их исследования не существует. И к каждой новой задаче нужно искать свой, индивидуальный подход. Второй путь - исследовать модель численно, с помощью компьютеров. При современной их мощности, можно работать с моделями любой сложности.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросам пылеулавливания посвящены работы крупных ученых, среди них труда П.В. Бересневича, Ф. Гагауза, В.В. Дьякова, Е.И. Ефремова, Б.Д. Росси, В.Г. Слюсаренко, Н.И. Быстрого, А.П. Янова, И.Ф. Ярембаша, В.Н. Хмелев и др. [1,2], в которых изложены теоретические и прикладные вопросы осаждения пыли под действием центробежных сил. Во второй половине XX века возник даже новый термин - вычислительный эксперимент. Это самый дешевый вид эксперимента, поскольку все что для него нужно - это всего лишь компьютер. И исследовать не слишком сложные (инженерные, технические) задачи, подобные той, которая рассматривается в диссертации, - можно даже в домашних условиях. Выполненный анализ современного состояния вопросов пылеулавливания дробильных установок шахт показал, что существующие методы и средства этой борьбы не соответствуют современным требованиям. Эффективность мероприятий пылеулавливания невысока. Действующие средства вентиляции нуждаются в реконструкции, а устройства пылеулавливания требуют замены на более совершенные. Учитывая технологическое несовершенство средств пылеулавливания, низкую эффективность их работы при измельчении сырья, вследствие чего концентрация пыли и вредных газов на рабочих местах в большинстве случаев превышает допустимые величины, что приводит к развитию пылевого бронхита и силикоза у рабочих, целью научной работы является уменьшение содержания вредных примесей в атмосфере рабочей зоны при измельчении сырья до нормативных величин регламентирован промежутка времени путем подавления пылевых выбросов.

**Постановка задачи.** Целью работы является создание нормальных санитарно-гигиенических условий труда на рабочих местах с неорганизованными источниками пылеобразования. Для достижения поставленной цели в работе предполагается решить следующие задачи: изучить современное состояние загрязнения атмосферы в рабочей зоне дробильных фабрик и обосновать выбор способа и средств пылеулавливания при транспортировке сырья, рассмотреть принципиально новые методы пылеулавливания, разработать инновационные пылеуловители.

**Изложение материала и результаты.** При оценке эффективности работы пылеуловителей принимают во внимание:

общую эффективность обеспыливания, или количество пыли, задержанной в пылеуловителе (по отношению к количеству пыли, содержащейся в обеспыливаемом газе);

фракционную эффективность, определяющую полноту улавливания частиц определенных размеров (ее выражают процентом отделенных в пылеуловителе частиц пыли определенных размеров);

остаточное содержание пыли в газе при выходе его из пылеуловителя;

распределение остатка пыли в газе по размеру частиц или по скорости витания».

Кроме того, существенным фактором для оценки эффективности пылеуловителей является расход потребляемой энергии. А при подборе того или иного типа пылеуловителя - частота распределения дисперсности фракций.

Основным показателем, характеризующим работу аппаратов очистки воздуха от пыли, в тех или иных конкретных случаях их применения, является коэффициент (степень) очистки (эффективность обеспыливания), %

$$\varepsilon = \frac{M_{ул}}{M_{ex}} 100\% = \frac{M_{ex} - M_{вых}}{M_{ex}} 100\% - \left(1 - \frac{M_{вых}}{M_{ex}}\right) 100\%$$

где  $M_{\text{вх}}$ ,  $M_{\text{ул}}$  и  $M_{\text{вых}}$  - массовый расход частиц пыли, содержащихся в газах соответственно на входе в аппарат (т.е. до очистки), уловленных в аппарате и на выходе из аппарата (после очистки), кг/с.

И, наконец, зная все размеры, для полноты картины, вычертим выбранный одиночный циклон в масштабе.

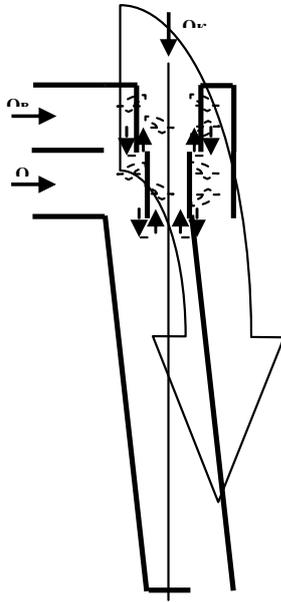


Рис. 1. Течение воздуха в циклонном коллекторе

Общую эффективность аппарата  $\varepsilon$  определяют по фракционной эффективности следующим образом

$$\varepsilon = \frac{\sum M_{\phi.i} \varepsilon_{\phi.i}}{\sum M_{\phi.i}} = \frac{\sum M_{\phi.i} \varepsilon_{\phi.i}}{M_{\text{вх}}},$$

где  $M_{\phi.i}$  - массовый расход пыли соответствующей,  $i$ -й, фракции, поступившей в аппарат, кг/с;  $\varepsilon_{\phi.i}$  - фракционная эффективность улавливания по данной,  $i$ -й, фракции, % [3].

В циклонных аппаратах формируются сложные потоки, аэродинамические параметры которых (скорости, давления, концентрации частиц загрязнителей и их фракционный состав) непрерывно меняются. Методы теоретического определения коэффициентов очистки из-за значительного расхождения результатов с опытом неприменимы для практического использования.

Из эмпирических методов наиболее надежны расчеты по фракционным коэффициентам очистки, найденным экспериментально [3].

Необходимо найти:

производительность (объемные расходы):

верхней секции  $Q_{\text{верх}}$ ,

всего циклонного коллектора  $Q_{\text{колл}}$ ;

скорость в верхней секции;

размер верхней секции;

критический диаметр пылинок и степень очистки верхней секции  $\varepsilon_{\text{верх}}$ ;

степень очистки всего циклонного коллектора  $\varepsilon_{\text{колл}}$ .

Определяются параметры только верхней секции и всего аппарата, поскольку для нижней секции – все уже известно.

Объемные расходы  $Q_{\text{верх}}$  и  $Q_{\text{колл}}$

Принимаем, что расходы в верхней и нижней секциях равны между собой

$$Q_{\text{верх}} = Q = 1 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Искомый общий расход – по первому закону Кирхгофа [3],  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$$Q_{\text{колл}} = Q + Q_{\text{верх}} = 1 + 1 = 2$$

Скорости в верхней секции  $v_{\text{вход}}^{\text{верх}}$ ,  $v_{\text{выхлоп}}^{\text{верх}}$ ,  $v_{\text{верх}}$

При их определении принимается главная гипотеза - соответствующие скорости, во всех секциях составного циклонного коллектора, - равны между собой, т.е. искомые скорости,  $\text{м}/\text{с}$

$$v_{\text{вход}}^{\text{верх}} = v_{\text{вход}} = 14,4; v_{\text{выхлоп}}^{\text{верх}} = v_{\text{выхлоп}} = 23,3; v_{\text{верх}} = v = 2,60.$$

Этот момент необходимо обосновать.

Прежде всего, если проанализировать конструкцию циклонного коллектора, то можно заметить, что он состоит из двух циклонных секций, соединенных параллельно. Действительно:

каждая секция имеет отдельный вход;

секции работают независимо;

они имеют общий выход.

Далее, поток перераспределяется между секциями таким образом, что гидравлические потери давления во всех секциях равны между собой (согласно второго закона Кирхгофа [2]).

И, наконец, прохождение воздуха через любую секцию - это преодоление местного сопротивления.

По формуле Дарси-Вейсбаха [2], потери давления на местном сопротивлении пропорциональны скоростному напору. Коэффициент пропорциональности, для конкретного местного сопротивления (за редкими исключениями), находится экспериментально. Необходимо подчеркнуть, что при решении рассматриваемой задачи знание величин коэффициентов не нужно. Действительно, согласно рис. 1, при прохождении воздуха через любую секцию, он испытывает:

- сначала - поворот вниз на  $90^\circ$ ;
- в нижней части секции - разворот на  $180^\circ$ ;
- выход.

В таком случае, коэффициенты местных сопротивлений всех секций равны между собой. Отсюда и следует равенство соответствующих скоростей во всех секциях.

Размеры верхней секции  $D_{\text{верх}}, d_{\text{верх}}, a_{\text{верх}}, b_{\text{верх}}, H_{\text{верх}}$   
Рассмотрим, прежде всего, входной патрубок [2], мм

$$a_{\text{верх}}=a=375; b_{\text{верх}}=b=185.$$

Для всей верхней секции циклонного коллектора, мм

$$D_{\text{верх}}=D=700.$$

Далее, искомый диаметр выхлопной трубы (верхней секции, и всего циклонного коллектора), мм

$$d_{\text{верх}} = 2 \sqrt{\frac{Q_{\text{колл}}}{\pi v_{\text{выхлоп}}}} = 2 \sqrt{\frac{2}{\pi 23,3}} = 0,331 = 331.$$

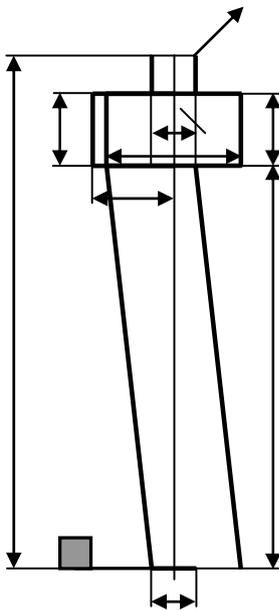
Переходим к расчету высоты верхней секции .

Циклон, для нижней секции циклонного коллектора, был выбран ранее. И, как уже указывалось, он обладает лучшими характеристиками. Поэтому, естественно, принять для верхней секции такое же соотношение между искомой высотой и диаметром. В таком случае  $H_{\text{верх}}=H_{\text{цикл}}=375$  мм, где  $H_{\text{цикл}}$  – высота цилиндрической части нижнего циклона.

У нижней секции и у всего аппарата есть коническая часть. У верхней секции ее нет, и высота цилиндрической части совпадает с полной высотой секции (рис. 2).

Рис. 2. Схема циклона

Поскольку известны все размеры циклонного коллектора, то можно вычертить весь аппарат - в масштабе.



Как показывает опыт, «маленькие циклоны, диаметром всего 5-15 см, оказались значительно эффективнее ранее применявшихся больших аппаратов, диаметром в несколько метров и, соединенные параллельно в батареи, получили под названием «мультициклонов» широкое распространение в технике.

По литературным данным, они могут дать эффективность до 99 % для частиц с диаметром  $d \approx 6$  мкм» [6].

Стоит заметить, что этот диаметр соответствует диаметру исследуемой монодисперсной пыли, то есть такой пыли, которая образуется при измельчении железной руды в конусных дробилках.

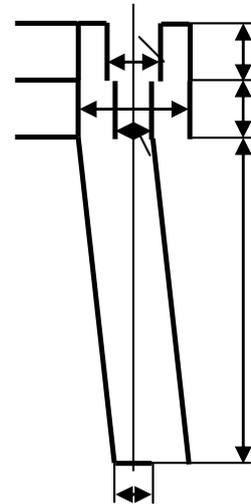


Рис. 3 Циклонный коллектор

Лучшее качество работы маленьких циклонов связано с тем, что режим течения в них - ламинарный.

В этом случае турбулентные пульсации не взмывают пыль. Далее, как отмечено в [8], «циклоны больших размеров имеют худшие показатели по очистке. И поэтому часто, для достижения необходимой пропускной способности, компонуют группы циклонов меньшего диаметра.

Группы циклонов обычно имеют общие подводящие и отводящие коллекторы, объединенный пылесборник. Общее количество циклонов в группе может быть доведено до 16, однако более 8 циклонов компоновать вместе нежелательно.

При большом числе циклонов практически невозможно организовать равномерное распределение газов ко всем аппаратам, что приводит к нерасчетным режимам их работы и существенному снижению степени очистки газа.

Ухудшают очистку и перетоки пыли в общем бункере, из-за которых она интенсивнее, чем в одиночных циклонах, захватывается очищенным газом.

Искомая, общая степень очистки циклонного коллектора - по ее определению, с помощью очевидных преобразований.

При расчете, для степени очистки нижней секции выбрано ее эмпирическое значение, поскольку оно - точнее.

Однако степень очистки верхней секции - теоретическая величина, так как экспериментальных данных нет.

Далее, массовые расходы пыли, поступающей в верхнюю и нижнюю секцию, равны между собой.

И, действительно, массовый расход пыли равен произведению концентрации пыли на объемный расход воздуха - по определению.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{колл}} &= \frac{M_{\text{ул}}^{\text{колл}}}{M_{\text{вх}}^{\text{колл}}} 100\% = \frac{M_{\text{ул}} + M_{\text{ул}}^{\text{верх}}}{M_{\text{вх}}^{\text{колл}}} 100\% = \frac{M_{\text{ул}}^{\text{колл}}}{M_{\text{вх}}^{\text{колл}}} 100\% = \frac{M_{\text{ул}}}{M_{\text{вх}}^{\text{колл}}} \left( 1 + \frac{M_{\text{ул}}^{\text{верх}}}{M_{\text{ул}}} \right) 100\% = \\ &= \frac{1}{\frac{M_{\text{вх}} + M_{\text{ул}}^{\text{верх}}}{M_{\text{ул}}}} \left( 1 + \frac{\varepsilon_{\text{верх}}}{\varepsilon_{\text{эмп}}} \right) 100\% = \frac{1}{\frac{100\%}{\varepsilon_{\text{эмп}}} + \frac{100\%}{\varepsilon_{\text{верх}}}} \left( 1 + \frac{\varepsilon_{\text{верх}}}{\varepsilon_{\text{эмп}}} \right) 100\% + \frac{\varepsilon_{\text{эмп}}}{2} \left( 1 + \frac{\varepsilon_{\text{верх}}}{\varepsilon_{\text{эмп}}} \right) = \\ &= \frac{\varepsilon_{\text{эмп}} + \varepsilon_{\text{верх}}}{2} = \frac{91 + 98,9}{2} = 94,95\%. \end{aligned}$$

$$\text{Здесь } \frac{M_{\text{ул}}^{\text{верх}}}{M_{\text{ул}}} = \frac{M_{\text{ул}}^{\text{верх}}}{M_{\text{вх}}^{\text{верх}}} + \frac{M_{\text{вх}}^{\text{верх}}}{M_{\text{вх}}} \frac{M_{\text{вх}}}{M_{\text{ул}}} = \varepsilon_{\text{верх}} \cdot 1 \cdot \frac{1}{\varepsilon_{\text{эмп}}} = \frac{\varepsilon_{\text{верх}}}{\varepsilon_{\text{эмп}}}.$$

Но ведь объемные расходы, поступающие в секции, равны (по условию задачи).

В свою очередь, концентрации пыли также равны (запыленный воздух и пыль в нем - одни и те же).

**Выводы.** Итак, общая степень очистки циклонного коллектора оказалась равной просто среднему арифметическому степеней очистки секций.

Этот результат справедлив для параллельного соединения секций - при любом конструктивном решении.

Полученный результат - завышенный, так как завышена теоретическая степень очистки верхней секции.

Более правдоподобное значение эффективности циклонного коллектора можно получить, если предположить, что точная степень очистки верхней секции равна 91%, как и нижней.

Тогда, очевидно,  $\varepsilon_{\text{колл}}^{\text{точн}} = 91\%$ , но это всего лишь предположение.

И окончательный результат - только из эксперимента.

### Список литературы

1. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело / [Н.О. Каледина, Б.Ф. Кирич, М.А. Сребный и др.]; под ред. К.З. Ушакова - М.: МГГУ, 2002. - 487 с.
2. Бизов В.Ф. Охорона праці в гірництві / В.Ф. Бизов, О.Є. Лапшин - Кривий Ріг: Мінерал, 2001. - 251 с.
3. Врейкат Абдель Кхалех Ибрагим. Исследование запыленности воздуха на участке транспортирования сырья Аль-Фукайского цементного завода / Врейкат Абдель Кхалех Ибрагим ДГМИ // Сб. науч. тр. - Алчевск, 1998. - Вып. 7. - С. 27-30.
4. Батлук В. А. Акустичні пиловловлювачі, Львів, 2000. - 208 с.
5. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей: монография / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова, С.Н. Цыганок, Р.В. Барсуков, А.Н. Сливин; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. - 241 с.
6. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. - М.: Медицина, 1988. - 576 с.
7. Афанасьев И.И., Данченко Ф.И., Пирогов Ю.И. Обеспыливание на дробильных фабриках: Справочник.- М.: Недра, 1989. - 197с.

8. Улучшение условий труда на горнообогатительных комбинатах/ С.А.Стежко, А.К. Елисеев, А.П.Янов и др.-М.:Недра,1990. - 170 с.
  9. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов/ [Алиев Г.М.-А.: Металлургия, 1986. - 544 с.
  10. Клименко А.П., Королев В.И., Швецов В.И. Непрерывный контроль концентрации пыли. Киев: Техника, 1980. - 181 с.
  11. Коузов П.А., Скрябина Л.Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. М.: Химия, 1983. - 143 с.
  12. Шиман А.М.,Тромза Б.М., Бромберг А.Д. и др.- Автоматизация и контрольно-измерительные приборы, 1978. -№ 8. - 17 с.
  13. Бобровников Н.А. Охрана воздушной среды от пыли. М.:Стройиздат, 1971. - 96 с.
  14. Безопасность труда в промышленности,1979. - № 9. - С. 12-14.
  15. Страус Г.М.- Промышленная и санитарная очистка газов,1976 №7 с.47.
  16. Сокол Г.И. Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот. Днепропетровск: Проминь, 2000. - 143 с.
  17. Хмелев, В.Н.Ультразвуковая коагуляция аэрозолей: монография / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова, С.Н. Цыганок, Р.В. Барсуков, А.Н. Сливин; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010.
- Рукопись поступила в редакцию 31.03.16

УДК 504.6: 534.83

М. І. ШВИДКИЙ, д-р техн. наук, проф., В. Д. АФАНАСЬЄВ, канд. техн. наук,  
Н.О. РАЧЕНКО, Науково-дослідний інститут безпеки праці та екології в гірничорудній  
і металургійній промисловості Криворізького національного університету  
А.М. СТРАСБУРГЕР, ПАТ «Кривбасзалізрудком»

## ЗАСОБИ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ НА ТЕРИТОРІЯХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК ГОЛОВНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ ШАХТ

Необхідність забезпечення ефективного провітрювання під час збільшення додаткових гірничих виробок вимагає, у ряді випадків, переведення вентиляційних установок на підвищений режим роботи. Значна кількість вентиляційних установок головного провітрювання (ВУГП) шахт у Кривбасі розташовані в селитебних зонах або в безпосередній близькості від них. Необхідність переведення вентиляторів на підвищений режим роботи за рахунок збільшення числа обертів ротора призвело до різкого зростання шуму як в приміщеннях вентиляторних установок, на їх санітарно-захисних зонах та на територіях, які прилягають до цих зон. Проблема ускладнюється також тим, що між гранично-допустимими рівнями шуму на території санітарно-захисної зони вентиляторних установок та допустимими рівнями шуму на територіях житлових забудов селитебної території існує значне нестикування. Вирішення вказаних проблем підтверджує актуальність виконання даної роботи.

Особливості визначення селитебної території в Кривбасі полягає в тому, що вони наближаються до територій таких інтенсивних випромінювачів шуму як вентиляторних установок головного провітрювання шахт та компресорних станцій із відцентровими компресорами (РКСЦВ). Ця проблема для ВУГП була встановлена ще в 60-х роках, а для РКСЦВ в 90-х роках, але актуальність цієї проблеми продовжує зростати.

В роботі наведені дані про рівні звуку на територіях вентиляторів і показано, що вони досягають 80-81 дБА, а в приміщенні приводних двигунів вентиляторів - 85-89 дБА. Конструктивні особливості виконання вентиляторної установки із використанням екрануючих плит, які розташовані над дифузorzом призвело до зростання рівнів звуку на відстань в горизонтальній площині до 800 м для  $n=300$ об/хв та до 1600 м для  $n=600$  об/хв ротора.

Для зменшення рівнів звуку на території вентиляторів виконано ліквідацію плит над дифузorzами, встановлення акустичних екранів вздовж стінок дифузorzів з розворотом напрямку звукових хвиль від  $60^\circ$  до  $90^\circ$ , перетворення акустичних екранів в камерний глушник шуму із розворотом напрямку звукових коливань на  $90^\circ$  в горизонтальній площині. Для підвищення ефективності камерного глушника шуму виконані дослідження звукопоглинаючих матеріалів і доведена можливість використання загартованого шлаку «керамзиту» із врахуванням також економічності та доступності. Комплекс вказаних засобів дозволив знизити рівні звуку на території вентиляторів на 11 дБА.

**Ключові слова:** шахта, вентилятор, шум, захисна зона, засоби зниження шуму, селитебна територія.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Інтенсифікація добування залізної руди підземним способом вимагає ефективного забезпечення провітрювання шахтних виробок та робочих місць. Це привело до більш широкому використанню потужних відцентрових вентиляторних установок головного провітрювання шахт (ВУГП). Характерним для таких вентиляторів є більш інтенсивне (чим у осьових вентиляторів) випромінювання шуму, в ряді випадків, інфразвукових складових [1].