

УДК 622.411.52:532

**КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ - ОХЛАЖДЕНИЯ
ВОЗДУХА В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ**

**доктор технических наук, профессор, Гого В.Б.,
инженеры, Гого Д.В., Сыроватченко В.А., Михайлов А.И.**
Донецкий национальный технический университет, Украина, Покровск

Изложена концепция интегрального орошения-охлаждения рудничного воздуха для условий очистных и проходческих забоев глубоких угольных шахт, оснащенных механизированными комплексами. Обоснована математическая модель совмещенных процессов и параметров средств орошения - охлаждения воздуха в гидродинамических импульсно-волновых многокамерных эжекторах. Экспериментально определено, что в эжекторе импульсно-волновое движение воздуха и капель воды размерами 200 мкм при скоростях 20м/с повышает эффективность улавливания пыли размерами 100мкм в среднем на 30-40%. Одновременно температура воздуха снижается на (5-9)0С при начальной температуре воды 200С. Результаты исследования позволяют модернизировать современные средства орошения для горных комбайнов в направлении интегрального орошения-охлаждения воздуха в забоях глубоких шахт, где начальная температура рудничного воздуха превышает 300С.

Ключевые слова: угольный комбайн, пыль, орошение, охлаждение воздуха, эжектор, импульсно-волновая форсунка.

доктор технічних наук, професор, Гого В.Б., інженери, Гого Д.В., Сыроватченко В. А., Михайлов А.І. Концепція інтегрального зрошення-охолодження повітря в глибоких шахтах / Донецький національний технічний університет, Україна, Покровск

Викладено концепцію інтегрального зрошення та охолодження рудникового повітря для умов очисних і прохідницьких вибоїв глибоких вугільних шахт, оснащених механізованими комплексами. Обґрунтовано математичну модель поєднаних процесів і параметри засобів зрошення - охолодження повітря в гідродинамічних імпульсно-хвильових багатоканальних ежекторах. Експериментально визначено, що в ежекторі імпульсно-хвильовий рух повітря і крапель води розмірами 200 мкм при швидкостях 20 м/с забезпечує підвищення ефективності уловлювання пилу розмірами 100 мкм в середньому на (30-40)%. Одночасно температура повітря знижується на (5-9)0С при початковій температурі води 200С. Результати дослідження дозволяють модернізувати сучасні засоби зрошення для гірських комбайнів в напрямку інтегрального зрошення-охолодження повітря у вибоях

глибоких шахт, де початкова температура рудникового повітря перевищує 300С.

Ключові слова: вугільний комбайн, пил, зрошення, охолодження повітря, ежектор, імпульсно-хвильова форсунка.

doctor of technical sciences, professor, Gogo V.B., engineers, Gogo D.V. Syrovatchenko V.A., Mikhailov A.I. The concept of integral orosheniya- air cooling in deep mines / Donetsk National Technical University, Ukraine, Pokrovsky

The concept of integrated irrigation and cooling of mine air for the treatment of conditions and tunneling faces deep coal mines equipped with mechanized complexes. Substantiates the mathematical model of combined processes and means of irrigation parameters - air cooling in the hydrodynamic pulse-wave multi-ejectors. Experimentally determined that in the ejector pulse-wave motion of air and water drop size 200 microns at speeds of 20 m/s provides a more efficient dust collection dimensions of 100 microns by an average of (30-40)%. Simultaneously, the air temperature is reduced by (9 - 5)0C water at an initial temperature 200C. The study results allow to modernize modern irrigation tools for mining machines in the direction of the integrated irrigation-cooling air in the faces of deep mines, where the initial temperature of the mine air exceeds 300C.

Keywords: coal combine, dust, irrigation, cooling air ejector pulse-wave nozzle.

Введение. Актуальность проблемы исследования состоит в том, что необходимость борьбы с угольной пылью и высокими температурами рудничного воздуха (выше 350С) в очистных и проходческих забоях глубоких (более 1000м) угольных шахт требует поиска эффективных способов подавления пыли и снижения температуры на рабочих местах до нормативных показателей. Объективно оценивая существующие способы и средства пылеподавления и охлаждения рудничного воздуха в забоях и других локальных технологических зонах горных выработок с энергетическими установками, можно констатировать, что значительные преимущества имеют способы, использующие воду, к примеру, орошение.

Орошение позволяет не только снижать запыленность воздуха в рабочем пространстве, но и понижать его температуру, что способствует уменьшению случаев возникновения заболеваний пневмокониозом, сердечнососудистых и других профессиональных проблем здоровья шахтеров.

Исследования, проведенные в Германии, применительно к условиям Рурского угольного бассейна, выявили зависимость между частотой заболеваний шахтеров пневмокониозом и систематической

пылевой нагрузкой на органы дыхания [1, с.9]. Определено, что при регулярном орошении и увлажнении горной массы разрушаемого угольного массива снижается запыленность воздуха, а пылевая нагрузка на организм шахтеров уменьшается примерно в 3 раза. При этом заболеваемость пневмокониозом снижается в (3,5 – 4) раза [1, с.14]. Это указывает на необходимость обязательного применения орошения и контролируемого увлажнения угля, отбиваемого от массива пласта, как эффективного процесса противодействия образуемой пыли, создаваемой современными механизированными комплексами.

Известно, что орошение горной массы струей воды под резцы при работе комбайнов применяется также и для осаждения взвешенной в воздухе пыли, образуемой при разрушении горного массива. В общем случае эффект подавления взвешенной в воздухе пыли орошением определяется результатом сложных процессов взаимодействия капель воды или специальной жидкости и пылинок (частиц угля, или горных пород). «Подавление» состоит из смачивания каплями пылинок, или удержания их на поверхности жидкости, что уменьшает возможность перехода пылинок во взвешенное состояние. Для достижения этого условия необходимо средствами орошения получить капли необходимых размеров и обеспечить повышенную частоту контактов пылинок с каплями воды (жидкости).

На процессы слияния капель и пылевых частиц влияют многие факторы, которые можно разделить по условиям применения орошения (скорости движения воздуха в зоне орошения, степени смачивания и дисперсного состава пыли и др.). Также важны факторы, определяемые параметрами орошающей жидкости (дисперсностью и плотностью частиц, скоростью их движения, смачивающей способностью и т.д.). На практике варьируют параметры давления и расхода воды или жидкости, типы орошающих устройств диспергирования воды (жидкости), и свойства поверхностно-активных веществ, добавляемых в воду.

Очень важно отметить, что с переходом горных работ на глубокие горизонты (более 1000 м) проблему повышения эффективности орошения и борьбы с пылью существенно дополняет и усиливает не менее актуальная проблема снижения температуры рудничного воздуха. На глубоких горизонтах породы горных выработок нагреты недрами Земли до (35-40)°C и выше, что повышает температуру рудничного воздуха до теплого состояния 35°C и более, что значительно превышает допустимый предел 26°C. Эти условия создают проблемы для местной вентиляции и охраны труда шахтеров по температурному фактору, особенно в

ограниченных рабочих пространствах, а также механизированных забоях.

В связи с этими объективными природными и техногенными условиями нами были проведены исследования [2, с. 27-31], которые позволили выдвинуть концепцию, что процесс орошения отбиваемой горной массы при работе комбайна механизированного комплекса, подавления пыли, и охлаждения воздуха в забое рационально проводить специальным орошением многокамерными эжекторами, которые создают гидродинамическое пылеподавление и охлаждение воздуха. Возникающий в интегральном орошении «охлаждающий» эффект от расширения воздушно-капельного потока, образуемого форсунками эжектора, и его многокамерная конструкция позволяют реализовать импульсно-волновые свойства течения смеси в каналах эжектора. Это вызывает увеличение частоты массообменных и теплообменных контактов капель, пыли и воздуха, увеличивая время действия капель на воздух и пыль в сравнении с другими видами орошения. Эти эффекты в комплексе создают интегральное орошение - охлаждение воздуха водой как единый гидродинамический и термодинамический процесс.

Для верификации концепции и теоретических положений интегрального орошения-охлаждения рудничного воздуха нами были проведены экспериментальные исследования разработанных форсунок в виде многокамерных эжекторов-оросителей, что позволило определить, реальные возможности комплексного процесса. Эксперименты позволили определить, что при начальной температуре воды 200С, подаваемой на форсунку, снижение температуры теплого рудничного воздуха происходило на (9-10)0С, что обеспечивает нормативный температурный показатель для воздуха на рабочих местах шахтеров в забоях, при средней степени очистки воздуха от пыли 98% (начальные концентрации пыли (0,05 - 0,08) кг/м³, а температура 350С) [2, с.111-113].

Формулирование цели статьи и заданий. Вышеизложенная информация отражает содержание нерешенной научной проблемы в организации охраны труда в глубоких шахтах по факторам качества воздуха, и наводит на основную концепцию для ее решения. Поэтому цель исследования – обосновать сущность интегрального процесса орошения-охлаждения рудничного воздуха, объединяющего гидродинамическое подавление пыли при отбивании горной массы с одновременным охлаждением теплого запыленного воздуха в условиях локальных технологических зон глубоких угольных шахт.

Обоснование концепции требует выполнения ряда научных заданий, связанных с гидродинамическим и термодинамическим обоснованием комплексной физико-математической модели интегрального процесса орошения, нахождением его

функциональных связей, а также определением основных характеристик и параметрических величин новых форсунок - оросителей. Модель должна позволять определить показатели орошения, а также гидродинамических и термодинамических эффектов подавления пыли и охлаждения рудничного запыленного (более $0,1 \text{ кг/м}^3$) теплого воздуха (с температурой, превышающей 300°C) в условиях энергетически насыщенных забоев, оснащенных мощными комплексами.

Изложение основного материала статьи. Исследование базируется на физической модели комплексного процесса орошения-охлаждения в виде изотропного потока смеси воздуха, пыли (твердых частиц угля и пород, витающих в воздухе) и капель воды с постоянными начальными параметрами компонентов. Поток воздушно-капельной запыленной смеси образуется в эжекторе, который всасывает из забоя теплый запыленный воздух струей воды, истекающей из сопла, в первую камеру эжектора.

Известно, что с уменьшением размеров капель воды при дроблении увеличивается их концентрация, а, следовательно, увеличивается и частота воздействий капель на пылинки, а также возрастает общая поверхность контактного теплообмена между каплями и воздухом [2, с.10-17]. Следовательно, описание аналитическими связями гидродинамического и термодинамического процессов комплексного орошения с принятыми условиями является математической моделью интегрального процесса гидродинамического подавления пыли и охлаждения рудничного воздуха.

Принимаем, что характер движения в воздухе одиночной капли относительно твердой частицы - пылинки до соприкосновения влияет на их слияние, и пылинки могут не контактировать с каплей, т.е. быть не уловленной. Пылинки, захваченные каплями, достигая критической массы, выпадают из воздушного потока. Кроме этого капли могут быть подхвачены потоком вентиляционного воздуха и не участвовать в процессе. Поэтому исследуем идеальную воздушно – капельную смесь, содержащую пылинки как поток тел с размерами (50-100) мкм, что совпадает с выводами, касающимися размеров капель, полученных водо - воздушным эжектором [2,3].

Принимаем также, что связывание капель пылинок, происходит во взвешенном состоянии, поэтому дисперсность воды (размер капель) имеет значение, так как подавление пыли происходит в ограниченном объеме пространстве горной выработки - забоя.

Как установлено в исследовании [2] скорость капель воды влияет на пылеподавление и определяется эффективностью захвата - слияния с пылинками. С возрастанием скорости капель увеличивается активный объем пространства воздействия капель на

пылинки. Экспериментально определено, что для эффективного слияния пылинок с такого же размерами каплями относительная скорость их движения должна быть (25 - 30) м/с.

Процесс осаждения пылинок из турбулентного потока рудничного воздуха каплями в зоне орошения происходит весьма короткое, но определенное время (примерно, 0,1с), которое, естественно, зависит от скорости перемещения смеси (главным образом капель) и пространства орошения. Так как каждая пылинка связывается каплями в объеме активных контактов, то эффективность пылеподавления не может быть больше отношения исследуемых объемов пространств с пылью исходных и требуемых концентраций, что также, закономерно, пропорционально плотности капель орошения. Очевидно, что при увлажнении горной массы водной струей количество подавляемой пыли и степень охлаждения воздуха будут пропорциональны удельному расходу воды заданной температуры, находящемуся в прямой зависимости от плотности капель, образуемых в процессе орошения.

Указанные выше функциональные связи для основных характеристик интегрального орошения, позволяют оценивать параметры новых устройств орошения, которые позволят реализовать интегральное орошение-охлаждение воздуха, путем обоснования конструкций эжекторных оросителей, к примеру, со схемой расположения на комбайне в направлении режущего органа.

Кроме этого, орошение должно осуществляться взаимно дополняющими друг друга способами получения капель, которые позволяют эффективно улавливать пылинки и обеспечивать поглощение тепла для охлаждения воздуха. В связи с этим, возникает необходимость сформулировать некоторые требования и изучить интегральное орошение, а именно: а) способ подачи воды в зону разрушения горного массива к исполнительным органам машины (резцам) с целью максимального подавления пыли в момент ее образования при резании; б) направленность орошения, как процесса целевого движения капель за очагом пылеобразования, связанного с перемещением исполнительного органа и движения отбитой горной массы. Кроме этого, для связывания пыли однородным капельным потоком необходимо создать стабильный поток капель одинаковых размеров, которые по нашим исследованиям, составляют в среднем 200мкм. Вышеперечисленные требования и условия необходимы для эффективного осаждения пыли и охлаждения воздуха в рабочих пространствах.

По нашим предварительным экспериментальным исследованиям, наиболее удовлетворяющим поставленным требованиям, является интегральное орошение-охлаждение воздуха, создаваемое форсунками, реализующими импульсно-

волновые эффекты (ИБЭ) многокамерными эжекторами [5]. Наличие ИБЭ позволяет пылинкам чаще контактировать с каплями, что повышает их адсорбционные способности, проявляемые в образовании конденсатной водяной оболочки, что способствует их смачиванию и слипанию с другими такими же пылинками. Это также препятствует возвратному движению пылинок во взвешенное состояние с поверхности угля в воздух забоя.

Важно подчеркнуть, что адсорбционная конденсатная оболочка «мокрой» пылинки, или предельно «запыленной» капли, увеличивает контактные поверхности компонентов потока для теплообмена с воздухом, охлаждая его, выходя из структуры смеси, выпадая в забоях на горную массу.

Понятно, что осуществление такого способа интегрального орошения путем подачи воды в специальный импульсно-волновой эжектор (ИБЭ), имеющий много смесительных камер, непосредственно в зону контакта режущей кромки резца с горным массивом эффективно решает охлаждение трущихся поверхностей в зоне резания [5]. К тому же для создания водяной струи нет необходимости в диспергировании всей орошающей воды или жидкости. Поэтому, учитывая локальность зоны резания и образования пыли под резцом, воду целесообразно подавать с помощью форсунок ИБЭ с малым углом раскрытия струи [5].

Наши экспериментальные исследования по реализации интегрального орошения на основе форсунок в виде многокамерных эжекторов, а также известный и длительный опыт эксплуатации известных конических форсунок для орошения, свидетельствует, что для смачивания пыли в момент ее образования при резании все же необходимо создавать эффективную плотность потока капель, для воздействия на пылевое облако. При этом средний диаметр капель должен быть порядка 200 мкм, а средняя скорость движения капель составлять 20 м/с.

Экспериментально определено, что для обеспечения эффективной плотности потока капель с необходимой скоростью, угол раскрытия струи в воздухе должен быть в пределах 40 градусов, а выходное сечение диффузора эжектора располагаться на расстоянии в границах (1,0-1,5)м от источника пылеобразования. Приведенные значения параметров для капель и потока по нашим исследованиям обеспечивают не только связывание пылинок размерами (10-4 – 10-5)м, но и позволяют эффективно охлаждать воздух на (5-9)0С при его начальной температуре (30-32)0С с начальной температурой воды (18-20) 0С, в пространстве, соизмеримом с забоем [5].

При орошении отбитого угля различных фракций для перемещения забойным конвейером, очевидно, что нет особой

необходимости в создании более высокой скорости потока капель воды как при подаче под резец, так и для подавления пыли и охлаждения воздуха. Однако, важным является обеспечение таких условий, чтобы создать непрерывное и равномерное увлажнение всей поверхности движущегося отбитого угля потоком капельной воды до такой степени, чтобы предотвратить возможный унос пылевых частиц воздушными турбулентностями.

Для создания таких условий, как показали наши экспериментальные исследования, наиболее рациональным является применение форсунок в виде многокамерных эжекторов, скорость выхода капель из которых не превышает 20 м/с, а начальное давление воды на входе в форсунку составляет (0,6-0,8) МПа. Такие параметры обеспечивают достаточную плотность смеси воздуха и потока капель нужных размеров для обеспечения эффективного пылеподавления и охлаждения воздуха.

Результаты наших экспериментальных исследований с различными типами форсунок ИВЭ, создающими потоки капель разных размеров, существенное значение для интегрального орошения-охлаждения имеют размер (масса) капли и скорость ее движения, что влияют на улавливание пыли и охлаждение рудничного воздуха. Опытным путем установлено, что тонкое диспергирование воды до тумана (создание мелких капель с размерами менее 100 мкм) является нерациональным по многим причинам.

Во-первых, процесс орошения неизбежно создает турбулентные движения рудничного воздуха, которые уносят мелкие капли с вентиляционными воздушными потоками из рабочей зоны забоя. Однако, крупные капли с размерами более 250 мкм быстро выпадают из потока, вызывая чрезмерное увлажнение горной массы в забое. Это негативно сказывается на условиях работы шахтеров и механизмов, а также снижает эффективность процесса охлаждения воздуха при орошении.

Важно подчеркнуть, что излишнее увлажнение капельной водой отбитых кусков теплой горной массы, резко повышает скорость испарения влаги, с которой в рудничный воздух выделяются не только тонкие фракции угольной пыли, но и сублимирующие газообразные молекулярные формы углеводородных соединений (к примеру, метан), что негативно сказывается на химическом составе и качестве рудничного воздуха.

Следовательно, для решения только задач орошения под резец необходимы форсунки с небольшим углом раскрытия водной струи, направленной в зону резания горного массива. Учитывая, что скорость движения капель быстро уменьшается по мере удаления от форсунки, последние следует устанавливать вблизи очагов

пылеобразования, на расстоянии, не превышающем длины активного веера капель, размеры которого зависят от скорости струи на выходе из форсунки эжектора, а также размеров образующихся капель. Анализ результатов исследования [2] показал, что для обеспечения эффективной длины активного потока капель при орошении форсунку рационально располагать на дистанции (0,5—1,0) м), а размер капель должен быть не менее 200 мкм, при скорости струи воды на выходе из сопла (20-25) м/с [2, 5].

Известно, что подавление аэрозольной пыли размерами (10-5-10-6)м крупными каплями воды (10-3-10-4)м имеет низкую эффективность, из-за аэродинамических эффектов обтекания пылинок. К тому же пылинки угля покрыты оболочкой адсорбированных с воздуха газов и сублимированных из угля углеводородных соединений. Кроме этого, между пылинками, каплями и газообразными компонентами рудничного воздуха активными факторами взаимодействия являются силы электродинамической природы, обусловленные эффектами электризации.

В связи с этими явлениями, подавление аэрозольных угольных пылинок каплями воды наиболее эффективно происходит с применением форсунок в вид эжекторов, обеспечивающих получение высокой плотности потока мелких капель размерами 100мкм, двигающихся со скоростями (20-25) м/с с расходами воды в пределах (0,5 -2,5) л/мин,

Для обеспечения интегрального орошения и охлаждения рудничного воздуха в механизированных забоях глубоких угольных шахт при различных горно-геологических условиях необходимы определенные серии форсунок, имеющие переменные выходные параметры эжектора. В связи с этим оправданным будет унификация форсунок – многокамерных эжекторов.

Конкретная разработка эжекторных форсунок для интегрального орошения-охлаждения воздуха должна предусматривать, прежде всего, определение основных функциональных параметров комплексного процесса подавления пыли и охлаждения воздуха каплями воды.

Исходя из этого, а также двух известных способов создания орошения подачей воды как внутреннего, при помощи оросителей, установленных на исполнительных органах горного комбайна, и внешнего, с расположением оросителей на корпусе машины на пути распространения пыли от зоны разрушения угля, нами исследовалось орошение многокамерными эжекторами.

При внутреннем орошении вода подается к режущим кромкам резцов комбайна и смачивает горную массу и пыль преимущественно до перехода ее во взвешенное состояние в воздухе. Внешнее

орошение в большинстве случаев применяется для подавления уже взвешенной в воздухе пыли, не подавленной внутренним орошением.

Как известно в состав оросительного устройства выемочной машины фильтры для очистки воды от механических примесей, приборы контроля давления и расхода воды, форсунки определенного типа и специальная система трубопроводов. Отдельные элементы устройства орошения составляют единое целое с элементами комбайна, в частности, каналы подачи воды в шнеки. Эффективность пылеподавления с внутренним орошением значительно выше, чем при внешнем. Эксперименты показали, что расположение форсунок непосредственно у резца обеспечивает подавление всех фракций пыли на 98%. При удалении форсунки на 0,2м от резца эффективность пылеподавления снижается почти на 10%. В связи с этим вода подается непосредственно в зону под резцы.

В настоящее время в большинстве случаев современные очистные комбайны оснащаются оросительными устройствами, которые имеют свою специфику. Так по рекомендациям специалистов корпорации «JOYGLOBAL», количество воды, подаваемой к одному резцу, например, горного комбайна «14CM15 Series Miner», должно составлять (0,2- 1,7) л/мин в зависимости от крепости горных пород. А оросительные устройства на комбайнах с барабанным исполнительным органом с вертикальной осью вращения через вертикальный вал оснащаются оросительным устройством только с внешним расположением форсунок. Эффективность пылеподавления в этом случае во многом зависит от расхода и давления воды, а также расположения форсунок.

Опыты по применению высоконапорного орошения показали, что в условиях угольных шахт верхний предел давления воды не имеет смысла превышать более 3,0МПа. При более высоком давлении и постоянном расходе воды равномерное орошение не обеспечивается по исполнительному органу. Это вызвано тем, что применяемые для высоконапорного орошения насадки имеют небольшой угол раскрытия струи. Поэтому с помощью внешнего орошения невозможно достичь высокой (более 90%) эффективности пылеподавления, также осуществить достаточное охлаждение воздуха.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Для увеличения эффективности орошения и охлаждения рудничного воздуха в зоне резания горного массива в забое, а также для снижения расхода воды, ее подача должна осуществляться специальными многокамерными импульсно-волновыми эжекторами,

которые располагаются со стороны резания горной массы на комбайне. Для этого на корпусе комбайна необходимо располагать не менее 20 форсунок орошения, охватывающих зоны резания и перемещения угля исполнительными органами комбайна. В шнеках также должны быть установлены специальные многокамерные эжекторные форсунки, что снизит возможность их засорения при давлениях воды (0,8-1,0) МПа при расходах, не превышающих 10 л/мин.

Применение нового оросительного устройства в виде многокамерного эжектора на комбайнах типа 1К101, 1ГШ68 и других позволит снизить запыленность воздуха на (90-95)%, и снизить температуру воздуха в забое на (5-9)°С. Оросители ИВЭ при прочих равных условиях обеспечивают снижение запыленности воздуха в 2-2,5 раза в результате увеличения интенсивности образования механической смеси как эмульсии из запыленного воздуха и воды, как в зоне резания, так и за ее пределами. При этом снижается выпадение капель в пространстве забоя, его увлажнение, техники, механизированной крепи и т.д..

В перспективе применение оросителей на основе ИВЭ рационально, так как реализуется интегральное орошение и охлаждение рудничного воздуха в забое воздушно-капельной смесью, импульсно-волновое состояние которой повышает эффективность, как улавливания пыли, так и охлаждения воздуха.

Система интегрального орошения-охлаждения воздуха на основе ИВЭ может быть применена на всех типах комбайнов, работающих в глубоких шахтах. Кроме этого, при такой системе пылеподавления и охлаждения рудничного воздуха увеличивается интенсивность теплообмена в зоне контактов резцов с угольным пластом, что снижает вероятность нагрева и воспламенения, пылевых метано-воздушных смесей.

Литература:

1. Райзнер М. Исследование зависимости между запыленностью горных выработок и заболеваемостью пневмокониозом в Рурском угольном бассейне / М. Райзнер // Труды по силикозным последствиям. Бохум, № 95, 1988, – М., Недра, 1989. – 103 с.
2. Гого В. Б. Гидродинамическое подавление пыли в условиях угольных шахт: теория и технические решения / В.Б. Гого, В. Б. Малеев. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – 240 с.
3. Фролов М. А., Исследование запыленности воздуха в лавах на пластах крутого падения при различных вентиляционных режимах / М. А. Фролов, А.В. Артемов // Труды НПИ, 1999. – Вып. 3, – 1999. – С. 100—110.

4. Новые способы борьбы с пылью в угольных шахтах / Ф. М. Гельфанд, В. П. Журавлев, А. П. Поелуев и др. - М., Недра, 1995. - 237 с.

5. Патент 16953 Україна, МПК F 04 F 5/16. Ежектор / Гого В. Б., Малеев В. Б.; заявник та патентовласник Донецький НТУ; заявл. 10.11.05; опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.

References:

1. Rayzner M. Issledovanie zavisimosti mezhdu zapylennostyu gornykh vyrabotok i zabolevaemostyu pnevmokoniozom v Rurskom ugolnom basseyne / M. Rayzner // Trudy po silikoznym posledstviyam. Bokhum, № 95,1988,— М. , Nedra, 1989. — 103 s.

2. Gogo V. B. Gidrodinamicheskoe podavlenie pyli v usloviyakh ugolnykh shakht: teoriya i tekhnicheskie resheniya / V.B. Gogo, V. B. Maleev. — Donetsk: DonNTU, 2008. — 240 s.

3. Frolov M. A., Issledovanie zapylennosti vozdukha v lavakh na plastakh krutogo padeniya pri razlichnykh ventilyatsionnykh rezhimakh / M. A. Frolov, A.V. Artemov // Trudy NPI, 1999. — Vyp. 3, — 1999. — S. 100—110.

4. Novye sposoby borby s pylyu v ugolnykh shakhtakh / F. M. Gelfand, V. P. Zhuravlev, A. P. Poeluev i dr. - М., Nedra, 1995. - 237 s.

5. Patent 16953 Україна, МПК F 04 F 5/16. Yezhektor / Gogo V. B., Maleev V. B.; zayavnik ta patentovlasnik Donetskiiy NTU; zayavl. 10.11.05; opubl. 15.09.06, Byul. № 9.