

РАЗВИТИЕ ГОРНОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ В НАЦИОНАЛЬНОМ ГОРНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ В XXI ВЕКЕ

С.А. Алексеенко, Национальный горный университет, Украина

Обобщены результаты основных научных исследований по горной теплофизике, выполненных в Национальном горном университете за последние 14 лет. Приведены наиболее значительные научные разработки в области горной теплофизики, кондиционирования рудничного воздуха и рудничной термодинамики в глубоких угольных шахтах Украины.

Горная теплофизика занимается исследованиями источников тепловыделения в массиве горных пород, теплообменом и массообменом, связанными с проведением и проветриванием горных выработок, тоннелей и других подземных сооружений, а также возникающими в них процессами окисления. В техническом аспекте, горная теплофизика занимается методами прогнозирования и регулирования тепловых условий, нормированием микроклимата, применением различных климатизирующих устройств, предупреждением процессов самовозгорания в шахтах, управлением вентиляцией объектов в условиях интенсивного тепло- и массообмена, особенно в случаях пожаров и взрывов. Проблемой горной теплофизики является также использование геотермальной энергии, тепла подземной воды и воздуха, складирования под землей термически активных отходов.

XX век характеризовался бурным развитием горной теплофизики в бывшем СССР. Ряд научных организаций включился в проведение исследований по проблеме разработки проветривания глубоких шахт и рудников. Разработкой различных вопросов горной теплофизики занимались многие научно-исследовательские институты и высшие учебные заведения: Институт теплоэнергетики (ИТЭ) АН УССР, МакНИИ, ЛИОТ, ДГИ, ДПИ, ЛГИ, МГИ, КГРИ и др. Методам прогноза и оценки тепловых условий в глубоких шахтах за 70-ти летний период посвящён ряд монографий, научных статей и разработан целый ряд нормативных документов. Наиболее значительными из них, определяющими отдельные этапы развития горной теплофизики, являются работы А.Н. Щербаня, О.А. Кремнева, А.Ф. Воропаева, Э.И. Баратова, Ю.Д. Дядькина, А.Г. Дуганова, В.Я. Журавленко, Б.И. Медведева, Н.Н. Хохотвы, В.А. Кузина, С.Г. Ягельского, Луговского С.И., Л.Б. Зимина, В.И. Муравейника, В.Б. Скрыпникова, М.И. Фандеева, Ю.А. Цейтлина, В.К. Черниченко, В.П. Черняка, Ю.В. Шувалова и др.

Основоположником горной теплофизики в Украине в XX веке по праву являлся выпускник Днепропетровского горного института (ныне ГВУЗ «Национальный горный университет») академик Щербань Александр Назарович. Его основные труды посвящены проблемам теплообмена в подземных горных выработках, автоматическому контролю загрязнения воздуха, использованию тепла Земли в промышленных целях. Результаты этих работ легли в основу новой отрасли горной науки – рудничной термодинамики. В 1956 году совместно с А.Н. Ягельским написана книга «Кондиционирование рудничного воздуха», которая до настоящего времени является актуальной но, к сожалению, устарела, в связи с совершенствованием нормативно-правовой базы Украины и систем кондиционирования рудничного воздуха. В 1977 году А.Н. Щербань основал Международное бюро по горной теплофизике при Всемирном горном конгрессе и был его председателем до 1992 года. Затем его возглавил академик Черняк Вилен Павлович.

В XXI веке (2000-2013 годы) Международное бюро по горной теплофизике возглавил д.т.н., проф. Юзеф Сулковски (Польша, Силезский политехнический институт). В 2000 году в Польше (Гливице, Силезский политехнический институт) впервые было проведено пленарное заседание 9-й сессии МБГТ. В 2005 году на 10-й сессии МГГТ доцент кафедры аэрологии и охраны труда НГУ Алексеенко С.А. выступил с двумя докладами «Направления, способы и средства регулирования микроклимата в лавах глубоких горизонтов шахт» и «Тепловая релаксация организма горнорабочих в глубоких шахтах и рудниках». Доклады вызвали большой интерес участников конференции и на заседании организационного бюро (МБГТ)

по результатам научных исследований и опубликованных работ (более 60 научных работ по горной теплофизике) был избран его членом, став, таким образом, вторым представителем Днепропетровской школы горной теплофизики и продолжив традиции его основателя - академика Щербаня А.Н. В 2013 году Польша вновь передала руководство МБГТ Украине.

Несмотря на политический и экономический кризис в Украине, реструктуризацию угольной промышленности и ограниченное финансирование научных исследований проблемами горной теплофизики в XXI веке продолжают заниматься ряд научных организаций в Украине: ИТТФ АН Украины, МакНИИ, НГУ, ДонНТУ, Донецкий экспертно-технический центр, Криворожский национальный университет (КНУ) и др.

Совершенствованию методов прогноза, разработке способов и средств нормализации тепловых условий в глубоких шахтах и рудниках Украины за последние 14 лет (2000-2014 г.г.) посвящены научные труды В.Р. Алабьева, С.А. Алексеенко, В.А. Бойко, И.Р. Венгерова, И.Н. Зинченко, В.К. Костенко, В.А. Кузина, А.А. Лапшина, А.Е. Лапшина, И.Ф. Марийчука, А.А. Мартынова, Ю.И. Оксень, П.С. Пашковского, Г.Г. Пивняка, В.Л. Сахновского, В.А. Стукало, И.А. Шайхлисламовой, А.К. Яковенко и др. В упомянутых работах усовершенствованы методы прогноза, разработаны новые перспективные способы и средства нормализации тепловых условий в глубоких угольных шахтах и рудниках без применения холодильных машин. Они являются логическим продолжением и развитием исследований основоположников горной теплофизики А.Н. Щербаня, О.А. Кремнева, В.Я. Журавленко, А.Ф. Воропаева, Ю.Д. Дядькина, С.Г. Ягельского, создавших теоретические основы прогноза и исследований теплового режима в выработках различного назначения глубоких шахт и рудников.

В Национальном горном университете значительный вклад в развитие горной теплофизики XXI века внесли учёные и научные сотрудники кафедр «Горной механики» и «Аэрологии и охраны труда» академик НАН Украины, д.т.н., проф. Пивняк Г.Г., д.т.н., проф. Самуся В.И., канд. техн. наук, доценты Алексеенко С.А., Оксень Ю.И., Шайхлисламова И.А. и др.

Под руководством заведующего кафедрой горной механики д.т.н., проф. Самуси В.И. разработан и внедрён на производстве проект «Теплонасосная утилизация сбросового тепла шахтной воды. Установка горячего водоснабжения», авторы В.И. Самуся, Ю.И. Оксень, Ю.А. Комиссаров, М.В. Радюк [1]. Суть данного проекта заключается в следующем. Вода, откачиваемая из угольных и рудных шахт, является мощным носителем тепла горных пород, но её температура (12...26°C) недостаточна для непосредственного использования в целях отопления или горячего водоснабжения (ГВС). Преобразование этого тепла в тепло потенциала ГВС (42...45°C) осуществляется с помощью тепловых насосов. В данной разработке используется также дополнительный источник низкопотенциального тепла – сточная вода шахтных бань, температура которой составляет около 30°C. Использование этого тепла для предварительного подогрева чистой воды для ГВС позволяет повысить коэффициент трансформации тепла теплонасосной установки до 7,0...8,0. Это означает, что каждый 1 кВт затраченной электрической энергии в установке обеспечит производство 7,0...8,0 кВт тепла для ГВС, что является весьма эффективным. Для хранения подготовленной горячей воды в установке применены баки-аккумуляторы. Объём баков и мощность тепловых насосов определяются, исходя из условий подготовки горячей воды во время действия ночного (льготного) тарифа оплаты за потребляемую электроэнергию. Именно в это же время работает шахтная водоотливная установка. С целью минимизации объёма баков каждый из них поочередно используется для хранения как предварительно подогретой, так и окончательно подготовленной горячей воды. Сфера применения: подземные предприятия угольной и горнорудной промышленности. Разработка защищена патентом Украины № 61130. Установка горячего водоснабжения / Самуся В.И., Оксень Ю.И., Радюк М.В., Мишанський Ю.А.; заявитель и патентообладатель Государственное высшее учебное заведение "Национальный горный университет". Ноу-хау: расчет параметров теплонасосной установки по специальной методике. Предложенная установка по основным технико-экономическим показателям превышает известное техническое решение по патенту РФ № 2178542 С2 RU.

Внедрение теплонасосной технологии утилизации геотермального тепла реализован НГУ в 2010 году на шахте «Благодатная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь». Здесь создана первая в Украине и самая мощная в странах СНГ теплонасосная установка, использующая тепло шахтной воды. Она имеет теплопроизводительность 800 кВт и позволяет за семичасовой рабочий цикл нагреть 120 м³ воды для системы горячего водоснабжения шахты от 5 до 45 °С. Потребляемая электрическая мощность установки - 230 кВт, коэффициент преобразования тепла-3,5. График работы установки, совмещенный с графиком работы водоотливной установки шахты, которая работает в ночное время, когда тариф оплаты за потребляемую электроэнергию - низкий. В установке применено оборудование отечественного производства. Основное оборудование - тепловые насосы и теплообменники шахтной воды - изготовлены Мелитопольским заводом холодильного машиностроения «Рефма». Годовая экономия 540 тыс. гривен в год, срок окупаемости капитальных затрат - 3 года. Проект «Инновация из глубин земли» по внедрению тепловых насосов на шахте «Благодатная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» признан лучшим в Украине в сфере энергоэффективности в рамках Конкурса деловых и социальных «зеленых» проектов Green Awards Ukraine 2011. По данным руководителя международных проектов немецкого Центра геотермии (г. Бохум, Германия) доктора Екегарда Бюшер, подобная промышленная установка, использующая воду из действующих шахт, внедрена впервые в мире. В настоящее время НГУ проводятся работы по созданию теплонасосных установок на шахтах ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», ОАО «Криворожский железорудный комбинат», ПАО «Марганецкий горно-обогатительный комбинат», создается экспериментальная теплонасосная установка для обогрева помещения кафедры военной подготовки. Для этого приобретено два немецких насоса фирмы «Виссман» с тепловой мощностью 120 кВт каждый. Источником низкопотенциального тепла является вода, выкачивается водяными насосами из скважин глубиной 16 м. Расчетный коэффициент трансформации тепла составляет 3,7. Использование теплонасосной установки позволит получить экономический эффект в размере 200 тыс. грн / год за счет уменьшения расходов на отопление помещения кафедры. Срок окупаемости составляет около 4,5 лет.

Кроме того, теплонасосная установка будет использоваться в учебном процессе на кафедре горной механики НГУ при подготовке специалистов по специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Электромеханические системы горных производств». Для этого в 2012 году коллективом авторов [2] издана монография «Новейшие принципы теплонасосных и когенерационных технологий использования бросового тепла».

Полученные на кафедре горной механики НГУ при выполнении этих работ научные и практические результаты позволят обеспечить более широкое внедрение теплонасосных технологий, что положительно повлияет на инновационное развитие нашей страны [1, 2].

Определенный вклад в развитие горной теплофизики XXI века внесен учеными и научными сотрудниками кафедры «Аэрологии и охраны труда» НГУ к.т.н., доцентами Алексеенко С.А. и Шайхлисламовой И.А. Значительный опыт, научный потенциал и прикладные знания, накопленные на кафедре при реализации систем кондиционирования рудничного воздуха в глубоких шахтах и рудниках, позволяют ставить вопрос о разработке, создании и внедрении принципиально новых альтернативных энергосберегающих способов и средств для решения этой достаточно сложной и дорогостоящей проблемы.

Доцентом кафедры АОТ Алексеенко С.А. совместно с проф. Муравейником В.И., ст. научн. сотрудником Зинченко И.Н. и аспиранткой Шайхлисламовой И.А. с 2002 по 2007 годы были разработаны новые альтернативные и усовершенствованы существующие способы и средства нормализации тепловых условий в глубоких шахтах без применения холодильных машин.

Для регулирования теплового режима в горных выработках в 2002-2006 г.г. разработан способ перераспределения теплового потенциала рудничного воздуха между выработками околоствольного двора воздухоподающего ствола и подготовительными выработками и установка для его реализации [3, 4]. Идея способа заключается в уменьшении вредных при-

токов тепла и влаги к воздуху в капитальных и подготовительных выработках. Это происходит при помощи принудительного нагревания и увлажнения воздуха в выработках околоствольного двора воздухоподающего ствола до уровня, который исключает значительный приток влаги к воздуху на его пути к рабочим забоям. Это даст возможность уменьшить приток скрытой теплоты, которую затем необходимо отводить от воздуха в воздухоохладителях, затрачивая холодильную мощность. Таким образом, положительный эффект улучшения микроклимата в горных выработках предложенным способом, достигается за счет снижения интенсивности тепломассообмена в этих выработках.

Согласно предложенному способу свежий воздух в выработках околоствольного двора воздухоподающего ствола предварительно нагревают и увлажняют, а затем по ходу вентиляционной струи воздух охлаждают: в магистральных выработках – непрерывно и рассредоточенно, в участковых выработках – ступенчато, а в очистных забоях (лавах) – рассредоточенно. Охлаждение воздуха осуществляют циркуляционной водой, охлажденной при нагреве и увлажнении воздуха в околоствольном дворе. Дополнительно используют воду, охлажденную в воздухоподающем стволе.

Подземная установка кондиционирования рудничного воздуха, разработанная для реализации данного способа включает такие гидравлически связанные элементы: водоохладитель испарительного типа 1, воздухоохладители поверхностного типа 2, циркуляционные трубопроводы тепло- и холодоносителя 3 и 4; аккумулятор охлажденной воды 5, насосы 6 и 7; вентиляторы 8 и 9, регуляторы расхода воды и воздуха. Аккумулятор соединен также с водоуловителем и зумпфом воздухоподающего ствола (рис. 1).

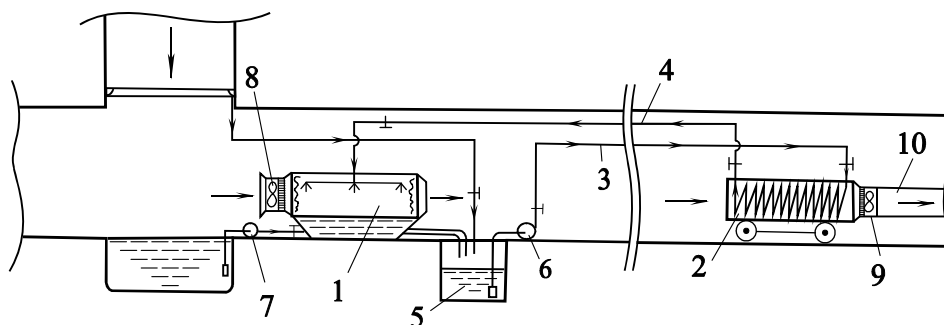


Рис. 1. Схема размещения подземной установки кондиционирования рудничного воздуха в шахте по реализации способа перераспределения тепловлажностного потенциала

Работа установки по данному способу обеспечивает непрерывное регулирование динамики нагрева и увлажнения воздуха в горных выработках и забоях в заданных пределах без применения холодильных машин. За счёт этого снижаются затраты, а также опасность перегрева и переохлаждения горнорабочих.

Полезная холодопроизводительность установки определяется двумя основными факторами: количеством тепла, отведенного от циркуляционной воды в водоохладителе; величиной снижения притока теплоты и водяных паров к вентиляционной струе по маршруту от выработок околоствольного двора воздухоподающего ствола к рабочим высокотемпературным забоям.

Предложенный способ кондиционирования рудничного воздуха может быть применен в угольных шахтах Донбасса при следующих условиях: на глубине разработки 700 – 1000 м; на пологих и крутых пластах; при температуре рудничного воздуха в околоствольном дворе воздухоподающего ствола не больше 15 – 18 °С; а также если наблюдается значительная разница естественной температуры рудничного воздуха в выработках околоствольного двора и удаленных рабочих забоях 15 – 30 °С.

В 2007 году аспирантка Шайхлисламова И.А. под научным руководством доцента Алексеенко С.А. успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Улучшение микроклимата шахт Донбасса способом перераспределения тепловлажностного потенциала руднично-

го воздуха».

В 2004-2007 годах авторами [5] разработан новый энергосберегающий способ нормализации атмосферных условий в лаве путем многофакторной обработки рудничного воздуха на основе ступенчатого подсыживания вентиляционной струи. Детальное описание данного способа опубликовано в работе [6].

Суть предложенного способа заключается в следующем. В угольном пласте между конвейерным и вентиляционным штреками пробуривают и при необходимости закрепляют систему скважин наклонно к линии очистного забоя (рис. 2).

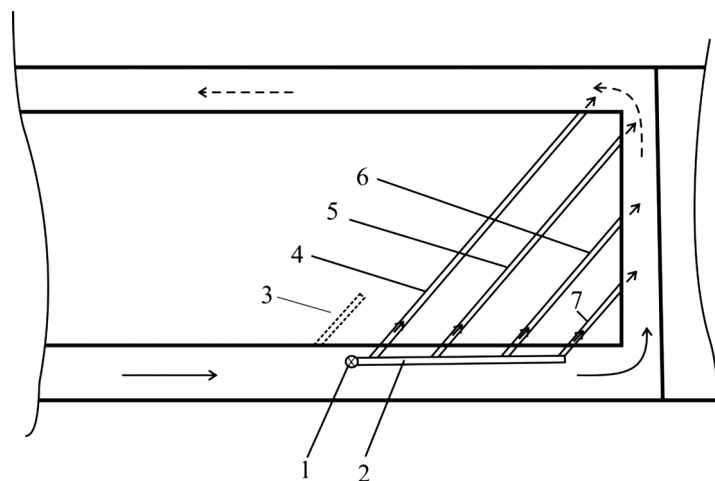


Рис. 2. Схема подсыживания воздуха в лаве через наклонные скважины

Затем скважины подвергают обработке: откачивают пластовые газы, увлажняют прилегающий к скважине угольный массив и охлаждают (например, - за счет испарения влаги с поверхности стенок или подачи холодоносителя). При пересечении очередной скважины с поверхностью очистного забоя по ней подают охлажденный воздух в призабойное пространство лавы. Для нагнетания охлаждённого воздуха в скважине используют пневматические вентиляторы, установленные на конвейерном штреке и соединённые всасывающей стороной с каналом, по которому подают кондиционированный воздух (трубопровод или свободное сечение штрека).

Количество и угол наклона скважин, посредством которых подсыживают вентиляционную струю в лаве, может быть разным. Это зависит от длины лавы, твердости угля и степени нарушенности пласта, диаметра скважин, температуры горного массива, особенностей технологии добычи и транспорта угля, производительности лавы, требований к параметрам атмосферы в лаве.

Воздух подают в призабойное пространство лавы одновременно по нескольким скважинам, в частности, на рис. 2 в качестве примера показаны воздухоподающие скважины 4 – 7, соответственно: на выходе из лавы (4), в верхней части лавы (5), в средней части лавы (6), в нижней части лавы (7). Скважины 4 – 7 соединены с воздушным коллектором (трубопроводом) – 2, скважина – 3 находится в состоянии проходки, побудитель движения воздуха (осевой вентилятор) – 1 расположен на конвейерном штреке со стороны свежей вентиляционной струи и соединен с трубопроводом.

Охлажденный воздух, поступающий по скважинам, смешивается в призабойном пространстве лавы с вентиляционной струей, которая подаётся из конвейерного штрека непосредственно в лаву, в результате чего температура вентиляционной струи снижается.

Расход воздуха по отдельным скважинам (например, скважины 4-7) регулируют таким образом, чтобы во всех зонах лавы были допустимые по правилам безопасности атмосферные условия. По мере увеличения срока службы воздухоподающих скважин вокруг них образуется охлаждённая “рубашка” (оболочка) и холодопотери в скважинах снижаются.

При разработке сильно разрушенного угольного пласта или отдельных его участков мож-

но закреплять стенки скважин, например: путём обсадки их керамическими (или подобными) трубами, путём нагнетательного увлажнения и последующего замораживания (например, с помощью жидкого азота или углекислого газа), путём химического закрепления, путём обработки стенок вязким веществом, которые обеспечивают склеивание частиц угля вокруг стенок скважины и др.

Тепловые условия в лаве при использовании данного способа улучшаются как за счёт снижения температуры и влажности воздуха, так и за счет уменьшения интенсивности теплового излучения со стороны забоя, поскольку температура угольного массива уменьшается при охлаждении стенок скважин. Кроме того, при транспортировании по лаве и штреку частично охлаждённого угля снижается нагрев вентиляционной струи. В результате этого температура воздуха на входе в лаву также будет снижаться и далее будет поддерживаться на допустимом уровне за счет рассредоточенного поступления по скважинам в призабойное пространство охлаждённого воздуха.

Принудительное увлажнение угольного массива водой в скважинах обеспечит снижение пылеобразования при отбойке, погрузке и транспортировании угля.

В случае возникновения аварии или аварийной ситуации (например, при обвалах, взрывах или пожарах в лаве) наклонные скважины можно будет использовать при ведении аварийно-спасательных работ для подачи в лаву свежего воздуха, воды, пищи, медикаментов, инструментов, различных материалов и для обеспечения связи между потерпевшими и горноспасателями.

В 2003-2007 г.г. авторами [7, 8] разработана передвижная установка для защиты рабочих от перегревания «Релаксатор» (рис. 3).

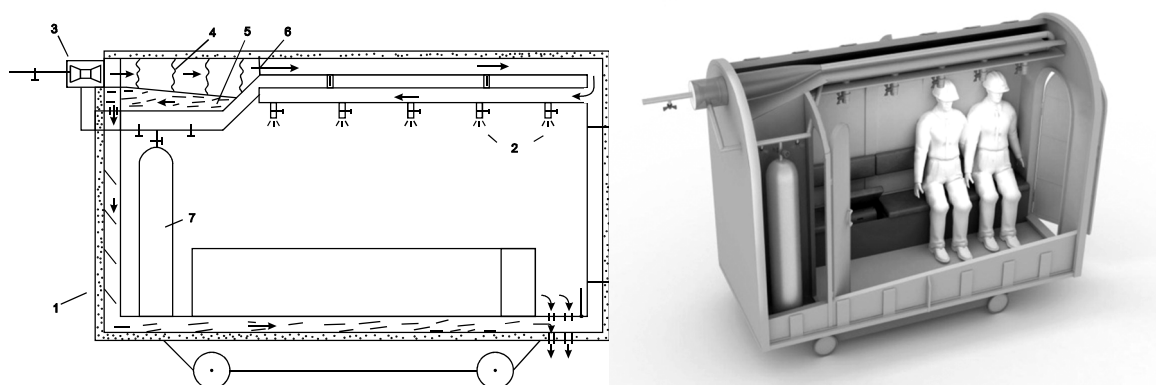


Рис. 3. Схема мобильной микроклиматической установки «Релаксатор»: 1 – экран в виде замкнутой камеры, 2 – система воздушного душирования, 3 – генератор холода, 4 – каплеуловитель, 5 – поддон, 6 - отверстие для выхода осушенного воздуха, 7 – автономный источник сжатого воздуха.

Конструктивно установка состоит из таких основных элементов: экрана в виде замкнутой камеры 1, системы воздушного душирования 2, генератора холода (пневматической турбины) 3, каплеуловителя 4, поддона 5, отверстий для выхода осушенного воздуха 6, автономного источника сжатого воздуха и других элементов.

Установка имеет двойные стенки, внешняя поверхность камеры покрыта теплоизоляционным материалом. Система воздушного душирования, расположенная внутри камеры, выполнена в виде трубы с отверстиями. Охлаждение воздуха происходит за счет генератора холода, так как пневматическая турбина соединена с трубопроводом внешнего источника сжатого воздуха. К генератору холода подсоединен каплеуловитель, который имеет поддон и отверстие для выхода осушенного воздуха и соединен с каналами стенок и потолка камеры, а через них - с системой воздушного душирования. В передней части камеры имеются отверстия для регулируемого выпуска конденсата и отработанного воздуха. В камере дополнительно

установлен автономный источник сжатого воздуха, а сама установка оборудована герметичными дверями и установлена на шасси с возможностью ее перемещения.

Размеры установки рассчитываются на максимально возможное количество работающих в забое людей, (на одного человека в сидячем положении $0,5 \text{ м}^3$, в лежачем - $1,3 \text{ м}^3$) с тем, чтобы при опасной ситуации объем подаваемого воздуха был наименьшим. Следует, по возможности, не превышать данных значений и ограничивать высоту установки 1,8-2,0 м. Перемещение по горным выработкам шахты осуществляется при помощи колесных пар, салазок и других приспособлений.

Время пребывания людей в установке может быть от 8 до 96 часов (4 суток). Продолжительность работы при повышенных температурах составляет 45 мин, а время пребывания людей в камере составляет от 10 до 15 мин.

Защита горнорабочих от перегревания в установке «Релаксатор» осуществляется путем тепловой релаксации организма, при этом охлаждение тела горнорабочих будет выполняться комплексно:

- путем конвекции при обдувании тела воздухом с температурой, более низкой, чем температура поверхностей тела;

- путем испарения пота с наружных поверхностей тела и влаги с внутренних поверхностей дыхательных путей при обдуве тела сухим воздухом;

- путем лучистого (радиационного) теплообмена между холодными внутренними поверхностями камеры и телом горнорабочих (радиационное охлаждение).

Использование всех основных путей теплообмена организма горнорабочих в установке «Релаксатор» обеспечивает быстрое снижение перегрева тела, нормализацию теплового баланса, что исключает опасность теплового удара, способствует восстановлению высокой работоспособности горнорабочих.

Кроме того, установка может обеспечивать оперативную защиту горнорабочих, застигнутых аварией в шахте, в том числе: защиту от действия высоких температур при пожарах и взрывах в выработках. Таким образом, мобильная микроклиматическая установка «Релаксатор» может обеспечивать не только тепловую релаксацию горнорабочих в обычных условиях, но и оперативную защиту горнорабочих, застигнутых аварией на добычных участках, в том числе – защиту от атмосферы, непригодной для дыхания, и защиту от тепловых ударов.

На установке должны быть нанесены, хорошо распознаваемые обозначения. По возможности светоотражающей краской. Указательный знак должен быть установлен поперек оси выработки. Следует предусматривать наружную сигнализацию, включаемую в то время, когда в установке находятся люди (пневматический свисток или цветной электрический светильник, которые включаются автоматически при подаче воздуха в установку для дыхания людей).

В установке находятся резервные изолирующие самоспасатели, количество которых должно превышать количество горняков. Здесь же обязательно должны находиться газоанализаторы, средства освещения, химические осветительные стержни, телефонная связь и средства для оказания помощи пострадавшим. Необходимо также предусмотреть блок очистки воздуха и усовершенствовать систему жизнеобеспечения (СЖО).

Очищенный от вредных и токсичных примесей воздух поступает в блок охлаждения воздуха и затем попадает в установку.

Особую опасность для горнорабочих, находящихся в установке представляют взрывы в горных выработках шахт, которые сопровождаются резким возрастанием в них температуры, давления и возникновением ударной волны. Для угольных шахт типичными являются взрывы, обусловленные химической реакцией (взрыв смеси метана и воздуха, взрыв угольной пыли, взрыв метана и угольной пыли, взрыв взрывчатых веществ).

Для предотвращения разрушения конструкции установки ударной волной при взрывах ее целесообразно размещать в специально пройденных нишах.

Размещение передвижной установки в нише горной выработки выемочного участка или в подготовительной выработке большой протяженности показано на рис. 4.

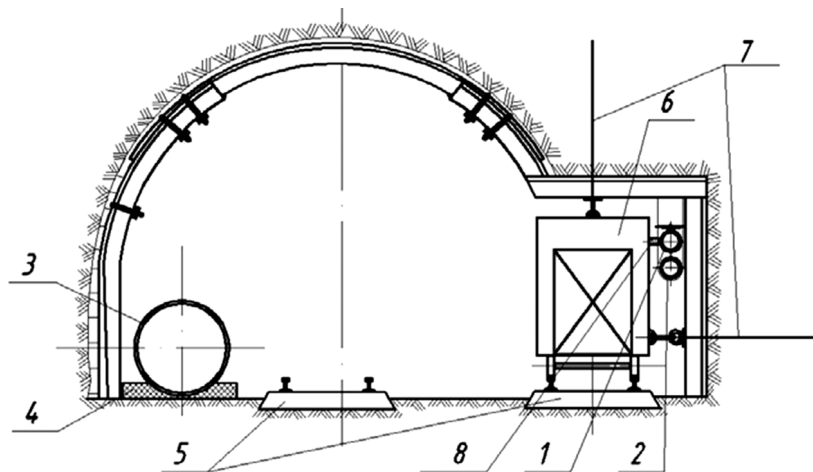


Рис. 4. Размещение мобильной установки «Релаксатор» в нише горной выработки:

1 – трубопровод сжатого воздуха; 2 – противопожарный трубопровод; 3 – дегазационный трубопровод; 4 – подложка (не металлическая) 5 – рельсовая дорога типа ДКНЛ-1; 6 – передвижная камера-убежище; 7 – анкера крепления камеры-убежища; 8 – подвод сжатого воздуха к камере.

На основе установки «Релаксатор» может быть создана промышленная передвижная камера-убежище для спасения горняков при авариях в шахтах. Для этого необходимо усовершенствовать СЖО внутри предлагаемой установки. Воздухообмен в передвижной камере-убежище может осуществляться от сети или батарей баллонов сжатого воздуха, а также через вентиляционную скважину или от регенеративной установки с запасом сжатого воздуха или химически связанного кислорода.

При использовании сжатого воздуха необходимо следить за тем, чтобы передвижная камера-убежище постоянно находилась бы под избыточным давлением (не менее 50 Па), чтобы воспрепятствовать проникновению вредных газов (продуктов горения). Так как не исключено заполнение камеры вредными газами при входе в нее людей, перед снятием самоспасателей необходимо продуть камеру сжатым воздухом. Необходимое для этого время составляет до 5 мин, причём требуется подавать воздух в количестве $0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 м^3 объёма камеры. Так, например, для камеры-убежища внутренним объёмом 10 м^3 , рассчитанной на 10 человек, требуется подача сжатого воздуха $5 \text{ м}^3/\text{мин}$. После продувки расход воздуха должен быть отрегулирован таким образом, чтобы поддерживалось избыточное давление не менее 50 Па, и на одного человека поступало бы не менее $0,1 \text{ м}^3/\text{мин}$ свежего воздуха. При воздухообеспечении от регенерационной установки со сжатым или химически связанным кислородом требуется в любом случае исключить проникновение в камеру-убежище вредных газов, т.е. на входе должен быть устроен специальный шлюз.

Результаты научных исследований используются в учебном процессе кафедры при чтении курса лекций по дисциплине «Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха». Для этого разработан ряд методических рекомендаций и написана книга «Кондиционирование рудничного воздуха», которая рекомендована Министерством образования и науки Украины №1/11-5838 от 18.04.14 как учебное пособие для студентов направления подготовки 6.050301 «Горное дело» [9].

Выводы.

1. Полученные на кафедре горной механики научные и практические результаты позволят обеспечить более широкое внедрение теплонасосных технологий на горных предприятиях, что положительно повлияет на инновационное развитие нашей страны.

2. Создание и внедрение разработанных и предложенных кафедрой аэрологии и охраны труда нетрадиционных способов и средств позволит полностью или частично (локально) нормализовать тепловые условия на рабочих местах глубоких шахт и рудников.

Список литературы

1. Пивняк Г.Г. Внедрение теплонасосных технологий утилизации бросового тепла на горных предприятиях / Г.Г. Пивняк, А.С. Бешта, В.И. Самуся // Материалы междунар. конф. "Украина – Россия – Сколково. Единое инновационное пространство". – Киев: ИПЦ "Киевский университет", 2013. – С. 95-96.
2. Новітні принципи теплонасосних та когенераційних технологій використання викидного тепла: монографія / М.М. Табаченко, В.І. Самуся, Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський, Ю.І. Оксень // М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Державний ВНЗ "Національний гірничий університет".- Д.: НГУ, 2012.- 246 с.
3. Пат. 53467 Україна, МПК 7 E21F 3/00. Спосіб кондиціонування рудникового повітря та установка для його здійснення / Муравейник В.І., Алексеєнко С.О., Шайхлісламова І.А. та ін.; заявник і патентовласник Національний гірничий ун-т. - №2002064680; заявл. 07.06.02; опубл. 15.12.2006, бюл. №12.
4. Алексеєнко С.А. Альтернативная энергосберегающая система кондиционирования воздуха глубоких шахт. /Алексеєнко С.А., Долинский В.А., Муравейник В.И., Бутырин А.Г. // Сборник научных трудов НГУ № 19, Т.3, Днепропетровск: РИК НГУ, 2004.- С. 56-65.
5. Пат. 78735 Україна, МПК E21F 3/00, E21F 1/00, E21F 5/02. Спосіб нормалізації атмосферних умов в лаві / Алексеєнко С.О., Муравейник В.І., Булгаков Ю.Ф. та ін.; заявник і патентовласник Національний гірничий ун-т. - № 20040705497; заявл. 07.07.2004; опубл. 25.04.2007. Бюл. №5.
6. Алексеєнко С.А. Новый энергосберегающий способ регулирования атмосферных условий в лавах глубоких шахт. / Алексеєнко С.А., Масур А.С., Муравейник В.И., Король В.И. // Науковий вісник НГУ №1, 2005. – С. 66-70.
7. Пат. №70653 Україна, МПК E21 F 3/00, Установка для захисту робітників від перегрівання. E21 F 11/00. / Муравейник В.І., Алексеєнко С.О., Шайхлісламова І.А., Король В.І.; Національний гірничий ун-т. - №20031211992; заявл. 22.12.2003; опубл. 25.06.2007, бюл. №9, 2007 р.
8. Алексеєнко С.А. Передвижная установка для тепловой релаксации и временного укрытия горняков при чрезвычайных ситуациях в шахтах / С.А. Алексеєнко, И.А. Шайхлисламова // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. Межд. науч.-прак. журнал, №1-2(13-14) 2013. – С.42-49.
9. Кузин В.А. Кондиционирование рудничного воздуха. [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.А. Кузин, С.А. Алексеєнко, И.А. Шайхлисламова; под общ. ред. проф. В.А. Кузина. – Д.: Национальный горный университет, 2014. – 368 с.