

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ГЛУБОКИХ ШАХТ ДОНБАССА

А. М. Брюханов, докт. техн. наук, О. И. Кашуба, докт. техн. наук, А. К. Яковенко, канд. техн. наук (МакНИИ), С. А. Крутенко, канд. техн. наук (Госгорпромнадзор Украины)

Виконано аналіз існуючих засобів холодильного обладнання для нормалізації теплових умов у лавах та підготовчих виробках на глибині понад 1000 м. Описано устаткування з профілактики теплових уражень працівників шахт.

Ключові слова: тепловий режим, шахта, провітрювання, холодильне обладнання, профілактика.

Выполнен анализ существующих средств холодильного оборудования для нормализации тепловых условий в лавах и подготовительных выработках на глубине больше 1000 м. Описано оборудование для профилактики тепловых поражений работников шахт.

Ключевые слова: тепловой режим, шахта, проветривание, холодильное оборудование, профилактика.

Existing refrigerating machinery for normalization thermal conditions in longwalls and openings at the depth more than 1000 m is analyzed. The equipment for the prophylaxis of miners' thermal damages is described.

Keywords: thermal rate, mine, ventilation, refrigerating machinery, prophylaxis.

Температурный фактор, определяющий условия и уровень безопасности труда, аварийность и травматизм горнорабочих, является одной из наиболее острых проблем, осложняющих отработку запасов на глубоких горизонтах угольных шахт Донбасса. Эта проблема возрастает с глубиной и в значительной мере определяется горно-технологическими решениями по отработке запасов. Глубина горных работ в угольных шахтах Донбасса достигла 1380 м. На 30 шахтах глубина горных работ превысила 1000 м. Температура вмещающих горных пород на освоенных глубинах составляет 40..50 °С. Высокая температура вмещающих горных пород и большая энерговооруженность очистной выемки и горнопроходческих работ обусловили формирование неблагоприятных климатических условий в очистных и подготовительных выработках. Каждая третья шахта Донбасса, в которой не принимаются меры по борьбе с высокими температурами воздуха, эксплуатируется с отступлением от требований Правил безопасности по температурному фактору [1]. Более чем в 80 лавах и 240 подготовительных выработках температура воздуха превышает допустимые значения. В ряде глубоких шахт (им. А. А. Скочинского, им. М. И. Калинина, им. А. Ф. Засядько, «Прогресс», «Шахтерская-Глубокая», им. Ф. Э. Дзержинского, «Красный партизан» и др.) все действующие забои относятся к высокотемпературным, причем температура воздуха без принятия мер по ее снижению превышает допустимую на 12...18 °С и достигает 35...38 °С в очистных забоях и 36...42 °С – в подготовительных. По сути,

температурный фактор является сдерживающим в развитии угледобычи в этих шахтах.

Осуществляемая в последние годы перестройка угольной промышленности, заключающаяся в закрытии ряда старых нерентабельных шахт, снижение добычи угля на большинстве эксплуатируемых шахт практически не сняли остроту проблемы нормализации температурных условий в горных выработках. Из общего количества высокотемпературных шахт в регионе выбыли из эксплуатации только единицы. Для улучшения и нормализации тепловых условий в глубоких шахтах требуется проведение действенных эффективных мер, направленных на снижение тепловыделений по пути следования свежего воздуха к рабочим забоям или их локализацию.

До начала 90-х годов прошлого столетия основным способом нормализации тепловых условий труда в горных выработках наиболее высокотемпературных глубоких шахт являлось искусственное охлаждение воздуха. Развитие способа искусственного охлаждения воздуха в глубоких шахтах Донбасса характеризовалось применением крупных стационарных холодильных установок, обеспечивающих возможность охлаждения воздуха в высокотемпературных выработках всей шахты или отдельного блока, крыла. Стационарными холодильными установками было оборудовано более 30 шахт с повышенными температурами воздуха в горных выработках. Суммарная установленная холодильная мощность установок кондиционирования рудничного воздуха превышала 150 МВт. Для охлаждения воздуха в тупиковых подготовительных выработках использовалось более 200 шахтных передвижных кондиционеров типа КПШ.

В большинстве применявшихся на шахтах стационарных холодильных машин и передвижных кондиционеров в качестве рабочего вещества использовался холодильный агент хладон R12, относящийся к озоноразрушающим холодильным агентам. В связи с тем, что производство и применение хладона R12 запрещено Монреальским соглашением, установленная холодильная мощность установок кондиционирования рудничного воздуха уменьшилась на 98 % и в 90-е годы прошлого столетия составила около 4 МВт.

В последние 5 лет освоен выпуск новых средств охлаждения шахтного воздуха, использующих разрешенный к применению холодильный агент. В 2004 г. завершены работы по созданию технологии и комплекса шахтного холодильного оборудования для подземного размещения на базе водоохлаждающей машины МХРВ-1 с винтовым компрессором мощностью 1МВт холода. Холодильная машина комплектуется пятью штрековыми воздухоохладителями ОВ-190Ш и водоохладителем ОКВ-1350Ш, оборудуемым четырьмя водоохладительными модулями ОКВШ 325. Комплекс холодильного оборудования обеспечивает замкнутый цикл отбора тепла от свежего воздуха, подаваемого на проветривание выемочных участков и подготовительных выработок, и его передачу исходящей вентиляционной струе.

В процессе приемочных испытаний в условиях шахты им. А. А. Скочинского установлена работоспособность комплекса холодильного оборудования, обеспечивающего возможность нормализации тепловых условий в горных

выработках выемочного участка и примыкающих подготовительных выработках.

На основе модернизации повышена эксплуатационная надежность шахтного передвижного кондиционера КПШ 130-2-0 холодильной мощностью 130 кВт. Кондиционер предназначен для охлаждения воздуха в составе передвижной холодильной установки в тупиковых подготовительных выработках с буровзрывным способом проведения на освоенных глубинах. Для отвода тепла конденсации холодильного агента кондиционер комплектуется водоохладителем ОКВШ 170, обеспечивающим возможность сброса воспринятой в конденсаторе тепловой энергии в исходящую вентиляционную струю.

В 2007 г. завершены работы по созданию шахтного передвижного кондиционера КПШ 300 холодильной мощностью 300 кВт. Кондиционер предназначен преимущественно для нормализации тепловых условий в высокомеханизированных тупиковых выработках, проводимых на глубинах до 1500 м. Для отвода тепла конденсации холодильного агента в цикле оборотного водоснабжения кондиционер комплектуется двумя водоохладительными модулями ОКВШ 200, предназначенными для размещения в выработках с исходящей вентиляционной струей.

В связи с дефицитом шахтной холодильной техники на современном этапе угледобычи первостепенное значение в регулировании теплового режима шахт приобретают способы снижения температуры воздуха в горных выработках горнотехнической направленности. Наиболее эффективными из них являются:

совершенствование схем проветривания выемочных участков в целях сокращения пути движения свежей струи воздуха к рабочим забоям, увеличения расхода воздуха на выемочных участках, обеспечивающего поддержание максимально допустимой скорости вентиляционной струи в лавах (4 м/с), устранения последовательного проветривания подготовительных тупиковых и очистных выработок;

применение схем подготовки и систем разработки, обеспечивающих обособленное разбавление вредностей на выемочных участках;

использование рациональных по тепловому фактору пространственно-планировочных решений, способствующих уменьшению общей протяженности выработок, по которым свежая струя воздуха поступает в очистные и подготовительные забои глубоких горизонтов;

обособленное проветривание выемочных участков и подготовительных тупиковых выработок;

увеличение концентрации горных работ для уменьшения общей протяженности шахтной вентиляционной сети и увеличения расход воздуха, подаваемого на проветривание глубоких горизонтов;

обособленное проветривание горных выработок, оборудованных конвейерным транспортом;

применение оптимальной по тепловому фактору длины выемочного поля и лав, определяемой в конкретных условиях на основе технико-экономической оценки и вариантных тепловых расчетов;

осушение воздухоподающих выработок, особенно в пределах выемочных участков, где процессы теплообмена протекают наиболее интенсивно.

Вместе с тем тепловой фактор, как правило, не принимается во внимание шахтами при планировании отработки лав и горизонтов на больших глубинах. Не уделяется внимание выбору эффективных по тепловому фактору технологических схем и горнотехнологических параметров очистной выемки, улучшению проветривания горных выработок глубоких горизонтов.

В табл. 1 приведены данные о тепловом режиме лав, обрабатываемых на глубинах более 1200 м, при длине очистных забоев 280...350 м и принятом проектами расходе воздуха на их проветривание. В этой же таблице приведены расчетные значения температуры воздуха на входе лав, обеспечивающие возможность поддержания температуры воздуха на исходящей струе лав 26 °С.

Таблица 1. Данные о тепловом режиме лав, обрабатываемых на глубинах более 1200 м

Наименование шахты, лавы	Глубина очистной выемки, м	Длина очистного забоя, м	Нагрузка на очистной забой, т/сутки	Скорость воздуха в лаве, м/с	Температура воздуха в лаве, °С			
					без охлаждения		при искусственном охлаждении (расчетная)	
					на входе	на выходе	на входе	на выходе
Им. В. М. Бажанова 8-я восточная лава уклонного поля пл. m_3	1284/ 1249	300	1300	3,9	33,4	34,7	18,2	26,0
8-я восточная лава уклонного поля пл. m_3	1268/ 1219	350	1300	3,9	34,5	36,2	15,7	26,0
«Прогресс» 3-я лава ЮП № 3 пл. h_8	1220/ 1242	280	1500	3,08	27,8	31,4	15,2	26,0
«Красный партизан» лава № 73 пл. k_5'	1200/ 1220	300	1600	2,3	28,3	34,8	15,0	26,0
лава №78 пл. k_5'	1280/ 1310	300	1600	2,48	26,2	35,1	15,0	26,0

Как следует из данных табл. 1, температура воздуха в лавах длиной 280...350 м на глубинах более 1200 м составляет 31,4...36,2 °С. Снижение температуры воздуха на выходе его из лав до 26 °С возможно при понижении температуры на входе в лавы ниже значений, регламентируемых санитарными правилами [2].

В табл. 2 приведены прогнозные значения температуры воздуха в рассмотренных выше лавах при длине очистных забоев 200 м и предельных значениях скорости воздуха в лавах.

Таблица 2. Прогнозные значения температуры воздуха в лавах

Наименование шахты, лавы	Глубина очистной выемки, м	Длина очистного забоя, м	Нагрузка на очистной забой, т/сутки	Скорость воздуха в лаве, м/с	Температура воздуха в лаве, С°			
					без охлаждения		при искусственном охлаждении (расчетная)	
					на входе	на выходе	на входе	на выходе
Им. В. М. Бажанова 8-я восточная лава уклонного поля пл. m_3	1284/1249	200	1300	4,0	33,4	34,2	18,2	26,0
«Прогресс» 3-я лава ЮП №3 пл. h_8	1220/1236	200	1150	4,0	27,3	29,9	20,0	26,0
3-я лава ЮП №3 пл. h_8	1220/1236	200	1150	6,0	26,8	28,4	22,7	26,0
«Красный партизан» лава №73 пл. k_5'	1200/1213	200	1600	4,0	28,2	31,3	17,4	26,0
лава №73 пл. k_5'	1280/1310	200	1000	4,0	28,2	30,4	19,8	26,0
лава №78 пл. k_5'	1280/1310	200	1600	4,0	26,2	31,0	16,7	26,0
лава №78 пл. k_5'	1280/1310	200	1000	4,0	26,2	30,6	19,2	26,0

Данные табл. 2 свидетельствуют о возможности решения проблемы борьбы с высокими температурами воздуха в лавах на глубоких горизонтах путем комплексного подхода, заключающемся в реализации рациональных по тепловому фактору горнотехнологических параметров отработки выемочных полей с обеспечением интенсивного проветривания очистных забоев и применением эффективных технологических решений по искусственному охлаждению воздуха.

Высокая температура горного массива в сочетании с большими объемами добычи и применением энергоемкого выемочного и транспортного оборудования обуславливают высокую холодопотребность лав и выемочных участков. В связи с этим возникает необходимость использования эффективных средств и технологических решений по охлаждению воздуха. Необходимая

холодопотребность лав и выемочных участков может обеспечиваться, как правило, при использовании систем кондиционирования воздуха со стационарными водоохлаждающими машинами.

Параметры систем кондиционирования воздуха, технологические схемы и средства должны максимально удовлетворять реальным условиям высокотемпературных лав и выемочных участков в части локализации теплопритоков и иметь возможность достаточно экономично приспособиваться к меняющимся условиям эксплуатации. Холодильная мощность, удовлетворяющая холодопотребности лавы или выемочного участка, может быть реализована при подаче на выемочный участок хладоносителя с достаточно низкой температурой и использовании эффективных средств передачи теплоты от рудничного воздуха к хладоносителю.

Необходимым условием нормализации температурного режима в лавах на глубинах более 1000 м при традиционных схемах охлаждения с размещением воздухоохлаждающих аппаратов в участковых воздухоподающих выработках является наличие большого расхода воздуха в призабойном пространстве лавы, что возможно только при отработке пластов средней мощности и мощных.

На рис. 1 приведена технологическая схема охлаждения воздуха на выемочном участке с применением водоохлаждающей машины МХРВ-1 и штрековых воздухоохладителей для условий 8-й восточной лавы центрального уклона пласта шахты им. В. М. Бажанова.

Согласно принятой схеме охлаждение воздуха в конвейерном штреке 8-й восточной лавы обеспечивается пятью воздухоохладителями ОВ-190Ш, размещенными в двух пунктах участковой воздухоподающей выработки. При этом три воздухоохладителя ОВ-190Ш обеспечивают охлаждение воздуха на предельном удалении 100 м от окна лавы, а два – в начале конвейерного штрека. В каждом из пунктов охлаждения воздухоохладители подсоединяются параллельно к системе хладоносителя и в поток свежего воздуха, поступающего на проветривание. Необходимым условием реализации технологической схемы и поддержания в лаве установленных значений параметров микроклимата является поддержание в участковой воздухоподающей выработке расхода воздуха не менее 1400 м³/мин.

Нормализация температурного режима в высоконагруженных лавах на глубинах 1200 м и более возможна путем применения передвижной холодильной установки, оборудованной мощными кондиционерами типа КПШ 300. В условиях шахты «Прогресс» при подаче свежего воздуха на проветривание 3-й лавы ЮП № 3 пл. h_8 по выработке, свободной от конвейерного транспорта и мощных источников тепловыделения, нормализация температурных условий прогнозируется холодильной установкой, оборудованной кондиционерами КПШ 300 и КПШ 130-2-0 (рис. 2). Расход воздуха в этом случае должен составлять не менее 1000 м³/мин. Отвод тепла конденсации осуществляется оборотной водой в водоохлаждающих модулях, размещенных в выработке с исходящей вентиляционной струей.

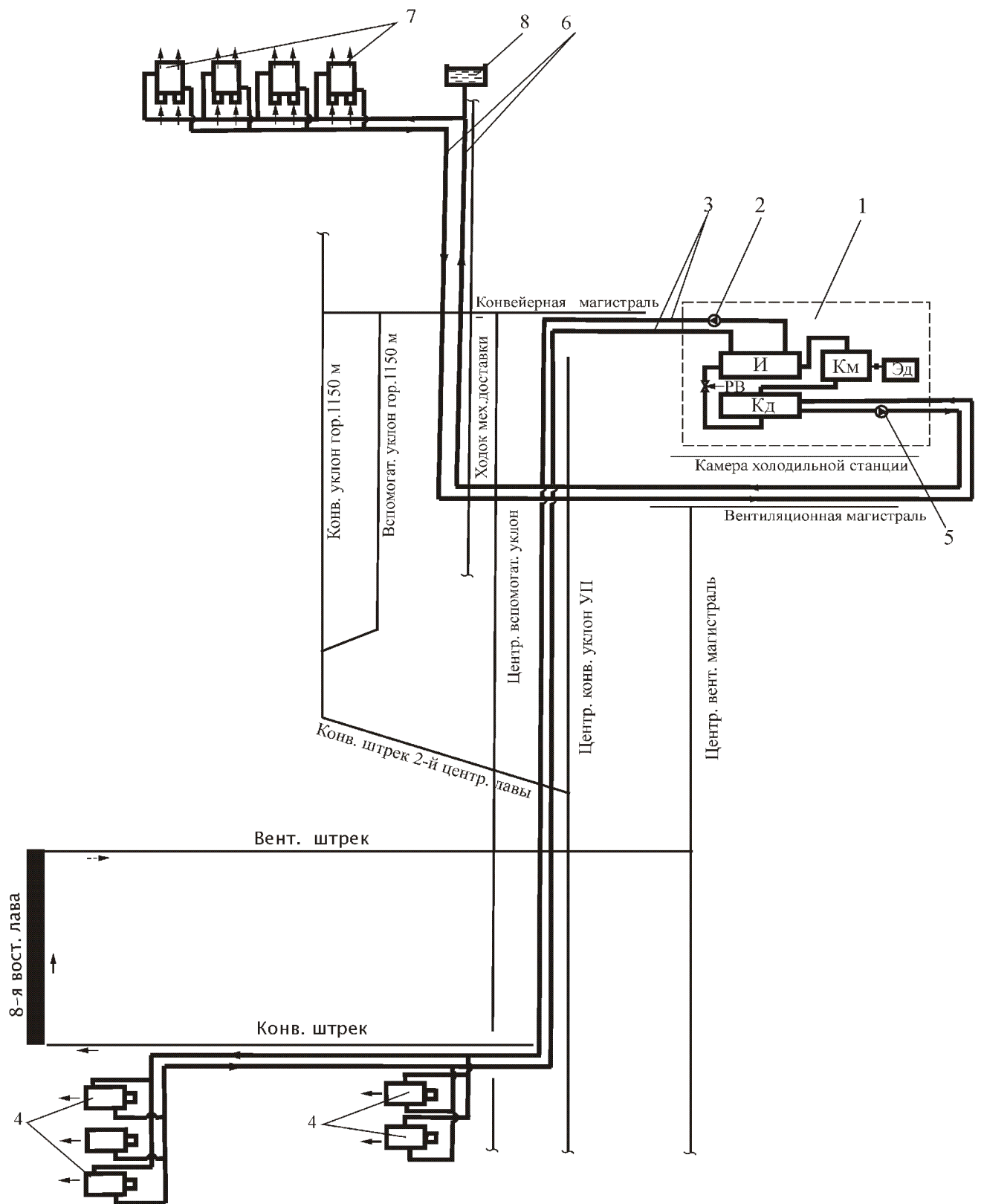


Рис. 1. Принципиальная схема холодильной установки для охлаждения воздуха в 8-й восточной лаве УП пл. m_3 шахты им. В. М. Бажанова: 1 – холодильная станция; 2 – насос хладоносителя; 3 – трубопроводы хладоносителя; 4 – воздухоохладители; 5 – насос конденсаторной воды; 6 – трубопроводы конденсаторной воды; 7 – водоохлаждающие модули; 8 – расширительная емкость; K_M – холодильный компрессор; И – испаритель; K_d – конденсатор; Э_д – электродвигатель; РВ – регулирующий вентиль

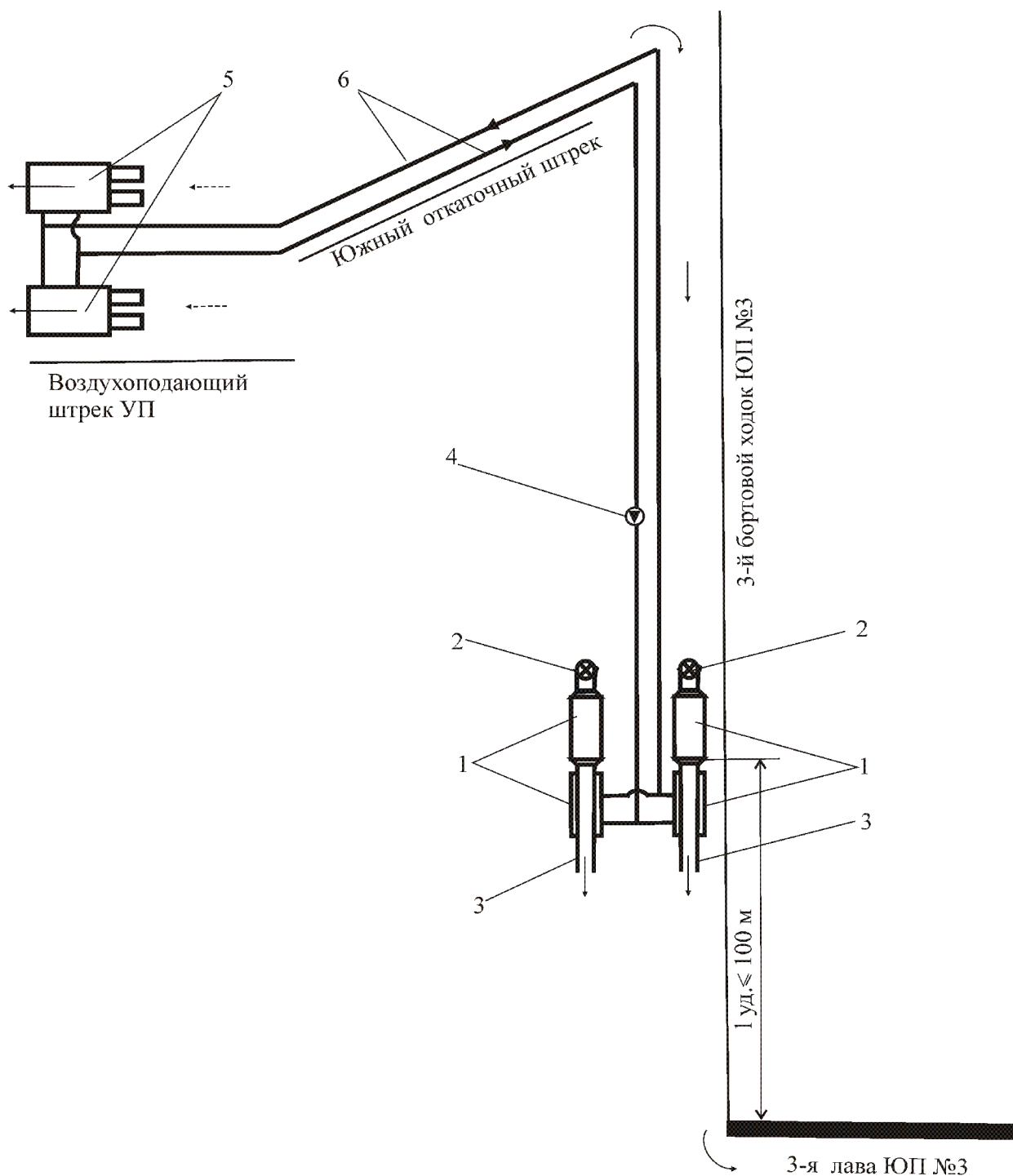


Рис. 2. Принципиальная схема холодильной установки с оборотной схемой водоснабжения конденсаторов для 3-й лавы ЮП № 3 шахты «Прогресс»: 1 – кондиционер типа КПШ; 2 – ВМП; 3 – воздухопровод для подачи охлажденного воздуха; 4 – циркуляционный насос теплоносителя; 5 – водоохладительные модули ОКВШ 325; 6 – прямой и обратный трубопроводы теплоносителя

Наиболее перспективным техническим решением, обеспечивающим возможность нормализации тепловых условий, является рассредоточенное охлаждение воздуха в рабочих забоях. Ряд технических решений в данном направлении исследовано и экспериментально апробировано на шахтах Донбасса, результаты которых сводятся к следующему.

Применение малогабаритных воздухоохладителей, размещаемых в призабойных зонах лав, расширяет область нормализации тепловых условий по глубине очистных работ, обеспечиваемую штрековыми воздухоохладителями. Однако лавные воздухоохладители не решают проблему нормализации тепловых условий в комплексно-механизированных лавах на пластах мощностью до 1,5 м в связи с невозможностью их размещения в призабойных зонах.

Не позволяют решить проблему нормализации тепловых условий в лавах изгибающиеся металлические трубопроводы с циркулирующим в них хладоносителем, прокладываемые вдоль очистных забоев, а также средства распределенной подачи в призабойное пространство лавы охлажденного воздуха, подаваемого от воздухоохлаждающего устройства, с раздачей его с помощью гибкого перфорированного трубопровода, проложенного вдоль очистного забоя. Холодильная мощность, передаваемая такими средствами, недостаточна для локализации теплопритоков в современных лавах на больших глубинах.

Перспективным способом холодоснабжения лав является способ, основанный на подаче в лаву охлажденного воздуха с низким влагосодержанием. Охлажденный воздух с низкой температурой, осушенный предварительно до влагосодержания 2...3 г/кг, дискретно подается в рабочее пространство по длине лавы. Воздух с такими параметрами обладает высокой теплоаккумулирующей способностью. Подача и распределение охлажденного воздуха по длине лавы осуществляется по трубопроводу или специальным каналам в угольном массиве. Однако технология и средства охлаждения воздуха для реализации способа не разработаны. Недостаточная производительность и сложность эксплуатации средств рассредоточенного охлаждения воздуха ограничивает область их применения в лавах с высокопроизводительной очистной выемкой.

Технически целесообразным способом нормализации тепловых условий в комплексно-механизированных лавах глубоких шахт является использование в качестве воздухоохлаждающих устройств элементов забойного оборудования [3]. Реализация указанного технического решения позволяет обеспечить развитую поверхность теплообмена, минимальное загромождение призабойного рабочего пространства лавы, простоту эксплуатации воздухоохлаждающих устройств.

Экспериментально подтверждена целесообразность использования теплообменных устройств на перекрытиях механизированной крепи для локализации тепловыделений горного массива в призабойных зонах лав. Локализация тепловыделений от работы выемочного комбайна обеспечивается хладоносителем, циркулирующим между водоохлаждающей машиной и теплообменными устройствами на выемочном комбайне, а вода, подаваемая на пылеподавление, охлаждается в теплообменнике, подсоединенном к системе хладоносителя. На основе реализации комплексного способа, обеспечивающего охлаждение воздуха на входе в лаву в штрековых воздухоохладителях, рассредоточенное охлаждение воздуха с помощью теплообменных устройств на перекрытиях механизированной крепи вдоль очистного забоя, отвод тепла от

работы электродвигателей выемочного комбайна хладоносителем и локализацию тепловыделений разрушаемого угольного массива охлажденной водой, подаваемой на пылеподавление, тепловые условия в лаве могут быть нормализованы в шахтах глубиной до 1500 м.

В решении сложнейшей проблемы нормализации тепловых условий в лавах глубоких шахт заслуживает внимания вопрос совершенствования известных и разработки новых локальных и индивидуальных систем защиты горнорабочих от перегрева как дополнительной составляющей при наличии кондиционирования шахтного воздуха.

Одним из направлений при разработке систем защиты от перегрева является создание локальных зон кондиционирования воздуха на рабочих местах, в местах отдыха, в пунктах оказания медицинской помощи в горных выработках с помощью средств, работающих на пневмоэнергии. Такие средства просты в эксплуатации, имеют малые габаритные размеры и малый вес, высокую надежность и безопасность в работе, взрывобезопасное исполнение. Основными элементами таких устройств являются неадиабатная вихревая труба и пневматический эжектор.

Создание локальных зон с заданными параметрами микроклимата на рабочих местах в ряде случаев может быть более экономичным за счет использования вихревого эффекта для получения холода и энергии скоростного напора, создаваемого сжатым воздухом, для эжектирования воздуха, поступающего по лаве. В результате реализации такого технического решения обеспечивается повышение надежности нормализации микроклимата в призабойных зонах лав, обрабатывающих пласты на больших глубинах.

Локальное регулирование микроклимата в лаве может быть достигнуто на основе использования системы охлаждения воздуха, содержащей размещенные вдоль очистного забоя охладители воздуха и гибкий рукав для подачи сжатого воздуха от шахтной пневмосети [4, 5]. При этом охладители воздуха, подсоединенные параллельно к гибкому рукаву для подвода сжатого воздуха, выполняются в виде воздушных эжекторов, каждый из которых оборудован вихревой трубой. Охлаждение воздуха осуществляется локально в зонах, где работают люди.

Для профилактики тепловых поражений горнорабочих, работающих в выработках с повышенными температурами воздуха, предложено устройство [6], обеспечивающее возможность надежного регулирования параметров микроклимата в специальной климатической камере (рис. 3).

Климатическая камера образована каркасом, выполненным из прокатной стали, и ограждающими поверхностями из металлических теплоизолированных щитов. Днище камеры размещено на салазках, обеспечивающих возможность передвижения ее по почве выработки или размещения на платформе шахтной вагонетки. Одна из торцевых сторон камеры оснащена раструбом с размещенным в нем эжектором. Эжектор соединен с вихревой трубой посредством патрубка для выпуска холодного воздуха. Вихревая труба сообщена с трубопроводом шахтной пневмосети.

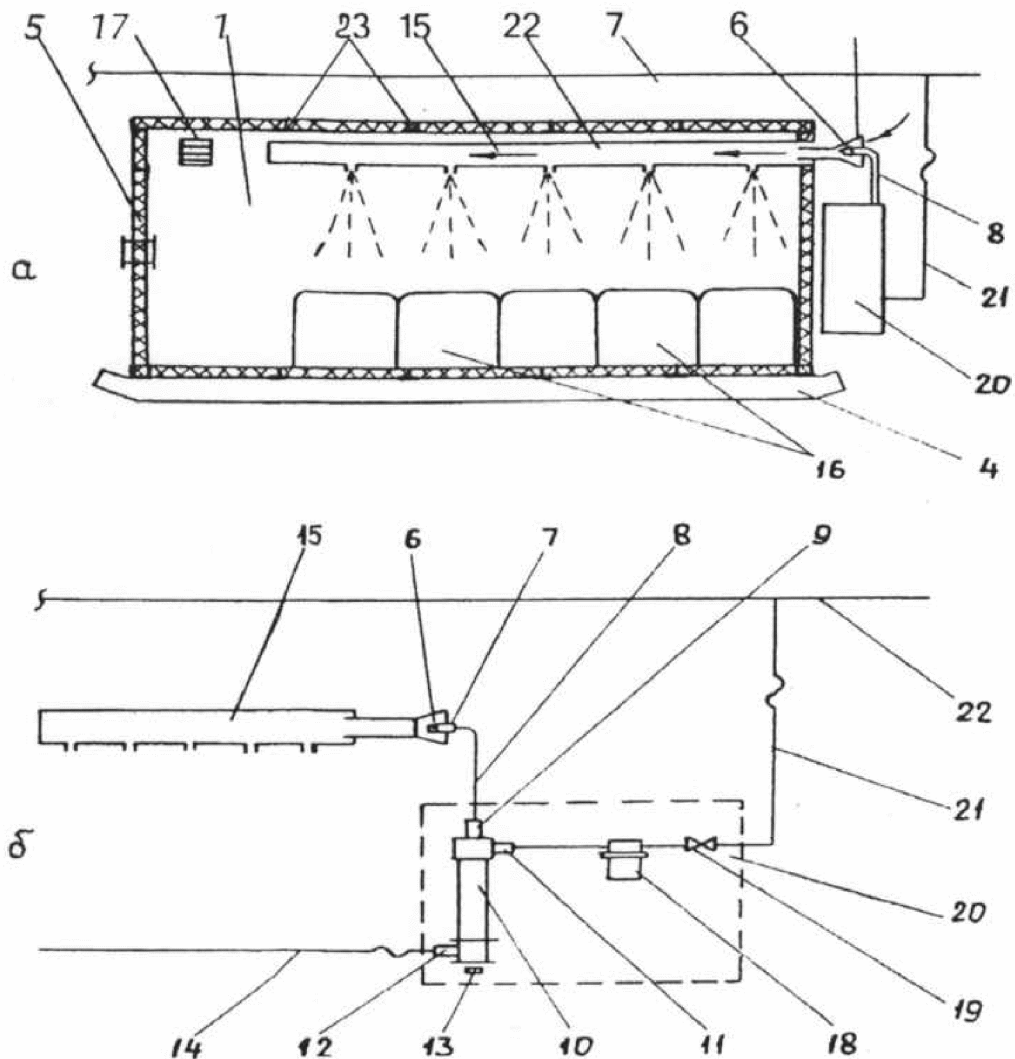


Рис. 3. Устройство для профилактики тепловых поражений горнорабочих: *а* – общий вид; *б* – принципиальная схема системы кондиционирования: 1 – климатическая камера; 2 – каркас; 3 – металлические теплоизолированные щиты; 4 – салазки; 5 – дверь; 6 – раструб; 7 – эжектор; 8 – труба соединительная; 9 – насадок вихревой для выпуска холодного воздуха; 10 – вихревая труба; 11 – патрубок для подвода сжатого воздуха; 12 – патрубок для сброса горячего воздуха; 13 – регулирующий клапан; 14 – гибкий рукав для отвода горячего воздуха; 15 – воздухораспределитель; 16 – сиденья; 17 – вентиляционная решетка; 18 – фильтр-маслоотделитель; 19 – вентиль; 20 – контейнер с шумопоглощающими ограждениями; 21 – гибкий рукав для подвода сжатого воздуха; 22 – трубопровод сжатого воздуха

Климатическая камера оснащена воздухораспределителем в потолочной части камеры, сиденьями для горнорабочих, вентиляционной решеткой и дверью для входа и выхода горнорабочих. Создание комфортного микроклимата в климатической камере обеспечивается подачей потока холодного воздуха из вихревой трубы через сопло эжектора под давлением через раструб. В результате разрежения, создаваемого в раструбе при выходе холодного воздуха через сопло эжектора, происходит подсос воздуха из выработки, в которой

размещено устройство. Смешиваемые потоки холодного воздуха, выходящие из сопла эжектора, и теплого воздуха, подсасываемого через раструб, поступают через воздухораспределитель в климатическую камеру. Комфортная температура воздуха на выходе из воздухораспределителя в камеру устанавливается с помощью регулирующего вентиля на вихревой трубе. Горячий поток воздуха из вихревой трубы сбрасывается за пределы камеры. С помощью совмещенного блока охлаждения и проветривания в климатической камере создается избыточное давление. Избыток подогретого воздуха, образовавшийся в результате тепловыделений находящихся в камере горнорабочих, выпускается через вентиляционную решетку на боковой стенке камеры.

В результате пребывания горнорабочих в камере с комфортным микроклиматом происходит отбор тепловой энергии от организма, восстановление его нормального состояния. Последнее служит профилактическим средством предупреждения тепловых поражений горнорабочих, работающих в выработках с нагревающим микроклиматом.

Выводы

Температура воздуха в комплексно-механизированных лавах на глубинах более 1000 м без применения мер по снижению тепловыделений превышает допустимую Правилами безопасности на 8...12 °С.

Возможности нормализации температурных условий в механизированных лавах, обрабатываемых на глубинах более 1000 м, с использованием традиционных средств и технологических схем охлаждения ограничены нормируемыми верхними и нижними значениями температуры воздуха на рабочих местах.

Нормализации температурных условий в комплексно-механизированных лавах может быть обеспечена на основе комплексного использования традиционных средств охлаждения и локализации тепловыделений в призабойных зонах лав в зонах их поступления в вентиляционную струю лавы.

Использование систем локального охлаждения воздуха в лавах, а также устройств для профилактики тепловых поражений горнорабочих в горных выработках выемочных участков при сложных геотермических условиях позволит снизить вредное влияние нагревающего микроклимата на организм горнорабочих при дефиците средств охлаждения воздуха.

1. *НАОП 1.1.30-1.01-05*. Правила безопасности в угольных шахтах.
2. *ДСП 3.3.1.095-02*. Державні санітарні правила і норми (підприємства вугільної промисловості).
3. *Пат. України* на корисну модель № 27797. Підземна установка для кондиціонування рудникового повітря в лавах. – Бюл. № 11, 2007.
4. Деклараційний патент України № 7451. Система для локального охолодження повітря в лаві. – Бюл. № 6. – 2005.
5. Пат. України на корисну модель № 24662. Система для локального охолодження повітря в лаві. – Бюл. № 10. – 2007.
6. Пат. України на корисну модель № 27730. Пристрій для профілактики теплових уражень гірників. – Бюл. № 12. – 2007.