




УДК 622.413.4

Нормализация теплового режима протяженных тупиковых выработок при высоких температурах пород на основе шахтных передвижных кондиционеров

В.Р.АЛАБЬЕВ , В.В.НОВИКОВ, Л.А.ПАШИНЯН, Т.П.БАЖИНА

Кубанский государственный технологический университет; Краснодар, Россия

Тепловые условия труда на глубоких шахтах Донбасса являются основным сдерживающим фактором развития угледобычи в регионе. Горные работы на многих шахтах осуществляются у нижних технических границ на глубине почти 1400 м с температурой пород 47,5-50,0 °С. Температура воздуха в рабочих забоях значительно превышает допустимые правилами безопасности нормы. Наиболее тяжелые климатические условия складываются в забоях тупиковых подготовительных выработок, где температура воздуха составляет 38-42 °С. Это обусловлено принятыми системами отработки угольных пластов, значительной удаленностью рабочих забоев от основных вскрывающих воздухоподающих выработок, сложностью в обеспечении тупиковых выработок расчетным количеством воздуха в связи с отсутствием вентиляторов местного проветривания нужной номенклатуры.

Для обеспечения термодинамической безопасности шахтой им. А.Ф.Засядько принят к разработке проект центральной системы охлаждения с наземным расположением холодильных машин абсорбционного типа суммарной мощностью 9 МВт с реализацией принципа три генерации (выработка холодильной, электрической и тепловой энергии). Однако длительные сроки проектных и строительно-монтажных работ обусловили необходимость применения в тупиковых подготовительных забоях передвижных кондиционеров. Использование таких кондиционеров не требует значительных капитальных затрат, а сроки ввода их в эксплуатацию не превышают нескольких недель.

Применение передвижного кондиционера типа КППШ холодильной мощностью 130 кВт позволило полностью нормализовать тепловые условия труда в забое тупиковой выработки длиной 2200 м, проводимой на глубине 1220-1377 м при температуре вмещающих пород 43,4-47,5 °С. Это стало возможным благодаря максимальному приближению кондиционера к забою выработки в комбинации с использованием высоконапорного вентилятора местного проветривания и вентиляционных труб, обеспечивающих проводимую выработку расчетным количеством воздуха. Использование кондиционера не позволило в полной мере нормализовать тепловые условия по всей длине тупиковой выработки, но снизило остроту проблемы нормализации теплового режима и обеспечило ввод в эксплуатацию очистного забоя.

Ключевые слова: шахта; тепловой режим; искусственное охлаждение; температура воздуха; температура пород; шахтный передвижной кондиционер; тупиковая подготовительная выработка; вентилятор местного проветривания; вентиляционный трубопровод

Как цитировать эту статью: Нормализация теплового режима протяженных тупиковых выработок при высоких температурах пород на основе шахтных передвижных кондиционеров / В.Р.Алабьев, В.В.Новиков, Л.А.Пашинян, Т.П.Бажина // Записки Горного института. 2019. Т. 237. С. 251-258 DOI: 10.31897/PMI.2019.3.251

Введение. Развитие подземной добычи угля в Донбассе связано с необходимостью освоения глубины разработки 1400-1500 м, использования высокопроизводительной горной техники и в значительной мере зависит от решения вопросов комплексной безопасности при освоении минерально-сырьевых и пространственных ресурсов недр [2]. Увеличение глубины разработки неизбежно сопровождается увеличением температуры вмещающих пород, что порождает проблему нормализации микроклиматических условий труда на рабочих местах. Так, например, на шахте им. А.Ф.Засядько (одна из наиболее крупных шахт региона) при отработке центральной части пласта т₃ на глубине свыше 1200 м при естественных условиях формирования микроклимата температура воздуха в очистных забоях составляла 32-34 °С, а в подготовительных – 40-44 °С, что значительно превышает допустимые Правилами безопасности нормы [6]. Дальнейшее успешное освоение угольных ресурсов на больших глубинах будет зависеть от решения вопросов аэрологической безопасности (составная часть комплексной безопасности), а точнее, термодинамической безопасности, определяющей санитарно-гигиенические нормы на рабочих местах [2].

Высокая температура воздуха в горных выработках шахт Донбасса обусловлена следующим: температура горного массива на достигнутых глубинах составляет 43,4-47,5 °С; высокая энерговооруженность добычных и проходческих участков; значительная удаленность рабочих забоев от основных вскрывающих воздухоподающих выработок (до 4,5 км); сложность в обеспе-



чении тупиковых подготовительных забоев расчетным количеством воздуха при подготовке к выемке длинных столбов по простиранию (2000 м и больше) в связи с отсутствием вентиляторов местного проветривания (ВМП) нужной номенклатуры и средств доставки воздуха в забои (вентиляционных труб) отечественного производства; применение подземных передвижных компрессорных установок для обеспечения сжатым воздухом основных и вспомогательных технологических процессов.

Ведение очистных и проходческих работ в недопустимых климатических условиях приводит к тепловым ударам и росту сердечно-сосудистых заболеваний среди шахтеров [4]. За работу в условиях высоких температур горнорабочие обеспечиваются дополнительными оплачиваемыми отпусками; доплатами к заработной плате; компенсационными выплатами по причине временной и частичной потери трудоспособности вследствие тепловых ударов.

Для улучшения и нормализации тепловых условий в горных выработках шахт регулярно осуществляются горнотехнические мероприятия: оптимизация вентиляционной сети выработок с целью сокращения путей движения свежего воздуха к рабочим забоям; увеличение расхода воздуха, подаваемого на проветривание очистных и подготовительных выработок, до значений, соответствующих максимально допустимой скорости воздуха; перенос подземных передвижных компрессорных и энергетических установок из выработок со свежей струей во вспомогательные выработки с подсвежающей струей; увеличение подвижности воздуха на рабочих местах с помощью пневмоэжекторов, например HD150 (Германия) [14]; осушение основных воздухоподающих выработок и др. Выполнение указанных мероприятий на шахтах позволяет снизить температуру в отдельных рабочих забоях на 2-3 °С, однако полная нормализация тепловых условий труда на достигнутой глубине мерами только горнотехнического характера невозможна.

Опыт угледобывающих стран Европы (Германия, Польша, Чехия) показывает, что основным способом нормализации климатических условий в рабочих забоях угольных шахт является искусственное охлаждение воздуха [1]. В этих странах широко применяют как подземные стационарные и передвижные системы охлаждения [8, 12], так и системы охлаждения с поверхностным расположением холодильных станций с использованием технологии P.E.S. (pressure exchange system), обеспечивающей снижение (повышение) гидростатического давления воды в трубопроводной системе без разрыва сети и потери холодопроизводительности [11]. При этом в составе поверхностных холодильных станций помимо обычных фреоновых парокомпрессионных холодильных машин применяют и абсорбционные холодильные машины. В этом случае на угледобывающих предприятиях реализуется принцип тригенерации: выработка электроэнергии, тепловой энергии и холода из сопутствующего углю газа метана, что приводит к существенной экономии топливно-энергетических ресурсов.

При изучении возможности применения искусственного охлаждения воздуха на большой глубине, например по пласту m_3 шахты им. А.Ф.Засядько, установлено, что холодопотребность одного очистного и подготовительного забоя в неблагоприятный период отработки (летний период у границ шахтного поля) составит 2000 и 500 кВт соответственно при условии обеспечения температуры воздуха в забое не выше 26,0 °С [6]. Расчет температуры воздуха и холодопотребности рабочих забоев осуществлялся по методике [5]. Принимая, что в одновременной работе по пласту m_3 будут находиться две лавы и до шести подготовительных выработок, получим суммарную холодопотребность всех рабочих забоев на достигнутой глубине порядка 7,0 МВт.

При рассмотрении вариантов выработки и доставки искусственного холода к местам потребления принято во внимание, что на шахте им. А.Ф.Засядько уже функционировала когенерационная станция для выработки электроэнергии при утилизации шахтного дегазационного метана и имелась избыточная горячая вода с температурой 96 °С и расходом 100-150 м³/ч. В связи с этим было принято решение о строительстве центральной системы охлаждения мощностью 9,0 МВт с наземными холодильными машинами абсорбционного типа и использованием технологии P.E.S для подачи хладоносителя (вода с температурой +2,0 °С) к участковым воздухоохладителям [11]. Отвод теплоты конденсации холодильного агента также планировалось осуществлять на поверхности: в летний период в градирнях, в зимний – с использованием технологии «free cooling».

С учетом масштаба и сложности поставленной задачи сроки ввода в эксплуатацию центральной системы охлаждения составят 4-5 лет с объемом финансирования до 20 млн евро.

Это обусловлено необходимостью: разработки проекта кондиционирования воздуха; сертификации зарубежного холодильного оборудования; строительства поверхностного комплекса для размещения абсорбционных холодильных машин; выполнения значительного объема горно-капитальных работ по подготовке к размещению холодильного и вспомогательного оборудования; монтажа основного и вспомогательного оборудования как на поверхности, так и под землей; прокладки сети трубопроводов на поверхности, в воздухоподающем стволе, в горных выработках (до 5 км). Для снятия остроты проблемы нормализацию климатических условий в наиболее «температурном» забое шахты им. А.Ф.Засядько – конвейерном ходке восточной уклонной лавы № 3 пласта m_3 (далее конвейерный ходок), температура воздуха в котором уже достигала 36,0-38,0 °С, было решено осуществить с помощью локальных средств охлаждения – шахтного передвижного кондиционера КПШ130 с мощностью охлаждения 130 кВт производства ОПО «Холодмаш» (г. Одесса, Украина) [3].

Постановка проблемы. Целью данной работы является обобщение опыта применения передвижного кондиционера для нормализации температурных условий труда в забое тупиковой подготовительной выработки большой протяженности, проводимой на глубине при температуре вмещающих пород до 50,0 °С.

Методология. Анализ фактического состояния теплового режима по действующему пласту m_3 шахты им. А.Ф.Засядько и определение перспектив его нормализации на основе передового мирового опыта. Экспериментальное исследование теплового режима тупиковой выработки протяженностью свыше 2000 м, проводимой на глубине при температуре пород до 50,0 °С, и его оптимизация с применением шахтного передвижного кондиционера.

Обсуждение. Конвейерный ходок сечением 22,0 м² проходил комбайновым способом на глубине 1220-1377 м при температуре вмещающих пород 43,4-47,5 °С по пласту m_3 . Пласт опасен по пыли, внезапным выбросам угля и газа, склонен к самовозгоранию. Проектная длина выработки составляла 2200 м (1900 м уклонная часть и 300 м монтажный ходок восточной уклонной лавы № 3). На момент внедрения кондиционера КПШ130 длина выработки составляла 1600 м. При максимальной длине выработки ожидаемая температура воздуха в летний период года при естественном режиме ожидалась свыше 40,0 °С.

До внедрения кондиционера КПШ130 выработка проветривалась вентилятором местного проветривания (далее – ВМП) ES9-500 производства компании Corfmann [10]. Фактический расход воздуха на проветривание забоя составлял 400 м³/мин (при расчетном значении 330 м³/мин). Диаметр вентиляционного трубопровода составлял 1200 мм на первых 300 м выработки, далее к забою был протянут вентиляционный трубопровод диаметром 1000 мм. В выработке были проложены противопожарный трубопровод и трубопровод водоотлива диаметром 150 мм каждый.

Подземный передвижной кондиционер КПШ130 с взрывобезопасным электрооборудованием предназначен для охлаждения и осушения воздуха, подаваемого преимущественно в тупиковые подготовительные выработки глубоких шахт и рудников. Кондиционер состоит из двух блоков: компрессорно-конденсаторного и воздухообрабатывающего. Оба блока имеют устройства для установки на унифицированные колесные пары для колеи 900 мм, что позволяет транспортировать кондиционер по рельсовым путям в горизонтальных и наклонных выработках к месту эксплуатации (рис.1).

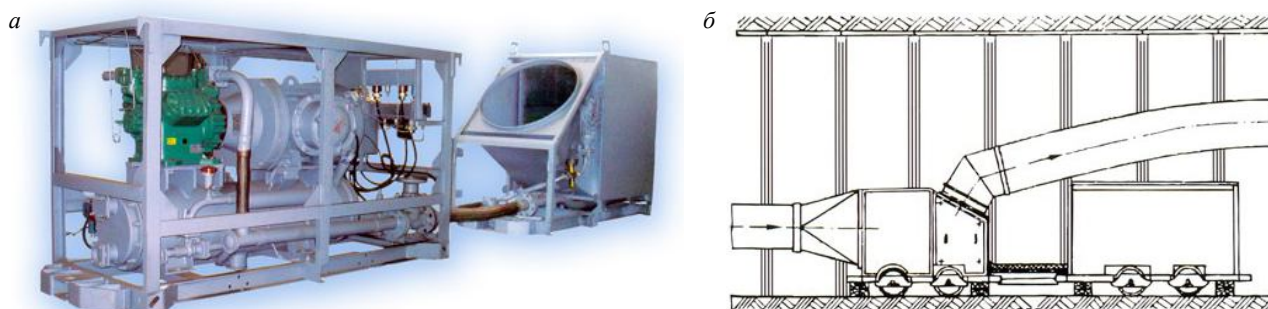


Рис. 1. Шахтный передвижной кондиционер КПШ130: а – компрессорно-конденсаторный и воздухоохлаждающий блоки; б – рабочее положение кондиционера в выработке



Кондиционер КППШ130 автоматизирован и имеет все виды необходимых защит. Высокая степень заводской готовности позволяет монтировать и вводить кондиционер в эксплуатацию специалистами шахтных служб кондиционирования воздуха. Учитывая, что вентиляционная струя в трубопроводе характеризуется низкими абсолютными и относительными показателями влажности воздуха, ожидаемое снижение температуры воздуха в забое при работе кондиционера КППШ130 составит 8-10 °С. Основные технические характеристики кондиционера следующие:

1. Тип машины.....	Компрессионная, одноступенчатая, непосредственного испарения, с водяным охлаждением конденсатора, автоматизированная
2. Холодильный агент (масса заправки, кг).....	R22 (60±2)
3. Масло смазочное.....	Bitzer B5.2
Масса заправки, кг (в том числе компрессор, кг).....	9,0±0,5 (5,0±0,5)
4. Холодопроизводительность, кВт.....	130
Параметры воздуха, поступающего на воздухоохладитель:	
Температура, °С.....	32±1
Относительная влажность, %.....	70±5
Расход, м ³ /с.....	3,89±0,14
Параметры воды, поступающей на конденсатор:	
Температура, °С.....	35±1
Расход, м ³ /ч.....	20±0,5
5. Отклонение холодопроизводительности, %:	
в сторону уменьшения.....	7
в сторону увеличения.....	Не нормируется
6. Потребляемая мощность при параметрах по п.4, кВт.....	36,5±2,55
Максимальная потребляемая мощность, кВт.....	40,5
7. Потеря напора воздуха в воздухоохладителе при расходе 3,88 м ³ /с, Па, не более.....	980
8. Гидравлическое сопротивление конденсатора при расходе 20 м ³ /ч, Па, не более.....	14000
9. Масса сухая, кг, не более:	
блока воздухообрабатывающего.....	1000
блока компрессорно-конденсаторного.....	1650
комплекта монтажных частей.....	225
10. Габаритные размеры блока, мм:	
воздухообрабатывающего.....	2255×900×1400
компрессорно-конденсаторного.....	2435×900×1250

Для охлаждения воздуха кондиционер КППШ130 был установлен в забое конвейерного хода в конечной точке рельсового пути. Учитывая незначительную холодильную мощность кондиционера, для достижения наибольшего охлаждающего эффекта в забое и снижения общего аэродинамического сопротивления вентиляционного трубопровода воздухоохлаждающий блок кондиционера встраивался в трубопровод на минимально возможном расстоянии от его конца. Согласно принятой на шахте технологии проходки горных выработок такое расстояние составило 50 м. По мере продвижения забоя кондиционер перемещался на новое место, а вентиляционный трубопровод наращивался на длину звена трубопровода – 40 м (или два звена по 20 м). Таким образом, максимальное удаление кондиционера от забоя выработки составляло не более 90 м, а шаг передвижки – 40 м. Использование кондиционера в выработке при оконтуривании восточной уклонной лавы № 3 двумя параллельными тупиковыми выработками представлено на рис.2.

Согласно технической характеристике кондиционера КППШ130 потеря напора в воздухообрабатывающем блоке при номинальном расходе составляет 980 Па. В этом случае требуемый расход воздуха в забое действующим вентилятором ES9-500 на проектной длине обеспечен не будет. Для решения этой проблемы вентилятор ES9-500 был заменен на высоконапорный вентилятор dGAL9-500/500 производства компании Corfmann с аппаратурой плавного пуска, предотвращающей разрыв вентиляционного става при пуске вентилятора [10]. Для улучшения качества вентиляционного трубопровода и снижения утечек воздуха по его длине часть вентиляционных трубопроводов в выработке, начиная от ВМП, была заменена на трубопроводы компании Schauenburg (Германия) [13], отличающиеся более плотным материалом, что уменьшает коэффициент утечек: спиральный трубопровод с шагом 75 мм диаметром 1200 мм – 100 м; гибкий трубопровод диаметром 1200 мм – 300 м; гибкий трубопровод диаметром 1000 мм – 700 м.

В табл.1 приведены параметры работы ВМП dGAL9-500/500 на вентиляционную сеть, рассчитанную для труб компании Schauenburg диаметром 1000 мм с кондиционером КПШ130, расположенным в 100 м от конца вентиляционного трубопровода.

Для сокращения сроков ввода кондиционера КПШ130 в эксплуатацию отвод теплоты конденсации холодильного агента было решено осуществлять по прямоточной схеме. Для этого забор воды из существующего противопожарного трубопровода с расходом 15-20 м³/ч на конденсатор кондиционера осуществлялся непосредственно в месте установки кондиционера. Очистка воды от механических примесей для предотвращения засорения гидравлической полости конденсатора осуществлялась с помощью фильтра W2788 с ручной обратной промывкой производительностью 800 л/мин производства компании Seetech (Германия) [15]. Тонкость фильтрации при этом составляла 100 мкм. Отопленная вода после кондиционера сливалась в водосборник, где смешивалась с водой, откачиваемой из забоя выработки. В качестве водосборника служила закрытая вагонетка емкостью 4,5 м³. Далее из вагонетки насосом ЦНС 60×150 вода откачивалась по существующему трубопроводу диаметром 150 мм в систему шахтного водоотлива (рис.3).

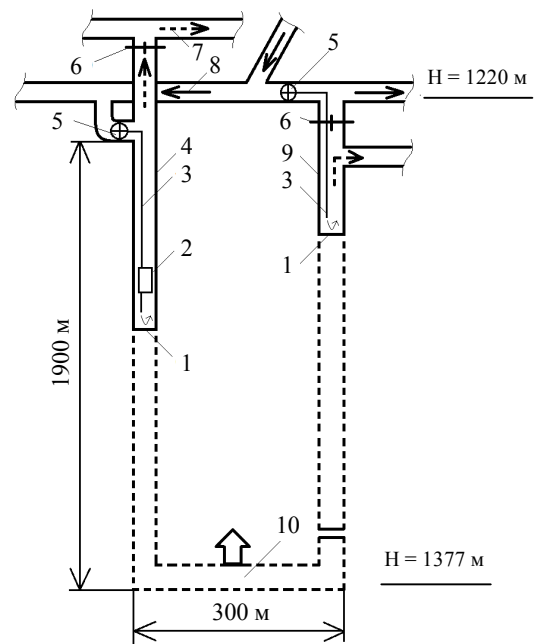


Рис.2. Схема размещения кондиционера КПШ130 в выработке

- 1 – забой выработки; 2 – кондиционер КПШ130; 3 – вентиляционный трубопровод; 4 – конвейерный ходок; 5 – ВМП; 6 – вентиляционная дверь; 7 – исходящая струя воздуха; 8 – струя свежего воздуха; 9 – вентиляционный ходок восточной уклонной лавы № 3; 10 – монтажный ходок восточной уклонной лавы № 3

Таблица 1

Характеристика вентиляционной сети конвейерного ходка

Длина трубопровода, м	Расход воздуха в забое, м ³ /с	Подача вентилятора, м ³ /с	Коэффициент утечек воздуха	Депрессия вентилятора, Па	Мощность на валу, кВт
2000	5,5	9,0	1,64	3100	35
2500	5,5	10,25	1,86	3950	50
2800	5,5	11	2.0	4550	62

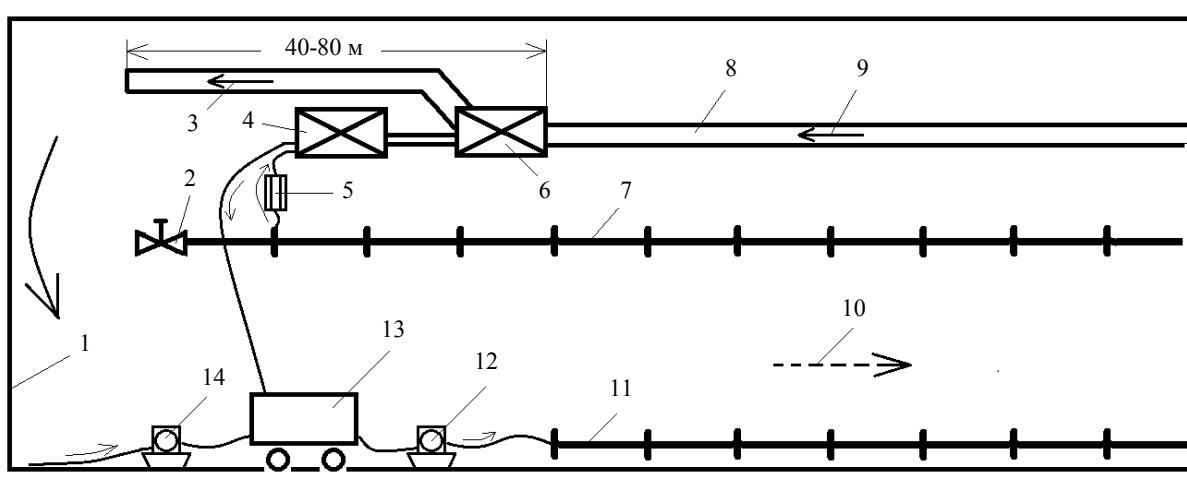


Рис.3. Схема подключения кондиционера КПШ130 в забое конвейерного ходка

- 1 – забой; 2 – запорный вентиль; 3 – струя свежего охлажденного воздуха; 4 – компрессорно-конденсаторный блок кондиционера; 5 – водяной фильтр с ручной обратной промывкой; 6 – воздухоохлаждающий блок кондиционера; 7 – противопожарный трубопровод; 8 – вентиляционный трубопровод; 9 – струя свежего неохлажденного воздуха; 10 – исходящая струя воздуха; 11 – трубопровод водоотлива; 12 – насос ЦНС 60×150 для откачки воды из водосборника; 13 – водосборник; 14 – насос для откачки воды из забоя

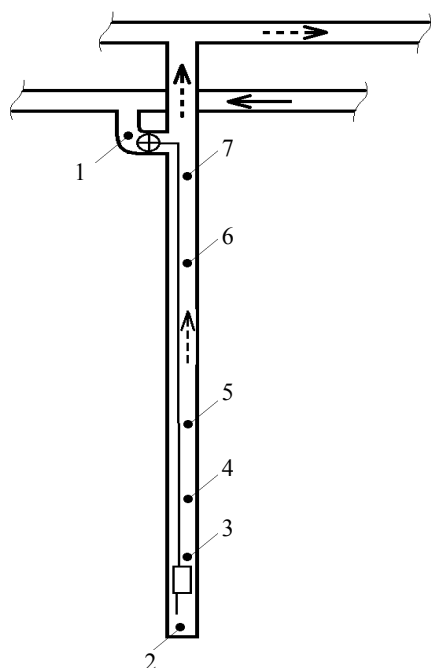


Рис.4. Расположение пунктов замеров тепловлажностных параметров воздуха в конвейерном ходке

1 – перед ВМП; 2 – забой конвейерного ходка;
 3 – в пункте размещения КПШ130; 4-7 – пикеты 163, 120, 60 и 21 соответственно (расстояние между пикетами 10 м)

Все работы по монтажу кондиционера КПШ130 и вентиляторной установки dGAL9-500/500 осуществлялись силами шахты и заняли не более 10 дней, включая пробные включения оборудования на площадке шахты. Пусконаладочные работы осуществлялись производителями оборудования – представителями от ОПО «Холодмаш» и компании CFT (Германия) [7], представляющей компанию Corfmann в странах СНГ. Техническое обслуживание и эксплуатация указанного оборудования осуществлялись силами шахты.

Результаты экспериментальных исследований. Внедрение в работу передвижного кондиционера КПШ130 позволило осуществить наблюдения за изменением тепловлажностных параметров воздуха как в забое и призабойной зоне конвейерного ходка, так и по всей длине выработки по ходу движения воздушной струи (рис.4).

В ходе экспериментальных исследований во всех пунктах измерялись температура и относительная влажность воздуха. Расход воздуха контролировался только в забое выработки. По результатам замеров вычислялись влагосодержание и энтальпия воздуха (табл.2).

Таблица 2

Тепловлажностные параметры воздуха в конвейерном ходке

Номер пункта замера на рис.4	Температура, °С	Относительная влажность, %	Влагосодержание, г/кг	Энтальпия, кДж/кг
До начала работы КПШ130				
1	30,0	64	15,3	69,2
2 (ПК186)	40,5	39	16,6	83,4
4	38,4	48	18,3	85,8
5	40,8	45	19,5	91,2
6	38,9	52	20,5	91,9
7	37,5	55	20,2	89,6
Через 2 дня после начала работы КПШ130				
1	30,2	65	15,7	70,4
2 (ПК188)	26,4	80	15,2	65,2
3 (ПК 183)	31,4	65	16,6	74,1
4	36,6	52	17,6	82,1
5	39,8	46	18,8	88,4
6	38,5	50	19,3	88,3
7	37,2	54	19,4	87,3
Через 18 дней после начала работы КПШ130				
1	30,4	52	12,5	62,6
2 (ПК193)	25,2	72	12,7	57,6
3 (ПК 188)	28,0	65	13,6	62,9
4	36,2	42	14,1	72,6
5	39,4	41	16,2	81,2
6	38,0	44	16,4	80,4
7	36,7	49	16,9	80,2

Применение кондиционера КПШ130 дало следующий результат. Тепловые условия в забое выработки были полностью нормализованы. Температура воздуха здесь снизилась с 40,5 до 25,2 °С. В отдельные ремонтные смены температура воздуха понижалась до 24,0 °С. В призабойной зоне (50 м от забоя) тепловые условия труда были значительно улучшены, и температура



воздуха здесь не превышала 28,0 °С (пункт замера № 3 на рис.4). По мере удаления от забоя холодильный эффект от работы кондиционера ожидаемо снижался и уже в конечной точке исходящей струи воздуха в выработке (пункт замера № 7 на рис.4) температура воздуха при работе КПШ130 незначительно отличалась от температуры воздуха при естественном режиме проветривания. Однако за счет резкого снижения влагосодержания воздушной струи после холодильного устройства теплосодержание воздуха было заметно ниже. По предложенной схеме кондиционер стабильно проработал до конца существования тупиковой выработки – момента сбойки конвейерного ходка с вентиляционным ходком восточной уклонной лавы № 3 (см. рис.2) и организации проветривания выемочного участка за счет общешахтной депрессии.

Выводы

1. На угледобывающих предприятиях Донбасса с температурой вмещающих горных пород до 50,0 °С температура воздуха в очистных и подготовительных забоях значительно превышает допустимые правилами безопасности нормы. Суммарная холодопотребность очистных и подготовительных забоев наиболее крупных шахт может достигать 7,0 МВт, что делает проблему решения термодинамической безопасности одним из основных сдерживающих факторов развития угледобычи в регионе. Для решения проблемы требуется строительство крупных поверхностных комплексов, обеспечивающих выработку искусственного холода для охлаждения воздуха в рабочих забоях.

2. До ввода центральных систем охлаждения в эксплуатацию охлаждение воздуха в забоях наиболее «температурных» тупиковых подготовительных выработок можно осуществить с помощью локальных средств охлаждения малой мощности – передвижных кондиционеров типа КПШ. Внедрение таких кондиционеров мощностью всего 130 кВт позволит полностью нормализовать тепловые условия труда непосредственно в забоях тупиковых выработок при их общей длине до 2200 м и температуре вмещающих пород до 50,0 °С.

3. Опыт применения передвижного кондиционера на большой глубине может быть использован для улучшения и нормализации тепловых условий труда на других подземных объектах, например, на глубоких рудниках ОАО «ГМК «Норильский никель» или в буровых галереях при добыче нефти термошахтным способом [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алабьев В.Р. Основные направления развития способов и средств охлаждения воздуха в угольных шахтах Украины // Вестник Забайкальского государственного университета. Чита, Россия. 2014. № 06(109). С. 35-46.
2. Гендлер С.Г. Обеспечение комплексной безопасности при освоении минерально-сырьевых и пространственных ресурсов недр // Горный журнал. 2014. № 5. С. 4-5.
3. Кондиционер передвижной шахтный КПШ-130. URL: <http://holodmash.od.ua/ru/kpsh-130-2-0/> (дата обращения 09.09.2018).
4. Мартынов А.А. Программное обеспечение тепловых расчетов для проектирования мер борьбы с высокими температурами воздуха в глубоких шахтах / А.А.Мартынов, Н.В.Малеев, А.К.Яковенко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 10. С. 228-237.
5. Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах: СОУ-Н 10.1.00174088.027-2011. Офіц. вид. Київ: Мінерговугілля України, 2011. 188 с.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. 196 с.
7. Compact Filter Technic. The perfect start: on-site assembly support, commissioning and product familiarisation. URL: <https://cft-gmbh.de/en/commissioning-and-training> (дата обращения 09.09.2018).
8. Eurotech. URL: http://www.compensus.pl/eurotech_folder.pdf (дата обращения 09.09.2018).
9. Influence of environmental technologies on the economic component in the normalization of thermal conditions in oil stores / V.R.Alabyev, M.N.Kruk, M.A.Korobitsyna, I.S.Stepanov // Journal of Environmental Management and Tourism. 2018. Vol. 9. № 1(25). P. 75-81.
10. Korfmann Lufttechnik LUFTECHNIK GmbH. Products. Axial Flow Fans. URL: <http://www.korfmann.com/products.aspx?p=23> (дата обращения 09.09.2018).
11. Mine cooling system. Technical information. URL: http://www.siemag-tecberg.com/cms/upload/downloads/en/ТИ_19_Mine-Cooling-System_e.pdf (дата обращения 09.09.2018).
12. Products and services. URL: <http://www.wat-klima.com/en/products-services-23.html> (дата обращения 09.09.2018).



13. Schauenburg Tunnel-Ventilation GmbH. Products. URL: <http://tunnel-ventilation.de/en/produkte/> (дата обращения 09.09.2018).
14. Schwarz. High-performance air jet nozzles. URL: <https://www.dropbox.com/s/vrczrqlflgxm3t/Luftstrahl-Finale.pdf?dl=0> (дата обращения 09.09.2018).
15. Seetech. Water filters. URL: <http://www.seetech-filter.com/en/filter/water-filters.html> (дата обращения 09.09.2018).

Авторы: **В.Р.Алабьев**, д-р техн. наук, профессор, avr.09@mail.ru (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия), **В.В.Новиков**, д-р техн. наук, профессор, novikov_v.v@mail.ru (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия), **Л.А.Пашинян**, канд. техн. наук, доцент, leopartash@mail.ru (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия), **Т.П.Бажина**, канд. техн. наук, доцент, bazhinatr@rambler.ru (Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия).

Статья поступила в редакцию 13.09.2018.

Статья принята к публикации 11.01.2019.