

УДК 622. 831.322:635

с.н.с. Ашихмин В. Д.,
н.с. Плаксиенко О. В.,
м.н.с. Тишин Р. А.,
м.н.с. Васильева Н. А.

(МакНИИ, Украина, e-mail: dmitrievich.valerij@yandex.ru)

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБИНАХ СВЫШЕ 1000 М

Обоснован комплексный подход к решению проблем регулирования теплового режима при проведении подготовительных выработок на больших глубинах. Проанализированы применяемые и перспективные направления регулирования тепловых условий при проведении подготовительных выработок на глубине свыше 1000 м.

Ключевые слова: проведение подготовительных выработок, тепловой режим, регулирование тепловых условий, горнотехнические и горнотехнологические способы регулирования, воздухоохлаждающие устройства.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

На сегодняшний день практически на всех шахтах Донбасса в очистных и подготовительных забоях температура воздуха значительно превышает санитарные нормы ($+26^{\circ}\text{C}$) и составляет порядка $+30 - 40^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). А при температуре воздуха $+32^{\circ}\text{C}$ и выше работа без индивидуальных средств охлаждения вообще запрещена [1].

Глубина отработки запасов угля на большей части перспективных шахт Донбасса достигла 1200-1400 м. Горногеологические условия, а также принятые ранее горнотехнологические решения по отработке запасов обусловили в большинстве из них формирование сложных и протяженных вентиляционных сетей, затрудняющих поддержание заданных расходов воздуха на выемочных участках и тупиковых подготовительных выработках. Зачастую недостаточные расходы воздуха на проветривание подготовительных выработок способствуют формированию неблагоприятных температурных условий в рабочих забоях уже на глубинах 700-800 м.

Труд горнорабочих в условиях высоких температур воздуха малопроизводителен.

Увеличивается частота общих и сердечно-сосудистых заболеваний, возрастает травматизм, ускоряются процессы развития профессиональных заболеваний. Резко сокращается работоспособность, а эффективное рабочее время сокращается до 2-х часов. Возрастает число случаев внезапной смерти горнорабочих на рабочих местах или по выезду из шахты от острой сердечной недостаточности. По данным НИИ медико-экологических проблем Донбасса и угольной промышленности производительность труда горнорабочих при температурах воздуха $+33 - 38^{\circ}\text{C}$ снижается до 40 – 60%. Установлено, что при повышении температуры тела человека до $+40^{\circ}\text{C}$ возникает тепловой удар, при $+43^{\circ}\text{C}$ наступает смертельный исход [2].

Дальнейшее развитие горных работ по добыче полезного ископаемого с соблюдением Санитарных норм [1] и требований Правил безопасности [3] без принятия мер по искусственному снижению температуры воздуха на рабочих местах будет практически невозможно.

© Ашихмин В. Д., 2017

© Плаксиенко. О. В., 2017

© Тишин Р. А., 2017

© Васильева Н. А., 2017

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 1 – Перечень шахт с глубиной свыше 1000 м, на которых тепловые условия труда не соответствуют нормам и правилам техники безопасности и охраны труда

Наименование шахт	Глубина ведения работ, м	Естественная температура горных пород, °С	Температура воздуха в горных выработках, °С
Ш. им. А.А. Скочинского ГП ДУЭК	1300	49,1	30,0 – 34,0
Ш. им. М.И. Калинина ГП ДУЭК	1300	46,9	30,5 – 31,5
Ш. им. Е.Т. Абакумова ГП ДУЭК	1030	38,6	28,5 – 35,0
Ш. «Щегловская-Глубокая»	1240	44,7	30,0 – 36,0
Ш. им. А.Г. Стаханова ГП «Красноармейскуголь»	1200	38,8	30,2 – 39,6
Ш. «Шахтерская-Глубокая» ГП «Шахтёрскантрацит»	1380	45,7	32,0 – 38,0
Ш. «Прогресс» ГП «Торезантрацит»	1340	45,6	33,5 – 38,0
Ш. В.И. Ленина ГП «Артёмуголь»	1190	36,9	29,8 – 30,2
Ш. им. К.А. Румянцева ГП «Артёмуголь»	1090	33,2	28,6 – 29,0
Ш. им. М.И. Калинина ГП «Артёмуголь»	1080	41,4	26,2 – 30,2
Ш. им. Ф.Е. Дзержинского ГП «Дзержинскуголь»	1146	42,3	29,8 – 32,4
Ш. Северная ГП «Дзержинскуголь»	1160	42,0	27,4 – 33,0
Ш. им. В.В. Вахрушева ООО ДТЭК ГП «Ровенькиантрацит»	1150	41,1	32,0 – 34,0
ОП «Шахта им. М.В.Фрунзе» ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит»	1230	43,5	30,4 – 34,5
Ш. им. Ф.Е. Дзержинского ГП «Ровенькиантрацит»	1190	42,0	31,0 – 34,0
Ш/у «Ровеньковское» ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит»	1000	35,0	32,0 – 33,5
Ш. «Партизанская» ГП «Антрацит»	1153	33,1-	30,5 – 34,0
Ш. «Горская» ГП «Первомайскуголь»	1000	38,1	30,0 – 35,6
Ш. им. А.Ф. Засядько	1310	39,2	30,3 – 40,0
Ш. им. Я.М. Свердлова ООО ДТЭК	1300	40,0	35,0 – 38,0
Ш. «Красный партизан» ГП «Свердловантрацит»	1300	40,0	34,0 – 36,0

Постановка задачи. Задачей настоящей работы является анализ мер борьбы с высокими температурами воздуха при проведении подготовительных выработок на больших глубинах и способы решений

по эффективному регулированию микроклимата в подготовительных забоях.

Изложение материала и его результаты. Как известно, основными факторами, влияющим на изменение темпера-

туры воздуха в горных выработках являются: сжатие вентиляционной струи под давлением столба воздуха и тепловыделение от различных источников (рис. 1).

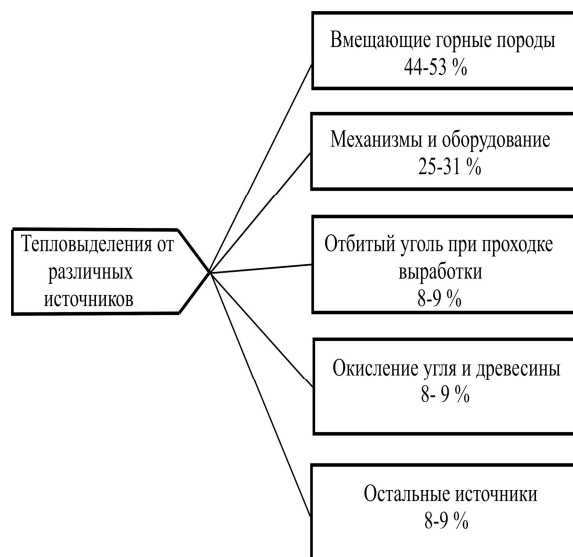


Рисунок 1 – Тепловой баланс глубоких шахт

Следовательно, способы регулирования температуры воздуха в подготовительных выработках зависят от факторов, влияющих на температуру рудничного воздуха, а именно: теплоотдачи вмещающих горных пород, окружающих выработку; теплоотдачи отбитой горной массы при её транспортировке; тепловыделений от работающих механизмов и оборудования.

Регулирование теплового режима и улучшение климатических условий при проведении подготовительных выработок можно предусмотреть двумя способами – горнотехническим и технологическим.

Под горнотехническим способом понимается комплекс мероприятий, предохраняющих воздух от нагревания при его движении к местам потребления. К горнотехническим мероприятиям относятся:

- увеличение расхода воздуха до максимально возможного с учетом требований правил безопасности. При этом быстрее остывает горный массив и меньше нагревается воздух, так как на 1 м³ проходящего воздуха приходится меньшее количество теплоты;

- увеличение скорости движения воздушной струи за счет местной циркуляции воздуха (воздушное душирование рабочих зон с помощью переносных воздушно – душирующих аппаратов: «Ветерок-3» (с электроприводом) или «Прохлада ПШ-1» (с пневмоприводом). Применение данных аппаратов позволит увеличить скорость движения воздушной струи до 2,0 – 4,0 м/с без увеличения общего количества воздуха в выработках;

- сокращение протяженности вентиляционной сети;

- рациональной подготовки шахтных полей (системы разработки), предусматривающих проведение подготовительных выработок по пустым породам;

- теплоизоляция поверхности (стенок) проводимых подготовительных выработок путем нанесения на стенки выработок слоя изоляционного материала толщиной 0,05 – 0,15 м (табл. 2). Наиболее эффективно применение теплоизоляции подготовительных выработок с временем их проветривания не более 3 месяцев;

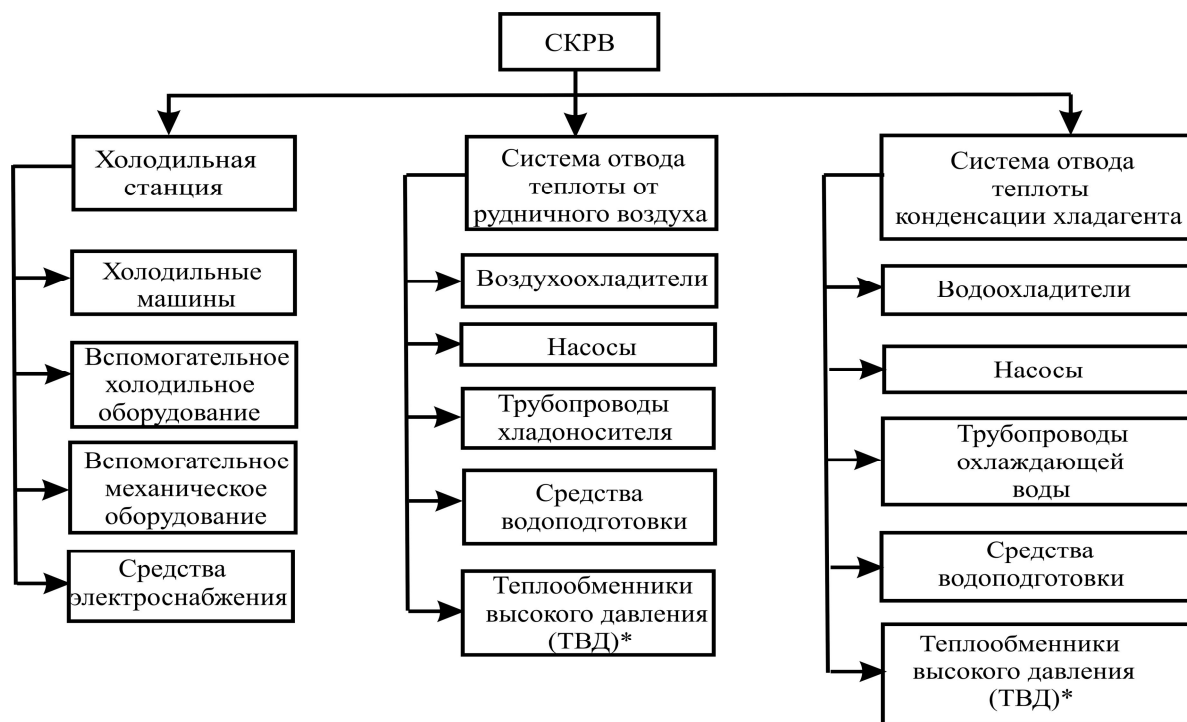
- снижение интенсивности окислительных процессов (пропитывание или покрытие угольного пласта специальными составами, препятствующими к нему доступ кислорода; замена деревянных затяжек на железобетонные);

- снижение интенсивности испарения влаги путём перекрытия водоотливных канавок;

- отводом тепловыделения электродвигателей проходческих комбайнов путем использования водяного охлаждения. За счет этого может быть локализовано до 25% тепловыделения от работы проходческих комбайнов.

На шахтах, где нормализация температурных условий в подготовительных забоях не может быть обеспечена за счёт горнотехнических мероприятий, необходимо применять искусственное охлаждение воздуха с использованием передвижных или стационарных систем кондиционирования рудничного воздуха (СКРВ) (рис. 2).

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН



* При наземном размещении холодильной станции или водоохладителей

Рисунок 2 – Структурная схема СКРВ

Таблица 2 – Перечень теплоизоляционных материалов и их теплофизические характеристики

Наименование материалов	Плотность, кг/м ³	Теплофизические характеристики		
		Коэффициент теплопроводности, $\alpha \cdot 10^7$, м ² /с	Теплоемкость материала, с, Дж/кг·°С	Удельная теплопроводность, λ , Вт/м·°С
Стекловолокно	200	2,66-7,97	233,4	0,035-0,11
Шлаковата	200-300	2,61-3,61	759,6	0,04-0,08
Пенополистирол ПСБ-С	50	4,55	1674,7	0,038
Перлитопластбетон	230	1,56	1339,8	0,047
Пенополиуретан ППУ-6	60	4,19	1507,2	0,038
Минеральная вата	250-400	2,22	1046,6	0,058-0,093
Минеральный войлок	250-350	2,53-2,66	1046,6	0,07-0,093

Стационарные СКРВ целесообразно применять для охлаждения воздуха при холодопотребности горных выработок свыше 500 кВт. Передвижные СКРВ целесообразно применять для охлаждения воздуха при холодопотребности горных выработок ниже 500 кВт.

Стационарные системы кондиционирования рудничного воздуха по месту размещения холодильных станций разделяются на две основные группы:

– СКРВ с размещением холодильных станций на поверхности. Такие холодильные установки СКРВ применяется при

большой холодопотребности шахты (3 мВт и более);

– СКРВ с размещением холодильных станций непосредственно в горных выработках.

Технологические схемы передвижных холодильных установок отличаются способами отвода теплоты конденсации холодильного агента, местом размещения и количеством применяемых кондиционеров.

Для охлаждения рудничного воздуха при проведении подготовительных выработок протяженностью до 500 м кондиционер размещают в выработке согласно схеме (рис. 3).

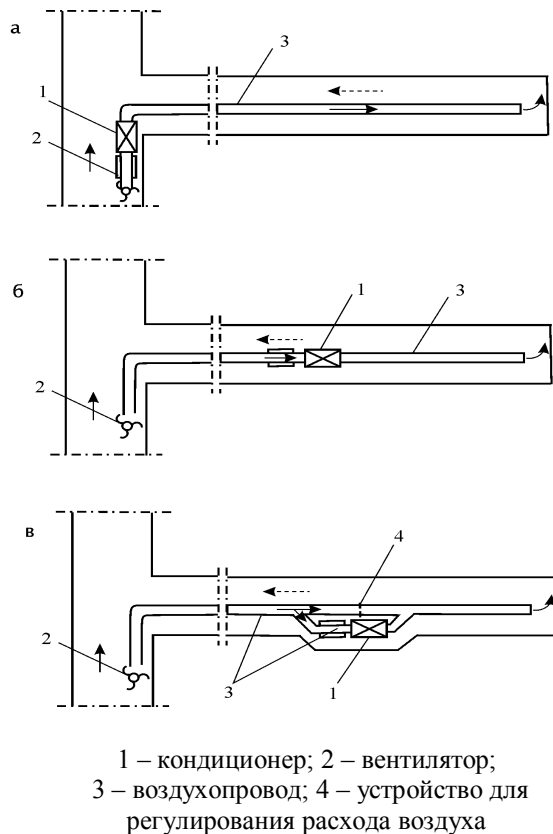


Рисунок 3 – Схемы размещения кондиционеров типа КППШ при охлаждении воздуха в тупиковых выработках длиной до 500 м

По мере удаления забоя от кондиционера вследствие увеличения потерь холода через воздухопровод эффективность охлаждения воздуха снижается. Поэтому кон-

диционер периодически передвигают ближе к забою.

При большей длине и холодопотребности тупиковой выработки необходимо применять параллельную или последовательную (по воздуху) работу кондиционеров.

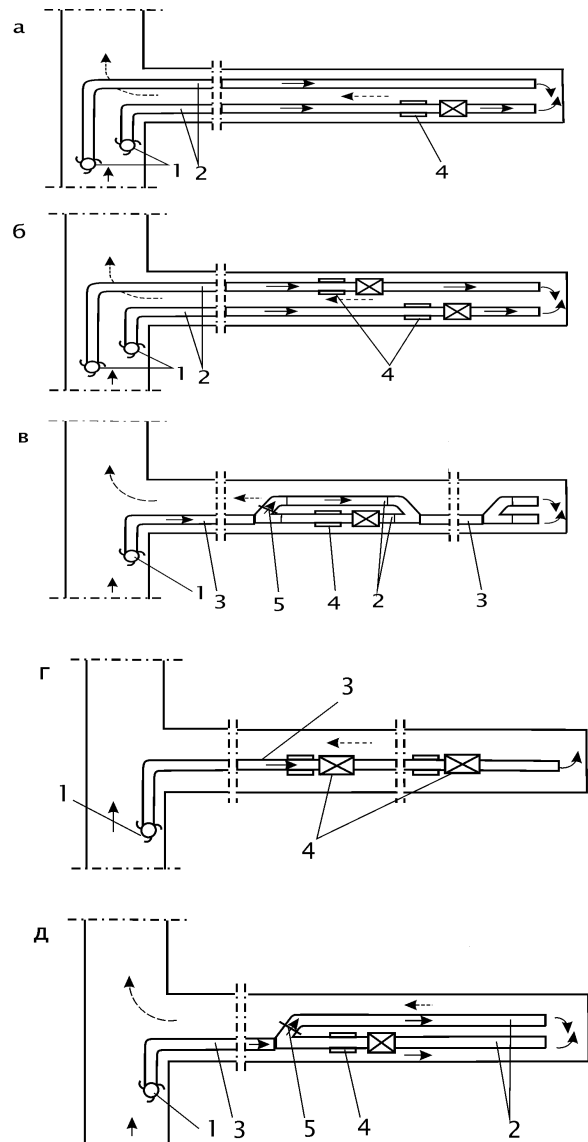


Рисунок 4 – Принципиальные схемы кондиционирования воздуха при проведении тупиковых выработок большой протяженности

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 3 – Основные технические характеристики шахтных передвижных кондиционеров

Тип кондиционера	Страна-изготовитель	Холодо-производительность, кВт	Потребляемая мощность электропривода, кВт	Количество блоков, шт	Габариты L×B×H в сборе, мм
КПШ 130-2-0	Украина	130	39	2	3270×9300×1100
КПШ-300	Украина	300	75-88	2	4995×9300×1100
KR 100	Германия	128	40	3	8500×800×1000
KR 150	Германия	181	55	3	8500×800×1000
KR 200	Германия	233	70	3	9400×800×1000
KR 250	Германия	291	88	3	10200×900×1300
ДС 150/2	Великобритания	150	48	2	8300×845×1585
ДС 150/3	Великобритания	150	48	3	12650×845×1200
ДС 300/3	Великобритания	300	90	3	129×845×1200
TS 300	Польша	300	86	2	6550×870×1200
TS 350	Польша	350	120	2	6600×870×1230

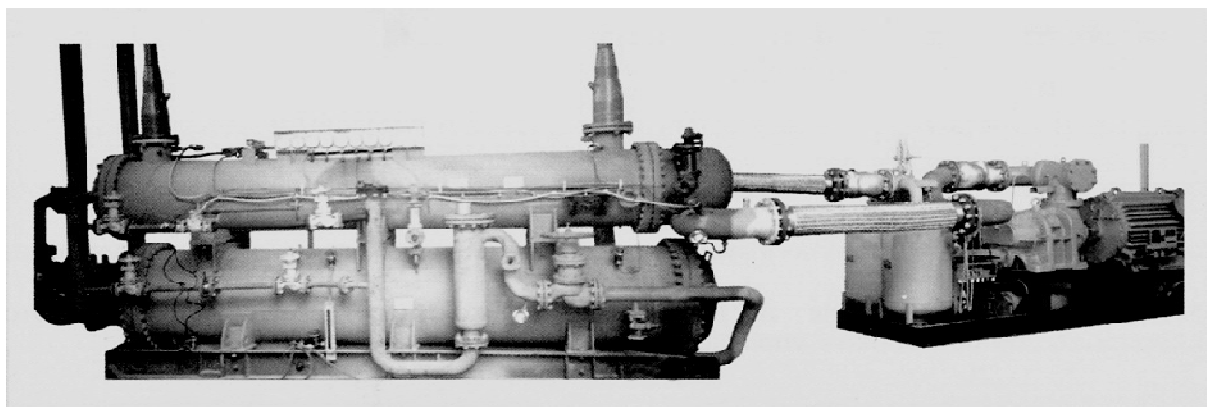


Рисунок 5 – Машина водоохлаждающая МХРВ-1-У5

При этом кондиционеры располагают на минимально возможном расстоянии от забоя (рис. 4).

Основные технические характеристики шахтных передвижных кондиционеров приведены в таблице 3.

В качестве стационарной системы кондиционирования рудничного воздуха широкое применение получила водоохлаждающая машина МХРВ-1-У5 (рис.5). Она выполнена в виде двух функциональных блоков – компрессорного и аппаратного, смонтированных на специальных рамах и комплектуется воздухоохладителями ОВ –

190Ш, а также водоохлаждающими модулями ОКВШ 325 (см. рис. 6, 7).

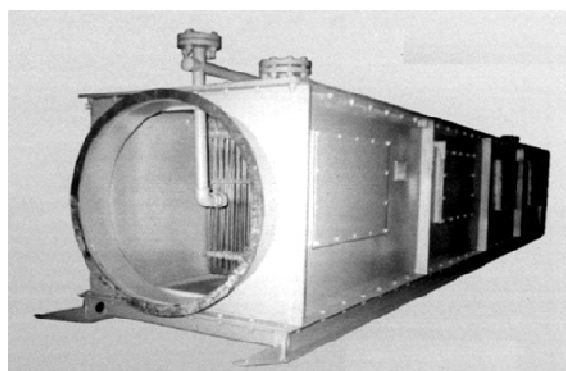


Рисунок 6 – Общий вид воздухоохладителя ОВ-190Ш

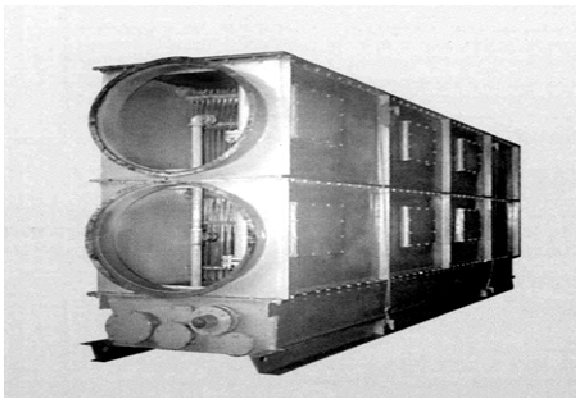


Рисунок 7 – Водоохладительный модуль
ОКВШ 325

Охлаждение воздуха в глубоких шахтах Донбасса в настоящее время осуществляется преимущественно передвижными холодильными установками.

Передвижные установки оборудуются кондиционерами КПШ 130-2-0 (рис. 8) или КПШ 300 (рис. 9) производства Одесского завода холодильного машиностроения ПО «Холодмаш».

На основе модернизации кондиционера КПШ - 90 повышена эксплуатационная надежность шахтного передвижного кондиционера КПШ 130-2-0 холодильной мощностью 130 кВт [5].

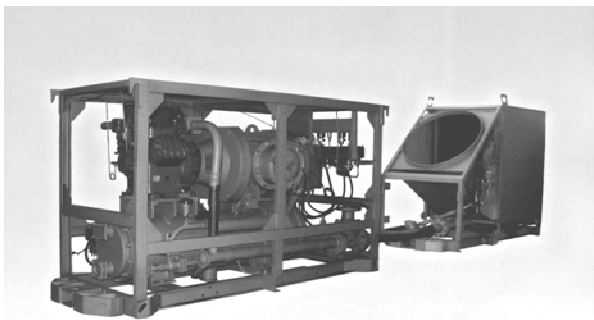


Рисунок 8 – Шахтный передвижной
кондиционер КПШ 130-2-0

Для искусственного охлаждения воздуха в глубоких шахтах Донбасса по разработкам МакНИИ Одесским ПО «Холодмаш» создан и освоен с 2007 г. серийный

выпуск кондиционеров передвижных шахтных КПШ 300.

Холодильная мощность кондиционера 300 кВт обеспечивает возможность нормализации температурных условий труда горнорабочих в механизированных тупиковых выработках на достигнутых глубинах их проведения. Этими же кондиционерами могут комплектоваться передвижные холодильные установки для охлаждения воздуха в лавах шахт переходной глубины.

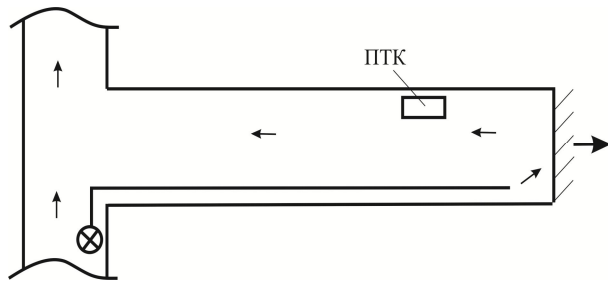


а) компрессорно-конденсаторный блок;
б) воздухообрабатывающий блок

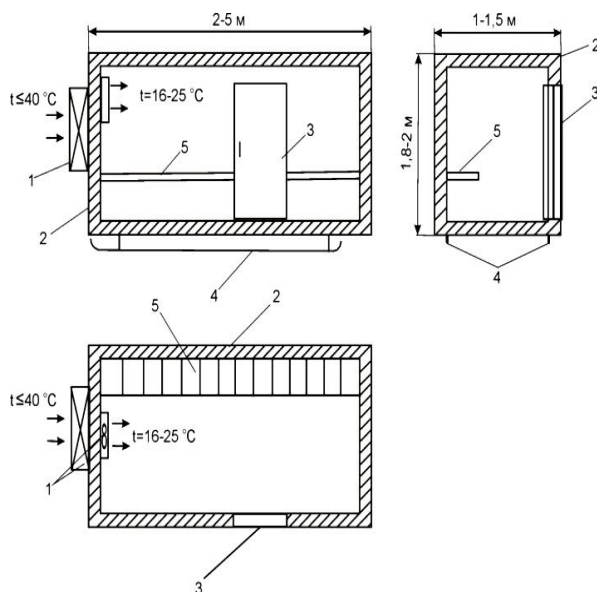
Рисунок 9 – Общий вид шахтного
передвижного кондиционера КПШ 300

При проведении подготовительных работ с неблагоприятными температурными условиями для снижения риска тепловых ударов и заболеваний работников, обусловленным влиянием нагревающего микроклимата, так же целесообразно применение противотепловой камеры со встроенным кондиционером (рис. 10).

а)



б)



а) схема расположения; б) конструкция камеры: 1 – кондиционер; 2 – теплоизоляция; 3 – дверь; 4 – салазки (колеса); 5 – станция для отдыха

Рисунок 10 – Противотепловая камера со встроенным кондиционером

При невозможном использовании искусственного охлаждения воздуха в горной выработке, существует множество противотепловых систем индивидуальной защиты (СИЗ) в виде костюмов, курток, жилетов и т.п., отличающихся конструктивными особенностями.

Противотепловой жилет фирмы «Драгер» (рис. 11) включает 2 малых и 20 больших охлаждающих элементов. Охлаждающие элементы, выполнены из PCM (материалы, изменяющего фазовое состояние), встроены в охлаждающий жилет,

чтобы поглощать тепло, выделяемое телом человека.



Рисунок 11 – Жилет противотепловой фирмы «Драгер»

Когда жилет одевается, PCM находится в твёрдом состоянии. С ростом температуры PCM поглощает тепловую энергию и переходит в жидкое состояние. В зависимости от интенсивности физической работы и окружающей температуры, жилет охлаждает тело работника до двух часов.

Для противотепловой защиты горноспасателей применяют костюмы типа «Дон». В их состав входят теплозащитная куртка, теплосъёмный шлем, охлаждающие элементы (рис. 12).



Рисунок 12 – Противотепловой костюм «Дон»



Рисунок 13 – Охлаждающий жилет ОЖГ

Теплозащитные действия комплекта основаны на изоляции верхней половины тела и головы человека, а также респиратора от воздействия теплового излучения в условиях высокой температуры окружающей среды, с помощью куртки и шлема, снятия тепла с поверхности тела и создания в подкурточном пространстве благоприятного микроклимата с отдачей холода охлаждающими элементами и увеличенной степени отражения внешнего нагревающего потока температуры за счёт специального внутреннего теплоизоляционного слоя материала с отражательным покрытием.

Предотвращения от воздействия высокой температуры разработан охлаждающий жилет (ОЖГ) (см. рис. 13) НИИГД «Респиратор», который предназначен для защиты человека от воздействия температуры в пределах от +27 до +40 °С.

Нормализация температурных условий в горных выработках возможна только на основе комплексного применения горно-технологических мер борьбы с высокими температурами и искусственного охлаждения воздуха.

Предложены технологические схемы кондиционирования воздуха в тупиковых подготовительных выработках, предусматривающие размещение холодильных машин в подземных выработках, охлаждение воздуха в участковых воздухоподающих выработках и вентиляционных трубопроводах для проветривания тупиковых выработок.

Выводы и направление дальнейших исследований. На основании выше изложенного следует. Проблема регулирования теплового режима в тупиковых подготовительных выработках на глубинах свыше 1000 м можно решить только на основе комплексного горно-технического и горно-технологического подхода с применением средств охлаждения воздуха и локализации тепловыделений в рабочих зонах. Предложены технические решения, обеспечивающие регулирование теплового режима в тупиковых подготовительных выработках, а также использование средств индивидуальной защиты горнорабочих от высоких температур.

Бібліографічний список

1. Державні санітарні правила і норми (підприємства вугільної промисловості): ДСП 3.3.1.095-02. – К.: Основа, 2002. – 42 с.

2. Державне підприємство науково-дослідний інститут медико-екологічних проблем Донбасу та вугільної промисловості. Медична технологія після змінної реабілітації, диспансеризації та лікування робітників вугільних підприємств (методичні рекомендації). – Донецьк. – 2005. – С. 4-10.

3. Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах: СОУ – Н. 10.1.00174088.027 — [Чинний від 2011–01–01]. К., 2011 – 187 с.

4. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0–1.01.10. – [Чинний від 2010–01–01]. – К.: Держгірпромнагляд України, 2010. – 211 с. – (Нормативно-правовий акт з охорони праці).

5. Машина для охлаждения воздуха КППШ-130-2-0. Технические условия ТУ УЗ.21-00217863-004-95. Извещение 00217863.2 от 07.07.2006. об изменении ТУ УЗ.21-00217863-004-95.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Антощенко Н. И.,
д.т.н., с.н.с Кудиновым Ю. В.*

Статья поступила в редакцию 05.12.2016

с.н.с. Ашихмін В. Д. (МакНДІ, Україна), н.с. Плаксиєнко О. В. (МакНДІ, Україна), м.н.с. Тишин Р. О. (МакНДІ, Україна), м.н.с. Васил'єва Н. А. (МакНДІ, Україна)

РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК НА ГЛИБИНАХ ПОНАД 1000 М

Обґрунтовано комплексний підхід до вирішення проблем регулювання теплового режиму при проведенні підготовчих виробок на великих глибинах. Проаналізовано перспективні напрями регулювання теплових умов при проведенні підготовчих виробок на глибині понад 1000 м.

Ключові слова: проведення підготовчих виробок, тепловий режим, регулювання теплових умов, гірничотехнічні і гірничотехнологічні засоби регулювання, повітряноохолоджувальні пристрої.

Senior researcher Ashykhmin V. D. (MakSRI, Ukraine), researcher Plaksyienko O. V. (MakSRI, Ukraine), junior researcher Tyshyn R. O. (MakSRI, Ukraine), junior researcher Vasyliyeva N. A. (MakSRI, Ukraine)

CONTROL OF THE HEAT MODE AT DEVELOPMENT WORKINGS AT DEPTH EXCEEDING 1000 M

Substantiated comprehensive approach to solving the problems of thermal regime during the development workings at great depths. Analyzed and applied perspective directions of regulating the thermal conditions during the development workings at a depth of over 1,000 m.

Keywords: carrying out of development workings, thermal conditions, the regulation of heat conditions, and mining engineering methods and regulation of mining technologies, air-cooled devices.