

УДК 622.413.4

Регулирование теплового режима в горных выработках на глубинах 1400 – 1500 м

Обоснован комплексный подход к решению проблемы регулирования теплового режима при отработке запасов угля на глубинах 1400 – 1500 м. Проанализированы применяемые и перспективные способы и средства регулирования микроклимата в горных выработках.

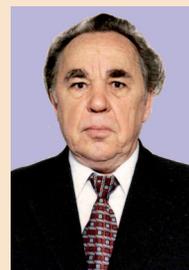
Глубина горных работ в угольных шахтах Донбасса превысила 1300 м. Ведутся проектные проработки по вскрытию и подготовке новых горизонтов на глубинах 1400 – 1500 м и более. Естественная температура вмещающих пород на освоенных глубинах достигла 45 – 52 °С. Характерные для глубоких шахт сложные разветвленные сети, большая протяженность воздухоподающих выработок, неудовлетворительное на ряде шахт их состояние, обусловленное высоким горным давлением, и возникающие при этом значительные внутренние утечки затрудняют подачу в рабочие зоны выемочных и подготовительных участков необходимого количества воздуха на их проветривание, усложняют регулирование теплового режима.

Очистная выемка и подготовительные работы на глубоких горизонтах ведутся с использованием энергоемких выемочных и горнопроходческих комбайнов и комплексов, суммарная мощность электропотребителей в которых превышает 1000 кВт. В таких сложных геотермических и горно-технологических условиях разработки угольных пластов темпера-

тура воздуха в очистных и подготовительных выработках без принятия специальных мер по ее снижению превышает регламентируемую нормативно-правовыми документами [1, 2] на 8 – 12 °С и достигает 34 – 38 °С. Это обуславливает необходимость дальнейшего изучения проблемы в целях поиска новых и определения области применения известных технологических решений, обеспечивающих эффективность регулирования тепловых условий.

Регулирование теплового режима горных выработок выемочных участков в мировой практике осуществляется преимущественно с использованием штрековых воздухоохладителей, работающих в системах хладоносителя водоохлаждающих машин.

Результаты исследований [3, 4] свидетельствуют, что нормализация тепловых условий в лавах на основе применения традиционных схем охлаждения с расположением штрековых воздухоохладителей в участковых воздухоподающих выработках затруднительна уже на глубинах 900 – 1100 м. Область нормализации тепловых условий ограничена как регламентируемыми нижними значениями температуры воздуха на входе в лавы и температурными перепадами у пунктов охлаждения, так и сложностью реализации способа на практике в случае большой холодопотребности лавы.



А. К. ЯКОВЕНКО,
канд. техн. наук
(МакНИИ)



Н. И. МАЙБЕНКО,
инж.
(МакНИИ)



А. А. КЛИМОВ,
инж.
(МакНИИ)

Технологические схемы и средства охлаждения воздуха в тупиковых подготовительных выработках основываются как правило на использовании шахтных передвижных кондиционеров типа КПШ, встраиваемых в вентиляционные трубопроводы. Кондиционеры характеризуются большими габаритами, громоздкостью и высоким аэродинамическим сопротивлением, в связи с чем при проведении тупиковых выработок большой протяженности их применение связано со значительными трудностями.

Цель статьи – анализ концептуальных решений по регулированию микроклимата в лавах и тупиковых подготовительных выработках при отработке запасов на глубинах 1400 – 1500 м.

Установлено [3, 4], что проблему регулирования температурных условий в глубоких шахтах Донбасса можно решить только при комплексном подходе к регулированию микроклимата в лавах и тупиковых подготовительных выработках, заключающемся в совокупном применении рациональных по тепловому фактору горнотехнологических решений по вскрытию и подготовке глубоких горизонтов, а также технологических схем и параметров отработки выемочных полей с интенсивным проветриванием рабочих забоев и использованием эффективных систем и средств искусственного охлаждения воздуха. Реализация отдельных горнотехнических решений или искусственного охлаждения воздуха при разработке пластов с высокой температурой вмещающих горных пород, как свидетельствует практика, не обеспечивает поддержание регламентируемых Правилами безопасности [1] температурных условий в лавах и тупиковых подготовительных выработках.

Высокая температура вмещающего горного массива в сочетании с применением энергоемкого выемочного, горнопроходческого и транспортного оборудования обуславливают высокую интенсивность тепловыделений, формирование тяжелых климатических условий и высокую холодопотребность призабойных рабочих зон. В связи с этим возникает необходимость использования эффективных средств и технологических решений по охлаждению воздуха.

В последние годы на ряде глубоких шахт Донбасса из-за дефицита шахтной холодильной техники практикуется охлаждать воздух в лавах с помощью передвижных холодильных установок, оборудованных кондиционерами. В то же время опыт кондиционирования рудничного воздуха в отечественной и зарубежной практике свидетельствует, что необходимую холодопотребность объектов охлаждения и эффективные технологические решения по локализации тепловыделений в лавах и тупиковых под-

готовительных выработках можно реализовать, используя системы кондиционирования воздуха с водоохлаждающими машинами. Следует предусматривать, чтобы эти системы, технологические схемы и средства охлаждения максимально удовлетворяли условиям выемочных участков и подготовительных выработок в части локализации теплопритоков и изменяющимся условиям эксплуатации.

Целесообразным способом нормализации тепловых условий в комплексно механизированных лавах глубоких шахт, оснащенных водоохлаждающими холодильными машинами (рис. 1), является использование в качестве воздухоохлаждающих устройств элементов забойного оборудования [5, 6]. Осуществление указанного технического решения позволяет обеспечить развитую поверхность теплообмена, минимальное загромождение призабойного рабочего пространства лавы, простоту эксплуатации воздухоохлаждающих устройств. Экспериментально подтверждена целесообразность использования теплообменных устройств, размещенных на перекрытиях механизированной крепи, для локализации тепловыделений горного массива в призабойных пространствах лав [6]. Тепловыделения от работы выемочного комбайна локализуются 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 комплексной системы кондиционирования воздуха на выемочном участке, включающей охлаждение воздуха на входе в лаву в штрековых воздухоохладителях, рассредоточенное охлаждение воздуха с помощью теплообменных устройств на перекрытиях механизированной крепи вдоль очистного забоя, отвод теплоты от работы электродвигателя выемочного комбайна хладоносителем и локализацию тепловыделений разрушаемого угля охлажденной водой, подаваемой на пылеподавление, тепловые условия в лавах глубоких шахт можно существенно улучшить. Это позволит отрабатывать пласты на глубинах 1400 – 1500 м. Вопросы использования элементов забойного оборудования для локализации тепловыделений горного массива, выемочного и транспортного оборудования в лавах в настоящее время исследуются.

Перспективен способ холодоснабжения, основанный на подаче в лаву охлажденного воздуха с низким влагосодержанием [7]. Воздух осушается до состояния, при котором его влагосодержание составляет 0,002 – 0,003 кг на 1 кг сухого воздуха.

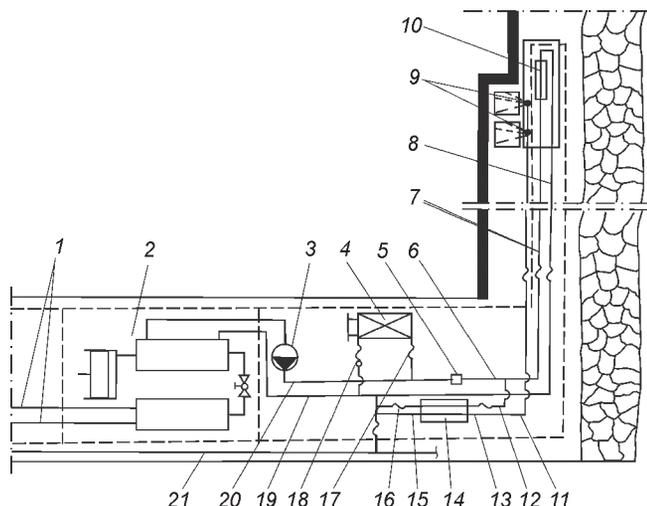


Рис. 1. Подземная установка для кондиционирования воздуха в лаве: 1 – трубопроводы конденсаторной воды; 2 – холодильная машина; 3 – насос для циркуляции хладоносителя; 4 – штрековый воздухоохладитель; 5 – двухпозиционный переключатель; 6, 17, 18, 19, 20 – трубопроводы хладоносителя; 7, 8, 11, 12, 16 – гибкие рукава; 9 – форсунки оросительные; 10 – теплообменник выемочного комбайна; 14 – водоохлаждающий теплообменник; 13, 15 – патрубки для отвода и подвода технологической воды; 21 – пожарно-оросительный трубопровод.

Охлажденный и осушенный воздух рассредоточено подается в рабочее пространство лавы посредством перфорированного воздухопровода или специальных каналов в угольном массиве. Он обладает высокой влагопоглощательной способностью, поэтому процесс его теплонасыщения первоначально происходит преимущественно за счет поглощения влаги. Прирост температуры воздуха, измеряемой по «сухому» термометру, практически отсутствует. Вследствие этого тепловой режим регулируется на более значительном отрезке лавы, чем при обычном способе охлаждения воздуха.

Рассредоточенное охлаждение воздуха и локализация тепловыделений в призабойных зонах тупиковых подготовительных выработок также является наиболее перспективным в решении проблемы нормализации теплового режима при проведении выработок с использованием горнопроходческих комбайнов и комплексов. В разработанной системе кондиционирования воздуха для механизированных тупиковых выработок [8] тепловой режим в призабойной зоне регулируется путем подачи охлажденного воздуха на проветривание призабойной рабочей зоны, охлаждения воды, подаваемой на пылеподавление, и локализации тепловыделений от работы горнопроходческого комбайна хладоносителем, циркулирую-

щим по замкнутому контуру между водоохлаждающей холодильной машиной и теплообменниками гидросистемы и приводного электродвигателя. Система охлаждения воздуха работает в комплексе с водоохлаждающей машиной.

Основные элементы системы (рис. 2): воздухоохладитель 3, водоохлаждающий теплообменник 8, теплообменные устройства электродвигателя 5 и гидросистем 6, соединяемые с трубопроводами для подвода 13 и отвода 12 хладоносителя. Воздухоохладитель 3 встроен между стыками нагнетательного вентиляционного трубопровода 1 и 4. Между воздухоохладителем и забоем выработки размещен воздуховыпускной патрубок 2.

Система охлаждения воздуха работает в комплексе с пылеулавливающей установкой 10 следующим образом. При включении в работу горнопроходческого комбайна и пылеулавливающей установки 10 открывается клапан воздуховыпускного патрубка 2. С помощью распределительного устройства 11 хладоноситель подается из магистрального трубопровода 13 в водоохлаждающий теплообменник 8, теплообменные устройства электродвигателя 5 и гидросистемы комбайна 6. Основная часть (75 %) охлажденного в воздухоохладителе воздуха через воздуховыпускной патрубок поступает в рабочую зону выработки и движется к забою за счет депрессии, создаваемой пылеулавливающей установкой. Рабочие места при этом находятся в зоне движения охлажденного воздуха.

Непосредственно к забою выработки по концевой секции нагнетательного вентиляционного трубопровода 1 поступает 25 % воздуха. От забоя выработки отепленный, увлажненный и запыленный воздух установка 10 отсасывает и выбрасывает за пределы призабойной рабочей зоны. Вода, подаваемая из пожарно-оросительного трубопровода на пылеподавление во время работы комбайна, направляется в водоохлаждающий теплообменник 8, по межтрубному пространству которого поступает хладоноситель из трубопровода 13. Охлажденная вода при пылеподавлении локализует тепловыделения от горного массива и разрушаемой горной массы, что способствует уменьшению влагонасыщения вентиляционной струи и снижению прироста температуры воздуха.

Хладоноситель, направляемый в теплообменные устройства 5 и 6, после отбора в них теплоты поступает в магистральный трубопровод 12, по которому возвращается к холодильной машине. Использование хладоносителя уменьшает вынос и передачу теплоты и влаги вентиляционной струе водой, нагреваемой в охлаждающей рубашке электродвигателя

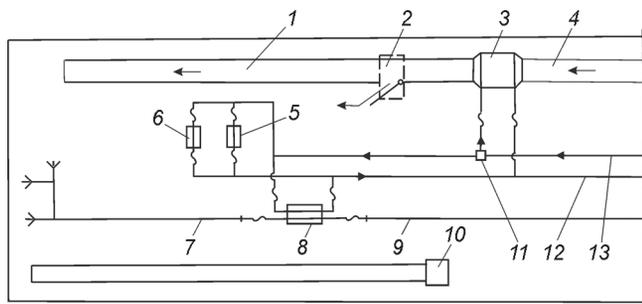


Рис. 2. Принципиальная схема кондиционирования воздуха в призабойной зоне тупиковой выработки с комбайновой проходкой: 1, 4 – вентиляционные трубопроводы; 2 – воздуховыпускной патрубок; 3 – воздухоохладитель, 5 – теплообменное устройство для охлаждения электродвигателя; 6 – теплообменное устройство для охлаждения гидросистемы; 7 – трубопровод для подвода охлажденной воды к системе пылеподавления; 8 – водоохлаждающий теплообменник; 9 – пожарно-оросительный трубопровод; 10 – пылеулавливающая установка; 11 – распределительное устройство; 12, 13 – трубопроводы для отвода и подвода хладагителя.

и теплообменнике гидросистемы. Холодильная мощность воздухоохладителя принимается не ниже температуры тепловыделений между воздуховыпускным патрубком и забоем выработки без учета тепловыделений от пород плоскости забоя и работающего комбайна. Это позволяет нормализовать температурные условия по длине рабочей зоны выработки при понижении температуры воздуха в воздухоохладителе в пределах, допускаемых санитарными правилами [2]. Рассредоточение охлаждения воздуха и локализации тепловыделений обеспечивает уменьшение габаритов и аэродинамического сопротивления воздухоохладителя.

При комбайновой проходке конвейерного штрека на горизонте 1100 м (шахта им. В. М. Бажанова) подтверждена работоспособность рассмотренной системы и установлена возможность нормализации тепловых условий в механизированных тупиковых выработках на больших глубинах.

В горных выработках с высокой температурой вмещающего горного массива и регулированием шахтного климата с применением искусственного охлаждения воздуха неизбежно использование эффективных способов и средств уменьшения теплоотдачи горного массива и снижения холодопотерь в трубопроводах хладагителя между пунктами охлаждения и охлаждаемыми объектами.

Согласно разработанным техническим решениям [4] теплоизоляция горного массива выполняется путем заполнения пустот между металлической затяжкой и горным массивом в процессе проведения гор-

ной выработки вспенивающимся материалом с низким коэффициентом теплопроводности. В теплоизолированных трубах для систем кондиционирования рудничного воздуха [9] теплоизоляционный слой выполняется в виде пустотелой эластичной оболочки, а гидрозакщитное покрытие – из листовой стали. Потери холода в системах хладагителя, оборудованных теплоизолированными трубами, не превышают 5 % передаваемой холодильной мощности, что способствует эффективности систем кондиционирования.

В решении сложнейшей проблемы регулирования теплового режима шахт на глубинах 1400 – 1500 м заслуживает внимания проблема совершенствования известных и разработки новых локальных и индивидуальных систем защиты горнорабочих от перегрева как дополнительной составляющей при наличии кондиционирования шахтного воздуха. Одно из направлений в разработке систем защиты горнорабочих от перегрева – создание локальных зон кондиционирования воздуха на рабочих местах, в пунктах отдыха и оказание медицинской помощи на основе средств, работающих на пневмоэнергии [10]. Такие средства просты в эксплуатации, имеют малые габариты, высокую надежность и безопасны в работе.

Создание и использование систем локального охлаждения воздуха в комплексе с водоохлаждающими машинами позволит обеспечить достаточно надежные, комфортные тепловые условия и безопасность горняков в лавах и тупиковых подготовительных выработках на глубинах 1400 – 1500 м.

Выводы. Проблему регулирования теплового режима в лавах и тупиковых подготовительных выработках на глубинах 1400 – 1500 м можно решить только на основе комплексного горнотехнологического подхода с применением средств рассредоточенного охлаждения воздуха и локализацией тепловыделений в рабочих зонах. Предложены технические решения, обеспечивающие регулирование теплового режима в лавах и тупиковых подготовительных выработках с использованием элементов забойного оборудования для локализации тепловыделений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила безпеки у вугільних шахтах.* НПАОП 10.0–1.01–10. – К., 2010. – 431 с.
2. *Державні санітарні правила та норми. Підприємства вугільної промисловості: ДСП 3.3.1.095–2002.* – К., 2003. – 37 с.
3. *Мартынов А. А.* Горнотехнологические основы комплексного регулирования теплового режима глубоких

шахт с теплоизоляцией горного массива в выработках // Наук. праці ДонНТУ. Сер. Гірничо-геологічна. – Вип. 72. – 2004. – С. 121 – 128.

4. *Мартынов А. А.* Способы и направления улучшения температурных условий в глубоких шахтах / А. А. Мартынов, Н. В. Малеев, А. К. Яковенко, В. А. Оришак // Уголь Украины. – 2010. – № 5. – С. 20 – 26.

5. *Пат. № 27797* Україна, МПК⁷ Е 21 F 5/00. Підземна установка для кондиюнування повітря в лаві / А. К. Яковенко; заявник і власник патенту МакНДІ. – № u20070815; заявл. 24.07.07; надр. 12.11.07, Бюл. № 11.

6. *Аверин Г. В.* Рассредоточенное охлаждение воздуха в лавах / Г. В. Аверин, В. К. Черниченко, М. В. Юцкевич, А. К. Яковенко // Способы и технические средства обеспечения безопасных и здоровых условий труда на угольных шахтах: сб. науч. тр. МакНИИ. – Макеевка, 1989. – С. 59 – 66.

7. *Пат. № 19246* Україна, МПК⁷ Е 21 F 3/00. Спосіб нормалізації теплових умов в лаві і пристрій для його здійснення / О. М. Морєв, А. К. Яковенко,

М. В. Юцкевич, Є. А. Яковенко; заявник і власник патенту МакНДІ. – 4924685/SU; заявл. 04.04.91; надр. 25.12.97, Бюл. № 6.

8. *А. с. № 1516604* СССР, МКИ⁵ Е 21 F 3/00. Устройство охлаждения воздуха в тупиковой горной выработке / А. К. Яковенко, Г. В. Аверин, М. В. Юцкевич; заявитель МакНИИ. – № 4376668/23-03; заявл. 15.12.87, опубл. 23.10.89, Бюл. № 39.

9. *Деклараційний пат. № 16548* Україна, МПК⁶ F 16 L 59/00. Теплогідрозольована труба для систем кондиюнування рудникового повітря / А. К. Яковенко, А. А. Мартынов, А. В. Мартовицький; заявник і власник патенту МакНДІ. – u200601507; заявл. 14.02.06; надр. 15.08.06, Бюл. № 8.

10. *Пат. № 27730* Україна, МПК⁶ Е 21 F 3/00. Пристрій для профілактики теплових уражень гірників / О. М. Брюханов, А. К. Яковенко, А. А. Мартынов; заявник і власник патенту МакНДІ. – u200707783; заявл. 10.07.07; надр. 12.11.07, Бюл. № 11.

Передвижной шахтный кондиционер КПШ-300



Предназначен для охлаждения воздуха в подготовительных и очистных выработках глубоких шахт, опасных по газу и пыли. Состоит из двух блоков: компрессорно-конденсаторного и воздухообрабатывающего, хладоновые системы которого соединяются на месте эксплуатации гибкими трубопроводами. Разработан учеными научно-исследовательской лаборатории кондиционирования рудничного воздуха совместно со специалистами завода «Холодмаш» (Одесса).