

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЙ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ГЛУБОКИХ ШАХТ И ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПРИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКЕ

Наведені результати аналізу теплових умов видобувних ділянок глибоких шахт Українського Донбасу. Визначені температура, вологість витрати повітря у робочому просторі лав у залежності від системи розробки, схеми провітрювання, способу керування гірським тиском, складу і навантаження машин та обладнання, причетних до технологічного ланцюга видобутку і транспортування порід і вугілля. Дана оцінка технологічних рішень, впливових на формування мікроклімату при очисній виемці та визначені найефективніші з них.

Развитие угольной промышленности Донецкого бассейна происходит, в основном, за счет освоения запасов на больших глубинах. Средняя глубина разработки угольных пластов в украинской части Донбасса превысила в настоящее время 750 м [1], в производственных объединениях "Донецкуголь", "Макеевуголь", "Красноармейскуголь" и "Свердловантрацит" она составляет 800 - 1000 м. Более 30 шахт Донбасса ведут горные работы на глубинах 1000-1300 м. Сохранение достигнутого уровня, а тем более наращивание добычи угля в перспективе приведут к увеличению средней глубины разработки до 800 м и потребуют освоения глубин 1400-1600 м. Отработка запасов угля на больших глубинах характеризуется сложностью геологических и горнотехнических условий. Характерной особенностью глубоких шахт является, как правило, совокупное влияние природных факторов (высокая газообильность, тяжелые тепловые условия, высокое горное давление, выбросоопасность пластов), значительно осложняющих добычу угля и безопасность ведения работ, которые требуют зачастую прямо противоположных решений по их нейтрализации или ослаблению.

На освоенных глубинах температура горных пород достигает 45 - 48°C. В связи с этим одной из главных причин, осложняющих ведение горных работ на глубоких шахтах, является температурный фактор, степень проявления которого определяется комплексом технологических решений и, прежде всего, схемой подготовки шахтного поля, системой разработки, схемой проветривания и рядом других горнотехнических параметров.

Наиболее неблагоприятные тепловые условия труда в глубоких шахтах формируются в лавах и вентиляционных выработках выемочных участков. Для выемочных участков, отрабатывающих угольные пласты на глубинах более 1000-1100 м, тепловой фактор уже в настоящее время является ограничивающим при определении нагрузки на очистные забои, выборе длины лав и протяженности выемочных полей.

Общие закономерности формирования тепловых условий в горных выработках выемочных участков на глубоких горизонтах установлены на основе шахтных исследований и анализа теплового баланса горных выработок [2,3,5,12,13]. Решающее влияние на нагрев вентиляционной струи в воздухоподающих выработках оказывают тепловыделения горного массива, транспортируемого угля, машин и механизмов, а также массообменные процессы. В теп-

ловом балансе лав и выработок с исходящей вентиляционной струей одним из главных источников нагрева воздуха являются теплопритоки из выработанного пространства. Их доля в лавах, при глубине разработки 600-1100 м составляет 28-68%, а в выработках с исходящей вентиляционной струей 38-53% [23]. Величина теплопритоков определяется температурой горных пород, утечками воздуха через выработанное пространство и зависит от системы разработки, способа управления горным давлением и схемы проветривания выемочного участка. С увеличением глубины величина теплопритоков из выработанного пространства повышается.

В зависимости от систем разработки, схем проветривания и способов управления горным давлением расходы воздуха в участковых воздухоподающих выработках и призабойных рабочих пространствах лав отличаются на 15-60% [6,7,8,9,10,11]. С точки зрения формирования тепловых условий в лавах и участковых вентиляционных выработках наиболее неблагоприятными на глубоких горизонтах являются сплошные системы разработки с возвратноточными и прямоточными схемами проветривания при управлении горным давлением полным обрушением. Охрана выработок при этом осуществляется бутовыми полосами шириной 12-15 м. Количество воздуха, проходящего в призабойном рабочем пространстве, в начале и конце лав при этой системе разработки, как правило, ниже, чем в средней части. При возвратноточной схеме проветривания с выкладкой бутовых полос у воздухоподающей и вентиляционной выработок наблюдается некоторое увеличение количества воздуха в рабочем пространстве в пределах бутовых полос. При выходе за пределы бутовых полос часть воздуха уходит из рабочего пространства в выработанное пространство и наоборот, подходя к бутовым полосам, расположенным у вентиляционной выработки, вновь возвращается в рабочее пространство лавы. Эти обстоятельства, как свидетельствуют данные шахтных наблюдений, приводят к поступлению части воздуха с высокой температурой из выработанного в рабочее пространство лавы [8].

Отработка пластов лавами длиной 300 м и более по сплошной системе разработки сопровождается формированием неблагоприятного микроклимата на выемочных участках даже на переходных глубинах. При отработке на шахте "Куйбышевская" ПО "Донецкуголь" 14-й и 15-й западных лав пл.К₃ длиной 310м (глубина ведения работ соответственно 774/743 м и 813/778 м, температура окружающих горных пород 32,9/32,0°C и 34,1/33,0°C, расход воздуха на проветривание выемочных участков 16,3-18,0 м³/с) температура воздуха в лавах и участковых вентиляционных штреках составляла 29,8-30,6°C. Основное влияние на прирост температуры воздуха оказывали теплопритоки из выработанных пространств.

Результаты исследований, выполненных в условиях шахт им.газеты "Социалистический Донбасс", "Глубокая", им.60-летия Украины, подтверждают целесообразность применения в условиях глубоких шахт сплошной системы разработки со спаренными лавами и возвратноточной W-образной схемой проветривания в случае необходимости ведения горных работ длинными очистными забоями [14]. Сокращение пути движения свежего воздуха в призабойном

пространстве, достигаемое разделением лавы на две части, способствует уменьшению прироста его температуры.

Данные шахтных наблюдений, характеризующие тепловые условия в 5-й западной и 4-й восточной лавах пласта Н10 шахты им. газеты "Социалистический Донбасс" общей длиной 300-360 м при суточной нагрузке 1000-1300 т, приведены в табл.1 [14].

Наблюдения, проведенные в лавах с W-образной схемой проветривания, показали, что для каждой из лав качественная картина распределения теплопритоков из выработанного пространства в целом аналогична одиночной лаве при возвратноточной на выработанное пространство схеме проветривания. Вместе с тем наличие двух воздухоподающих выработок, переход от одного длинного очистного забоя к двум коротким позволяет существенно повысить эффективность мер борьбы с высокими температурами воздуха, включая искусственное охлаждение воздуха.

Таблица 4.1 – Тепловые параметры воздуха в лавах при сплошной системе разработки спаренными забоями и возвратноточной схеме проветривания

Показатели	5-я западная лава		4-я восточная лава	
	нижняя часть	верхняя часть	нижняя часть	верхняя часть
Глубина, м	886/845	822/845	820/806	776/806
Длина, м	145	155	125	235
Расход воздуха в штреке перед лавой, м³/с	19,2	18,7	20,4	21,0
Температура воздуха, °С:				
в начале лавы	25,1	21,6	23,1	23,6
в конце лавы	26,0	22,7	25,0	25,2
Относительная влажность воздуха, %:				
в начале лавы	71	57	77	66
в конце лавы	80	63	84	75

Более благоприятными по тепловому фактору являются столбовые системы разработки. Преимущественное применение при столбовых системах разработки находят возвратноточные схемы проветривания лав. Для достижения высокой нагрузки на очистной забой при разработке сильно газоносных пластов наряду с возвратноточными схемами нашли применение технологические схемы с прямоточным проветриванием выемочных участков и подсвежением исходящей струи воздуха [9, 16, 17, 18, 19]. Во взаимосвязи с принятыми системами разработки схемы проветривания обуславливают как интенсивность теплообменных процессов в рабочих пространствах лав, так и взаимодействие вентиляционного воздуха с выработанным пространством.

В работах [21,22] утверждается, что утечки воздуха по длине лавы при возвратноточной на целик схеме проветривания имеют симметричный характер по отношению к середине лавы, т.е. в верхней ее части направлены в рабочее пространство. Суть этого вопроса очень важна как с позиций образования

опасных концентраций метана в конце лавы, так и влияния притечек воздуха на температуру воздуха в лаве при большой глубине работ.

Наиболее эффективными по тепловому фактору являются технологические схемы с разработкой пластов по столбовой системе как по простиранию, так и по падению, проветриванием выемочных участков с обособленным разбавлением вредностей по источникам их поступления в рудничную атмосферу, размещением конвейерного транспорта и основных энергопотребителей в выработке с подсвежающей струей [14]. В сравнении со сплошной системой разработки температура воздуха в лавах при указанных схемах на 1,8-2,3°C ниже на глубине 800 м и на 2,1-3,8°C при глубине горных работ 1200 м. Указанные тепловые параметры распространяются на выемочные участки с глубиной разработки от 800 до 1400 м, естественной температурой горных пород 35-45°C, мощностью разрабатываемых пластов от 0,8 до 1,4 м, нагрузкой на очистные забои от 400 до 1000 т/сутки.

Наряду с формированием неблагоприятного микроклимата на выемочных участках проветривание лав через участковые конвейерные выработки затрудняет осуществление искусственного охлаждения воздуха.

Результаты исследований [24], выполненных на шахте "Шахтерская-Глубокая" ПО "Шахтерскуголь" в условиях 7-й западной лавы центрального блока, отрабатываемой на глубине 1300/1252 м при управлении горным давлением полным обрушением и температуре окружающих горных пород 43,4/42,1°C позволяют оценить влияние тепловыделений из выработанного пространства на тепловой режим выемочного участка при столбовой системе разработки и возвратоточной на массив схеме проветривания. В соответствии с результатами шахтных замеров большая часть притоков воздуха из выработанного пространства поступала в вентиляционный штрек из его погашаемой части. Температура воздуха в тупиковой части вентиляционного штрека составляла 38,7°C при относительной влажности 74%. Это являлось причиной скачкообразного роста тепловлажностных параметров вентиляционной струи на сопряжении лавы со штреком, причем приращения температуры, влагосодержания и энтальпии полностью определялись поступлением воздуха из выработанного пространства. Теплопритоки из выработанного пространства способствовали повышению температуры воздуха в вентиляционном штреке у сопряжения с лавой с 35,8°C до 36,6°C, энтальпии с 89,2 кДж/кг до 98,4 кДж/кг. Приращение температуры воздуха за счет притоков тепла из выработанного пространства составило 40%, а энтальпии 27% от общего приращения указанных параметров по длине лавы.

Оценка влияния способа управления горным давлением на тепловые условия в лавах и выработках выемочных участков выполнена в работе [15] на основе натурных исследований, проведенных на 38 участках семи глубоких шахт Донбасса.

При управлении горным давлением с помощью полной закладки выработанного пространства влияние последней на тепловой режим выемочных участков исследовалось при отработке лав на крутых пластах с гидравлической и

сухой самотечной закладкой. В первом случае закладочный материал транспортировался к лавам по специальным пульпопроводам с поверхности шахты, а во втором в качестве закладочного материала использовалась порода от прохождения выработок, которую доставляли к лаве и сбрасывали в выработанное пространство. Условия теплообмена между горным массивом и воздухом, движущимся по исследованным участкам лав, весьма близки. Температурный напор от пород к воздуху, который является одним из основных параметров, определяющих величину тепловыделения горного массива, практически одинаков. Разность между естественной температурой горных пород на входе в лаву участка № 109 шахты им. Румянцева ПО "Артемуголь", где осуществлялась сухая самотечная закладка, составляла $6,7^{\circ}\text{C}$, а в лаве участка № 90-бис шахты "Красный Октябрь" ПО "Орджоникидзеуголь", где осуществлялась гидрозакладка выработанного пространства, составляла $6,2^{\circ}\text{C}$. При самотечной закладке приращения температуры и энтальпии воздуха было существенным и составляло соответственно $2,0-2,2^{\circ}\text{C}$ и $10-11$ кДж/кг, так как температура закладочного материала была близка к естественной температуре пород в данной лаве. При гидравлической закладке температура и энтальпия воздуха по длине лавы практически не повышались. Это обусловлено охлаждающим влиянием закладочного материала на воздушный поток, породы почвы и кровли, который при гидрозакладке имел более низкую температуру, чем вмещающие пласт породы и движущийся по лаве воздух. Температура закладочного материала была такой же, как и воды в водосборнике на поверхности. Охлаждающее действие гидрозакладки на воздушный поток в рассматриваемой лаве составило около 150 кВт, хотя разница температур массива и закладочного материала не превышала $5-7^{\circ}\text{C}$.

Влияние способа управления кровлей в лавах на тепловые условия возрастает с увеличением глубины разработки. Расчетами установлено, что при температуре горных пород $t_g = 32^{\circ}\text{C}$ и управлении кровлей закладкой выработанного пространства породой вынимаемой при прохождении выработок температура воздуха в лавах на $0,6-1,2^{\circ}\text{C}$, а при $t_g = 52^{\circ}\text{C}$ - на $1,4-3,0^{\circ}\text{C}$ ниже в сравнении с управлением кровлей полным обрушением. При использовании для закладки выработанного пространства предварительно охлажденных материалов снижение температуры воздуха в лаве и выработках выемочного участка может быть еще выше. Поэтому при отработке глубоких горизонтов по тепловому фактору целесообразно переходить на управление кровлей закладкой выработанного пространства.

При сплошной и столбовой системах разработки предлагаемое технологическое решение, заключающееся в возведении в выработанном пространстве плотного закладочного массива в виде полос из охлажденного материала, позволяет с точки зрения улучшения тепловых условий в очистных выработках совместить положительные свойства различных систем разработки и схем проветривания выемочных участков. В частности:

исключить утечки воздуха из воздухоподающей выработки и притечки воздуха в вентиляционную выработку;

осуществить рассредоточенную подачу воздуха в лавы за счет осуществления его движения в нескольких промежутках между закладочными полосами. В этом случае разделение лавы на несколько частей будет способствовать уменьшению роста температуры воздуха;

исключить полностью или частично тепловыделения из выработанного пространства за счет аккумулялирования, поступающего из массива тепла, охлаждающим закладочным материалом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батманов Ю.К., Андреев И.М., Мартынов А.А., Большаков П.Я. Подготовка выемочных полей в сложных геотермических условиях. - "Уголь Украины", 1977, № 6, с.13-18.

2. Правила безпеки у вугільних шахтах. ДНАОП 1.1.30-1.01-96. Київ, 1966. - 424 с.

3. Яковенко А.К. Методы прогноза и нормализации тепловых условий в высокопроизводительных лавах глубоких угольных шахт. Автореферат канд. дисс. Макеевка-Донбасс, 1985. - 18 с.

4. Санитарные правила для предприятий угольной промышленности. - М., Минздрав СССР, 1987. - 32 с.

5. Кузин В.А., Жиров А.А., Яковенко А.К. Характер изменения относительной влажности в лавах глубоких шахт Донбасса. "Охлаждение воздуха в угольных шахтах". Сб. Статей, вып.4, изд.МакНИИ, 1975, с.51-54.

6. Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах. Макеевка-Донбасс, МакНИИ, 1979. - 196 с.

7. Аэрогазодинамика выемочного участка. /Ф.А.Абрамов, Б.Е.Грецингер, В.В.Соболевский, Г.А.Шевелев. Киев, "Наукова думка", 1972. - 236 с.

8. Яковенко А.К., Кузин В.А. К вопросу учета воздухораспределения при тепловых расчетах лав. "Охлаждение воздуха в угольных шахтах". Сб.статей, вып.4. Макеевка-Донбасс, изд. МакНИИ, 1975, с.41-46.

9. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Киев.1994. - 312 с.

10.Карагодина Э.В. Результаты шахтных наблюдений за распределением воздуха в механизированных лавах Донбасса. "Рудничная аэрология и безопасность труда в шахтах". Сообщения ИГД им. А.А. Скочинского, вып.82. М., изд. ИГД, 1971, с.106-114.

11.Касимов О.И. О расчете аэродинамического сопротивления выемочных участков на тонких пластах пологого падения. Сб. научн. статей, № 13. Макеевка-Донбасс, изд. МакНИИ, 1960, с. 3-8.

12.Кузин В.А., Яковенко А.К. Формирование тепловых условий в лавах глубоких шахт при различных системах разработки и методика их теплового расчета. - В сб. "Вскрытие, подготовка и системы разработки для глубоких шахт". М., ЦНИЭИуголь, 1977, с. 53-55.

13. Тепловые условия в лавах с высокими нагрузками на забой./В.А. Кузин, А.К. Яковенко, С.Ф. Бодня, А.И. Животов. "Охлаждение воздуха в угольных шахтах", сб. статей, вып.4. Макеевка-Донбасс, изд. МакНИИ, 1975, с.30-34.

14. Мартынов А.А., Яковенко А.К., Саноцкий Р.М. Рациональные по тепловому фактору технологические схемы разработки пластов и компьютерная технология их выбора для конкретных условий глубоких шахт. "Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах", Сб. научн. трудов. Макеевка-Донбасс, изд. МакНИИ, 1996, с.107-116.

15. Кузин В.А., Мартынов А.А., Венгеров И.Р. Влияние способа управления кровлей на тепловой режим выемочных участков. - "Уголь Украины", 1995, № 1, с.24-27.

16. Патрушев М.А., Драницын Е.С. Проветривание высокомеханизированных лав. Донецк, изд. "Донбасс", 1974. - 149 с.

17. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. Часть I. Технологические схемы. М., изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1979. - 333с.

18. Разработать и внедрить новые технические решения по разработке угольных месторождений в Донецком бассейне на глубине 1100-1500 м и метод расчета основных параметров глубоких шахт. Отчет по НИР, книга 2, гос. рег. № 81084194. ДонУГИ, Бахтин А.Ф., Донецк, 1982. - 160 с.

19. Руководство по выбору рациональных с учетом теплового фактора технологических схем разработки пологих пластов глубоких шахт (КД 12.5.012-94). Макеевка-Донбасс, Изд. МакНИИ, 1994. - 77 с.

20. Разработать требования к схемам проветривания выемочных участков, обеспечивающие безопасность работ при высокой газообильности. Отчет по НИР. МакНИИ, Касимов О.И. Макеевка, 1975, 90с.

21. Милетич А.Ф. Утечки воздуха и их расчет при проветривании шахт. М., Недра, 1968.

22. Устинов А.М., Калиев С.Г. Закономерность распределения утечек воздуха в выработанном пространстве лав при возвратноточной через целик схеме проветривания. Аэродинамика и проветривание угольных шахт. Труды ВостНИИ, 1973, том XIX. С. 94-100.

23. Кузин В.А., Мартынов А.А., Саноцкий Р.М. Оценка технологических схем разработки пластов по тепловому фактору. - "Уголь Украины", 1993, № 6, с. 13-17.

24. Оказать техническую помощь шахте "Шахтерская-Глубокая" ПО "Шахтерскуголь" в обеспечении эффективного использования сооружаемой стационарной холодильной установки с машинами 20ТХМВ-4000. Отчет по НИР. МакНИИ, Яковенко А.К., Юцкевич М.В. Макеевка-Донбасс, 1991. - 94с.