

УДК 622.413.4

к.т.н. Денисенко В.П.,  
Чинчак О.О.,  
Павленко М.Ю.,  
Тетеря Е.В.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

## ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЙ В ВЫРАБОТКАХ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ГЛУБОКИХ АНТРАЦИТОВЫХ ШАХТ ДОНБАССА

*Дан прогноз ожидаемой температуры воздуха и предложены технические решения по нормализации тепловых условий в выработках глубоких шахт. Обоснованы параметры технологических схем рассредоточенного охлаждения воздуха в выработках выемочного участка.*

**Ключевые слова:** угольная шахта, антрацитовые пласты, тепловой режим, охлаждение рудничного воздуха

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В настоящее время на 30 шахтах Донецкого бассейна горные работы ведутся на глубинах от 1000 до 1350 м. Температура горного массива на отработываемых горизонтах составляет 40-45°C. Антрацитовые шахты центральных и восточных районов Донбасса по температурному фактору относятся к категории шахт с особо вредными и тяжелыми условиями труда. В лавах на глубинах 1000-1200 м температура рудничного воздуха составляет 32-36°C, в тупиковых подготовительных выработках – 36-40°C, относительная влажность равна 86-88 %; при этом неблагоприятные климатические условия наблюдаются как в летний, так и в зимний периоды года [1]. Тяжелые климатические условия работы в выработках отрицательно сказываются на здоровье горнорабочих, обеспечении безопасности (могут приводить к перегреву и тепловым ударам), производительности труда и снижении технико-экономических показателей производства. Это вызывает необходимость реализации эффективных мер борьбы с высокими температурами воздуха в глубоких шахтах.

На практике основным средством борьбы с высокими температурами воздуха является вентиляция, эффективность которой достигается за счет: подачи в действующие забои расчетного количества воздуха с определен-

ным запасом, применения прямоточных схем проветривания отдельных частей шахтного поля или шахты в целом, применения на выемочных участках рациональных схем по тепловому фактору с полным разбавлением вредностей по источникам. Применяют отдельные горнотехнические мероприятия, снижающие теплопритоки в выработки, за счет частичной изоляции выработанного пространства воздухопроницаемыми полосами, выноса электрооборудования на исходящую струю и прочее. В отдельных случаях при напряженном тепловом режиме применяют передвижные шахтные кондиционеры.

Основой для проектирования противо-тепловых мероприятий является прогноз ожидаемых температур воздуха применительно к конкретным горно-геологическим и технологическим условиям шахты, установление удельного веса основных источников тепла в тепловом балансе выработки и определение величины хладопотребности забоя [2]. Полученные на основе прогнозных тепловых расчетов данные позволяют на этапе проектирования дифференцированно подойти к выбору рациональных технических решений и обоснованию их параметров.

Опыт показывает, что нормализация тепловых условий в глубоких шахтах может быть достигнута путем комплексного приме-

нения горнотехнических мероприятий, искусственного охлаждения воздуха с учетом норм шахтного микроклимата, дифференцированных по времени и степени тяжести труда [3]. Порядок применения способов и средств борьбы с повышенными температурами приведен в нормативном документе [4].

**Постановка задачи.** Прогнозирование тепловых условий глубоких горизонтов трех антрацитовых шахт, разработка рациональной технологической схемы нормализации тепловых условий выемочных участков и обоснование ее параметров явились задачей данной работы.

**Изложение материала и его результаты.** В качестве объектов проектирования приняты шахты «Прогресс», им. Я. М. Свердлова и «Должанская-Капитальная». Перспективными планами развития горных работ этих шахт предусмотрены подготовка выемочных полей к отработке на глубинах 1300 м и более, увеличение нагрузок на очистные забои до 2000 т/сут. с использованием производительного очистного и проходческого оборудования.

В тектоническом отношении поле шахты «Прогресс» приурочено к восточному замыканию Торезско-Снежнянской синклинали, поля шахт им. Я. М. Свердлова и «Должанская-Капитальная» – к донной части и южному крылу Должано-Ровенецкой синклинали. Условия разработки антрацитовых пластов приведены в таблице 1.

На шахтах применяют столбовые системы разработки при погоризонтном способе подготовки с отработкой выемочных столбов механизированными комплексами по

восстановлению и падению. Схемы проветривания выемочных участков – прямоточные с полным разбавлением вредностей по источникам выделения. Основным источником выделения тепла в рудничную атмосферу антрацитовых шахт являются вмещающие пласт породы и работающие машины и механизмы. Окислительные процессы практически не влияют на нагрев воздуха в связи с низкой химической активностью антрацита по отношению к кислороду воздуха.

Исследования и опыт работы шахт на глубоких горизонтах показали, что температура воздуха в действующих забоях подготовительных выработок, когда в них не работают машины и механизмы, практически равна температуре вмещающих пород и определяется по формуле:

$$t_n = t_{н.с.} + \Gamma \left( \frac{H - H_{н.с.}}{100} \right), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

где  $t_{н.с.}$  – температура нейтрального слоя пород, для условий Донбасса – 8,5 °С;

$H$  – глубина заложения выработки, м;

$H_{н.с.}$  – глубина залегания нейтрального слоя пород, м,  $H_{н.с.} = 30$  м;

$\Gamma$  – геотермический градиент, 2,3-2,4 °С/100 м.

При выполнении технологических операций по проведению выработки температура воздуха в забое изменяется в зависимости от способа проведения и вида технологического оборудования:

$$t_g = t_{н.с.} \pm \Delta t, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Таблица 1 – Условия разработки антрацитовых пластов

Наименование шахты	Глубина разработки, м		Индекс пласта	Мощность пласта, м	Угол падения, град.	Длина лавы, м	Планируемая нагрузка, т/сут.
	фактическая	плановая					
«Прогресс»	1150	1250	h <sub>8</sub>	1,30	8 - 10	200	1940
им. Я. М. Свердлова	1160	1200	k <sub>5</sub> <sup>1</sup>	1,15	6 - 7	200	1890
«Должанская-Капитальная»	920	1300	l <sub>3</sub>	1,20	2 - 7	200	1900

где  $\Delta t$  – повышение или снижение температуры воздуха;  $^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$  – при буровзрывном способе проходки;  $\Delta t = 3^{\circ}\text{C}$  – при комбайновой проходке;  $\Delta t = -2^{\circ}\text{C}$  – при применении технологического оборудования с пневматическим приводом.

Температура воздуха в лавах закономерно возрастает при движении воздуха вдоль очистного забоя за счет тепловыделения из массива угля и пород, от работающего технологического оборудования и из угля, транспортируемого по лаве.

Результаты тепловых расчетов при отсутствии искусственного охлаждения воздуха, проведенные в соответствии с методическими рекомендациями [2], представлены в таблице 2 и на рисунке.

Анализ прогнозных данных показывает, что температура воздуха на выходе из лав при освоении глубоких горизонтов составит  $37,4-41,1^{\circ}\text{C}$ . Это превышает ее регламенти-

руемые значения [5] на  $11,4-15,1^{\circ}\text{C}$ . В ремонтно-подготовительные смены температура воздуха на выходе из лав составит соответственно  $34,4-38,0^{\circ}\text{C}$ . При прочих равных условиях величина температуры рудничного воздуха в лаве и интенсивность ее приращения по длине очистного забоя зависят от технологических параметров очистной выемки (уровень добычи угля, скорость подвигания, электрическая мощность оборудования) и параметров проветривания выемочного участка (расход воздуха, скорость движения, величина утечек воздуха через выработанное пространство, температуры входящего в лаву воздуха).

Для нормализации тепловых условий в лавах необходимо искусственное охлаждение воздуха. Исследованиями МакНИИ установлено, что снижение температуры воздуха на выходе из лавы с  $35-40^{\circ}\text{C}$  до  $26^{\circ}\text{C}$  за счет применения штрековых воз-

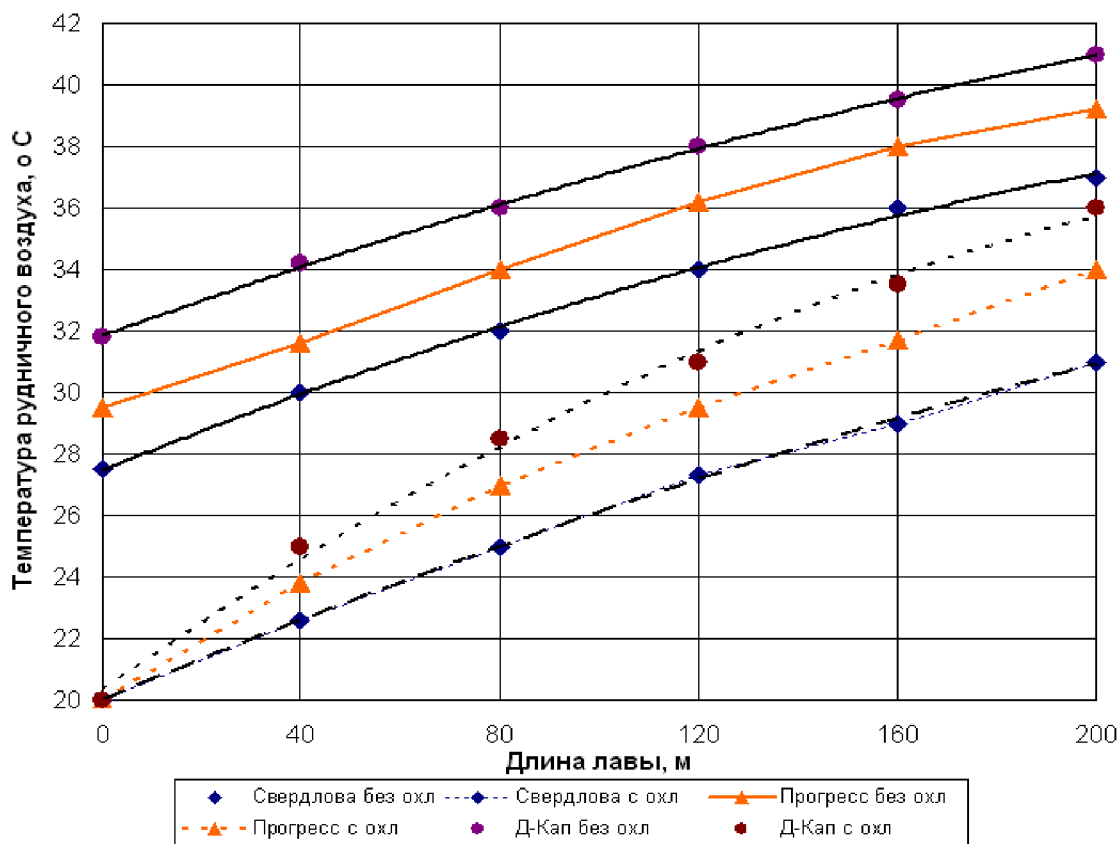


Рисунок – Изменение температуры воздуха вдоль очистного забоя на проектируемых шахтах им. Я.М. Свердлова, «Прогресс», «Должанская-Капитальная»

Таблица 2 – Прогнозные значения тепловых параметров рудничного воздуха в выработках глубоких горизонтов без искусственного охлаждения

Наименование шахты, выработки	Температура вмещающих пород, °С	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин.	Скорость воздуха в забое, м/с	Тепловые параметры воздуха	
				на входе <i>t, °C / φ, %</i>	на выходе, <i>t, °C / φ, %</i>
«Прогресс», лава, подготовительная выработка	37,8	780	3,9	29,1/84	39,8/88
		375	1,0	29,0/84	40,8/87
им.Я.М. Свердлова, лава, подготовительная выработка	36,6	333	2,4	27,8/78	37,4/87
		240	0,35	27,0/79	38,5/86
«Должанская-Капитальная», лава, подготовительная выработка	38,9	532	4,0	31,8/78	41,1/86
		262	0,35	30,9/77	41,9/85

духоохладителей возможно только при понижении температуры входящего воздуха ниже 10 °С, что запрещено Санитарными правилами. В связи с этим рекомендовано снижать температуру входящего воздуха до 18 – 20 °С любыми доступными средствами и применять рассредоточенное охлаждение в призабойном пространстве лавы.

Согласно прогнозным данным при охлаждении входящего в лаву воздуха до 20°С поддержание регламентируемой температуры воздуха вдоль очистного забоя будет обеспечиваться на отрезках лавы длиной: 45 м – на ш. «Должанская-Капитальная», 65 м – на ш. «Прогресс» и 100 м – на ш. им. Я. М. Свердлова (см. рисунок). На рисунке изменение температуры рудничного воздуха в горных выработках исследуемых шахт режим его подачи без предварительного охлаждения показан сплошными линиями, а с предварительным охлаждением – пунктирными.

Нормализация теплового режима лав в условиях шахты им. Я. М. Свердлова воз-

можна за счет выноса энергопоезда на исходящую струю, увеличения скорости движения воздуха в лаве до 4 м/с, возведения воздухоизолирующей полосы со стороны воздухоподающей выработки, водяного охлаждения электродвигателя на комбайне с подачей нагретой воды на штрековый охладитель.

На остальных шахтах с более напряженным тепловым режимом выработок наряду с применением комплекса горно-технических мероприятий предусмотрено рассредоточенное охлаждение воздуха непосредственно в призабойных рабочих зонах лав. В настоящее время предложен ряд зарубежных и отечественных разработок для ступенчатого охлаждения воздуха в лаве, а именно: лавные воздухоохладители типа SPK фирмы WAT (Германия); подача охлажденного воздуха вдоль лавы по специальному трубопроводу с охлаждающей водяной рубашкой; подача охлаждающей жидкости в полости перекрытий механизированной крепи или размещение специальных теплообменников на нижней сто-

роне перекрытий секций крепи; пневматические кондиционеры, в которых использован эффект охлаждения за счет расширения сжатого воздуха [6].

В проекте были приняты наиболее простые охладительные устройства, где основными элементами являются вихревая трубка и пневматический эжектор. Такие устройства компактны, что важно при разработке тонких пластов, имеют малую массу, надежны, безопасны, просты в эксплуатации и позволяют снизить температуру воздуха в месте установки на 1-1,5°C. Устройство крепится к верхняку секции крепи, а патрубок размещается сонаправлено с потоком свежего воздуха и за счет шарнирного механизма может поворачиваться на угол 15° относительно продольной оси выработки.

Количество воздухоохладителей, необходимое для размещения в лаве, составило 10 шт. и определялось исходя из размеров ступени охлаждения. Степень охлаждения, на которой обеспечивается поддержание вдоль забоя регламентируемой температуры воздуха 26°C (согласно прогнозным данным, полученным по методике [7]), для условий шахт «Прогресс» и «Должанская-Капитальная» составила 14,5 м и 16 м соответственно.

Для условий шахты «Должанская-Капитальная» разработана технологическая схема снижения температуры воздуха в выработках выемочного участка. Согласно схеме в горных выработках участка применен комплекс горнотехнических мероприятий и технических средств по нормализации тепловых условий в горных выработках. Предложено применение кондиционеров, в которых охлаждение воздуха происходит за счет распыления воды под давлением. В тупиковой части проводимой выработки (уклона) применен форсуночный воздухоохла-

дитель конструкции ДонГТУ (проф. М.И. Феськова), включенный в систему местного проветривания, а также предусмотрена установка воздухоохлаждающих аппаратов типа «Прохлада-ПШ1».

В транспортных выработках выемочного участка применены многокамерные водоэжекторные охладители. Конструктивные особенности этих аппаратов позволяют снизить температуру воздуха на 8-9°C и запыленность рудничного воздуха на 98% за счет использования гидроакустического (импульсно-волнового) воздействия на аэрозоль [8]. Эжекторные воздухоохлаждатели устанавливаются на всех перегрузочных пунктах выемочного участка и на сопряжениях уклонов с конвейерным штреком, в воздухоподающей части конвейерного уклона перед окном лавы для охлаждения входящего в лаву воздуха.

В призабойном пространстве лавы, начиная с 50-го метра по ходу движения воздушной струи, предусмотрена через каждые 15 м установка 10-ти пневматических охладителей с вихревыми трубками.

Выводы. При разработке проектов освоения глубоких горизонтов антрацитовых шахт технологические параметры очистной выемки должны приниматься с учетом температурного фактора, а нормализация тепловых условий в горных выработках должна основываться на комплексной технологии охлаждения рудничного воздуха и пылеподавления. В условиях напряженно-геотемпературного режима недр и высокой энерговооруженности забоев нормализация тепловых условий в выработках выемочных участков может быть обеспечена путем рассредоточенного охлаждения рудничного воздуха в участковых горных выработках и непосредственно в лаве.

### Библиографический список

1. Яковенко А.К. К вопросу нормализации тепловых условий в лавах глубоких антрацитовых шахт / А.К. Яковенко, А.А. Климов, О.В. Плаксиенко // Способы и средства создания безопасных

и здоровых условий труда в угольных шахтах : сб. науч. тр. МакНИИ. — Макеевка, МакНИИ, 2006. — Вып. 18. — С. 115–120.

2. Экспресс-методика прогнозирования температуры воздуха в выработках глубоких шахт Донбасса. — Макеевка, МакНИИ, 1998. — 72 с.

3. Мартынов А.А. Горно-технологические основы комплексного регулирования теплового режима глубоких шахт с теплоизоляцией горного массива в выработках / А.А. Мартынов // Наукові праці ДонНТУ. — Донецьк, 2004. — Вып. 72. — С. 121–128.

4. Технологічні схеми відпрацювання газоносних пластів з великими навантаженнями на очисні вибої. СОУ – П10.1.001185790.014:2009. — К. : 2010. — С. 108–115

5. Правила безопасности в угольных шахтах. НПАОП 10.0-1.01-10. — К. : Госгорпромнадзор Украины, 2010. — 432 с.

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

7. Кузин В.А. Методика расчета ступенчатого охлаждения воздуха в лавах / В.А. Кузин // Борьба с высокими температурами рудничного воздуха: сб. науч. тр. МакНИИ. — Макеевка, МакНИИ, 1998. — С. 50–53.

8. Тишин Р.А. Комплексная технология гидравлического охлаждения и обеспыливания рудничного воздуха / Р.А. Тишин, А.А. Попов, М.А. Никифоров, В.Б. Гого // Материалы международной конференции «Форум горняков – 2012», 3–6 октября 2012 г. Днепропетровск — Днепропетровск, НГУ, 2012. — Т. 4. — С. 37–42.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Склеповичем К.З.,  
Главным горняком технической дирекции ГУП ЛНР Сафоновым А.Б.**

Статья поступила в редакцию 18.05.16.

**к.т.н. Денисенко В.П., Чинчак О.О., Павленко М.Ю., Тетеря Є.В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)  
ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ УМОВ У ВИРОБКАХ  
ВИЙМКОВИХ ДІЛЬНИЦЬ ГЛИБОКИХ АНТРАЦИТОВИХ ШАХТ ДОНБАСУ**

Надано прогноз очікуваної температури повітря та запропоновані технічні рішення щодо нормалізації теплових умов у виробках глибоких шахт. Обґрунтовані параметри технологічних схем ступеневого охолодження повітря у виробках виїмкової ділянки.

**Ключові слова:** вугільна шахта, антрацитові пласти, тепловий режим, охолодження рудникового повітря.

**Phd in Engineering Denisenko V.P., Chinchak O.O., Pavlenko M.Yu., Teteria E.V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)**

**THERMAL CONDITIONS AND THEIR REGULATION AT WORKING AREA IN DEEP ANTHRACITE MINES OF DONBASS**

The authors predict an expected air temperature and have given engineering solution on normalization of thermal conditions in deep mine workings. Data of flow sheets for dispersed air cooling at working area have been proved.

**Key words:** coal mine, anthracite beds, thermal conditions, mine air cooling.