

Н.В. Малеев, А.А. Мартынов, А.К. Яковенко

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СЕТИ ПОДВОДЯЩИХ ВЫРАБОТОК И НА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ШАХТ НА ПЭВМ

Представлена компьютерная программа прогнозирования температуры воздуха в выработках выемочных участков глубоких шахт, разработанная на основе действующих нормативных документов. Программа обеспечивает возможность обоснования технических решений по кондиционированию воздуха на выемочных участках.

РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У МЕРЕЖІ ПІДВІДНИХ ВИРОБОК І НА ВИЙМКОВИХ ДІЛЬНИЦЯХ ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ ШАХТ НА ПЕОМ

Наведена комп'ютерна програма з прогнозування температури повітря у виробках виймкових ділянок глибоких шахт, яка розроблена на основі діючих нормативних документів. Програма забезпечує можливість обґрунтування технічних рішень щодо кондиціювання повітря на виймкових ділянках.

CALCULATION OF AIR TEMPERATURE IN ADJOINING MINE WORKINGS NETWORK AND ON EXTRACTION FACES OF DEEP MINES HORIZONS ON PC

Computer program for air temperature prediction in extraction mine workings of deep mines that was developed on the basis of standardized documents is obtained. The program ensures possibility to substantiate and make engineering solutions with regard to air conditioning on extraction faces.

ВВЕДЕНИЕ

При обработке глубоких горизонтов шахт Донбасса основным способом предупреждения тепловых поражений работающих в выработках выемочных участков является обеспечение интенсивного их проветривания, на отдельных выемочных участках с экстремальными тепловыми условиями – применение искусственного охлаждения рудничной атмосферы.

Установление целесообразных горно-технических решений по тепловому фактору в конкретных условиях обработки глубоких горизонтов шахт, обоснование эффективных способов и средств регули-

рования теплового режима, в том числе искусственного охлаждения воздуха, возможны только на основе выполнения трудоемких вариантных тепловых расчетов протяженных сетей подводящих воздухоподающих выработок и непосредственно выработок выемочных участков.

В связи с вышеуказанным, настоящая статья, посвященная разработке программного обеспечения и выполнению тепловых расчетов горных выработок, соответственно решению одной из сложнейших проблем по регулированию микроклимата в глубоких шахтах, весьма актуальна.

Цель статьи – ознакомление широкого круга руководителей шахт и их специали-

стов, занимающихся вопросами улучшения тепловых условий в выработках глубоких горизонтов, с возможностью разработанного программного обеспечения тепловых расчетов выработок на персональных компьютерах. От решения проблемы борьбы с высокими температурами воздуха в глубоких шахтах зависит дальнейшее развитие угольной промышленности в Украине.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ВОПРОСАМ ПРОГНОЗА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

В настоящее время основным руководящим нормативным документом для проектных организаций и специалистов угольных шахт, занимающихся вопросами прогноза и регулирования теплового режима горных выработок, является разработанное МакНИИ СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011 «Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах» [1]. Последнее базируется, в основном, на известных ранее изданных отраслевых документах: «Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах» [2]; «Методика прогнозирования температурных условий в выработках вентиляционных горизонтов глубоких шахт» [3]. Разработка методики [3] была весьма актуальной, так как с переходом горных работ на более глубокие горизонты существенно возросла в тепловом балансе выработок выемочных участков доля теплопритоков из выработанного пространства лав.

Длительный опыт использования методик [2, 3] на практике (более 25 лет) показал, что наряду с удовлетворительной сходимостью прогнозных и фактических значений температуры воздуха в выработках выполнение расчетов из-за большого количества формул в этих методиках достаточно трудоемко, занимает большое количество времени и зачастую требует от инженерно-технического персонала специальных знаний и навыков. Для установления наиболее целесообразных технических

решений по улучшению тепловых условий в выработках выемочных участков глубоких горизонтов требуется проведение целого комплекса вариантных тепловых расчетов сетей горных выработок.

Для выполнения расчетов температуры воздуха в выработках необходимо располагать значительной по количеству параметров и значений базой исходных данных. Требующиеся исходные данные для расчетов выбираются и устанавливаются с учетом рекомендаций [1] и в соответствии проектно-технической документацией шахты, конкретного выемочного участка и горных выработок.

Основными исходными данными для тепловых расчетов по выемочным участкам являются: система разработки, схема проветривания, способ и средства выемки и транспортирования угля, характеристика выработок (длина, площадь и периметр поперечного сечения, вид крепи и др.), расход воздуха, наличие местных источников тепловыделений в выработках (машины и механизмы, другое электрическое оборудование), обводненность выработок, нагрузка на очистной забой и т.д.

Исходные данные для прогноза тепловых условий в сети горных выработок принимаются на основе технологического проекта, по данным геологических организаций, а также фактическим данным действующих горизонтов или соседних шахт. Анализ показывает, что даже весьма незначительная неопределенность в выборе исходных данных для выполнения теплового расчета может стать причиной значительных ошибок в определении температур рудничной атмосферы и требующейся холодильной мощности пунктов охлаждения воздуха в выработках, причем ошибки могут быть как в сторону занижения, так и завышения этой мощности.

РАЗРАБОТАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Для оперативного принятия технических решений по регулированию температурных условий в горных выработках выемочных участков зачастую требуется выполнение многочисленных вариантных тепловых расчетов. Для их оперативного выполнения разработана на основании нормативно-методических документов [2, 3] специальная компьютерная технология [4, 5].

Современный вид и содержание разработанного программного обеспечения расчета температуры условий в сети подводящих выработок и выработках выемочных участков [4, 5], с учетом результатов выполненных авторами обширных исследований в последующие годы по ее совершенствованию, приведены в настоящей статье.

Разработанная компьютерная технология представлена в среде Delphi v. 7.0. Область применения разработанной программы тепловых расчетов горных выработок на ПЭВМ распространяется на шахты, разрабатывающие пологие и наклонные угольные пласты [6].

При выполнении расчетов по конкретному выемочному участку сначала производится выбор модуля, соответствующего применяемой системе разработки угольного пласта и схеме проветривания выработок выемочного участка. Если требуется просчитать сеть подводящих воздухоподающих выработок шахты до конкретного выемочного участка, программа также позволяет это сделать. Последнее крайне необходимо при разработке комплекса мер по улучшению тепловых условий в выработках выемочных участков.

При расчете температур воздуха в сети подводящих к выемочному участку выработок со свежей струей воздуха на начальном этапе определяется модульный ряд вариантов подачи воздуха на проветривание очистного забоя. Принципиальная схема одного из вариантов сети горных выработок и последовательности соответствующих

этих расчетов температуры воздуха в них представлена на рис. 1. На данной схеме «стрелкой» показано направление свежей струи воздуха: 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5, 5 – 6, 6 – 7 – расчетные участки, соответствующие следующим выработкам: горизонтальный воздухоподающий квершлаг (1 – 2), горизонтальный воздухоподающий откаточный штрек (2 – 3), воздухоподающий наклонный ходок (3 – 4), участковый воздухоподающий откаточный штрек (4 – 5), лава (5 – 6) и участковый вентиляционный штрек (6 – 7).

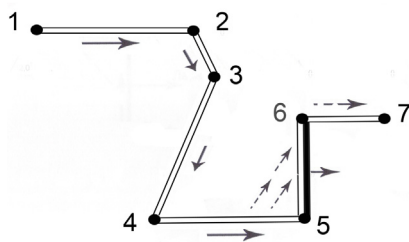


Рис. 1. Принципиальная схема расчета температур воздуха в сети горных выработок для рассматриваемого выемочного участка шахты

Все вводимые при последовательном расчете исходные данные по горным выработкам на отображаемых панелях проверяются в автоматическом режиме. Для каждого поля исходных данных в разработанной программе введены специальные ограничения.

При выполнении такого комплекса вариантных расчетов могут быть разработаны непосредственно инженерно-техническим персоналом шахт меры, направленные на улучшение тепловых условий в выработках работающих и планируемых к вводу в эксплуатацию высокотемпературных выемочных участков. В качестве направлений по определению вариантов расчетов могут быть рассмотрены и реализованы следующие: при существующей схеме вентиляции – увеличение расхода воздуха в выработках, в т.ч. в лавах с достижением скорости струи воздуха 4 м/с; при изменении

схемы проветривания выемочного участка, в т. ч. с подачей воздуха по планируемому к проведению новым (восстановленным) горным выработкам и др.

Процедура ввода исходных данных для выемочного участка позволяет вводить, редактировать и сохранять на диске параметры, которые характеризуют выемочный участок в целом. После ввода данных для выемочного участка производится последовательно расчет участковой воздухоподающей выработки, лавы и вентиляционной выработки с исходящей струей воздуха.

В окне вывода результатов находится выбранная принципиальная схема системы разработки и схемы проветривания выемочного участка, на которой по мере выполнения расчета указываются температуры воздуха в характерных пунктах и требующая холодильная мощность воздухоохладителей.

Процедура теплового расчета воздухоподающей выработки позволяет редактировать и сохранять на диске исходные данные, а также отображать результаты теплового расчета.

Расчет лавы позволяет определить температуру воздуха в лаве и температуру утечек воздуха через выработанное пространство.

Процедуры определения холодопотребности лавы и мощности воздухоохлаждающего устройства позволяют определить необходимую температуру в начале лавы для того, чтобы обеспечить заданную температуру воздуха в конце лавы. После этого задается удаление воздухоохладителя от лавы и расход воздуха через него. На основании этих данных, а также результатов расчета воздухоподающей выработки, определяется необходимая мощность воздухоохладителя и температура воздуха на входе и выходе из воздухоохладителя.

Процедура расчета теплового баланса позволяет проанализировать значения теплопритоков в выработку по источникам тепловыделений. На круговой диаграмме выдается сообщение о наличии источников

и процентном соотношении величин теплопритоков от этих источников.

При расчете теплового баланса учитываются теплопритоки от следующих источников: от горного массива; машин и механизмов с электроприводом; транспортируемого ископаемого; воды в водоотливной канавке; тепловыделения из выработанного пространства.

Форма теплового баланса участковой воздухоподающей выработки представлена на рис. 2.

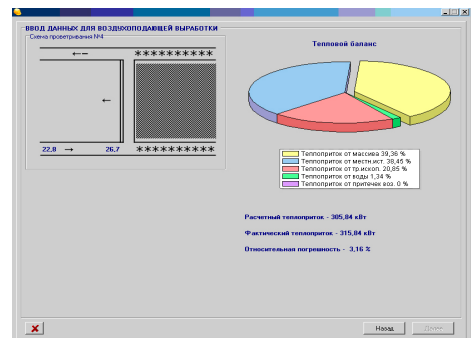


Рис. 2. Панель теплового баланса выработки

Кроме этого выводится абсолютная величина суммарного теплопритока от учтенных источников тепловыделений, абсолютная величина фактического теплопритока (по разности энтальпий в начале и конце выработки), а также относительная погрешность расчета теплового баланса выработки.

Исходными данными для процедуры расчета теплового баланса конкретной горной выработки являются результаты расчета температуры воздуха в данной выработке. Результаты расчета по выемочному участку могут быть проиллюстрированы на соответствующем графике и распечатаны (см. рис. 3).

Выполнение тепловых расчетов необходимо при разработке проектов новых и реконструируемых шахт, определении перспективных программ развития горных работ по пластам, планировании ввода в эксплуатацию новых выемочных участков,

разработке практических мер по улучшению теплового состояния шахтной атмосферы в выработках глубоких горизонтов [7].

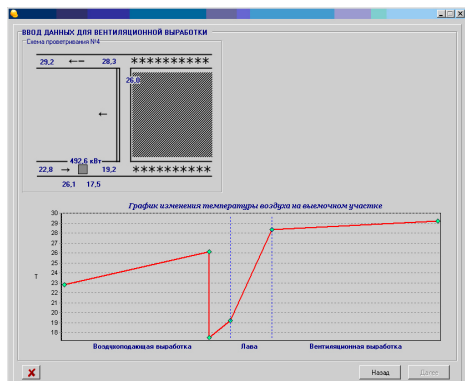


Рис. 3. Панель результатов теплового расчета выемочного участка

Рекомендуемая компьютерная программа соответствует в полной мере положениям выполнения тепловых расчетов горных выработок шахт разработанного МакНИИ в 2011 году отраслевого стандарта «Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах» и позволяет с достаточной степенью точности (см. табл.) решить следующие задачи: выполнить прогноз температуры воздуха в выработках выемочного участка при естественном режиме формирования климатических условий и применении искусственного охлаждения; определить холодопотребность лавы; рассчитать необходимую холодильную мощность оборудования для нормализации теплового режима в выработках в соответствии с требованиями ПБ. Возможно также определить температуру притока воздуха из выработанного пространства лавы при наличии утечек воздуха, рассчитать величины поступления тепла из него непосредственно в лаву и на вентиляционный штрек.

Внедрение компьютерной технологии прогноза температурных условий в выработках выемочных участков обеспечивает

возможность оперативной оценки по тепловому фактору горнотехнических решений и параметров разработки угольных пластов на глубоких горизонтах: системы разработки; направления перемещения очистного забоя; способа управления горным давлением; схем проветривания выемочного участка и лавы; способа и средств охраны участков выработок; расхода воздуха на выемочном участке; механизации очистных работ; длины выемочного поля, лавы; нагрузки на очистной забой и др.

Компьютерная программа позволяет разработать целесообразные практические действия шахт по улучшению и нормализации температурных условий в очистных забоях, в том числе с применением искусственного охлаждения воздуха на выемочных участках [7]; при этом определить параметры охлажденного воздуха, необходимую холодильную мощность средств охлаждения и оптимальный вариант размещения воздухоохладителей в воздухоподающих участках штреках. Из специальных мер программа позволяет для конкретных условий произвести оценку осушения участков воздухоподающих выработок, уменьшения (локализации) выноса тепла утечками воздуха из зоны выработанного пространства и ряда других мероприятий.

Разработанная компьютерная технология достаточно широко апробирована на глубоких шахтах Донецкого бассейна. Результаты практического использования компьютерной технологии на ряде шахт с глубиной разработки угольных пластов более 1000 м показали ее надежную работоспособность, точность и достоверность выполняемых прогнозных тепловых расчетов, преимущества оптимизации параметров разработки пластов по тепловому фактору. Обоснованный выбор рациональных с учетом теплового фактора технологических схем разработки пластов обеспечивает минимальные холодопотребности очистных забоев и затраты на кондиционирование воздуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ВЫРАБОТКАХ
ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ГЛУБОКИХ ШАХТ НА ПЭВМ

Таблица

Наименование шахты, горной выработки	Температура вме- щающих горных по- род, °С	Длина расчетного участка выработки, м	Замеренные значения те- пловых параметров воз- духа в выработке				Расчетное значение температуры воздуха в конце выработки, t_{2p} , °С	Отклонение расче- тного значения темпе- ратуры воздуха от замеренного, ($t_{2p} - t_2$), °С
			в начале		в конце			
			t_1 , °С	φ_1 , %	t_2 , °С	φ_2 , %		
Шахта «Красный партизан»								
Воздухоподающий штрек № 75 пл. κ'_5 – вост.	38,9	980	28,8	59	31,2	54	31,0	-0,2
Лава № 75 пл. κ'_5 – вост.	38,9/39,7	300	31,2	54	34,0	60	34,2	+0,2
Шахта «Прогресс»								
10-й бортовой ходок пл. h_8	39,2/36,6	550	28,8	87	31,4	85	31,4	0,0
9-я южная лава пл. h_8	36,6	220	31,4	85	33,6	88	33,8	+0,2
Шахта им. А.Г. Стаханова								
3-й южный конвейер- ный штрек южного уклона пл. l_3	42,3	650	27,8	78	30,2	74	30,1	-0,1
3-я южная лава южно- го уклона пл. l_3	42,1/40,6	280	30,2	73	33,5	82	33,3	-0,2
Шахта им. М.И. Калинина ГП «ДУЭК»								
Воздухоподающий штрек 2-й восточной лавы укл. поля цен- тральной панели пл. h_{10}	41,8	780	25,2	55	29,6	46	29,7	+0,1
2-я восточная лава укл. поля центральной панели пл. h_{10} (верх.)	41,8	115	29,6	46	32,4	51	32,6	+0,2

Программа проста в использовании, не требует от потребителя специальных навыков и знаний сложной теории теплообменных процессов в горных выработках. При выполнении тепловых расчетов с использованием данной программы на ПЭВМ требуется лишь правильный выбор и ввод исходных данных, характерных для шахты и выработок выемочного участка.

Положительные результаты использования компьютерной программы позволяют рекомендовать ее для более широкого применения работниками угольной про-

мышленности, занимающихся решением проблемы борьбы с высокими температурами воздуха в шахтах.

ВЫВОДЫ

Компьютерная технология прогнозирования температурных условий в выработках выемочных глубоких угольных шахт разработана на основании действующих в угольной промышленности Украины нормативных документов. Разработанная компьютерная программа позволяет с достаточной

степенью точности решить следующие задачи: выполнить прогноз температуры воздуха в выработках выемочного участка при естественном режиме формирования климатических условий и применении искусственного охлаждения воздуха; определить холодопотребность лавы; рассчитать необходимую холодильную мощность оборудования для нормализации теплового режима в выработках в соответствии с требованиями

ми Правил безопасности.

Компьютерная технология позволяет разрабатывать и осуществлять выбор рациональных по тепловому фактору горно-технических, технологических и специальных мер по регулированию теплового состояния рудничной атмосферы в очистных забоях при планировании ведения горных работ на больших глубинах.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011 Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах, 2011.

2. Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах. – Макеевка-Донбасс, 1979.

3. Методика прогнозирования температурных условий в выработках вентиляционных горизонтов глубоких шахт, Макеевка-Донбасс. – 1984.

4. Бобров А.И. Компьютерная технология выбора рациональных по тепловому фактору технологических решений разработки пологих пластов глубоких шахт / А.И. Бобров, А.А. Мартынов, С.Б. Тулуб // Горная промышленность на пороге XXI века: доклады 16-го Всемирного горного конгресса. – София, Болгария, 1994. – Т.4. – С. 119 – 124.

5. Мартынов А.А. Рациональные по тепловому фактору технологические схемы разработки пластов и компьютерная технология их выбора для конкретных условий глубоких шахт / А.А. Мартынов, А.К. Яковенко, Р.М. Саноцкий // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. научн. тр. МакНИИ. – 1996. – С. 107 – 116.

6. Мартынов А.А. Программное обеспечение расчета температуры воздуха на выемочных участках глубоких шахт / А.А. Мартынов, Н.В. Малеев, А.К. Яковенко // Уголь Украины. – 2011. – № 3. – С. 34 – 36.

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

ОБ АВТОРАХ

Малеев Николай Владимирович – д.т.н., начальник ГП «Донецкий экспертно-технический центр Госгорпромнадзора Украины».

Мартынов Авинер Анатольевич – к.т.н., начальник научно-исследовательского отдела промышленной безопасности и охраны труда ГП «Донецкий экспертно-технический центр Госгорпромнадзора Украины».

Яковенко Анатолий Кириллович – к.т.н., с.н.с. лаборатории кондиционирования рудничного воздуха Государственного Макеевского научно-исследовательского института по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ).

