

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

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕР БОРЬБЫ С ВЫСОКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ ВОЗДУХА В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ

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.

Ключевые слова: тепловые расчеты, глубокие шахты, горные выработки, программное обеспечение, рудничная атмосфера.

На достигнутых к настоящему времени многими шахтами Донбасса глубинах разработки ценных коксующихся и энергетических углей 1000–1400 м естественная температура горных пород составляет 40–52 °С. Температура воздуха в лавах, вентиляционных выработках с исходящей струей, подготовительных тупиковых забоях без осуществления эффективных специальных мер по ее снижению на указанных глубоких горизонтах шахт может достигать 32–34 °С и более.

Высокая температура рудничной атмосферы приводит к перегреву организма работающих, снижению уровня безопасности и производительности труда, а в наиболее тяжелых условиях нагревающего микроклимата – возникновению тепловых ударов. Работа в условиях неблагоприятного микроклимата в забоях и резкие при этом смены температур воздуха по длине шахтных вентиляционных маршрутов снижают устойчивость организма к инфекционным и простудным заболеваниям, способствуют развитию профессиональных болезней, которые становятся во многих случаях опасными для жизни горняков.

Дальнейшее развитие всех действующих шахт в регионе в перспективе так же будет происходить за счет освоения запасов угля на более глубоких горизонтах.

С углублением горных работ при недостаточном внимании к решению данной проблемы возникают ситуации, когда подготовительные работы и очистная выемка становятся затруднительными или невозможными из-за высоких температур воздуха в горных выработках.

Горное хозяйство действующих глубоких шахт, которые начинали работать на малых глубинах, складывалось без учета теплового фактора. С углублением горных работ в таких шахтах возникает необходимость пересмотра ряда традиционных горнотехнических решений в связи с необходимостью обязательного осуществления целого комплекса мер по регулированию температуры рудничной атмосферы.

В настоящее время основным руководящим нормативным документом для проектных организаций и специалистов угольных шахт, занимающихся вопросами прогноза и регулирования теплового режима горных выработок, является

ся разработанное МакНИИ СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011 «Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах» [1]. Последнее базируется, в основном, на отраслевых документах «Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах» [2] и «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 возросли в тепловом балансе выработок выемочных участков шахт доли теплопритоков из выработанного пространства лав [4].

Согласно методике [2] температура воздуха в горной выработке, проветриваемой за счет общешахтной депрессии, рассчитывается по следующим формулам

$$t_2 = t_1 B + \frac{1 - B}{A + \Delta\phi\Gamma} \left[E + \Delta\phi\Gamma\varepsilon^l + \frac{3600 \sum Q_M}{Gc_p} \pm L \sin \phi (\sigma T + 9,76 \cdot 10^{-3}) \right], \quad (1)$$

где

$$B = \left(\frac{1 + \Gamma\phi_1}{1 + \Gamma\phi_2} \right)^{\left(1 + \frac{A}{\Delta\phi\Gamma} \right)} \quad \text{при } \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1; \quad (2)$$

$$B = \exp \left(- \frac{A}{1 + \phi\Gamma} \right) \quad \text{при } \phi_1 = \phi_2 = \phi; \quad (3)$$

$$\Gamma = \frac{1542n^l}{P - p_n^{cp}}; \quad (4)$$

$$A = \frac{3600L(k_{\tau}U + k_{\tau T}U + 1,2k_{\tau}b)}{Gc_p}; \quad (5)$$

$$E = \left[\frac{k_{\tau}UL}{Gc_p} t_{\Pi} + \frac{k_{\tau}U_T L}{Gc_p} t_{ni}^l \right] + \frac{1,2k_{\tau}bL}{Gc_p} (t_{\Pi} - \Delta t^l); \quad (6)$$

$$T = \frac{3600k_{\tau T}U_T L [A + \Delta\phi\Gamma] - (1 + \Gamma\phi_1)(1 - \Gamma)}{Gc_p (A + 2\Delta\phi\Gamma)(1 - B)}, \quad (7)$$

где n^l, ε^l – коэффициенты уравнения аппроксимации зависимости давления насыщения водяных паров в воздухе от температуры, которые принимаются для ожидаемого диапазона изменения температуры воздуха в выработке [2].

Приведенные выше зависимости (1–7) по расчету температуры воздуха в горных выработках [2] без каких-либо существенных изменений представлены в разработанном МакНИИ в 2011 году отраслевым стандарте [1].

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 выполнения расчетов.

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, содержащихся в целом ряде отраслевых нормативных документов [2, 5], и в соответствии с проектно-технической документацией шахты и конкретного выемочного участка.

Исходные данные для расчета тепловых параметров воздуха в сети горных выработок принимаются на основе проектно-технической документации шахты, по данным геологической организации, а также фактических данным действующих горизонтов или соседних шахт. По данным геологической организации принимаются геотермические показатели шахтного поля, литологический состав, температура, теплофизические характеристики вмещающих горных пород и угольных пластов и другие характеристики [1].

Основными исходными данными по выемочному участку являются: система разработки, схема проветривания, способ и средства выемки и транспортирования угля, характеристика выработок (длина, площадь и периметр 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.

Относительная влажность воздуха в горных выработках, как исходная задаваемая характеристика, принимается при расчетах в зависимости от характеристик вмещающих горных пород и ожидаемого притока в них шахтной воды [2]: в выработках околоствольных дворов при отсутствии притоков воды – 0,5–0,7; при притоке воды до 5 м³/ч – 0,7–0,85; при притоке воды до 20 м³/ч – 0,85–0,95; при водопритоке более 20 м³/ч – 0,95–1,0; в основных воздухоподающих выработках при прогнозируемой сухой почве – 0,55–0,65; при влажной почве или капее на отдельных участках выработки – 0,7–0,8; в обводненных выработках – 0,8–0,9; в участковых воздухоподающих выработках с сухой почвой – 0,7–0,75; в выработках с конвейерным транспортом, влажной почвой или капеежом на отдельных участках – 0,8–0,9; в обводненных выработках – 0,9–0,95; в лавах в зависимости от вида выполненных в них работ (добыча, ремонт) и влажностного состояния вмещающего горного массива согласно табл. 1 [2].

Таблица 1

Средние значения относительной влажности воздуха в лавах

Вид работ в лаве	Относительная влажность воздуха на входе в лаву, д. ед.		Изменение относительной влажности воздуха на 100 м длины лавы, д. ед.	
	«сухие» лавы	«влажные»* лавы	«сухие» лавы	«влажные» лавы
Ремонтная смена	0,735	0,89	0,018	0,025
Добычная смена	0,705	0,88	0,038	0,033

* К влажным относятся лавы с повышенной естественной влажностью угольного пласта (более 5%); лавы, кровля и почва которых представлены породами, насыщенными гравитационной водой (капиллярной или свободной) или породами, обладающими большой водопроводящей или водоотдающей способностью (например, известняками).

Весьма незначительная неопределенность в выборе исходных данных для выполнения тепловых расчетов горных выработок, как показывает практика, может явиться причиной значительных ошибок в определении температуры воздуха в конкретной выработке (выработках), а в результате требующейся холодильной мощности оборудования для искусственного охлаждения воздуха. При этом ошибки могут быть как в сторону занижения, так и завышения холодильной мощности.

Для обоснованного принятия технических решений по регулированию температурных условий в горных выработках выемочных участков зачастую требуется выполнение целого комплекса вариантных тепловых расчетов.

Для оперативного выполнения тепловых расчетов горных выработок угольных шахт разработана на основании нормативных документов [2, 3] специальная компьютерная технология [6].

Современный вид и содержание разработанной программы прогнозирования температурных условий в выработках шахтной сети и выемочных участков с учетом результатов исследований в последнее десятилетие по ее совершенствованию полно охарактеризованы в работах [7, 8, 9].

Разработанная компьютерная технология представлена в среде Delphi v. 7.0 [7]. Область применения программы тепловых расчетов горных выработок на ПЭВМ распространяется на шахты, разрабатывающие пологие и наклонные угольные пласты [8].

При выполнении расчетов по конкретному выемочному участку сначала производится выбор модуля, соответствующего применяемой системе разработки угольного пласта и схеме проветривания выработок выемочного участка [7].

Все вводимые в последующем исходные данные на отображаемых панелях проверяются автоматически. Если введенное значение не отвечает требованиям, рядом с полем ввода отображается значок «!», сигнализирующий о некорректности этого значения, и одновременно блокируется кнопка расчета.

Процедура ввода исходных данных для выемочного участка позволяет вводить, редактировать и сохранять на диске параметры, которые характеризуют выемочный участок в целом [8].

После ввода данных для выемочного участка производится последовательно расчет участковой воздухоподающей выработки (выработок), лавы и вентиляционной выработки с исходящей струей воздуха.

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

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.

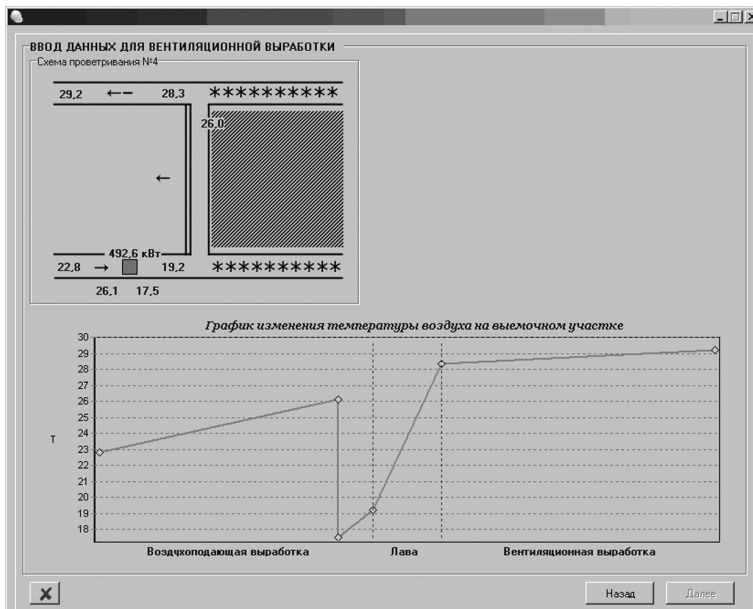


Рис. 2. Панель результатов теплового расчета выемочного участка

выемочных участков, разработке практических мер по улучшению теплового состояния рудничной атмосферы в выработках глубоких горизонтов.

Разработанное программное обеспечение соответствует в полной мере положениям отраслевого стандарта [1] и позволяет с достаточной степенью точности (табл. 2) решить следующие задачи: выполнить прогноз температуры воздуха в выработках выемочного участка при естественном режиме формирования климатических условий и применении искусственного охлаждения; определить холодопотребность лавы и необходимую холодильную мощность оборудования для нормализации теплового режима в выработках в соответствии с требованиями ПБ [10]. 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 участковых выработок; расхода воздуха на выемочном участке; механизации очистных работ; длины выемочного поля, лавы; нагрузки на очистной забой и др.

Рассматриваемое программное обеспечение позволяет производить тепловые расчеты сети шахтных воздухоподводящих выработок и выработок выемочных участков [9].

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.

Таблица 2

Результаты проверочных расчетов температуры воздуха в выработках выемочных участков глубоких шахт при использовании программного обеспечения

Наименование шахты, горной выработки	Температура вмещающих горных пород, °С	Длина расчетного участка выработки, М	Замеренные значения тепловых параметров воздуха в выработке				Расчетное значение температуры воздуха в конце выработки, t_{2p} , °С	Отклонение расчетного значения температуры воздуха от замеренного, $(t_{2p}-t_2)$, °С
			в начале		в конце			
			t_1 , °С	j_1 , %	t_2 , °С	j_2 , %		
Шахта «Красный партизан» ГП «Свердловантрацит»								
Воздухопод. штрек № 75 пл. к' ₅ -вост.	38,9	980	28,8	59	31,2	54	31,0	0,2
Лава № 75 пл. к' ₅ - вост.	38,9/39,7	300	31,2	54	34,0	60	34,2	+ 0,2
Шахта «Прогресс» ГП «Торезантрацит»								
10-й борт. 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 ГП «Красноармейскуголь»								
3-й южный конв. штрек пл. l_3	42,3	650	27,8	78	30,2	74	30,1	- 0,1
3-я южная лава 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»								
Воздухопод. штрек 2-й вост. лавы УПЦП пл. h_{10}	41,8	780	25,2	55	29,6	46	29,7	+ 0,1
2-я вост. лава УПЦП пл. h_{10}	41,8	115	29,6	46	32,4	51	32,6	+ 0,2

Принципиальная схема одного из вариантов сети горных выработок и последовательности соответствующих расчетов температуры воздуха в них представлена на рис. 3.

На данной схеме «стрелкой» показано направление свежей струи воздуха, 1–2, 2–3, 3–4, 4–5, 5–6, 6–7 – расчетные участки, соответствующие, например, 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).

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

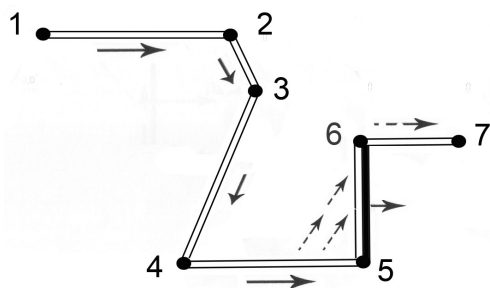


Рис. 3. Принципиальная схема расчета температур воздуха в сети горных выработок шахты

По результатам выполнения 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 по конкретному выемочному участку могут быть рассмотрены следующие: при существующей схеме вентиляции с увеличенным расходом воздуха в выработках, в т.ч. в лавах (при скорости 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.

Компьютерная программа позволяет рассчитать требующиеся тепловые параметры и соответственно в последующем обоснованно разработать целесообразные практические действия шахт по улучшению и нормализации тепловых условий в очистных забоях, в том числе с применением искусственного охлаждения воздуха на выемочных участках [7, 9]. При этом определить параметры охлажденного воздуха, необходимую холодильную мощность средств охлаждения и оптимальный вариант размещения воздухоохладителей в воздухоподающих участковых штреках.

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 оперативной оценки 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 [8, 9].


Программа проста в использовании, не требует от потребителя специальных навыков и знаний сложной теории тепломассообменных 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 широкого применения работниками угольной промышленности, занимающихся проблемой борьбы с высокими температурами воздуха в шахтах.

Компьютерная технология позволяет рассчитывать тепловые параметры, которые на последующем этапе являются обоснованной базой при проектировании комплекса горнотехнических, технологических и специальных мер [11] по регулированию теплового состояния рудничной атмосферы в очистных забоях при планировании ведения горных работ на больших глубинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах.* СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011. – Макіївка, 2011. – 188 с.
2. *Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах /* Под ред. В.А. Кузина, Н.Н. Хохотвы. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1979. – 189 с.

3. Методика прогнозирования температурных условий в выработках вентиляционных горизонтов глубоких шахт. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ., 1984. – 61 с.
4. Кузин В.А., Пучков М.М., Мартынов А.А. Теплообмен между утечками воздуха и обрушенными породами выработанного пространства / Вопросы вентиляции, охлаждения воздуха, борьбы с пылью и контроль рудничной атмосферы в шахтах: сборник научных трудов. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1981. – С. 25–28.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
6. Бобров А.И., Мартынов А.А., Тулуб С.Б. Компьютерная технология выбора рациональных по тепловому фактору технологических решений разработки пологих пластов глубоких шахт / Горная промышленность на пороге XXI века: Доклады 16-го Всемирного Горного Конгресса. – София, Болгария, 1994, т. 4. – С. 119–124.
7. Мартынов А.А., Малеев Н.В., Яковенко А.К. Программное обеспечение расчета температуры воздуха на выемочных участках глубоких шахт // Уголь Украины. – 2011. – № 3. – С. 34–36.
8. Морев А.М., Мартынов А.А., Малеев Н.В., Яковенко А.К. Программное обеспечение расчета температуры воздуха в выработках выемочных участков глубоких шахт // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 1. – С. 53–57.
9. Малеев Н.В., Мартынов А.А., Яковенко А.К. Расчеты температуры воздуха в сети подводящих выработок и на выемочных участках глубоких горизонтов шахт на ПЭГИМ / Розробка родовищ 2014: щорічний науково-технічний збірник / редкол.: В.І. Бондаренко та ін.. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – С. 423–429.
10. Правила безпеки у вугільних шахтах. НПАОП 10.0-1.01-10. – К., 2010. – 432 с.
11. Мартынов А.А., Малеев Н.В., Яковенко А.К. Комплексный подход в решении проблемы высоких температур воздуха в выработках глубоких шахт / Школа подземной разработки. Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Днепропетровск: НГУ, 2012. – С. 39–47. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мартынов Авинер Анатольевич¹ – кандидат технических наук, начальник отдела, e-mail: aviner.martynov@gmail.com,

Малеев Николай Владимирович¹ – доктор технических наук, начальник,

Яковенко Анатолий Кириллович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,

Государственный Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ), Украина,

¹ Донецкий экспертно-технический центр Госгорпромнадзора Украины, Донецк, Украина.

UDC 622.413

THERMAL DESIGN SOFTWARE FOR HIGH TEMPERATURE CONTROL IN DEEP MINES

Martynov A.A.¹, Candidate of Technical Sciences, Head of Department, e-mail: aviner.martynov@gmail.com,

Maleev N.V.¹, Doctor of Technical Sciences, Head,

Yakovenko A.K., Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, State Makeevka Science and Research Institute of Mining Industry Safety, 86108, Makeevka, Ukraine,

¹ Donetsk Expert and Technical Center, State Service of Mining Supervision and Industrial Safety of Ukraine, 83017, Donetsk, Ukraine.

A computer program is presented for prediction of air temperature in stopes of deep coal mines, which is developed on the basis of normative documents applicable in the industry. The program ensures a possibility to substantiate and make engineering solutions with regard to air conditioning in stopes.

Key words: thermal calculations, deep mine, mining software, mine atmosphere.

REFERENCES

1. *Prognozuvannya ta normalizacija teplovyh umov u vugil'nyh shahtah*. SOU-N 10.1.00174088.027:2011 (Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах. СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011), Makii'vka, 2011, 188 p.
2. *Edinaya metodika prognozirovaniya temperaturnykh usloviy v ugol'nykh shakhtakh*. Pod red. V.A. Kuzina, N.N. Khokhotvy (Uniform procedure for temperature conditions forecasting in coal mines. Kuzin V.A., Khokhotva N.N. (Eds.)), Makeevka-Donbass, MakNII, 1979, 189 p.
3. *Metodika prognozirovaniya temperaturnykh usloviy v vyrabotkakh ventilyatsionnykh gorizontov glubokikh shakht* (Temperature forecasting procedure for vent horizons in deep coal mines), Makeevka-Donbass, MakNII, 1984, 61 p.
4. Kuzin V.A., Puchkov M.M., Martynov A.A. *Voprosy ventilyatsii, okhlazhdeniya vozdukhha, bor'by s pyl'yu i kontrol' rudnichnoy atmosfery v shakhtakh: sbornik nauchnykh trudov* (Issues of ventilation, air cooling, dust control and air control in mines, Collection of scientific papers), Makeevka-Donbass, MakNII, 1981, pp. 25–28.
5. *Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugol'nykh shakht* (Guideline on coal mine ventilation design), Kiev, Osnova, 1994, 311 p.
6. Bobrov A.I., Martynov A.A., Tulub S.B. *Gornaya promyshlennost' na poroge XXI veka: Doklady 16-go Vsemirnogo Gornogo Kongressa* (Mining industry on the edge of the 21st century: 16th World Mining Congress Proceedings), Sofiya, Bolgariya, 1994, vol. 4, pp. 119–124.
7. Martynov A.A., Maleev N.V., Yakovenko A.K. *Ugol' Ukrainy*. 2011, no 3, pp. 34–36.
8. Morev A.M., Martynov A.A., Maleev N.V., Yakovenko A.K. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2012, no 1, pp. 53–57.
9. Maleev N.V., Martynov A.A., Yakovenko A.K. *Rozrobka rodovyshh 2014: shhorichnyy naukovotekhnichnyy zbirnyk; redkol.: V.I. Bondarenko ta in.* (Розробка родовищ 2014: щорічний науково-технічний збірник; редкол.: В.І. Бондаренко та ін.), D., TOV «LizunovPres», 2014, pp. 423–429.
10. *Pravyla bezpeky u vugil'nyh shahtah. NPAOP 10.0-1.01-10* (Правила безпеки у вугільних шахтах. НПАОП 10.0-1.01-10), Kiev, 2010, 432 p.
11. Martynov A.A., Maleev N.V., Yakovenko A.K. *Shkola podzemnoy razrabotki. Materialy VI Mezhdunardnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (School of underground mining. Proceedings of VI International Scientific-Practical Conference), Dnepropetrovsk, NGU, 2012, pp. 39–47.



РИСУЕТ НАТАЛЬЯ МОЙСЕЕВА



Откуда корове знать какую функцию она выполняет?