

2. Среди органолептических методов оценки технического состояния механизмов наиболее широко распространённым в повседневной практике является звуковая диагностика, основанная на анализе шумов, возникающих при работе механизма или вызываемых искусственно - путем простукивания металлических частей механизма.

3. Качество органолептической звуковой диагностики существенно зависит от подготовленности и опыта механика. В связи с этим актуальным направлением дальнейших исследований является разработка комплексных рекомендаций по использованию органолептической звуковой диагностики в сочетании с автоматизированными средствами контроля технического состояния механизмов.

Список литературы

1. Элькин И.Л. Испытания угледобывающих машин / И.Л. Элькин, С.С. Казаков, Г.Е. Шевченко. – М.: Недра, 1980. – 287 с.
2. Кравченко В.М. Техническое обслуживание и диагностика промышленного оборудования / В.М. Кравченко. – Донецк: ООО «Юго – Восток Лтд», 2004. – 504 с.
3. Кравченко В.М. Техническое диагностирование механического оборудования / В.А. Сидоров, В.Я. Седуш - Донецк: «Юго-Восток», 2009.- 459 с.
4. Биргер И.А. Техническая диагностика /И.А. Биргер. - М.: Машиностроения, 1978. - 240 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Самусею В.І.
Надійшла до редакції 11.05.11*

УДК 622.272.3: 622.418: 628.518

© О.А. Бойко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕНА В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКЕ С ТЕПЛОУРАВНИВАЮЩЕЙ ОБОЛОЧКОЙ

Розроблений аналітичний метод розрахунків припливу тепла з гірського масиву в розташовану в ньому виробку, що враховує формування циліндричної теплоізолюючої оболонки гірських порід навколо виробки за рахунок їх теплопровідності. Із застосуванням Mathcad 11 Enterprise визначений термічний опір теплоізолюючих оболонок тепловому потоку й розраховані величини питомого теплового потоку для основних типів гірських порід глибоких горизонтів (піщанику, сланців і вапняку). Запропоновані для використання деякі способи й засоби зниження припливу тепла гірського масиву у виробку.

Разработан аналитический метод расчета притока тепла из горного массива в расположенную в нем выработку, учитывающий формирование цилиндрической теплоуравнивающей оболочки горных пород вокруг выработки за счет их теплопроводности. С применением MathCAD 11 Enterprise определено термическое сопротивление теплоуравнивающих оболочек тепловому потоку и рассчитаны величины удельного теплового потока для основных типов горных пород глубоких горизонтов (песчаника, сланцев и известняка). Предложены для использования некоторые способы и средства снижения притока тепла горного массива в выработку.

Developed suitable for the engineering technique an analytical method for calculating the heat flow from the mountain, located in its production, taking into account the formation of a cylindrical

heat equalizing shell of rocks around headings due to their thermal conductivity. Using MathCAD 11 Enterprise is defined thermal resistance of heat equalizing shell for heat flux and calculated values of specific heat flux for the main types of rocks deep horizons (sandstone, shale and limestone) during cooling of the rock mass moving in the elaboration of different air flow rate. Author proposes to use some of the ways and means of reducing heat flow in the production of the massif.

Проведение горных выработок на глубоких горизонтах шахт Донбасса сопряжено с большими трудностями, связанными с высокой естественной температурой горных пород, интенсивным тепловыделением в горную выработку, малым расходом воздуха, подаваемого в забой подготовительной выработки, и отсутствием достаточно мощных передвижных кондиционеров для охлаждения воздуха. Особые сложности возникают при скоростном проведении длинных горных выработок. В ФРГ на шахте «Виктория 1/2» потребовалось в короткий срок пройти по породам с естественной температурой 49°C квершлаг длиной 4100 м площадью поперечного сечения 28 м^2 . Проходка осуществлялась комбайном бурового действия фирмы «Демаг». Суммарная мощность электродвигателей оборудования в призабойной части выработки составляла 1100 кВт. Для обеспечения нормальных условий труда в забое потребовалось подавать воздух по трубопроводу диаметром 1,2 м., установить на расстоянии не более 30 м от забоя 2 воздухоохладителя холодопроизводительностью по 233 кВт каждый, создать 2 каскада воздухораспределительных устройств на расстоянии 7 и 16 м от забоя и установить водяной ороситель и 2 пылеотсасывающих установки «Ротовент» для отсоса запыленного воздуха от режущей головки комбайна. Эта мощная техника смогла обеспечить температуру воздуха в призабойной части выработки 28°C при скорости проходки 20-23 м в сутки. К сожалению, нет сведений о расходе воды на орошение, но и так ясно, что суммарное тепловыделение в призабойной части превышало 466 кВт. Публикация не содержит сведений о характере изменения температуры воздуха по длине пройденной выработки.

В шахтах Украины такие рекорды проходки не ставились из-за отсутствия соответствующей техники и возможности разместить ее в выработке вдвое меньшего поперечного сечения. У автора статьи, занимающегося расчетными обоснованиями перспективных методов нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт Донбасса, возник вопрос, в какой степени разработки НГУ по нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт Донбасса могут заменить описанный выше комплекс горной техники, в частности, какой эффект может обеспечить применение ускоренного формирования теплоуравнивающей оболочки (ТО) вокруг проводимой горной выработки. Опубликованные школой академика А. Н. Щербаня сведения об этих оболочках весьма скромные. В опубликованных нами работах [1,2,3] рассмотрены оболочки большого диаметра (20м). Формирование таких оболочек в период проходки невозможно. Желание получить возможную информацию об оболочках сравнительно небольшой толщины, которые могут быть сформированы в сравнительно короткий срок в процессе проходки горных выработок, явилось целью выполнения излагаемых ниже результатов исследований.

Исходные условия решаемых задач: квершлаг площадью поперечного сечения 14м² проходится по типовым для глубоких горизонтов Донбасса горным породам - песчанику, песчанистым сланцам и известняку. Примем условие, что охлаждение горного массива по трассе проходки осуществляется охлажденной водой с применением опережающей скважины. Схема такой системы приведена в [4]. Эквивалентный диаметр выработки составляет 4 м, толщина сформированной оболочки до 2 м.

Цель теплового расчета - установить величину извлечения тепла из горного массива в зоне ТО, величину термического сопротивления горного массива, суммарную величину термического сопротивления удельному тепловому потоку из горного массива в атмосферу выработки и на их основе определить необходимое количество холода для формирования ТО заданного радиуса в породах соответствующего типа в период проходки выработки, а также подачу холода в выработку для поддержания постоянного температурного режима на протяжении всего срока ее службы при отработке запасов угля вскрытой части пласта.

В целом, для достижения поставленной задачи требуется исследовать функцию вида:

$$q := f(\lambda, c, F, \varepsilon, G, w, tp, tv, R_0, d, a, \Delta). \quad (1)$$

где q -удельный тепловой поток, λ - коэффициент теплопроводности горной породы, c -теплоемкость породы, F - площадь поперечного сечения выработки, ε – коэффициент шероховатости стенки выработки, G -объемный вес горной породы, w - скорость движения воздуха, tp -естественная температура горной породы, tv - температура охлаждающей среды (воды или воздуха), R_0 (либо r_1) -эквивалентный радиус выработки, d -внешний диаметр (либо r_2 -радиус) теплоуравнивающей оболочки, a -коэффициент температуропроводности горной породы, Δ - толщина термоизоляции.

Для решения поставленной задачи методом математического моделирования нами используется система MathCAD 11 Enterprise Edition, в программу которой включены упомянутые выше исходные параметры и необходимые расчетные аналитические зависимости.

Результаты расчетов выдаются компьютером в табличной форме и в виде графиков. Ограниченный объем статьи дает возможность привести лишь некоторые результаты расчетов, дающие представление о порядке решения упомянутого выше комплекса задач. Естественная температура пород горного массива на проектной глубине ведения горных пород определена по стандартной методике прогноза температуры горных пород, разработанной МакНИИ, на основании проектной глубины ведения горных работ и геотермической ступени для региона расположения шахты. Изменение температур по радиусу теплоуравнивающей оболочки принято подчиняющимся логарифмическому закону распределения температур в цилиндрической оболочке

$$f1(r) := tp1 - (tp1 - tv) \cdot \frac{\ln(r/r2)}{\ln(r1/r2)} \quad (2)$$

с внутренним радиусом, равным эквивалентному радиусу выработки, и внешним, равным расчетному или принятому диаметру ТО. Температура на внутренней поверхности принята равной нормативной температуре воздуха в выработке, а на внешней границе ТО - равной естественной температуре горного массива на расчетной глубине. Шахта расположена в Донецко-Макеевском районе. Естественная температура горных пород подсчитана для горизонтов от 1300 до 1800 м с интервалом 100 м.

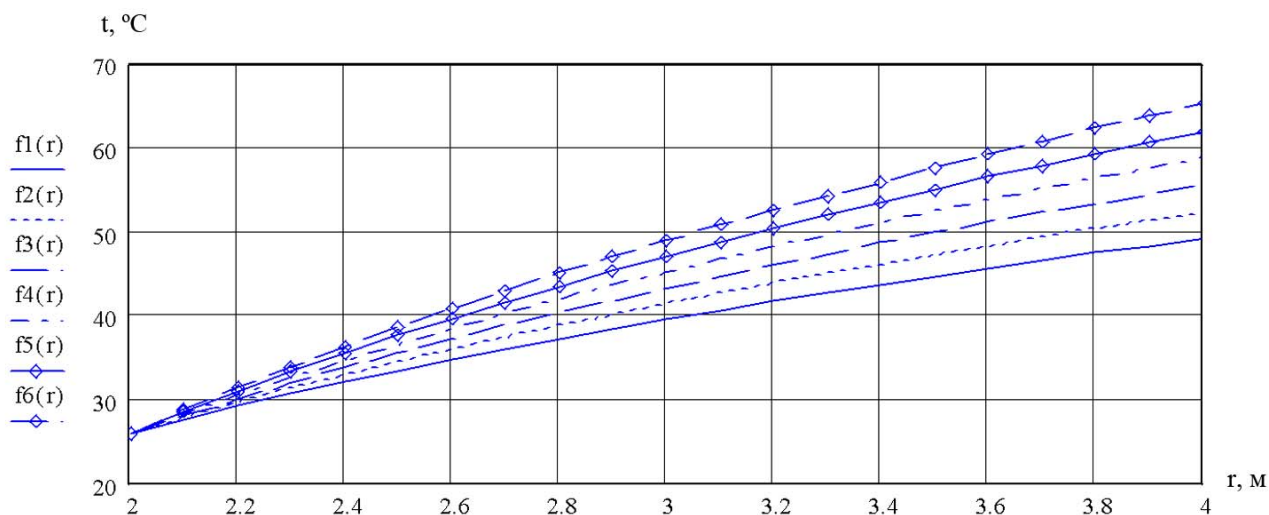


Рис.1. Изменение температуры в теплоуравнивающей оболочке для глубин ведения горных работ: 1300м-f1(r); 1400м-f2(r); 1500м – f3(r); 1600м – f4(r); 1700 м – f5(r); 1800м-f6(r)

Сохраняя принятую на рис.1 разбивку для теплоуравнивающей оболочки – 10 коаксиальных цилиндров толщиной по 0,2 м, определим для каждого из них величину отведенного количества тепла при формировании теплоуравнивающей оболочки. Количество отведенного тепла определяется как произведение массы соответствующего коаксиального цилиндра на теплоемкость породы и величину изменения температуры по зависимости (3):

$$f7(r) := 2 \cdot \pi \cdot c \cdot G \cdot (tp1 - f1(r)) \cdot \int_{r1}^r r dr, \quad (3)$$

где c - массовая теплоемкость породы;

G - объемный вес породы;

$tp1$ - естественная температура породы;

$f1(r)$ - расчетная температура по зависимости (2).

Интеграл определяет площадь сечения соответствующего коаксиального цилиндра, а поскольку расчет ведется для отрезка выработки единичной длины (1 м), то вычисленная величина равна объему цилиндра. На рис.2 приведены величины распределения количества тепла, подлежащего выносу из массива теплоуравнивающей рубашки в песчанике для расчетных глубин ведения горных пород. По оси абсцисс отложена величина радиуса ТО.

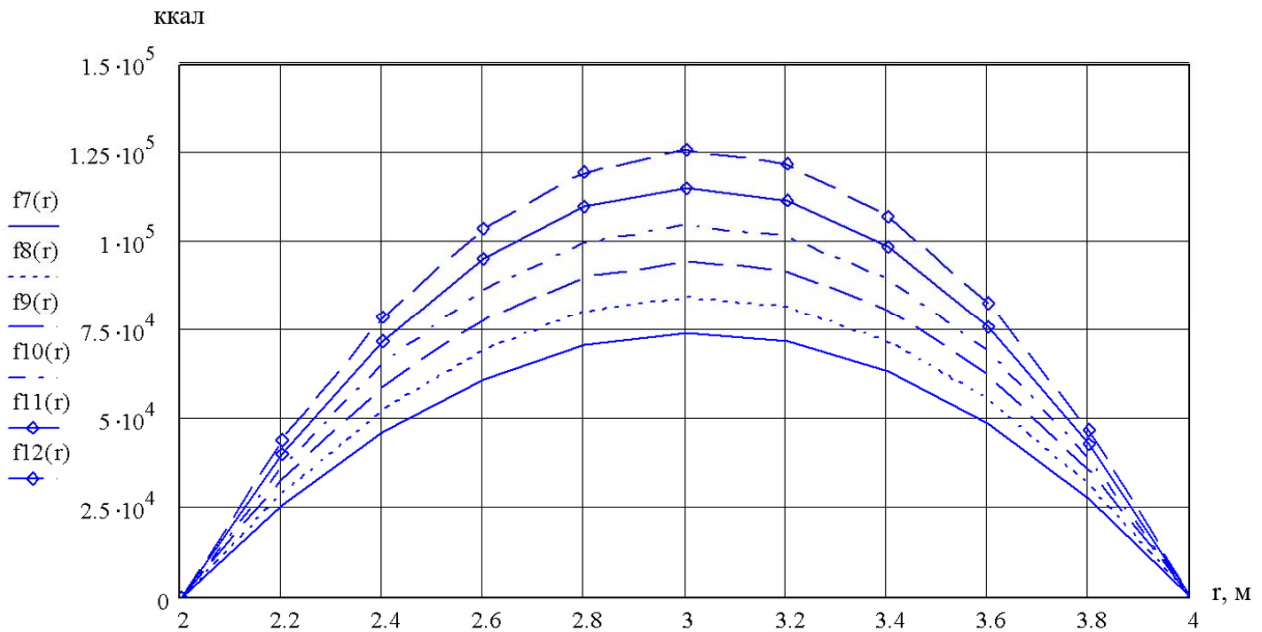


Рис.2. Изменение количества тепла, подлежащего выносу из горного массива для формирования теплоуравнивающей оболочки вокруг горной выработки в песчанике на глубине ведения горных работ: f7(r)-1300, f8(r)-1400, f9(r) -1500, f10(r)-1600, f11(r)- 1700, f12(r)- 1800 м

Для определения суммарного количества тепла, подлежащего выносу при формировании отрезка оболочки единичной длины, необходимо произвести суммирование распределенных по радиусу величин количества тепла. Эта операция выполнена с помощью функции:

$$s2(r) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 2, 2.2..r \\ s \leftarrow f8(i) + s \end{cases} \quad (4)$$

Результаты расчета приведены на рис. 3.

Термическое сопротивление теплоуравнивающей оболочки определяется зависимостью

$$f1(r) := \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda p}{\ln\left(\frac{r}{r1}\right)}, \quad (5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности горной породы;

r и r_1 - соответственно текущий и максимальный расчетный радиусы теплоуравнивающей оболочки.

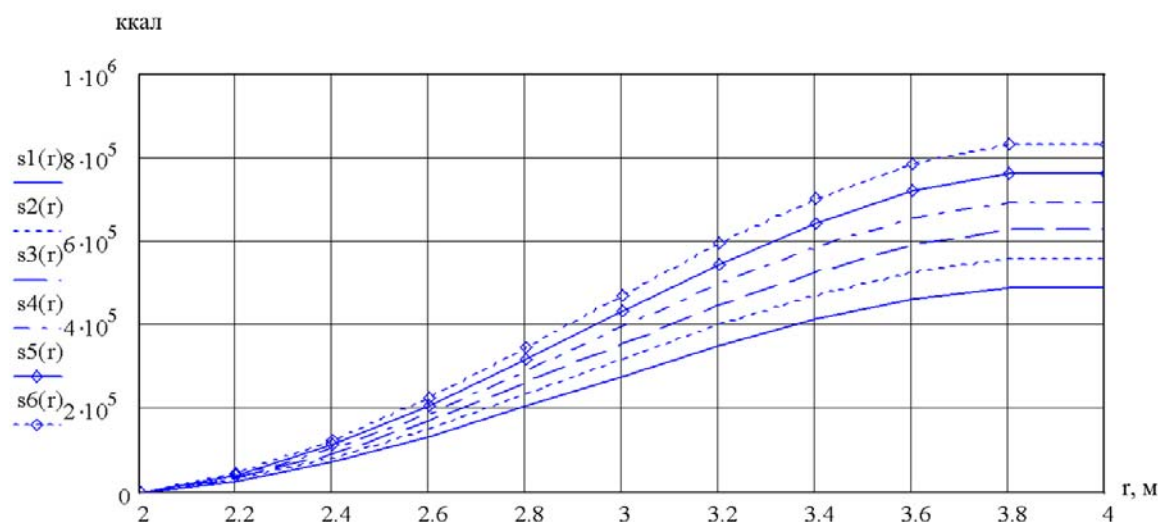


Рис.3. Характер распределения суммарного количества тепла, подлежащего выносу при формировании теплоуравнивающей оболочки вокруг отрезка горной выработки единичной длины на горизонте: $s1(r)$ -1300, $s2(r)$ -1400, $s3(r)$ -1500, $s4(r)$ -1600, $s5(r)$ -1700, $s6(r)$ -1800 м

Характер изменения термического сопротивления теплоуравнивающей оболочки в функции ее толщины (радиуса), подсчитанного по зависимости (5) для типовых пород глубоких горизонтов шахт Донбасса представлен на рис.4.

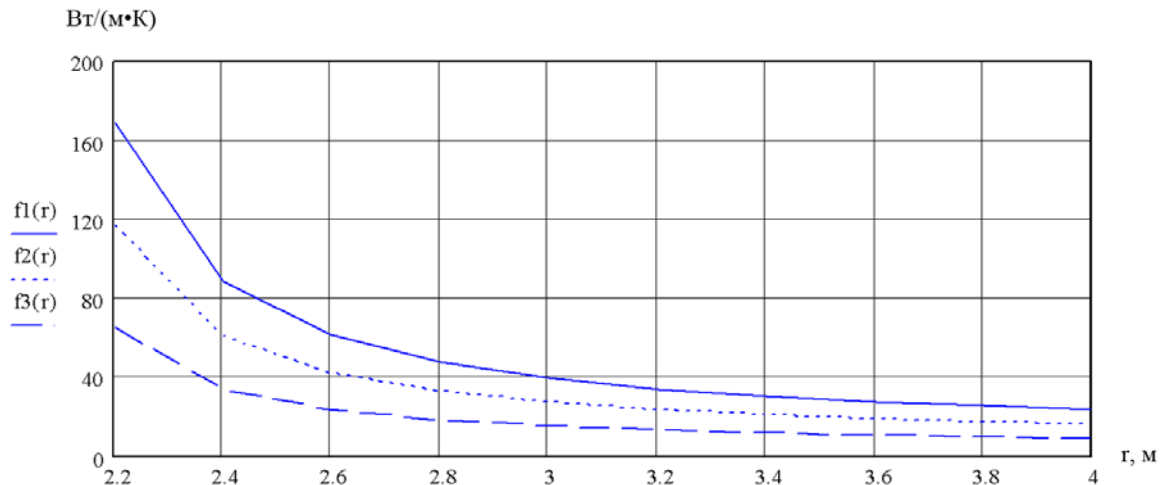


Рис.4. Изменение величины термического сопротивления ТО единичной длины в функции радиуса:
 $f1(r)$ -для песчаника, $f2(r)$ -для сланца, $f3(r)$ -для известняка

Наличие сведений о характере изменения термического сопротивления теплоуравнивающей оболочки является полезной информацией, но полученные расчетные величины будут действительными не во всех случаях. Причина этого кроется в том, что горная порода не всегда является конечным звеном в цепи передачи тепла, в подавляющем большинстве случаев после проходки выработки тепло

горного массива передается проветриваемому горную выработку воздуху. В этом случае интенсивность передачи тепла в значительной степени зависит от скорости движения воздуха, существенно влияющей на коэффициент теплоотдачи стенки горной выработки контактирующей с ней среде. Здесь играет большую роль степень турбулизации охлаждающего потока, его температура и теплоемкость. неподвижный воздух оказывается хорошим препятствием на пути теплового потока. В период проходки горной выработки теплоуравнивающая оболочка эффективно передает тепло, а ее термическое сопротивление имеет расчетную величину, показанную на графиках рис.5, только в том случае, если порода контактирует с водой. Поэтому требуется максимально использовать орошение стенок горной выработки в период, пока она не закрыта деревянной затяжкой или крепью.

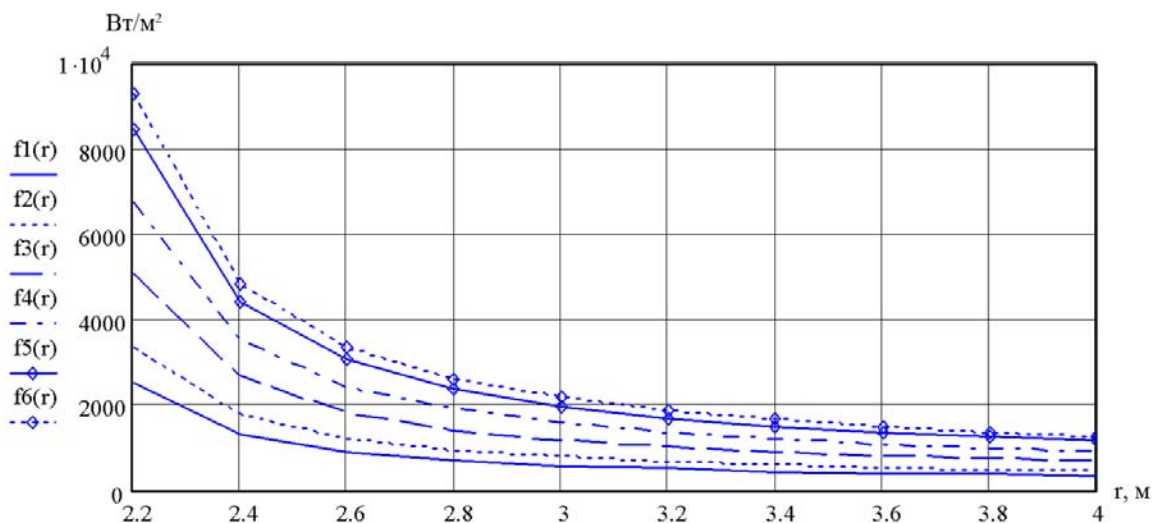


Рис.5. Предельная величина удельного теплового потока в функции естественной температуры горных пород и радиуса ТО в песчанике

В горной теплофизике имеется специальный термин, который показывает, какое количество тепла поступает в горную выработку с одного квадратного метра стенки. Носит он название удельного теплового потока. Как и в выполненных выше расчетах, воспользуемся аналитической зависимостью, вывод которой не приводится в статье. В списке литературы в конце статьи содержатся сведения о дополнительных параметрах и закономерностях, использованных в расчетах и некоторые выкладки формул [5,6]

$$f_1(r) := \frac{2\pi \cdot \lambda p (t_{p1} - t_v)}{\ln\left(\frac{r}{r_1}\right)} \quad (6)$$

Выводы.

1. Опыт развитых стран, ведущих горные работы по добыче золота, алмазов, угля и руд на больших глубинах, свидетельствует о том, что проходка тупиковых горных выработок является одним из сложнейших процессов горной технологии, требующих применения сложной горной техники для ведения технологического процесса проведения горных выработок, специальной техники обеспечения ком-

фортных условий труда. Факторами опасности этих работ являются ядовитые газы взрывчатых веществ, пыль, высокая температура, а также механический травматизм из-за стесненного рабочего пространства.

2. Основой нормализации микроклимата подготовительных горных выработок в период их строительства являются мощные системы кондиционирования воздуха и эффективная вентиляция.

3. Подготовительные выработки зарубежных шахт и рудников имеют в 2-2,5 раза большие сечения горных выработок по сравнению с типовыми горными выработками шахт Донбасса, что позволяет применить в период строительства трубопроводы большого диаметра, подавать значительные объемы воздуха на проветривание и обеспечивать доставку значительного количества холода в забои.

4. Развитые страны, как правило перешли на выпуск шахтных холодильных установок, использующих винтовые компрессоры. Это позволяет обеспечивать холодом проходку мощными компактными холодильными установками, применять системы обдува свежееобнаженных поверхностей горных пород и снижать температуру окружающих горных пород.

5. Украина не производит холодильной техники для систем центрального кондиционирования воздуха в глубоких шахтах, но начала пионерную проработку водоохлаждающей холодильной машины на основе винтового компрессора холодопроизводительностью 1 МВт.

6. Предварительная оценка параметров охлаждения горного массива способами и средствами, разработанными в НГУ – способа охлаждения горных пород по трассе проходки выработки опережающей забой скважиной, защиты горнорабочих от перегрева с помощью радиационного кондиционера, оросительное охлаждение стенок горных выработок за экраном кондиционера – способны создать нормальные условия труда в подготовительной горной выработке. Применение на проходке созданной ООО "Холодмаш" холодильной машины МХРВ-1 позволит обеспечить холодом проходку подготовительной выработки любой длины, заменив группу из 6-8 кондиционеров КПШ. Доставка холода охлажденной водой создает благоприятные условия для формирования ТО выработки

7. Анализ характера изменения распределения температур в горном массиве теплоуравнивающей оболочки показывает, что интенсивность притока тепла в горную выработку снижается в 4-5 раз уже при толщине теплоуравнивающей оболочки в 1 метр, поэтому не потребуются больших количеств воды для извлечения и выноса тепла горного массива ТО.

8. Проводимые в Украине работы по обеспечению нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт следует ориентировать на применение новых разрабатываемых в стране способов ведения горных работ с применением технологий, ориентированных на извлечение тепла недр Земли. Система нормализации тепловых условий при проведении горных выработок должна предусматривать извлечение и использование тепла горного массива для технологических и утилитарных целей.

Список литературы

1. Бойко В. А. Разработка способа и средств формирования теплозащитной оболочки горных выработок глубокой шахты и оценка влияния ее параметров на теплоприток из горного массива //Мат. международной конференции “Форум горняков 2009”, секция “Рудничная аэрология и безопасность труда” / В. А. Бойко, О. А. Бойко. – Д.: НГУ, 2009. – С. 57-73.
2. Бойко В.А. Проблема нормализации микроклимата глубоких шахт Донбасса, способы и средства ее решения //Мат. международной конференции “Форум горняков 2009”, секция “Строительство шахт и подземных сооружений” / В. А. Бойко, О. А. Бойко. – Д.: НГУ, 2003. – С. 142-153.
3. Бойко В. А. Оценка теплового потенциала горного массива глубокой шахты Донбасса и возможностей типовой схемы нормализации условий труда //Сборник научных трудов НГУ №16 / В. А. Бойко, О. А. Бойко. – Д.: РВК НГУ, 2003. – С. 113-124.
4. Бойко В. А. Способ и средства нормализации микроклимата горных выработок глубоких шахт в период их строительства //Збірник наукових праць НГУ №32 / В. А. Бойко, О. А. Бойко. – Д.: РВК НГУ, 2009. – С. 214-225
5. Бойко В. А. Способ ускоренного формирования теплоуравняющей рубашки горной выработки глубокой шахты //Збірник наукових праць НГУ №33, Т.2 /В. А. Бойко, О. А. Бойко. – Днепропетровск: РВК НГУ, 2009. – С. 113-125
6. Бойко В. А., Бойко О. А. Аналитическая оценка системы охлаждения горного массива глубокой шахты с применением скважины, опережающей забой горной выработки //Науковий вісник НГУ №11-12 / В. А. Бойко, О. А. Бойко. – Д.: РВК НГУ, 2010. – С.106-113.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голінком В.І.
Надійшла до редакції 24.05.11*

УДК 504.064

© Н.О. Непошивайленко, О.В. Зберовський, О.О. Карпенко,
А.В. Галата, Т.К. Клименко

КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

Обґрунтовано використання інформаційних технологій під час моніторингу стану довкілля урбанізованих територій. Наведено приклади комплексного дослідження забруднення чи зміни якості атмосферного повітря, фізичного, геологічного, гідрогеологічного та біологічного середовища у місті Дніпродзержинську за допомогою програмного забезпечення *ArcGIS Desktop*. З використанням *ArcGIS* відпрацьована технологія складання відповідних шарів електронних карт.

Обосновано использование информационных технологий для мониторинга состояния окружающей среды урбанизированных территорий. Приведены примеры комплексного исследования загрязнения или изменения качества атмосферного воздуха, физической, геологической, гидрогеологической и биологической среды в городе Днепродзержинске с помощью программного обеспечения *ArcGIS Desktop*. С использованием *ArcGIS* отработана технология составления соответствующих слоев электронных карт.

Motivated use information technology for monitoring the condition surrounding ambiances industrial populated points. Cite an instance complex study of the contamination or change quality atmospheric air, physical, geological, underground and biological ambience in city Dneprodzerzhinske by means of software *ArcGIS Desktop*. With use *ArcGIS* it is perfected technology of the formation corresponding to layers of the electronic cards.