

К ВОПРОСУ НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ШАХТ

Е. В. Столбченко

ГВУЗ «Национальный горный университет»

просп. Карла Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49600, Украина.

E-mail: elena_aot@ukr.net

Приведена установка для нормализации микроклимата в забоях глубоких шахт, в которой за счет новых конструктивных особенностей, а также вероятности использования дешевых источников тепла – массив горных пород для ее эффективной работы, позволит увеличить теплообменную поверхность и скорость испарения хладагента в испарителе и тем самым способствует росту эффективности и качества охлаждения воздушного потока.

Ключевые слова: микроклимат, горные выработки, установка.

ДО ПИТАННЯ НОРМАЛІЗАЦІЇ МІКРОКЛІМАТУ НА ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ШАХТ

О. В. Столбченко

ДВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. Карла Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49050, Україна.

E-mail: elena_aot@ukr.net

Наведена установка для нормалізації мікроклімату в забоях глибоких шахт, в якій за рахунок нових конструктивних особливостей, а також ймовірності використання дешевих джерел тепла – масив гірських порід для її ефективної роботи, дозволить збільшити теплообмінну поверхню і швидкість випаровування холодоагенту у випарнику і тим самим сприяє зростанню ефективності та якості охолодження повітряного потоку.

Ключові слова: мікроклімат, гірничі виробки, установка.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Добыча угля подземным способом в основных угледобывающих странах мира характеризуется высокой концентрацией газа, пыли и постоянным увеличением глубины на крупных высокомеханизированных предприятиях. Наиболее целесообразным способом охлаждения рудничного воздуха считается кондиционирование [1, 2].

Угольная промышленность в Украине является одной из основных отраслей народного хозяйства, требующей постоянного внимания и участия со стороны научно-исследовательских и проектных организаций [3]. Глубина горных работ в угольных шахтах Донбасса превысила 1300 м. Ведутся проектные проработки по вскрытию и подготовке новых горизонтов на глубинах 1400–1500 м и более. Естественная температура вмещающих пород на освоенных глубинах достигла 45–52 °С. Характерные для глубоких шахт сложные разветвленные сети, большая протяженность воздухоподающих выработок, неудовлетворительное на ряде шахт их состояние, обусловленное высоким горным давлением, и возникающие при этом значительные внутренние утечки воздуха затрудняют подачу в рабочие зоны выемочных и подготовительных участков необходимых расходов воздуха на их

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

проветривание, усложняют решение проблемы регулирования теплового режима. Очистная выемка и подготовительные работы на глубоких горизонтах ведутся с использованием энергоемких выемочных и горнопроходческих комбайнов и комплексов, суммарная мощность электропотребителей в которых превышает 1000 кВт. В таких сложных геотермических и горнотехнологических условиях разработки угольных пластов температура воздуха в очистных и подготовительных выработках без принятия специальных мер по ее снижению превышает регламентируемую нормативно – правовыми документами [4, 5] на 8–12 °С и достигает 34–38 °С [6].

При существующих технологиях разработки угольных пластов на отдельных шахтах уже в настоящее время возникают ситуации, когда очистная выемка и проведение горнопроходческих выработок становятся невозможными по температурному фактору. Это обуславливает необходимость дальнейшего изучения проблемы с целью поиска новых и определения области применения известных технологических решений, обеспечивающих необходимую эффективность регулирования тепловых условий [6].

На основании выполненных в последнее время аналитических и экспериментальных исследований [7, 8] установлено, что проблема регулирования температурных условий в глубоких шахтах Донбасса может быть решена только при комплексном подходе к регулированию микроклимата в лавах и тупиковых подготовительных выработках, заключающемся в совокупном применении рациональных по тепловому фактору горнотехнологических решений по вскрытию и подготовке глубоких горизонтов, рациональных по тепловому фактору технологических схем и параметров отработки выемочных полей с обеспечением интенсивного проветривания рабочих забоев и применения эффективных систем и средств искусственного охлаждения воздуха.

Цель работы – усовершенствование установки для нормализации микроклимата в забоях глубоких шахт, в которой за счет новых конструктивных особенностей, а также вероятности использования дешевых источников тепла способствует росту эффективности и качества охлаждения воздушного потока.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Поставленная задача решается тем, что в установке для нормализации микроклимата на глубоких горизонтах шахт [9], включающая абсорбционную холодильную машину, агрегаты которой посредством соединительных контуров через регулировочные вентили соединены с вакуум-насосом с электродвигателем, испарителем, конденсатором, абсорбером и генератором, размещенном в теплоизолированном корпусе, имеющем воздухопровод, воздушный фильтр, элиминатор, вентилятор, согласно предложенной установке, генератор холода первой ветвью трубопроводов сообщен с входом конденсатора, второй – с абсорбером через вакуум-насос с выходом испарителя, а выход конденсатора с входом испарителя. При этом генератор установки размещен в герметичном защитном корпусе цилиндрической формы, состоящий из двух полостей, сформированных емкостями различного диаметра. Цилиндром меньшего диаметра является сам генератор, герметичный объем которого заполнен хладагентом, а вход и выход его через соединительные муфты сообщенный с агрегатами установки посредством гибких бронированных трубопроводов, внутренняя поверхность которых покрыта футеровкой из нейтрального металла, и закреплены

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

внутри защитного корпуса. Межкорпусное пространство заполнено теплопроводящим составом, диаметр которого выбран соответственно

$$d_{\text{ген}} = (0,8-0,9)d_{\text{скв.}},$$

где $d_{\text{скв.}}$ – диаметр скважины.

В предложенном способе повышение эффективности нормализации микроклимата в забое выработки и технический результат достигаются за счет размещения генератора в герметичном корпусе измененной формы, позволяющий увеличить теплообменную поверхность и скорость испарения хладагента в испарителе путем отбора тепла из массива горных пород, установкой его в скважине в зоне устойчивого градиента температур, и тем самым увеличивающим эффективность и качество охлаждения воздушного потока, безопасность и комфортность работ персонала, занятом в добыче полезного ископаемого.

Суть установки для нормализации микроклимата на глубоких горизонтах шахт отображена на рис. 1, где представлена схема поперечного разреза установки, расположенной в забое выработки.

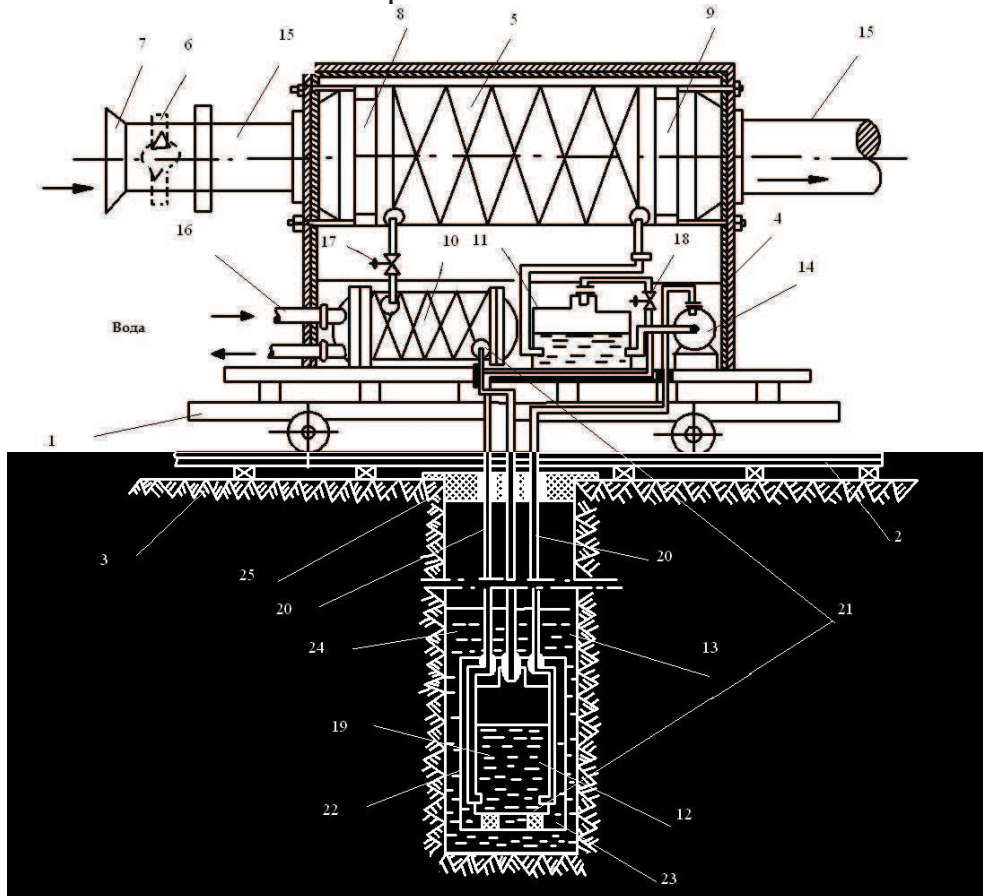


Рисунок 1 – Схема поперечного разреза установки, расположенной в забое выработки: 1 – передвижная тележка; 2 – рельсовый путь; 3 – забой выработки; 4 – теплоизолированный корпус; 5 – испаритель; 6 – вентилятор; 7 – диффузор; 8 – эллиминатор; 9 – воздушный фильтр; 10 – конденсатор; 11 – абсорбер; 12 – генератор; 13 – скважина; 14 – вакуум-насос с электродвигателем; 15 – воздухопровод; 16 – хладагентом системы шахтного водоснабжения; 17, 18 – регулировочный вентиль; 19 – хладагент; 20 – гибкий трубопровод; 21 – муфты; 22 – защитный кожух

**ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ
ПІДПРИЄМСТВАХ**

На рис. 2 приведена функціональна схема установки для нормализации микроклимата.

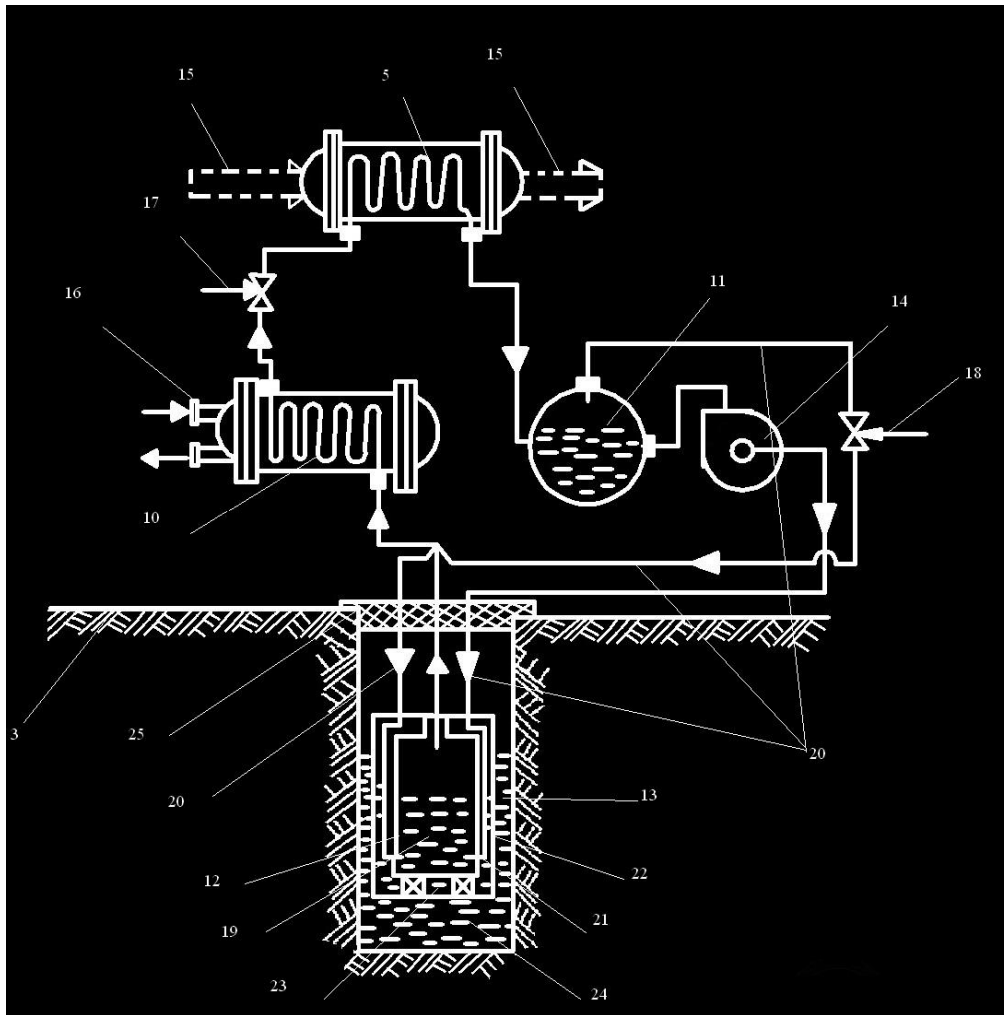


Рисунок 2 – Функціональна схема установки для нормализации микроклимата:
 3 – забой выработки; 5 – испаритель; 7 – диффузор; 10 – конденсатор; 11 – абсорбер;
 12 – генератор; 13 – скважина; 14 – вакуум-насос с электродвигателем;
 15 – воздухопровод; 16 – хладагентом системы шахтного водоснабжения;
 17, 18 – регулировочный вентиль; 19 – хладагент; 20 – гибкий трубопровод;
 21 – муфты; 22 – защитный кожух; 23 – диаметр скважины;
 24 – теплопроводящее вещество; 25 – теплоизолирующая пробка

Установка для нормализации микроклимата на глубоких горизонтах шахт (рис. 1 и 2) содержит передвижную тележку (1), установленную на рельсовом пути (2) в забое выработки (3), на которой смонтированы следующие основные узлы: теплоизолированный корпус (4), внутри которого располагаются агрегаты абсорбционной холодильной машины – испаритель (5), вентилятор (6) с диффузором (7), элиминатор (8), воздушный фильтр (9), конденсатор (10), абсорбер (11), генератор (12), установленный в скважине (13) и вакуум-насос с электродвигателем (14). На входе теплоизолированного корпуса (4) в верхней его части крепится вентилятор (6) с диффузором (7), соединенный воздухопроводом (15) с элиминатором (8), а на выходе из испарителя (5) – с воздушным фильтром (9). На площадке под испарителем (5) монтируется корпус, в котором распложен

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

конденсатор (10), рубашки охлаждения которого, сообщены с системой шахтного водоснабжения (16). Агрегаты установки соединены следующим образом: входной и выходной патрубки испарителя – воздухоохладителя (5) – сообщены через регулировочный вентиль (17) с выходом конденсатора (10) и выходом абсорбера (11) соответственно, при этом второй выход абсорбера (11) соединен через вакуум-насос (14) и вход его через регулировочный вентиль (18) с входами генератора (12). При этом генератор (12) установки размещают в герметичном корпусе цилиндрической формы, состоящим из двух полостей. В цилиндре меньшего диаметра располагают сам генератор (12), рабочий объем которого заполняют хладагентом (19) типа фреон, спирт или раствор бромистого лития, и герметизируют его. Затем соединяют его входы и выходы с гибкими трубопроводами (20) через специальные соединительные муфты (21). Герметичный корпус генератора (12) помещают в защитный кожух (22) с диаметром, равным $d_{ген} = (0,8-0,9)d_{скв.}$, где $d_{скв.}$ – диаметр скважины с последующим заполнением межкорпусного пространства теплопроводящим составом (23) типа жидкий литий.

Все агрегаты установки сообщены с генератором (12) посредством гибких бронированных трубопроводов (20), внутренняя поверхность которых покрыта футеровкой из нейтрального металла, например, платины. Посредством передачи тепла из массива горных пород через теплопроводящее вещество (24), например, вода в скважине (13) на теплообменную поверхность генератора (12), пары, образовавшиеся от «кипения» хладагента (19) в нем передаются по трубопроводам (20) при помощи вакуум-насоса (14) в конденсатор (10), в котором дополнительно доохлаждается водой, циркулирующей по рубашкам охлаждения из сети шахтного водоснабжения (16). Доохлажденный хладагент (19) поступает в испаритель-воздухоохладитель (5), где и охлаждается поступающая по воздухопроводу (15) воздушная струя в забой выработки. Генератор (12) установки располагают в скважине (13) пробуренной в почве выработки (3) на глубину устойчивого градиента температур с последующей герметизацией устья скважины теплоизолирующей пробкой (25).

На основании практического применения предложенной установки для нормализации микроклимата в забое выработки глубоких шахт, например, шахты им. А.А. Скочинского, гор. 1200–1400 м для снижения температуры рудничного воздуха с +40 до +26 °С предложен расчет ожидаемого экономического эффекта от ее внедрения.

Поправочный коэффициент к норме выработки равен

$$k_n = 0,06 \Delta t = 0,06(35-26) = 0,54,$$

где Δt – разница температур, °С.

Скорость проведения полевого штрека 50 м/мес. (600 м /год) при затратах на проходку 1000 грн/м. Средняя численность рабочих занятых на проведении штрека – 24 чел., норма выработки одного проходчика составляет 2,08 м/мес.; средняя заработная плата одного проходчика – 3500 грн./мес.

При отсутствии кондиционирования воздуха норма выработки одного проходчика составит

$$H_B = 2,08 (1 - k_n) = 2,08 (1 - 0,54) = 0,95 \text{ м/мес,}$$

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

где k_n – поправочный коэффициент к норме выработки.

Для компенсации производственных потерь за счет снижения производительности труда потребовалось бы принять дополнительно четыре проходчика. При этом фонд заработной платы составит

$$\Phi_1 = n_{\text{чел}} Z_M n_M = 4 \cdot 3500 \cdot 12 = 168\,000 \text{ грн.},$$

где $n_{\text{чел}}$ – количество людей;

Z_M – средняя заработная плата одного проходчика, грн.;

n_M – количество месяцев работы.

Годовая доплата рабочим за дополнительные отпуска при отсутствии кондиционирования рассчитывается как

$$\Phi_2 = (1 + k_n) n_p Z_M 0,25 = (1 + 0,54) 24 \cdot 3500 \cdot 0,25 = 21\,000 \text{ грн.},$$

где n_p – средняя численность рабочих занятых на проведении штрека;

Z_M – средняя заработная плата одного проходчика, грн.

Сумма годовых затрат на компенсацию производственных потерь составит:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = 168\,000 + 21\,000 = 189\,000 \text{ грн.},$$

где Φ_1 – фонд заработной платы;

Φ_2 – годовая доплата рабочим за дополнительные отпуска при отсутствии кондиционирования.

Ориентировочные годовые издержки производства, связанные с эксплуатацией установки, – 10000 грн., капитальные затраты на проведение 1 п.м выработки – 1000 грн.

Затраты на проведение 1 м штрека без применения кондиционирования рассчитываются по формуле

$$C_1 = C_2 + (\Phi - И)/D, \text{ грн./м,}$$

где $C_2 = 7000$ грн./м – затраты на проведение 1 м штрека при кондиционировании; $D = 600$ м – годовое подвигание выработки.

$$C_1 = 7000 + (189000 - 10000)/600 = 7300 \text{ грн./м}$$

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения предложенной установки для кондиционирования рудничного воздуха в горных выработках определяется следующим образом:

$$\mathcal{E} = [(C_1 - C_2) + E_n K] \cdot D, \text{ грн,}$$

где $E_n = 0,12$ – нормативный коэффициент использования капитальных вложений;

$K = 1000$ грн./м – удельные капитальные затраты на кондиционирование воздуха;

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

$D = 600$ м – годовое подвигание выработки, и составит

$$\mathcal{E} = [(7300 - 7000) + 0,12 \cdot 1000] \cdot 600 = 252\,000 \text{ грн.}$$

ВЫВОДЫ. Проблема регулирования теплового режима в лавах и тупиковых подготовительных выработках на глубинах горизонтах шахт может быть решена только на основе комплексного горнотехнологического подхода с применением средств рассредоточенного охлаждения воздуха и локализацией тепловыделений в рабочих зонах. Предложены технические решения, обеспечивающие регулирование теплового режима, применение установки для охлаждения воздуха только для одной подготовительной выработки составит примерно 252000 грн., а в масштабах всей шахты, где проводятся и эксплуатируются 10–15 забоев, сумма экономического эффекта ожидается примерно от 2,5 до 4,0 млн грн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарубежный опыт охлаждения воздуха в глубоких шахтах/ И.А. Шайхлисламова, С.А. Алексеенко//«Форум горняков–2014»: Межд. научн.-техн. конф., 1–4 октября 2014 г.; т. 3. – С. 206–216.
2. Bialko B., Krolicki Z. Wybrane aspekty zastosowania systemu free-cooling w instalacjach realizujacych obiegi lewobiezne. – Chlodnictwo&Klimatyzacja, Warszawa 2006. – 4. S. 66–69.
3. Столбченко Е.В. Определение основных параметров дегазационного трубопровода//Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник. – Кременчук: КДУ, 2012. – Вип. 2/2012 (10). – С. 121–127.
4. НПАОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки у вугільних шахтах. – К., 2010.
5. Державні санітарні правила та норми. Підприємства вугільної промисловості. ДСП 3.3.1.095-2002 – К., 2003.
6. Приоритетные направления развития техники и технологи кондиционирования рудничного воздуха на глубинах 1400–1500 м / А.К. Яковенко, Н.И. Майбенко. //«Форум горняков–2014»: Межд. научн.-техн. конф., 1–4 октября 2014 г.; т. 3. – С. 216–222.
7. Мартынов А.А. Горнотехнологические основы комплексного регулирования теплового режима глубоких шахт с теплоизоляцией горного массива в выработках // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірничо-геологічна». Випуск 72. – Донецьк: ДонНТУ, 2004.
8. Способы и направления улучшения температурных условий в глубоких шахтах / А.А.Мартынов, Н.В.Малеєв, А.К.Яковенко, В.А.Орищак // Уголь Украины. – 2010. – № 5.
9. Пат. 55304 Україна, МПК E21F 3/00 Установка для нормалізації мікроклімату на глибоких горизонтах шахт/ К.С. Іщенко, О.В. Столбченко; заявник і власник патенту Державний ВНЗ «НГУ» 31.05.2010; опубл. 10.12.2010. – Бюл. № 23.

THE ISSUE OF NORMALIZATION MICROCLIMATE HORIZONS
OF MINES

Ye. Stolbchenko

State Higher Education Institution "National Mining University"

prosp. Karl Marx, 19, Dnepropetrovsk, 49600, Ukraine.

E-mail: elena_aot@ukr.net

Shows the setup for normalization microclimate in the faces of deep mines, which due to the new design features, as well as the probability of the use of cheap sources heat - an array of rocks for its efficient operation, will increase the heat transfer surface and the rate evaporation of the refrigerant in the evaporator and thus contributes to the effectiveness and quality cooling air flow.

Key words: climate, mining, installation.

REFERENCES

1. Shaykhlislamova, I.A., Alekseenko S.A, (2014) «Foreign experience of air cooling in deep mines», *"Miners Forum 2014": Int. nauchn.-tehn. conf.*, October 1–4.: V. 3, pp. 206–216.
2. Bialko, B., Krolicki Z., 2006. Wybrane aspekty zastosowania systemu free-cooling w instalacjach realizujących obiegi lewobiezne, *Chlodnictwo&Klimatyzacja*, Warszawa, , n.4, pp. 66–69.
3. Stolbchenko, E.V, 2012. «Definition of the basic parameters of degassing pipeline», Up-to date resource- and energy-saving technologies in mining industry.– 2009. Iss..2 / 2012 (10). - PP.121-127.[in Russian].
3. Safety rules in coal mines. (2010), *NPAOP 10.0-1.01-10* - K., 2010. [in Ukraine].
4. State sanitary rules and norms (2003) *Coal industry*. DSP 3.3.1.095 - 2002 - K., 2003. [in Ukraine]
5. State sanitary rules and norms.(2003) *Coal industry*. DSP 3.3.1.095-2002 - K., 2003. [in Ukraine]
6. Yakovenko, A.K., Maybenko N.I., Prioretye areas of engineering and technology conditioning mine air at depths of 1400-1500 m. /*"Foreign experience of air cooling in deep mines" "Miners Forum 2014": Int. nauchn.-tehn. conf.*, october 1-4.: V.3. Dnepropetrovsk, pp.216-222. [in Russian]
7. Martynov, A.A. Gornotekhnologicheskie through integrated thermal regime of deep mines with insulation of rock mass in mines /*Naukovi pratsi of Donetsk natsionalnogo tekhichnogo universitetu. Seriya "Girnichno-geologichna" vipusk 72. Donetsk* - Donetsk National Technical University, 2004. [in Russian]/
8. The methods and directions for improving the temperature conditions in deep mines /Martynov, A.A., Maleev, N.V., Yakovenko, A.K., Orischak, V.A.//*Coal Ukraine*. - 2010 - №5. [in Russian].
9. Pat. 55304, Ukraine, IPC E21F 3/00 Installation for normalizatsih mikroklimatu on glibokih horizons of mines / Ischenko,K, Stolbchenko,O; declare. 31.05.2010; strain. 10.12.2010.- Bul. Pat. 2010 №23. [in Ukraine]

Стаття надійшла 28.12.2014.