

УДК 622.481

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ШАХТНОГО ВОЗДУХА НА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Николаев А.В.*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Пермь, e-mail: nikolaev0811@mail.ru*

В статье приводится описание предлагаемых конструкций шахтных калориферных установок (ШКУ): ШКУ, состоящие из электронагревательных пластин и пластинчатых элементов, являющихся ребрами трубок с теплоносителем. В обоих случаях предлагается ШКУ располагать в калориферном канале, оборудованном по периметру термостеклом (thermo glass). Один из вариантов технического решения предполагает расположение теплообменников по периметру надшахтного здания в один ряд. В этом случае появляется возможность избавиться от калориферного канала и, как следствие, от всех проблем, связанных со смешением нагретого в ШКУ и подсасываемого через надшахтное здание воздуха. Ввиду того что воздух по сути является теплоизолятором, в работе также предлагается использовать ШКУ, которая будет нагревать не воздух, а участок воздухоподающего ствола в месте пересечения его с водоносным горизонтом.

Ключевые слова: шахтная калориферная установка, пластинчатые элементы, калориферный канал, термостекло, главная вентиляторная установка

A METHOD OF INCREASING THE EFFECTIVE PREPARATION OF MINE AIR IN UNDERGROUND MINING ENTERPRISES

Nikolaev A.V.*Perm national research polytechnic university, Perm, e-mail: nikolaev0811@mail.ru*

The article describes the proposed design of the mine air heating systems (MAHS): MAHS, consisting of electric plates and plate elements are ribs with the coolant tubes. In both cases, the proposed MAHS placed in hot-air channel, is equipped on perimeter thermo glass. One alternative technical solution involves the location of the heat exchanger on the perimeter pithead in a row. In this case, it is possible to get rid of the hot-air channel, and hence all the problems associated with mixing and heated in the MAHS inleakage through pithead airflow. Because air is a thermal insulator, we propose to use a MAHS which will not heat the air and a portion of the barrel to the air in the place of its intersection with the aquifer.

Keywords: the mine air heating systems, plate elements, hot-air channel, thermo glass, the main fan installation

На всех подземных горнодобывающих предприятиях с целью обеспечения безопасности осуществления производственного процесса согласно [7] подаваемый в воздухоподающие стволы воздух в холодное время года необходимо нагревать в шахтных калориферных установках (ШКУ) до температуры не ниже $+2^{\circ}\text{C}$. В настоящее время широкое применение нашли водяные, а в условиях Крайнего Севера – электрические ШКУ. В связи с тем, что объем подаваемого в шахту (рудник) воздуха значительные по своей величине, на его нагрев также требуется затрачивать значительное количество энергии.

Помимо этого при нагреве воздуха в ШКУ возникает проблема нормализации теплового режима в воздухоподающих стволах. Вызвана она тем, что в воздухоподающий ствол поступают два потока воздуха: нагретый в ШКУ ($Q_{\text{ШКУ}}$) и подсасываемый через надшахтное здание ($Q_{\text{н.зд}}$) за счет общешахтной депрессии, создаваемой главной вентиляторной установкой (ГВУ) (рис. 1). С целью поддержания требуемой «смешива-

емости» необходимо регулировать производительность и давление, развиваемое нагнетательными вентиляторами ШКУ.

С целью повышения эффективности воздухоподготовки при поддержании равномерного распределения температурного поля по сечению воздухоподающего ствола горнодобывающего предприятия предложены следующие конструкции ШКУ и способ управления их работой.

1. Электрическая ШКУ, расположенная в калориферном канале

В настоящее время широкое применение в качестве теплообменников, применяемых в электрических ШКУ, находят трубчатые электронагревательные элементы (ТЭНы). Ввиду малой площади поверхности теплообмена и высокой скорости прохождения через них воздуха требуется нагревать данные элементы до высокой температуры (может достигать 100°C). В результате на нагрев ТЭНов в электрической ШКУ согласно [6] требуются затраты электроэнергии в десятки ГВт·ч за отопительный период.

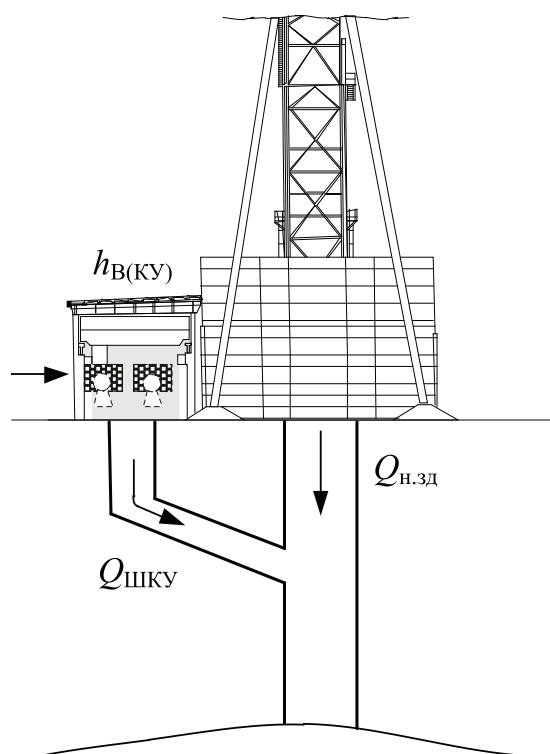


Рис. 1. Поступление воздуха в воздухоподающий ствол

Основное достоинство предложенной ШКУ (рис. 2) – повышение поверхности теплообмена за счет применения вместо ТЭНов электронагревательных пластин [3, 4]. В этом случае появляется возможность снизить температуру нагрева пластин, а следовательно, и затраты электроэнергии на воздухоподготовку. При этом не требуется дополнительного места на промплощадке, т.к. электронагревательные пластины будут расположены в свободном месте – калориферном канале.

Кроме того, в предложенной конструкции предлагается калориферный канал по периметру оборудовать термостеклом (thermo glass). Со стороны термостекла, прилегающей к стенкам калориферного канала, практически отсутствуют утечки тепла, а внешняя сторона термостекла, при протекании по нему электрического тока, нагревается до температур порядка 90–100°C при сравнительно малой удельной мощности, по сравнению с другими источниками – порядка 100 Вт/м² [2].

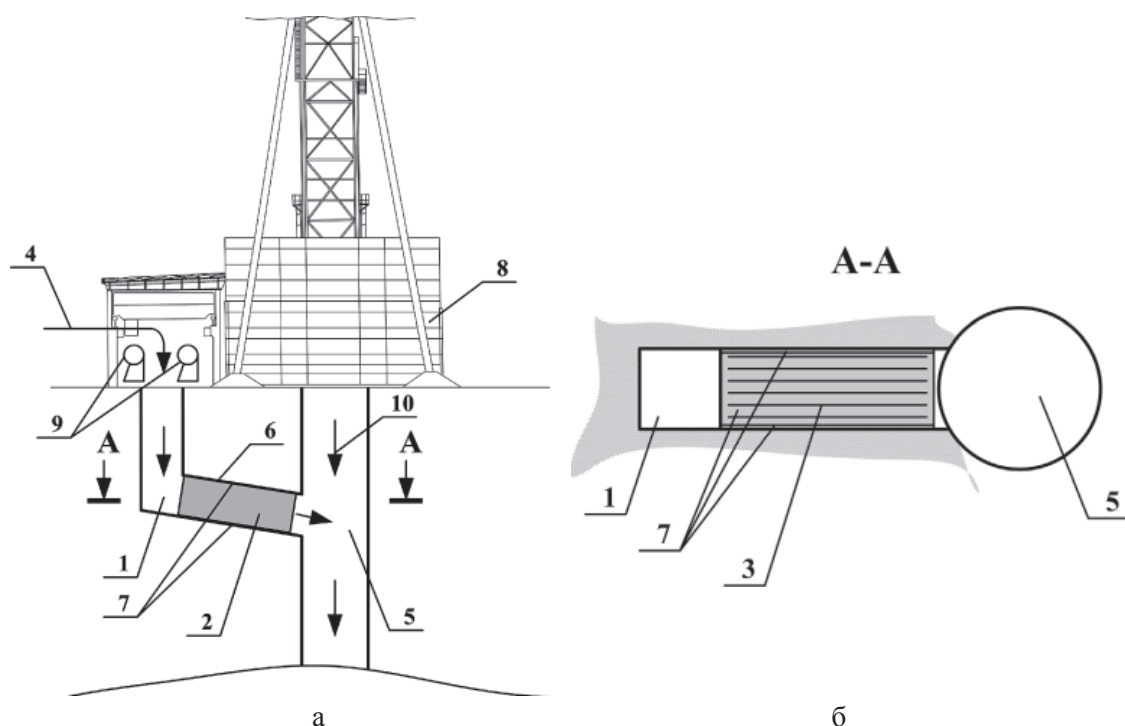


Рис. 2. Предлагаемая конструкция электрической ШКУ:
а – вид сбоку; б – вид сверху (разрез):

- 1 – калориферный канал; 2 – калориферная установка; 3 – электронагревательные пластины;
- 4 – подогреваемый воздух; 5 – воздухоподающий ствол; 6 – часть калориферного канала, прилегающая к воздухоподающему стволу; 7 – теплоизоляционный слой (термостекло);
- 8 – надшахтное здание воздухоподающего ствола; 9 – нагнетательные вентиляторы;
- 10 – подсосы воздуха через надшахтное здание

2. Водяная ШКУ, расположенная в калориферном канале

Предлагаемая конструкция ШКУ [5], аналогично вышеприведенной, предполагает размещение ее в калориферном канале. Отличие заключается в том, что вместо электронагревательных пластин предлагается использовать пластинчатые элементы, являющиеся ребрами трубок с теплоносителем (рис. 3). При прохождении по теплообменным трубкам теплоносителя пластины нагреваются и отдают тепло проходящему по калориферному каналу воздуху. В этом случае также увеличивается поверхность теплообмена, что является достоинством ШКУ. По периметру калориферного канала также может быть установлено термостекло.

К достоинствам предлагаемой ШКУ также относится возможность ее исполь-

зования как для нагрева воздуха в холодное время года, так и для его кондиционирования (охлаждения и осушения) в теплое время года.

Проходящие в пластинах теплообменные трубки образуют замкнутый контур циркуляции жидкого тепло- (хладоносителя). Для переключения установки с режимов охлаждения и нагрева предусмотрена система автоматизации (рис. 4).

В зависимости от параметров наружного воздуха, система автоматизации за счет управляемых задвижек и питательных насосов выбирает режим работы установки. В теплое время года в теплообменные трубки будет подаваться хладоноситель.

Управляемые задвижки расположены в входе в установку таким образом, что позволяют регулировать количество теплообменных трубок (пластинчатых элементов), находящихся в работе.

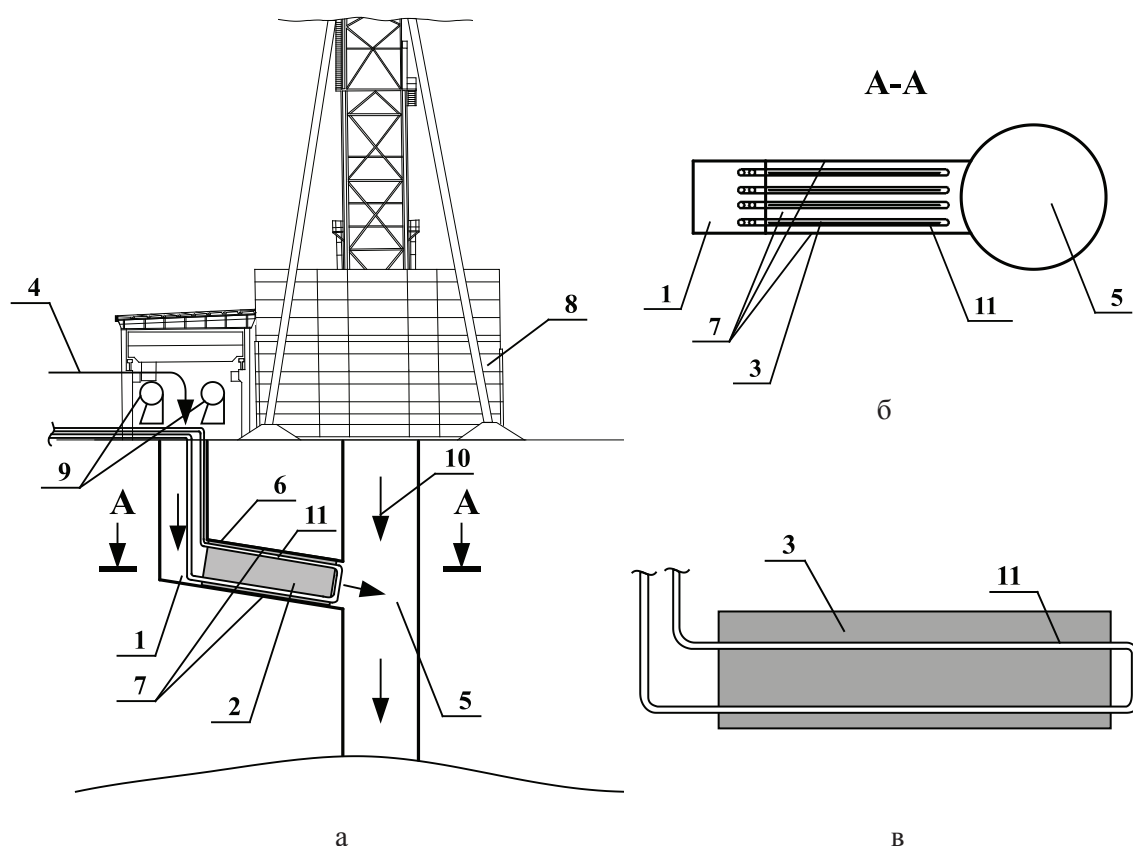


Рис. 3. Предлагаемая конструкция водяной ШКУ:

а – вид сбоку; б – вид сверху (разрез);

в – пластинчатый элемент с расположенной в нем трубкой с теплоносителем;

1 – калориферный канал; 2 – калориферная установка; 3 – пластинчатый элемент;

4 – наружный воздух; 5 – воздухоподающий ствол; 6 – нижняя часть калориферного канала;

7 – теплоизоляционный слой; 8 – надшахтное здание; 9 – нагнетательные вентиляторы;

10 – наружный воздух, подсасываемый через надшахтное здание; 11 – теплообменные трубки

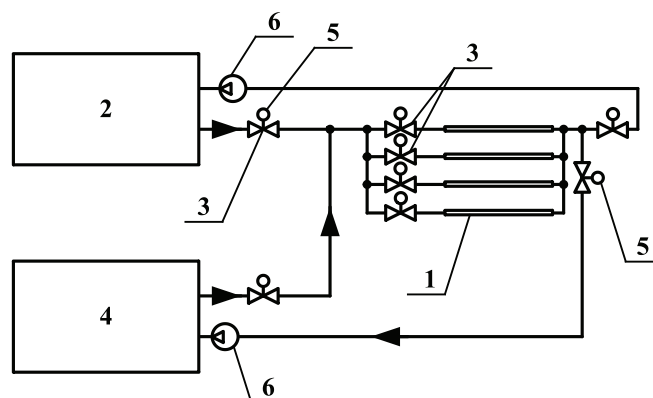


Рис. 4. Схема подачи теплоносителя в водяную ШКУ:
1 – пластинчатый элемент; 2 – котельная установка; 3 – управляемые задвижки;
4 – система охлаждения хладагента; 5 – устройство управления приводами задвижек;
6 – питательные насосы

Предложенная конструкция позволяет устанавливать требуемую температуру на выходе из ШКУ путем изменения расхода теплоносителя (питательные насосы), количества нагревательных (охлаждающих) элементов, находящихся в работе (регулируемые задвижки), а также за счет изменения величины тока, проходящего через термостекло (в холодное время года).

3. ШКУ, расположенная по периметру надшахтного здания

Как было отмечено ранее, при подаче нагретого в ШКУ воздуха через калориферный канал в воздухоподающий ствол возникает проблема «смешиваемости» его с подсасываемым через надшахтное здание холодным потоком (рис. 1). Связано это с тем, что система калориферный канал – ствол представляет собой параллельное со-

единение, состоящее из ветвей с различными расходом и температурой воздуха в них. В связи с тем, что проблему «смешиваемости» нагретого в ШКУ и подсасываемого через надшахтное здание потоков воздуха решить довольно сложно, была предложена конструкция ШКУ, в которой предлагается отказаться от применения калориферного канала [1]. Нагреваемый воздух при этом засасывается в ШКУ за счет общешахтной депрессии, создаваемой ГВУ (рис. 5). Кроме воздуха, поступающего через ШКУ, в воздухоподающий ствол поступает холодный наружный воздух через скиповые окна. За счет того, что ШКУ состоит из теплообменников, расположенных по всему периметру надшахтного здания, поток холодного воздуха, поступающего через скиповые окна, смешивается в устье воздухоподающего ствола.

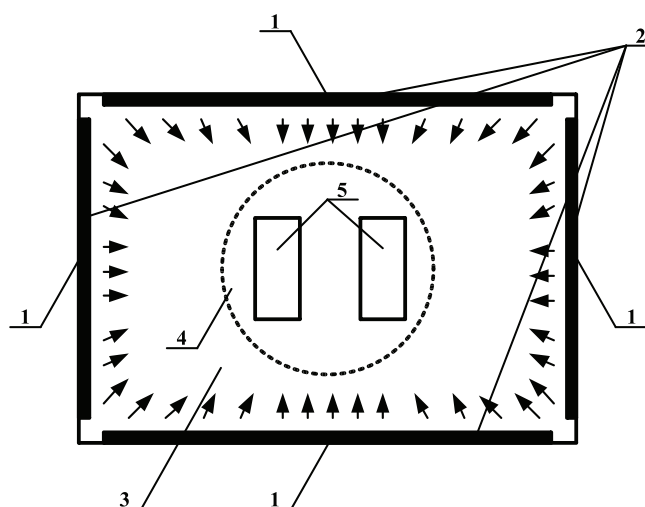


Рис. 5. ШКУ, расположенная по периметру надшахтного здания (вид сверху):
1 – теплообменники; 2 – шахтная калориферная установка; 3 – надшахтное здание;
4 – воздухоподающий ствол; 5 – скиповые окна

Преимущество предлагаемой ШКУ состоит в том, что благодаря установке теплообменников по периметру надшахтного здания обеспечивается равномерный нагрев всего воздуха, поступающего в воздухоподающий ствол. При этом расположение теплообменников в один ряд исключает вероятность замораживания трубок теплообменников и позволяет им работать на номинальной теплопроизводительности. За счет того, что в схеме воздухоподготовки отсутствует калориферный канал, устраняется проблема «смешиваемости» потоков, т.е. решается вопрос нормализации теплового режима в воздухоподающих стволах. Также в ШКУ отсутствует необходимость устанавливать нагнетательные вентиляторы, что позволяет снизить затраты электроэнергии.

4. ШКУ, расположенная в воздухоподающем стволе, в месте пересечения с водоносным горизонтом

Как было сказано ранее, поступающий в подземное горное предприятие воздух необходимо нагревать в ШКУ, в противном случае армировка стволов, в месте пересечения их с водоносным горизонтом, начнет разрушаться замерзшей в породах водой. В связи с этим в работе [8] предлагается нагревать не сам воздух, поступающий в ствол, являющийся по сути теплоизолятором, а крепь ствола на участках пересечения с водоносным горизонтом (рис. 6).

Представленная ШКУ работает следующим образом.

В воздухоподающий ствол подается холодный наружный воздух. В местах пересечения крепи ствола с водоносным горизонтом устанавливаются нагревательные

элементы, в качестве которых может использоваться термостекло. С внешней стороны термостекла практически отсутствуют теплопотери, т.е. его нагрев оказывает незначительное влияние на тепловое поле в самом воздухоподающем стволе.

Нагрев воздуха, подаваемого в воздухоподающий ствол, можно производить лишь для создания комфортных условий горнорабочим, устранения обледенения ствола и т.д., но без риска заморозить воду в водоносном горизонте, т.е. без риска разрушения крепи расширяющимся льдом и, как следствие, затопления рудника.

Вывод

В действующих подземных горнодобывающих предприятиях при размещении пластинчатых нагревательных элементов в калориферном канале появляется возможность повысить эффективность теплообмена в ШКУ, в результате чего потребуется расходовать меньшее количество энергетических ресурсов на воздухоподготовку. На этапе проектирования шахты (рудника) можно использовать разработанные и предложенные в работе конструкции ШКУ, расположенной по периметру надшахтного здания и в стволе, в месте пересечения его с водоносным горизонтом. В этом случае полностью исключается проблема необходимости «смешиваемости» нагретого в ШКУ и подсаемого через надшахтное здание потоков воздуха. В этом случае не только снижаются затраты на воздухоподготовку в холодное время года, но и исключаются опасные ситуации, связанные с заморозкой крепи ствола.

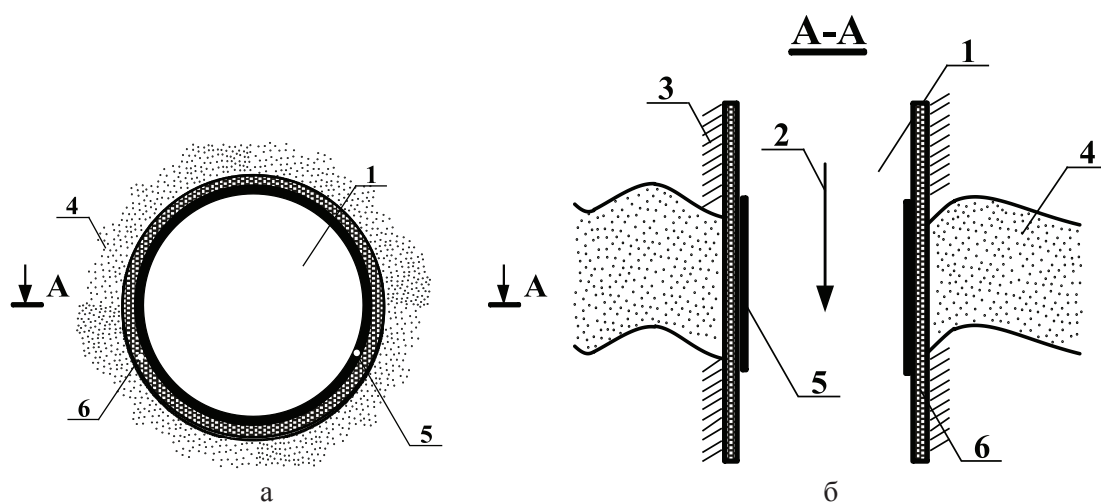


Рис. 6. Шахтная калориферная установка:

а – вид ствола сверху; б – вид сбоку (разрез):

1 – воздухоподающий ствол; 2 – наружный воздух; 3 – породы, окружающие ствол; 4 – водоносный горизонт; 5 – нагревательный элемент; 6 – крепь ствола

Список литературы

1. Алыменко Н.И., Николаев А.В., Каменских А.А. Вариант расположения шахтной калориферной установки в стене надшахтного здания // Известия вузов. Горный журнал. – 2015. – № 2. – С. 99–106.

2. «Инфракрасные стеклянные обогреватели Пион Thermo Glass»: [Электронный ресурс] // «Вам тепло» – интернет-магазин климатической техники. URL: <http://vamtello.ru/catalog.18.html>. (10.11.2013).

3. Николаев А.В. Интенсификация теплообмена в шахтной калориферной установке // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 11. – С. 10–13.

4. Николаев А.В., Алыменко Н.И., Файнбург Г.З., Седунин А.М., Николаев В.А.. Расчет теплопроизводительности шахтной калориферной установки, расположенной в калориферном канале, и затрачиваемой на ее работу электроэнергии // Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – № 4. – С. 105–112.

5. Николаев А.В., Королев Н.А. Ресурсо- и энергосберегающие технологии подготовки шахтного воздуха в холодное время года // Master's Journal (Журнал магистров). – 2014. – № 1. – С. 182–187.

6. Николаев А.В., Постникова М.Ю., Мохирев Н.Н. Сравнительный анализ потребления тепло- и энергоресурсов шахтными калориферными установками // Вестник ПГТУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2010. – № 5. – С. 95–102.

7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Серия 03. Вып. 78. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 276 с.

8. Шахтная калориферная установка: пат. 149443 Рос Федерация: МПК E21F3/00; F24H/3/04 / Николаев А.В., Файнбург Г.З., Алыменко Н.И., Николаев В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2014128179/03, заявл.09.07.2014; опубл. 27.01.2015, Бюл. № 3.

References

1. Alymenko N.I., Nikolaev A.V., Kamenskih A.A. Variant raspologheniya shahtnoj kalorifernoj ustanovki v stene nadshahtnogo zdaniya // Izvestiya vuzov. Gornyj zhurnal. 2015. no. 2. pp. 99–106.

2. «Infrafrakrasnye stekljannye obogrevateli Pion Thermo Glass»: [Elektronnyj resurs] // «Vam teplo» internet-magazin klimaticheskoy tehniki. URL: <http://vamtello.ru/catalog.18.html>. (10.11.2013).

3. Nikolaev A.V. Intensifikacija teploobmena v shahtnoj kalorifernoj ustanovke // Gornoe oborudovanie i jelektromehanika. 2013. no. 11. pp. 10–13.

4. Nikolaev A.V., Alymenko N.I., FajnbURG G.Z., Sedunin A.M., Nikolaev V.A.. Raschet teploproizvoditelnosti shahtnoj kalorifernoj ustanovki, raspologhennoj v kaloriferom kanale, i zatrachivaemoj na ee rabotu jelektroenergii // Izvestiya vuzov. Gornyj zhurnal. 2014. no. 4. pp. 105–112.

5. Nikolaev A.V., Korolev N.A. Resurso- i jenergosbere-gajushhie tehnologii podgotovki shahtnogo vozduha v holodnoe vremja goda // Masters Journal (Zhurnal magistrov). 2014. no. 1. pp. 182–187.

6. Nikolaev A.V., Postnikova M.Ju., Mohirev N.N. Sravnitelnyj analiz potreblenija teplo- i jenergoresursov shahtny-mi kalorifernymi ustanovkami // Vestnik PGU. Geologija. Neftgazovoe i gornoe delo. 2010. no. 5. pp. 95–102.

7. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornyh rabot i pererabotke tverdyh poleznyh iskopaemyh». Serija 03. Vyp. 78. M.: ZAO «Nauchno-tehnicheskij centr issledovanij problem promyshlennoj bezopasnosti», 2014. 276 p.

8. Shahtnaja kalorifernaja ustanovka: pat. 149443 Ros Federacija: MPK E21F3/00; F24H/3/04 / Nikolaev A.V., FajnbURG G.Z., Alymenko N.I., Nikolaev V.A.; zajavitel i patentobladatel FGBOUVPO «Permskij nacionalnyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet». no. 2014128179/03, zavj.09.07.2014; opubl. 27.01.2015, Bjul. no. 3.

Рецензенты:

Андрейко С.С., д.т.н., профессор, зав. лабораторией «Геотехнологические процессы и рудничная газодинамика», ФГБУН «Горный институт» Уральского отделения РАН, г. Пермь;

Файнбург Г.З., д.т.н., профессор, директор Института безопасности труда, производства и человека, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.