

УДК 622.268.13:331.433

Снижение средней температуры теплового излучения окружающей среды как эффективный способ улучшения климатических условий в подготовительных выработках угольных шахт

Дренда Я., Слота К., Слота З.

Силезский политехнический институт, Гливице, Польша

Аннотация

В работе представлен способ улучшения климатических условий труда горняков за счет снижения средней температуры теплового излучения окружающей среды при использовании охлаждающих экранов. Снижение температуры происходит при охлаждении поверхности хлопчатобумажных экранов холодной водой. Представлены результаты изменения температуры теплового излучения окружающей среды при четырех положениях экранов в забое подготовительной выработки и изменении их температуры от 10 до 200. Основным критерием оценки эффективности улучшения климатических условий принят коэффициент теплового дискомфорта δ .

1. Введение

Одним из способов улучшения климатических условий труда горняков в условиях глубоких шахт является снижение средней температуры излучения окружающей среды, что позволяет человеку повысить выделение тепла в окружающую среду за счет теплового излучения через поверхность кожи. Воздух для теплового излучения (излучения в инфракрасной области) является прозрачной средой. Исключением является водяной пар, который поглощает и выделяет тепловое излучение лишь в узком диапазоне длин инфракрасных волн. Однако доля участия содержащегося в воздухе водяного пара в процессе излучающего теплообмена между человеком и окружающей средой весьма мала и поэтому не принимается во внимание.

Для определения величины повышения температуры или теплопотерь человека за счет излучения, чаще всего используется средняя температура лучеиспускания окружающей среды $T_{\text{изл}}$, которая определяется по отношению к находящемуся в этой среде человеку. Средняя температура теплового излучения $T_{\text{изл}}$ означает температуру однородной окружающей среды (шар вокруг человека) с абсолютно чёрными поверхностями, которые вызвали бы теплопотери посредством излучения равные потерям тепла в реальной среде. Для определения $T_{\text{изл}}$ необходимо знать геометрическую конфигурацию боковой поверхности выработки, чтобы можно было определить, так называемые, коэффициенты пространственно направленного лучеиспускания φ_r . Для замкнутой окружающей среды, сумма коэффициентов по направлению равна единице ($\sum \varphi_{ri} = 1$).

Температуру $T_{\text{изл}}$ можно определить по формуле:

$$T_{\text{изл}} = \sum_{i=1}^n \varphi_{ri} \cdot T_i^4 \quad (1)$$

где:

T_i – температура i -той поверхности, К°;

φ_{ri} – направляющий коэффициент i -той поверхности излучения, вычисленный относительно человека.

Направляющие коэффициенты поверхности излучения φ_r и среднюю температуру лучеиспускания породного контура можно определить на основании исследований П.Фангера [5] или используя компьютерную программу ZKS Mosto 2000 [6].

Средняя температура излучения породного контура в подготовительных выработках глубоких шахт может быть снижена за счет установки в них охлаждающих экранов, которые

представляют собой полотнища из хлопчатобумажной ткани, по которым стекает тонкий слой охлажденной воды. Опыт применения охлаждающих экранов показывает, их температура может быть понижена на 20° по отношению к температуре воздуха, которая обычно соответствует температуре поверхности окружающих пород.

Размещение охлаждающих экранов в горной выработке приводит к снижению средней температуры излучения окружающей среды, улучшая, таким образом, климатические условия горняков.

2. Способы расположения охлаждающих экранов в подготовительных выработках

Охлаждающие экраны из одного или нескольких полотнищ могут быть размещены в любом месте подготовительной выработки. В рабочей зоне охлаждающие экраны могут располагаться в боках или по центру выработки (рис. 1 и 2). Размеры полотнища боковых охлаждающих экранов составляли по высоте и ширине по 2 м, а при их центральном расположении полотнище имело высоту 2,5 м и ширину 2 м. Охлаждающие экраны в разных вариантах расчетов состояли из одного, двух или трех полотнищ.

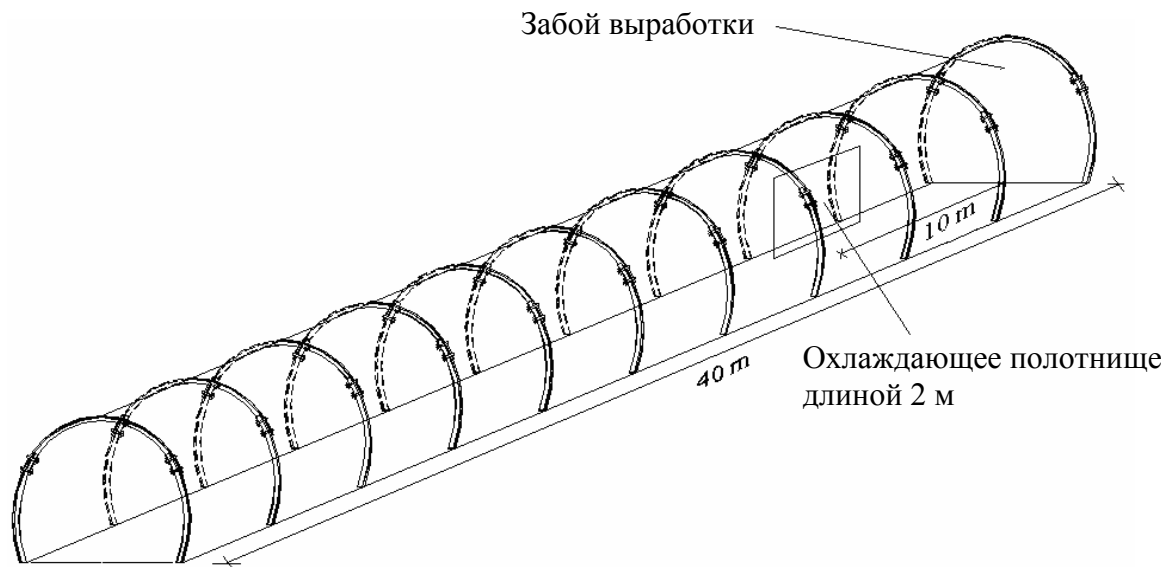


Рис. 1. Проходческий забой подготовительной выработки

Рассмотрено 4 варианта размещения охлаждающих экранов в забое подготовительной выработки – А, В, С, и D. (Рис. 2): А – один боковой экран, В – два боковых экрана, С – один средний экран, D – один боковой экран и один средний.

Для всех этих вариантов размещения экранов определена средняя температура излучения окружающей среды, принимая, что температура боковых пород постоянна и составляет 33°C . При выполнении расчетов температура поверхности охлаждающих экранов изменялась от 10°C до 20°C с интервалом в 2° градуса. Для каждого варианта размещения экранов изменялись и их длины от 2 м до 6 м (2 м – одно полотнище, 4 м – два полотнища и 6 м – три полотнища) [3, 4].

Результаты расчетов средней температуры излучения окружающей среды для человека, находящегося в середине подготовительной выработки между охлаждающими экранами, представлены в таблице 1.

При отсутствии в выработке охлаждающих экранов средняя температура теплового излучения окружающей среды соответствовала бы температуре боковых пород (33°C).

Применение охлаждающих экранов по варианту D позволило понизить среднюю температуру излучения окружающей среды примерно на 10°C .

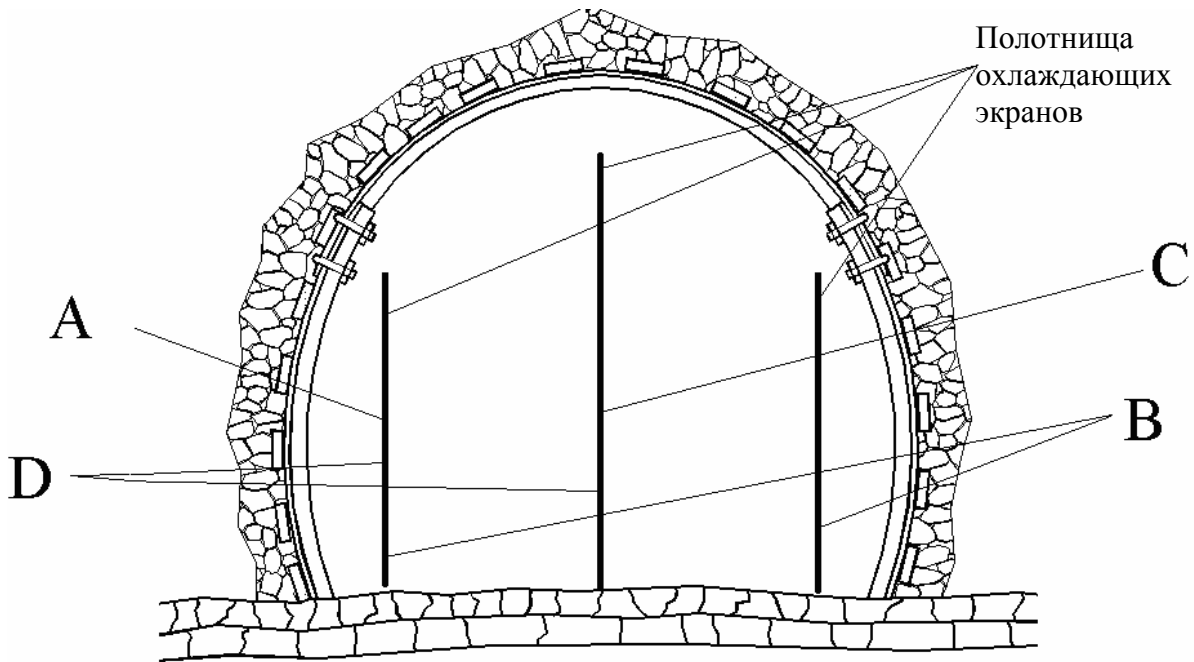


Рис. 2. Размещение охлаждающих полотнищ в подготовительной выработке

3. Климатические условия труда

Климатические условия труда горняков на любом рабочем месте зависят от многих факторов: климата, вида работы или характера выполняемых работником операций, вида одежды и степени акклиматизации. Климатические условия горняков в подземных горных выработках можно показателем теплового дискомфорта δ [1, 2]. Этот показатель определен из уравнения теплового комфорта П. Фангера [5] и критерия термической безопасности человека, которые соответствуют требованиям норм PN-85/N 08011 (ISO 7243-1982) и показателя WBGT [8]. Значения показателя теплового дискомфорта δ позволяют определить условия теплового комфорта для работника (при $\delta = 0$), безопасный для здоровья тепловой дискомфорт (при $0 < \delta < 1$) и опасный для здоровья тепловой дискомфорт (при $\delta \geq 1$). При $\delta \geq 1$ человек не должен работать и даже не может находиться в такой среде с неблагоприятными тепловыми условиями. Безопасные для здоровья (при $0 < \delta < 1$) условия теплового дискомфорта подразделяются на:

- полезные условия ($0 < \delta < 0,2$),
- удовлетворительные условия ($0,2 \leq \delta < 0,5$),
- трудные условия ($0,5 \leq \delta < 0,8$),
- условия очень трудные ($0,8 \leq \delta < 1$).

Значения показателя теплового дискомфорта работника можно определить по номограммам [1, 2] или на основании компьютерных расчетов [6]. Однако они не учитывают влияние изменения средней температуры излучения окружающей среды, так как выполняются с учетом условия, что средняя температура излучения равна температуре воздуха.

4. Влияние средней температуры теплоизлучения породного контура на климатические условия работников в выработках с повышенной температурой

Средняя температура излучения породного контура существенно влияет на климатические условия на рабочих местах горняков. Применение охлаждающих экранов снижает среднюю температуру излучения породного контура при уменьшении значения показателя теплового дискомфорта и улучшении климатических условий на рабочем месте.

Табл. 1. Прогноз средней температуры теплового излучения окружающей среды в тупиковом подготовительном забое

Способ размещения полотнищ (описание на рисунке)	Размеры охлаждающих полотнищ (длина и высота), м	Температура поверхности охлаждающих полотнищ °С (температура остальных поверхностей составляет 33 °С)	Средняя температура излучения охлаждающей среды (человек находится в середине между охлаждающими полотнищами) °С	Способ размещения полотнищ (описание на рисунке)	Размеры охлаждающих полотнищ (длина x высота), м	Температура поверхности охлаждающих полотнищ °С (температура остальных поверхностей составляет 33 °С)	Средняя температура излучения охлаждающей среды (человек находится в середине между охлаждающими полотнищами) °С
Охлаждающие полотнища только с одной стороны стенки (А)	2x2	10	30,8	Охлаждающие полотнища по обе стороны штрека (В)	2x2	10	28,54
		12	30,98			12	28,92
		14	31,17			14	29,30
		16	31,35			16	29,68
		18	31,54			18	30,06
		20	31,73			20	30,44
	4x2	10	29,27		4x2	10	25,74
		12	29,53			12	26,28
		14	29,80			14	26,83
		16	30,07			16	27,38
		18	30,34			18	27,94
		20	30,62			20	28,50
	6x2	10	28,44		6x2	10	24,25
		12	28,73			12	24,85
		14	29,02			14	25,45
		16	29,31			16	26,06
		18	29,61			18	26,67
		20	29,92			20	27,29
Охлаждающие полотнища по середине выработки (С)	2x2,5	10	29,35	Охлаждающие полотнища по середине выра- ботки и с одной стороны возле штрека (D)	2x2,5 (размеры полотнища по середине) 2x2 (размеры полотнища возле стенки)	10	26,44
		12	29,65			12	26,82
		14	29,96			14	27,20
		16	30,27			16	27,58
		18	30,59			18	27,96
		20	30,90			20	28,34
	4x2,5	10	27,13		4x2,5 4x2	10	23,64
		12	27,57			12	24,16
		14	28,02			14	24,68
		16	28,47			16	25,20
		18	28,92			18	25,72
		20	29,38			20	26,24
	6x2,5	10	25,97		6x2,5 6x2	10	22,15
		12	26,46			12	22,55
		14	26,95			14	22,95
		16	27,44			16	23,35
		18	27,94			18	23,75
		20	28,45			20	24,15

На рис. 3–5 представлены графики зависимости температуры излучения породного контура $t_{изл}$ от температура воздуха t_c для различных значений коэффициента теплового дискомфорта ($0 \leq \delta \leq 1$) [1] для не одетых и не акклиматизировавшихся горняков, выполняющих умеренный труд (энергетические затраты составляют $M = 165 \text{ Вт/м}^2$) при скорости воздуха $w = 0,5 \text{ м/сек}$ и при влажности воздуха соответственно 20, 50 и 100%.

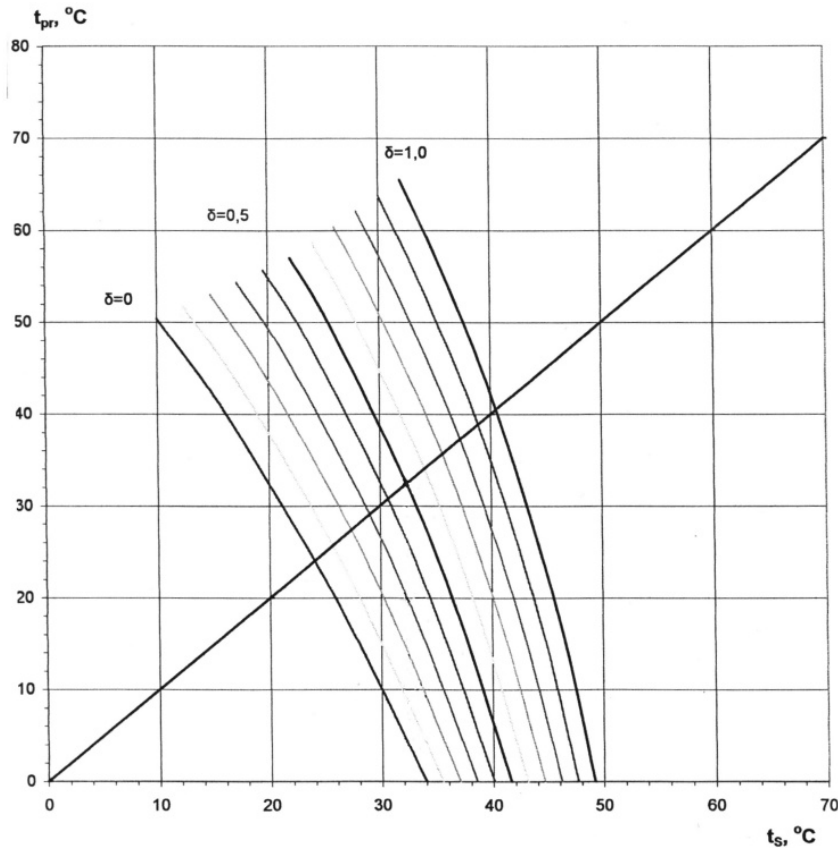


Рис. 3. График зависимости температуры излучения породного контура $t_{гр}$ от температура воздуха t_c при его влажности $\varphi = 20\%$

При подготовке номограмм (рис. 3, 4 и 5), позволяющих определить значение показателя теплового дискомфорта δ в зависимости от средней температуры излучения окружающей среды и температуры шахтного воздуха, ввиду большого числа параметров, от которых зависят климатические условия, для некоторых из этих параметров были приняты постоянные значения. Скорость воздуха составляла 0,5 м/сек, энергетические затраты работников, выполняющих умеренный труд – 165 Вт/м². Люди не одеты и не акклиматизировались.

Представлены три номограммы, которые определены для трёх постоянных значений относительной влажности воздуха $\varphi = 20\%$ (рис. 3), $\varphi = 50\%$ (рис. 4) и $\varphi = 100\%$ (рис. 5). В случае иных значений влажности в забоях можно применять интерполяцию.

Графики используются следующим образом. Сначала, используя результаты измерений, определяется температура воздуха, относительная влажность и скорость воздуха и подбирается номограмма, соответствующая этим параметрам. Для примера принято следующие условия измерений: $t_c = 33^\circ\text{C}$, относительная влажность $\varphi = 50\%$ и скорость воздуха $w = 0,5$ м/сек. Эти результаты соответствуют номограмме, представленной на рис. 4.

Если в исходных данных заложим, что средняя температура излучения окружающей среды соответствует температуре воздуха (рис. 4., точка А), тогда показатель теплового дискомфорта составляет $\delta = 0,85$. Это соответствует очень трудным климатическим условиям.

Понижение средней температуры излучения в такой выработке, благодаря применению охлаждающих экранов, на 10°C (точка В), улучшает климатические условия, так как показатель теплового дискомфорта уменьшится на 0,25, то есть принимает значение 0,6. Это значение показателя δ дальше соответствует тяжёлым климатическим условиям, однако улучшение этих условий произошло.

Удовлетворительные климатические условия можно было бы достичь, если бы средняя температура излучения составляла например 10°C (точка С), тогда тепловой комфорт был бы при средней температуре излучения равной 0°C (точка D).

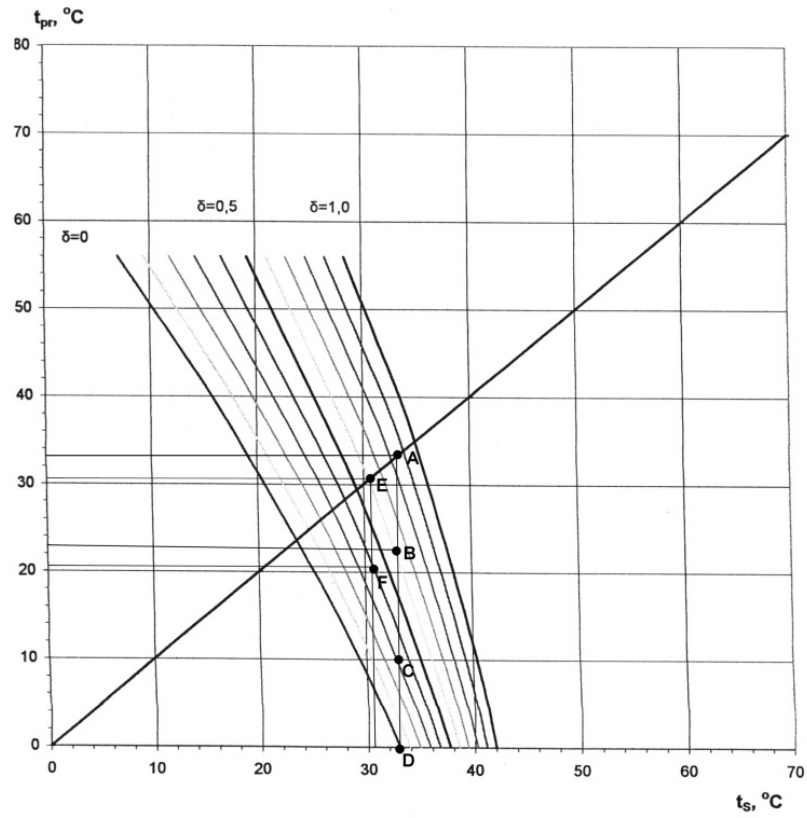


Рис. 4. График зависимости температуры излучения породного контура $t_{изл}$ от температура воздуха t_c при изменении коэффициента теплового дискомфорта от 0 до 1 и влажности $\varphi = 50\%$

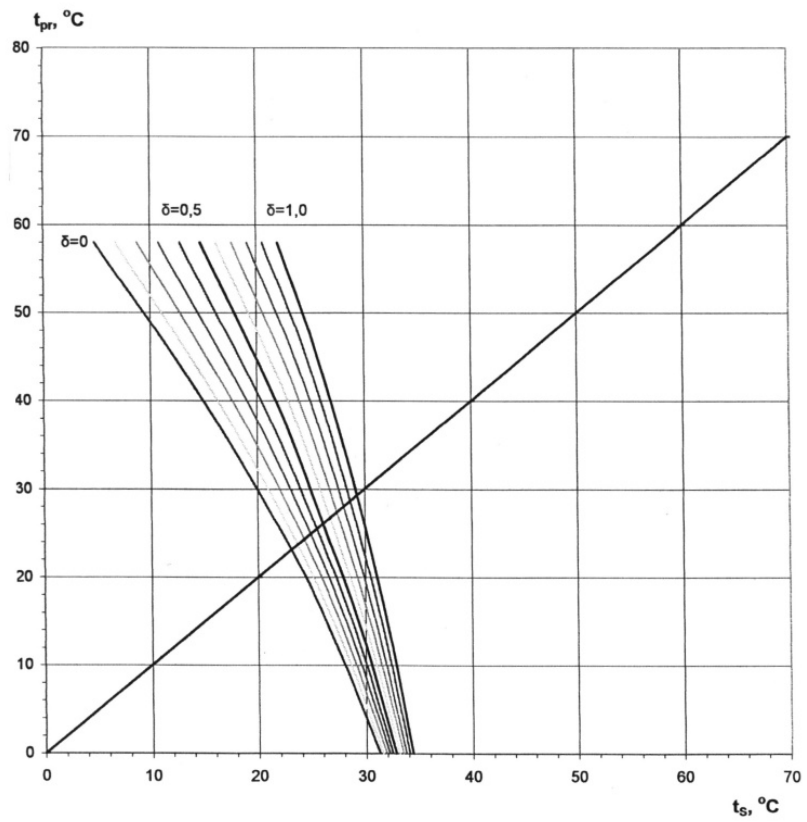


Рис. 5. График зависимости температуры излучения породного контура $t_{изл}$ от температура воздуха t_c при изменении коэффициента теплового дискомфорта от 0 до 1 и влажности $\varphi = 100\%$

5. Выводы

В результате анализа результатов выполненных исследований можно сделать вывод, что понижение средней температуры излучения окружающей среды в проходческих забоях улучшило климатические условия, о чем свидетельствует уменьшение показателя теплового дискомфорта. В представленном примере понижение средней температуры излучения окружающей среды на 10°C по отношению к температуре воздуха привело к уменьшению показателя теплового дискомфорта на 0,25, то есть от значения 0,85 до 0,6 (рис. 4, точки А и В). Подобный эффект понижения показателя теплового дискомфорта до значения 0,6 и улучшение климатических условий, можно получить, понижая температуру воздуха на 2,5°C, то есть до температуры 30,5°C (рис. 4, точка Е). Применение охлаждающих экранов позволяет снизить среднюю температуру излучения окружающей среды на 10°C и получить удовлетворительные климатические условия (точка F), с показателем теплового дискомфорта $\delta = 0,4$. Проведенный анализ показывает, что в проходческих забоях глубоких шахт можно совместно использовать два устройства, предназначенные для улучшения климатических условий - радиаторы и охлаждающие экраны.

Способ улучшения климатических условий в условиях глубоких шахт, основанный на понижении средней температуры теплоизлучения окружающей среды, наряду с достаточно высокой эффективностью гораздо дешевле, чем применяемые сегодня традиционные системы кондиционирования, основанные на принципе охлаждения воздуха.

Библиографический список

1. J. Drenda. Dyskomfort cieplny w środowiskach pracy kopalń głębokich. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo Z. 213, Gliwice 1993.
2. J. Drenda. Evaluation of the efficiency of means adopted to improve the climatic conditions in deep mines. 7th International Mine Ventilation Congress, Cracow 2001, Poland.
3. J. Drenda, L. Domogala, Z. Rozanski. Promieniowanie cieplne w kabinach kierowców kopalnianych wozów samojezdnych. CUPRUM nr 15 Wrocław 2000r.
4. J. Drenda, L. Domogala, D. Musiol, Z. Rozanski. Wyniki eksperymentów prowadzonych z zasłonami chłodzącymi w komorze klimatycznej. Materiały konferencyjne IBMT Gliwice 2000r.
5. P. O. Fanger. Komfort cieplny. Arkady, Warszawa, 1974r, s.153.
6. J. Drenda, K. Słota. Wyznaczenie średniej temperatury promieniowania cieplnego otoczenia z wykorzystaniem programu ZKS Mosto 2000. Wiadomości Górnicze nr 1, 2003.
7. X. G. Wenzel, C. Piekarski. Klima und Arbeit. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung. München 1984.
8. PN- 85/N-08011 (tłum. z ISO 7243-1982) Środowiska gorące. Wyznaczanie obciążeń termicznych działających na człowieka w środowisku pracy, oparte na wskaźniku WBGT.

© Дренда Я., Слота К., Слота З., 2008.