

ПОВЫШЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЯЮЩИХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ (ЭСИЗ) И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В ШАХТАХ С НАГРЕВАЮЩИМ МИКРОКЛИМАТОМ

© 2009 Н.В. Савченко

Самарский государственный аэрокосмический университет

Статья получена 06.10.2009 г.

Проведен анализ перспективы использования кондиционируемой одежды для работы в шахтах с нагревающим микроклиматом. В условиях массового использования такой одежды важным фактором является техническая экономичность, определяемая потребляемым расходом сжатого воздуха. Проведенные исследования регенеративных схем кондиционирования, использующих вихревые трубы, подтвердили возможность значительного повышения термодинамической эффективности процесса кондиционирования.

Ключевые слова: *средства индивидуальной защиты; кондиционируемая одежда нагревающий производственный микроклимат; регенеративная схема охлаждения сжатого воздуха; вихревой эффект*

Концентрация и интенсификация производственных процессов увеличивает валовое выделение тепла, шума, газовых, пылевых, аэрозольных выделений и иных неблагоприятных факторов в расчете на единицу площади или объема производственных помещений. Механизация процессов, массовое использование автоматики, телеметрических систем измерения, дистанционное управление уменьшают количество работ, требующих постоянного присутствия человека в зоне с неблагоприятными условиями труда. В этом случае становится целесообразным защищать от вредных проявлений не все рабочее пространство необходимого пребывания человека, а только определенную локальную зону, в которой находится человек в данный момент. Все перечисленное относится, в том числе и к добыче полезных ископаемых, проводимой шахтным способом. На наш взгляд становится целесообразным использование энергопотребляющих средств индивидуальной защиты и для горнодобывающих отраслей. Здесь, кроме концентрации вредных факторов, обусловленных интенсификацией производственных процессов, преобладающим фактором становится увеличение температуры окружающей среды из-за перехода процесса добычи полезных ископаемых на все большую глубину.

На протяжении длительного времени с тем или иным успехом использовались средства индивидуальной защиты (СИЗ) в виде индивидуальных кондиционеров на основе вихревой трубы, позволяющие защитить человека от нагревающего микроклимата, но они не получили широкого применения. Это связано, прежде всего, с недостаточной экономичностью

из-за потребления ими большого количества сжатого воздуха. Однако, по мере увеличения выхода готовой продукции в расчете на одного работающего, вопрос экономичности СИЗ становится менее значимым. Техническая же экономичность, определяемая используемыми физическими процессами и совершенством конструкции кондиционера должна повышаться. Существует возможность и значительного снижения количества потребляемого воздуха, используемого при охлаждении кондиционируемой одежды. Диапазон температуры окружающей среды в горных выработках от $+30^{\circ}\text{C}$ и до $+70^{\circ}\text{C}$ (в перспективе) позволяет применять «простые» схемы индивидуальных кондиционеров, основанные на эффекте энергоделения газа, реализованного в вихревой трубе. По сути, вихревой эффект в интегральном смысле не является газовым термодинамическим процессом. Потенциальная энергия давления в нем расходуется на перераспределение тепла между двумя частями воздуха, охлаждая одну из них передачей тепла другой. Массовая составляющая этих частей определяет коэффициент μ - долю холодного воздуха в его общей массе. В охлаждаемых вихревых трубах доля холодного потока может составлять 100% ($\mu=1,0$). Тепловая энергия в этом случае отводится от горячей составляющей без массообмена, только в результате теплообмена через стенку вихревой трубы.

На рис. 1 приведена регенеративная схема кондиционирования рабочей одежды с использованием охлаждаемой вихревой трубы. Сжатый воздух по шлангу 1 поступает в вихревую трубу 2 кондиционера 3, установленного на внешней поверхности кондиционируемой одежды 4. Охлажденный воздух по каналу 5 поступает в кондиционируемую одежду. Здесь

Савченко Нелли Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент

воздух забирает метаболическое тепло и тепло, поступающее из вне через оболочку одежды, подогревается на несколько градусов и по шлангу 6 поступает в теплообменную камеру 7. В теплообменной камере воздух забирает тепло с наружной поверхности охлаждаемой вихревой трубы и выводится из кондиционера в окружающую среду по каналу 8. Охлаждаемая вихревая труба имеет оребрение с наружной поверхности. Теплопередача через ее поверхность за счет высокого коэффициента теплоотдачи от закрученного потока внутри трубы и разветвленной поверхности снаружи происходит достаточно интенсивно.

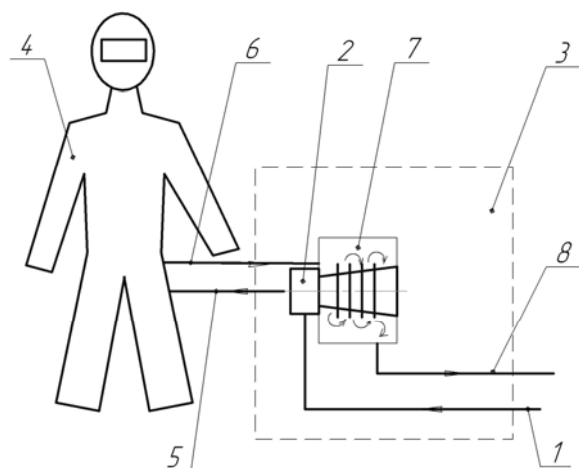


Рис. 1. Регенеративная схема кондиционирования с охлаждаемой вихревой трубой

По данной схеме кондиционирование возможно использовать до температуры окружающей среды $+45^{\circ}\text{C}$. Расход сжатого воздуха при этом не превышает $0,3 \text{ м}^3/\text{мин}$. При более высокой температуре, по нашему мнению, для уменьшения расхода сжатого воздуха целесообразно использовать схему кондиционирования с делящей вихревой трубой с тепловой регенерацией отработанного охлаждающего воздуха, сбрасываемого в окружающую среду. Снижение его расхода в этом случае происходит за счет перевода вихревой трубы с режима большей температурной эффективности при малой, примерно $0,3-0,4$, доле холодного потока, на режим умеренной температурной эффективности, но с большей долей ($0,5-0,7$) холодного потока. Недобор температурной эффективности вихревой трубы здесь компенсируется снижением температуры подведенного сжатого воздуха в результате регенерации.

Регенеративная схема охлаждения воздуха с применением вихревой трубы и методика ее расчета впервые была разработана А.П. Меркуловым и реализована в холодильных камерах. Рассматриваемая нами схема, приведенная на рисунке 2, аналогична ей по основным элементам. Сжатый воздух «а» проходит через теплообменник 1 кондиционера 2 и поступает в

вихревую трубу 3, где разделяется на холодный «б» и горячий «г» поток. Холодный воздух поступает в кондиционируемую одежду 4 и «забрав» тепло q_1 , поступающее из окружающей среды, и внутреннее тепловыделение q_2 выходит по каналу «в» в теплообменник, снижая температуру входящего сжатого воздуха. Далее отработанный воздух смешивается в смесителе 5 с горячим воздухом из вихревой трубы, снижая его температуру, и вытекает в окружающую среду.

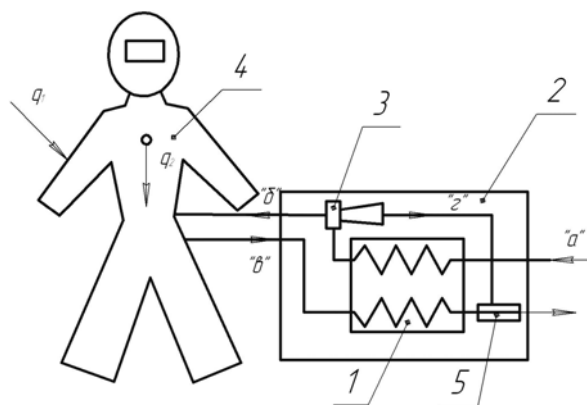


Рис. 2. Регенеративная схема охлаждения воздуха с делящей вихревой трубой

На рис. 3 приведена зависимость степени охлаждения от массовой доли холодного потока для делящей вихревой трубы (график «а») для одного из возможных режимов охлаждения. Принятые обозначения: T_1 – температура сжатого воздуха перед входом в вихревую трубу, π – степень расширения воздуха в вихревой трубе, $\Delta T = T_1 - T_x$ – степень охлаждения, $\mu = G_x / G$ – массовая доля холодного потока, G – расход сжатого воздуха, ΔT_n – необходимое понижение температуры холодного воздуха из условий кондиционирования, ΔT_{1e} , ΔT_{2e} – понижение температуры воздуха в вихревой трубе без регенераций и с регенерацией соответственно, ΔT_p – понижение температуры сжатого воздуха в теплообменнике за счет регенерации, μ_1 , μ_2 – доля холодного потока в схемах без регенерации и с регенерацией соответственно, $\Delta\mu$ – увеличение доли холодного потока за счет уменьшения необходимого перепада температуры холодного потока в вихревой трубе, G_1 , G_2 – расход сжатого воздуха в кондиционере без регенерации и с регенерацией соответственно.

$$G_2 = \frac{\mu_1}{\mu_1 + \Delta\mu} G_1$$

Характеристика приведена для режима равенства температуры T_1 подведенного к кондиционеру сжатого воздуха температуре окружающей среды. Такой режим возможен при

заведомо большой длине подводящего шланга. В рассматриваемом режиме экономия сжатого воздуха за счет регенерации составила 37%.

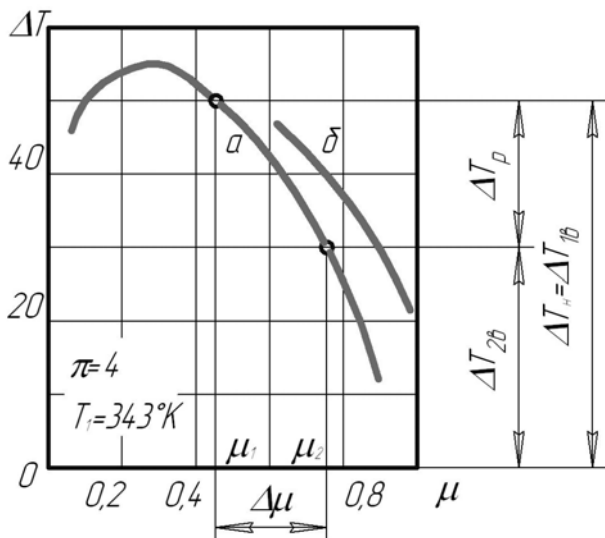


Рис. 3. Зависимость степени охлаждения ΔT от массовой доли холодного потока μ для вихревых труб делящей (а) и делящей охлаждаемой (б)

Реализация регенеративной схемы в индивидуальном кондиционировании, в отличие от холодильных камер, возможна только с теплообменниками с очень малым гидравлическим сопротивлением, т.к. оно в основном определяет избыточное давление в подкостюмном пространстве. В отличие от холодильных камер, где гидравлическое сопротивление теплообменника компенсируется принудительной прокачкой воздуха второго контура, в кондиционируемой одежде это практически невозможно

EFFICIENCY OF POWER CONSUMPTION MEANS OF THE INDIVIDUAL PROTECTION AND PROSPECTS OF THEIR USE IN MINES WITH HEATING UP MICROCLIMATE

© 2009 N.V. Savchenko
Samara State Space University
Article is received 2009/10/06

The analysis of prospect use the conditioned clothes for work in mines with heating up microclimate is lead. In conditions of mass use of such clothes the important factor is the technical profitability defined by the consumed charge of compressed air. Carried out researches of regenerative schemes of air-conditioning using vortical pipes, have confirmed an opportunity of substantial increase of thermodynamic efficiency of air-conditioning process.

Key words: *means of individual protection, conditioned clothes, heating up industrial microclimate, regenerative scheme of compressed air cooling, vortical effect*

из-за необходимости поддержания перепада давления в очень узком диапазоне. Необходимыми тепловыми и гидравлическими характеристиками в принципе обладают пластинчаторебристые теплообменники, но существующие их конструкции не технологичны из-за большой протяженности герметичных паянных швов. Нами разработана конструкция теплообменника, сводящая паянные швы к минимуму. Теплообменник стал технологичным в производстве и по своим весогабаритным характеристикам приемлем для использования в вихревых кондиционерах.

Выводы: некоторое усложнение конструкции кондиционера привело к существенному уменьшению расхода сжатого воздуха и в ряде случаев вполне оправдано. Кроме того, кондиционирование спецодежды по регенеративной схеме расширяет границу ее применения при более низком давлении сжатого воздуха в производственной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Меркулов, А.П. Вихревой эффект и его применение. - Самара: Оптима, 1997. - 346 с.
2. Савченко, Н.В. Локальное обеспечение оптимальных температурных условий. // Экология и здоровье человека: Материалы VI Междун. Конгр. - Самара, 1999.
3. Савченко, Н.В. Исследование регенеративной схемы индивидуально кондиционирования // Безопасность жизнедеятельности предприятий топливно-энергетического комплекса России: Материалы X Междун. Науч.-практ. конф. «Белые ночи». - Кемерово-СПб, 2002. - С. 117-120.