УДК 658.382.3

С.Н.ПОЛТОРЫХИН
Горный факультет,
аспирант кафедры безопасности производств
и разрушения горных пород

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ РАБОТ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

В условиях Крайнего Севера при выполнении работ ограничен диапазон использования средств индивидуальной защиты в связи с невозможностью их применения при температуре ниже –10 °С. Одним из перспективных направлений является создание рекуперативного тепловлагообменника, обеспечивающего аккумулирование выдыхаемого тепла и влаги для подогрева и увлажнения вдыхаемого холодного воздуха.

During the work in conditions of Far North the Individual save equipment usage is limited, due to impossibility of its application at the temperature lower –10 °C. Creation of the recuperative heat – exchanger, providing accumulation humidifying moisture and air for worming up of inhaled cold air.

Анализируя существующие средства индивидуальной защиты (СИЗ) от пыли, шума, газа и низких температур, можно сделать вывод, что существенным недостатком является неудобство или невозможность их комплексного использования.

За основу комплексного средства индивидуальной защиты можно взять следующие СИЗ. В качестве пылегазовой защиты респиратор типа РУ-60М; в качестве противошумного СИЗ наушники «Супамафф 313725» (Великобритания), имеющие пластиковое оголовье, чашечки из ударопрочного полистирола, околоушные валики из ПВХ, шумопоглотитель, пенополиуретан.

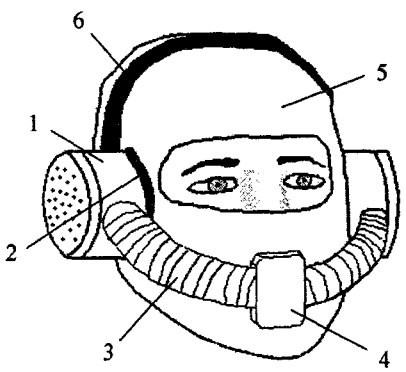


Рис.4. Схема комплексного средства индивидуальной защиты

Регулировка по высоте. Для защиты лица используется трикотажный подшлемник.

Схема предлагаемого средства комплексной пыле-, газо-, теплошумовой защиты представлена на рис.1. Фильтры-наушники 1 расположены на трикотажном (вязаном) подшлемнике 5, сверху соединенные регулирующим ободом 6, фиксирующим их положение. Дыхательный клапан 4 и фильтры-наушники 1 соединены гофрированной трубкой 3, что дает возможность рабочему регулировать их положение. Для плотного прилегания фильтров-наушников к ушам используется мягкая кожаная прокладка 2, аналогичная применяемой в обычных наушниках.

Одно из главных направлений данной работы – необходимость создания рекуперативного тепловлагообменника, обеспечивающего аккумулирование выдыхаемого тепла и влаги для подогрева и улучшения процесса фильтрации вдыхаемого холодного воздуха. Естественно, что процесс теплообмена должен осуществляться непосредственно в схеме циркуляции воздуха и иметь наибольшую площадь контакта, следовательно, для эффективности теплопередачи целесообразно расположить тепловлагообменник в корпусе фильтра.

В качестве аккумулирующего элемента предложена тонкая медная лента и влагоаккумулирующая ткань. Для определения эффективности рекуперации в зависимости от геометрических параметров использовали медную ленту шириной 3, 5 и 7 см. В результате опытных исследований установлено, что применение тепловлагоаккумулирующих элементов шириной 3 и 5 см позволяет находиться при температуре окружающей среды до –20 °С и –30 °С соответственно, при этом температура вдыхаемого воздуха составляет порядка 5 °С, что способствует продолжительное время выполнять работы на открытом воздухе в условиях низких температур.

Если допустить, что распределение температур носит линейный характер (рис.2), можно определить коэффициент рекуперации для тепловлагоаккумулирующих элементов различной ширины:

$$K = \frac{\Delta t}{\Delta t_1} = \frac{|t_1 - t_2|}{|t_1 - t_3|},$$

где t_1 – температура воздуха окружающей среды; t_2 – температура воздуха после прохождения теплообменника, t_3 – температура выдыхаемого человеком воздуха, $t_3 = 37$ °С.

Тогда

для $l_0 = 3$ см

$$K_{min} = \frac{\Delta t}{\Delta t_1} = \frac{|t_1 - t_2|}{|t_1 - t_3|} = \frac{|-20 + 5|}{|-20 - 37|} = 0{,}26;$$

для $l_0 = 5$ см

$$K_{ср} = \frac{\Delta t}{\Delta t_1} = \frac{|t_1 - t_2|}{|t_1 - t_3|} = \frac{|-30 + 5|}{|-30 - 37|} = 0{,}37;$$

для $l_0 = 7$ см

$$K_{max} = \frac{\Delta t}{\Delta t_1} = \frac{|t_1 - t_2|}{|t_1 - t_3|} = \frac{|-50 + 5|}{|-50 - 37|} = 0{,}51.$$

Коэффициент рекуперации показывает, как эффективно тепловлагообменник рекуперирует тепло, теряемое человеком при дыхании, на полезную работу по созданию оптимальной температуры вдыхаемого воздуха.

При применении фильтров без рекуперативного тепловлагообменника ощутима разница температуры выдыхаемого и вдыхаемого воздуха. В течение 7 мин условия становятся не только дискомфортными, но и появляется серьезная возможность получить простудное заболевание.

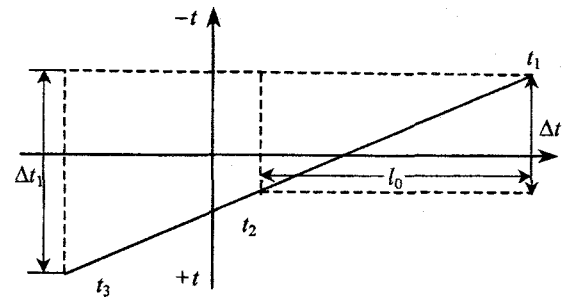


Рис.2. График линейного распределения температуры по длине рекуперативного тепловлагообменника

Важную роль играет образование конденсата в процессе эксплуатации индивидуального тепломассообменного рекуперативного устройства. Процесс конденсации способствует интенсивной коагуляции аэрозольных частиц, т.е. образующиеся частицы воды более эффективно улавливают и связывают частицы пыли.

Процесс тепломассопереноса нейтральной среды (фольга-ткань), с теплым и холодным воздухом при возвратноточном движении в цилиндрических каналах сопровождается отдачей тепла теплым воздухом $q_т$ и получением $q_х$ холодным ($q_т = q_х$), а также отдачей влаги $d_т$ и получением $d_х$ ($d_т = d_х$) с переносом части тепла и влаги.

После прохождения атмосферного воздуха при начальном влагосодержании, равном 1 г/кг, через индивидуальное тепломассообменное рекуперативное устройство вдыхаемый воздух насыщается влагой, и его влагосодержание составляет 23 г/кг. Увлажнение вдыхаемого воздуха посредством конденсата также является положительным эффектом при использовании данного устройства.

Увеличение длины канала индивидуального тепломассообменного рекуперативного устройства, как и числа слоев, эквивалентно снижению скорости движения воздуха при сохранении геометрии устройства или увеличению его диаметра при сохранении аэродинамического сопротивления единичного канала, что повышает коэффициент

использования тепла, выдыхаемого из легких, коэффициент использования влаги, а также тепловой коэффициент и коэффициент увлажнения атмосферного воздуха.

Лабораторные исследования показали высокую эффективность работы конструкции в широком диапазоне условий, возможность многократного (более 1000 раз) использования влагопоглотителя и продолжительное время теплоаккумулирующего элемента, соизмеримое со сроком службы самого устройства.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Ю.В.Шувалов*