

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ РАБОТАЮЩИХ НА МАЛОМОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

А. Ф. Долженков, канд. мед. наук (МакНИИ)

На основі вивчення комплексу факторів виробничого середовища, що впливають на шахтарів, оцінки зносостійкості спецодягу, встановлення топографії та інтенсивності впливу факторів на організм працюючих розроблено критерії оцінки спецодягу для шахтарів, що працюють на малопотужних пластах. Установлені основні вимоги, яким повинен відповідати спецодяг. Виконано розрахунок необхідної середньозваженої товщини пакета для умов роботи “лежачи” з урахуванням кондуктивних теплових трат.

В Донецком бассейне более 3/4 запасов наиболее ценных углей, залегающих в пластах пологого, наклонного и крутого падения, сосредоточено в маломощных пластах (весьма тонких – до 0,7 м и тонких – до 1,3 м). В этих условиях работают более 100 тысяч человек, и в перспективе количество их будет неуклонно возрастать. Одной из основных задач при отработке маломощных пластов является совершенствование средств индивидуальной защиты (СИЗ), в первую очередь спецодевды, с целью приспособления их к характерным условиям труда. Спецодевда традиционно разрабатывается в основном в расчете на людей, работающих в вертикальном положении. При использовании спецодевды в процессе эксплуатации маломощных пластов ее гигиенические, защитные и эргономические свойства снижаются, сроки носки, предусмотренные существующими нормами, не выдерживаются [1].

Для выявления характера износа такой спецодевды, изготавливаемой в соответствии с ГОСТ 12.4.110-82 [2], на ряде шахт ГП «Макеевуголь» были проведены наблюдения за эксплуатацией серийно выпускаемой спецодевды для работы на пластах мощностью до 0,8 м. На рис. 1 показано **накопление отказов** (полной потери защитных свойств) и средние сроки безотказной эксплуатации спецодевды горнорабочими маломощных пластов. Из анализа рис. 1 следует, что срок службы брюк в условиях эксплуатации маломощных пластов не превышает 3 месяцев (по «Нормам бесплатной выдачи...» для подземных горнорабочих – не более 6 месяцев). Наибольшее количество отказов брюк происходит через два месяца их носки. Срок службы куртки в аналогичных условиях не превышает 7 месяцев (по «Нормам бесплатной выдачи ...» для подземных горнорабочих – не более 12 месяцев), а наибольшее количество отказов – через 3...4 месяца их эксплуатации. Установлено, что наиболее сильному износу и разрушению из-за трения об абразивные поверхности угля и породы подвергались области колен, локтей, боковые поверхности брюк и рукавов куртки.

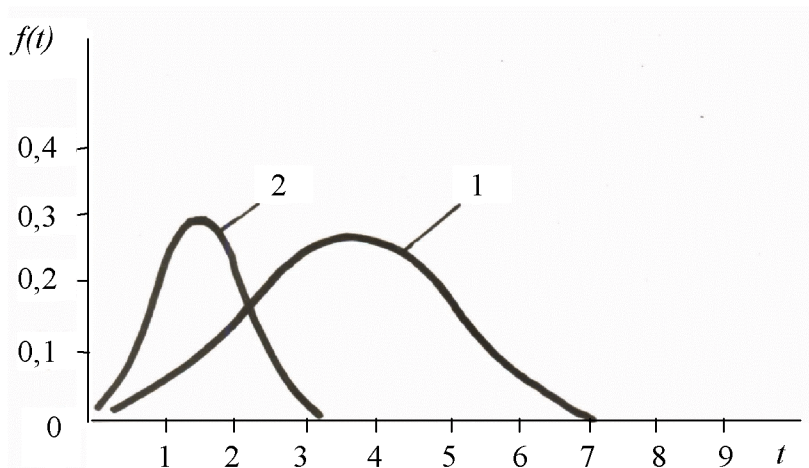


Рис. 1. **Количество** отказов и средние сроки безотказной эксплуатации: 1 – по курткам; 2 – по брюкам; $f(t)$ – величина износа спецодежды во времени; t – время эксплуатации серийной спецодежды на маломощных пластах

На основании анализа литературных источников, изучения условий труда, опросов горнорабочих, работающих на маломощных пластах, был выявлен комплекс факторов производственной среды, неблагоприятно влияющий на изучаемую категорию работающих, установлена топография и интенсивность их воздействия. Основными опасными и вредными производственными факторами являются микроклимат (температура воздуха и почвы, влажность, скорость воздушного потока) [3], механические **факторы** (удар, трение, прокол) [4], угольная и породная пыль [5], микробное загрязнение, вода, масла [6]. Характерной особенностью таких рабочих мест является вынужденная поза лежачая – на боку при работе, при передвижении с опорой на колени и локти. Вследствие этого отдача тепла организмом человека в окружающую среду осуществляется в основном теплопроводностью (кондукцией) и может привести к переохлаждению организма [7].

Основными нозологическими формами заболеваний исследуемой группы работающих являются простудные заболевания, пиодермиты и мелкие травмы. В связи с невозможностью регистрации действия механических факторов в условиях шахт их изучение проводилось по результирующему признаку – по заболеваемости пиодермитами, среди причин которой существенное место занимает микротравматизм кожных покровов. Установлено, что чаще всего пиодермитами поражаются нижние конечности (голень, бедро, колено), верхние (плечо, предплечье, локоть), а также область поясницы, что совпадает с выявленными зонами максимального износа серийно выпускаемой спецодежды. Установлено, что к основным требованиям, которым должна соответствовать спецодежда, относятся: предохранение от воздействия вредных и опасных факторов, обеспечение безопасности труда, сохранение нормального функционального состояния человека и его работоспособности. При этом сама спецодежда не должна оказывать неблагоприятного воздействия на организм человека при ее эксплуатации и изготовлении.

На основании данных, полученных при проведении хронометража рабочего времени горнорабочих, изучении характерных поз и основных движений в процессе их работы и передвижения, на специальном устройстве, моделирующем движение тела человека, проведены комплексные исследования взаимодействия человека и одежды в системе человек–одежда–среда с получением объективных критериев оценки удобства пользования спецодеждой. С помощью устройства, измеряющего давление одежды на поверхность манекена, определяли деформацию, растяжение материала в деталях и швах изделия, перемещение одежды и усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления одежды. Исследования показали, что для создания комфортных условий величина давления спецодежды на тело человека в наиболее информативных точках (шейной, линии талии, заднего угла подмышечной впадины, среднего шва низа на уровне выступающей точки ягодиц) не должна превышать 135 кПа. Кроме того, исследования позволили определить соответствующие припуски на свободу выполнения движений.

Основными критериями, характеризующими защитные свойства спецодежды и материалов, направленные на снижение действия комплекса неблагоприятных факторов, воздействующих на шахтеров, являются поверхностная плотность, разрывная нагрузка, стойкость к истиранию, воздухопроницаемость, водоупорность, сопротивление проколу, амортизация, тепловое сопротивление материалов и пакета спецодежды в целом.

Одним из основных требований сохранения хорошего самочувствия и высокой работоспособности человека является обеспечение нормального теплового состояния его организма. Необходимое условие сохранения длительного теплового комфорта – поддержание теплового баланса, что достигается терморегуляцией организма и применением соответствующей спецодежды. Тепловое равновесие между человеком и окружающей средой зависит от температуры воздуха, температуры стен и поверхностей окружающих предметов, скорости движения и влажности воздуха, характера одежды, теплопродукции человека, которая, в свою очередь, зависит от вида и производительности труда, конституции тела, веса, роста и т.д. [8]. Чем напряженнее и интенсивнее деятельность человека, тем больше он продуцирует тепла. Отдача тепла для достижения теплового равновесия осуществляется кондукцией, конвекцией, радиацией, дыханием, испарением пота. В условиях теплового комфорта наибольшую долю составляют потери тепла радиацией и конвекцией (до 80 %). При проведении подавляющего большинства работ отдача тепла кондукцией составляет обычно незначительную величину и ею, как правило, пренебрегают. В условиях же маломощных пластов имеет место значительное кондуктивное охлаждение, и оно учитывалось при расчете теплового сопротивления спецодежды.

Теплозащитные свойства спецодежды для условий маломощных пластов определялись величиной теплового сопротивления пакета шахтерской спецодежды по формуле

$$R_{\text{сум.од}} = \frac{t_{\text{св.к}} - t_{\text{в}}}{q},$$

где $R_{\text{сум. од}}$ – тепловое сопротивление пакета спецодежды, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$; $t_{\text{св.к}}$ – средневзвешенная температура кожи, $^\circ\text{С}$; $t_{\text{в}}$ – температура воздуха, $^\circ\text{С}$; q – плотность теплового потока, Вт/м^2 .

Плотность теплового потока q , Вт/м^2 определялась по формуле

$$q = \frac{Q_{\text{рад.конв}}}{S},$$

где S – средняя площадь поверхности тела человека, равная 1,8 (при средней массе 70 кг и росте 171 см); $Q_{\text{рад.конв}}$ – радиационно-конвективные теплотери, Вт,

$$Q_{\text{рад.конв}} = 0,72M + 0,8 \frac{D}{\tau} Q_{\text{вд}} + 6,30,$$

где M – общие энергозатраты человека, Вт; D – допустимый дефицит тепла в организме человека, Дж; τ – непрерывное время пребывания в заданных метеорологических условиях, ч; $Q_{\text{вд}}$ – затраты тепла на нагрев вдыхаемого воздуха, Вт.

Теплоизоляционные свойства спецодежды обусловлены, **главным** образом, присутствием заключенного в ней инертного воздуха. В связи с тем, что воздушный поток, проникая внутрь одежды и усиливая конвекцию в материалах и пододежном пространстве, снижает ее защитный эффект, в расчет теплового сопротивления вводилась поправка, определяемая по формуле

$$C = (0,07V + 2,0)V + 5,$$

где C – снижение средневзвешенной величины теплового сопротивления одежды, %; V – воздухопроницаемость пакета спецодежды, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$; V – скорость движения воздуха на рабочем месте, м/сек.

Таким образом, суммарное тепловое сопротивление спецодежды ($R_{\text{сум}}$) с учетом поправки на скорость движения воздуха должно равняться

$$R_{\text{сум}} = \frac{R_{\text{сум}} Q_{\text{д}} \cdot 100}{100 - C}.$$

При расчете теплового сопротивления пакета спецодежды ориентировались на допустимое охлаждение организма и исходили из того, что непрерывное время работы шахтеров в заданных условиях не превышает 6 ч, время пребывания в состоянии покоя (энергозатраты 100 Вт) равно 1 ч.

Теплоотдача кондукцией ($Q_{\text{конд}}$) для работающих в положении лежа определялась, исходя из равенства

$$Q_{\text{конд}} = KF (t_1 - t_2),$$

где K – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$; F – поверхность соприкосновения тела человека с внешними предметами, м^2 ; t_1 – температура поверхности тела, $^\circ\text{С}$; t_2 – температура поверхности **соприкосновения**, $^\circ\text{С}$.

Было установлено, что отдача тепла тем больше, чем ниже температура предмета, с которым соприкасается тело, чем больше поверхность соприкосновения и чем меньше толщина **пакета** материалов одежды.

Необходимая средневзвешенная толщина пакета для условий работы лежа определяется с учетом кондуктивных теплопотерь по формуле

$$\delta_{\text{пс}} = \frac{\delta_{\text{пс}} \Pi}{100} + \delta_{\text{пс}},$$

где $\delta_{\text{пс}}$ – толщина пакета для работы в положении стоя, мм; Π – процентное содержание суммарного сопротивления в положении лежа, %; $\Pi = \frac{R_{\text{шт}} 100}{R_{\text{пс}}}$; $R_{\text{пс}}$ – тепловое сопротивление спецодежды в положении стоя; $R_{\text{шт}}$ – тепловое сопротивление спецодежды при работе в положении лежа.

Проведенные исследования позволили определить, что тепловое сопротивление пакета спецодежды для горнорабочих, работающих на пологих маломощных пластах, должно составлять **0,22 м² °С/Вт**.

При проектировании спецодежды для рассматриваемых условий важным является соответствие ее конструкции локальному теплообмену человека. Анализ основных рабочих поз указывает на необходимость локального увеличения пакета спецодежды в области плеча, предплечья, локтя, голени и бедра. Введение дополнительных прокладок в этих зонах будет служить защитой и от механических **факторов**.

Помимо теплового сопротивления пакета, в процессе проведения лабораторных и промышленных испытаний различных видов серийно изготавливаемой спецодежды были установлены параметры других критериев оценки (значения других параметров, по которым оценивается спецодежда) спецодежды (таблица).

Как следует из таблицы, набор тканей и материалов для спецодежды, свойства которой должны соответствовать защитным, эксплуатационным и гигиеническим требованиям, обусловлен условиями труда работающих. Основным показателем эксплуатационных свойств тканей является износостойкость, характеризуемая способностью материала противостоять действию разрушающих факторов в процессе носки изделия, при его стирке, химической чистке и хранении. Износостойкость оценивается такими показателями как стойкость к истиранию по плоскости, разрывная и раздирающая нагрузки. Большое значение имеют такие показатели как воздухопроницаемость, водоупорность, сопротивление проколу, амортизация и др., характеризующие гигиенические и защитные свойства.

Поскольку исследованиями было установлено, что в условиях маломощных пластов одежда изнашивается неравномерно, то для создания надежно защищающей спецодежды необходимо применение разнопрочных материалов. Для мест, испытывающих наибольшие истирающие воздействия (область колен, локтей, плеч, бедер, голени), рекомендованы ткани с высокими эксплуатационными свойствами. В качестве основной ткани комбинезона реко-

Требования, предъявляемые к тканям для изготовления комбинезонов

Наименование показателя	Ткань для изготовления комбинезона	Ткань для изготовления усилительных накладок	Ткань для изготовления прокладок в комбинезон
Поверхностная плотность, г/м ² , не более	440,7	601,7	575,0
Толщина, мм	0,78–0,84	0,65–1,38	2,4–3,5
Разрывная нагрузка, Н, не менее:			
по основе	1030,0	1082,0	–
по утку	588,4	1236,0	–
Разрывная нагрузка на раздирание, Н, не менее:			
по основе	64,0	21,6	–
по утку	59,0	37,3	–
Стойкость к истиранию, циклы, не менее	9,85	25,3	–
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с, не менее	0,24	0,26	–
Водоупорность, см вод. ст., не менее	22,0	19,8	–
Сопротивление проколу, Н, не менее	–	–	48,0
Амортизация, %, не менее:			
при 2,5 Дж	–	–	12,0
при 5,0 Дж	–	–	4,2
Тепловое сопротивление, м ² °С/Вт	–	–	0,05–0,08

мендованы хлопкополиэфирные ткани. Для усилительных накладок – винилискожа-Т прерывистая и полиэфирные ткани. В качестве прокладок рекомендуются иглопробивные нетканые полотна.

Опытная носка комбинезонов, **изготовленных по ТЗ**, для условий маломощных пластов показала, что они обладают более высокими эксплуатационными, защитными и гигиеническими характеристиками, чем серийно выпускаемая одежда.

1. *Нормы бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты для работников угольной промышленности.* – М.: Недра, 1987 . – 264 с.

2. *ГОСТ 12.4.110-82. ССБТ. Костюмы шахтерские* для защиты от механических воздействий и общих производственных загрязнений. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 19 с.

3. *Влияние нагревающего микроклимата* глубоких горизонтов на здоровье работающих / Н. И. Петрова, А. А. Рубцов, А. Л. Мищенко и др. // *Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело.* – М.: ЦНИЭИуголь. – 1982. – № 6. – С. 8.

4. *Иткин М. З., Цыкин С. И., Квитко А. Г.* Обоснование новых направлений средств индивидуальной защиты шахтеров от механических повреждений. // *Предупреждение травматизма и производственная санитария в шахтах:* Сб. науч. тр. – Макеевка–Донбасс. – 1990. – С. 14.

5. *Медведев Э. Н., Кашуба О. И., Скляр Л. И.* Влияние запыленности воздуха на производительность труда горнорабочих шахт Центрального района Донбасса // *Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах:* Сб. науч. тр. – Макеевка–Донбасс. – 1998. – С. 233–241.

6. *Суханов В. В.* Комплексный гигиенический анализ условий труда в глубоких шахтах // *Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело:* Научн.-техн. реф. сб. – М.: ЦНИЭИуголь. – 1982. – № 6. – С. 12–14.

7. *Комплексная оценка условий труда* горнорабочих по вредным факторам шахтной среды / М. З. Иткин, В. В. Суханов, Е. А. Перцевой, Н. В. Лобачева // *Предупреждение травматизма и производственная санитария в шахтах:* Сб. науч.тр. – Макеевка–Донбасс. – 1990. – С. 16.

8. *Опл Д., Иокл М.* Методика измерения микроклиматических условий в гигиенической практике. – М.: Медгиз, 1962. – 136 с.

9. *Колесников П. А.* Основы проектирования теплозащитной одежды. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 111 с.