

УДК 622.87:614.891.1

А. Ф. ДОЛЖЕНКОВ (д-р техн. наук, зав. кафедрой)

Т.А. НЕГРЕЙ (старший преподаватель)

Т. С. БУТУКОВА (инженер)

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Красноармейск

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОРАБОЧИХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЕЦОДЕЖДЫ ПРИ РАБОТАХ НА МАЛОМОЩНЫХ ПЛАСТАХ

Проведена оценка эргономических свойств спецодежды, изготовленной из различных тканей для ГРОЗ, работающих на маломощных пластах. Установлено, что условия труда ГРОЗ на маломощных пластах, в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, относятся к работам средней тяжести и тяжелым. На основании полученных зависимостей был сформирован комплекс требований к материалам, а так же расчетным путем оценен комплекс защитных свойств тканей по показателям риска для спецодежды.

Ключевые слова: эргонометрические свойства, маломощные пласты, механические факторы, коэффициент корреляции, критерий Фишера.

Постановка проблемы. Анализ литературных источников гигиенической направленности [1-5] показывает, что эргономические свойства спецодежды оказывают влияние на функциональное состояние рабочих и их работоспособность за счет антропометрических свойств и, как следствие, на показатели травматизма и профзаболеваний. По данным [6] эти показатели у горнорабочих маломощных пластов в 1,5-2 раза превышают показатели у шахтеров, работающих в других горно-геологических условиях. Тот факт, что вертикальные размеры тела превышают величину свободного пространства, вынуждает ГРОЗ при выполнении производственных операций подбирать рабочие позы с минимальными значениями вертикальных размеров. Это приводит к тому, что взаимодействие тела рабочего с поверхностью опоры смещается со стопы на другие участки тела: коленный сустав, боковую поверхность бедра, голени, таза и грудной клетки. Все это изменяет ориентацию тела к направлению действия силы тяжести, что определяет особенности воздействия механических факторов – удара, трения, давления. Как следствие, усилия и энергия, затрачиваемые ГРОЗ при выполнении производственных операций, увеличиваются. По классификации ГРОЗ в зависимости от условий труда (таблица 1) в самых сложных и неблагоприятных условиях работают шахтеры на маломощных пластах до 1,2 м. Это II, V и VI группы ГРОЗ, работа которых приравнивается к работе средней тяжести и тяжелой работе (от 300 Вт и выше).

Таблица 1 - Укрупненные группы ГРОЗ в зависимости от условий труда

Группа	Условия труда
I группа	Работа в необводненных условиях на крутых пластах любой мощности, на пластах с наклоном 19-45 град. свыше 1,3 м и наклонных пластах <18 град при мощности 1,8 м, температурах воздуха до 26°C
II группа	Работа в необводненных условиях на пологих пластах до 1,8 м и на пластах 19-45 град. до 1,2 м при температурах <26°C
III группа	Работа в обводненных условиях на крутых пластах любой мощности пласта, на пластах с наклоном 19-45 град. свыше 1,3 м и на пологих пластах <18 град при мощности свыше 1,8 м, температурах воздуха <26°C
IV группа	Работа в необводненных условиях на крутых пластах любой мощности, на пластах с наклоном 19-45 град. свыше 1,3 м, на пологих пластах <18 град при мощности свыше 1,8 м, температурах воздуха >26°C
V группа	Работа в необводненных условиях на пологих пластах до 1,8 м и на пластах 19-45 град. до 1,2 м при температурах >26°C
VI группа	Работа в обводненных условиях на пологих пластах до 1,8 м и на пластах 19-45 град. до 1,2 м при температурах <26°C

Цель статьи. Целью данной статьи является оценка эргономических свойств спецодежды, изготовленной из различных тканей для ГРОЗ, работающих на маломощных пластах.

Основная часть. Соответствие конструкции спецодежды размеру и форме тела человека рассматривались нами в статике и в динамике, поскольку при выполнении производственных операций, размеры и форма частей тела человека постоянно меняются, в результате чего спецодежда, изготовленная из материалов с различной жесткостью и толщиной, оказывает сопротивление перемещению, на преодоление которого затрачиваются дополнительные усилия и энергия [5].

Экспериментальные исследования сводились к проведению хронометража рабочего времени горнорабочих, изучению их передвижения в процессе работы и характерные позы. Комплексные исследования взаимодействия человека и одежды проводились на специальном устройстве, моделирующем движение тела человека для получения объективных критериев оценки удобства пользования спецодеждой. С помощью устройства, измеряющего давление одежды на поверхность манекена, были изучены параметры деформации и растяжения материала в деталях и швах изделия, перемещение одежды, усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления одежды. Исследования показали, что для создания комфортных условий, величина давления спецодежды на тело человека в наиболее информативных точках: шейной, высоты 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.

Получены эмпирические зависимости, описывающие связь функционального состояния горнорабочего от показателей свойств спецодежды и тканей (уравнения регрессии 1-3) при множественном коэффициенте корреляции 0,654-0,717 и значении критерия Фишера 12,4-16,6.

$$y = 0,892 - 0,0000038 \frac{X_3 X_7}{(0,74)} - 0,000804 \frac{X_5^2}{(0,26)}, \quad (1)$$

$$y = 1,172 - 0,0000042 \frac{X_4 X_7}{(0,73)} - 0,0000014 \frac{X_8}{(0,22)} + 0,0000073 \frac{X_9^2}{(0,05)}, \quad (2)$$

$$y = 0,970 - 0,000327 \frac{X_{10}}{(0,85)} + 0,001548 \frac{X_{11}}{(0,15)}, \quad (3)$$

где y - комплексная оценка функционального состояния (безразмерная величина);

X_1 - температура воздуха, °C;

X_2 - скорость движения воздуха, м/с;

X_3 - обводненность, баллы;

X_4 - площадь перекрытия усилительными накладками, %;

X_5 - содержание лавсана в основной ткани, %;

X_7 - тяжесть работы, Вт;

X_8 - поверхностная плотность основной ткани, г/м²;

X_9 - воздухопроницаемость основной ткани, г/м²;

X_{10} - средневзвешенная плотность костюма, г/м²;

X_{11} - средневзвешенная воздухопроницаемость костюма, г/м².

Построенные по ним номограммы (рис. 1-3) позволяют четко обосновать параметры спецодежды, которую можно рекомендовать для применения на маломощных пластах.

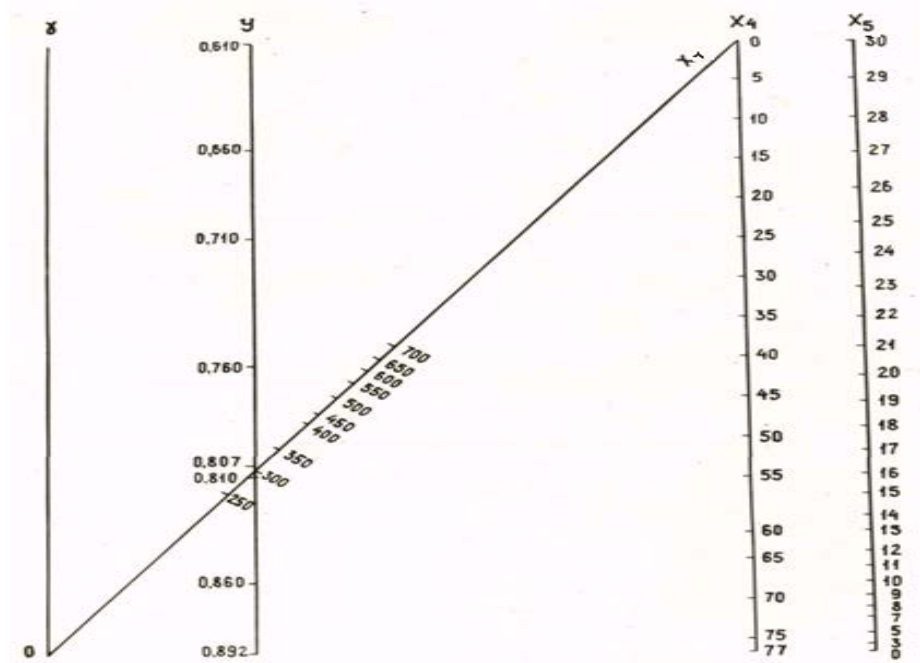


Рис. 1. Номограмма зависимости физиологического состояния горнорабочего (y) от тяжести работы X_7 , площади перекрытия усилительными накладками X_4 и содержанием синтетики (лавсана) в основной ткани X_5

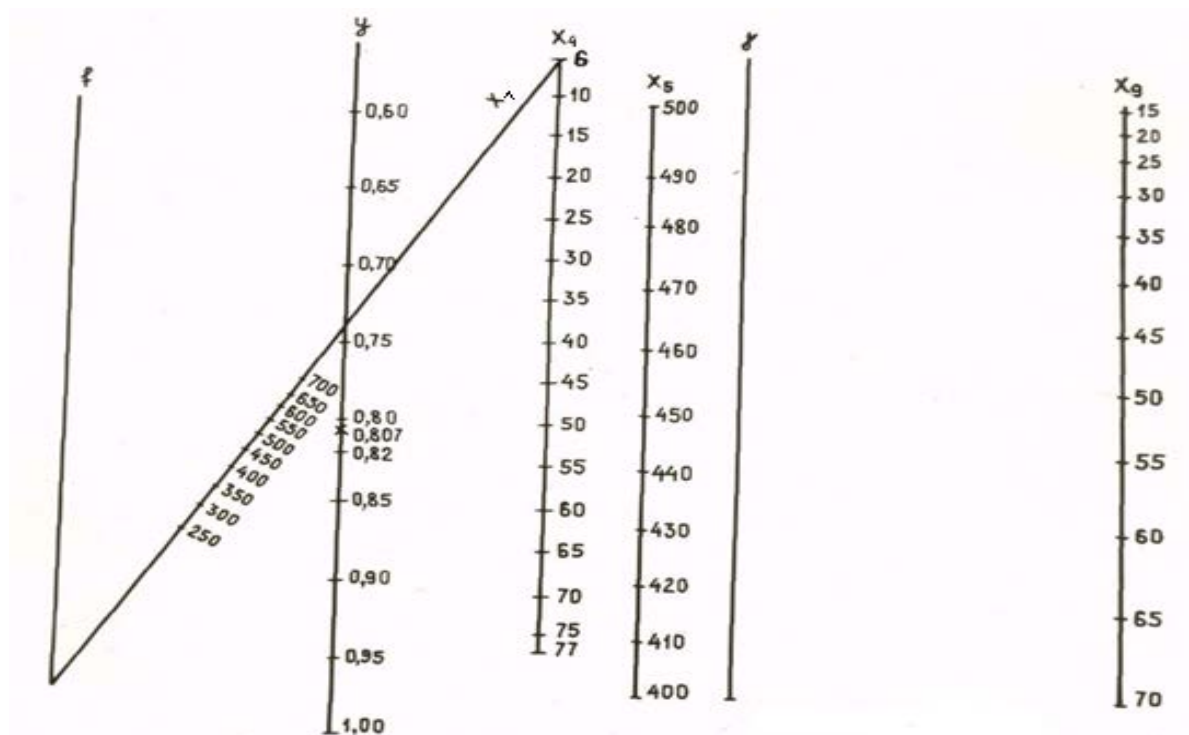


Рис. 2. Номограмма зависимости физиологического состояния (y) от тяжести работы X_7 , площади перекрытия усилительными накладками X_4 и воздухопроницаемости X_9 основной ткани спецодежды

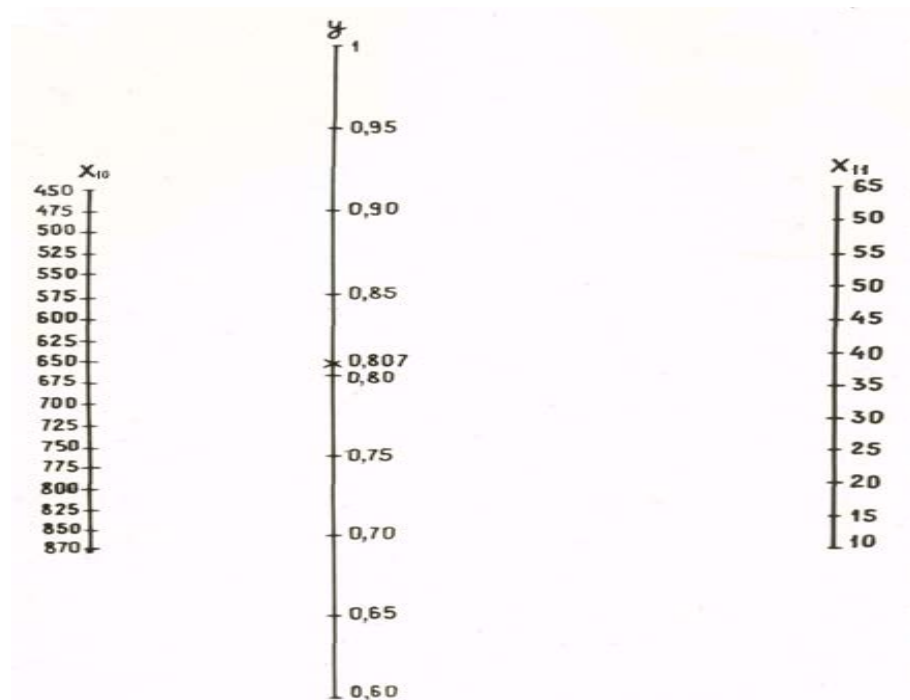


Рис. 3. Номограмма зависимости физиологического состояния (y) от средневзвешенной поверхностной плотности X_{10} , и средневзвешенной воздухопроницаемости X_{11} комплекта спецодежды

Экспериментальным путем установлено, что содержание лавсана в основной ткани спецодежды (x_5), при площади перекрытия ее усилительными накладками 27-30%, для работы средней тяжести (300 Вт) не должно превышать 25%, для тяжелой работы - 19%. Поскольку увеличение содержания лавсана в ткани усилительных накладок от 30% до 100% существенно ухудшения функционального состояния не вызывает, что установлено в ходе физиологических экспериментов, то удельный вес лавсановых волокон в ткани перекрытия может быть при необходимости максимальным, т.е. 100%. По уравнению регрессии 1 получаем значение содержания лавсана в основной ткани спецодежды и в усилительных накладках.

Усилительные накладки на спецодежде (x_4) должны соответствовать топографии и интенсивности воздействия трения на тело горнорабочих. Однако увеличение площади перекрытия приводит к увеличению массы комплекта, снижению воздухопроницаемости, что ухудшает функциональное состояние горнорабочих при работе в такой одежде. Используя формулу (2), получаем значение показателя поверхностной плотности основной ткани для средней тяжести работы – не более 490 г/м² и для тяжелой работы – не более 470 г/м². Увеличение площади перекрытия усилительными накладками изменяет показатели средневзвешенной поверхностной плотности и средневзвешенной воздухопроницаемости.

Расчет по уравнению регрессии (3) дает значение средневзвешенной поверхностной плотности шахтерского костюма 580 г/м² при средневзвешенной воздухопроницаемости 20 дм³/м²с, так как при более высоких значениях данного показателя снижается защитная эффективность спецодежды.

Научно обоснованные требования к показателям защитных и эксплуатационных свойств позволили использовать их для оценки, выбора и совершенствования ассортимента материалов и конструкций шахтерских средств индивидуальной защиты,

При создании пакета спецодежды в нашем случае большое значение придавалось выбору как основных, так и вспомогательных материалов (утеплителей, усилительных накладок). В таблице 2 приведены результаты лабораторных испытаний основных тканей.

В качестве утеплителей рекомендованы облегченные нетканые материалы и ватин, причем площади их выбирались исходя из среднего значения непосредственной площади соприкосновения тела человека с почвой в положении «лежа на боку». В табл. 3 приведены результаты лабораторных испытаний нетканых материалов, используемых в качестве специальных

утеплительных, проколостойких и амортизационных прокладок. При разработке конструкции спецодежды большое значение придавалось расположению, виду и размерам таких конструктивных элементов, как застежек, усилительных накладок, прокладок, карманов, выбору покрою. Все показатели физико-механических свойств материалов спроецированы на зоны тела шахтера.

Таблица 2 - Показатели свойств основных тканей для спецодежды

Наименование показателя	Артикул С34-БЮ	Артикул С1-ЮД	Артикул 3В 3900	Вик.-Т прерывистая	Артикул 86039
Поверхностная плотность, г/м ³	458,8±1,84	440,7±0,56	340,0±1,7	601,7 ±10,39	245,1±1,09
Толщина, мм	0,93±0,018	0,84±0,04	0,78±0,01	1,38±0,02	0,40±0,01
Разрывная нагрузка, Н: по основе по утку	1353,8 ±12,6 1285,1±14,22	1082±8,4 687±10,0	1030,0±0,3 588,4±8,7	402,2 ±7,67 ±1236,1±41,2	1652±2,83 989,0±1,98
Разрывная нагрузка на раздирание, Н: по основе по утку	105,9±2,45 96,1±1,6	64,0±2,03 59,0±1,75	74,5±3,4 98,0±4,5	21,6±1,08 37,3±1,77	04,3±3,52 127,5±4,45
Стойкость к истиранию, циклы циклы циклы	303±9,85	498±31,3	187,3 ±7,4	531±25,3	239±9,1
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ²	7,9±0,31	17,7±0,43	21,4±0,24	56,5±0,93	73,5±1,12
Усадка, %: основа уток	8,0±0,15 1,9±0,14	2,95±0,2 2,07±0,14	6,7±0,17 2,2±0,15	7,1±0,12 9,4±0,19	0,9±0,04 0,6±0,02
Водоупорность, см. водн. ст.	52,0±0,33	22,0 ±0,12	32,3±0,46	19,8±0,55	18,0±0,67

Таблица 3 - Результаты лабораторных испытаний нетканых материалов

Наименование показателей	Арт. 924529	Арт. 924561	Арт. 924553	Арт.924554
Поверхностная	800,0 ± 13,4	380,0 ± 4,3	575,1 ± 12,6	291,3 ± 7,2
Толщина, мм	4,1 ± 0,04	2,4 ± 0,02	3,5 ± 0,06	2,6 ± 0,04
Сопротивление проколу, Н	103,0 ± 3,3	48,0 ± 1,0	108,0 ± 3,5	26,0 ± 1,2
Амортизация, % при 2,5 Дж при 5,0 Дж	22,7 5,9	12,0 4,2	26,0 12,5	- -
Тепловое сопротивление, м ² С/Вт	0,15	0,05	0,08	0,06

Проведенные исследования позволили сформировать комплекс требований к материалам, которые должны применяться при изготовлении спецодежды для маломощных пластов.

В эксперименте проведена оценка по показателям механической прочности применяющихся хлопколавсановых и полиэфирных тканей. На основании теоретических и экспериментальных исследований были рекомендованы хлопкополиэфирные ткани «Горизонт» (арт. С1-ЮД), «Шахтер» (арт. С34-БЮ), «Уголек» (арт. 3В 3900). Для усилительных накладок - винилискожа-Т прерывистая. В качестве прокладок - иглопробивные нетканые полотна арт. 924553 и арт. 924561. Оценка комплекса защитных свойств тканей по показателям риска для спецодежды показала, что наименее надежной является ткань «Горизонт» ($I_r=8,7e^{-15}$), значительно надежнее ткань «Шахтер» ($I_{ш}=2,3e^{-17}$) и ткань, по своим характеристикам во много раз превосходящая предыдущие две ткани - «Уголек» ($I_y=1,9e^{-19}$).

Затем была проведена оценка шахтерской спецодежды из ткани «Уголек», применяемой в настоящее время на угольных шахтах, в том числе и на маломощных пластах спецодежда с тепловым пакетом, рассчитанным для маломощных пластов с ударозащитной накладкой для позвоночника. Исследования показали, что комплект, разработанный для маломощных пластов ($I_{мп}=1,2e^{-26}$), в 40 раз эффективнее серийно применяемой конструкции ($I_c=4,8e^{-25}$).

Выводы. Установлено, что условия труда ГРОЗ на маломощных пластах в различных горно-геологических и горнотехнических условиях являются наиболее сложными и неблагоприятными, т.е. относятся к работам средней тяжести и тяжелым. Полученные зависимости

позволили сформувати комплекс вимог до матеріалів і розрахунковим шляхом оцінити комплекс захисних властивостей тканин за показателями ризику для спецодягу. Встановлено, що за своїми характеристиками тканина «Уголек» набагато раз перевищує тканини «Горизонт» і «Шахтер».

Список использованной литературы

1. Бавро Г.В. Возможности расширения климатических границ использования специальной одежды из синтетических материалов / Г.В. Бавро, В. С. Кошечев // Гигиена и санитария. – 1967. – № 6. – С. 16-21.
2. Казанцева Л. Б. Данные о влиянии гигроскопичности однослойной одежды на теплообмен человека / Л. Б. Казанцева, В. К. Самыгин, В. И. Горбоносова // Гигиена и санитария. – 1981. – № 2. – С. 72-73.
3. Кошечев В. С. Некоторые данные сравнительной физиолого-гигиенической оценки защитной одежды из синтетических и натуральных тканей / В. С. Кошечев, Г. В. Бавро // Гигиена и санитария. – 1965. – № 6 – С. 12-18.
4. Крицкий А. П. Физиолого-гигиеническая оценка спецодягу из вязально-прошивных нетканых материалов / А. П. Крицкий, В. С. Кошечев // Гигиена и санитария. – 1973. – № 4. – С. 50-52.
5. Иткин М. З. Гигиеническое обоснование требований к спецодягу горнорабочих основных профессий угольных шахт Донбасса: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Иткин Михаил Захарович. – Макеевка, 1971. – 201 с.
6. Создать комплекс средств индивидуальной защиты для горнорабочих, работающих на маломощных пластах: Отчёт о НИР (заключ.) / МакНИИ. – № ГР 0187.0005698; Инв. № 1700430000-083. – Макеевка, 1989. – 125 с.

Надійшла до редакції 18.11.2014

А.П. Долженков, Т.О. Негрій, Т. С. Бутукова

ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ГІРНИЧИХ РОБІТНИКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕРГОНОМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЕЦОДЯГУ ПРИ РОБОТАХ НА МАЛОПОТУЖНИХ ПЛАСТАХ

Проведено оцінку ергономічних властивостей спецодягу, виготовленого з різних тканин для ГРОВ, що працюють на малопотужних пластах. Встановлено, що умови праці ГРОЗ на малопотужних пластах в різних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах відносяться до робіт середньої важкості і важким. На підставі отриманих залежностей був сформований комплекс вимог до матеріалів, і так само розрахунковим шляхом оцінений комплекс захисних властивостей тканин за показниками ризику для спецодягу.

Dolzhenkov A., Negrey T., Butukova T.

ESTIMATION OF FUNCTIONAL STATE OF MINERS IN DEPENDING ON ERGONOMETRIC PROPERTIES OF OVERALLS AT WORKS ON LOW-POWERED LAYERS

It was conducted the estimation of ergonomic properties of the overalls, made from different fabrics for the miners of cleansing coalface, working on low-powered layers. It was determined that the work conditions of miners of cleansing coalface on low-powered layers in different geological and technical factors considered as hard and very hard conditons of work. On the basis of the obtained dependences was formed the complex of specific requirements to materials, and with proper calculations by risk indexes the complex of protective qualities of fabrics for overalls was estimated.