

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЛЕНОВ СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

С. Алексеевко<sup>1</sup>, Г. Завьялов<sup>2</sup>, И. Шайхлисламова<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Кафедра аэрологии и охраны труда, Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности “Респиратор”, Красноармейск, Украина

\*Ответственный автор: e-mail [shaix@ukr.net](mailto:shaix@ukr.net), тел. +380505723622

## ENERGY INDICATORS OF THE RESCUE UNITS MEMBERS

S. Alekseienco<sup>1</sup>, G. Zavialov<sup>2</sup>, I. Shaikhlislamova<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine

<sup>2</sup>The “Respirator” Scientific Research Institute of Mine-Rescue Work and Fire Safety, Krasnoarmiisk, Ukraine

\*Corresponding author: e-mail [shaix@ukr.net](mailto:shaix@ukr.net), tel. +380505723622

### ABSTRACT

**Purpose.** To determine energy consumption by rescuers depending on the type and conditions of rescue and emergency response operations.

**Methods.** Analytical and experimental methods have been implemented both for the study of rescuers' energy indicators during rescue and emergency response operations in extreme microclimate conditions and for determining the difficulty of their work.

**Findings.** The relationships have been obtained for determining energy consumption of rescuers depending on the carried load weight, the height of area to cross, the angle of the slope and the direction of motion, oxygen consumption from breathing apparatus when going up and down the stairs, as well as dependence of the speed of movement on the first three parameters; the difficulty of the work performed has also been determined.

**Originality.** The results of the research allowed to specify the indicators of rescuers' energy consumption in definite conditions.

**Practical implications.** The obtained research results will be used for planning different routes on training grounds, carrying out rescue and emergency response operations including firefighting, doing further research into heat and mass exchange in the heat protective suit with open cycle water cooling for improving the efficiency and safety of rescuers' work.

**Keywords:** rescue and emergency response operations, height of passage, protective clothing, load weight, firefighter, oxygen consumption, speed of movement, angle of the surface slope

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие науки и техники, производств, особенно химической нефтяной, газовой отраслей, в технологических процессах которых используется большое количество пожаро- и взрывоопасных веществ, тенденция увеличения этажности и площадей общественных и жилых зданий требуют постоянного совершенствования мер предупреждения, средств и способов тушения пожаров.

Тушение пожаров, как правило, происходит во вредных условиях: при воздействующих на спасателей высоких лучистых потоков или температур, влажности, задымленности атмосферы, значительных физических нагрузках, нервном напряжении, то есть при высоких эрготермических нагрузках, что требу-

ет, в первую очередь, наличия на их оснащении средств индивидуальной противотепловой защиты (Dahlgren, Harrie, & Axelsson, 2008).

В настоящее время у членов пожарно-спасательных подразделений отсутствует противотепловая одежда с искусственным охлаждением, что нередко приводит к перегреванию их организма, иногда и жизни, значительным материальным затратам на лечение и выплатам по профессиональному заболеванию (Hossli, 1980). Поэтому актуальной задачей является разработка противотепловой одежды с активным теплосъемом, обеспечивающей повышение эффективности и безопасности спасателей при тушении пожаров.

В настоящее время для ведения аварийно-спасательных работ в условиях нагревающего микроклимата горноспасатели применяют противотепло-

вую одежду (куртки, костюмы) с охлаждением в виде локально расположенных в пододежном пространстве водолеяных охлаждающих элементов, теплоем в которых происходит за счет конвекции и излучения (Polozhiy, Mariychuk, Popazova, & Gavrilko, 2012; Klimenko, 2001; Svub, 2013; Pasmak, Prydatko, & Gavrilyk, 2016). Для их замораживания, хранения и доставки к месту ведения работ применяются морозильные установки, в том числе передвижные, переносные и передвижные теплоизолирующие контейнеры (Vogonov, 2008).

Противотепловая одежда с подобным охлаждением пожарных для тушения пожаров, в принципе, может быть применена, однако это требует больших материальных затрат.

В тоже время целесообразным является разработка костюма с охлаждением организма пожарного водой по открытому циклу, то есть хладагентом, который широко используется пожарными при тушении пожаров.

Основной технической характеристикой противотеплового костюма является время его защитного действия (продолжительность работы), которое может быть определено при исследованиях теплообменных процессов в системе “окружающая среда – противотепловой костюм – организм пожарного – физическая нагрузка”. Остановимся на определении последней составляющей системы – физической нагрузке, от которой зависит теплопродукция организма, а, следовательно, его энергозатраты.

Энергозатраты зависят от многих факторов: скорости движения, угла наклона и высоты прохода помещений различных зданий и сооружений, массы переносимого груза. При этом скорость передвижения подразделений зависит от состояния окружающей среды: пригодной или непригодной для дыхания атмосферы, видимости, задымленности и температуры. От того, насколько быстро будут учтены эти факторы, зависит оперативность использования программы, с помощью которой можно определить продолжительность работы пожарных, принятие правильного решения по выполнению ими задания, а, следовательно, их жизнь и здоровье, в том числе пострадавших, материальный ущерб при ликвидации пожаров.

Исследованиям энергозатрат горноспасателей посвящены работы (Einsatzdauer der Grubenwerk..., 1989; Mariychuk, Papazova, Onasenko, & Gavrilko, 2011; Dahlgren, Harrie, & Axelsson, 2008), в которых приведены зависимости для их определения от вида и условий выполнения аварийно-спасательных работ. Однако условия работы пожарных отличаются от соответствующих условий горноспасателей, а, следовательно, другими будут и их энергозатраты. Для членов пожарно-спасательных подразделений также получены аналогичные зависимости энергозатрат (Vol'skiy, Gavrilko, & Mariychuk, 2003), однако допущенные ошибки привели к результатам с линейным законом изменения от основных параметров, а также к уменьшению их значений.

*Цель работы.* Определение зависимостей энергозатрат организма пожарных-спасателей от вида и условий выполнения аварийно-спасательных работ.

Основные задачи – разработать метод для определения энергозатрат пожарных от массы переносимого

груза, высоты преодолеваемого участка, угла наклона и направления движений, потребления кислорода из дыхательного аппарата, при подъеме и спуске по лестнице, а также скорости движения от первых трех параметров; определить тяжесть выполняемых работ.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПАСАТЕЛЕЙ ПРИ ВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Согласно санитарным нормам (Fiziologo-gigienicheskie trebovaniya..., 1981), а также на основании результатов многочисленных экспериментальных исследований, полученных ранее (Vol'skiy, Gavrilko, & Mariychuk, 2003; Onasenko, 2010), температура в противотепловой одежде пожарных при влажности под одеждой от 70 до 100% и тяжести выполняемых работ средней и очень тяжелой должна принимать значения от 38 до 30°C.

Поэтому, как и ранее, при разработке нового костюма пожарного с охлаждением водой по открытому циклу необходимо обеспечить предельные значения вышеприведенных температур, особенно при 100% влажности воздуха, которая, как правило, достигает этого значения в изолирующей одежде за счет выделения пота.

Теплопродукцию тела человека определим по зависимости:

$$Q_T = (1 - \mu) \cdot Q_M, \quad (1)$$

где:

$\mu$  – КПД человека, равный 0.2;

$Q_M$  – тепловой поток, вызванный выполнением работ различной тяжести (энергозатраты).

Функционально энергозатраты пожарного можно представить в виде:

$$Q_M = f(m_z, m_0, V, q_M, h, \alpha), \quad (2)$$

где:

$m_z, m_0$  – масса груза и тела пожарного, кг;

$V$  – скорость движения пожарного, м/мин;

$q_M$  – количество потребляемого пожарным кислорода, л/мин;

$h$  – реальная высота прохода преодолеваемого участка, м;

$\alpha$  – угол наклона поверхности.

Для определения энергозатрат в зависимости от вышеприведенных параметров, для которых невозможно получить математические выражения, проведем экспериментальные исследования, на основании данных которых, получим аппроксимирующие уравнения, используя методы математической обработки статистических данных. При проведении исследований выбраны виды упражнений, приведенные в Таблице 1.

Исследования проводили в тепловом комплексе НИИГД “Респиратор” при участии пожарных, которые имеют опыт работы в кислородно-изолирующих противогазах и ведения пожарно-спасательных работ с различными антропологическими и физиологическими показателями.

Таблица 1. Количество и виды упражнений

№ п/п	Виды упражнений
1	Ходьба по горизонтальной поверхности со скоростью (м/мин): 35 – 45; 55 – 70; 75 – 85; 100 – 115
2	Бег по горизонтальной поверхности со скоростью 110 – 125 м/мин
3	Движение по горизонтали при высоте прохода 1.0 и 1.8 м
4	Ползание через узкий проход высотой 0.5; 0,7; 1.0 м
5	Подъем и спуск по вертикальной лестнице
6	Подъем и спуск по маршам лестницы под углом 30°
7	Подъем по лестнице под углом 45°
8	Перенос груза массой 10, 20 и 30 кг по горизонтальной поверхности
9	Подъем и спуск с грузом массой 30 кг по маршам лестницы под углом 30°
10	Подъем и спуск с грузом массой 10, 20 и 30 кг по лестнице под углом 45° и 65°
11	Перенос пострадавшего на носилках двумя испытателями по горизонтальной поверхности
12	Подъем и спуск пострадавшего на носилках двумя испытателями по маршам лестницы под углом 30° и 45°
13	Подъем и спуск потерпевшего на носилках по лестнице под углом 45°

В течение времени выполнения упражнений делали отбор проб выдыхаемого воздуха для исследования газообмена и определяли частоту дыхания. По окончании упражнения, в начале обновительного периода, определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД). Допустимым показателем считали ЧСС = 150 мин<sup>-1</sup>.

Все полученные экспериментальные данные были сгруппированы в соответствии с задачами исследований и обработаны методами математической статистики для определения средних величин и их оценок.

Результаты исследований энергозатрат  $Q_M$ , Вт, пожарных по горизонтальной поверхности в полный рост в зависимости от скорости движения  $V$ , м/мин, потребления кислорода  $q_M$ , л/мин, в штатной экипировке без дополнительного груза, с грузом массой 20, 30 кг и при переносе пострадавших на носилках приведены на Рисунках 1, 2. Под ними, а также после следующих рисунков, приведены аппроксимирующие уравнения.

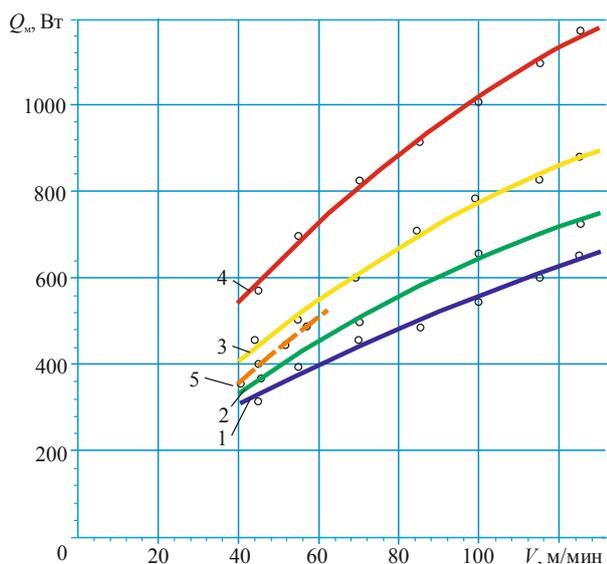


Рисунок 1. Зависимость энергозатрат пожарных от скорости движения по горизонтальной поверхности в полный рост: 1 – в экипировке; 2, 3 – с грузом 20, 30 кг; 4 – перенос пострадавшего; 5 – для горноспасателей без дополнительного груза

$$\begin{cases}
 1 - Q_M = -0.009V^2 + 5.4466V + 104.2662, \\
 R = 0.9940; \\
 2 - Q_M = -0.0199V^2 + 8.0012V + 44.5064, \\
 R = 0.9946; \\
 3 - Q_M = -0.0237V^2 + 9.4116V + 70.1716, \\
 R = 0.9929; \\
 4 - Q_M = -0.0304V^2 + 12.2702V + 98.5867, \\
 R = 0.9930; \\
 5 - Q_M = -0.0473V^2 + 12.1343V + 48.3338, \\
 R = 0.9910 \text{ (для горноспасателей)}.
 \end{cases} \quad (3)$$

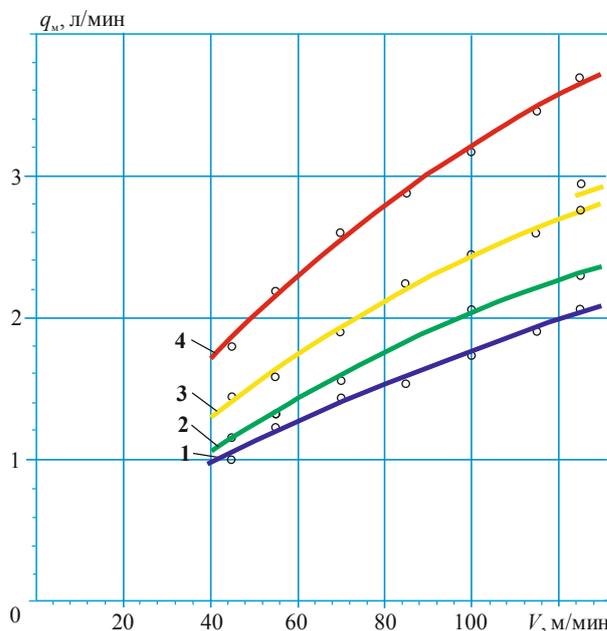


Рисунок 2. Зависимость потребления кислорода пожарных от скорости движения по горизонтальной поверхности в полный рост: 1 – в экипировке; 2, 3 – с грузом 20, 30 кг; 4 – перенос пострадавшего

Эти энергозатраты относятся к категориям “тяжелой” и “очень тяжелой” физических нагрузок. Отношение энергозатрат горноспасателей (штриховая линия 5) к энергозатратам пожарным (1), в частности, в экипировке, равняется 1.3.

$$\begin{cases} 1 - q_M = -2.616 \cdot 10^{-5} V^2 + 0.168 V + 0.3426, \\ R = 0.9939; \\ 2 - q_M = -6.1818 \cdot 10^{-5} V^2 + 0.0251 V + 0.1384, \\ R = 0.9947; \\ 3 - q_M = -7.4851 \cdot 10^{-5} V^2 + 0.0295 V + 0.2266, \\ R = 0.9929; \\ 4 - q_M = -9.3106 \cdot 10^{-5} V^2 + 0.0382 V + 0.3235, \\ R = 0.9934. \end{cases} \quad (4)$$

В данном случае энергозатраты по сравнению с результатами работы (Vol'skiy, Gavrilko, & Mariyuchuk, 2003) выше на 10%. Результаты исследований скорости движения, потребления кислорода и энергозатрат пожарных при движении по проходу ограниченной высоты приведены на Рисунках 3–5. При этом за абсциссу принята относительная высота  $h_0$ :

$$h_0 = h / h_{\max}, \quad (5)$$

где:

$h, h_{\max}$  – реальная и максимальная высота прохода преодолеваемого участка, а  $h_{\max} = 2$  м, т.к. при этой высоте энергозатраты пожарных аналогичны этим значениям при движении в полный рост.

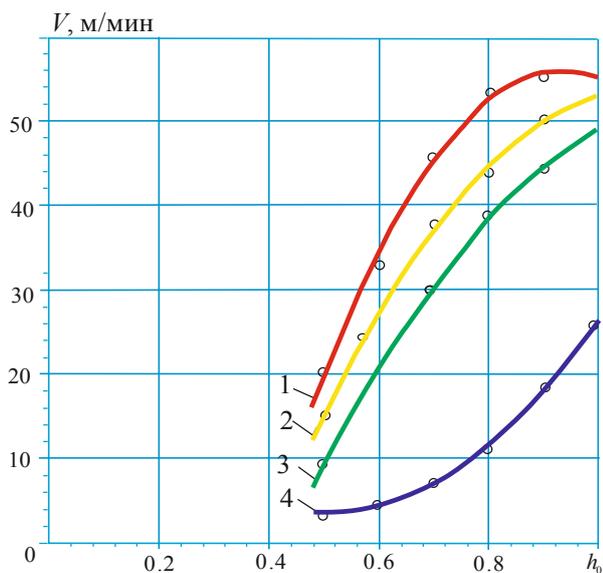


Рисунок 3. Зависимость скорости движения пожарных от безразмерной высоты проема преодолеваемого участка: 1 – без груза; 2, 3 – с грузом 20, 30 кг; 4 – перенос пострадавшего на носилках

$$\begin{cases} 1 - V = -190.7143 h_0^2 + 357.1 h_0 - 111.3057, \\ R = 0.9674; \\ 2 - V = -113.5714 h_0^2 + 246.7 h_0 - 80.9873, \\ R = 0.9674; \\ 3 - V = -87.8571 h_0^2 + 211.7 h_0 - 74.8429, \\ R = 0.9929; \\ 4 - V = 95.5714 h_0^2 - 97.1 h_0 - 28.48, \\ R = 0.9523. \end{cases} \quad (6)$$

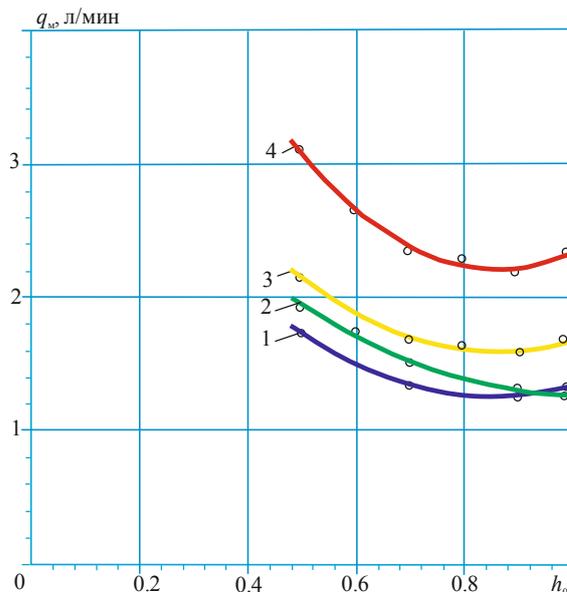


Рисунок 4. Зависимость потребления кислорода пожарных от безразмерной высоты проема преодолеваемого участка: 1 – без груза; 2, 3 – с грузом 20, 30 кг; 4 – перенос пострадавшего на носилках

$$\begin{cases} 1 - q_M = 3.7143 h_0^2 - 6.4 h_0 + 3.9977, \\ R = 0.9380; \\ 2 - q_M = 2.5 h_0^2 - 5.11 h_0 + 3.868, \\ R = 0.9781; \\ 3 - q_M = 4.1429 h_0^2 - 7.18 h_0 + 4.6911, \\ R = 0.9371; \\ 4 - q_M = 6.6429 h_0^2 - 11.47 h_0 + 7.1431, \\ R = 0.9392. \end{cases} \quad (7)$$

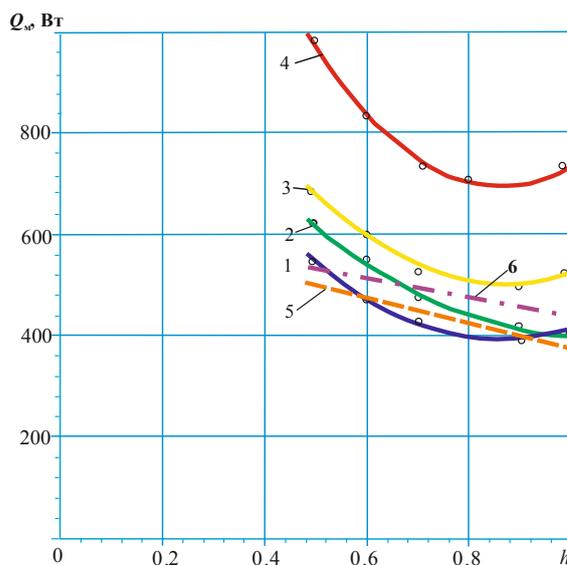


Рисунок 5. Зависимость энергозатрат пожарных от безразмерной высоты проема преодолеваемого участка: 1 – без груза; 2, 3 – с грузом 20, 30 кг; 4 – перенос пострадавшего на носилках; 5 – для горноспасателей без груза; 6 – для пожарных с грузом 30 кг (Mariyuchuk, Parazova, Onasenka, & Gavrilko, 2011)

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - Q_M = 1190h_0^2 - 2052.4h_0 + 1276.12, \\ R = 0.9387; \\ 2 - Q_M = 759.2857h_0^2 - 1569.7h_0 + 1209.3943, \\ R = 0.9788; \\ 3 - Q_M = 1315h_0^2 - 2284.3h_0 + 1494.08, \\ R = 0.9369; \\ 4 - Q_M = 2120.7143h_0^2 - 3658.7h_0 + 2275.5057, \\ R = 0.9389; \\ 5 - Q_M = -35.7143h_0^2 - 195h_0 + 605.7143, \\ R = 0.9985 \text{ (для горноспасателей)}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Отсюда следует, что в отличие от горноспасателей (Mariychuk, Papazova, Onasenko, & Gavrilko, 2011) и пожарных (Vol'skiy, Gavrilko, & Mariychuk, 2003), за исключением переноса пострадавшего на носилках двумя спасателями, имеет место существенная нелинейность от высоты проема преодолеваемого участка, а энергозатраты принимают значение от 391 до 980 Вт, что относится к категории “тяжелой” и “очень тяжелой” физической нагрузки. При этом максимальное значение энергозатрат (Рис. 5, штриховая линия 5) горноспасателей, в частности, без дополнительного груза от соответствующего значения для пожарных меньше в 1.2 раза. Значения энергозатрат, по сравнению с (Vol'skiy, Gavrilko, & Mariychuk, 2003), в частности, при относительной высоте проема 0.5 выше, примерно, в 1.3 (штрихпунктирная линия 6) и 1.6 раза при движении в экипировке с грузом 30 кг и переносе пострадавшего соответственно.

Результаты исследований по определению потребления кислорода и энергозатрат пожарных при движении по наклонной поверхности, в том числе по лестнице, расположенной под разными углами, приведены на Рисунках 6, 7.

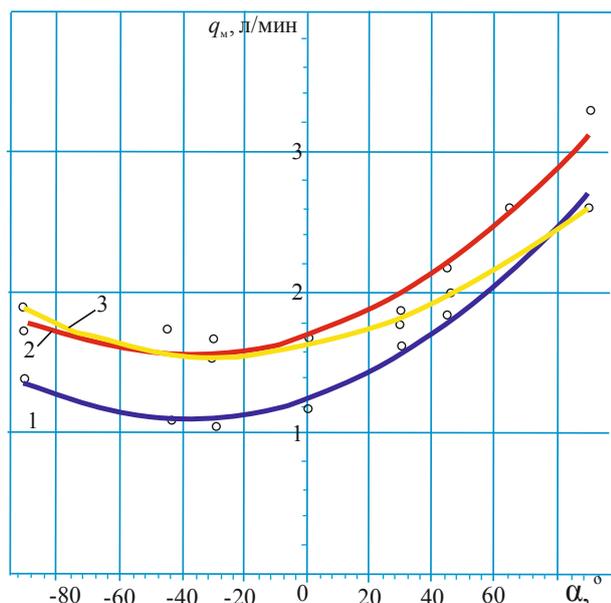


Рисунок 6. Зависимость потребления кислорода пожарных от угла наклона преодолеваемого участка: 1 – без груза; 2 – с грузом 30 кг; 3 – перенос пострадавшего на носилках

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - q_M = 9.8097 \cdot 10^{-5} \alpha^2 + 0.0076\alpha + 1.2459, \\ R = 0.9361; \\ 2 - q_M = 0.0001 \cdot 10^{-5} \alpha^2 + 0.007\alpha + 1.6942, \\ R = 0.9312; \\ 3 - q_M = 7.1504 \cdot 10^{-5} \alpha^2 + 0.0046\alpha + 1.6303, \\ R = 0.9328. \end{array} \right. \quad (9)$$

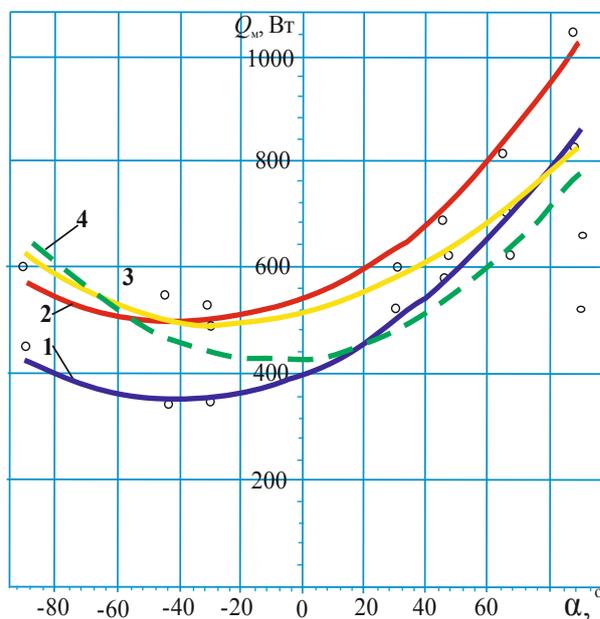


Рисунок 7. Зависимость энергозатрат пожарных от угла наклона преодолеваемого участка: 1 – без груза; 2 – с грузом 30 кг; 3 – перенос пострадавшего на носилках; 4 – для горноспасателей с грузом 30 кг

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - Q_M = 0.0305\alpha^2 + 2.423\alpha + 400.6093, \\ R = 0.9321; \\ 2 - Q_M = 0.0361\alpha^2 + 2.2428\alpha + 539.0854, \\ R = 0.9422; \\ 3 - Q_M = 0.0236\alpha^2 + 1.4556\alpha + 518.1381, \\ R = 0.9484; \\ 4 - Q_M = 0.0363\alpha^2 + 0.6522\alpha + 430.5501, \\ R = 0.9387. \end{array} \right. \quad (10)$$

В данном случае в Таблице 1, в отличие от работ (Mariychuk, Papazova, Onasenko, & Gavrilko, 2011; Volskiy, Havrylko, & Maryichuk, 2003), при спуске по лестнице получены три данные для энергозатрат, а не двух ( $\alpha = -30^\circ$  и  $\alpha = -90^\circ$ ), через которые можно провести только прямую линию, а не кривую, тем более, что в этом диапазоне изменения имеет место точка перегиба.

Энергозатраты нелинейно связаны с углом наклона лестницы, меняются, в основном, в диапазоне от 391 до 1065 (в работе (Volskiy, Havrylko, Maryichuk, 2003) свыше 320 до 800 Вт), что относится к категории физической нагрузки как “тяже-

лая” и “очень тяжелая”. Отношение энергозатрат по сравнению с ранее полученными равно 1.22 и 1.33, в частности при спуске с грузом 30 кг наверх и вниз при  $\alpha = 60^\circ$ , а по сравнению с горноспасателями (штриховая линия 4) – в среднем 1.15 в диапазоне изменения углов от  $-40^\circ$  до  $90^\circ$ .

Результаты исследований показывают, что зависимость энергозатрат пожарных от потребления кислорода имеет вид:

$$Q_m = 318 \cdot q_m \cdot \quad (11)$$

Следует отметить, что вышеприведенные уравнения (3) – (11), в основном, получены при ведении работ пожарными в противогазах при полной видимости и температуре воздуха окружающей среды не выше  $27^\circ\text{C}$ .

Если условия отличаются, при расчете скорости движения необходимо ввести поправочный коэффициент, являющийся произведением двух частных коэффициентов:  $K = K_1 K_2$ , в отличие от горноспасателей (DNAOP..., 1997).

Коэффициент  $K_1$  учитывает снижение скорости движения при задымлении окружающей среды и принимает значения при следующих ограничениях:

$$K_1 = 0.1l, \quad (12)$$

$$K_1 = \begin{cases} 0.2, & \text{если } l \leq 2 \text{ м;} \\ 1.0, & \text{если } l \geq 10 \text{ м.} \end{cases} \quad (13)$$

где:

$l$  – длина зоны видимости при задымлении, м.

Коэффициент  $K_2$  учитывает уменьшение скорости движения при  $K_2$  повышенной температуре воздуха окружающей среды и принимает соответственно значения:

$$K_2 = 1 - 0.08(t - 27), \quad (14)$$

$$K_2 = \begin{cases} 1.0, & \text{если } t \leq 27^\circ\text{C;} \\ 0.812, & \text{если } t \geq 50^\circ\text{C.} \end{cases} \quad (15)$$

где:

$t$  – температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

Приведенные зависимости позволяют определять энергетические показатели при планировании разных маршрутов на учебных полигонах, проведении пожарно-спасательных работ, а также проводить исследования тепломассообменных процессов в защитной одежде, обеспечивая при этом повышение безопасности пожарных.

### 3. ВЫВОДЫ

Разработан метод для определения одной из составляющих системы “окружающая среда – противо-тепловой костюм – организм пожарного – физическая нагрузка” – энергозатрат пожарных горноспасательных подразделений в зависимости от вида и условий выполнения аварийно-спасательных работ: массы переносимого груза, высоты преодолеваемого

участка, угла наклона и направления движений, потребления кислорода из дыхательного аппарата, скорости движения от первых трех параметров, а также при задымлении и повышенной температуре окружающей среды; определена тяжесть выполняемых работ пожарных.

Приведенные результаты энергетических показателей пожарных будут использованы при планировании различных маршрутов на учебных полигонах, проведении аварийно-спасательных работ, исследованиях тепломассообменных процессов в костюме с охлаждением водой по открытому циклу для определения основной технической характеристики – времени его защитного действия. Это обеспечит повышение эффективности работ и безопасность спасателей.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы статьи выражают благодарность государственной военизированной горноспасательной службе Украины (ГВГС Украины) за участие в экспериментальных исследованиях.

### REFERENCES

- Dahlgren, A., Harrie, L., & Axelsson, A. (2008). Planning Rescue Services with Non-Stationary Rescue Units. *Fire Technology*, 45(3), 239-255.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10694-008-0051-y>
- Einsatzdauer der Grubenwerk in Grubenbauen mit feuchtwarmen Wetter. (1989). Technischer Schlussbericht. Essen: Forschungsinstitut der Steinkohlenbergbauvereins.
- Hossli, G. (1980). Extended Rescue Action by Members of Rescue Organisations. *Resuscitation and Life Support in Disasters Relief of Pain and Suffering in Disaster Situations*, 9-11.  
[http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-67095-4\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-67095-4_3)
- Klimenko, Yu. (2001). Teoreticheskie osnovy teplovykh raschetov protivoteplovy odezhdyy dlya gornospasateley. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. Dnipropetrovsk*, (3), 70-73.
- Mariychuk, I., Papazova, O., Onasenko, A., & Gavrillo, A. (2011). Energozatratty chlenov avariyno-spasatel'nykh podrazdeleniy. *Gornospasatel'noe delo*, (48), 172-181.
- Minugleprom Ukrainy. (1997). *DNAOP 1.1.30 – 4.01 – 97. Ustav VVGSS po organizatsii i vedeniyu gornospasatel'nykh rabot* (06.06.1997, No 232). Kiev: Minugleprom Ukrainy.
- Minzdrav SSSR. (1981). *Fiziologo-gigienicheskie trebovaniya k izoliruyushchim sredstvam individual'noy zashchity*. (23.06.1980). SSSR: Minzdrav
- Onasenko, A. (2010). *Obosnovanie parametrov sredstv individual'noy protivogazoteplovy zashchity gornorabochikh* (Ph.D.). MakNII.
- Polozhiy, V., Mariychuk, I., Popazova, O., Gavrillo, A. (2012). Mnogokratnoe primenenie okhlazhdayushchikh elementov protivoteplovy odezhdyy. *Gornospasatel'noe delo*, (49), 165-172.
- Pasnak, I., Prydatko, O., & Gavrilyk, A. (2016). Development of Algorithms for Efficient Management of Fire Rescue Units. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(3), 22.  
<http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71604>
- Svub, J. (2013). Smart Suits for Rescue Units. In *13th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Re-*

*mote Sensing* (pp. 235-240). SGEM Scientific Papers DataBase.

<http://dx.doi.org/10.5593/sgem2013/bb2.v1/s07.031>

Vol'skiy, V., Gavrilko, A., & Mariychuk, I. (2003). Energeticheskie pokazateli pozharnykh pri peredvizhenii v avariynoy obstanovke. *Gornospasatel'noe delo*, 51-55.

Voronov, P. (2008). *Obosnovanie parametrov i sozdanie kompleksa protivoteplovoy zashchity gornospasateley s ispol'zovaniem szhatogo vozdukha*. (Ph.D.). MakNII.

## ABSTRACT (IN RUSSIAN)

**Цель.** Определение зависимостей энергозатрат организма спасателей от вида и условий выполнения аварийно-спасательных работ.

**Методика.** Аналитико-экспериментальные методы при исследовании энергетических показателей спасателей при ведении аварийно-спасательных работ в экстремальных микроклиматических условиях и определении тяжести их работ.

**Результаты.** Получены зависимости для определения энергозатрат спасателей от массы переносимого груза, высоты преодолеваемого участка, угла наклона и направления движений, потребления кислорода из дыхательного аппарата, при подъеме и спуске по лестнице, а также скорости движения от первых трех параметров; определена тяжесть выполняемых работ.

**Научная новизна.** Полученные результаты исследований позволили уточнить показатели энергозатрат спасателей в соответствующих условиях.

**Практическая значимость.** Приведенные результаты исследований будут использованы при планировании разных маршрутов на учебных полигонах, проведении аварийно-спасательных работ, включая тушение пожаров, проведении дальнейших исследований теплообмена в противотепловом костюме с охлаждением водой по открытому циклу для повышения эффективности работы и безопасности спасателей.

**Ключевые слова:** аварийно-спасательные работы, высота прохода, защитная одежда, масса груза, пожарный, расход кислорода, скорость движения, угол наклона поверхности.

## ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

**Мета.** Визначення залежностей енерговитрат організму рятувальників від виду та умов виконання аварійно-рятувальних робіт.

**Методика.** Аналітично-експериментальні методи при дослідженні енергетичних показників рятувальників при веденні аварійно-рятувальних робіт у екстремальних мікрокліматичних умовах і визначенні важкості їх робіт.

**Результати.** Отримано залежності для визначення енерговитрат рятувальників від маси стерпного вантажу, висоти подоланої ділянки, кута нахилу і напрямків руху, споживання кисню з дихального апарату, при підйомі й спуску по сходах, а також швидкості руху від перших трьох параметрів; визначена тяжкість виконуваних робіт.

**Наукова новизна.** Отримані результати досліджень дозволили уточнити показники енерговитрат рятувальників і гірничорятувальників у відповідних умовах.

**Практична значимість.** Наведені результати досліджень будуть використані при плануванні різних маршрутів на навчальних полігонах, проведенні аварійно-рятувальних робіт, включаючи гасіння пожеж, проведення подальших досліджень теплообміну в протитепловому костюмі з охолодженням водою з відкритого циклу для підвищення ефективності роботи і безпеки рятувальників.

**Ключові слова:** аварійно-рятувальні роботи, висота проходу, захисний одяг, маса вантажу, пожежний, витрата кисню, швидкість руху, кут нахилу поверхні.

## ARTICLE INFO

Received: 15 August 2016

Accepted: 5 September 2016

Available online: 30 September 2016

## ABOUT AUTHORS

Serhii Alekseienco, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/70, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: [alekseenkoso@mail.ru](mailto:alekseenkoso@mail.ru)

Hennadii Zavalov, Research worker the "Respirator" Scientific Research Institute of Mine-rescue Work and Fire Safety, The "Respirator" Scientific Research Institute of Mine-rescue Work and Fire Safety, 2 Shybankova Sq, 85300, Krasnoarmiisk, Ukraine. E-mail: [zavalov57@mail.ua](mailto:zavalov57@mail.ua)

Iryna Shaikhislamova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/70, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: [shaix@ukr.net](mailto:shaix@ukr.net)