DOI: 10.17117/na.2015.11.03.346

<http://ucom.ru/doc/na.2015.11.03.346.pdf>

Поступила (Received): 24.11.2015

**Осина Т.М., Прохоров В.Т., Михайлов А.Б.,
Михайлова И.Д., Селина Н.Г., Кораблина С.Ю.
Исследование и анализ состояния военнослужащих
Арктики при воздействии на него низких температур**

**Osina T.M., Prokhorov V.T., Mikhailov A.B., Mikhailova I.D.,
Selina N.G., Korablina S.Yu.**

**Research and analysis of the military in the
Arctic when exposed to cold temperatures**

В процессе своей трудовой деятельности человек может подвергаться воздействию холода как при работе в закрытых помещениях, так и, учитывая климатические условия России, при работе на открытой территории в холодный период года. В статье рассмотрен процесс охлаждения поверхностных тканей головы человека при воздействии низких температур. Для описания данного процесса построена математическая модель в виде краевой задачи

Ключевые слова: низкие температуры, Арктика, температура кожи головы

Осина Татьяна Матвеевна

Кандидат технических наук, доцент
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал ДГТУ)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Прохоров Владимир Тимофеевич

Доктор технических наук, профессор
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал ДГТУ)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Михайлов Андрей Борисович

Кандидат физико-математических наук, доцент
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал ДГТУ)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

In the course of his career, a person can be exposed to the cold as you would indoors, and, given the climatic conditions of Russia, while working on an open area in the cold season. The article describes the process of cooling the surface tissues of the human head when exposed to low temperatures. To describe this process, a mathematical model of a boundary value problem

Key words: low temperatures, Arctic, temperature of the scalp

Osina Tatiana Matveevna

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
Institute of the service sector and enterprise (branch
DSTU)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Prohorov Vladimir Timofeevich

Doctor of Engineering Sciences, Professor
Institute of the service sector and enterprise (branch
DSTU)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Mikhailov Andrey Borisovich

Candidate of Physical and Mathematical Science,
Associate Professor
Institute of the service sector and enterprise (branch
DSTU)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Михайлова Инна Дмитриевна

Кандидат технических наук, доцент
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал ДГТУ)
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Mikhailova Inna Dmitrievna

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
Institute of the service sector and enterprise (branch
DSTU)
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Селина Надежда Геннадьевна

Аспирант
Донской государственный технический
университет
г. Шахты-500, ул. Шевченко, 147

Selina Nadezhda Gennadevna

Graduate
Don state technical university
Shakhty-500, Shevchenko st., 147

Кораблина Светлана Юрьевна

Доцент
Федеральное бюро медико-социальной экспертизы
г. Москва, ул. Ивана Сусанина, 3

Korablina Svetlana Yurevna

Associate Professor
Federal bureau of medical and social expertise
Moscow, Ivan Susanin st., 3

В процессе своей трудовой деятельности человек может подвергаться воздействию холода как при работе в закрытых помещениях, так и, учитывая климатические условия России, при работе на открытой территории в холодный период года. В ходе эволюционного развития человек не выработал устойчивого приспособления к холоду. Наиболее очевидным последствием воздействия холода при работах на открытых территориях является охлаждение поверхностных и глубоких тканей человека и связанных с этим негативных явлений.

В России формируются воинские части в арктической зоне – на архипелагах Новая Земля, Земля Франца-Иосифа и Новосибирских островах.

Все это – уникальные не только в отечественной, но и в мировой практике высокоширотные объекты. Например, комплекс «Арктический трилистник» на острове Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа сегодня является единственным в мире объектом капитального строительства, возведенным на 80-м градусе северной широты. Площадь «цветочка» составляет более 14 тыс. кв. м. Автономность комплекса обеспечивает комфортное проживание и выполнение служебных обязанностей подразделению из 150 человек. Построили «Трилистник» с использованием инновационных и энергоэффективных технологий, позволяющих минимизировать расход энергии. Между всеми объектами инфраструктуры арктического военного городка есть переходы, защищающие личный состав от воздействия внешней среды.

Российских объектов в Арктике будет много. На Котельном для военнослужащих построена «Звезда» – жилой городок замкнутого цикла. На острове уже полностью оборудованы позиции для радиорелейных отделений и пунктов наведения авиации, зенитно-ракетных и радиотехнических подразделений.

В Арктике только в нынешнем году введено в эксплуатацию более 150 объектов. А в будущем военные построят или полностью реконструируют 13 аэродромов, один наземный авиационный полигон, 10 технических позиций радиолокационных отделений и пунктов наведения авиации.

Останавливаться российское военное ведомство не собирается. Вдобавок к уже построенным и строящимся в Арктике военным базам Россия заложит еще четыре стратегических опорных пункта – на острове Врангеля, мысе Шмидта, на

восточном побережье Чукотки и на Курилах. Создание и вооружение всей арктической группировки войск и сил должно быть полностью завершено к 2018 году.

Строительство планируемых объектов и их обустройство потребует обслуживающего персонала спецодеждой, обувью и комплектующими, в том числе головными уборами, чтобы защитить их от воздействия низких температур.

Если про костюм и обувь выполнено достаточно много исследований и предложены варианты, которые с учетом требований к ним, гарантируют военным служащим комфортные условия. Во всяком случае их апробация подтверждает такие оптимистические прогнозы. Что же касается головных уборов, перчаток, масок и теплорегуляторов для защиты лица, то здесь таких оптимистических прогнозов пока нет.

В этой связи в нашей работе рассматривается процесс охлаждения поверхностных тканей головы человека при воздействии на нее низких температур. Для описания строится математическая модель в виде краевой задачи [1-4]:

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} = a_i \left(\frac{\partial^2 T_i}{\partial r_i^2} + \frac{2}{r_i} \frac{\partial T_i}{\partial r_i} \right) + \frac{q_{iv}}{c_i \rho_i}, \quad (1)$$

$$T_1(0, t) \neq \infty; \lambda_n \frac{\partial T_n}{\partial r_n}(R_n, t) + \alpha(T_n(R_n, t) - T_c) = 0; \quad (2)$$

$$T_{i-1}(R_{i-1}, t) = T_i(R_{i-1}, t); \lambda_{i-1} \frac{\partial T_{i-1}}{\partial r_{i-1}}(R_{i-1}, t) = \lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial r_i}(R_{i-1}, t). \quad (3)$$

Начальные условия $T_i(r_i, 0) = f_i(r_i)$, где t – время; T_i – температура i -го слоя; $i = 1, \dots, n$; T_c – температура окружающей среды; c_i – коэффициент теплоемкости i -го слоя; a_i – коэффициент температуропроводности i -го слоя; ρ_i – плотность i -го слоя; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя; q_{iv} – объемная плотность теплового потока i -го слоя; α – коэффициент теплоотдачи с поверхности кожи или защитного слоя (волосы, шапка); $f_i(r_i)$ – начальная температура i -го слоя.

Решение задачи приведено ниже.

$$T_i(r_i, t) = \sum_{k=1}^{\infty} D_k(t) X_{k,i}(r_i), \quad (4)$$

где $X_{k,i}(r_i) = \frac{1}{r_i} \left(A_i \sin \left(\frac{\mu_k r_i}{a_i} \right) + B_i \cos \left(\frac{\mu_k r_i}{a_i} \right) \right)$ – собственные функции соответствующей краевой задачи:

$$\frac{\partial^2 X_i}{\partial r_i^2} + \frac{2}{r_i} \frac{\partial X_i}{\partial r_i} + \frac{\mu^2}{a_i^2} X_i = 0, \quad (5)$$

$$X_1(0, t) \neq \infty; \lambda_n \frac{\partial X_n}{\partial r_n}(R_n) + \alpha X_n(R_n) = 0; \quad (6)$$

$$X_{i-1}(R_{i-1}) = X_i(R_{i-1}); \lambda_{i-1} \frac{\partial X_{i-1}}{\partial r_{i-1}}(R_{i-1}) = \lambda_i \frac{\partial X_i}{\partial r_i}(R_{i-1}) \quad (7)$$

Расчеты выполнены с использованием программы, написанной в среде MAPLE, при температуре окружающей среды -10°C (Рис.1).

1 – температура кожи головы на открытых участках;
 2 – температура кожи головы в области волос (1 см);
 3 – температура кожи головы защищенной трикотажной шапкой

Рис. 1. Характеристика изменения температуры кожи головы при следующих условиях

Из рисунка 1 видно, что шапка не обеспечивает защиту от низких температур уже при 30 минутах нахождения военнослужащего в зонах с пониженной температурой

Результаты говорят сами за себя, что даже при -10°C военнослужащий уже через 30 минут ощущает дискомфорт и даже шапка из однослойного трикотажного полотна не создает ему комфорт, хотя бы на необходимые 2 часа, если это соответствует времени его профессиональной деятельности.

Но с другой стороны полученные результаты с использованием данных программного обеспечения, разработанного авторами, создает основу обоснованного выбора пакета материалов для головного убора, чтобы гарантировать военнослужащим в различных климатических условиях комфортное состояние.

Предполагается провести апробацию реального ощущения военнослужащего в климатической камере с использованием различных пакетов, чтобы предложить предприятию-изготовителю комплектовать костюм для военнослужащих именно в таких сочетаниях, чтобы эти ощущения комфортности были бы гарантом его защиты от воздействия низких температур в тех заданных диапазонах, которые будут сформулированы спецификой его службы.

Список используемых источников:

1. Михайлов А.Б. и др. Об эффективности разработанного программного обеспечения. Кожевенно-обувная промышленность. 2009. №3. С. 34-37.

2. Михайлов А.Б. и др. Оценка эффективности создания комфортных условий человеку в климатических зонах с пониженной температурой. Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион. Технические науки. 2010. № 2. С. 107-114.
3. Афанасьева Р.Ф., Тихонова Н.В., Михайлов А.Б., Осина Т.М., Михайлова И.Д., Прохоров В.Т. Поли-мерные материалы в производстве костюма для военнослужащих Арктики (сообщение 1) // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 15. С. 155-158.
4. Афанасьева Р.Ф., Тихонова Н.В., Михайлов А.Б., Осина Т.М., Михайлова И.Д., Прохоров В.Т., Полу-хина С.Ю. Полимерные материалы в производстве костюма для военнослужащих Арктики (сообщение 2) // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 15. С. 167-171.

© 2015, Осина Т.М., Прохоров В.Т., Михайлов А.Б., Михайлова И.Д., Селина Н.Г., Кораблина С.Ю.
Исследование и анализ состояния военнослужащих Арктики при воздействии на него низких температур

© 2015, Osina T.M., Prokhorov V.T., Mikhailov A.B., Mikhailova I.D., Selina N.G., Korablina S.Yu.
Research and analysis of the military in the Arctic when exposed to cold temperatures