

УДК 628.517.2

Беликов Анатолий Серафимович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой БЖД,
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Belikov Anatoly

doctor of technical Sciences, professor Prydniprovs'ka State
Academy of Civil Engineering and Architecture

Стрежекуров Эдуард Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
электротехнологии и электромеханики, Днепродзержинский
государственный технический университет

Strezhekurov Eduard

Ph.D., Associate Professor, Dneprodzerzhinsk State Technical University

Саньков Петр Николаевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры архитектуры,
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

San'kov Petro

Ph.D., Associate Professor, Prydniprovs'ka State
Academy of Civil Engineering and Architecture

ЗАЩИТНАЯ КАСКА ДЛЯ РАБОТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ PROTECTIVE HELMET FOR EXTREME CONDITIONS

Аннотация. В статье представлены результаты использования двойной системы охлаждения защитной каски спасателя. Установлено, что это позволяет продолжительное время проводить работы при воздействии избыточного излучения с наличием защиты от механических частиц, а также при экстремальных ситуациях, например, горения химических веществ, магниевых сплавов, электрических замыканий. Для защиты от ультрафиолетового излучения (УФ) дополнительно разработано специальное покрытие с фотохромными свойствами.

Ключевые слова: Тепловое излучение; защитная каска, воздушное охлаждение, диоксид углерода, защитный прозрачный щиток.

Summary. The article presents the results of using the binary system cooling rescuer safety helmet. It is found that this allows a long time to carry out

work under the influence of the presence of excess radiation protection from mechanical particles, as well as during extreme situations such as burning chemicals, magnesium alloys, electric circuits. For protection from ultraviolet radiation additionally developed a special coating with photochromic properties.

Key words: thermal radiation; protective helmet, air cooling, carbon dioxide, transparent protective shield.

Цель. В местах с повышенными тепловыделениями, а также наличие частиц с кинетической энергией удара, при ведении работ в экстремальных условиях, наиболее уязвимым местом для человека, является его голова. Поэтому, для защиты головы, необходимо было создать такую каску, которая помимо функциональных свойств - защита головы от механических повреждений, защищала бы и от избыточного теплоизлучения. Работа в экстремальных условиях требует как длительного, так и кратковременного эффекта защиты человека от тепловых излучений на период перемещения в опасную зону, выполнения поставленной задачи в этой зоне и выхода из неё. Кроме тепловых излучений при чрезвычайных ситуациях может присутствовать и оптическое излучение с наличием ультрафиолетовой составляющей.

Результаты. Установлено что использование двойной системы охлаждения защитной каски позволяет продолжительное время проводить работы при воздействии избыточного излучения с наличием защиты от механических частиц, а также при экстремальных ситуациях, например горения химических веществ, магниевых сплавов, электрических замыканий присутствует значительная доля УФ излучения. Что потребовало использовать специальное покрытие с фотохромными свойствами.

Научная новизна. Впервые предлагается новый метод, позволяющий дополнить существующие и получить более достоверные результаты при проектировании средств индивидуальной защиты (СИЗ) головы.

Практическая значимость. На основе проведенного анализа свойств ранее разработанных существующих защитных касок, применены новые разработки СИЗ головы, как от теплового, так и от механических воздействий, а также новых факторов воздействия при использовании новых технологических материалов.

Основная часть. В местах с повышенными тепловыделениями при ведении работ в экстремальных условиях наиболее уязвимым местом для человека является его голова. Поэтому, для защиты головы, необходимо было создать такую каску, которая помимо функциональных свойств (защита головы от механических повреждений), защищала бы и от избыточного теплоизлучения. Работа в экстремальных условиях требует кратковременного эффекта защиты человека от тепловых излучений на период перемещения в опасную зону, выполнения поставленной задачи в этой зоне и выхода из неё.

Для разработки теплозащитной каски, была принята за основу каска, (ТУ 6-11-278-83) используемая для защиты головы от механических повреждений и выполненная из стеклопластика. Стеклопластик изготавливается из пресс- материала марки АГ-4СН и дозирующего стеклопластика марки ДСР-4Р-2м методом прессования. Масса каски не более 380-420г (размер 1). Каска выдерживает удар без разрушения энергией 45 Дж, величина безопасного зазора в момент удара составляет не менее 5 мм.

Для достижения эффекта теплозащиты вышеуказанная каска была модернизирована.

После модернизации поверхность разработанной нами каски (см. рис. 1) состоит из съёмных теплозащитных элементов (1). Для распределения воздуха внутри элемента экрана установлен воздухораспределитель (2). Охлаждаемый воздух подается во внутреннюю полость каски (3). Для подачи охлаждающего воздуха между поверхностью стандартной каски и установленными элементами теплозащитного экрана была предусмотрена полость толщиной 10 мм. Подаваемый воздух дросселируется через

отверстия на поверхности теплозащитного элемента (4) одновременно охлаждая его поверхность. Охлаждение каски происходит при прохождении воздуха под небольшим избыточным давлением, создаваемого вентилятором или при испарении жидкого диоксида углерода, через теплозащитные элементы. Воздух подается во внутреннюю полость каски при помощи вентилятора (5) через затворные клапаны (6). Для дополнительного охлаждения поверхности каски используется эффект охлаждения при испарении в камере (8) жидкого диоксида углерода, размещенного в резервуаре (9). Питание вентилятора осуществляется от аккумуляторов (10). Отработанные продукты хладагента удаляются из зоны дыхания по буртику (7) имеющего форму желоба (11).

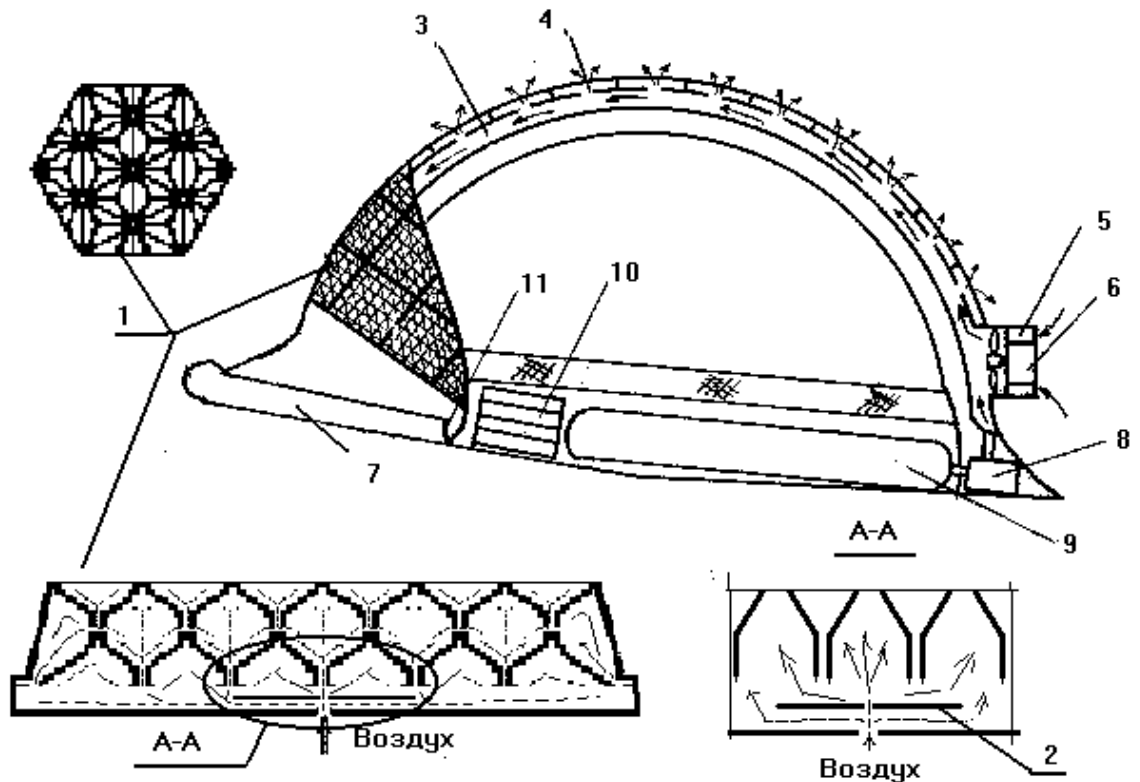


Рис. 1. Конструкция теплоотражательной каски: 1-теплоотражательный элемент; 2-воздушный рассекатель; 3-внутренняя полость теплоотражательного элемента; 4-отверстия в углублениях единичного уголкового отражателя; 5-вентилятор; 6-клапаны; 7-бортик для отвода диоксида углерода; 8-расширительная камера; 9-резервуар для диоксида углерода; 10-элементы питания; 11-желоб.

Работающий вентилятор, при числе оборотов вращения крыльчатки 2400 1/сек, создаёт рабочее давление внутри полости около 80 Па .

Для определения оптимального давления внутри полости каски, при максимальной охлаждающей температуре, были проведены исследования результатов охлаждающего эффекта.

При повышении давления внутри полости каски до 5,5 Па разница температур между вдуваемым воздухом и на поверхности каски достигает 0,5 градуса. При дальнейшем повышении давления внутри каски от 55 Па до 100 Па, разность температур не увеличивается. Это обусловлено тем, что площадь всех отверстий теплоотражательных элементов не позволяет пропускать больший объём воздуха, чем при давлении >85 Па.

При исследовании эффективности теплоотражательной каски с воздушным охлаждением в условиях постоянного теплового излучения в 14000 Вт/м^2 получены следующие результаты, представлено на рис. 3. Воздух нагнетался во внутреннее пространство каски с температурой 295К (+22°С).

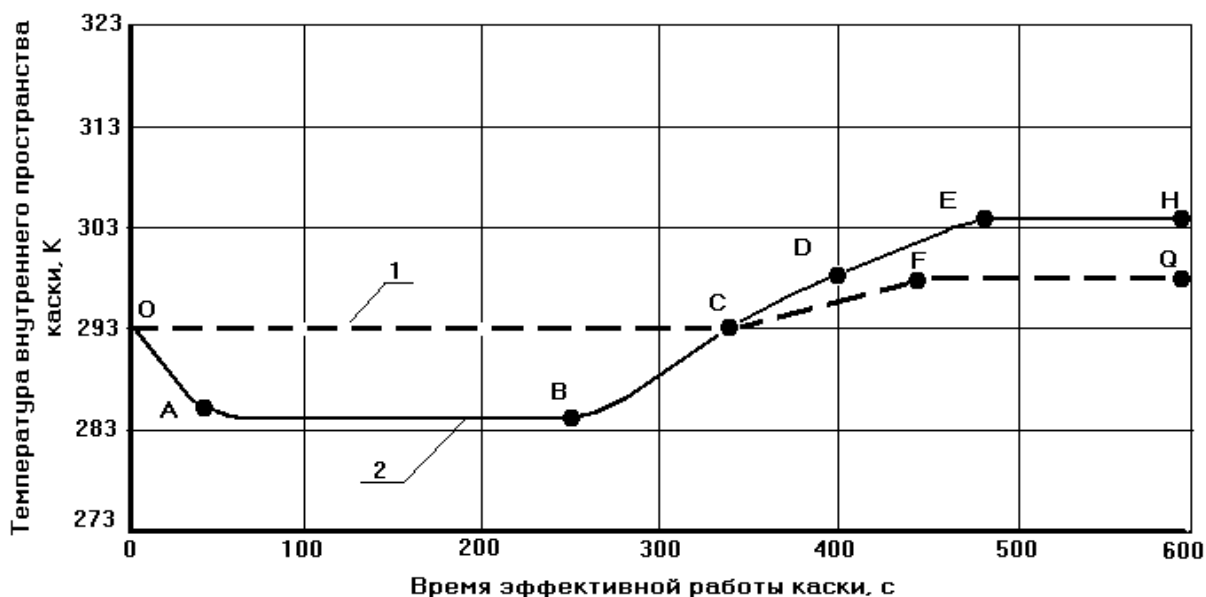


Рис. 2. Повышение температуры внутри каски от времени её эффективной работы в секундах: 1- при работе вентилятора; 2-при испарении диоксида углерода.

Как видно из графика (рис.2), при воздействии теплового потока в 14000 Вт/м^2 и принимаемой температуры окружающей среды 295К (+22°С),

температура внутри головного объёма каски остаётся постоянной и за счёт охлаждения каски внутренним электрическим двигателем не меняет своих характеристик, что обеспечивает санитарно-гигиенические условия. В интервале времени от 350 до 450 секунд (точки С-F) температура повышается на 5 градусов, а в интервале времени 450°С - 600 секунд (кривые F-Q) температура не поднимается.

При экстремальных температурных условиях, когда необходимо работу выполнить за краткое технологически регламентированное время, используют интенсивное охлаждение жидким диоксидом углерода (кривая 2).

В расширительной камере жидкий диоксид углерода расширяется и интенсивно снижается его температура. Как видно из графика (рис.3), в период времени от 0 до 40 секунд (точки О-А кривой 2), температура снижается до максимально возможного значения за счёт начала испарения диоксида углерода. В дальнейшем температура внутреннего пространства стабилизируется и равна 285К (+12°С) в интервале времени 40 -250 секунд (точки А-В кривой 2). При снижении давления испаряющихся продуктов диоксида углерода в интервале времени от 250 до 350 секунд (точки В - С кривой 2) температура внутри каски повышается до 393 К (+20°С). Затем, в интервале времени от 350 до 480 секунд, температура повышается до 403 К (+30°С, точки С-Д-Е кривая 2)и остаётся в дальнейшем неизменной (точки Е-Н кривой 2).

Таким образом, после расхода запасов диоксида углерода в резервуаре и достижения температуры внутри каски 393 К (+20°С), необходимо включить вентилятор нагнетания воздуха.

Для определения равномерности распределения температуры по внутренней поверхности каски были выбраны 5 точек (рис.2), в которых определялась температура. Необходимость таких исследований определена неравномерностью распределения воздушного потока от нагнетающего вентилятора. Температура измерялась термопарой ХК \varnothing 0,2 мм. Усреднённые результаты приведены на графиках рис. 3. Самое эффективное снижение

температуры воздуха достигается в точке 1;5, затем “растекается” по точкам 3 и 4; самые неблагоприятные точки 3 и 4, куда за счёт турбулентности воздушного потока струя поступает слабо. Кривые 1 и :5 (рис.3) показывает снижение температуры внутри каски до 292 К. В точках 3;4 картина аналогичная, температура 293 К, точка 2 характеризуется застоем воздушной среды с температурой 294 К.

Аналогичные исследования распределения температур во внутренней поверхности каски проводим с применением жидкого диоксида углерода. Расширительная камера для испарения расположена в зоне работы вентилятора. При включении испарительной камеры, вентилятор автоматически отключается, и закрываются клапаны входных отверстий.

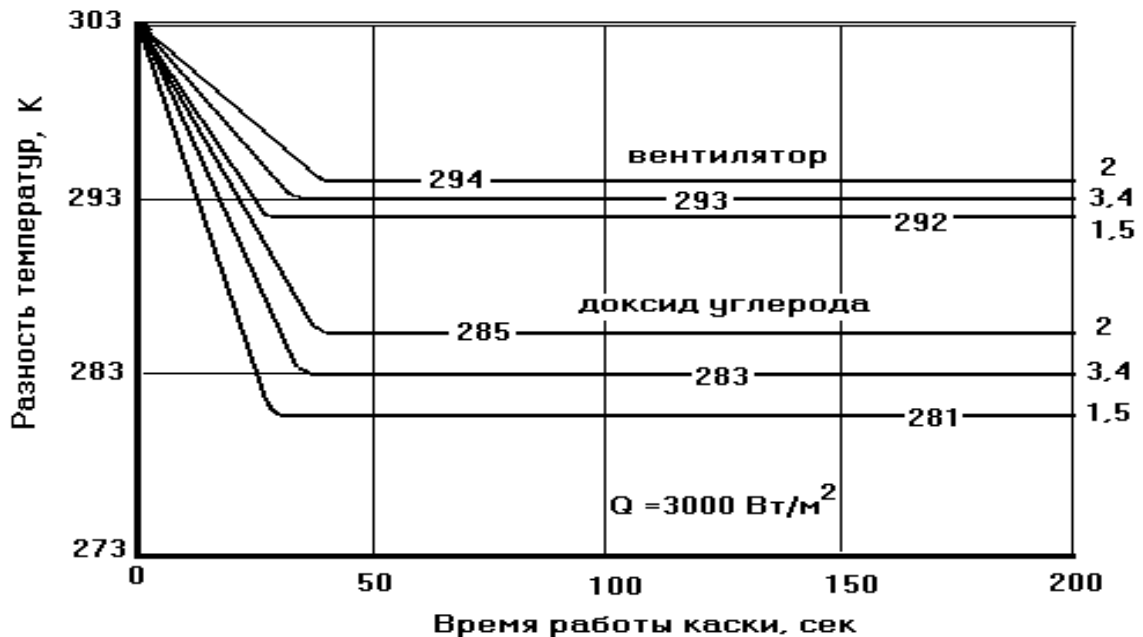


Рис.3. Исследование влияния охладителей поверхности в зависимости от времени работы каски

При этом в области точек 1 и 5 также образуется зона самой низкой температуры, которая равна 281 К, а в зоне средней эффективности температура 283 К. В зоне точки 2 температура 285 К.

Необходимо отметить, что в любом из вариантов охлаждения наблюдается неравномерность охлаждения внутреннего пространства каски.

Наиболее неравномерное распределение температуры внутри каски при использовании для охлаждения жидкого диоксида углерода.

Для этого необходимо провести перераспределение проникновения охлаждающей среды внутри каски таким образом, чтобы температурное поле было бы более равномерным.

Это достигается установкой перегородок внутри полости каски (рис. 4).

При работе вентилятора с новым распределением воздушных потоков средняя температура (рис.5) практически по всей внутренней поверхности каски неизменна и равна 292 К.

В случае использования для охлаждения жидкого диоксида углерода на первоначальной стадии смесь воздуха и паров диоксида углекислоты с самой низкой температурой впуска 268 К (-5°C) распределяется по более широкой площади зон точек 3 и 4, тогда температура газо-воздушной смеси повышается и попадает в зону точек 1 и 5. Средняя температура в полости каски достигает 283К.

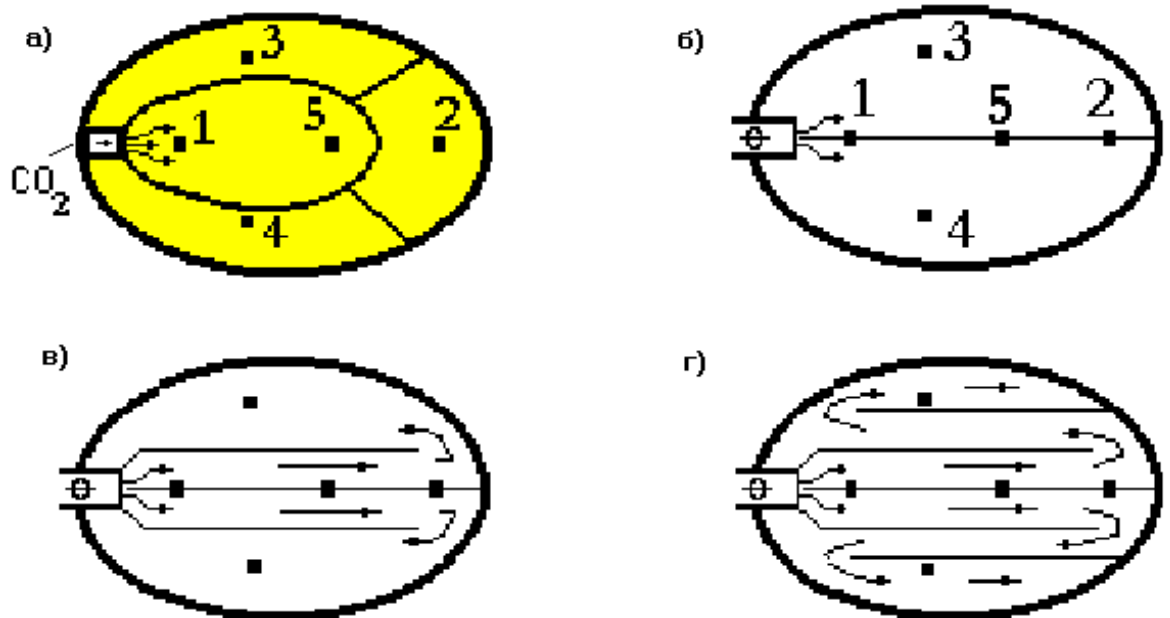


Рис.4. Распределение воздушного потока и температур внутри полости каски: 1,2,3,4 и 5 –точки измерения температуры; а - точки измерения; б, в и г –варианты размещения воздухораспределительных перегородок.

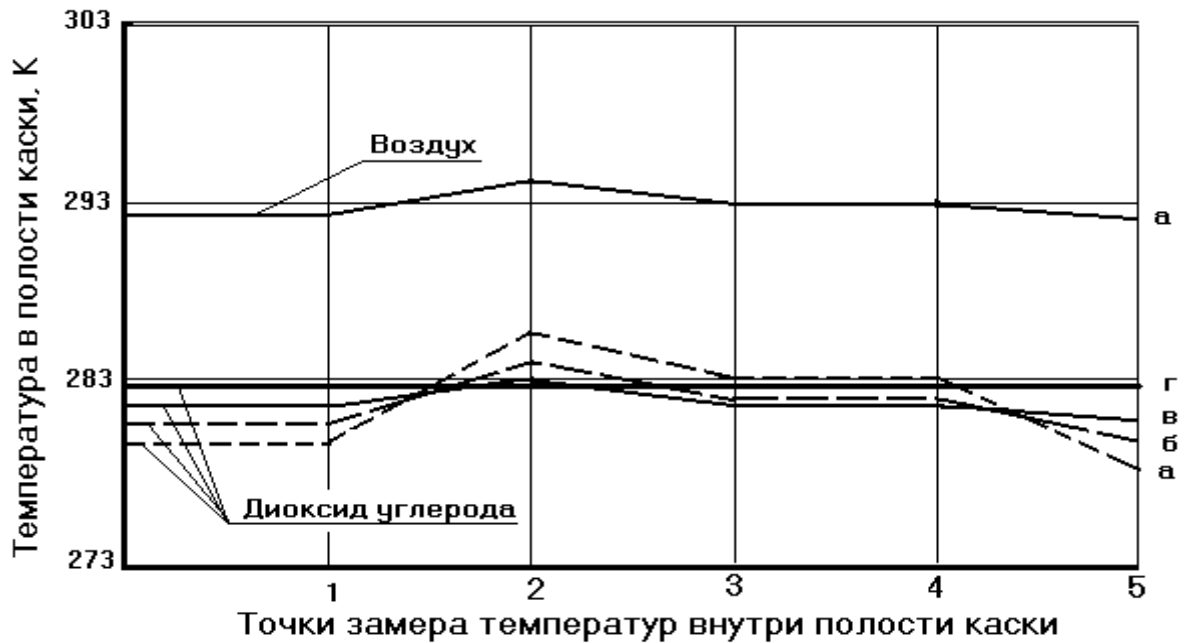


Рис.5. Распределение температур внутри полости каски при различных вариантах установки перегородок: а- отсутствие перегородок; б – одна перегородка; в- три перегородки; г – 5 перегородок.

Новая конструкция каски позволяет более эффективно использовать раннюю разработку [авт. св. 1412716], улучшить показатели по снижению температуры при воздушном охлаждении с новым распределением воздушного потока.

При экстремальных условиях возможны, помимо теплового излучения, и оптические с наличием УФ излучения. Для этого в защитную каску добавлен прозрачный поликарбонатный щиток, покрытый фотохромным покрытием. Щиток выполняется из тонкого слоя фотохромного стекла PHG-5 на основе светочувствительных микрокристаллов CuHal. В отличие от AgHal-стекла PHG-5 темнеют не только под ультрафиолетовой радиацией, но и при облучении видимым или инфракрасным светом. Указанные фотохромные стекла обладают практически неограниченным сроком сохранения фотохромных свойств. Для сохранения фотохромного покрытия на него поверх наносится тонкий слой силиконовой пленки. Таким образом, наличие прозрачного щитка выполняет и другую функцию защиты глаз от попадания в них мелких механических частиц.

Вывод

Разработана теплозащитная каска и исследованы ее свойства: теплостойкость, теплоизоляция, теплоотражение, и несущая способность, с учетом продолжительности действия ее защитных функций в экстремальных условиях. Научные решения защищены авторским свидетельством № 11613881, СССР и патентами Украины (№97105237 и №28886 А).

Литература

1. Теплоотражательная каска с воздушным охлаждением А.с. №1412716 СССР, МКИ А 42С5/04/ Стрежекуров Э.Е., Милютин В.Н., Гасило Ю.А., Стрежекурова Е.А.(СССР).-№4183047/31-25; Заяв.16.01.1987, Опубл. 01.04.1988, Бюл.№ 6.-4с.

2. Теплоотражательная каска с воздушным охлаждением/ Стрежекуров Э.Е., Милютин В.Н., Гасило Ю.А., Диброва Л.М., Кушниренко Л.А. - Запорожье: ЗЦНТИ, 1988.(Инф. листок. № 89-053).

3. Каска .Патент № 28886А Украины, МКИ А42В3/00, /. Гасило Ю.А., Сафонов В.В., Стрежекуров Э.Е.. № 97105238, Заяв. 28.10.1997; Опубл.29.12.1999, Бюл.№8.-2 с..

References

1. Teplootrazhatel'naja kaska s vozdushnym ohlazhdeniem A.s. №1412716 SSSR, MКИ А 42S5/04/ Strezhekurov Je.E., Miljutin V.N., Gasilo Ju.A., Strezhekurova E.A.(SSSR).-№4183047/31-25; Zajav.16.01.1987, Opubl. 01.04.1988, Bjul.№ 6.-4s.

2. Teplootrazhatel'naja kaska s vozdushnym ohlazhdeniem/ Strezhekurov Je.E., Miljutin V.N., Gasilo Ju.A., Dibrova L.M., Kushnirenko L.A. - Zaporozh'e: ZCNTI, 1988.(Inf. listok. № 89-053).

3. Kaska .Patent № 28886A Ukrainy, MКИ А42V3/00, /. Gasilo Ju.A., Safonov V.V., Strezhekurov Je.E.. № 97105238, Zajav. 28.10.1997; Opubl.29.12.1999, Bjul.№8.-2 s.