

## РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНОГО КОСТЮМА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

К.А. Кольвах<sup>1</sup>, Р.С. Бабкин<sup>1</sup>, Н.Е. Дука<sup>1</sup>, А.Ю. Степанцова<sup>1</sup>, В.С. Долбилина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,  
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: Kolvakh\_KA@pers.spmi.ru

**Аннотация:** Добыча угля открытым способом в условиях Кузнецкого угольного бассейна в зимний период сопровождается воздействием пониженных температур на работающий персонал. Проявление низких температур приводит к экономическим потерям, аварийным ситуациям, а также случаям переохлаждения работников и развития у них профессиональных заболеваний. Для снижения воздействия отрицательных температур на работающий персонал угольных разрезов необходимо осуществлять оснащение работников средствами индивидуальной защиты, такими как теплозащитные костюмы. Вместе с тем при использовании защитных костюмов от воздействия пониженных температур зачастую возникает поддув холодного воздуха в пододежное пространство ввиду недостаточного прилегания между курткой и брюками. Также недостаточная устойчивость материалов костюма к механическому воздействию приводит к его истиранию, снижению эффективности защиты и срока эксплуатации. В рамках данной работы выполнен подбор материалов защитного костюма, проведено исследование их физико-механических свойств на сертифицированном оборудовании; полученные результаты сопоставлены с требованиями государственного стандарта. Предложена конструкция защитного костюма, снижающая вероятность поддува в пододежное пространство за счет соединения куртки и брюк текстильной застежкой. Основной целью исследования являлась разработка защитного костюма, сочетающего в себе высокую эффективность защиты с удобством выполнения производственных операций.

**Ключевые слова:** защитный костюм, пониженные температуры, климатический пояс, теплоизоляция, открытые горные работы, физико-механические свойства материалов, средства индивидуальной защиты.

**Благодарность:** Работа выполнена в рамках государственного задания FSRW-2026-0003 «Исследование процессов комплексного освоения недр Земли и глубокой переработки георесурсов». В рамках исследования поданы две заявки на полезные модели «Средство индивидуальной защиты» № 2026110836 от 09.04.2026 г. (брюки) и «Средство индивидуальной защиты» № 2026110852 от 09.04.2026 г. (куртка).

**Для цитирования:** Кольвах К. А., Бабкин Р. С., Дука Н. Е., Степанцова А. Ю., Долбилина В. С. Разработка защитного костюма от воздействия пониженных температур // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2026. – № 11. – С. 169–181. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2026\_11\_0\_169.

### Development of a protective suit against exposure to low temperatures

K.A. Kolvakh<sup>1</sup>, R.S. Babkin<sup>1</sup>, N.E. Duka<sup>1</sup>, A.Yu. Stepantsova<sup>1</sup>, V.S. Dolbilina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University,  
Saint-Petersburg, Russia, e-mail: Kolvakh\_KA@pers.spmi.ru

---

**Abstract:** Open-pit coal mining in winter in the Kuznetsk coal basin is accompanied by the effects of low temperatures on working personnel. The manifestation of low temperatures leads to economic losses, emergencies, as well as cases of hypothermia of workers and the development of occupational diseases. Low temperatures lead to an increase in the body's heat transfer, disruption of thermoregulation mechanisms, and increased fatigue. In addition, there is a decrease in working capacity, accelerated fatigue when performing physical activity. In order to ensure the protection of working personnel from the effects of this factor, an operating mode is established in winter with interruptions in a warm room, special rooms for heating are equipped, preparatory measures are carried out, including snow and ice removal. At the same time, the main protection measure for employees is to provide them with personal protective equipment. Personal protective equipment against exposure to low temperatures is represented by heat-protective clothing, insulated shoes and gloves. The main thermal protection function is performed by protective suits, the protective properties of which are characterized by total thermal resistance and thermal insulation. As part of the tests, the physico-mechanical properties of materials for a protective suit against exposure to low temperatures were determined. The research objectives included the development of an ergonomic suit that provides a high level of protection against low temperatures in the third climate zone and does not create discomfort during production operations.

**Key words:** protective suit, low temperatures, climate zone, thermal insulation, open-pit mining, physical and mechanical properties of materials.

**Acknowledgements:** The study was carried out under state contract for FSRW-2026-0003 Research of Integrated Subsoil Development and Advanced Processing of Georesources. Within the framework of the research, two applications for useful model were filed: Individual Protective Device, application no. 2026110836 dated as of 9 April (Nether Garments) and Individual Protective Device, application no. 2026110852 dated as of 9 April 2026 (Jacket).

**For citation:** Kolvakh K. A., Babkin R. S., Duka N. E., Stepansova A. Yu., Dolbilina V. S. Development of a protective suit against exposure to low temperatures. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2026;(11):169-181. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2026\_11\_0\_169.

---

## Введение

Добыча угля открытым способом включает в себя горнотехнические и инженерные мероприятия, которые направлены на извлечение полезных ископаемых непосредственно с земной поверхности за счет формирования системы уступов в горных породах. Данный способ добычи экономически эффективен, а также существенно более безопасен по сравнению с подземной добычей угля [1–3]. Характерными элементами угольного разреза будут являться уступы, забои (зоны непосредственной выемки пород) и транспортные коммуникации. На этапе подготовки горных пород к выемке осуществляются буровзрыв-

ные работы [4]. Осуществление выемочно-погрузочных работ производится при помощи горной техники (экскаваторы, драглайны). Далее порода перемещается к месту разгрузки, а вскрышные породы складываются в отвалы. Также производится восстановление нарушенных земель и их возврат в хозяйственный оборот путем проведения рекультивации, являющейся обязательным этапом ведения горных работ [5, 6].

К преимуществам открытого способа добычи угля относятся:

- более низкая себестоимость добычи по отношению к подземному способу;
- более высокая производительность труда;

- высокая степень извлечения полезного ископаемого;
- более безопасные условия труда;
- возможность применения крупногабаритного оборудования с высокой производительностью [6].

В соответствии с данными Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, на 2024 г. более 65% угля на Кузбассе добывалось открытым способом. Однако при ведении открытых горных работ на персонал угольных разрезов воздействует ряд опасных и вредных производственных факторов, которые приводят к случаям травматизма различной степени тяжести и развитию профзаболеваний [7, 8].

К основным опасностям, воздействующим на персонал угольных разрезов, относятся:

- перепады высот;
- токсичные вещества, выделяющиеся в результате проведения взрывных работ;
- обвалы породы;
- воздействие на работников движущихся частей машин и механизмов и др. [7, 9, 10].

Основными причинами развития профессиональных заболеваний у горнорабочих являются:

- повышенная запыленность;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- пониженные температуры и др. [10–12].

В целях снижения уровня воздействия различного рода опасностей осуществляются технические и организационные мероприятия, влияющие на безопасность труда работников [10, 13, 14].

К таким техническим мероприятиям относят следующие:

- создание специальных технологий выполнения погрузочных и иных видов работ;

- оснащение автосамосвалов дополнительными камерами, позволяющими расширять поле зрения водителей;

- ограждение опасных участков, представляющих опасность с точки зрения падения людей и механизмов;

- недопуск на опасные участки, не соответствующие требованиям безопасности, горнорабочих и др. [10, 14].

Организационные мероприятия включают:

- разработку плана мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий;

- обучение работников безопасным приемам выполнения работ, правилам реагирования при авариях;

- обеспечение работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ);

- создание условий для беспрепятственного вывода горнорабочих с аварийного участка и др. [10, 11, 15].

В соответствии с Приказом Министерства труда Российской Федерации № 766н от 29.10.2021 обеспечение работников СИЗ является обязательным. В соответствии со статьей 221 Трудового кодекса РФ работодатель обязан бесплатно обеспечивать работников СИЗ. Работники угольных разрезов оснащаются защитными костюмами, перчатками и спецобувью, СИЗ головы и органов дыхания [16, 17]. Важнейшими СИЗ, обеспечивающими защиту работников от пониженных температур, являются защитные костюмы. Данный тип костюмов должен как можно лучше удерживать тепло, а также предотвращать поддув холодного воздуха в поддежное пространство. Как правило, теплозащитный костюм состоит из внешнего слоя, утепляющей прокладки и внутреннего гигиенического слоя. Теплозащитные свойства данных костюмов характеризуются такими показателями, как суммарное тепловое сопротивление и теплоизоляция ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ) [18, 19].

Защитные свойства специальной одежды от пониженных температур напрямую зависят от физико-механических свойств материалов верха и материала утепляющей прокладки и устанавливаются ГОСТ 12.4.303-2016. В зависимости от состава утеплителя к их физико-механическим свойствам предъявляются следующие требования: миграция волокон на 150 см<sup>2</sup> не более двух единиц, миграция перопухового утеплителя должна отсутствовать. Физико-механические свойства материалов верха включают:

- раздражающую нагрузку;
- воздухопроницаемость;
- паропроницаемость;
- водоотталкивание;
- устойчивость к истиранию [18, 20, 21].

Костюм от пониженных температур может состоять из куртки и брюк, куртки и полукомбинезона либо цельного комбинезона, по согласованию с предприятием, на котором он будет использоваться. Костюм должен закрывать конечности и использоваться с нательным бельем [22, 23].

Все защитные костюмы должны соответствовать органолептическим и токсикологическим требованиям, а также сохранять свои защитные свойства после пяти стирок и чисток. При этом защитные костюмы изготавливаются на типовые мужские и женские фигуры, а их размерные характеристики задаются двумя параметрами (рост и обхват груди). Материалы, из которых изготавливается костюм, должны быть разрешены органами здравоохранения для использования при контакте с кожей [23 – 25].

Выделяют 4 класса защиты костюмов от пониженных температур в соответствии с климатическим поясом района их применения:

- 1 класс защиты — 1–2 климатический пояс;

- 2 класс защиты — 3 климатический пояс;

- 3 класс защиты — 4 климатический пояс;

- 4 класс защиты — особый климатический пояс.

Важнейшим условием для защитных костюмов является отсутствие вреда окружающей среде при их утилизации, а также невозможность стать причиной несчастного случая на производстве [25, 26].

Хранение и транспортировка защитного костюма должна осуществляться в упаковке, предотвращающей механическое повреждение и загрязнение спецодежды. Все костюмы подлежат обязательной маркировке, включающей:

- ГОСТ, в соответствии с которым изготовлен защитный костюм;

- ГОСТ, в соответствии с которым исследованы его защитные свойства;

- дату изготовления и срок годности;

- защитные свойства костюма;

- указания по уходу;

- знак обращения на рынке;

- торговую марку;

- информацию о производителе;

- размер костюма;

- артикул.

После проведенных испытаний по определению физико-механических свойств определяется теплоизоляция костюма в микроклиматической камере. Предварительно костюмы кондиционируют в течение 24 ч при температуре 22 °С и относительной влажности 30 – 60%. Для проведения испытаний отбираются практически здоровые люди, не имевшие накануне проблем со сном и не употреблявшие алкоголь, а также принимавшие пищу в интервале от часа до двух до момента проведения испытаний [27 – 29].

К проведению испытаний допускаются работники в возрасте от 20 до 40 лет, температура тела которых не превышает 37 °С, давление 140/90, а пульс

Таблица 1

**Пороговые значения защитных характеристик костюмов от пониженных температур 2-го класса защиты [составлено авторами]**  
**Threshold values of protective characteristics of suits against low temperatures of the 2nd protection class [compiled by the authors]**

| Показатель                                                      | Допустимое значение |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
| Раздирающая нагрузка, Н                                         | 30                  |
| Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ | $\leq 40$           |
| Паропроницаемость, $\text{мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$     | 4                   |
| Водоотталкивание, ед.                                           | 90                  |
| Устойчивость к истиранию, цикл                                  | 3000                |
| Миграция волокон утеплителя на $150 \text{ см}^2$ , ед.         | $\leq 2$            |

не превышает 80 ударов в минуту. Отобранный для проведения испытаний защитный костюм должен подходить испытующему по размеру. Один работник может принимать участие не более чем в двух испытаниях в течение дня.

Перед проведением испытаний работник, участвующий в исследовании защитных свойств костюмов, в течение получаса в нательном белье находится в положении «сидя». Далее на работнике закрепляют 11 температурных датчиков и фиксируют их скотчем либо пластырем. Затем работник надевает нательное белье и защитный костюм, а также средства индивидуальной защиты рук и ног.

Испытания проводятся в микроклиматической камере, в которой устанавливается температура  $10^\circ\text{C}$ , относительная влажность 40–60% и скорость движения воздуха  $0,15 \text{ м/с}$ . Испытания проходят в течение 60 мин, показания снимаются раз в 5 мин. Определяются такие показатели, как температура воздуха, относительная влажность, скорость движения воздуха, тепловой поток и температура тела работника.

Также раз в 5 мин работник оценивает уровень теплового комфорта по шкале от 1 до 7, где 1 — холодно; 2 — прохладно; 3 — слегка прохладно; 4 — комфортно; 5 — слегка тепло; 6 — тепло;

7 — жарко. Если тепловые ощущения достигают значений 2 или 6, испытания останавливают, а работник выводится из микроклиматической камеры.

Повторные испытания возможны не ранее чем через час нахождения при температуре  $22^\circ\text{C}$  в положении «сидя». Также в любой момент времени по инициативе работника испытания могут быть остановлены без объяснения причин.

Для костюмов от пониженных температур 2-го класса защиты устанавливаются допустимые значения показателей, характеризующих их защитные свойства, представленные в табл. 1.

Целью данного исследования являлась разработка защитного костюма, обеспечивающего надежную защиту от пониженных температур в условиях ведения открытых горных работ на угольных разрезах Кузбасса. При этом ключевой задачей являлся подбор материалов костюма, обеспечивающих свободу движений при выполнении производственных операций.

### Методика и методы

В рамках данной работы проводились исследования физико-механических свойств материалов, предлагаемых в качестве слоев защитного костюма. Испытания проводились на сертифици-



Рис. 1. Материал смешанного состава, используемый в качестве внешнего слоя костюма [составлено авторами]

Fig. 1. Mixed composition material used as the outer layer of the suit [compiled by the authors]

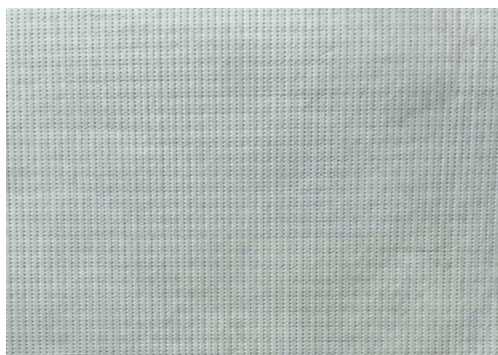


Рис. 2. Материал на основе полиэтиленовых волокон с мембранной структурой [составлено авторами]

Fig. 2. Materials based on polyethylene fibers with a membrane structure [compiled by the authors]

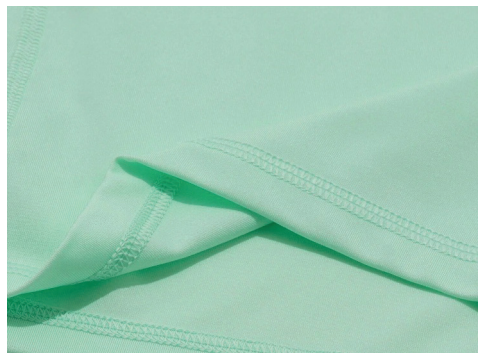


Рис. 3. Материал внутреннего слоя защитного костюма [составлено авторами]

Fig. 3. Material of the inner layer of the protective suit [compiled by the authors]

рованном оборудовании в испытательной лаборатории.

В качестве внешнего слоя защитного костюма предлагается использовать уплотненный материал с волокнистым составом, состоящий на 65% из полиэфирного волокна и на 35% из хлопка. Плотность материала составляет  $475 \text{ г/м}^2$ . Материал гипоаллергенен, устойчив к механическому воздействию, задерживает частицы пыли крупностью от 60 мкм (рис. 1).

Промежуточный слой, используемый в качестве утепляющей прокладки, должен выполнять функции утеплителя и обладать минимальной воздухопроницаемостью. При этом миграция волокон утеплителя в соответствии с требованиями должна отсутствовать.

К использованию в качестве утеплителя предлагается нетканый синтетический материал на основе полиэтиленовых волокон с мембранной структурой плотностью  $300 \text{ г/м}^2$ . Данный материал является синтетическим, устойчивым к механическому воздействию и деформациям. Материал также устойчив к воздействию химических соединений и способен препятствовать прониканию частиц пыли крупностью от 2 мкм (рис. 2).

Внутренний слой защитного костюма выполняет гигиеническую функцию. Материал должен быть гипоаллергенным и приятным при контакте с кожей, хорошо впитывать образующуюся влагу. В качестве данного слоя предлагается использовать 100%-ный полиэстер с эффектом прилегания плотностью  $35 \text{ г/м}^2$ . Данный материал является устойчивым к механическому воздействию, быстро сохнущим, а также устойчивым на разрыв. Ткань эластична и способна принимать форму участка, к которому она прилегает (рис. 3).

Проведение исследований осуществлялось с целью определения таких физико-механических характеристик, как

воздухопроницаемость материалов верха, паропроницаемость, водоотталкивание, раздирающая нагрузка, устойчивость к истиранию.

Воздухопроницаемость материалов верха исследовалась на тестере N900 для определения данного параметра. При проведении испытаний исследуемый образец фиксируется цилиндром, через который подается воздушный поток. Проницаемость измеряется в режиме реального времени в течение 60 мин, после чего определяется ее максимальное значение за период проведения испытаний.

Измерение паропроницаемости проводилось с помощью анализатора W413. В рамках исследования определялось проникание водяного пара сквозь материал. Количество водяного пара, прошедшего сквозь материал, определяется инфракрасным датчиком. Измерения проводятся в диапазоне температур от 15 до 45 °С.

Водоотталкивание характеризует способность материала препятствовать прониканию жидкости сквозь материал и ее впитыванию в волокна ткани. Как правило, повышению уровня водоотталкивания материала способствует обработка ткани специальными пропитками. Определение водоотталкивания проводилось с помощью дождевой воронки методом Бундесманна. Слои материалов фиксировались зажимами и обрабатывались водой с расходом 100 мл/мин. Оценка водоотталкивающей способности проводилась путем сопоставления внешнего вида увлажненных материалов с референсными изображениями, характеризующими степень устойчивости материалов к воздействию влаги.

Устойчивость к раздирающей нагрузке у исследуемых материалов определялась на разрывной машине. При проведении исследования удерживание образцов проводилось клиновыми за-

жимами, предотвращающими скольжение материала и обеспечивающими возможность нагрузки образца до разрыва. В рамках испытания определяется сила, необходимая для нарушения целостности образца.

Испытательное оборудование ТИ-1М применялось для определения устойчивости образцов к истирающим нагрузкам. Абразивные элементы (карборунд) устройства создают трение о закрепленные образцы. При этом образцы фиксируются зажимами из резины. Цикл испытаний продолжается либо до разрушения материала (появления отверстия), либо до достижения заданного оператором числа оборотов.

## Результаты

В целях разработки защитного костюма от воздействия пониженных температур были определены физико-механические свойства слоев выбранных материалов. Результаты измерений, определяемых в соответствии с государственным стандартом, представлены в табл. 2.

Исходя из результатов испытаний установлено, что полученные значения физико-механических свойств материалов защитного костюма соответствуют допустимым значениям и, как следствие, могут быть использованы при разработке специальной одежды от воздействия пониженных температур. Кроме того, данные материалы соответствуют органолептическим и гигиеническим требованиям, гипоаллергенны и приятны при контакте с кожей. Задачей дальнейших исследований являлась разработка модели защитного костюма.

Куртку защитного костюма предлагается оснащать капюшоном, включающим резинку для улучшения плотности прилегания к голове пользователя. Также края рукавов и нижнюю часть костюма предлагается оснащать трико-

Таблица 2

**Физико-механические свойства материалов защитного костюма [составлено авторами]**  
**Physical and mechanical properties of protective suit materials [compiled by the authors]**

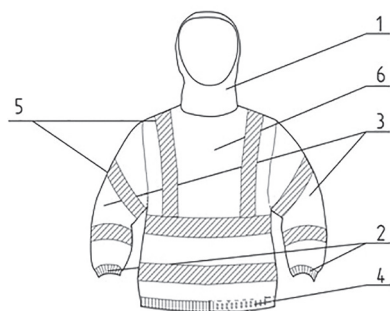
| Определяемый параметр                                      | Величина параметра | Допустимое значение определяемого параметра |
|------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|
| Паропроницаемость, мг/(см <sup>2</sup> ·ч)                 | 7                  | ≥4                                          |
| Раздирающая нагрузка, Н                                    | 56                 | ≥30                                         |
| Водоотталкивание, ед.                                      | 112                | ≥90                                         |
| Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с) | 22                 | ≤40                                         |
| Устойчивость к истиранию, цикл                             | 4800               | ≥3000                                       |
| Миграция волокон утеплителя на 150 см <sup>2</sup> , ед.   | 0                  | 2                                           |

тажными резинками, что будет способствовать предотвращению поддува и удобству использования куртки.

С внутренней стороны куртки на уровне трикотажной резинки, расположенной по нижнему краю куртки, предлагается расположить текстильную застежку, которая при контакте с аналогичной застежкой на брюках существенно повысит плотность прилегания элементов защитной одежды, препятствуя поддуву холодного воздуха. Обязательным условием является расположение полос из световозвращающего материала в нижней части рукава и локтевой области, на расстоянии  $1/3$  от края куртки в

грудной области передней части куртки и спинки, а также перпендикулярно им через плечевую часть куртки. Верхняя часть защитного костюма представлена на рис. 4.

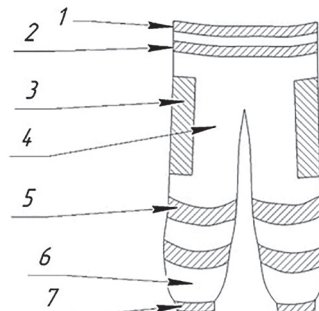
В задачи исследования входила также разработка защитных брюк (рис. 5). Для фиксации в поясной части при надевании брюки оснащены поясом на резинке. Улучшению плотности прилегания с курткой способствует текстильная застежка брюк, расположенная на расстоянии 20 см от верхнего края брюк. Брюки оснащены световозвращающими полосами, расположенными по окружности в области колена и нижней части



- 1 – капюшон; 2 – трикотажные резинки;  
 3 – рукава; 4 – текстильная застежка;  
 5 – световозвращающие полосы;  
 6 – передняя часть куртки

Рис. 4. Куртка от воздействия пониженных температур [составлено авторами]

Fig. 4. Jacket from exposure to low temperatures [compiled by the authors]



- 1 – пояс брюк; 2 – текстильная застежка;  
 3 – боковые вставки; 4 – верхняя часть брюк;  
 5 – световозвращающие полосы; 6 – нижняя часть брюк; 7 – трикотажные резинки

Рис. 5. Защитные брюки от воздействия пониженных температур [составлено авторами]

Fig. 5. Protective trousers from exposure to low temperatures [compiled by the authors]

изделия. Также брюки оснащены боковыми вставками для защиты пользователя от механического воздействия из уплотненной арамидной ткани плотностью 480 г/м<sup>2</sup>. Размещение боковых вставок в верхней части брюк обусловлено тем, что данная зона испытывает максимальные абразивные и ударные нагрузки при падениях и трении о борта техники. Кроме того, размещение вставок в данной области не приводит к смещению центра тяжести работника. В нижней части брюк расположены трикотажные резинки в целях предотвращения поддува.

В целях повышения уровня герметичности изделия, а также его эластичности применяется скрытый (потайной) метод соединения. Технологический процесс состоит из двух этапов: склейки кромок элементов куртки и брюк встык с последующей внутренней строчкой. Главной особенностью является расположение шва — нить не проникает на лицевую сторону, что исключает образование сквозных проколов. Предложенная конструкция шва гарантирует сохранение подвижности материала и его устойчивость к проникновению влаги. Возможно также использование средства индивидуальной защиты с натуральным бельем.

### **Обсуждение результатов**

Результатом проведенных исследований является обоснование использования инновационных материалов при разработке защитного костюма от пониженных температур. Материалы соответствуют требованиям, предъявляемым к слоям защитного костюма. Кроме того, предложена конструкция изделия, позволяющая предотвратить поддув холодного воздуха в пододежное пространство.

Вместе с тем одной из основных задач последующих испытаний предла-

гаемого костюма является определение теплоизоляции и суммарного теплового сопротивления прототипа. При проведении испытаний данного типа должны обеспечиваться соответствующие условия: температура 10 °С, влажность от 40 до 60%. Для определения теплоизоляции будет измеряться температура тела и его тепловой поток, а также изменение температуры воздуха, влажности и скорости движения воздуха в микроклиматической камере.

Также важнейшей задачей является проведение испытаний в реальных производственных условиях на горном предприятии Кузбасса. Конкурентным преимуществом по отношению к аналогам будет являться, кроме уровня теплоизоляции, комфорт при использовании изделия. Предлагается проведение анкетирования горнорабочих относительно комфортности выполнения производственных операций при использовании разрабатываемого средства индивидуальной защиты.

Задачей дальнейших испытаний будет являться подбор материалов костюмов для условий ведения горных работ в различных климатических поясах.

### **Заключение**

Ведение открытых горных работ в условиях третьего климатического пояса в зимний период сопровождается воздействием отрицательных температур на работающий персонал. Применение защитных костюмов от воздействия пониженных температур позволяет снизить воздействие данного фактора на горнорабочих и предотвратить обморожения и развитие профессиональных заболеваний.

В рамках проведенного исследования осуществлялась разработка прототипа защитного костюма, обеспечивающего как защиту от пониженных температур, так и отсутствие дискомфорта при вы-

полнении производственных операций. В этой связи осуществлялся подбор материалов, соответствующих данным требованиям.

Испытания на сертифицированном оборудовании, проведенные в соответствии с ГОСТом, показали соответствие физико-механических свойств выбранных материалов предъявляемым требованиям.

Костюм предлагается оснащать капюшоном, трикотажными резинками, светоотражающими полосами. Текстильная застежка на липучке позволяет соединять куртку с брюками, предотвращая

поддув холодного воздуха в пододежное пространство. Брюки дополнительно оснащаются боковыми вставками из уплотненного материала в верхней части для защиты от механического воздействия.

В рамках дальнейших исследований планируется проведение испытаний прототипа костюма в микроклиматической камере в целях определения теплоизоляции. Также по результатам испытаний планируется проведение анкетирования горнорабочих относительно комфортности использования средства индивидуальной защиты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Boymurodov N. A.* The current state of the study of geomechanical conditions of rock masses with an increase in the depth of open-pit mining // *Universum: технические науки*. — 2022. — № 11-8(104). — С. 4–8.
2. *Якубовский М. М., Гетманова А. Р., Кузина А. В.* Проблемы добычи строительных материалов и возможности их решения // *Устойчивое развитие горных территорий*. — 2024. — Т. 16. — № 4. — С. 1706–1716. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-4-1706-1716.
3. *Ковальский Е. Р., Миронов Н. А., Уразов Д. В., Мусинский Н. А.* Оценка возможных способов заложения капитальных выработок на глубоких горизонтах проектируемого калийного рудника Западно-Петриковского месторождения // *Устойчивое развитие горных территорий*. — 2025. — Т. 17. — № 2. — С. 1033–1045. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-2-1033-1045.
4. *Коршунов Г. И., Сафина А. М., Каримов А. М.* Исследование и анализ источников выделения респираторной фракции пыли на угольных разрезах // *Безопасность труда в промышленности*. — 2021. — № 10. — С. 65–70. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-10-65-70.
5. *Лигоцкий Д. Н., Долгушин Н. А.* Анализ опыта применения безлюдных технологий при открытой разработке месторождений и перспективы их развития // *Горный журнал*. — 2025. — № 2. — С. 42–47. DOI: 10.17580/gzh.2025.02.06.
6. *Loginov E. V., Masalskiy S. S., Petrov K. D., Zadorina D. S.* Implementation of digital technologies at blending stockpiles in open pit mining // *Eurasian Mining*. 2025, no. 2, pp. 93–97. DOI: 10.17580/em.2025.02.17.
7. *Глебова Е. В., Волохина А. Т., Вихров А. Е.* Оценка эффективности управления культурой производственной безопасности в компаниях ТЭК // *Записки Горного института*. — 2023. — Т. 259. — С. 68–78. DOI: 10.31897/PMI.2023.12.
8. *Korshunov G. I., Krasnoukhova D. Y.* Substantiation of a comprehensive approach for evaluating traumatic incidents, considering the human factor // *International Journal of Engineering Transactions B Applications*. 2026, vol. 39, no. 6, pp. 1482–1495. DOI: 10.5829/ije.2026.39.06c.15.
9. *Афанасьев П. И.* Анализ параметров ударной волны на стенке полости взрыва при преломлении детонационных волн в воздухе и воде // *Устойчивое развитие горных территорий*. — 2023. — № 5(3). — С. 505–515. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-3-505-515.
10. *Стриженов А. В., Иванов А. В., Ванг Хетанг* Оценка эффективности использования водных растворов поливинилацетата и полиэтиленгликоля для пылеподавления на объектах ведения открытых горных работ // *Горный журнал*. — 2023. — № 9. — С. 61–68. DOI: 10.17580/gzh.2023.09.09.
11. *Родионов В. А., Барджои Шоджаи Саид* Стратегия комплексной оценки профессиональных рисков воздействия вредных факторов производственной среды // *Безопасность труда в промышленности*. — 2025. — № 10. — С. 21–26. DOI: 10.24000/0409-2961-2025-10-21-26.
12. *Коршунов Г. И., Сафина А. М., Каримов А. М.* Исследование и анализ источников выделения респираторной фракции пыли на угольных разрезах // *Безопасность труда в промышленности*. — 2021. — № 10. — С. 65–70. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-10-65-70.

13. Романченко С. Б., Корнев А. В. Инновационные методы исследований пылевой взрывоопасности углей // Записки Горного института. — 2025. — Т. 274. — С. 129–141.
14. Куликова Е. Ю., Полянкин А. Г., Потокина А. М. Специфика управления геотехническими рисками при проектировании подземных сооружений // Записки Горного института. — 2023. — Т. 264. — С. 895–905.
15. Черный К. А., Файнбург Г. З., Розенфельд Е. А. Методологические проблемы проведения оценки профессиональных рисков на горнорудных предприятиях и их решение // Недропользование. — 2021. — Т. 21. — № 4. — С. 193–200. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.4.8.
16. Земсков А. Н., Лискова М. Ю. Роль средств индивидуальной защиты работников в обеспечении безопасных условий труда на горнодобывающих предприятиях // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2022. — № 3. — С. 61–70.
17. Иващенко И. Н. Проектирование спецодежды для защиты от пониженных температур работающих в нефтедобывающей отрасли южного региона России // Швейная промышленность. — 2008. — № 3. — С. 50–51.
18. Абрамов А. В., Родичева К. М., Смолянинов М. В. Исследование влияния воздушных прослоек на теплозащитные свойства одежды в условиях пониженных температур // Дизайн и технологии. — 2023. — № 97(139). — С. 51–57.
19. Щепочкина Ю. А. Пути совершенствования спецодежды и других средств индивидуальной защиты // Технологии и качество. — 2025. — № 3(69). — С. 38–43. DOI: 10.34216/2587-6147-2025-3-69-38-43.
20. Zhi-Wei He, Li Liu, Jia-Fu Zhong Study on low-temperature heat capacity of nano-materials // International Journal of Microstructure and Materials Properties. 2023, vol. 16, no. 5, pp. 321–333. DOI: 10.1504/ijmmp.2023.130577.
21. Парвицкая Д. Т., Шустов Ю. С., Буланов Я. И., Курденкова А. В. Исследование механических свойств тканей с мембранным покрытием после воздействия пониженной температуры // Наука и образование сегодня. — 2019. — № 6-1(41). — С. 19–22. DOI: 10.24411/2414-5718-2019-10605.
22. Трофименко А. С., Кравчук С. Г. Победа над холодом: опыт советской школы проектирования средств индивидуальной защиты от пониженных температур // Дизайн. Материалы. Технология. — 2019. — № 1(53). — С. 67–72.
23. Абрамов А. В., Родичева М. В., Гнеушева Е. М. Исследование теплообмена в системе «человек — одежда — среда» при комбинированном воздействии пониженных температур и ветра // Технологии и качество. — 2022. — № 4(58). — С. 12–18. DOI: 10.34216/2587-6147-2022-4-58-12-18.
24. Шелехов И. Ю. Салишев И. Р., Лысенко Д. О. Индивидуальные средства обогрева для использования в зонах с пониженной температурой // Тенденции развития науки и образования. — 2023. — № 95-6. — С. 139–141. DOI: 10.18411/trnio-03-2023-312.
25. Luo W., Yao H. M., Yang P. H., Chen C. S. Negative temperature coefficient material with low thermal constant and high resistivity for low-temperature thermistor applications // Journal of the American Ceramic Society. 2009, vol. 92, no. 11, pp. 2682–2686. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2009.03289.x.
26. Михайлова В. Н. Применение функции желательности для определения качества тканей, применяемых для изготовления спецодежды // Наука и образование. — 2007. — № 1. — С. 74–77.
27. Мурашов А. Г., Руднев Д. С., Бутранов А. С. Применение инновационных систем локального обогрева в условиях низких температур // Известия Института инженерной физики. — 2018. — № 1 (47). — С. 75–77.
28. Гетманцева В. В., Коберник Ю. О., Крючкова А. А., Смирнова Д. С. Обзор рынка комплектов одежды для защиты от холода в условиях Арктики и арктического шельфа // Костюмология. — 2021. — Т. 6. — № 2. — С. 1–12.
29. Алексеев А. В., Зеленев Ю. И. Перспективы развития специальной одежды для военнослужащих, проходящих военную службу в арктической зоне // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения. — 2016. — № 2 (38). — С. 100–104. **ГИАВ**

## REFERENCES

1. Boymurodov N. A. The current state of the study of geomechanical conditions of rock masses with an increase in the depth of open-pit mining. *Universum: technical science*. 2022, no. 11-8(104), pp. 4–8.

2. Yakubovskiy M. M., Getmanova A. R., Kuzina A. V. Problems of extraction of building materials and the possibilities of their solution. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024, vol. 16, no. 4, pp. 1706 – 1716. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-4-1706-1716.
3. Kovalsky E. R., Mironov N. A., Urazov D. V., Musinsky N. A. Assessment of potential methods for driving main developments at deep levels of the designed Zapadno-Petrikovskoye potash mine deposit. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2025, vol. 17, no. 2, pp. 1033 – 1045. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2025-17-2-1033-1045.
4. Korshunov G. I., Safina A. M., Karimov A. M. Research and analysis of the sources of emission of respirable fraction of dust at the coal mines. *Occupational Safety in Industry*. 2021, no. 10, pp. 65 – 70. [In Russ]. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-10-65-70.
5. Ligotsky D. N., Dolgushin N. A. Analysis of experience in the use of unmanned technologies in open pit mining and prospects for their development. *Gornyi Zhurnal*. 2025, no. 2, pp. 42 – 47. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2025.02.06.
6. Loginov E. V., Masalskiy S. S., Petrov K. D., Zadorina D. S. Implementation of digital technologies at blending stockpiles in open pit mining. *Eurasian Mining*. 2025, no. 2, pp. 93 – 97. DOI: 10.17580/em.2025.02.17.
7. Glebova E. V., Volokhina A. T., Vikhrov A. E. Assessment of the efficiency of occupational safety culture management in fuel and energy companies. *Journal of Mining Institute*. 2023, vol. 259, pp. 68 – 78. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI.2023.12.
8. Korshunov G. I., Krasnoukhova D. Y. Substantiation of a comprehensive approach for evaluating traumatic incidents, considering the human factor. *International Journal of Engineering Transactions B Applications*. 2026, vol. 39, no. 6, pp. 1482 – 1495. DOI: 10.5829/ije.2026.39.06c.15.
9. Afanasev P. I. Analysis of shock wave parameters at the explosive cavity wall during refraction of detonation waves through the air and water. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023, no. 5(3), pp. 505 – 515. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-3-505-515.
10. Strizhenok A. V., Ivanov A. V., Hetang W. Efficiency evaluation of polyvinyl acetate and polyethylene glycol aqua solutions in dust suppression in open pit mining. *Gornyi Zhurnal*. 2023, no. 9, pp. 61 – 68. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2023.09.09.
11. Rodionov V., Barjoe S. S. A Strategy of comprehensive assessment of occupational risks of impact of production environment harmful factors. *Occupational Safety in Industry*. 2025, no. 10, pp. 21 – 26. [In Russ]. DOI: 10.24000/0409-2961-2025-10-21-26.
12. Korshunov G. I., Safina A. M., Karimov A. M. Research and analysis of the sources of emission of respirable fraction of dust at the coal mines. *Occupational Safety in Industry*. 2021, no. 10, pp. 65 – 70. [In Russ]. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-10-65-70.
13. Romanchenko S. B., Kornev A. V. Innovative research methods for the dust explosion hazard of coals. *Journal of Mining Institute*. 2025, vol. 274, pp. 129 – 141. [In Russ].
14. Kulikova E. Y., Polyankin A. G., Potokina A. M. Specifics of geotechnical risk control in the design of underground structures. *Journal of Mining Institute*. 2023, vol. 264, pp. 895 – 905. [In Russ].
15. Cherny K. A., Fainburg G. Z., Rosenfeld E. A. Methodological problems of conducting professional risk assessment at mining enterprises and their solution. *Subsoil use*. 2021, vol. 21, no. 4, pp. 193 – 200. [In Russ]. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.4.8.
16. Zemskov A. N., Liskova M. Yu. The role of personal protective equipment in ensuring safe working conditions at mining enterprises. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2022, no. 3, pp. 61 – 70. [In Russ].
17. Ivashchenko I. N. Design of overalls for protection against low temperatures for workers in the oil industry of the southern region of Russia. *Sewing Industry*. 2008, no. 3, pp. 50 – 51. [In Russ].
18. Abramov A. V., Rodicheva K. M., Smolyaninov M. V. Research of the influence of air layers on the thermal protection properties of clothing in conditions of low temperatures. *Design and Technologies*. 2023, no. 97(139), pp. 51 – 57. [In Russ].
19. Shchepochkina Yu. A. Ways to improve overalls and other personal protective equipment. *Technologies and quality*. 2025, no. 3(69), pp. 38 – 43. [In Russ]. DOI: 10.34216/2587- 6147-2025-3-69-38-43.
20. Zhi-Wei He, Li Liu, Jia-Fu Zhong Study on low-temperature heat capacity of nano-materials. *International Journal of Microstructure and Materials Properties*. 2023, vol. 16, no. 5, pp. 321 – 333. DOI: 10.1504/ijmmp.2023.130577.
21. Parvitskaya D. T., Shustov Yu. S., Bulanov Ya. I., Kurdenkova A. V. Study of the mechanical properties of membranous-coated fabrics after exposure to low temperatures. *Science and Education Today*. 2019, no. 6-1(41), pp. 19 – 22. [In Russ]. DOI: 10.24411/2414-5718-2019-10605.

22. Trofimenko A. S., Kravchuk S. G. Victory over the cold: The experience of the soviet school of designing personal protective equipment for low temperatures. *Design. Materials. Technology*. 2019, no. 1(53), pp. 67 – 72. [In Russ].
23. Abramov A. V., Rodicheva M. V., Gneusheva E. M. Study of heat transfer in the «human–clothes–environment» system under combined effects of low temperatures and wind. *Technologies and Quality*. 2022, no. 4(58), pp. 12 – 18. [In Russ]. DOI: 10.34216/2587-6147-2022-4-58-12-18.
24. Shelekhov I. Yu., Salishev I. R., Lysenko D. O. Individual means of heating for use in areas with low temperatures. *Trends in the development of science and education*. 2023, no. 95-6, pp. 139 – 141. [In Russ]. DOI: 10.18411/trnio-03-2023-312.
25. Luo W., Yao H. M., Yang P. H., Chen C. S. Negative temperature coefficient material with low thermal constant and high resistivity for low-temperature thermistor applications. *Journal of the American Ceramic Society*. 2009, vol. 92, no. 11, pp. 2682 – 2686. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2009.03289.x.
26. Mikhailova V. N. Application of the desirability function to determine the quality of fabrics used for the production of workwear. *Science and Education*. 2007, no. 1, pp. 74 – 77. [In Russ].
27. Murashov A. G., Rudnev D. S., Butranov A. S. Application of Innovative Local Heating Systems in Low-Temperature Conditions. *Izvestiya of the Institute of Engineering Physics*. 2018, no. 1 (47), pp. 75 – 77. [In Russ].
28. Getmantseva V. V., Kobernik Yu. O., Kryuchkova A. A., Smirnova D. S. Market review of clothing sets for protection against cold in the Arctic and the Arctic shelf. *Kostyumologiya*. 2021, vol. 6, no. 2, pp. 1 – 12. [In Russ].
29. Alekseev A. V., Zelenev Yu. I. Prospects for the Development of Special Clothing for Military Personnel Serving in the Arctic Zone. *Scientific Bulletin of the Volsk Military Institute of Material Support*. 2016, no. 2 (38), pp. 100 – 104. [In Russ].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кольвах Константин Андреевич<sup>1</sup> — канд. техн. наук, ассистент кафедры,  
e-mail: Kolvakh\_KA@pers.spmi.ru, ORCID ID: 0000-0003-0145-9465,  
Бабкин Руслан Сергеевич<sup>1</sup> — канд. техн. наук, доцент,  
e-mail: Babkin\_RS@pers.spmi.ru, ORCID ID: 0000-0001-6211-7261,  
Дука Никита Евгеньевич<sup>1</sup> — канд. техн. наук,  
ассистент кафедры, e-mail: Duka\_NE@pers.spmi.ru,  
Степанцова Анастасия Юрьевна<sup>1</sup> — канд. техн. наук,  
ассистент кафедры, e-mail: Stepantsova\_AYu@pers.spmi.ru,  
Долбилина Валерия Сергеевна<sup>1</sup> — студент, e-mail: s231405@stud.spmi.ru,  
<sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II.  
**Для контактов:** Кольвах К.А., e-mail: Kolvakh\_KA@pers.spmi.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

K.A. Kolvakh<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Assistant of Chair,  
e-mail: Kolvakh\_KA@pers.spmi.ru, ORCID ID: 0000-0003-0145-9465,  
R.S. Babkin<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,  
e-mail: Babkin\_RS@pers.spmi.ru, ORCID ID: 0000-0001-6211-7261,  
N.E. Duka<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Assistant of Chair,  
e-mail: Duka\_NE@pers.spmi.ru,  
A.Yu. Stepantsova<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), Assistant of Chair,  
e-mail: Stepantsova\_AYu@pers.spmi.ru,  
V.S. Dolbilina<sup>1</sup>, Student, e-mail: s231405@stud.spmi.ru,  
<sup>1</sup> Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.  
**Corresponding author:** K.A. Kolvakh, e-mail: Kolvakh\_KA@pers.spmi.ru.

Получена редакцией 28.04.2026; получена после рецензии 15.06.2026; принята к печати 10.10.2026.  
Received by the editors 28.04.2026; received after the review 15.06.2026; accepted for printing 10.10.2026.