

УДК 677.076.4

DOI 10.47367/0021-3497_2026_2_149

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ В БЛИНДАЖАХ

FEATURES OF USE OF MULTIFUNCTIONAL NONWOVENS IN DUGOUTS

*В.В. ИВАНОВ¹, Е.В. МЕЗЕНЦЕВА¹, М.Ю. ТРЕЩАЛИН², Ю.М. ТРЕЩАЛИН²,
А.Ю. МАТРОХИН³, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА³*

*V.V. IVANOV¹, E.V. MEZENTSEVA¹, M.Yu. TRESHCHALIN², Yu.M. TRESHCHALIN²,
A.Yu. MATROKHIN³, N.A. GRUZINTSEVA³*

¹ООО "Термопол", г. Москва,

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

³Ивановский государственный политехнический университет)

(¹Thermopol, LLC, Moscow,

²Lomonosov Moscow State University,

³Ivanovo State Polytechnic University)

E-mail: i-vlad@inbox.ru, yelena_ev@mail.ru

В статье проводится комплексный анализ применения инновационных полифункциональных нетканых материалов в военно-инженерных сооружениях. Основное внимание уделено использованию данных материалов в блиндажах различной конструкции (включая стационарные, мобильные и модульные типы) для решения задач теплозащиты и звукоизоляции. Авторы детально исследуют физико-технические характеристики материалов, такие как теплопроводность, пористость, устойчивость к деформациям и влагостойкость, которые обеспечивают их эффективность в экстремальных условиях эксплуатации. Подчеркивается, что сочетание этих свойств позволяет не только минимизировать теплопотери и блокировать шумы (включая ударные волны), но и сократить вес конструкций по сравнению с традиционными решениями (например, деревянными или металлическими обшивками).

Рассмотрены вопросы интеграции полифункциональных нетканых материалов в комплекты спального имущества военнослужащих – матрасы, подушки и одеяла. Авторы акцентируют роль материалов в повышении комфорта личного состава за счет терморегулирующих свойств, антиаллергенности и способности сохранять форму при длительном использовании. Особое внимание уделено гигиеническим аспектам: материалы демонстрируют устойчивость к бактериальному загрязнению и простоту обработки, что критически важно для полевых условий.

The article presents a comprehensive analysis of the use of innovative multifunctional nonwovens in military engineering structures. The main attention is paid to the use of these materials in dugouts of various designs (including stationary, mobile and modular types) to solve the problems of thermal protection and sound insulation. The authors study in detail the physical and technical characteristics of the materials, such as low thermal conductivity, high porosity, resistance to deformation and fire resistance, which ensure their effectiveness in extreme operating conditions. It is emphasized that the combination of these properties makes it possible not only to minimize heat loss and block noise (including shock waves), but also to reduce the weight of structures compared to traditional solutions (for example, wooden or metal cladding).

The article is devoted to the integration of multifunctional nonwoven materials into military bedding kits, such as mattresses, pillows, and blankets. The authors emphasize the role of materials in improving staff comfort due to their thermoregulatory properties, hypoallergenicity, and ability to maintain shape during prolonged use. Special attention is paid to hygienic aspects: the materials demonstrate resistance to bacterial contamination and ease of processing, which is critically important for field conditions.

Ключевые слова: блиндаж, нетканые материалы, полифункциональность.

Keywords: dugout, non-woven materials, multifunctionality.

Нетканые материалы (НМ) все чаще используются в военно-инженерной сфере, включая строительство блиндажей, благодаря своим уникальным свойствам. К основным преимуществам НМ можно отнести: укрепление грунта, разделение слоев,

дренаж, гидро- и теплоизоляцию, а также легкость и компактность при транспортировке и монтаже [1, 2]. Если сравнивать использование традиционных материалов и нетканых, то можно выделить основные критерии, которые представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Критерии | Вид материала | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| | нетканый | классический (бетон, дерево) |
| Скорость монтажа | Высокая (рулонные материалы) | Низкая (требует замеса, застывания) |
| Вес | Легкий | Тяжелый |
| Гибкость | Адаптируются к рельефу | Жесткие конструкции |
| Стойкость к влаге | Высокая (не гниют) | Низкая (дерево требует пропитки) |

В рамках снижения зависимости от зарубежных производителей возникает необходимость разработки отечественных высокотехнологичных нетканых материалов,

которые будут значительно дешевле аналогов из ЕС и США при сопоставимом качестве и устойчивы к экстремальным температурам и средам [3].

Применение отечественных высокотехнологичных нетканых материалов на основе ПЭТФ-волокон в качестве полифункционального компонента защитных сооружений (блиндажей, защитных сооружений первого уровня защиты, предназначенных для защиты людей от воздействия опасных



факторов случайного или преднамеренного взрыва, воздушной ударной волны и осколков) обусловлено их способностью создавать безопасные и гигиеничные условия для пребывания личного состава внутри укрытия (рис. 1).



Рис. 1

Следует отметить, что для полифункциональных НМ актуальны в первую очередь показатели теплоизоляции, которые особенно важны для поддержания стабильной температуры при изменении климатических условий, отсутствии стабильно функционирующих систем отопления, влажности, температуры почвы с учетом заглубления блиндажных объектов: теплопроводность – 0,037 Вт/(м°С), паропроницаемость – 0,25 мг/(м·ч·Па), водопоглощение – менее 1% [4, 5]. Также существенным для полевых условий, где ведутся активные действия, является коэффициент звукопоглощения NRC: 0,6.

Небольшой вес материала материала, а также возможность вакуумации до 70% номинального первоначального объема (прим.: только у полотен) упрощают транспортировку и монтаж, что может быть критически важно в полевых условиях или при быстром возведении укрытий. Эластичность и сжимаемость НМ обеспечивают возможность соединять полотна и пласты внахлест и/или с изгибом с использованием метизов, клеев различных типов, мебельных или пневмоскоб, гвоздей и пр., что в результате позволяет минимизировать теплототери на стыках, изгибах, углах, элементах креплений.

Устойчивость НМ к влаге предотвращает образование плесени и грибка, что

способствует сохранению здоровья находящихся в укрытии людей. Материалы не удерживают неприятные запахи, гипоаллергенны.

Долговечность НМ гарантирует, что укрытие будет сохранять свои защитные свойства в течение длительного времени, не требуя замены намокшего или разрушенного вследствие биологического влияния материала. При изготовлении НМ не применяются вредные химические вещества, такие как бутилдигликольацетат, формальдегид и хлорфторуглероды.

В соответствии с полученными производителем полифункциональных НМ ООО "Термопол" [6] данными по 1 классу экологической и гигиенической безопасности в ходе анализа не менее чем по 100 критериям (Standard 100) выявлено, что сертифицированные изделия из отечественных НМ отвечают действующим требованиям XVII REACH, американским требованиям, а также китайскому стандарту GB 18401:2010.

Особого внимания заслуживает способность полифункциональных НМ выдерживать механические нагрузки ("со сдвигом" вертикальным, горизонтальным, диаметрально, пропеллерным), устойчивость к кратковременному воздействию огня и химических веществ. Впрочем, в зависимости от конкретных условий эксплуатации и требований к защите могут потребоваться

дополнительные слои противопожарной защиты из других высокотехнологичных полимерных материалов или традиционных для такого рода объектов, таких как бетон, металл, песок, древесина [7].

Заметим, что полифункциональные НМ могут быть лишь одним из компонентов многослойной системы защиты, предназначенной для обеспечения безопасности людей в блиндажах.

Указанные материалы производятся из высококачественных полиэфирных волокон и могут быть модифицированы различными способами для придания разнообразных уникальных свойств. Подземные укрытия характеризуются стабильно повышенной влажностью, поэтому практически абсолютно нулевая гигроскопичность НМ рассматривалась как одно из ключевых преимуществ, связанных с устойчивостью к биодegradации. Тем более, что такие объекты могут создаваться для длительного неэксплуатируемого периода без отопления, вентиляции, рекуперации и пр. Так, среднегодовая температура в России за пять лет составила -1°C , в расчет же закладывается $-5,5^{\circ}\text{C}$. Стоит отметить, что вопросы пароотведения, конденсата на внутренних поверхностях шелтера и водоотведения во многом остаются открытыми и требуют более детальных расчетов. Тем не менее использование полифункциональных НМ в блиндажах актуально для грунтов всех типов: маловлажных ($0 \dots 0,5$) – вода заполняет поры менее чем на 50%, влажных ($0,5 \dots 0,8$) – 50...80% пустот и водонасыщенных (свыше 0,8) – 80% пор.

Схожими с блиндажами и шелтерами по техническим характеристикам проектов и требованиям к полифункциональным НМ являются частные проекты винных погребов, домашних подвалов для хранения продуктов, омшаников (углубленных зимников для пчел) и пр. [8].

Применение НМ в сочетании с другими материалами, такими как геомембраны или гидроизоляционные покрытия, может усилить его защитные свойства. Геомембраны обеспечивают дополнительную защиту от проникновения влаги, а гидроизоляционные покрытия предотвращают капилляр-

ный подъем воды, что особенно важно в условиях высокой влажности или при близком залегании грунтовых вод.

Перспективным направлением является разработка комбинированных защитных систем, в которых полифункциональный НМ сочетается с другими материалами, такими как бетон, сталь или полимеры. Такое сочетание позволит создать многослойную конструкцию, обладающую высокой прочностью, теплоизоляцией и устойчивостью к различным видам воздействий. Физико-химические способы модификации нетканых материалов придают новые свойства и открывают новые горизонты внедрений [3].

Блиндажи могут быть укомплектованы подушками, одеялами, матрасами, спальными мешками, запасной утепленной одеждой длительного хранения также с применением различных полифункциональных НМ в виде утеплителей и наполнителей [9] (рис. 2).



Рис. 2

В ситуациях критической необходимости полифункциональность указанных НМ позволяет применять их в качестве утеплителей, а утеплители, наоборот, в качестве наполнителей для бытовых изделий. Кроме того, для более широкого применения предлагаются инновационные решения:

1. Легкие, перемещаемые и быстро монтируемые НМ (полотна и пласты) могут быть использованы в конструкции классического блиндажа или иных фортификационных сооружений как временные стены (фальш-стены по принципу конструктора легио) или препятствия от налета FPV-дронов.

2. Полотна и пласты НМ в сочетании с экранирующими высокотехнологичными

материалами дополнительно могут быть применены в траншеях либо окопах как временное укрытие (накидка, мат) во время атак FPV-дронов, а также как утепляющий слой при длительном нахождении человека.

3. Волокнистая изотропная структура НМ позволяет изготавливать воздушные фильтры со степенью G5, F4 и способностью задержания частиц размером от 0,4 микрон для вентиляции и кондиционирования воздуха промышленных, коммерческих и общественных помещений с низким и средним уровнем загрязнения.

Внутреннее пространство блиндажа может быть адаптировано под различные нужды, включая организацию спальных и лечебных мест, хранение оборудования и обустройство рабочего места.

В последнее время распространение получили быстроизвлекаемые и/или трансформируемые блиндажи и укрытия, а также габионные блиндажи, мобильные бункеры, выполненные из жестких конструкционных материалов (стали, бетона). Их особенность – высокая кондукционная теплопередача, максимально эффективно снизить которую возможно посредством применения полифункциональных НМ.

Комплексный расчет кондукционных процессов, показателей тепловых потерь, диффузии, количества водяного выдыхаемого человеком пара в сутки и пр. в блиндаже вызывает научную полемику и в настоящее время является актуальной спорной темой для продолжения изысканий разработчиков материалов и конструкций с НМ.

Основными преимуществами использования полифункциональных НМ в качестве одного из слоев блиндажей и шелтеров являются:

- скорость и легкость монтажа, что позволяет существенно сократить сроки и облегчить процесс возведения конструкций;

- долговечность, которая обеспечивается устойчивостью синтетических волокнистых материалов к разложению и воздействию агрессивных сред, а также механической прочностью за счет наличия большого количества термических спаек внутри изотропной структуры НМ;

- экологичность, которая обеспечивается химической стабильностью и инертностью НМ в различных, в том числе агрессивных, средах.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены основные преимущества использования полифункциональных нетканых материалов в блиндажах по сравнению с обычными материалами, а именно: тепло- и звукоизоляция, экстремальная устойчивость, а также эргономика и мобильность.

2. Обоснована эффективность применения полифункциональных НМ для военно-инженерных задач в критически важных элементах инфраструктуры и экипировки с целью оптимизации логистики и повышения выживаемости подразделений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королева Н.А., Полякова Т.И., Грязнова Е.В., Голайдо С.А. Многокритериальная оптимизация параметров нетканого геотекстиля для укрепления откосов земляного полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 217...222.
2. Кусенкова А.А., Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н. Создание композитного теплоизоляционного материала с применением синтетических текстильных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6 (396). С. 303...307.
3. Лисаневич М.С., Галимзянова Р.Ю., Иванов В.В. Исследование влияния низкотемпературной плазмы на свойства нетканого материала Холлофайбер® // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5 (401). С. 140...145.
4. Пухов Р.Н. От "специальной" к "военной" // Россия в глобальной политике. 2024. Т. 22, № 2(126). С. 21...36.
5. Могилевский В.Д., Зельманович Я.И., Иванов В.М. и др. Полифункциональные изоляционные рулонные материалы // Строительные материалы. 2002. № 12. С. 21...23.
6. Трещалин М.Ю., Иванов В.В., Трещалин Ю.М., Киселев А.М. Нетканые материалы Холлофайбер®: структура, свойства, применение. М.: БОС, 2017. 72 с.
7. Инновационные физико-химические способы модификации нетканых материалов: кол. моногр. / под общей ред. Н.П. Пророковой и В.В. Иванова. М., 2025.
8. Горчакова В.М., Кучковская А.Б., Курочкина Т.А., Измайлов Б.А. Разработка нетканых основ

для рулонных кровельных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 3 (332). С. 70...74.

9. Нутфуллаева Л.Н., Плеханов А.Ф., Шин И.Г. и др. Исследование условий формирования пакета и обеспечения прочности подушек из композитных нетканых волокнистых материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 2 (380). С. 95...101.

REFERENCES

1. Koroleva N.A., Polyakova T.I., Gryaznova E.V., Golaido S.A. Multi-criteria optimization of the parameters of nonwoven geotextiles for strengthening the slopes of the subgrade // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 5 (395). pp. 217...222.

2. Kusenkova A.A., Gruzintseva N.A., Lysova M.A., Gusev B.N. Creation of composite thermal insulation material with the use of synthetic textile fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 6 (396). pp. 303...307.

3. Lisanevich M.S., Galimzyanova R.Yu., Ivanov V.V. Investigation of the effect of low-temperature plasma on the properties of non-woven material hollow-fiber® // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5 (401). pp. 140...145.

4. Pukhov R.N. From "special" to "military" // Russia in global politics. 2024. Vol. 22, No. 2(126). pp. 21...36.

5. Mogilevsky V.D., Zelmanovich Ya.I., Ivanov V.M. etc. Multifunctional insulating rolled materials // Building Materials. 2002. No. 12. pp. 21...23.

6. Treshchalin M.Yu., Ivanov V.V., Treshchalin Yu.M., Kiselev A.M. Hollow fiber® nonwovens: structure, properties, application. Moscow: BOS, 2017. 72 p.

7. Innovative physico-chemical ways of modification of nonwovens: collective monograph / edited by N.P. Prorokova and V.V. Ivanov. M., 2025.

8. Gorchakova V.M., Kuchkovskaya A.B., Kurochkina T.A., Izmailov B.A. Development of nonwoven basis for roll roofing materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2011. No. 3 (332). pp. 70...74.

9. Nutfullayeva L.N., Plekhanov A.F., Shin I.G. etc. Research of conditions of formation package and ensure the safety of the pillows from composite nonwoven fibers materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 2 (380). pp. 95...101.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ. Поступила 29.05.25.