

Научная статья

УДК 687.03

EDN WVQICD

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-3-73-12-17>

Анна Сергеевна Абдуллаева¹

Наталья Васильевна Тихонова²

Татьяна Владимировна Жуковская³

^{1,2,3} Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

¹abutenkova401@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-9957-1678>

²nata.tikhonova.81@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2241-869X>

³zhukovskayatv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4006-6691>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ И ГИГРОСКОПИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ КРАНИОКОРРЕКТОРА ДЛЯ ДЕТЕЙ С ДЕФОРМАЦИЕЙ ЧЕРЕПА

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы обоснования выбора текстильных материалов для разработки гибридных конструкций краниокорректоров, предназначенных для детей с деформацией черепа. Выявлен ряд существенных недостатков, ограничивающих доступность и безопасность лечения деформаций черепа у детей с применением краниокорректоров. Исследование выполнено с учетом требований нормативной документации, регламентирующих гигиенические показатели материалов, контактирующих с кожей младенца. Определены показатели воздухопроницаемости и гигроскопичности предварительно отобранных текстильных материалов, а также сформированных на их основе пакетов, так как данные показатели играют решающую роль при формировании микроклимата пространства между краниокорректором и кожей головы ребенка. По результатам анализа обоснован выбор материалов для многослойной конструкции, обеспечивающий сочетание гигиеничности, безопасности и эксплуатационной эффективности изделия.

Ключевые слова: текстильные материалы, гибридная конструкция краниокорректора, пакет материалов, гигроскопичность, воздухопроницаемость, гигиенические показатели, трикотажные полотна

Для цитирования: Абдуллаева А. С., Тихонова Н. В., Жуковская Т. В. Исследование показателей воздухопроницаемости и гигроскопичности материалов краниокорректора для детей с деформацией черепа // Технологии и качество. 2026. № 3(73). С. 12–17. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-3-73-12-17>.

Original article

Anna S. Abdullaeva¹

Natalya V. Tikhonova²

Tatyana V. Zhukovskaya³

^{1,2,3} Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

STUDY OF AIR PERMEABILITY AND HYGROSCOPICITY INDICATORS OF CRANIOCORRECTOR MATERIALS FOR CHILDREN WITH SKULL DEFORMATIONS

Abstract. This article examines the rationale for selecting textile materials for developing hybrid craniocorrectors for children with skull deformities. A number of significant shortcomings limiting the accessibility and safety of craniocorrectors for treating pediatric skull deformities are identified. The study was conducted taking into account regulatory requirements governing the hygienic properties of materials in contact with infant skin. The air permeability and hygroscopicity of pre-selected textile materials, as well as bags formed from them, were determined, as these parameters play a crucial role in shaping the microclimate between the craniocorrector and the child's scalp. Based on the analysis, the choice of materials for a multi-layer structure was substantiated, ensuring a combination of hygiene, safety, and operational efficiency.

Keywords: textile materials, hybrid design of craniocerebral correctors, skull deformation in infants, hygroscopicity, air permeability, hygienic properties, knitted fabrics

For citation: Abdullaeva A. S., Tikhonova N. V., Zhukovskaya T. V. Study of air permeability and hygroscopicity indicators of craniocorrector materials for children with skull deformations. *Technologies & Quality*. 2026. No 3(73). P. 12–17. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-3-73-12-17>.

Деформация черепа у детей раннего возраста остается актуальной проблемой. Для ее решения широкое распространение получили методы ортезотерапии, направленные на коррекцию формы головы за счет перераспределения контактного давления и создания зон разгрузки.

При этом традиционным техническим решением являются сплошные полимерные краниальные ортезы, изготавливаемые по индивидуальным слепкам или цифровым 3D-моделям головы младенца. Несмотря на доказанную клиническую эффективность подобных изделий, подтвержденную рядом исследований, их применение сопровождается рядом существенных ограничений: риски локальной перегрузки мягких тканей, выраженный термодискомфорт, ползучесть материала при длительном статическом нагружении [1–4]. Дополнительными факторами, ограничивающими доступность терапии, являются длительный цикл индивидуального изготовления и высокая стоимость курса лечения, обусловленная необходимостью многократной корректировки изделия по мере роста головы ребенка.

Указанные ограничения актуализируют поиск альтернативных конструктивных реше-

ний, способных обеспечить адаптивное, регулируемое и физиологически безопасное воздействие. В качестве перспективного направления рассматриваются гибридные конструкции краниокорректоров, сочетающие текстильную основу с интегрированной системой карманов и сменные жесткие вкладные элементы, формируемые по анатомической модели головы пациента [5].

Разработка эффективных и безопасных краниокорректоров для детей с деформациями черепа требует комплексного подхода, включающего не только обоснование конструктивных решений, но и научно аргументированный выбор материалов, непосредственно взаимодействующих с кожными покровами младенца.

Выбор текстильных материалов должен осуществляться с учетом действующих нормативных требований. В Российской Федерации требования к материалам, контактирующим с кожей ребенка, регламентируются ГОСТ 32119–2024, который устанавливает показатели, включая гигиенические, токсикологические и физико-механические характеристики. В частности, нормируются показатели воздухопроницаемости и гигроскопичности, требования к которым описаны в таблице.

Т а б л и ц а

Требования к показателям гигроскопичности и воздухопроницаемости текстильных материалов, в соответствии с ГОСТ 32119–2024

Характеристика изделия	Гигроскопичность, %, не менее	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, не менее
Изделия первого слоя	14	70 (для изделий из фланели и бумазеи, футерованных (ворсованных) трикотажных полотен); 150 (для изделий из других материалов)
Изделия второго слоя	10 (для материала верха и подкладки)	70 (для изделий из фланели и бумазеи, футерованных (ворсованных) трикотажных полотен и материалов с полиуретановыми нитями); 100 (для изделий из других материалов)

Кроме того, изделия первого слоя и материалы, находящиеся в непосредственном контакте с кожей младенца в возрасте до одного года, должны изготавливаться из натуральных материалов, за исключением наполнителей [6].

Для определения соответствия пакета материалов требованиям, предъявляемым к текстильным материалам, в качестве объектов исследования отобраны образцы трикотажных полотен, широко применяемые в производстве детской и функциональной одежды:

– материалы верхнего слоя:

образец 1 – трикотажное полотно «Бифлекс», 80 % полиамид/20 % эластан, производство Вьетнам;

образец 2 – трикотажное полотно «Бифлекс» Стрейч 30С, 82 % нейлон/18 % спандекс, производство Россия;

образец 3 – трикотажное полотно жаккардового переплетения «Бифлекс Маделин», 93 % полиэстер/7 % спандекс, производство Китай;

образец 4 – трикотажное полотно «Бифлекс бельевой» 88 % микрополиамид/12 % эластан, производство Корея;

– амортизирующий материал:

образец 5 – трехслойный композиционный материал «Триплин» торговой марки Antynea, состав 100 % полиэстер/100 % пе-

нополиуретан/ 100 % хлопок, производство Беларусь;

образец 6 – трехслойный композиционный материал «Триплин» торговой марки Antynea, 100 % хлопок/100 % пенополиуретан/100 % хлопок, производство Беларусь;

образец 7 – материал «Пластазот», 100 % вспененный полиэтилен, производство Великобритании, применяемый в настоящее время при изготовлении краниокорректоров и представленный для сравнения с другими амортизирующими материалами;

– *подкладочные материалы*:

образец 8 – трикотажное полотно рибанового переплетения «Меланж», 100 % хлопок, производство Россия;

образец 9 – трикотажное полотно кулирного переплетения, 100 % хлопок, производство Турция;

образец 10 – трикотажное полотно кулирного переплетения, 95 % хлопок/5 % полиэстер, производство Египет.

Оценка воздухопроницаемости материалов, применяемых при проектировании краниокорректора, представляет собой один из ключевых этапов обоснования его гигиенических характеристик [7]. Это обусловлено тем, что изделие функционирует в условиях длительного и практически непрерывного контакта с кож-

ными покровами головы ребенка, формируя ограниченное пространство между внутренней поверхностью ортеза и кожей.

Согласно исследованиям [8, 9], недостаточная воздухопроницаемость приводит к нарушению тепло- и влагообмена в данной зоне. В частности, фиксируется накопление избыточного тепла и влаги, сопровождающееся повышением локальной температуры кожных покровов на 1...3 °С и увеличением относительной влажности до значений, создающих условия для развития контактного дерматита.

В свою очередь, достаточная воздухопроницаемость материалов обеспечивает эффективную вентиляцию, способствует удалению водяного пара и избыточного тепла, а также поддержанию микроклимата в физиологически допустимых пределах. Это является определяющим фактором, влияющим на безопасность, гигиеничность и комфорт длительного использования краниокорректора.

Исследования воздухопроницаемости текстильных материалов и пакетов материалов проводились в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 9237–2013 с использованием прибора A0003-PC IDM Instruments AIR [10]. Значения показателя воздухопроницаемости исследуемых материалов представлены на рисунке 1.

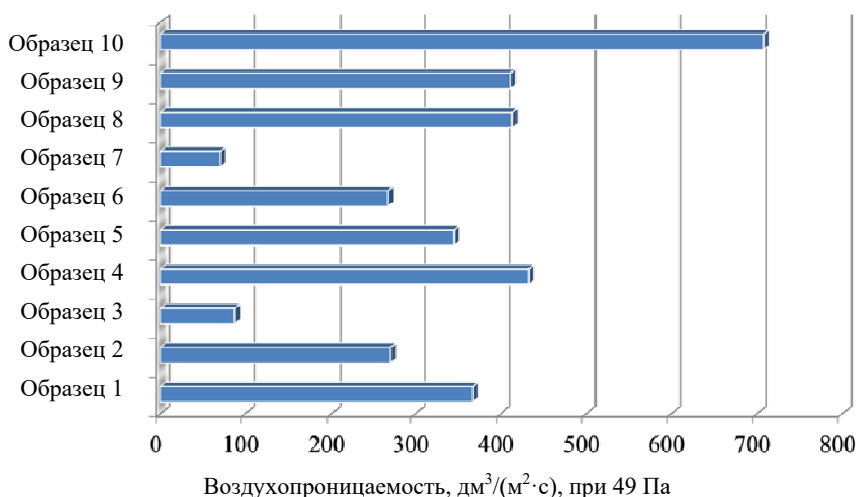


Рис. 1. Значение воздухопроницаемости материалов краниокорректоров для детей с деформацией черепа

Анализ полученных данных показал, что образцы группы верхнего слоя 1–4 характеризуются значительным варьированием показателей воздухопроницаемости. Наибольшая воздухопроницаемость зафиксирована у образца 4 (433 дм³/(м²·с)), за счет того, что данный образец обладает меньшей поверхностной плотностью и толщиной из всех в данной группе, что указывает на высокую способность материала

обеспечивать интенсивный воздухообмен. В то же время минимальное значение наблюдается у образца 3 (88 дм³/(м²·с)), что, вероятно, обусловлено плотностью 350 г/м² и разницей в переплетении.

Для группы образцов амортизирующего материала 5–7 установлены значения воздухопроницаемости в интервале 71...345 дм³/(м²·с). Максимальный показатель выявлен у образца 5

за счет использования полиэстера в одном из слоев и более широкой вязки материала. Образец 7, применяемый в настоящее время в производстве краниокорректоров, демонстрирует наименьшую способность к пропусканию воздуха, так как состоит полностью из полиэтилена, что ограничивает эффективность тепло- и влагообмена.

Наиболее высокие значения воздухопроницаемости характерны для группы образцов подкладочного слоя 8–10 за счет натуральности составов и поверхностной плотности до 168 г/м^2 . Самый большой показатель воздухопроницаемости отмечен у образца 10 ($708 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$), имеющего плотность 95 г/м^2 и небольшой процент полиэстера в составе.

Гигроскопичность, наряду с воздухопроницаемостью, относится к числу ключевых гигиенических характеристик материалов. В условиях эксплуатации изделия данные показатели

функционируют в тесной взаимосвязи и дополняют друг друга: гигроскопичность обеспечивает поглощение влаги с поверхности кожных покровов, тогда как воздухопроницаемость способствует ее последующему испарению и удалению. Гигроскопичность трикотажных полотен измеряют в соответствии с ГОСТ 3816–81 с использованием эксикатора. Показатели гигроскопичности исследуемых материалов представлены на рисунке 2.

Обобщая полученные результаты с учетом функциональности отобранных материалов, можно выделить следующие закономерности: для группы образцов 1–4, используемых в качестве верхнего слоя, характерен средний уровень гигроскопичности. При этом наибольшее значение отмечено у образца 4 с малой плотностью среди всей группы образцов. Наименьший показатель у образца 3 за счет большой толщины и плотности вязки.

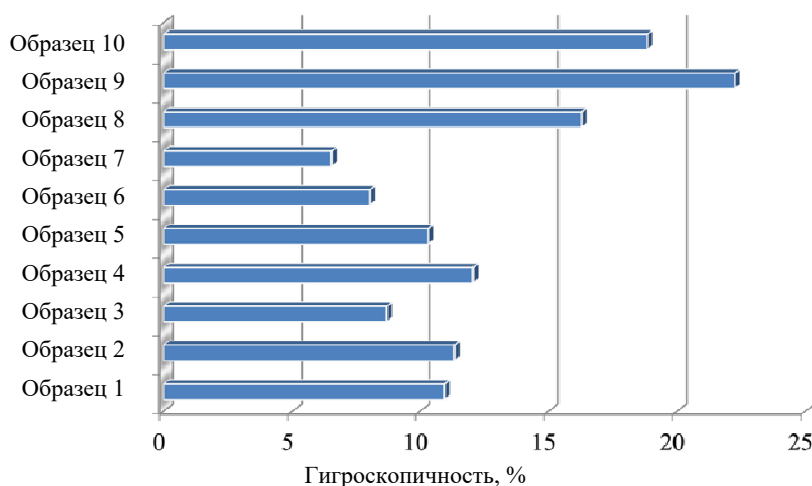


Рис. 2. Значение гигроскопичности материалов краниокорректора для детей с деформацией черепа

В группе образцов 5–7, выполняющих амортизирующую функцию, зафиксированы более низкие показатели гигроскопичности, варьирующиеся в пределах нормы ГОСТ 3816–81. Максимальное значение наблюдается у образца 5 (10,32%), имеющего слои, изготовленные из натурального хлопка. Минимальное значение гигроскопичности у образца 7, применяемого при изготовлении краниокорректоров (6,51%), по причине изготовления материала из полиэтилена. Данный показатель ниже необходимой нормы, указанной в стандарте, что свидетельствует о недопустимости его использования в конструкции краниокорректора.

Наиболее высокие значения гигроскопичности среди всех образцов характерны для подкладочных материалов – образцы 8–10. Максимальный уровень влагопоглощения установлен

у образца 9 (22,23 %), имеющего в составе 100 % хлопок. Образец 8 с большей плотностью в группе имеет меньший показатель – 16,27 %, но этот показатель соответствует нормам, указанным в стандарте.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что выявленная градация показателей соответствует функциональному назначению слоев: подкладочные материалы обеспечивают наибольшую гигроскопичность, что критически важно для непосредственного контакта с кожей, тогда как верхние и амортизирующие слои выполняют преимущественно конструктивные и защитные функции.

ВЫВОДЫ

На основании комплексного анализа гигиенических характеристик исследуемых мате-

риалов установлено, что наиболее обоснованным выбором для формирования многослойной конструкции краниокорректора являются образцы 2, 6, 8 и 9.

Материал 2 может быть рекомендован в качестве верхнего слоя, поскольку сочетает достаточные показатели воздухопроницаемости и гигроскопичности с удовлетворительными механическими свойствами, обеспечивая необходимую защитную и формообразующую функцию. В качестве амортизирующего слоя обоснован выбор образца 6, который, помимо приемлемых показателей влаго- и воздухообмена, характеризуется необходимым натуральным составом, улучшающим показатели гигиеничности изделия.

Для подкладочного слоя, непосредственно контактирующего с кожными покровами ребенка, наибольшую целесообразность представляют образцы 8 и 9, демонстрирующие необходимые значения гигроскопичности и воздухопроницаемости, что обеспечит эффективное по-

глощение влаги и поддержание оптимального микроклимата в пространстве между головой ребенка и краниокорректором.

В то же время материалы 4, 5 и 10, несмотря на отдельные высокие показатели, в частности, воздухопроницаемость или гигроскопичность, не соответствуют требованиям, предъявляемым к составу материалов, используемых в изделиях детского ассортимента, что ограничивает их применение в конструкции краниокорректора. К данным материалам также можно отнести образец 7, который показывает, что материалы, из которых в настоящее время производятся краниокорректоры, не удовлетворяют гигиеническим требованиям, заявленным в государственном стандарте.

Таким образом, сформированный комплекс материалов обеспечивает оптимальное сочетание гигиенических характеристик, необходимых для создания эффективной, безопасной и комфортной гибридной конструкции краниокорректора.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Gump W. C., Mutchnick I. S., Moriarty T. M. Complications associated with molding helmet therapy for positional plagiocephaly: a review // *Neurosurg Focus*. 2013. Vol. 35, No. 4. P. E3.
2. Complications in helmet therapy / J. F. Wilbrand, M. Wilbrand, C. Y. Malik, H. P. Howaldt, P. Streckbein, H. Schaaf, H. Kerkmann // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2012. No. 40(4). P. 341–346.
3. Keshtgar M. Evaluating the Effectiveness of Cranial Molding for Treatment of Positional Plagiocephaly Using Finite Element Analysis. California Polytechnic State University, 2015. 58 p.
4. Lee H. S., Kim S. J., Kwon J. Y. Parents' Perspectives and Clinical Effectiveness of Cranial-Molding Orthoses in Infants With Plagiocephaly // *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2018. No. 42(5). P. 737–747.
5. Патент № 2835355 C1 Российская Федерация, МПК A61F 5/01. Краниокорректор для детей грудного возраста : № 2024122325 : заявлено 06.08.2024 : опубликовано 25.02.2025 / Н. В. Тихонова, Т. В. Жуковская, А. С. Бутенкова ; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».
6. Испытания трикотажных полотен с целью подтверждения соответствия / М. А. Сташева, Т. Н. Новосад, Н. В. Евсеева, Б. Н. Гусев // *Технологии и качество*. 2020. № 1(47). С. 22–25.
7. Абрамов А. В., Уткин Н. Н., Родичева М. В. Моделирование воздухопроницаемости тканей для верхней одежды // *Технологии и качество*. 2025. № 1(67). С. 34–40.
8. Influence of Upper Footwear Material Properties on Foot Skin Temperature, Humidity and Perceived Comfort of Older Individuals / P. L. Li, K. L. Yick, J. Yip, S. P. Ng // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. No. 19(17). P. 10861.
9. Helmet Therapy for Deformational Plagiocephaly: Clinical Outcomes and Considerations / S. Y. Ching, O. C. Wong, W. W. Chau, A. L. Hung, T. P. Lam, A. Y. Lau // *Children*. 2025. No. 12(12). P. 1597.
10. Нуриахметова Э. Р., Коваленко Ю. А., Тихонова Н. В. Исследование показателя воздухопроницаемости пакета материалов теплозащитной одежды для детей с диагнозом ДЦП // *Технологии и качество*. 2023. № 3(61). С. 11–16.

REFERENCES

1. Gump W. C., Mutchnick I. S., Moriarty T. M. Complications associated with molding helmet therapy for positional plagiocephaly: a review. *Neurosurg Focus*. 2013;35,4:E3.
2. Wilbrand J. F., Wilbrand M., Malik C. Y., Howaldt H. P., Streckbein P., Schaaf H., Kerkmann H. Complications in helmet therapy. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2012;40(4):341–346.
3. Keshtgar M. Evaluating the Effectiveness of Cranial Molding for Treatment of Positional Plagiocephaly Using Finite Element Analysis. California Polytech. St. Univ., 2015. 58 p.

4. Lee H. S., Kim S. J., Kwon J. Y. Parents' Perspectives and Clinical Effectiveness of Cranial-Molding Orthoses in Infants with Plagiocephaly. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2018;42(5):737–747.
5. Tikhonova N. V., Zhukovskaya T. V., Butenkova A. S. *Kraniokorrektor dlya detej grudnogo vozrasta* [Cranio-corrector for infants]. Pat. No. 2835355 C1 Russian Federation, A61F 5/01. № 2024122325. 2025. (In Russ.)
6. Stasheva M. A., Novosad T. N., Evseeva N. V., Gusev B. N. Testing of knitted fabrics to confirm compliance. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;1(47):22–25. (In Russ.)
7. Abramov A. V., Utkin N. N., Rodicheva M. V. Modeling the air permeability of outerwear fabrics. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;1(67):34–40. (In Russ.)
8. Li P. L., Yick K. L., Yip J., Ng S. P. Influence of Upper Footwear Material Properties on Foot Skin Temperature, Humidity and Perceived Comfort of Older Individuals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(17):10861.
9. Ching S. Y., Wong O. C., Chau W. W., Hung A. L., Lam T. P., Lau A. Y. Helmet Therapy for Deformational Plagiocephaly: Clinical Outcomes and Considerations. *Children*. 2025;12(12):1597.
10. Nuriahmetova E. R., Kovalenko Yu. A., Tikhonova N. V. A study of the air permeability of a package of materials for thermal protective clothing for children diagnosed with cerebral palsy. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2023;3(61):11–16. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 28.04.2026

Принята к публикации 02.07.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. С. Абдуллаева, аспирант

Н. В. Тихонова, доктор технических наук, профессор

Т. В. Жуковская, кандидат технических наук, доцент