

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2025, Том 10, № 1 / 2025, Vol. 10, Iss. 1 <https://kostumologiya.ru/issue-1-2025.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/11TLKL125.pdf>

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Абдуллаева, А. С. Исследование физико-механических свойств полимерных текстильных материалов краниокорректора для детей с деформацией черепа / А. С. Абдуллаева, Н. В. Тихонова, Т. В. Жуковская, Р. Р. Хасаншин // Костюмология. — 2025. — Т. 10. — № 1. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/11TLKL125.pdf>.

For citation:

Abdullayeva A.S., Tikhonova N.V., Zhukovskaya T.V., Khasanshin R.R. Study of physical and mechanical properties of craniocorrector's polymer textile materials for children with skull deformation. *Journal of Clothing Science*. 2025;10(1): 11TLKL125. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/11TLKL125.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 687.03

Абдуллаева Анна Сергеевна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Аспирант

E-mail: abutenkova401@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9957-1678>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1269700

Тихонова Наталья Васильевна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Профессор

Доктор технических наук, доцент

E-mail: nata.tikhonova.81@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2241-869X>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=750903

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57193534168>

Жуковская Татьяна Владимировна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Доцент

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: zhukovskayatv@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4006-6691>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=792962

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219987044>

Хасаншин Руслан Ромелевич

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Доцент

Доктор технических наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4250-7358>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=707896

**Исследование физико-механических свойств
полимерных текстильных материалов краниокорректора
для детей с деформацией черепа**

Аннотация. Проблема деформации черепа у детей грудного возраста, несмотря на прогресс в современной медицине, остаётся актуальной. Она может быть вызвана различными внутриутробными и постнатальными факторами. В настоящее время данная проблема активно изучается, и предложен ряд методов коррекции. Одним из перспективных направлений является использование специальных краниокорректоров. Существующие на данный момент модели имеют как преимущества, так и множество недостатков.

Вследствие имеющихся недостатков у данных краниокорректоров необходима разработка унифицированной модели из текстильных материалов с отделениями для вставки коррекционных пластин. Это позволит создать более удобное и эффективное устройство для коррекции аномалий формы головы у младенцев.

Одним из ключевых этапов разработки такого краниокорректора является выбор материалов для жёстких пластин и изучение их прочностных характеристик. Это поможет определить оптимальные параметры краниокорректора и обеспечить его надёжность и эффективность в коррекции деформаций черепа.

Авторами проведены исследования физико-механических свойств выбранных образцов. На основании полученных результатов можно сделать выводы о том, что наиболее подходящим материалом для изготовления вставных пластин краниокорректора может служить шестислойная трикотажная полимерная лента из текстильных полиэстеровых волокон. Этот материал продемонстрировал лучшие показатели прочности среди всех исследованных образцов. Кроме того, он быстро высыхает по сравнению с другими образцами. Масса краниокорректора со вставными пластинами из данного материала не превышает 130 граммов. Однако для окончательного выбора материалов требуется провести все необходимые исследования и создать опытный образец краниокорректора.

Ключевые слова: полимерная лента; полиэстеровый трикотаж; нетканый материал; краниокорректор; деформация черепа; физико-механические характеристики; текстильная лента «велкро»

Введение

Пластичность тела человека исторически использовалась в эстетических целях, что не всегда было полезным для его здоровья. Например, цивилизации по всему миру изменяли форму головы детей, в соответствии со своими культурными особенностями, используя различные приспособления для получения необходимого результата. На сегодняшний день данная особенность человеческого и в особенности детского организма используется для исправления аномалий развития костей черепа [1].

Несмотря на достижения современной медицины, проблема аномальной формы головы у младенцев является актуальной. При этом она возникает из-за различных проблем, как внутриутробно, так и постнатально, к примеру из-за постоянного сна в одном положении в течение длительных периодов времени. Деформации встречаются у 1 ребенка из 1 000 в то время, как от преждевременного срастания швов костей черепа страдает 4 ребенка из 10 000. В настоящее время данная проблема широко изучается и предложен ряд методов, одним из которых является лечение специальными ортопедическими краниокорректорами.

Краниокорректоры бывают различных видов [2]. В основном они состоят из двух деталей — лобной и затылочной, соединенных фиксаторами с двух сторон.¹

Ранее материалами для краниокорректоров являлись сурлин или пропиленовый полимер. Лист пропилена толщиной от 0,95 до 1,27 сантиметра, помещался на гипсовый слепок головы и нагревался до необходимой температуры [3]. На сегодняшний день используются 3D принтеры для изготовления краниокорректоров [4; 5].

Таблица 1

Сравнение характеристик краниокорректоров

Показатели	Название краниокорректора		
	Краниокорректор «Ортокран», Россия	Краниокорректор «Ортотис», Россия	Краниокорректор «Talee», Чехия
Внешний вид			
Вес, г.	100	220	170
Материалы	Пластик на основе акрилонитрила, бутадиена и стирола (ABS)	Пластик низкого давления	ABS пластик с использованием полимерной пены внутри
Стоимость, руб.	120 000	90 000	150 000
Метод крепления	Текстильная лента по периметру	Текстильная лента в височной области	Пластиковый механизм крепления
Количество замен	2–3	2–3	2–3
Метод изготовления	3D печать	Вытачивание на станке с ЧПУ	3D SLS печать

Составлена автором

Существуют несколько известных на российском рынке марок краниокорректоров — чешский шлем «Talee», российский шлем «Ортокран» и российский ортопедический шлем

¹ Патент № CN113197716A. Orthopedic helmet made by 3D printing: № 202110096792.7: заявл. 25.01.2021 опубл. 03.08.2021 / Jiaxing Jiachuangzhi Medical Equipment Co ltd — 14 с.

Патент № FR3074678A1. ORTHOPEDIC HELMET FOR CORRECTING CRANIAL POSITIONAL DEFORMATION OF THE INFANT: заявл. 13.12.2017: опубл. 14.06.2019 / Marc Souply, Anousack Khounlavong, Jules Revais — 20 с.

Патент № US006592536B1. CORRECTIVE INFANT HELMET: № 09/479438: заявл. 07.01.2000: опубл. 15.07.2003 / Louis C. Argenta — 12 с.

Патент № US4776324A. THERAPEUTIC AND PROTECTIVE INFANT HELMETS: № 40365: заявл. 17.04.1987: опубл. 11.10.1988 / Sterling K. Clarren — 10 с.

Патент № US20190015238A1. Cranial Remoulding Orthosis And Method Of Manufacture Thereof: № 15/754340: заявл. 06.09.2016: опубл. 17.01.2019 / Stephen Mottram, Jiri Rosicky — 29 с.

Патент № RU2653813C2, МПК А61F 5/37. Краниокорректор: № 2016121971: заявл. 02.06.2016: опубл. 14.05.2018 / Колосова Н.А., Алексеев А.В., Исмаилова С.Т. — 13 с.

«Ортотис». ² Технические характеристики представленных на рынке краниокорректоров показаны в таблице 1.

Достоинствами данных шлемов является использование современных технологий печати на 3D принтере, это достаточно тонкие конструкции, толщина — от 0,7 до 1,5 см.

Тем не менее, перечисленные изделия не лишены недостатков. Так, изготовление шлемов занимает до 2 недель, что достаточно большой период времени несмотря на то, что подготовка к изготовлению начинается еще до операции. В процессе лечения нужно изготовить от двух до четырёх изделий — точное количество зависит от эффективности терапии. С учетом этого, общая стоимость курса лечения может оказаться довольно высокой.

В настоящий момент, ввиду конструктивных особенностей современных краниокорректоров и быстрого изменения формы черепа у детей грудного возраста во время исправления деформаций, существует проблема частой смены устройства в связи с изменением морфологических параметров.

Данный факт актуализирует создание унифицированной модели краниокорректора из текстильных материалов с отделениями для вставки жестких элементов — пластин, которые во время формирования черепа будут заменяться на более подходящие в данный период лечения, что позволит сократить число изготавливаемых краниокорректоров до одного-двух, ускорить процесс их создания и сделать стоимость данных изделий более доступной. Вес такого краниокорректора также уменьшится до 130 граммов, что снизит нагрузку на шейный отдел позвоночника ребенка.

Краниокорректор имеет открытую теменную область и состоит из двух деталей, скрепленных между собой текстильными лентами «велкро» с внутренней стороны. Внутренняя часть краниокорректора съемная, за ней легко ухаживать, она выполнена из трикотажа, воздухопроницаемость которого не менее $150 \text{ дм}^3/\text{м}^2$ и гигроскопичность не менее 14 %. Характеристики к данного материала соответствуют ГОСТ 32119-2024. ³ Внешний слой сформирован с образованием двенадцати карманов, в которых располагаются полимерные пластины, выполненные из текстильных материалов с использованием различных смол. По периметру головы ребенка краниокорректор закрепляется с помощью текстильных лент. Текстильные материалы основы краниокорректора имеют 1 класс растяжимости с коэффициентом растяжимости до 40 %. ⁴

Методы и результаты исследования

В настоящее время в легкой промышленности наблюдается интерес к развитию композиционных материалов с ткаными текстильными основами для придания объемной

² Ортопедический шлем / [Электронный ресурс] // ОртоТис Премиум: [сайт]. — URL: <https://ортопедическийшлем.рф> (дата обращения: 24.11.2024).

Коррекция деформации головы у детей с помощью шлемов / [Электронный ресурс] // Формируем голову ребенка краниальными отрезами: [сайт]. — URL: <https://cranio-ortez.ru> (дата обращения: 24.11.2024).

Defining comfort / [Электронный ресурс] // Ортопедический шлем Talee: [сайт]. — URL: <https://www.taleetop.com/ru/> (дата обращения: 20.11.2024).

Ортопедический шлем / [Электронный ресурс] // ИПР ОртоТис: [сайт]. — URL: <https://ortotis.ru/ortopedicheskiy-shlem/> (дата обращения: 20.11.2024).

³ ГОСТ 32119-2024. ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ И ДЕТЕЙ ЯСЕЛЬНОЙ ГРУППЫ. Общие технические условия.: дата введения 2025-08-01. — Москва: Российский институт стандартизации, 2024. — 11 с.

⁴ Патент № 2835355, Российская Федерация, МПК А61F 5/01 Краниокорректор для детей грудного возраста: № 2024122325: заявл. 06.08.2024: опубл. 25.02.2025 / Тихонова Н.В., Жуковская Т.В., Бутенкова А.С. — 9 с.

формы с улучшенными физико-механическими свойствами. Благодаря этому полимерные материалы подходят для применения в таких областях, как авиационная, автомобильная, а также и в медицине.

Текстильная основа в композиционном материале выполняет армирующую функцию [6], которая определяет основные физико-механические свойства конечного продукта, такие как прочность, жёсткость и способность к деформации.

Кроме того, развитие производства композиционного материала на текстильной основе направлено также на снижение расслаивания материала. Расслаивание, которое проявляется как его разделение по слоям или отделение внешнего слоя является одним из основных дефектов полимерных материалов, который может привести к снижению прочности и долговечности таких материалов. Оптимизация структуры и свойств композиционного материала на текстильной основе позволяет минимизировать вероятность отслоения и обеспечит более надёжное соединение компонентов [7].

Одним из ключевых направлений развития композиционного материала является повышение некомпланарных свойств тканевой текстильной основы [8]. Некомпланарность структуры обеспечивает более равномерное распределение нагрузки и повышает устойчивость материала к внешним воздействиям. Это особенно важно для композиционных материалов, используемых в условиях высоких нагрузок и динамических воздействий.

Однако композиционные материалы на тканой основе также обладают некоторыми недостатками. Это анизотропные материалы, которые обладают различными свойствами в зависимости от направления нагрузки. У таких материалов снижена эффективность в определённых условиях эксплуатации, особенно при воздействии нагрузок, направленных поперёк армирующих волокон. Исходя из этого, такие композиционные материалы ограничены в применении в конструкциях, где требуется высокая устойчивость к сдвиговым нагрузкам.

Также композиционные материалы на тканевой основе в меньшей степени подходят для вытягивания по сравнению с трикотажными полотнами [9]. Это связано с особенностями производств данных материалов и ограничивает возможности формирования сложных геометрических форм, что может быть важным фактором при производстве определённых видов композитных изделий. Трикотажные же полотна представляют собой альтернативные варианты тканевым основам для композиционных материалов [10] из-за возможности создания изделий сложной формы и находят широкое применение в производстве таких изделий.

Композитные материалы на трикотажной основе обладают повышенной стойкостью к ударным нагрузкам по сравнению с композиционными материалами на тканевой основе [11]. Это свойство делает выбор данного материала более предпочтительным для применения в отраслях, где требуется высокая надёжность и устойчивость материалов к динамическим воздействиям.

Вместе с тем, использование трикотажных полотен в изготовлении композитных материалов также имеет свои ограничения. Материалы на основе трикотажа могут быть менее прочными и жёсткими по сравнению с тканевыми полотнами.⁵ Поэтому выбор материала текстильной основы зависит от конкретных требований к свойствам композита и условий его эксплуатации.

Для создания пластин краниокорректора рассмотрены текстильные полимерные материалы из трикотажа по причине того, что композиционные материалы из трикотажа лучше поддаются изменению формы в незастывшем состоянии, при этом сохраняя жесткость.

⁵ Au K.F. (ed.). *Advances in knitting technology*. — Elsevier, 2011. — 336 с.

Одним из этапов разработки унифицированной модели краниокорректора является выбор материалов как для каркаса, так и для жестких пластин и изучение их прочностных характеристик. В данной работе рассмотрены материалы для вкладных пластин.

При проведении исследования физико-механических свойств материалов для пластин взяты группы опытных образцов полимерных материалов различных производителей, используемых в медицинских целях для иммобилизации. Исследование образцов проводилось по стандартной методике ГОСТ 11262-2017, на универсальной испытательной машине РЭМ-А ООО «Метротест», с диапазоном измерения нагрузки от 0,4 до 10 кН. Для испытания полимерных трикотажных лент готовились образцы из 4, 6 и 8 слоев для создания пластины требуемой жесткости.⁶ Перед экспериментом, полученные образцы выдерживали до полного высыхания в течение суток. Достоверность экспериментальных данных обеспечена соблюдением требований ГОСТ Р 8.736-2011.⁷

В первой группе использовались образцы трикотажной полимерной ленты (ТПЛ) «Intrarich Cast Soft» производство Корея.⁸ Это полужесткая полимерная лента из полиэстерового (ПЭ) трикотажа, пропитанного смолой.

Для второй группы взят полимерный нетканый материал (ПНМ) «Alfasplint», изготавливаемый на предприятии ООО «АльфаХим», г. Красноярск. ПНМ выполнен из нескольких слоев нетканого материала — наружный и внутренний. Внутренний слой пропитан смесью ПНМ. Застывает материал за счет смачивания лонгеты в воде, при температуре воды в $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Для третьей и четвертой группы взяты полимерные ленты «Alfacast», от ООО «АльфаХим».⁹ Это синтетические трикотажные ленты, отличающиеся содержанием стекловолокон (СВ). После вязания ленты пропитываются смолой на основе гомополимера окиси пропилена. Готовый материал активируется также за счет смачивания водой в течение 5–10 секунд.

Таблица 2

Основные функциональные характеристики полимерных текстильных материалов

Наименование характеристик	Наименование материала			
	ТПЛ «Intrarich» (ПЭ)	ПНМ «Alfasplint» (ПЭ)	ТПЛ «Alfacast» (ПЭ)	ТПЛ «Alfacast» (ПЭ + СВ)
Отношение нанесенной смолы к текстильной основе, %	48 ± 2	41 ± 3	50 ± 3	40 ± 3
Время формирования устойчивой формы, мин	< 15	3–7	5–7	5–7
Полное время высыхания, мин	20–25	20–25	20–25	20–25
Максимальное усилие при деформации образца изделия на 15 % через 24 часа после высыхания, Н	> 220	> 88	> 367	> 367

Составлена автором

⁶ ГОСТ 11262-2017. ПЛАСТМАССЫ. Метод испытания на растяжение.: дата введения 2018-10-01. — Москва: Стандартинформ, 2018. — 20 с.

Машины универсальные испытательные электромеханические РЭМ / [Электронный ресурс] // ООО «Метротест»: [сайт]. — URL: <https://metrotest.ru/uploads/files/pdf/mashiny/rem-a.pdf> (дата обращения: 14.11.2024).

⁷ ГОСТ Р 8.736-2011. ИЗМЕРЕНИЯ ПРЯМЫЕ МНОГОКРАТНЫЕ. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.: дата введения 2013-01-01. — Москва: Стандартинформ, 2019. — 25 с.

⁸ NYGIA CAST POLYESTER / [Электронный ресурс] // WOOSAM MEDICAL: [сайт]. — URL: <http://www.woosa.co.kr/company> (дата обращения: 31.10.2024).

⁹ Каталог продукции «АльфаХим» / [Электронный ресурс] // ООО «АльфаХим»: [сайт]. — URL: <https://alfachem.su/catalog> (дата обращения: 16.09.2024).

Основные функциональные характеристики данных полимерных текстильных материалов представлены в таблице 2.

Из предварительно подготовленных материалов, в соответствии с требованиями ГОСТ 11262-2017 с использованием пневматического пресса для вырубki образцов ХНС-02С (Китай) вырубались экспериментальные образцы для проведения испытания по определению прочностных характеристик.

Полученные в ходе исследования результаты физико-механических свойств материалов представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты исследования
физико-механических свойств материалов для краниокорректора**

Материал	Толщина, мм	t, с	F _{max} , Н	S ₀ , мм ²	p _{max} , кПа	ε, %	σ _B , МПа	E, мПа
ТПЛ «Intrarich» 4 слоя	3,3	355,0	383,0	83,3	0,4	59,8	4,6	7,7
ТПЛ «Intrarich» 6 слоев	4,4	358,0	681,0	108,8	0,7	60,5	6,3	10,3
ТПЛ «Intrarich» 8 слоев	5,6	446,0	877,0	140,8	0,9	75,4	6,2	8,3
ПНМ «Alfasplint»	5,5	28,0	679,0	137,8	0,7	4,7	4,9	104,7
ТПЛ «Alfacast» 4 слоя ПЭ	3,2	40,0	633,0	78,8	0,6	6,7	8,0	119,7
ТПЛ «Alfacast» 6 слоев ПЭ	5,0	55,0	1 049,0	124,0	1,1	9,6	8,5	88,1
ТПЛ «Alfacast» 8 слоев ПЭ	6,4	51,0	1 295,0	160,0	1,3	8,7	8,1	93,0
ТПЛ «Alfacast» 4 слоя СВ	3,1	14,0	559,0	77,5	0,6	5,3	7,2	136,2
ТПЛ «Alfacast» 6 слоев СВ	4,9	12,0	604,0	123,0	0,6	3,9	4,9	125,8

Составлена автором

В таблице 4 приведены расчетные значения массы готовых изделий с учетом изготовления их из выбранных для исследования материалов.

Таблица 4

Результаты расчета массы краниокорректоров с исследуемыми материалами

Название материала	Масса шлема с пластинами, г
ТПЛ «Intrarich» 4 слоя	101
ТПЛ «Intrarich» 6 слоев	140
ТПЛ «Intrarich» 8 слоев	171
ПНМ «Alfasplint»	133
ТПЛ «Alfacast» 4 слоя ПЭ	97
ТПЛ «Alfacast» 6 слоев ПЭ	130
ТПЛ «Alfacast» 8 слоев ПЭ	161
ТПЛ «Alfacast» 4 слоя СВ	110
ТПЛ «Alfacast» 6 слоев СВ	152

Составлена автором

Трикотажные полимерные ленты из полиэстера и стекловолокна, обладают свойствами анизотропии.

Полиэстеровые ленты одинаково прочны в двух направлениях, в отличие от лент из стекловолокна, что также выявлено и в ходе эксперимента: при давлении на переднюю часть пластины материал из стекловолокна достаточно прочный, но в вертикальном положении, при испытании происходит мгновенный разрыв пробы с образованием микроосколков.

При обработке образца из стекловолокна возникает микропыль до 1,2 мг/мм³, которая при постоянном вдыхании может вызвать заболевания дыхательных путей [12], что исключает этот материал из предпочтительных, так как материал должен быть безвреден, как для ребенка, так и для человека, изготавливающего полимерные пластины.

Исходя из таблиц 3, 4, расчет модуля Юнга и массы готового изделия показывают, что наиболее легкими и оптимально жесткими материалами, не считая образцов из стекловолокна являются 4 и 6-слойные трикотажные полимерные ленты «Alfacast» из полиэстера. Среди 2 образцов прочность при растяжении и удлинение больше у шестислойной трикотажной полимерной ленты из текстильных полиэстеровых волокон «Alfacast».

Оптимальным материалом для создания вставных пластин краниокорректора является шестислойная трикотажная полимерная лента из текстильных полиэстеровых волокон «Alfacast». Хотя восьмислойный аналог обладает чуть большей прочностью, при этом у него больше масса, расход материала и трудоемкость изготовления, что неоправданно (с точки зрения функциональности) повысит стоимость изделия. Шестислойный образец обеспечивает необходимую жесткость и устойчивость при меньшем весе (не более 130 грамм) и меньшим временем высыхания, что делает его наилучшим с точки зрения баланса между функциональностью и производственной эффективностью.

Окончательный выбор материалов возможен после проведения всех необходимых исследований и создания опытного образца краниокорректора, а также экспериментальной эксплуатации.

Выводы

Исходя из полученных результатов можно сделать выводы о том, что:

- Полимерный трикотаж из стекловолокна «Alfacast» и другие материалы на основе стекловолокна не подходят для использования в этом изделии. В ходе эксперимента выявлено у данного материала свойство анизотропии: в вертикальном положении происходит разрыв с образованием микроосколков. Данный недостаток недопустим в изделии, которое в будущем будет контактировать с ребенком, также микропыль, возникающая при обработке краев готовых пластин из данного материала может вызвать негативные последствия у сотрудников, занятых на данном участке производства.
- На данном этапе исследования, по результатам анализа данных испытаний, для создания вставных пластин опытных образцов краниокорректора выбран шестислойный экспериментальный материал из трикотажной полимерной ленты из текстильных полиэстеровых волокон «Alfacast». Материал показал оптимальную прочность и жесткость при меньшей расчетной массе готового изделия. Для его изготовления потребуется меньше исходного материала, что сказывается не только на трудоемкости, но и на стоимости готовых изделий.

На следующем этапе исследования необходимо изучить характеристики материалов текстильной основы краниокорректора и интегральные показатели полученного изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутенкова, А.С. История разработки устройств для коррекции формы головы человека / А.С. Бутенкова, Т.В. Жуковская, Н.В. Тихонова // ИТ. Наука. Креатив: Материалы I Международного форума: в 5-ти томах, Омск, 14–16 мая 2024 года. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2024. — С. 166–170. — EDN YKPUVD.

2. Горельшев С.К. Использование краниальных ортезов для нехирургической коррекции деформаций черепа при краниосиностозах у детей / Л.А. Сатанин, А.Л. Иванов, В.В. Рогинский, С.К. Горельшев, А.В. Сахаров и др. // Нейрохирургия и неврология детского возраста, 2017. — № 4(54). — С. 43–56.
3. Jimenez D.F., Barone C.M., McGee M.E. Design and care of helmets in postoperative craniosynostosis patients: our personal approach. *Clin Plast Surg.* 2004 Jul;31(3):481–7, vii. doi: 10.1016/j.cps.2004.03.010. PMID: 15219753.
4. Kropla, F., Hoffmann, M., Winkler, D. et al. Development of an individual helmet orthosis for infants based on a 3D scan. *3D Print Med* 9, 22 (2023).
5. Geoffroy, Maya MSc; Gardan, Julien PhD; Goodnough, Jason MSc; Mattie, Johanne MSc. Cranial Remodeling Orthosis for Infantile Plagiocephaly Created Through a 3D Scan, Topological Optimization, and 3D Printing Process. *Journal of Prosthetics and Orthotics* 30(4): p. 247–258, October 2018.
6. Goutianos S. et al. Development of flax fibre based textile reinforcements for composite applications // *Applied composite materials.* — 2006. — Т. 13. — С. 199–215.
7. Gong, R.H., Mahmood, A.H., & Porat, I. Optimizing the Lamination Properties of Textile Composites // Poster session presented at International Conference of Future Textile, Ueda, Japan. — 2010.
8. Estrin Y., Krishnamurthy V.R., Akleman E. Design of architected materials based on topological and geometrical interlocking // *Journal of Materials Research and Technology.* — 2021. — Т. 15. — С. 1165–1178.
9. Araújo M., Fangueiro R., Hong H. Modelling and simulation of the mechanical behaviour of weft-knitted fabrics for technical applications: part I: general considerations and experimental analyses // *Autex research journal.* — 2003. — Т. 3. — № 3. — С. 111–123.
10. Hasani H. et al. Biaxial weft-knitted fabrics as composite reinforcements: A review // *Journal of Industrial Textiles.* — 2017. — Т. 46. — № 7. — С. 1439–1473.
11. Pandita S.D., Falconet D., Verpoest I. Impact properties of weft knitted fabric reinforced composites // *Composites Science and Technology.* — 2002. — Т. 62. — № 7-8. — С. 1113–1123.
12. Wytch R., Ross N., Wardlaw D. Glass fibre versus non-glass fibre splinting bandages. *Injury.* 1992;23(2):101–106. doi: 10.1016/0020-1383(92)90042-q. PMID: 1572703.

Abdullayeva Anna Sergeevna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: abutenkova401@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9957-1678>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1269700

Tikhonova Natalia Vasilevna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: nata.tikhonova.81@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2241-869X>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=750903
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57193534168>

Zhukovskaya Tatiana Vladimirovna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: zhukovskayatv@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4006-6691>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=792962
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219987044>

Khasanshin Ruslan Romelevich

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4250-7358>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=707896

Study of physical and mechanical properties of craniocorrector's polymer textile materials for children with skull deformation

Abstract. The problem of skull deformation in infants, despite the progress in modern medicine, remains relevant. It can be caused by various intrauterine and postnatal factors. Currently, this problem is being actively studied, and a number of correction methods have been proposed. One of the promising areas is the use of special craniocorrectors. The currently existing models have both advantages and many disadvantages.

Due to the existing shortcomings of these craniocorrectors, it is necessary to develop a unified model made of textile materials with compartments for inserting correction plates. This will allow creating a more convenient and effective device for correcting head shape anomalies in infants.

One of the key stages in the development of such a craniocorrector is the selection of materials for rigid plates and the study of their strength characteristics. This will help determine the optimal parameters of the craniocorrector and ensure its reliability and effectiveness in correcting skull deformations.

The authors conducted studies of the physical and mechanical properties of the selected samples. Based on the results obtained, it can be concluded that the most suitable material for the manufacture of craniocorrectors' insert plates is a six-layer knitted polymer tape made of textile polyester fibers. This material demonstrated the best strength indicators among all the samples studied. In addition, it dries quickly compared to other samples. The mass of the craniocorrectors with insert plates made of this material does not exceed 130 grams. However, for the final selection of materials, it is necessary to conduct all the necessary studies and create a prototype of the craniocorrectors.

Keywords: polymer tape; polyester knitwear; non-woven material; craniocorrector; skull deformation; physical and mechanical characteristics; textile tape «Velcro»