

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

2025, Том 10, № 4 / 2025, Vol. 10, Iss. 4 <https://kostumologiya.ru/issue-4-2025.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/19TLKL425.pdf>

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

Ссылка для цитирования этой статьи:

Галкин, А. В. Интегрированный анализ оборудования и швов для безниточных соединений: разработка выборочной матрицы технологий / А. В. Галкин, Е. А. Кирсанова, И. А. Ким, Н. Е. Ткачук // Костюмология. — 2025. — Т. 10. — № 4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/19TLKL425.pdf>.

For citation:

Galkin A.V., Kirsanova E.A., Kim I.A., Tkachuk N.E. Integrated analysis of equipment and seams for threadless connections: development of a selective technology matrix. *Journal of Clothing Science*. 2025;10(4): 19TLKL425. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/19TLKL425.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 687.05; 621.791.7; 658.512

Галкин Андрей Владимирович

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Доцент кафедры «Технологических машин и мехатронных систем»

Кандидат технических наук

E-mail: galkin-av@rguk.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1057843

Кирсанова Елена Александровна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Профессор кафедры «Материаловедение и товарная экспертиза»

Доктор технических наук, профессор

E-mail: kirsanova-ea@rguk.ru; oimgudt@yandex.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=204471

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=36461239600>

Ким Игорь Алексеевич

ООО «Спорттекс», Москва, Россия

Генеральный директор

E-mail: sporttex@mail.ru

Ткачук Никита Егорович

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Аспирант

E-mail: nik.tkachuk.99@mail.ru

Интегрированный анализ оборудования и швов для безниточных соединений: разработка выборочной матрицы технологий

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ современного технологического оборудования для реализации безниточных методов соединения (БМС) деталей изделий легкой промышленности и формируемых с его помощью типов швов. В статье представлен подробный обзор современных технологий, оборудования и формируемых соединений в области безниточных методов соединения деталей изделий легкой промышленности. Проведен анализ двух основных групп способов: сварных (с внешним подводом тепла, ультразвуковых и

высокочастотных) и клеевых (дублирование, соединение термоклеевыми лентами, экструзионная технология), а также комбинированных, заклепочных и иглопробивных методов. Рассмотрено оборудование ведущих мировых производителей, таких как «PFAFF Industrial», «JUKI», «Masri», «Hanfor», с выделением ключевых технических характеристик, областей применения и тенденций развития. Систематизированы типовые виды сварных, клеевых и комбинированных швов, получаемые с помощью указанного оборудования. Результаты анализа выявляют технологическое разнообразие БМС и служат основой для выбора оптимальных решений при проектировании изделий и технологических процессов. На основе систематизации данных о сварочном (ультразвуковая, высокочастотная, с горячим воздухом/клином) и клеевом (дублирование, соединение лентами, экструзия) оборудовании ведущих мировых производителей выделены ключевые технические характеристики, области применения и ограничения каждого метода. В результате исследования разработана иерархическая выборочная матрица технологий, интегрирующая три группы критериев: свойства соединяемых материалов (термопласты, текстиль с покрытием, натуральные ткани), производственный контекст (серийность, гибкость, квалификация персонала) и требования к изделию (прочность, герметичность, эстетика). Матрица служит структурированным алгоритмом для инженерно-технологического обоснования выбора оптимального метода БМС, позволяя находить компромисс между технологическими возможностями и экономическими ограничениями. Предложенный инструмент способствует стандартизации процессов проектирования и повышению эффективности внедрения передовых безниточных технологий в производство.

Ключевые слова: безниточные методы соединения; сварочное оборудование; клеевые соединения; технологическая матрица; выбор метода; виды швов; оборудование для легкой промышленности; параметры выбора технологии

Введение

Современная легкая промышленность характеризуется активным внедрением технологий, обеспечивающих повышение эффективности производства, качества продукции и расширение функциональных возможностей изделий. Особое место среди таких технологий занимают безниточные методы соединения (БМС), которые позволяют создавать прочные, герметичные и эстетичные соединения в изделиях из полимерных материалов, технического текстиля, спортивной и специальной одежды¹ [1]. Эти методы представляют собой альтернативу или дополнение к традиционным ниточным швам, обеспечивая новые потребительские свойства продукции. Были достаточно подробно изучены возможности применения новых технологий соединения деталей швейных изделий с целью получения прочных швов при обработке текстильных материалов с синтетическими волокнами [2]. Установлено, что введение ультразвуковых колебаний в зону обработки при опрессовке и тиснении позволяет повысить производительность в 2–3 раза и существенно снизить энергозатраты, обеспечить экологическую безопасность процесса [3]. Были экспериментально установлены оптимальные параметры режимов сварки волокнистых холстов, обеспечивающие наибольшую прочность сварного шва [4; 5].

Так в работе [6] рассмотрены преимущества ультразвуковой сварки текстильных полимерных материалов, определена зависимость прочности шва от волокнистого состава материалов; проведен сравнительный анализ прочностных характеристик сварных и ниточных швов. Как показали эксперименты, прочность сварного и ниточного швов зависит не только от прочности самих выполненных швов, но и от ряда других показателей, к которым относятся —

¹ Кокеткин П.П. Одежда: Технология — техника, процессы — качество: справочник. — М.: Изд-во МГУДТ, 2001. — 560 с.

продолжительность времени сварки, способ сварки, частота точечного сваривания, плотность самой ткани, волокнистый состав ткани, поверхностная плотность ткани и др.

Несмотря на значительное технологическое развитие оборудования для БМС, выбор оптимального метода соединения для конкретной производственной задачи остается сложной проблемой [7]. Существующее разнообразие сварочного и клеевого оборудования, каждый тип которого имеет специфические ограничения и преимущества, требует системного подхода к анализу и выбору. В настоящее время отсутствует унифицированный инструмент, позволяющий соотнести характеристики материалов, параметры производства и требования к изделию с конкретными технологиями БМС и типами оборудования.

Цель исследования заключается в проведении комплексного анализа современного оборудования для БМС, систематизации формируемых видов швов и разработке на этой основе выборочной матрицы технологий, которая бы служила практическим инструментом для обоснованного выбора методов соединения в производственных условиях.

1. Анализ оборудования для безниточных соединений

1.1 Оборудование для сварки с внешним подводом тепла

Технологии сварки горячим клином и горячим воздухом основаны на передаче тепловой энергии от нагретого инструмента или потока теплоносителя к материалу.²

Современное оборудование этого класса, представленное такими производителями как PFAFF Industrial и JUKI, отличается высокой степенью автоматизации и производительностью.



Рисунок 1. Машина для сварки материалов горячим клином модели 8321 «PFAFF»
(фото с сайта <https://vega-sew.ru/catalog/pfaff/pfaff-8321-programmable-hot-wedge-or-hot-air-welding-machine/?ysclid=misxkt2v7w100092391>)

Машина PFAFF модели 8321 (рис. 1) обеспечивает скорость сварки до 10 м/мин с возможностью увеличения до 30 м/мин, что делает ее оптимальным решением для крупносерийного производства крупногабаритных изделий (тентов, надувных конструкций,

² Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учеб. пособие. — 2-е изд. — М.: Изд-во МЭИ, 2005. — 550 с.

емкостей). Температурный диапазон составляет 500°C для сварки клином и 720°C для сварки горячим воздухом при потребляемой мощности 1 кВт и 3,5 кВт соответственно.³

Особенностью модели PFAFF 8320 «Трансформер» (рис. 1) является наличие сменного поворотного блока, позволяющего оперативно заменять сварочный клин на сопло для подачи горячего воздуха. Такое конструктивное решение значительно повышает гибкость оборудования при работе с различными типами материалов и видами швов.



Рисунок 2. Машина для сварки материалов модели PFAFF 8320 «Трансформер» (фото с сайта <https://tehnionika.ru/svarochnye-mashiny/pfaff-8320-020001>)

Мобильная машина PFAFF 8362i (рис. 3) предназначена для сварки непосредственно на объекте, что особенно важно при изготовлении и ремонте крупногабаритных изделий.



Рисунок 3. Мобильная сварочная машина модели 8362i «PFAFF» (фото с сайта <https://tehnionika.ru/>)

Система автоматического отвода клина при остановке предотвращает перегрев и повреждение материала.⁴

Японский производитель JUKI в модели AI-107 обеспечивает скорость сварки до 24 м/мин при температуре до 800°C. Машина выпускается в трех вариантах исполнения нижней опоры, что позволяет адаптировать ее к различным технологическим задачам.

³ Welding machines [Электронный ресурс] // PFAFF Industrial. — URL: <https://www.pfaff-industrial.com/en/portfolio/welding-machines> (дата обращения: 10.10.2024).

⁴ Bonding & Seam Sealing [Электронный ресурс] // JUKI Europe. — URL: <https://jukieurope.com/en/ism/products/bonding-machines/bonding-seam-sealing> (дата обращения: 10.10.2024).



Рисунок 4. Машины для сварки материалов горячим воздухом модели AI-107 «JEUX» (фото с сайта https://star-tex.ru/item/mashina_dlya_germetizatsii_shva_jeuxai108_udarn0000625/?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera)

Основными недостатками методов с внешним подводом тепла являются высокое энергопотребление, риск перегрева поверхности материала и возможность выдавливания расплава из зоны соединения. Эффективность этих методов ограничивается низкой теплопроводностью текстильных материалов ($\lambda = 0,05\text{--}0,1$ Вт/м·К).⁵

1.2 Оборудование для ультразвуковой сварки

Ультразвуковая сварка (УЗС) основана на преобразовании электрических колебаний ультразвуковой частоты (35 кГц) в механические колебания сварочного инструмента с последующим преобразованием механической энергии в тепловую непосредственно в зоне соединения материалов [4].

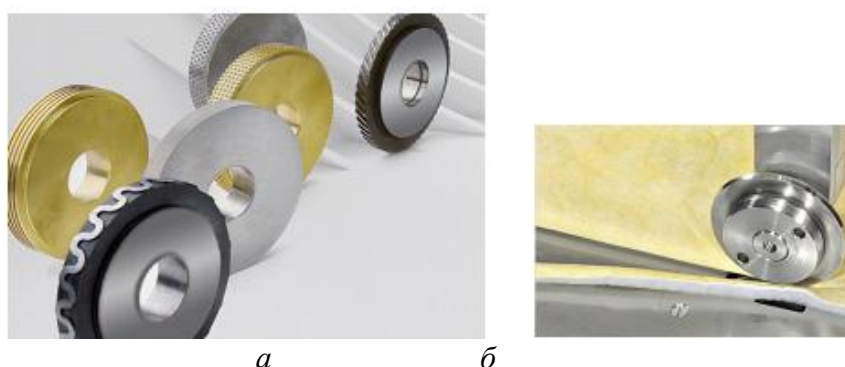


Рисунок 5. Волноводы с рельефными выступами (а) и волновод с отрезным диском (б) (фото с сайта https://www.acgnystrom.fi/tuote-osasto/hitsaus/kuumailma-teippauskoneet/ultraaanihitsaus/?product_count=2&utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera)

⁵ Петушко И.В. Автоматизация технологических процессов ультразвуковой обработки жидких и твердых сред: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / Петушко Ирина Владимировна. — СПб., 2005. — 320 с.

Современные УЗ-машины, такие как PFAFF модели 8311 и 8310, оснащены роликовыми волноводами (дисками), что позволяет осуществлять непрерывную сварку. Диски могут иметь рельефную поверхность для создания декоративных швов или острое ребро для одновременной обрезки и оплавления края материала (рис. 5).

Скорость сварки составляет 0,5–10 м/мин с возможностью увеличения до 20 м/мин.⁶

Модель PFAFF 8310-041/002 с П-образной платформой (рис. 6) обеспечивает возможность обработки пространственных изделий (рукавов, штанин, мешков), что значительно расширяет область применения ультразвуковой сварки.



Рисунок 6. Машина УЗС модели 8311 «PFAFF» (фото с сайта <https://tehnonika.ru/novosti/kosmicheskaya-kapsula-spacex-blagopoluchno-prizemilas-v-meksikanskom-zalive>)

Итальянская фирма «Масри» изготавливает машины модели 700: 700.70 — с плоской платформой для общих операций, 700.50 — с цилиндрической платформой для одновременного приклеивания адгезивной ленты и обрезки края материала, 700.52 — с плоской платформой для выполнения декоративных швов и обрезки края материала (рис. 7).



Рисунок 7. Машина УЗС модели 700.70 «Масри» (фото с сайта <https://www.macpi.com/>)

В них также используется высокочастотный генератор 35 КГц, ширина шва увеличена до 12,5 мм. Для работы они требуют сжатого воздуха 20 нл/мин давлением 0,35 МПа и электроэнергии мощностью 1 кВт.⁷ Оборудование требует подачи сжатого воздуха (20 нл/мин при давлении 0,35 МПа) и потребляет 1 кВт электроэнергии

⁶ Bonding & Seam Sealing [Электронный ресурс] // JUKI Europe. — URL: <https://jukieurope.com/en/ism/products/bonding-machines/bonding-seam-sealing> (дата обращения: 10.10.2024).

⁷ Оборудование термосваривания [Электронный ресурс] // Macpi Group. — URL: <https://macpi.it/prodotti/termosaldatura/> (дата обращения: 10.06.2025).

Исторически в СССР была разработана ультразвуковая швейная машина БШМ-1, которая использовала шовно-шаговый способ сварки, однако ее конструктивная сложность и ограниченная скорость (до 8 м/мин) не позволили ей получить широкое распространение.⁸

1.3 Оборудование для высокочастотной сварки

Высокочастотная сварка (ТВЧ) основана на диэлектрическом нагреве материала в переменном электромагнитном поле высокой частоты (27,12 МГц). Этот метод обеспечивает быстрый и равномерный нагрев по всему объему материала, что минимизирует термические повреждения и обеспечивает высокую прочность соединения. Факторами, влияющими на прочность соединения ТВЧ, являются сила анодного тока, продолжительность его воздействия, давление электродов в зоне сварки, продолжительность и интенсивность охлаждения.⁹

Оборудование для ТВЧ представлено преимущественно прессами периодического действия. Китайская компания Unify производит сварочные прессы мощностью от 8 до 25 кВт с давлением от 50 до 500 кН (рис. 8). Генератор работает на частоте 27,12 МГц, оборудование оснащено системами инфракрасного позиционирования и эффективной защиты от излучения.¹⁰



Рисунок 8. Сварочный пресс ТВЧ модели UF-HFM8-A «Unify»

(фото с сайта https://ru.hf-weld.com/product/high-frequency-pvc-membrane-structure-welding-machine?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera)

Тайваньская компания Weldech Elektrik предлагает компактный пресс модели PWN-4000TSH мощностью 4 кВт с длиной электродов 0,67 м (рис. 9) Оборудование предназначено для работы с ПВХ, искусственной кожей, полиуретаном и другими материалами с высоким коэффициентом диэлектрических потерь.¹¹

⁸ Сварка полимерных материалов: справочник / К.И. Зайцев, Л.Н. Мацюк, Л.В. Богдасhevский [и др.]. — М.: Машиностроение, 1988. — 312 с.

⁹ Высокочастотная сварка Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] // <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/76712/%D0%92%D1%8B%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F?ysclid=misws3v5p3294744275>.

¹⁰ High Frequency Welding Machine [Электронный ресурс] // Weldech Elektrik. — URL: <http://www.weldech.com.tw/Product-200817162015.html?CID=4> (дата обращения: 10.06.2025).

¹¹ Products [Электронный ресурс] // Kannegiesser. — URL: <https://www.kannegiesser.com/global/en/index.html> (дата обращения: 10.10.2023).



Рисунок 9. Сварочный пресс ТВЧ модели PWN-4000TSH «Weldech» (фото с сайта http://www.weldech.com/RU/showroom1.html?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera)

Эффективность высокочастотной сварки определяется уравнением давления сварки:

$$P = ((T_d/T_{ш}) - 1) * K_{дв} * b^2 / (t * T_d^2),$$

где:

T_d — толщина детали до сварки;

$T_{ш}$ — толщина шва;

$K_{дв}$ — коэффициент динамической вязкости материала;

t — продолжительность сварки;

b — ширина электрода.¹²

Основными недостатками метода являются высокая стоимость и сложность обслуживания высокочастотного генератора, необходимость экранизации и ограниченная применимость к материалам с определенными диэлектрическими свойствами (коэффициент диэлектрических потерь E больше 0,01).

1.4 Оборудование для клеевых соединений

Клеевые способы соединения в деталях одежды начали применяться в первой половине XX века. К настоящему времени они широко используются в производстве изделий легкой промышленности для улучшения качества изделий и повышения производительности труда. С помощью клеевых материалов осуществляют соединения деталей по всей поверхности и по определенным контурам [8].

Помимо соединения отдельных деталей изделия клеевое соединение может обеспечить новые качества сборочным единицам и всему изделию в целом, из которых необходимо отметить: формоустойчивость, необходимую степень жесткости и упругости, драпируемость. Клеевые методы соединения включают дублирование деталей с использованием клеевых

¹² Высокочастотный сварочный аппарат для мембранных конструкций из ПВХ [Электронный ресурс] // Unify. — URL: <https://www.hf-weld.com/product/high-frequency-pvc-membrane-structure-welding-machine> (дата обращения: 10.06.2025).

прокладок, соединение термоклеевыми лентами и экструзионную технологию. Дублирующие прессы периодического действия, такие как Macpi модели 330.00 (рис. 10) имеют две каретки для попеременной загрузки и обеспечивают давление прессования до 0,05 МПа при потребляемой мощности около 9 кВт.¹³



Рисунок 10. Дублирующий пресс модели 330.00 «Macpi» (фото с сайта <https://www.macpi.com/>)

Прессы проходного типа (Kannegiesser, Meyer, Rotondi) основаны на системе ленточных транспортеров и обеспечивают давление до 0,4 МПа. Эти прессы характеризуются высокой производительностью и могут комплектоваться системами автоматической укладки готовых деталей.¹⁴

За последние 20 лет разработана и получила большое распространение технология соединения деталей из текстильных материалов с помощью термоклеевых лент. Это направление интенсивно разрабатывают компании из Италии, Южной Кореи и Китая.

Концептуально это направление основано на замене ниточных швов на термоклеевые, в основном, краевые и накладные. Не случайно многие машины, созданные по этой концепции по своему внешнему виду, напоминают швейные, прежде всего, обметочные. В таком оборудовании используются термоклеевые ленты, представляющие собой эластичную пленку или основу (тканую или нетканую в соответствии с требованиями) с активным слоем из термопластичного клея. В результате воздействия температурой и давлением на пленку образуются прочные, мягкие, устойчивые к влажной среде плоские клеевые соединения. В зависимости от соединяемых материалов и типа термоклеевой ленты прочность на растяжение таких соединений находится в пределах 115–190 Н.

Эти машины обеспечивают прикрепление ленты к материалу с одновременной обрезкой края, при этом разогрев осуществляется струей горячего воздуха через плоское сопло. Ширина ленты составляет 8–10 мм, скорость обработки — до 4 м/мин.¹⁵

¹³ Сварка полимерных материалов: справочник / К.И. Зайцев, Л.Н. Мацюк, Л.В. Богдашевский [и др.]. — М.: Машиностроение, 1988. — 312 с.

¹⁴ Fusing Technology [Электронный ресурс] // Meyer Industries. — URL: <https://www.meyer-machines.com/en/fusing/technology/> (дата обращения: 10.06.2025).

Прессы дублирующие [Электронный ресурс] // Rotondi Group. — URL: <https://www.rotondigroup.com/ru/fusing-line/> (дата обращения: 10.06.2025).

Прессы дублирующие [Электронный ресурс] // Martin Group. — URL: <https://www.martingroup.it/index.php/en/products/jackets-and-shirt-fusing-machines> (дата обращения: 10.06.2025).

¹⁵ Products [Электронный ресурс] // Hanfor. — URL: <http://en.hanfor.com/Product> (дата обращения: 10.06.2025).

Экструзионная технология предполагает использование координатных машин нанесения расплава (Hanfor HF-JM-1 Dispenser) с последующим прессованием на оборудовании типа ОМО-R08. Эта технология позволяет создавать соединения по сложным пространственным контурам и обеспечивает высокую точность нанесения клеевого состава.¹⁶

1.5 Анализ оборудования для ниточно-клеевого, заклепочного и иглопробивного способов соединения деталей изделий текстильной и легкой промышленности

Комбинированные швы включают, по крайней мере, два способа соединения, например, ниточный и сварной или клеевой. Их применяют в тех случаях, когда одним видом соединения невозможно выполнить комплекс требований, предъявляемых к соединению, например, одновременно обеспечить высокую прочность и герметичность шва при сохранении эластичности. Такие сложные требования возникают обычно при создании специальной одежды, предназначенной для защиты человека от агрессивной среды, или одежды для занятий экстремальными видами спорта, например, альпинизмом.

Ниточные соединения могут обеспечить необходимую прочность, но при прокладывании строчки игла разрушает целостность ткани, то есть нарушается влагонепроницаемость соединения. Так, например, для обеспечения прочности парашютов, при их стачивании и настрачивании строп, применяют ниточно-сварные швы [9].

Для обеспечения герметичности ниточных строчек обычно используют клеевую ленту. Ее ширина должна несколько превышать ширину ниточного шва. Оборудование для герметизации швов производят те же машиностроительные фирмы, которые выпускают сварочные и клеевые машины и прессы. Эти машины очень напоминают сварочное оборудование. Конструктивно они отличаются, прежде всего, конструкцией опоры нижнего ролика. Фирма «Pfaff Industrial» (Германия) выпускает два конструктивных ряда машин для герметизации ниточных швов: 8303i и 8303ix (рис. 11).



Рисунок 11. Машина для герметизации швов модели 8303i «PFAFF» (фото с сайта https://vega-sew.ru/catalog/pfaff/pfaff-8303i-hot-air-taping-machine-for-welding-continuous-seams-on-water-resistant-waterproof/?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera)

Заклепочные соединения выполняются для закрепления металлической и пластмассовой фурнитуры на текстильном материале и для скрепления слоев материала между собой [7; 10]. Швейная фурнитура имеет закладную и замыкающую головки, и соединяющий их стержень. По конструктивно-технологическому признаку они делятся на три группы: соединения, для выполнения которых необходим подход с двух сторон: с закладной и замыкающей головок

¹⁶ Молнии [Электронный ресурс] // Riri Group. — URL: <https://www.riri.com/products/riri/> (дата обращения: 10.06.2025).

фурнитуры; соединения, для выполнения которых достаточно обеспечить подход с одной стороны: со стороны закладной головки; соединения, формирующиеся непосредственно на ткани литьем под давлением. На швейных изделиях формирование замыкающей головки выполняется либо механическим способом на прессах для установки металлической фурнитуры, либо термическим способом, при котором стержень пластмассовой заклепки под действием тепла формируют в головку и в таком виде охлаждают. Предпочтение при выборе фурнитуры отдается самопроникающим заклепкам, стержень которых проникает через структуру ткани без предварительного пробивания отверстия. В этом случае обеспечивается высокая прочность соединения и его герметичность.

Перспективным способом заклепочного соединения является литье под давлением пуговиц и заклепок непосредственно на ткани. При этом способе отверстие на ткани также не пробивается, а пластический материал, из которого состоит пуговица или заклепка выдавливается из фильеры под большим давлением и проникает сквозь структуру ткани, затем формируется замыкающая головка и фурнитура охлаждается.

Иглопробивной метод соединения текстильных деталей может применяться как для изготовления нетканых полотен, мелких деталей типа плечевых накладок, так и для соединения основного материала с прокладочным или отделочным [11]. Машины для изготовления иглопробивного нетканого материала отличаются количеством столов, зонами иглопрокалывания — верхней и нижней, шириной рабочей зоны, скоростью работы, частотой и скоростью ударов игельницы и т. д. Как правило, используется конструкция проходного типа. Обычно количество игл на квадратный см находится в пределах 50–70 шт. Современная иглопробивная машина FL-BG 99-2A «Fulbang» (Китай) приведена на рисунке 12.¹⁷

Она содержит два стола, может обеспечить ширину материала 2,2–6,6 м. Ход игельного стола регулируется в диапазоне 30–50 мм, а частота прокалывания 800–1 200 об/мин. Это обеспечивает линейную скорость выработки полотна 0,6–6,6 м/мин. Машина может обеспечить следующие типы пробивки: предварительную, основную, двойную, верхнюю и нижнюю.



Рисунок 12. Иглопробивная машина модели FL-BG 99-2A «Fulbang»
(фото с сайта URL: <https://www.fubangcompany.com/ru/productshow.asp>)

Комплекс исследований проведен для изготовления плечевых накладок иглопробивным методом [12; 13], для чего была разработана новая малогабаритная иглопробивная машина консольного типа. Серийно такое оборудование не выпускалось.

Известны и другие изобретения в области малогабаритных иглопробивных машин.

¹⁷ Швейная машина «Merrylock 015» [Электронный ресурс] // SodBik. — URL: <https://www.sodbik.ru/catalog/shveynye-mashiny-merrylock/igloproboivnaya-mashina-merrylock-015> (дата обращения: 10.06.2025).

Стали популярны и бытовые иглопробивные машины, например, «Merrylock» 015¹⁷ или «Janome» FM 725.¹⁸

Последняя представлена на рисунке 13 а ее иглы на рисунке 13 б.



Рисунок 13. Бытовая иглопробивная машина «Merrylock» 015 (а) и ее иглы (б) (фото с сайта <https://www.vseinstrumenti.ru/product/igloprobivnaya-mashina-merrylock-015-12620393/>)

Внешне эти машины напоминают обычные домашние швейные машины, но в них отсутствует челночное устройство, а игловодитель несет пять игл с зазубринами, расположенными по окружности. Машина предназначена для прикрепления пучков волокон разного цвета к основному материалу, в качестве которого может выступать сукно, деним, шерстяные и синтетические ткани. Прикрепление осуществляется за счет протягивания волокон основного материала сквозь пучок волокон. В результате получают интересные отделочные эффект. Рабочая зона закрывается прозрачным экраном, исключающим получение травмы пальца работающего. Высота установки регулируется в пределах 1–6 мм над игольной пластиной. Количество игл может быть уменьшено до 1, если нужно получить узкий шов. Перемещение полуфабриката выполняется вручную. Машина работает на скоростях до 700 об/мин. У «Merrylock» 015 скорость увеличена до 900 об/мин.

Проведенный анализ оборудования БМС деталей ИЛП и способов, реализованных на этом оборудовании, позволил перейти к разработке классификации БМС.

2. Систематизация видов швов для безниточных соединений

На основе анализа технологических возможностей оборудования можно выделить основные типы швов, характерные для различных методов БМС.

2.1 Сварные швы

Сварные методы позволяют формировать следующие основные типы швов:

- Стачные швы — для соединения деталей по срезам с последующим раскрытием.
- Краевые швы — для обработки срезов деталей.
- Стачные швы с закреплением края — с дополнительной фиксацией припуска.

¹⁸ Электромеханическая машина Janome FM 725 [Электронный ресурс] // Janome Russia. — URL: <https://janome-rus.ru/fm725> (дата обращения: 10.06.2025).

- Накладные швы с открытыми и закрытыми срезами — для соединения деталей внахлест.
- Стыковые швы — для соединения деталей встык.
- Отделочные швы — декоративные соединения.
- Прессовые швы — точечные или контурные соединения.¹⁹

2.2 Клеевые швы с использованием термоклеевых лент

Применение термоклеевых лент позволяет формировать:

- Краевые швы с обрезкой края.
- Швы одинарной подгибки.
- Окантовочные швы.
- Швы усиления подогнутого края.
- Накладные швы с открытыми и закрытыми срезами.
- Швы с прикреплением отделочных элементов.²⁰

2.3 Комбинированные ниточно-клеевые швы

Для обеспечения герметичности ниточных соединений применяются:

- Стачные швы с односторонней и двусторонней герметизацией.
- Настрочные швы с герметизацией.
- Накладные швы с одной или двумя строчками и герметизацией.
- Швы встык и вподгибку с герметизацией [1].

2.4 Швы, получаемые по экструзионной технологии

Экструзионный метод позволяет создавать:

- Соединения по площади (плоские и пространственные).
- Накладные швы.
- Краевые швы с подгибкой.

3. Разработка выборочной матрицы технологий БМС

С целью сопоставить требования к соединению (вид шва) с оптимальным методом БМС, его технологическими возможностями и ограничениями на основе проведенного анализа оборудования и систематизации видов швов разработана информационная матрица для выбора технологии БМС под тип шва (табл. 1).

¹⁹ ГОСТ 12807-2003. Изделия швейные. Классификация стежков, строчек и швов. — Введ. 2004-07-01. — М.: Изд-во стандартов, 2003. — 18 с.

²⁰ Products [Электронный ресурс] // Hanfor. — URL: <http://en.hanfor.com/Product> (дата обращения: 10.06.2025).

Таблица 1

Матрица выбора метода безниточного соединения

Тип шва и назначение	Рекомендуемые методы БМС	Типовое оборудование	Преимущества и возможности	Ограничения и требования
СТАЧНОЙ ШОВ Соединение деталей встык с последующим раскрытием срезов	а) Сварка горячим клином/воздухом	«PFAFF» 8321, «JUKI» AI-107	Высокая скорость (до 30 м/мин). Широкий шов (до 30 мм). Подходит для крупных изделий (тентов, ПВХ-емкостей).	Риск перегрева поверхности. Высокое энергопотребление. Требуется материал-термопласт (ПЭ, ПВХ, ПП).
	б) Ультразвуковая сварка (УЗС)	«PFAFF» 8311, «Masri» 700.70	Локальный нагрев, чистый шов. Одновременная обрезка с оплавлением края. Высокая прочность.	Ограниченная ширина шва (1–12,5 мм). Лучше всего для синтетики с высоким % термопластов. Скорость ниже (до 20 м/мин).
	в) Высокочастотная сварка (ТВЧ)	Прессы «Unify», «Weldech»	Самый быстрый и равномерный нагрев по объему. Идеально для ПВХ, полиуретана. Высокая герметичность.	Критично: Только для материалов с высокими диэлектрическими потерями. Высокая стоимость и сложность оборудования.
КРАЕВОЙ ШОВ Обработка среза для предотвращения осыпания (оплавление, подгибка)	а) Оплавление края (срез)	УЗС с отрезным диском («PFAFF» 8311)	Тонкий, аккуратный и запаянный край. Процесс совмещен с обрезкой. Высокое качество для синтетики.	Только для термопластичных материалов. Не подходит для натуральных тканей.
	б) Подгибка края	Клеевая машина с лентой («Hanfor» HF-702-02, «Framis» MX-204)	Чистая подгибка без строчки. Подходит для эластичных материалов (трикотаж). Можно обрабатывать криволинейные края (горловины).	Требуется предварительная нарезка и нанесение клеевой ленты. Прочность зависит от качества ленты и активации.
НАКЛАДНОЙ ШОВ Соединение с наложением деталей внахлест	а) С открытыми срезами	УЗС или сварка горячим воздухом	Простое выполнение, высокая скорость. Хорошая прочность на отрыв.	Утолщение в зоне шва (два слоя + наплав). Менее эстетичен.
	б) С закрытым (подогнутым) срезом	Двухэтапный процесс: 1. Клеевая машина (подгибка + лента). 2. УЗС или пресс для фиксации.	Эстетичный, плоский и защищенный край. Высокое качество для верхней одежды.	Сложнее технологически, требует двух операций или специализированной машины.
ШВЫ С ГЕРМЕТИЗАЦИЕЙ Непроницаемое соединение для палаток, спецодежды, плавучих изделий	а) Герметизация ниточного шва	Машина для приклеивания ленты («PFAFF» 8303i, «Masri» 336.61)	Сохраняет прочность ниточного шва. Надежная влагозащита. Широкая область применения.	Комбинированная технология (сначала строчка, потом лента). Зависит от адгезии ленты к материалу.
	б) Цельносварной герметичный шов	Сварка горячим воздухом/клином или ТВЧ	Максимальная герметичность (шов однороден). Нет перфорации от иглы.	См. ограничения для стачного шва. Прочность сварного шва должна быть адекватной нагрузкам.
ШВЫ ПО ПЛОЩАДИ (Дублирование, усиление) Соединение по всей поверхности (прокладки, сложные узлы)	а) Клеевое дублирование	Прессы (проходные «Meuer» или кареточные «Masri» 330.00)	Равномерное давление и нагрев по всей площади. Идеально для формоустойчивости (воротники, манжеты). Широкая совместимость материалов.	Не для конечной сборки, а для подготовки узлов. Требуется точной раскладки.
	б) Экструзионное нанесение клея	Координатный диспенсер + пресс («Hanfor» комплекс)	Бесконтактное, программируемое нанесение любого контура. Минимальное утяжеление. Для пространственных деталей.	Высокая стоимость и сложность оборудования. Двухэтапный процесс (нанесение + активация).

Разработано авторами

Предложенные в таблице 1 варианты, следует использовать на начальном этапе проектирования технологического процесса. Однако, окончательное решение должно учитывать: материал соединяемых деталей, особенности производственного процесса, и квалификацию рабочих, а самое главное требования к изделию, такие как эстетика, функциональность и прочность.

С учетом этих требований разработана схема структурированного алгоритма для инженерно-технологического обоснования выбора оптимального метода и оборудования БМС (рис. 14).

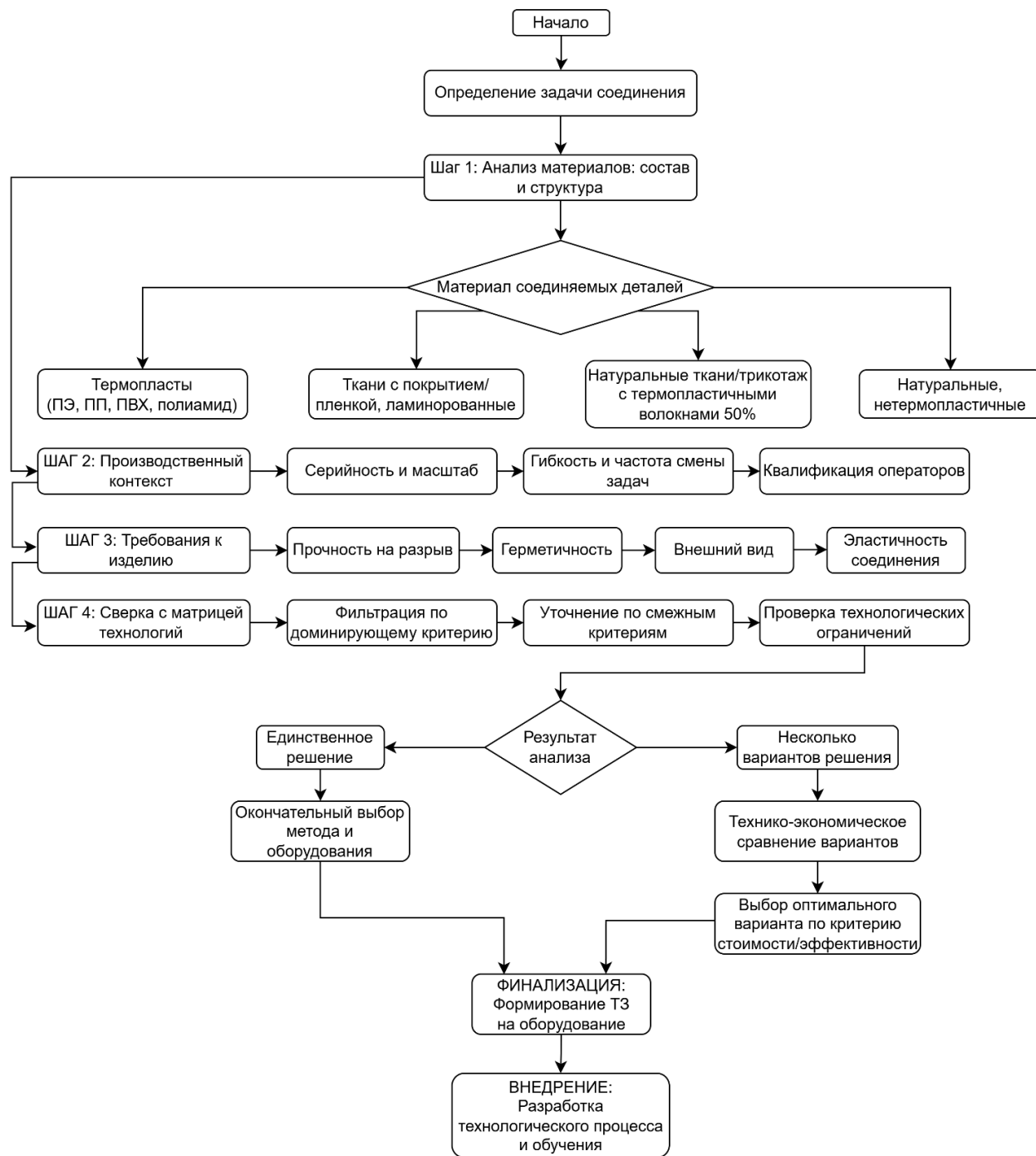


Рисунок 14. Схема структурированного алгоритма для инженерно-технологического обоснования выбора оптимального метода и оборудования БМС (разработано авторами)

Работа алгоритма

ШАГ 1: Анализ материалов — отправная точка, определяющая принципиальную возможность применения различных методов БМС. Например, для чистых термопластов доступны все методы сварки, для натуральных тканей — только клеевые методы. ТВЧ — для ПВХ, УЗС — для тонких синтетиков, горячий воздух — универсально, ткани с покрытием/ пленкой: Горячий воздух, использование клина, ТВЧ.

ШАГ 2: Производственный контекст — учитывает организационно-экономические параметры:

Серийность: массовое производство требует высокоскоростного оборудования (сварка горячим воздухом до 30 м/мин), мелкосерийное — гибких решений (УЗС с заменой дисков).

Гибкость: частые смены задач требуют универсального оборудования (машины-трансформеры типа PFAFF 8320).

Квалификация: для низкой квалификации предпочтительны клеевые методы с лентами как более простые в освоении.

ШАГ 3: Требования к изделию — определяет качественные характеристики соединения:

Прочность: сварные методы (УЗС, ТВЧ) или комбинированные ниточно-клеевые.

Герметичность: цельносварные швы или герметизация существующих.

Эстетика: УЗС с декоративными дисками или клеевая подгибка.

Эластичность: УЗС зигзагообразным швом или эластичные клеевые ленты.

ШАГ 4: Сверка с матрицей — практическое применение разработанной матрицы (таблица 1 и дополнительные исследования), позволяющее:

Отфильтровать неприменимые технологии.

Уточнить выбор по смежным критериям.

Выявить и оценить технологические ограничения.

Принятие решения — если анализ дает единственный вариант, он принимается к реализации; если несколько — проводится технико-экономическое сравнение.

Финальные этапы — формирование технического задания на оборудование, разработка технологического процесса и обучение персонала.

4. Обсуждение результатов

Разработанная матрица представляет собой практический инструмент для технологического проектирования, позволяющий существенно сократить время на выбор метода соединения и снизить риск ошибок. Особенностью предложенного подхода является его комплексность — учитываются не только технические возможности оборудования, но и экономические аспекты (серийность производства), а также человеческий фактор (квалификация операторов).

Анализ показал, что для материалов на основе ПВХ оптимальным решением является высокочастотная сварка, обеспечивающая высокую производительность и качество соединения [9; 12]. Для текстильных материалов с высоким содержанием синтетических волокон предпочтительна ультразвуковая сварка, особенно при требовании к эстетичности шва [4; 5]. Натуральные материалы требуют применения клеевых методов, при этом выбор конкретной технологии (дублирование, ленты, экструзия) зависит от типа изделия и объема производства.

Важным аспектом является учет квалификации персонала. Клеевые методы с использованием подготовленных лент, как правило, проще в освоении, чем технологии сварки, требующие точной настройки температурно-скоростных режимов. Это делает их предпочтительными для малых предприятий и производств с высокой текучестью кадров.

Выводы

1. Проведенный интегрированный анализ современного оборудования для БМС показал значительное технологическое разнообразие решений, каждое из которых оптимизировано для определенных классов материалов и типов

соединений. Основными направлениями развития являются повышение скорости обработки (до 30 м/мин), увеличение степени автоматизации и расширение функциональных возможностей.

2. Установлено, что эффективность применения конкретного метода БМС определяется комплексом факторов, включающим физико-химические свойства материалов, параметры производственной системы и функционально-эксплуатационные требования к изделию. Наибольшую универсальность демонстрируют методы сварки горячим воздухом, в то время как высокочастотная сварка и ультразвуковая сварка имеют более узкие, но четко определенные области применения.
3. В результате исследования разработана выборочная матрица технологий БМС, которая систематизирует разрозненные технологические знания и формализует процесс принятия решений. Матрица позволяет на основе доминирующего критерия последовательно сужать выбор технологии, учитывать смежные факторы и выявлять потенциальные ограничения.
4. Практическая значимость работы заключается в создании алгоритмизированной основы для проектирования технологических процессов, планирования закупок оборудования и обучения персонала. Использование матрицы способствует рациональному и экономически обоснованному внедрению безниточных методов соединения в производственную практику предприятий легкой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ким И.А., Козлов А.С., Макарова Н.А., Резников М.П. Управление конкурентоспособностью технологического процесса термоклеевой сборки // Инженерный вестник Дона. 2023. № 10(106). С. 709–720.
2. Травкина, Н.Н. Особенности применения ультразвука и токов высокой частоты в швейной промышленности / Н.Н. Травкина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. — 2014. — № 1. — С. 61–65. — EDN SEWRNF.
3. Технология и оборудование для ультразвуковой обработки полимерных материалов / В.Ф. Луцко, В.В. Рубаник, В.С. Лабецкий [и др.] // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности, Витебск, 21–22 ноября 2018 года. — Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2018. — С. 166–168. — EDN ZBMRVZ.
4. Волков, С.С. Технологические особенности изготовления нетканых материалов посредством ультразвуковой сварки волокнистых холстов / С.С. Волков, В.М. Неровный, А.Л. Ремизов // Пластические массы. — 2017. — № 11-12. — С. 60–64. — EDN YQRKLH.
5. Волков С.С., Неровный В.М., Бигус Г.А. Исследование процесса и разработка технологии ультразвуковой сварки синтетических тканей // Пластические массы. — 2019. — № 5-6. — С. 53–56.
6. Исследование прочностных характеристик сварных швов, полученных ультразвуковым свариванием текстильных полимерных материалов / Л.Г. Хисамиева, Г.Г. Гатина, И.Г. Давлетбаев, А.И. Хисамиев // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т. 17, № 15. — С. 69–70. — EDN STICPH.

7. Чаленко Е.А. К вопросу о методах соединения деталей швейных изделий / Е.А. Чаленко, Е.Г. Андреева, Т.Л. Гончарова [и др.] // Дизайн и технологии. — 2019. — № 74(116). — С. 55–64. — EDN BVIIOP.
8. Турсунова, З.Н. Изучение технологического процесса изготовления одежды с применением клеевых соединений с целью его совершенствования / З.Н. Турсунова, Ш.Б. Очиллов // Молодой ученый. — 2016. — № 7(111). — С. 189–192. — URL: <https://moluch.ru/archive/111/27701>.
9. Нуртдинова, Р.А. Исследование возможности применения УЗ сварки при изготовлении купола парашюта / Р.А. Нуртдинова, А.А. Азанова, В.П. Бабушкин // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). — 2020. — № 1. — С. 348–351. — DOI 10.47367/2413-6514_2020_1_348. — EDN CSPOZH.
10. Пак, К.В. Заклепочный способ соединения деталей швейных изделий / К.В. Пак, С.З. Хаялиева // Инженерно-педагогический вестник: легкая промышленность. — 2021. — № 7(10). — С. 80–84. — EDN NEBUYR.
11. Курамысова М.У., Бондарева Ю.В., Битус Е.И. Анализ прочности шва в зависимости от параметров соединения деталей изделий иглопробивным способом // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 2015. — № 3. — С. 107–110.
12. Козик П.П., Нестеренко В.М., Старикова В.М. [и др.] Новое оборудование для изготовления плечевых накладок иглопробивным способом // Швейная промышленность. — 1991. — № 6. — С. 20–21.
13. Козик П.П., Мищенко А.В., Багрова Л.Н. Новая малогабаритная иглопробивная машина консольного типа для обработки плечевых накладок // Швейная промышленность. — 1991. — № 4. — С. 28.

Galkin Andrey Vladimirovich

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: galkin-av@rguk.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1057843

Kirsanova Elena Aleksandrovna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: kirsanova-ea@rguk.ru; oimgudt@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=204471
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=36461239600>

Kim Igor Alekseevich

LLC «Sportteks», Moscow, Russia
E-mail: sporttex@mail.ru

Tkachuk Nikita Egorovich

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: nik.tkachuk.99@mail.ru

Integrated analysis of equipment and seams for threadless connections: development of a selective technology matrix

Abstract. The article provides a comprehensive analysis of modern technological equipment for implementing threadless joining methods (TJM) for light industry products and the types of seams formed using this equipment. The article provides a detailed review of modern technologies, equipment, and formed connections in the field of threadless joining methods for light industry products. The analysis of two main groups of methods was carried out: welded (with external heat supply, ultrasonic and high-frequency) and adhesive (overlapping, bonding with hot-melt tapes, extrusion technology), as well as combined, rivet and needle-punched methods. The equipment of leading global manufacturers, such as PFAFF Industrial, JUKI, Macpi, Hanfor, was considered, with highlighting of key technical characteristics, areas of application and development trends. The typical types of welded, glued, and combined seams obtained using this equipment have been systematized. The analysis results reveal the technological diversity of BMS and serve as a basis for selecting optimal solutions for product design and technological processes. Based on the systematization of data on welding (ultrasonic, high-frequency, hot air/wedge) and adhesive (overlapping, tape bonding, extrusion) equipment from leading global manufacturers, key technical characteristics, applications, and limitations of each method have been identified. As a result of the study, a hierarchical sample matrix of technologies has been developed, which integrates three groups of criteria: the properties of the materials to be joined (thermoplastics, coated textiles, and natural fabrics), the production context (serial production, flexibility, and staff qualifications), and the requirements for the product (strength, tightness, and aesthetics). The matrix serves as a structured algorithm for engineering and technological justification of the choice of the optimal BMS method, allowing for a compromise between technological capabilities and cost-effectiveness.

Keywords: threadless joining methods; welding equipment; adhesive joints; technological matrix; method selection; types of seams; equipment for the light industry; technology selection parameters