

Разработка методики оценки способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя текстильного материала после прокола швейной иглой

Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская,
И. А. Петюль

Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь

Аннотация. Повреждения, возникающие в процессе пошива изделий, снижают прочность и долговечность, а также эстетические свойства материала. На сегодняшний день разработаны текстильные материалы с покрытием и искусственные кожи, способные к самовосстановлению целостности структуры полимерного слоя после прокола швейной иглой. Несмотря на значимость данной темы, до сих пор отсутствовала методика, позволяющая провести объективный анализ данного параметра для материалов с полимерным покрытием или оценить их способность к самовосстановлению целостности после прокола иглой. В данной работе представлены результаты разработки методики оценки способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя текстильного материала после прокола швейной иглой для целей проектирования и изготовления одежды.

Данная методика включает в себя процесс нанесения повреждений, методы наблюдения за процессом самовосстановления и количественные критерии оценки. Полученные результаты позволят сравнивать различные материалы и оптимизировать технологию производства самовосстанавливающихся покрытий для материалов легкой промышленности, обеспечивая повышение их долговечности и потребительских свойств. Сравнение результатов до и после выдержки позволяет оценить динамику самовосстановления.

Проведены исследования самовосстанавливающихся свойств тканей с полимерным покрытием по разработанной методике оценки. Установлено, что исследованные материалы обладают способностью к самовосстановлению после прокола швейной иглой и соответствуют степени восстановления I. Образцам № 1с.2 и № 2р.3 для восстановления потребовалось дополнительное воздействие влажно-тепловой обработки (степень I*ВТО). Наблюдаемая разница в поведении исследуемых образцов напрямую связана с толщиной полимерного покрытия.

Ключевые слова: прокол, самовосстановление, прорубаемость, методика, полимер, подсветка, критерии оценки, шкала.

Информация о статье: поступила 9 июня 2025 года.

Development of a method for assessing the ability of self-restoration of the integrity of a polymer layer of a textile material after puncture with a sewing needle

Yulia I. Maruschak, Natallia N. Yasinskaya,
Irina A. Petyul

Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus

Abstract. Damage occurring during the sewing process reduces the strength and durability, as well as deteriorates aesthetic properties of the material. Coated textile materials and artificial leathers have been developed to date that are capable of self-healing the integrity of the polymer layer structure after being punctured by a sewing needle. Despite the importance of this topic, there has been no methodology to date that would allow an objective analysis of this parameter for materials with a polymer coating or to assess their ability to self-heal integrity after being punctured by a needle. This paper presents the results of developing a methodology for assessing the ability of a textile material to self-heal the integrity of a polymer layer after being punctured by a sewing needle for the purposes of designing and manufacturing clothing.

This method includes the process of causing damage, methods of monitoring the self-healing process and quantitative evaluation criteria. The results obtained will allow comparing different materials and optimizing the technology of producing self-healing coatings for light industry materials, ensuring an increase in their durability and consumer properties. Comparison of the results before and after exposure allows assessing the dynamics of self-healing.

The self-healing properties of fabrics with a polymer coating were studied using the developed assessment method. It was found that the studied materials have the ability to self-heal after being punctured with a sewing needle and correspond to the degree of recovery I. Samples 1c.2 and 2p.3 required additional exposure to wet-heat treatment (degree I*WHT) for recovery. The observed difference in the behavior of the studied samples is directly related to the thickness of the polymer coating.

Keywords: puncture, self-recovery, cut-through, method, polymer, illumination, evaluation criteria, scale.

Article info: received June 9, 2024.

Введение

В производстве швейных изделий текстильные материалы при раскрое и стачивании подвергаются проколу швейной иглой, что может вызывать их прорубку, которая характеризуется появлением нежелательных перфораций в области машинной или ручной строчки [Бузов Б.А., 2010; Русаков К.А. и др., 2019]. Повреждения, возникающие в процессе пошива, снижают прочность и долговечность, а также эстетические свойства изделий.

Анализ литературных источников позволил установить, что искусственные кожи и материалы с покрытием в сравнении с тканями и трикотажем являются более сложными в обработке, так как обладают повышенной прорубаемостью [Гаврилова О.В., Никитина Л.Л., 2013]. Стачивать детали из таких материалов рекомендуется, не допуская дефектов, так как на покрытии остаются следы прокола, что ухудшает эстетические и потребительские свойства материала. Появляется необходимость в применении дополнительных технологий, таких как использование тефлоновой ленты под лапкой швейной машины, что, однако, не всегда гарантирует полное исключение дефектов [Гаврилова О.Е., Никитина Л.Л., 2014]. Также не рекомендуется крепить выкройки к материалу наметочными иглами, так как на ней остаются проколы [Стельмашенко В.И., Розаренова Т.В., 2025]. На сегодняшний день разработаны текстильные материалы с покрытием и искусственные кожи, способные к самовосстановлению целостности структуры полимерного слоя после прокола швейной иглой [Smith J. et al., 2013; Ситников Н.Н. и др., 2018; Марущак Ю.И. и др., 2023].

В классическом ассортименте текстильных материалов (ткани и трикотаж) прорубаемость является достаточно предсказуемой [Щербакова, 2020; Stylios G.K. and Zhu R., 1998], но малоизученное для современных материалов других структур, в частности, для искусственных кож и тканей с полимерным покрытием. Несмотря на значимость данной темы, до сих пор отсутствует методика, позволяющая провести объективный анализ данного

параметра для материалов с полимерным покрытием или оценить их способность к самовосстановлению целостности после прокола иглой. Пористые полимеры могут по-разному реагировать на механическое воздействие в зависимости от их эластичности и степени пористости [Кудринский С.В., Тюрин И.Н., 2022]. Традиционные подходы часто оказываются недостаточными для прогнозирования поведения этих материалов в процессе пошива изделий легкой промышленности и при эксплуатации. Конфекционирование, как ключевой этап подготовки к производству, также нуждается в адаптации. Для выбора оптимальных режимов пошива изделий необходимо учитывать характеристики материалов. Это говорит о том, что для создания качественного материала необходимо учитывать не только традиционные методы испытания, но и разрабатывать новые подходы, способные оценить технологические характеристики материалов.

Целью данной работы является разработка методики оценки способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя текстильного материала после прокола швейной иглой, что позволит оценивать способность материалов к восстановлению, обоснованно подбирать диаметр стержня и форму заточки острия швейной иглы.

Объект и методы исследования

В качестве исследуемых образцов использовали ткани с пористым полиуретановым слоем одежного назначения различной толщины (Беларусь), сформированные шаберным способом, характеристики которых представлены в таблице 1.

Исследуемые образцы сформированы сочетанием двух слоев, где в качестве основы использовали хлопчатобумажную ткань саржевого переплетения, а полимерное покрытие представляет собой слой вспененной полиуретановой композиции [Ясинская Н.Н. и др., 2024]. Свойство самовосстановления покрытия может быть достигнуто с применением различных подходов. Изу-

Таблица 1 – Характеристика образцов

Table 1 – Characteristics of samples

Шифр образца	Толщина ПУ, мкм	Толщина всего материала, мкм	Поверхностная плотность, г/м ²
№ 1с	350	650	350
№ 2р	450	850	310
№ 3г	530	900	340
№ 4ч	620	910	385

чаемые образцы относятся к группе материалов, где процесс восстановления основан на использовании полимеров с динамическими ковалентными связями, которые способны обратимо разрываться и восстанавливаться, позволяя материалу «залечивать» небольшие повреждения [Каблов В.Ф. и др., 2018; Островская И.И. и др., 2020].

Процесс самовосстановления означает частичное сближение краев прокола за счет вязко-эластичных свойств материала. Однако эффективность восстановления зависит от нескольких факторов: размера повреждения, типа материала и его покрытия, условий окружающей среды и метода обработки.

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

В основу разрабатываемой методики оценки заложена традиционно применяемая оценки прорубаемости тканых материалов [Бузов Б.А., 2010], где для исследования образец текстильного материала без швейной нитки прострачивают на швейной машине. Однако, прямое применение рассматриваемой методики является невозможным, так как она ориентирована на подсчет количества проколов от иглы (прорубов), а не на оценку способности к самовосстановлению полимерного слоя. Поэтому актуальным являлась разработка комплексной методики, включающей несколько этапов оценки.

Разрабатываемая методика распространяется на текстильные материалы с полимерным слоем и устанавливает визуальный метод оценки способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя ткани после прокола иглой. Сущность метода заключается в визуальной оценке образца после прокола иглой и в установлении способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой в соответствии с принятыми критериями оценки.

Отбор точечных проб проводят в соответствии с ГОСТ 20566-75 «Ткани и штучные изделия текстильные.

Правила приемки и метод отбора проб». Из точечной пробы вырезают 3 элементарные пробы размером 180 мм х 40 мм. Элементарные пробы вырезают так, чтобы одна элементарная проба не являлась продолжением другой. Выдерживают элементарные пробы не менее 24 ч в климатических условиях по ГОСТ 10681-75 «Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения».

Первый этап методики включает формирование стандартного повреждения – прокол швейной иглой определенного диаметра и формы заточки острия. Выбор параметров швейной иглы осуществляется с учетом специфики применения материала и/или требований заказчика. Рекомендации по выбору швейной иглы (таблицы 2, 3) сформированы на основе классификации от производителя Schmetz, который определяет назначение игл по типу заточки [Герасимова Н.А., 2012]. Выбор оптимального диаметра стержня иглы (ее номера) осуществлялся на основе экспериментальных данных, полученных при изучении скорости восстановления целостности полимерного покрытия при различных его толщинах [Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н., 2025]. Однако данная информация носит рекомендательный характер и может быть скорректирована с учетом специфики структуры материала. Для обеспечения воспроизводимости результатов, установлены ограничения – 3 параллельные машинные строчки без нитки длиной 150 мм каждая с частотой стежка 3 на 1 см.

Второй этап – наблюдение за процессом самовосстановления. После нанесения повреждений, образцы помещаются в контролируемые условия (температура, влажность), и проводится регистрация динамики регенерации (рисунок 1). Оценку необходимо проводить в климатических условиях в соответствии с ГОСТ 10681-75: температура окружающего воздуха (20 ± 2) °С; относительная влажность окружающего

Таблица 2 – Рекомендации по выбору формы заточки острия швейной иглы в зависимости от типа материала
Table 2 – Recommendations for choosing the sharpening shape of the sewing needle tip depending on the type of material

Заточка острия иглы	Назначения
Стандартное круглое острие «R»	– тонкие ткани с покрытием; – ламинированные материалы, покрытые мягким пластиком или тонким картоном; – пленки; – комбинированные материалы из кожи и текстиля
Заостренное круглое острие «SP1»	– материалы с покрытием
Режущее острие с правым наклоном «LR» Режущее острие с левым наклоном «LL»	– все виды кожи, применяемые при производстве кожаной одежды, обуви, сумок, чемоданов, бумажников; – лаковая кожа
Заостренное круглое острие «SES»	– легкий и средний трикотаж – ламинированные материалы (текстиль / текстиль)
Режущее острие «лопатка» «S»	– все виды кожи при производстве обуви, сумок, чемоданов с рельефным декоративным швом ремней и подтяжек
Узкое клиновидное острие «P» [Жемчужное острие]	– все виды кожи, применяемые при производстве обуви, сумок, чемоданов, кожгалантереи
Круглое острие с небольшой трехгранной режущей верхушкой «SD1»	– тонкая выделанная кожа; – искусственная кожа; – лаковая искусственная кожа; – материалы с покрытием из ПВХ и полиуретана.

Таблица 3 – Рекомендации по выбору номера швейной иглы в зависимости от типа материала
Table 3 – Recommendations for choosing the sewing needle size depending on the type of material

Толщина полимерного покрытия, мм	Рекомендуемый номер швейной иглы
0,1–0,3	60–70
0,3–0,6	80–90
0,6–0,8	80–100
>0,8	100–110

воздуха (65 ± 2) %. Допускается при производственных испытаниях на предприятиях и в организациях легкой промышленности проводить кондиционирование и испытания текстильных материалов, кроме вискозных, в том числе вискозных высокомолекулярных, и ацетатных, при относительной влажности воздуха (65 ± 5) % и температуре воздуха (20_{-2}^{+9}) °C. Освещение в помещении должно соответствовать гигиеническим нормативам «Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных

и жилых зданий» (постановление Совета министров Республики Беларусь 25 января 2021 г. № 37).

Для вынесения результатов испытания используется визуальная оценка с применением источника искусственного света с верхней (рисунок 2) и нижней подсветкой (рисунок 3). Периодичность измерений определяется скоростью предполагаемого самовосстановления и варьируется от нескольких минут до 3 часов.

Верхняя подсветка обеспечивает общее освещение образца, позволяя оценить целостность поверхности и

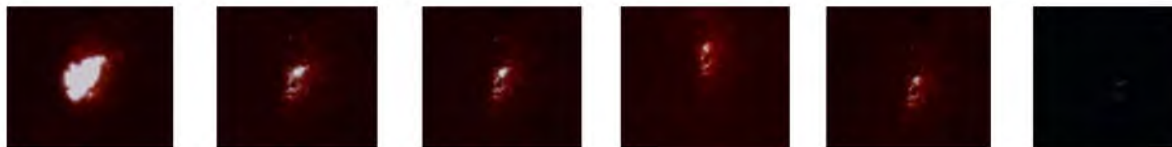


Рисунок 1 – Микрофотографии процесса регенерации полиуретанового покрытия
Figure 1 – Microphotographs of the regeneration process of the polyurethane coating

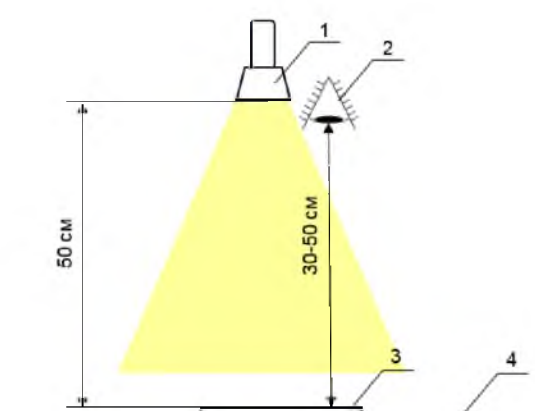


Рисунок 2 – Визуальная оценка элементарных проб с верхней подсветкой:

1 – источник света, 2 – наблюдатель,

3 – элементарная проба,

4 – плоская горизонтальная поверхность

Figure 2 – Visual assessment of elementary samples with top illumination:

1 – light source, 2 – observer, 3 – elementary sample,

4 – flat horizontal surface

характер повреждения. Нижняя подсветка, проходящая сквозь материал, играет ключевую роль в определении степени восстановления полимерного слоя. Она позволяет визуализировать прокол (проруб), образованный иглой, и оценить его размер и форму. Отсутствие вмятин при верхней подсветке и просвета в месте прокола под нижней подсветкой свидетельствует о полном самовосстановлении полимерного слоя.

Для оценки прокола разработана шкала оценки способности к самовосстановлению с применением верхней (таблица 4) и нижней подсветки (таблица 5).

Шкала оценки разработана с учетом нескольких параметров. В первую очередь, оценивается наличие или отсутствие вмятин на полимерном покрытии при верх-

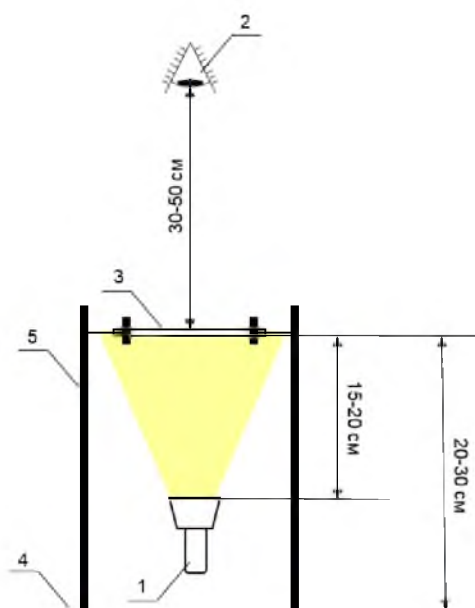


Рисунок 3 – Визуальная оценка элементарной пробы с нижней подсветкой:

1 – источник света, 2 – наблюдатель,

3 – элементарная проба,

4 – горизонтальная поверхность, 5 – штатив

Figure 3 – Visual assessment of an elementary sample with bottom illumination:

1 – light source, 2 – observer, 3 – elementary sample,

4 – horizontal surface, 5 – tripod

нем освещении. Далее при установлении нижней подсветки оценивается наличие сквозной перфорации.

Третий этап – количественная оценка способности к самовосстановлению. Для каждой элементарной пробы суммируют выставленные баллы в соответствии с таблицей 2 и 3. Для объективизации результатов разработаны количественные критерии оценки (таблица 6). В соответствии с ними делают заключение о способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя

Таблица 4 – Шкала оценки способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой с применением верхней подсветки

Table 4 – Scale for assessing the self-healing ability of the polymer layer integrity after a needle puncture using top illumination

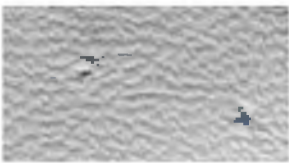
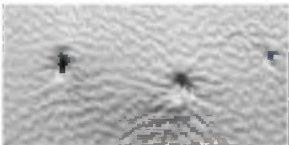
Балл	Описание	Пример изображения лицевой поверхности кожи
1	Вмятины отсутствуют	
2	Имеются незначительные вмятины на полимерном покрытии	
3	Имеются выраженные вмятины на полимерном покрытии (более 10 % от общего количества проколов)	

Таблица 5 – Шкала оценки способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой с применением нижней подсветки

Table 5 – Scale for assessing the self-healing ability of the polymer layer integrity after a needle puncture using lower illumination

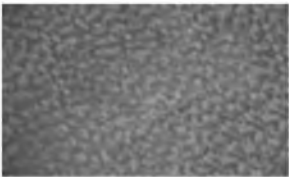
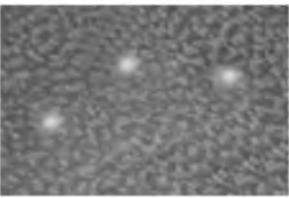
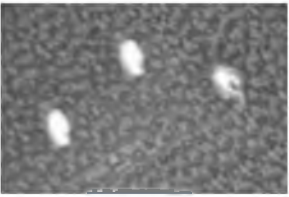
Балл	Описание	Пример изображения
1	Перфорация отсутствует (допустима мелкая перфорация не более 5 % от общего количества проколов)	
2	Имеется частичная мелкая перфорация (не более 20 % от общего количества проколов)	
3	Имеется ярко выраженная сквозная перфорация	

Таблица 6 – Критерии оценки степени способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой

Table 6 – Criteria for assessing the degree of self-healing ability of the polymer layer integrity after a needle puncture

Сумма баллов	Оценка способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой	Степень
2	Образец способен к самовосстановлению	I
3–4	Образец частично способен к самовосстановлению	II
5–6	Образец не способен к самовосстановлению	III

после прокола иглой и присваивают соответствующую степень каждой элементарной пробе.

За результат точечной пробы принимается среднее арифметическое значение результатов элементарных проб в баллах, округленное до целого числа. Степень способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой точечной пробы выставляется в соответствии с таблицей 4. За конечный результат материала принимается худшее значение результатов точечных проб в баллах и соответствующая степень способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой.

Если элементарная проба соответствует I степени способности к самовосстановлению целостности полимерного слоя после прокола иглой испытание прекращают. Если элементарная проба соответствует II или III степени, то её помещают в контролируемые климатические условия и с периодичностью 30 минут проводят визуальную оценку по такой же схеме, как описана выше,

до момента, когда элементарная проба будет отнесена к I категории. Сравнение результатов до и после выдержки позволяет оценить динамику самовосстановления. Если по истечению 3 часов в результате последней оценки элементарная проба не отнесена к I степени, то пробу подвергают влажно-тепловой обработке (отпариванию). Для текстильных материалов с полимерным слоем рекомендуется проводится отпаривание при температуре 60–80 °C 3–5 минуты с изнаночной стороны. Пар направлять на расстоянии не менее 10 см. Далее элементарную пробу повторно оценивают. Если после воздействия влажно-тепловой обработки (отпаривания) элементарная проба отнесена к I степени, то делается соответствующая отметка в протоколе испытаний.

Для визуализации логической последовательности операций и составления списка, используемых технических средств построена технологическая карта оценки способности к самовосстановлению, представленная на рисунке 4.



Рисунок 4 – Технологическая карта оценки способности к самовосстановлению

Figure 4 – Flow chart for assessing self-healing ability

В целях апробации методики подготовлены образцы тканей с полиуретановым покрытием. Подготовку проб и проведение испытаний осуществляли в соответствии с разработанной методикой. Для прокола использовали иглы фирмы Schmetz с заточкой острия LL № 90. Результаты представлены в таблице 7.

Анализируя данные, представленные в таблице 3, можно сделать вывод, что образцы демонстрируют склонность к полному самовосстановлению целостности полимерного покрытия после прокола швейной иглой LL № 90. Однако образцы № 1с и № 2р потребовали дополнительного воздействия ВТО (влажно-тепловой обработки), в соответствии с рекомендуемыми в методике режимами. Это связано с меньшей толщиной пористого полиуретанового покрытия этих образцов. Более тонкий слой материала обладает меньшим запасом полимера для заполнения дефекта, созданного иглой. В процессе прокола игла не только создает механическое повреждение, но и вызывает локальное распределение напряжений в полимере. У образцов с более толстым покрытием эти напряжения распределяются на большую площадь, что способствует более эффективному самовосстановлению за счет диффузии полимерных цепей в область повреждения. В случае образцов

№ 1с и № 2р, меньшая толщина приводит к тому, что напряжения концентрируются в меньшем объеме, что затрудняет естественную миграцию полимера к месту прокола. Дополнительная влажно-тепловая обработка в данном случае активирует процессы диффузии и релаксации полимерной структуры. Повышенная температура способствует увеличению подвижности полимерных цепей. В результате, под воздействием ВТО полностью восстанавливается целостность покрытия. Следует отметить, что режимы ВТО, указанные в методике, были подобраны опытным путем и оптимизированы для конкретного типа полиуретанового покрытия. Изменение параметров ВТО (температура, время) может существенно повлиять на эффективность восстановления. Например, чрезмерно высокая температура может привести к деструкции полимера и, как следствие, к ухудшению свойств покрытия. Слишком короткое время обработки может быть недостаточным для полного восстановления.

Выводы

Разработана методика, позволяющая объективно оценить способность текстильных материалов с полимерным покрытием к самовосстановлению после прокола швейной иглой. Она включает в себя процесс

Таблица 7 – Результаты оценки способности к самовосстановлению

Table 7 – Results of the assessment of the ability to self-healing

Шифр элемент. пробы	Средне-арифметическое элементарных проб, балл	Степень способности к самовосстановлению элементарных пробы	Худший результат точечной пробы	Степень способности к самовосстановлению материала
№ 1с.1	2	I	2*ВТО	I*ВТО
№ 1с.2	2*ВТО	I*ВТО		
№ 1с.3	2	I		
№ 2р.1	2	I	2*ВТО	I*ВТО
№ 2р.2	2	I		
№ 2р.3	2*ВТО	I*ВТО		
№ 3г.1	2	I	2	I
№ 3г.2	2	I		
№ 3г.3	2	I		
№ 4ч.1	2	I	2	I
№ 4ч.2	2	I		
№ 4ч.3	2	I		

нанесения повреждений, методы наблюдения за процессом самовосстановления и количественные критерии оценки. Сравнение результатов до и после выдержки позволяет оценить динамику самовосстановления. Полученные результаты дают возможность сравнивать различные материалы и оптимизировать технологию производства самовосстанавливающихся покрытий для легкой промышленности, обеспечивая повышение их долговечности.

Наблюдаемая разница в поведении исследуемых образцов напрямую связана с толщиной полимерного покрытия. Более толстые образцы обладают большей способностью к самовосстановлению без дополнительной обработки, в то время как более тонкие образцы

требуют дополнительной активации процесса восстановления посредством ВТО. Эти результаты подчеркивают важность контроля толщины полимерного покрытия и материала в целом при производстве и необходимости корректировки технологических процессов в зависимости от требуемых свойств материала.

Точность разработанной методики заключается в ее объективности и комплексном подходе к оценке самовосстановления. Дальнейшее развитие методики может включать в себя автоматизацию процесса испытаний, а также расширение спектра оцениваемых параметров. Это позволит повысить точность и эффективность оценки способности полимерного покрытия текстильных материалов к самовосстановлению после прокола швейной иглой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Бузов, Б.А. (2010). *Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство)*: учебник. Москва: Академия, Российская Федерация.

Гаврилова, О.В. и Никитина, Л.Л. (2013). Особенности проектирования и изготовления изделий легкой промышленности из современных комплексных полимерных материалов. *Вестник Казанского технологического университета*, Т. 16, № 18, С. 136–140.

Гаврилова, О.Е. и Никитина, Л.Л. (2014). Применение перспективных полимерных материалов в легкой промышленности для повышения качества изделий. *Вестник Казанского технологического университета*, Т. 17, № 18, С. 96–99.

Герасимова, Н.А. и Коваленко, Н. (2012). Как правильно подобрать иглу SCHMETZ для пошива кожи. *Швейная промышленность*, № 3, С. 15.

Каблов, В.Ф., Новопольцева, В.Г. и Кочетков, В.Г. (2018). *Технология переработки полимеров*: учеб. пособие. Волжский, Российская Федерация.

Кудринский, С.В. и Тюрин, И.Н. (2022). Исследование свойств и определение состава экоматериалов на основе растительной кожи. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 3 (399), С. 81–85.

Марущак, Ю.И., Ясинская, Н.Н. и Петюль, И.А. (2023). Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 2 (404), С. 103–111.

Марущак, Ю.И. и Ясинская, Н.Н. (2025). Влияние толщины универсальной швейной иглы на способность самовосстановления целостности полиуретанового покрытия тканей. *Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием ИНТЕКС-2025*, Ч. 2, С. 253–257.

Осовская, И.И., Литвинов, М.Ю. и Васильева, А.П. (2020). *Технология полимеров. Применение и переработка. Самовосстанавливающиеся покрытия*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Российская Федерация.

Русаков, К.А. и Бурых, Г.В. (2019) Современные материалы, используемые для изготовления автомобильных чехлов. *Современные автомобильные материалы и технологии: сборник статей XI Международной научно-технической конференции*, С. 282–286.

Ситников, Н.Н., Хабибуллина, И.А. и Машенко, В.И. (2018). Самовосстанавливающиеся материалы: обзор механизмов самовосстановления и их применений. *Видеонаука*, № 1 (9), С. 2–30.

Стельмашенко, В.И. и Розаренова, Т.В. (2021). *Материалы для одежды и конфекционирование*. Москва, Российская Федерация.

Щербакова, Н.И. (2020). *Развитие методов оценки технологических свойств современных материалов для целей проектирования и изготовления одежды*. Красноярск, Российская Федерация.

Ясинская, Н.Н., Марущак, Ю.И. и Скобова, Н.В. (2024). Влияние кратности вспенивания полиуретановой композиции и толщины нанесенного слоя на потребительские свойства искусственных кож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 2 (410), С. 225–232.

Smith, J. et al. (2013). Self-healing properties of polyurethane coatings. *Journal of applied polymer science*, vol. 128, no. 4, pp. 2567–2575.

Stylios, G.K. and Zhu, R. (1998). The mechanism of sewing damage in knitted fabrics. *Journal of textile institute*, part-1, vol. 89, no. 2, pp. 411–421.

REFERENCES

Buzov, B.A. (2010). *Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti (shvejnoe proizvodstvo)* [Materials science in the production of light industry products (sewing production)]. Moscow: Akademiya, Russian Federation (In Russian).

Gavrilova, O.V. and Nikitina, L.L. (2013). Features of design and manufacture of light industry products from modern complex polymeric materials [Osobennosti proektirovaniya i izgotovleniya izdelij legkoj promyshlennosti iz sovremennykh kompleksnykh polimernykh materialov]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kazan technological university*, vol. 16, no. 18, pp. 136–140 (In Russian).

Gavrilova, O.E. and Nikitina, L.L. (2014). Application of promising polymeric materials in light industry to improve the quality of products [Primenenie perspektivnykh polimernykh materialov v legkoj promyshlennosti dlya povysheniya kachestva izdelij]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kazan technological university*, vol. 17, no. 18, pp. 96–99 (In Russian).

Gerasimova, N.A. and Kovalenko, N. (2012). How to choose the right SCHMETZ needle for sewing leather [Kak pravil'no podbrat' iglu SCHMETZ dlya poshiva kozhi]. *Shvejnaya promyshlennost' = Sewing industry*, no. 3, pp. 15 (In Russian).

Kablov, V.F., Novopoltseva, V.G. and Kochetkov, V.G. (2018). *Tekhnologiya pererabotki polimerov* [Polymer processing technology]. Volzhsky, Russian Federation (In Russian).

Kudrinsky, S.V. and Tyurin, I.N. (2022). Study of properties and determination of composition of eco-materials based on plant leather [Issledovanie svoystv i opredelenie sostava ekomaterialov na osnove rastitel'noj kozhi]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti = News of higher educational institutions. Technology of textile industry*, no. 3 (399), pp. 81–85 (In Russian).

Marushchak, Yu.I., Yasinskaya, N.N. and Petyul, I.A. (2023). Development of a nomenclature of quality indicators and evaluation of eco-leather properties [Razrabotka nomenklatury pokazatelej kachestva i ocenka svoystv ekokozh]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*, no. 2 (404), pp. 103–111 (In Russian).

Marushchak, Yu.I. and Yasinskaya, N.N. (2025). Effect of the thickness of a universal sewing needle on the ability of self-healing integrity of polyurethane coating of fabrics [Vliyaniye tolshchiny universal'noj shvejnoj igly na sposobnost' samovosstanovleniya celostnosti poliuretanovogo pokrytiya tkanej]. *Sbornik materialov Vserossiyskoj nauchnoj konferencii molodykh issledovatelej s mezhdunarodnym uchastiem INTEKS-2025 = Collection of materials of the All-Russian scientific conference of young researchers with international participation INTEX-2025*, part 2, pp. 253–257 (In Russian).

Osovskaya, I.I., Litvinov, M.Yu. and Vasilyeva, A.P. (2020). *Tekhnologiya polimerov. Primenenie i pererabotka. Samovosstanavlivayushchiesya pokrytiya* [Polymer technology. Application and processing. Self-healing coatings]. Saint Petersburg: Saint Petersburg state university of industrial technologies and design, Russian Federation (In Russian).

Rusakov, K.A. and Burykh, G.V. [2019] Modern materials used for the manufacture of car seat covers [Sovremennyye materialy, ispol'zuemye dlya izgotovleniya avtomobil'nyh chekhlov]. *Sovremennyye avtomobil'nye materialy i tekhnologii: sbornik statej XI Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* = *Modern automotive materials and technologies: collection of articles from the XI International scientific and technical conference*, pp. 282–286 [In Russian].

Shcherbakova, N.I. [2020]. *Razvitie metodov ocenki tekhnologicheskikh svoystv sovremennykh materialov dlya celej proektirovaniya i izgotovleniya odezhdy* [Development of methods for assessing the technological properties of modern materials for the purposes of designing and manufacturing clothing]. Krasnoyarsk, Russian Federation [In Russian].

Sitnikov, N.N., Khabibullina, I.A. and Mashchenko, V.I. [2018]. Self-healing materials: a review of self-healing mechanisms and their applications [Samovosstanavlivayushchiesya materialy: obzor mekhanizmov samovosstanovleniya i ih primenenij]. *Videonauka* = *Video science*, no. 1 (9), pp. 2–30 [In Russian].

Smith, J. et al. [2013]. Self-healing properties of polyurethane coatings. *Journal of applied polymer science*, vol. 128, no. 4, pp. 2567–2575.

Stelmashenko, V.I. and Rozarenova T.V. [2021]. *Materialy dlya odezhdy i konfekcionirovanie* [Clothing materials and confectionery]. Moscow, Russian Federation [In Russian].

Stylios, G.K. and Zhu, R. [1998]. The mechanism of sewing damage in knitted fabrics. *Journal of textile institute*, part-1, vol. 89 no. 2, pp. 411–421.

Yasinskaya, N.N., Marushchak, Yu.I. and Skobova, N.V. [2024]. Influence of the foaming ratio of the polyurethane composition and the thickness of the applied layer on the consumer properties of artificial leather [Vliyanie kratnosti vspenivaniya poliuretanovoy kompozicii i tolshchiny nanesennogo sloya na potrebitel'skie svoystva iskusstvennykh kozh]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*, no. 2 (410), pp. 225–232.

Информация об авторах

Information about the authors

Марущак Юлия Игоревна

Аспирант кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: tonk.00@mail.ru

Ясинская Наталья Николаевна

Доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yasinskaynn@rambler.ru

Петюль Ирина Анатольевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое регулирование и товароведение», проректор по учебной работе, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: petyl@inbox.ru

Yulia I. Maruschak

Postgraduate Student of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: tonk.00@mail.ru

Natallia N. Yasinskaya

Doctor of Science (in Engineering), Associate Professor, Chair of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasinskayann@rambler.ru

Irina A. Petyul

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor at the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vice-Rector for Academic Affairs, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: petyl@inbox.ru