

в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2025. – Т. 2. – С. 67–70.

2. ГОСТ 28966.1-91. Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 05.04.1991 № 454 : дата введения 1992.01.01.– Москва : Изд-во стандартов, 1992. – 9 с.

3. О безопасности продукции легкой промышленности : ТР ТС 017/2011 – 2011. – утв. Решением Комиссии Таможенного союза № 876 от 2011 – 12 – 09. – 44 с.

УДК 685.34.017

### **Оценка водозащитных свойств ниточно-клеевых соединений мембранных материалов при моделировании эксплуатационных нагрузок**

**Панкевич Д. К., доц., к.т.н,  
Овчинникова Т. А., маг.**

Витебский государственный  
технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

*Реферат.* В статье рассмотрены современные подходы к обеспечению влагозащитных свойств изделий легкой промышленности, включая одежду и обувь бытового, спортивного и специального назначения. Особое внимание уделено проблеме герметизации ниточных соединений, которые традиционно являются зонами повышенной уязвимости. Проанализированы типы герметизирующих лент, параметры оборудования и технологические режимы, влияющие на долговечность и стабильность влагозащитных соединений. Представлены результаты экспериментальных исследований с использованием метода моделирования механических воздействий, позволяющего оценить поведение соединений в условиях, приближенных к реальной эксплуатации. Показано, что визуальная оценка качества соединений недостаточна и требуется комплексная методика испытаний, включающая контроль показателей водозащитных свойств материалов и их соединений до и после моделирования эксплуатационных нагрузок. Полученные результаты позволяют сделать вывод о высокой эффективности ниточно-клеевых соединений при условии правильного подбора параметров герметизации и подтверждают необходимость выполнения оценки стабильности водонепроницаемости соединений

*для получения надежных и долговечных влагозащитных изделиях легкой промышленности.*

*Ключевые слова: водонепроницаемость, ниточно-клеевые соединения, герметизация швов, моделирование механических воздействий, оценка.*

Влагозащитные изделия легкой промышленности, к которым относятся одежда и обувь бытового, спортивного и специального назначения, являются важнейшей категорией продукции, обеспечивающей комфорт и безопасность человека в условиях повышенной влажности, атмосферных осадков и низких температур. Основу таких изделий составляют современные текстильные мембранные и композиционные материалы, которые характеризуются сочетанием водонепроницаемости и паропроницаемости, что позволяет одновременно защищать от влаги снаружи и выводить излишнюю влагу из пододежного пространства [1, 2].

Однако эффективность этих материалов во многом зависит от способов соединения деталей в готовом изделии. Материалы с высокими показателями водонепроницаемости теряют свои влагозащитные свойства при неправильном или недостаточно качественном выполнении соединений. Швы, выполненные традиционными ниточными методами, являются потенциальными каналами проникновения влаги, поскольку процесс стачивания приводит к повреждению мембранного слоя [3, 4].

Для сохранения эксплуатационных свойств изделий необходимо применение специализированных технологий соединения: герметизация швов с помощью термоклеевых лент, использование влагостойких нитей с WR- или DWR-обработкой, а также внедрение клеевых и сварных методов соединения деталей. Только при комплексном подходе удастся обеспечить соответствие изделий международным стандартам качества, обеспечивая надежность в условиях интенсивной эксплуатации [5, 6].

Таким образом, влагозащитные соединения являются ключевым звеном в производстве одежды и обуви из мембранных материалов. Они определяют функциональные характеристики готового изделия, его долговечность, устойчивость к неблагоприятным климатическим воздействиям и соответствие современным требованиям эргономики и безопасности [7].

Самыми популярными являются ниточно-клеевые соединения, обеспечивающие высокую степень герметичности и прочности изделий из влагозащитных материалов [8].

Широкое распространение ниточно-клеевых соединений объясняется их универсальностью. С одной стороны, ниточное соединение гарантирует механическую прочность и стабильность размеров изделия, что особенно важно при эксплуатации в условиях многократных нагрузок. С другой стороны, применение клеевых лент или покрытий позволяет компенсировать недостатки ниточных швов, устраняя микроповреждения материала в местах проколов иглой.

С точки зрения эксплуатационных свойств, ниточно-клеевые соединения демонстриру-

ют высокую устойчивость к стиркам, изгибам и истиранию. В среднем срок службы таких соединений в два-три раза выше, чем у традиционных ниточных швов без герметизации. Это особенно важно при производстве обуви и верхней одежды, которые подвергаются воздействию влаги, механических нагрузок и перепадов температур. Выбор материалов, используемых для герметизации швов, разнообразен (табл. 1). Качество и долговечность влагозащитных соединений во многом определяется не только выбором материалов и типа ленты, но и параметрами технологического процесса её нанесения.

Процесс герметизации швов основан на том, что под действием струи горячего воздуха термоклеевой слой герметизирующей ленты расплавляется, лента приклеивается к ниточному шву двумя силиконовыми роликам под давлением, герметизируя отверстия, оставшиеся после швейной иглы. Оборудование для герметизации позволяет регулировать температуру нагрева, скорость подачи материала, скорость обдува, давление прижимных роликов, натяжение ленты и ширину рабочей зоны [9]. Именно диапазон изменения этих параметров определяет гибкость производственного процесса и возможность адаптации технологии к различным видам материалов. При этом важна грамотная настройка оборудования (табл. 2).

**Таблица 1 – Виды и назначение лент для герметизации швов**

Название	Назначение	Точка плавления клея, °С
Универсальные термоклеевые ленты на текстильной основе	Герметизация ниточных и сварных швов на средних и тяжелых материалах в изделиях без подкладки, в том числе в обуви	90–120
Однослойные ПВХ (PVC) ленты	Герметизация ниточных швов на ПВХ материалах и материалах с ПВХ покрытием	160–180
Декоративные и светоотражающие ленты наружного применения	Герметизация ниточных и сварных швов и декоративное оформление лицевой стороны изделия, в том числе для повышения видимости в темное время суток	130+/-5
Полиуретановые ленты	Герметизация ниточных и сварных швов на всех видах материалов в изделиях на подкладке	130–160
3-слойные мембранные ленты	Герметизация ниточных и усиление сварных швов на средних и тяжелых мембранных материалах, в том числе обувных, без потери паропроницаемости	130–160
Эластичные клеевые ленты	Наружная и внутренняя герметизация швов изделий из эластичных материалов	130–160
Антибактериальная и химически стойкая лента	Герметизации ниточных и сварных швов на нетканых материалах в изделиях ветеринарного и медицинского назначения	90–120

Анализ данных таблиц 1 и 2 показывает, что при установлении параметров герметизации необходимо учитывать не только вид соединяемых материалов, но и особенности скрепляющих материалов. Настройки оборудования варьируются в широких пределах. Так, диапазон варьирования температуры составляет от 180 °С до 600 °С, давления – от 1 кг/см<sup>2</sup> до 2,5 кг/см<sup>2</sup>, скорости – от 3 м/мин до 15 м/мин.

**Таблица 2 – Рекомендуемые параметры настройки оборудования для герметизации**

Название	Настройки оборудования		
	Температура, °С	Давление, кг/см <sup>2</sup>	Скорость, м/мин
Универсальные термоклеевые ленты	380–500	1,1–1,5	6–8
ПВХ (PVC) ленты	500–600	1,1–1,8	5–10
Декоративные ленты наружного применения	350–550	1,1–1,8	3–15
Полиуретановые ленты	400–550	1,1–1,8	5–15
Светоотражающие ленты	350–550	1,1–1,8	3–15
3-слойные мембранные ленты	450–580	1,5–2,5	3–15
Эластичная клеевая лента	450–580	1,5–2,5	3–15
Антибактериальная и химически стойкая лента	180–380	1,0–1,5	6–8

Для правильной наладки оборудования необходимо проводить испытания получаемых соединений, поскольку визуально оценить их эксплуатационные характеристики невозможно.

Оценка качества герметизированных соединений должна включать не только лабораторные испытания на сопротивление давлению воды, но и моделирование эксплуатационных условий. Причем, проводится эта оценка должна на этапе проектирования технологического процесса изготовления с целью подбора оптимальных параметров герметизации ниточных швов [10].

Целью работы является апробация методики оценки водозащитных свойств ниточно-клеевых соединений влагозащитных материалов при моделировании эксплуатационных нагрузок для контроля качества технологического процесса их получения.

Для моделирования эксплуатационных воздействий предлагается метод «бегущей складки», который реализуется с помощью флексометра для испытания кож на многократный изгиб марки ИПК-2М. Сущность метода заключается в многоцикловом нагружении пробы знакопеременным изгибом (наружу и вовнутрь), который сосредоточен в центре пробы.

Характеристики промокания швов предлагается определять портативным прибором, разработанным коллективом авторов УО «ВГТУ», принцип работы которого описан в ис-

точнике [11]. Используемый способ оценки водозащитных свойств материалов основан на изучении промокания материала при заданном гидростатическом давлении по изменению его электрической проводимости. Для проведения испытания использовали дистиллированную воду со стабилизированной удельной проводимостью (раствор поваренной соли в воде 5 г/дм<sup>3</sup>). В измерительную ячейку прибора, связанную с манометром, заливали солевой раствор до образования выпуклого мениска. Сверху на испытательную ячейку укладывали элементарную пробу. Солевой раствор приводили в контакт с исследуемой пробой образца (со стороны герметизирующей ленты), закрывая испытательную ячейку крышкой. Через систему «раствор–проба–прибор» пропускали электрический ток, повышали гидростатическое давление до заданного уровня и наблюдали процесс промокания материала во времени, регистрируя время наступления четырех стадий промокания материала, которым соответствуют определенное напряжение  $U$ ,  $B$ , привес влаги в материале  $\Delta w$ , %, и конкретные теплоощущения человека (табл. 3). Время достижения каждой стадии промокания отсчитывали от момента повышения давления.

**Таблица 3 – Характеристика стадий промокания материалов**

	$U$ , $B$	$\Delta w$ , %	Теплоощущение человека при контакте с изнаночной стороной
$t_1$ – начало насыщения влагой	3	3–9	не ощущается
$t_2$ – полное насыщение влагой	6	10–36	едва заметное охлаждение
$t_3$ – начало сквозного промокания	9	37–65	охлаждение
$t_4$ – сквозное промокание	12	66–82	увлажнение

Испытания по показателям водозащитных свойств до и после моделирования эксплуатации проведены для полученных в производственных условиях ОАО «Красный Октябрь» комбинированных ниточно-клеевых соединений образцов материалов. Материалы используются в качестве подкладки водонепроницаемой обуви и должны сохранять стабильно высокую водонепроницаемость при эксплуатации.

Элементарные пробы образцов материалов вырезали размерами (50x80) мм. Количество проб для испытаний не менее трех, со следующим расположением швов:

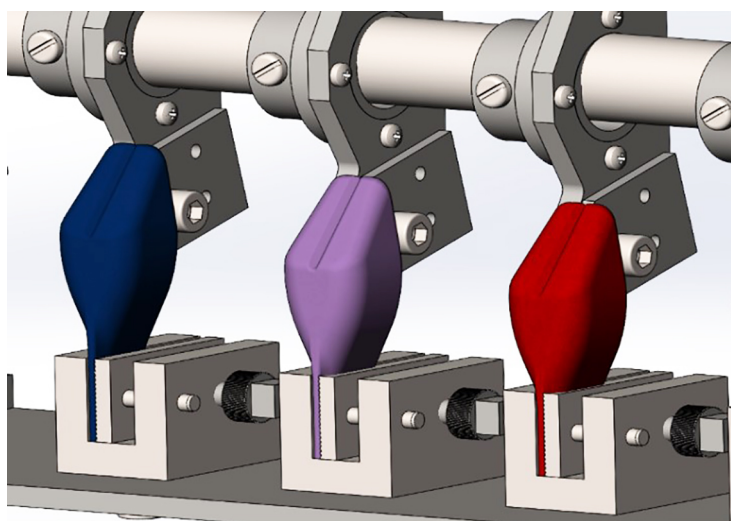
- по центру пробы в продольном направлении (тип пробы «вдоль»);
- по центру пробы в поперечном направлении (тип пробы «поперек»);
- с пересекающимися в форме буквы «Т» швами по центру пробы (тип пробы «Т»).

Перед испытанием элементарные пробы кондиционировали при относительной влажности воздуха (65±4) % и температуре (20±2) °С не менее 24 ч.

Пробы материалов со швами зажимали в зажимах флексометра (рис. 1) герметизирующей лентой наружу. Задавали нагрузку 15 000 циклов знакопеременного изгиба.

Испытывали образцы соединений материалов для подкладки обуви:

Образец № 1: комплексный текстильный материал с мембраной арт. XLH;



**Рисунок 1 – Схема заправки образца**

точно-клеевых соединений для группы схожих по структуре образцов, соединенных одним и тем же способом с применением одних и тех же скрепляющих материалов.

Участки соединений деталей водонепроницаемых изделий должны обладать таким же уровнем водонепроницаемости, как соединяемые материалы. При исследовании образцов материалов выявлено, что их водонепроницаемость составляет свыше 100 кПа. В связи с этим принято решение условия проведения испытаний для тестируемых образцов применять следующие: при нормальных климатических условиях ( температура воздуха  $20 \pm 2$  °С, влажность воздуха  $65 \pm 4$  %) на 30 минут задавать нагрузку гидростатическим давлением величиной 40 кПа, после чего в случае отсутствия признаков промокания повышать гидростатическое давление до 100 кПа и выдерживать еще 30 минут. При указанных выше условиях испытанию подвергали:

- образцы материалов со швами, герметизированными лентой (по три элементарные пробы каждого образца);
- образцы материалов со швами, герметизированными лентой, после воздействия на них 15 000 циклов знакопеременного изгиба (по три элементарные пробы каждого образца, выкроенные с различным расположением шва относительно длинной стороны пробы). Тип элементарной пробы со швом и направление раскроя соединяемых деталей определяли по запросу представителя предприятия. Результаты испытаний представлены в таблице 4.

При испытании элементарных проб, выкроенных из образца № 1, выявлено, что при использовании заданных технологических параметров герметизации шва, до моделирования эксплуатации швы выдерживают заданную нагрузку, но после моделирования эксплуатации швы быстро промокают уже при гидростатическом давлении 40 кПа, независимо от направления шва на пробе.

Образец № 2: комплексный текстильный материал с мембраной арт. FAN;

Образец № 3: комплексный текстильный материал с мембраной арт. PAR.

Вид герметизирующей ленты, технологические параметры получения ниточно-клеевого соединения материалов являются коммерческой тайной предприятия.

Цель испытаний – оценить возможность применения единых параметров получения ниточно-клеевых соединений для группы схожих по структуре образцов, соединенных одним и тем же способом с применением одних и тех же скрепляющих материалов.

Таблица 4 – Результаты испытаний

Номер образца	Тип пробы (направление шва)	Время достижения стадий промокания при давлении 40 кПа, мин				Время достижения стадий промокания при давлении 100 кПа, мин			
		$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
до моделирования эксплуатации									
1 (XLH)	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
2 (FAN)	(поперек)	-	-	-	-	18	24	28	30
	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
3 (PAR)	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
после моделирования эксплуатации (15 000 циклов знакопеременного изгиба)									
1 (XLH)	(вдоль)	0,2	0,3	0,5	0,6	не проводили опыт*			
	(поперек)	0,2	0,3	0,5	1				
	(Т)	1	2	15	19				
2 (FAN)	(вдоль)	0,5	0,9	1	2	не проводили опыт*			
	(поперек)	-	-	-	-				
	(Т)	-	-	-	-				
3 (PAR)	(вдоль)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(поперек)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(Т)	-	-	-	-	-	-	-	-

\*Примечание: на точечных пробах, промокнувших насквозь при давлении 40 кПа, продолжение испытания при 100 кПа нецелесообразно.

При испытании элементарных проб, выкроенных из образца № 2, выявлено, что до моделирования эксплуатации, швы выдерживают нагрузку 40 кПа, однако при повышении давления до уровня 100 кПа одна из трех элементарных проб достигла стадии сквозного промокания за 30 минут. После моделирования эксплуатации швы, расположенные поперек элементарной пробы и перекрещивающийся по форме буквы «Т», не промокают при заданной нагрузке. Однако шов, расположенный вдоль элементарной пробы, быстро промок уже при гидростатическом давлении 40 кПа.

Отличные результаты испытаний и высокий уровень устойчивости к моделированию эксплуатации продемонстрировал только один из трех образцов материалов

(образец № 3), для которого выбранные режимы герметизации оказались оптимальными.

По результатам испытаний выявлено, что применить единые параметры получения ниточно-клеевых соединений для проанализированной группы схожих по структуре образцов невозможно, указанные режимы герметизации обеспечивают стабильную водонепроницаемость соединений в заданных условиях только для образца № 3.

Таким образом, предложенная методика позволяет оценивать стабильность водозащитных свойств соединений водозащитных материалов и оперативно корректировать технологические режимы их получения по результатам кратковременных испытаний. Применение методики обеспечивает возможность воспроизведения реальных эксплуатационных условий, в которых изделия из влагозащитных материалов подвергаются динамическим нагрузкам. В процессе носки одежды и обуви неизбежно возникают участки локального напряжения, эти зоны становятся наиболее уязвимыми с точки зрения сохранения герметичности: в местах складкообразования нарушается целостность клеевого слоя, ослабляется адгезия герметизирующих лент и увеличивается вероятность появления микропор, через которые влага может проникнуть внутрь изделия.

В условиях многократных изгибов, моделируемых предлагаемым оборудованием, в местах проколов от иглы создаются зоны концентрации напряжений, которые ускоряют разрушение клеевого покрытия герметизирующей ленты. Моделирование позволяет выявить критический предел числа циклов изгиба, при котором соединение теряет свою герметичность. Эти данные необходимы для прогнозирования долговечности изделий и выбора оптимальной технологии герметизации.

Кроме того, методика открывает возможность сравнительного анализа различных материалов и способов соединения. Она позволяет выявлять закономерности влияния толщины материала, типа мембраны, структуры основы, а также параметров герметизирующей ленты на устойчивость к моделированию эксплуатации. Полученные результаты смогут служить основой для совершенствования нормативных документов, регламентирующих испытания влагозащитных изделий, так как действующие стандарты зачастую не учитывают динамический характер эксплуатационных нагрузок.

Таким образом, предложенная методика является эффективным инструментом для комплексной оценки эксплуатационной надёжности влагозащитных материалов и их соединений. Она позволяет прогнозировать изменение водозащитных свойств материалов и соединений в процессе эксплуатации. Внедрение данной методики повысит качество и долговечность готовых изделий лёгкой промышленности.

#### Список использованных источников

1. Жукова, И. А. Перспективные технологии изготовления швейных изделий различного ассортимента. Особенности технологических процессов обработки высококачественной спортивной одежды из мембранных материалов / И. А. Жукова, Т. Б. Нессирио. – Санкт-Петербург, 2017. – 67 с.
2. Мембранные ткани. – URL: [www.apex-tour.com.ua/membrannye-tkani](http://www.apex-tour.com.ua/membrannye-tkani) (дата обращения)

ния: 18.09.2025). – Текст : электронный.

3. Метелёва, О. В. Теоретико-технологическая разработка процессов герметизации швейных изделий для повышения водозащитных свойств : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : специальность 05.19.04 – «Технология швейных изделий» / Метелёва Ольга Владимировна. – Иваново, 2007. – 253 с.

4. Meteleva, O. Research of the influence of the polymer composition structure on the film material properties for special clothes production / O. Meteleva, L. Bondarenko, T. Komarova // Key Engineering Materials. – 2021. – Vol. 899 KEM. – P. 98–103.

5. Покровская, Е. П. Разработка процесса герметизации ниточных соединений в изделиях из водонепроницаемых материалов Иваново, 2004. – URL: <https://docs.yandex.by/docs/view?tm=1739895302&tld=by&lang=ru&name=01002622628.pdf&text> (дата обращения: 14.09.2025). – Текст : электронный.

6. Покровская, Е. П. Разработка перспективной технологии герметизации ниточных соединений водонепроницаемых изделий из композиционных материалов / Е. П. Покровская [и др.] // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2002): Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – Иваново: ИГТА, 2002. – С. 284–285.

7. Покровская, Е. П. Перспективная технология герметизации ниточных соединений водонепроницаемых изделий / Е. П. Покровская, О. В. Метелева, В. В. Веселов // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск - 2000): Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – Иваново: ИГТА, 2000. – С. 93–94.

8. Метелева, О. В. Оптимизация свойств исходных компонентов и структуры герметизирующего материала / О. В. Метелева, Е. П. Покровская // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2011. – Т. 14, № 4. – С. 19–23.

9. Бодрякова, Л. Н. Технология изделий легкой промышленности : учебное пособие / Л. Н. Бодрякова, А. А. Старовойтова. – Омск: Омский гос. ин-т сервиса, 2013. – 165 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/18263> (дата обращения: 14.09.2025). – Текст : электронный.

10. Горева, Е. П. Процессы изготовления изделий из материалов. Содержащих синтетические волокна и имеющих специальное покрытие : учебное пособие для студентов вузов / Е. П. Горева. – СПб.: СПГУПТД, 2010. – 58 с. – URL: [http://publish.sutd.ru/tp\\_ext\\_inf\\_publish.php?id=636](http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=636) (дата обращения: 14.09.2025). – Текст : электронный.

11. Панкевич, Д. К. Способ и критерии оценки водозащитных свойств материалов и изделий из них / Д. К. Панкевич // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2025. – №3(417). – С. 146–156.