

Анализ и совершенствование методики оценки прочности ниточных соединений деталей верха обуви

Н. Н. Пряник, В. Д. Борозна,
А. Н. Буркин

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. Актуальность. Качество обуви во многом зависит от целого комплекса свойств, важным показателем которых считается прочность обуви. Прочность обуви в основном обусловлена прочностью её соединений (клеевых, ниточных, клеениточных, сварных и т. д.). Структурный анализ исследований эксплуатационных дефектов обуви показывает, что 15–20 % возвращенной обуви имеет дефекты ниточных соединений. Наибольший процент дефектов приходится на такие позиции, как «разрыв материала заготовки по строчке», «разрыв верхнего канта», «сваливание строчки с края детали», «разрыв строчки». Это связано с действием ряда факторов, проявляющихся во время изготовления и эксплуатации, а также свойствами соединяемых материалов.

Современная методика оценки качества ниточных соединений не учитывает факторы, возникающие в процессе носки обуви, и не отражает реальные условия её эксплуатации. Стандартная методика прочностных испытаний швов при одноцикловом растяжении не позволяет однозначно прогнозировать надёжность соединения деталей заготовки верха обуви при эксплуатации. Поэтому проблема повышения прочности и надёжности соединений обуви остаётся актуальной, так как разрыв соединений является одним из основных дефектов обуви. Таким образом, возникает необходимость в исследовании прочности ниточных соединений и материалов, применяемых при изготовлении швов, с целью выявления недостатков методики оценки прочности ниточных соединений деталей верха обуви и разработки рекомендаций по её совершенствованию.

Цель работы является исследования прочности ниточных соединений и материалов, применяемых при изготовлении швов, с целью выявления недостатков методики оценки прочности ниточных соединений деталей верха обуви и разработки рекомендаций по её совершенствованию.

Методы исследований – стандартные методики испытаний при исследовании физико-механических и прочностных свойств материалов для верха обуви и ниточных соединений.

Результаты работы – даны рекомендации по устранению недостатков стандартизированного метода оценки прочности ниточных соединений деталей верха обуви.

Ключевые слова: обувь, детали верха, ниточные соединения, прочность, оценка качества.

Информация о статье: поступила 04 марта 2025 года.

Analysis and improvement of the methodology of estimation of strength of threaded joints of shoe upper parts

Natalia N. Pryanik, Vilia D. Borozna,
Alexander N. Burkin

*Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*

Abstract. Relevance. The quality of footwear largely depends on a comprehensive set of properties, among which the strength of footwear is a significant indicator. The footwear strength is primarily determined by the strength of its joints (adhesive, thread-adhesive, welded, etc.). Structural analysis of studies on operational defects of footwear reveals that 15–20 % of returned shoes exhibit defects in threaded joints. The largest percentage of defects falls on such positions as “tearing of the workpiece material along the stitching”, “upper edge tearing”, “stitch detachment from part edges”, “stitching breakage”. This is due to various factors arising from manufacturing processes, operational stresses and material properties.

Current methods for evaluating quality of threaded joints fail to account for dynamic wear factors or replicate real-world operation conditions. The standard method of strength tests of seams under single-cycle stretching does not reliably predict the operational durability of shoe upper joints. Therefore, the problem of improving the strength and reliability of the joints of footwear remains relevant, since the rupture of joints is one of the main defects of footwear. Thus, there is a need to study the strength of threaded joints and materials used in the manufacture of seams, in order to identify the shortcomings of the methodology for assessing the strength of threaded joints in shoe upper parts and to propose improvements.

The purpose of the work: To investigate the strength of thread joints and materials used in the manufacture of seams, identify the shortcomings of the methodology for assessing the strength of thread joints in shoe upper parts, and propose recommendations for its improvement.

Methods of research: Standard test methods focused on the physical-mechanical and strength properties of materials for shoe upper and threaded joints.

Results of the work: Recommendations to eliminate the shortcomings of the standardized method used to assess the strength of threaded joints of shoe upper parts.

Keywords: footwear, shoe upper parts, threaded joints, strength, quality assessment.

Article info: received March 04, 2025.

Введение

Производство обуви – это сфера высоких технологий. Количество патентов, получаемых ведущими разработчиками обуви, не сильно отстает от других ведущих отраслей. Стремление сохранить конкурентоспособность в условиях постоянно растущих требований к обуви побуждает производителей искать новые эргономичные подходы и внедрять современные технологии на каждом этапе – от проектирования до выпуска готовой продукции. [А.И. Карасева, 2020].

Однако вопросы, связанные с качеством продукции, остаются актуальными для производителей и потребителей обуви. Качество обуви во многом зависит от целого комплекса свойств, важным показателем которых считается прочность обуви. Прочность обуви в основном обусловлена прочностью её соединений (клеевых, ниточных, сварных и т. д.) [А.Г. Атоян & А.Р. Оганнисян, 2024]. Структурный анализ исследований эксплуатационных дефектов обуви, проведенный в работах [З.А. Минасян & А.Г. Атоян, 2016; А.А. Яковлева & Т.М. Борисова & З.Г. Максина, 2017], показывает, что 15–20 % возвращенной обуви имеет дефекты ниточных соединений. Наибольший процент дефектов приходится на такие позиции, как «разрыв материала заготовки по строчке», «разрыв верхнего канта», «сваливание строчки с края детали», «разрыв строчки». Это связано с действием ряда факторов, проявляющихся во время изготовления и эксплуатации, а также со свойствами соединяемых материалов.

Все виды воздействий на ниточные соединения подразделяются на два типа: технологические и экс-

плуатационные. В зависимости от этапа производства выделяют факторы, воздействующие на стадии проектирования, стадии изготовления и стадии эксплуатации. Выделяют следующие факторы, влияющие на качество шва: свойства сшиваемых материалов, свойства ниток, свойства шва, технические характеристики оборудования, воздействие стопы и окружающей среды.

Качество ниточного соединения также зависит от физико-механических свойств ниток, соединяемых материалов и технологичности ниточного шва. Свойства текстильных ниток зависят от вида используемого для их производства волокна, структуры нити, параметров волокон, состава сырья и сорта нитей [И.А. Калугина & И.Н. Леденева, 2012].

До 1970-х годов в обувной промышленности для сборки заготовок верха обуви использовались преимущественно хлопчатобумажные нитки. Однако с развитием технологий ассортимент ниток значительно расширился, включив синтетические материалы, такие как капроновые, лавсановые и полипропиленовые нитки. Эти материалы обладают повышенной прочностью, устойчивостью к агрессивным средам и износостойкостью.

Ряд научных исследований показал, что прочность ниточных швов зависит от множества факторов, включая тип ниток, параметры швейных игл, частоту строчки и технологические условия сборки. Например, капроновые нитки № 64/3 обладают более высокой прочностью по сравнению с хлопчатобумажными, особенно при использовании игл меньшего диаметра и оптимальной ча-

стоты строчки (6–7 стежков на 1 см). Полипропиленовые нитки оказались наиболее устойчивыми к воздействию кислот и щелочей, что делает их предпочтительными для спецобуви, эксплуатируемой в агрессивных условиях.

Важным аспектом является влияние температуры и трения при шитье. Нагревание иглы до высоких температур (до 320 °С) может привести к повреждению ниток и материалов, особенно при работе с синтетическими кожами. Использование игл с ромбической заточкой позволяет снизить температуру нагрева и уменьшить усилие прокола, что улучшает качество швов.

Параметры технологических процессов, таких как натяжение ниток, расстояние между строчками и ширина припуска, также играют ключевую роль. Например, для двухрядного настрочного шва оптимальная частота строчки составляет 6–6,1 стежка на 1 см, а натяжение верхней нитки – 5,0–5,5 Н. Эти параметры позволяют повысить прочность шва в 2,14 раза по сравнению с нормируемыми значениями.

Исследования также показали, что направление прокладывания строчки влияет на прочность швов. Швы, проложенные параллельно разрывающему усилию, обладают более высокой прочностью по сравнению с диагональными. Укрепление швов межподкладкой и тесьмой значительно повышает их долговечность, особенно в зонах наибольших напряжений, таких как задний шов голенищ.

Имеется ряд зарубежных научных публикаций, посвященных исследованию прочности ниточных соединений (S. Borse et al., 2020; S.A. Ghani, 2011; Daniela Barbulov-Popov & Nenad Cirkovic & Jovan Stepanovic, 2012; Chen, J.C. et al., 2014; B. Kordoghli, C. Kacem Saidene & M. Cheikhrouhou, 2011; Bessem Kordoghli & Morched Cheikhrouhou & Chiraz Kacem Saidene, 2009; F. Harnagea & A. Iovan Dragomir & C. Secan, 2016). В зарубежных исследованиях подтверждено, что прочность шва увеличивается с ростом количества стежков на сантиметр, при этом максимальная прочность достигается при 5 стежках. Настрочные швы с укреплением имеют более высокие показатели прочности по сравнению с открытыми швами.

Ниточные швы обуви подвергаются механическим, физико-химическим и другим воздействиям в процессе производства и эксплуатации, что приводит к их деформации и разрушению. Для оценки их прочности используют стандарт ГОСТ 9290-76 «Обувь. Методы определения прочности ниточных швов соединения

деталей верха», который предполагает статические испытания на разрывной машине. Существующий метод исследования прочности ниточных швов имеет ряд недостатков, которые влияют на процесс проведения испытаний, вследствие чего получаются некорректные данные. Одним из них является то, что расстояние 25 мм между зажимами разрывной машины РМ-250 неудобно для закрепления образцов и наблюдения за характером разрушения ниточных швов.

Предлагаемые размеры образцов практически невозможно выкроить из большинства конструкций обуви, а также из ряда других видов обуви, таких как дошкольная, школьная, мальчиковая, девичья и т. д. В том случае, если шов попадает в область каркасных деталей верха (задник, подносок), непонятно, какие процедуры нужно выполнять. На рисунке 1 изображены места, из которых невозможно выкроить образцы указанного размера.

В стандарте указано, что проводить испытания можно как на готовой обуви, так и на заготовках верха, а это не одно и то же. Заготовка верха обуви после формова-



Рисунок 1 – Примеры конструкции обуви, из которых невозможно выкроить образцы для испытания по ГОСТ 9290-76

Figure 1 – Examples of footwear construction inappropriate for cutting out samples for testing according to GOST 9290-76

ния и влажно-тепловой обработки будет иметь другую структуру комплектующих её материалов, а следовательно, и другие физико-механические свойства. Также совсем непонятно, из каких соображений выбраны размеры непростроченных образцов (рисунок 2).

В процессе проведения испытаний возникает концентрация напряжений на краях ниточных соединений, вследствие чего появляется краевой эффект, связанный с поперечным сокращением образца, что влияет на достоверность получаемых экспериментальных данных (рисунок 2).

Образцы вырезают из тех участков заготовки, которые подвергаются наибольшему напряжению при носке обуви. При эксплуатации детали верха обуви и ниточные швы подвергаются многократным изгибам и растяжениям. Однако в стандарте не предусмотрена процедура циклических испытаний ниточных швов, которая учитывала бы все факторы, возникающие при реальной носке

обуви.

Образцы необходимо вырезать из участков обуви или заготовки с наименьшей кривизной. Из каждого участка вырезают по одному образцу. Это практически сделать очень сложно при предлагаемых стандартом размерах.

Длину строчки, имеющей кривизну, предварительно промеряют ниткой. Ничего не сказано о том, как размещать в этом случае образец и какую величину нужно брать за длину строчки: ширину образца – 40 мм или величину, замеренную ниткой.

При проведении испытаний образец закрепляют в зажимах разрывной машины так, чтобы первая строчка располагалась посередине между зажимами разрывной машины и параллельно граням зажимов. Если строчка криволинейная, последнее не удаётся реализовать.

Подкладку и межподкладку в зажимах не закрепляют. Значит, межподкладку придётся отрывать от наруж-

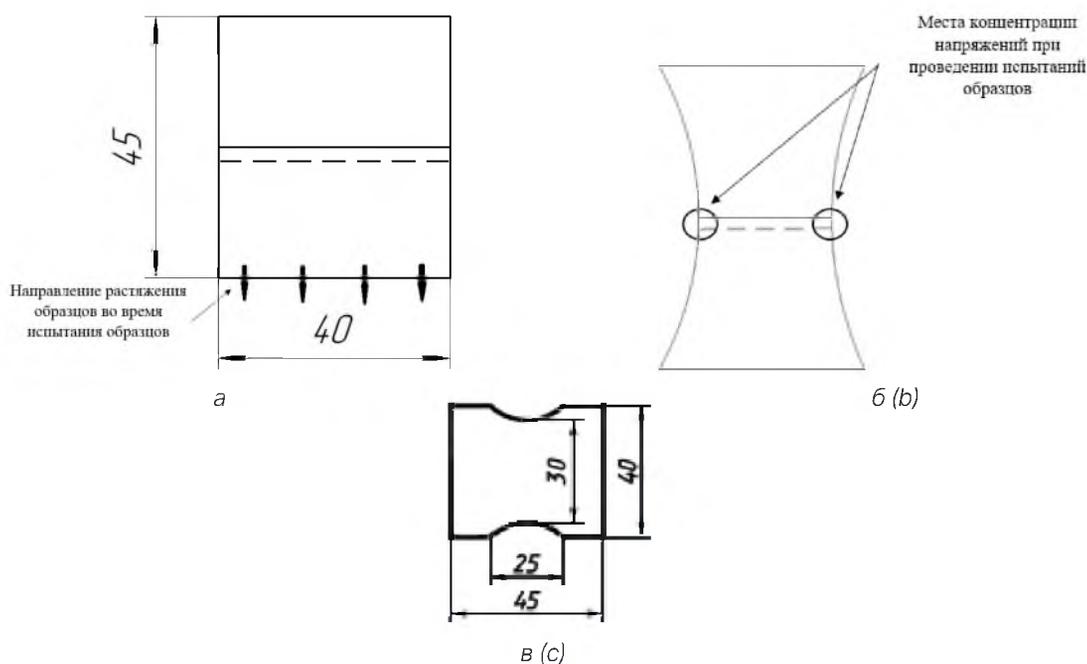


Рисунок 2 – Формы образцов для испытаний ниточных соединений по ГОСТ 9290:

а – форма образца, выкроенного из готовой обуви; б – внешний вид образца в процессе испытания; в – форма непростроченных образцов

Figure 2 – Shapes of samples for testing threaded joints according to GOST 9290:

а – the shape of the sample cut out of finished shoes; б – the view of the sample in the process of testing; в – the shape of unstitched samples

ных деталей верха.

Наряду с отечественной методикой оценки существуют аналогичные зарубежные методы оценки прочности ниточных швов в статических условиях. В работе (А.Н. Буркин & Н.В. Комлева, 2005) проведён сравнительный анализ отечественных и зарубежных методик оценки прочности ниточных соединений (французская NFG 52.020, чешская методика CSN 800110). Чешские и французские методики схожи с отечественными, но отличаются формой образцов и способом нагружения. Например, французский метод использует «граб»-метод, а чешский – «стрип». Однако все эти методы не позволяют полностью оценить эксплуатационные свойства швов, так как они не учитывают многократные растягивающие и стирающие нагрузки, характерные для реальных условий носки.

В условиях последующей эксплуатации в ниточных швах не возникают предельные напряжения, поскольку сдавливание стопы заготовкой верха обуви недопустимо по требованиям эргономичности. Однако при эксплуатации обувные детали и швы подвергаются многократным изгибным и изгибно-растягивающим деформациям при сравнительно невысоком уровне напряжений по сравнению с напряжениями, возникающими в процессе формования. В реальных условиях эксплуатации следует учитывать и возможность механических повреждений единичных стежков, которые также отрицательно влияют на надёжность обуви.

Методика оценки качества ниточных соединений по ГОСТ 9290-76 «Обувь. Методы определения прочности ниточных швов соединения деталей верха» не учитывает факторы, возникающие в процессе носки обуви, и не отражает реальные условия её эксплуатации. С учётом изложенных соображений стандартная методика прочностных испытаний швов при одноцикловом растяжении не позволяет однозначно прогнозировать надёжность соединения деталей заготовки верха обуви при эксплуатации. Поэтому проблема повышения прочности и надёжности соединений обуви остаётся актуальной, так как разрыв соединений является одним из основных дефектов обуви.

Таким образом, данное исследование направлено на анализ прочности ниточных соединений и материалов, применяемых при изготовлении швов, с целью выявления недостатков в существующей методике оценки прочности соединений деталей верха обуви и разработки рекомендаций по её совершенствованию.

Объекты, методы и средства исследования

В связи с тем, что на качество ниточного соединения влияют физико-механические свойства соединяемых материалов, то объектами исследования были выбраны мужские полуботинки осенне-весеннего периода носки, натуральная кожа крупного рогатого скота, применяемая в деталях верха обуви указанной модели обуви, текстильные нитки, используемые при пошиве заготовки верха обуви и ниточные соединения деталей верха обуви.

Отобраны образцы кожматериала типа: Santana, Калифорния спорт, Полуанилин, Фиджи (производства АО «Русская кожа», г. Рязань), Краст (производства ООО «Арсенал Трейд», Россия), ТулипСофти, Милано, Тигина (производства ОАО «Минское производственное кожевенное объединение», агрогородок Гатово, Минский р-н), Спиллок подкладочный (производства АО «Русская кожа», г. Рязань и ОАО «Минское производственное кожевенное объединение», р-н агрогородка Гатово Минский р-н).

Исследования механических свойств натуральной кожи проводят с помощью разрывной машины РТ-250М со скоростью перемещения нижнего зажима 100 мм/мин по ГОСТ 938.11-69 «Кожа. Метод испытания на растяжения». Элементарные пробы выкраивались согласно ГОСТ 938.0-75 «Кожа. Метод отбор проб». Образцы для испытаний на растяжение имеют форму двусторонней лопатки с размерами рабочей части 50x10 мм. Для исследования физико-механических свойств были выкроено 23 образца. Перед испытанием все образцы выдерживаются в нормальных условиях не менее 24 часов.

По данному стандарту были определены следующие физико-механические свойства: толщина, мм; разрывная нагрузка, P_p , Н; предел прочности при разрыве, σ_p , МПа; относительное удлинение при разрыве, ϵ_p , %; относительное остаточное удлинение, $\epsilon_{ост}$, %.

Толщину определяют контактным методом с помощью толщиномера типа ТН 10-60 с погрешностью на всем диапазоне $\pm 0,018$ мм. Перед испытанием образцы выдерживаются в нормальных условиях не менее 24 часов. Удельное давление измерительной площадки толщиномера на образец должно составлять $(0,5-1,5) \cdot 10^4$ Па.

Для определения относительного остаточного удлинения образцы подвергаются деформированию на 15 % и 30 % в зажимах разрывной машины и выдерживаются в течение $(3 \pm 0,5)$ мин. Затем нижнему зажиму разрыв-

ной машины сообщают обратный ход, образец освобождают из зажимов и на 30 мин оставляют в покое в нормальных условиях относительной влажности и температуры воздуха. По истечению указанного времени измеряют длину рабочего участка образца и вычисляют приращение длины в миллиметрах.

Методика является стандартной и характеризует одноосную деформацию и даёт возможность расчёта разрывных характеристик материала. Она является наиболее подходящей для определения физико-механических характеристик материала.

С целью анализа прочностных свойств обувных ниток, применяемых для сборки заготовок на предприятиях Республики Беларусь, и анализа методов оценки качества были проведены исследования по изучению физико-механических свойств обувных ниток. Объектами исследования были выбраны полиэфирные нити с маркировкой 70Л (производства ЗАО «Моснить» и ОАО «Советская звезда»), армированные нити с полиэфирным стержнем с полиэфирной наружной оплеткой маркировки 70ЛЛ (производства ОАО «Советская звезда»), 86Л (производства ОА ПНК «Красная нить»), 86Л-1 (производства ОАО «Советская звезда»), 86ЛЛ (производитель ЗАО «Моснить») и полиэфирная комплексная нить 40/3 (производства «SAFIRA» ltd, Индия), которые в настоящее время используются на ЧТПУП «Ильвада» г. Витебска для сборки заготовок верха обуви.

Для исследуемых нитей определялась фактическая линейная плотность по ГОСТ 6611.1-73 «Нити текстильные. Метод определения линейной плотности». Сущность метода заключается в отматывании нити определенной длины в виде пасмы или отрезка и определении ее массы. Количество точечных проб отбирали не менее 5 образцов. Для определения линейной плотности нитей применяли отрезки нитей длиной 0,5 м.

Для проведения испытания использовали весы лабораторные OHAUS Pioneer PA214C по ГОСТ 24104-2001 «Весы лабораторные. Общие технические условия» специального класса точности.

Физико-механические свойства исследуемых текстильных ниток определяют по ГОСТ 6611.2-73 «Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве». Отбор проб производился по ГОСТ 6611.0-73 «Нити текстильные. Правила приемки» в количестве не менее 10 проб. Для проведения испытания применяют разрывную машину РМ-30-1. Расстояние между зажимами разрывной машины при-

нимали равным (500±1) мм. Скорость опускания нижнего зажима разрывной машины устанавливали равной 100 мм/мин. Подготовка к испытанию проводят по ГОСТ 6611.1-73 «Нити текстильные. Метод определения линейной плотности».

Для исследуемых образцов определяли следующие характеристики:

- разрывную нагрузку P_p , Н (методом разрыва одной нити);
- удлинение при разрыве L , %;
- удельную разрывную нагрузку нитей P_y , сН/текс.

Прочность ниточных соединений материалов верха обуви определяет по ГОСТ 9290-76 «Обувь. Метод определения прочности ниточных швов соединения деталей верха», который распространяется на обувь из натуральной, искусственной и синтетической кожи, текстиля, комбинированную всех видов, конструкций и назначений и устанавливает метод определения прочности ниточных швов соединения деталей верха.

Испытание прочности ниточных швов проводится на разрывной машине, предельная нагрузка которой по соответствующей шкале не должна превышать нагрузку разрыва образцов более чем в 10 раз.

Перед проведением испытания расстояние между зажимами разрывной машины устанавливается 25 мм. Скорость движения нижнего зажима при испытании устанавливается 100 мм/мин.

Образцы для испытания по методике ГОСТ 9290-76 выкраиваются размером 45x40 мм (меньшая сторона располагается вдоль строчки) с размерами рабочей части 25 мм. Форма образцов для испытаний ниточных соединений по ГОСТ 9290 представлена на рисунке 1. Затем выполняется сострачивание образцов, из материалов наружных деталей верха обуви, швами определенных конструкций с закреплением концов строчек.

Перед испытанием измеряется длина строчки образцов масштабной линейкой с погрешностью не более 0,5 мм. Длина строчки измеряется между крайними проколами. После чего образец закрепляют в зажимах разрывной машины так, чтобы шов располагался посередине, т. е. в 12,5 мм от каждого зажима и был параллелен краям зажимов.

По окончании испытания фиксируется разрывная нагрузка и характер разрушения шва.

Прочность шва (P) в ньютонах вычисляется по формуле 1:

$$P = \frac{P_i}{l}, \quad (1)$$

где P_i – разрывная нагрузка образца, Н; l – длина строчки на испытанном образце между крайними проколами, см.

Коэффициент прочности шва (K) в процентах рассчитывается по формуле 2:

$$K = \frac{P_1 \cdot b}{P_2 \cdot l_1} \cdot 100, \quad (2)$$

где P_1 – нагрузка на простроченный образец в момент разрыва, Н; P_2 – наименьшая нагрузка из двух непростроченных образцов в момент разрыва, Н; l_1 – длина шва на простроченном образце между крайними проколами, см; b – ширина непростроченного образца в самом узком участке, см.

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

В таблице 1 представлены усреднённые результаты исследования показателей физико-механических свойств натуральной кожи по 24 образцам.

Для анализа физико-механических свойств натуральных кож будем использовать ГОСТ 939-2021 «Кожа для верха обуви. Технические условия». Данный стандарт распространяется на кожу для верха обуви различного назначения. Все исследованные материалы соответствуют стандарту по толщине. Диапазон предела прочности исследованных натуральных кож составляет от 9,3 до 13,6 МПа. Из таблицы 1 видно, что 74 % исследуемых образцов «в виде лопаточки» не соответствуют норме по показателю «предел прочности при растяжении».

По показателю «предел прочности при разрыве» осуществлена статистическая обработка данных, в таблице 2 представлена статистическая обработка результатов измерения физико-механических свойств.

Анализируя полученные статистические характеристики, можно сделать вывод о том, что точность и надёжность числовых характеристик высокая.

Результаты испытаний физико-механических свойств ниток представлены в таблице 3. В таблице 3 приведены усреднённые значения физико-механических свойств по пяти образцам. Предельно допустимые значения физико-механических свойств представлены в таблице 4.

Анализируя таблицу 3, можно отметить, что полиэфирные нити 70Л производства ОАО «Советская звезда» и 70ЛЛ производства ОАО «Советская звезда» имеют наименьшую разрывную нагрузку. У остальных ниток значение разрывной нагрузки колеблется от 30 Н до 38 Н. Однако все исследуемые образцы не соответствуют требованиям стандарта ГОСТ 30226-93 по показателю «разрывная нагрузка».

У большинства материалов значение коэффициента вариации по разрывной нагрузке колеблется от 0,9 % до 6,1 %. Наименьшее значение коэффициента вариации по разрывной нагрузке у полиэфирной нитки 70Л производства ЗАО «Моснити», а наибольшее значение данного показателя у полиэфирной нитки 70ЛЛ производства ОАО «Советская звезда». Все исследуемые нитки соответствуют требованиям стандарта ГОСТ 30226-93 по данному показателю.

Почти все исследуемые обувные нитки имеют относительное удлинение при разрыве в пределах 14–20 %, что значительно ниже предельно допустимого значения удлинения при разрыве по ГОСТ 30226-93.

Таблица 1 – Усредненные результаты показателей физико-механические свойства натуральной кожи
Table 1 – Averaged results of physical and mechanical properties of natural leather

Показатель	Значение показателя
Толщина, мм	1,6
Разрывная нагрузка P_p , Н	180,0
Предел прочности при разрыве σ_p , МПа	11,2
Относительное удлинение при разрыве ϵ_p , %	73,9
Относительное остаточное удлинение при деформирование образца на 15 %, $\epsilon_{ост1}$, %	15,0
Относительное остаточное удлинение при деформирование образца на 30 %, $\epsilon_{ост2}$, %	26,7

Таблица 2 – Статистическая обработка результатов измерения физико-механических свойств по показателю «предел прочности»

Table 2 – Statistical processing of the results of measuring physical and mechanical properties by the indicator “tensile strength”

Характеристики	Значения
Средняя арифметическая величина \bar{x} , МПа	11,20
Дисперсия $S^2 \{x\}$, МПа ²	2,36
Среднее квадратическое отклонение $S \{x\}$, МПа	1,53
Коэффициент вариации $C_v \{x\}$	0,14
Квадратическая неровнота $C_{v\%} \{x\}$, %	13,7
Абсолютная доверительная ошибка $\epsilon(\bar{x})$, МПа	0,64
Относительная доверительная ошибка $\delta(\bar{x})$, МПа	0,06
Доверительный объем $m(\bar{x})$	23

Таблица 3 – Характеристика швейных ниток и их физико-механические свойства

Table 3 – Characteristics of sewing threads and their physical and mechanical properties

Маркировка	Производитель	Состав	Фактическая линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, Н	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	Относительное удлинение при разрыве, %	Удельная разрывная нагрузка нитей, сН/текс
70Л	ЗАО «Моснить»	100 % полиэфир	72,34	33,2	1,7	13,7	0,46
			72,86	30,3	3,3	14,3	0,42
			75,6	28,5	4,6	15,3	0,38
70ЛЛ	ОАО «Советская звезда»		65,36	21,2	3,6	18,0	0,32
			77,84	32,0	5,6	16,2	0,41
70ЛЛ	ОАО «Советская звезда»		65,56	23,7	6,1	16,0	0,36
86Л	АО ПНК «Красная нить»		192,24	38,3	4,4	20,7	0,20
86Л-1	ОАО «Советская звезда»		96,16	32,2	5,4	16,3	0,33
86ЛЛ	ЗАО «Моснить»		89,00	36,7	2,8	16,5	0,41
40/3	«SAFIRA», ltd	153,92	30,7	3,7	14,7	0,20	

Таблица 4 – Предельно допустимые значения физико-механических показателей текстильных ниток
Table 4 – Maximum permissible values of physical and mechanical parameters of textile threads

Физико-механические показатели	41 л	70л	70ЛЛ	86Л
Результирующая номинальная линейная плотность ниток $R_{нл}$, текс	44,0	70,5	65,0	87,8
Разрывная нагрузка при испытании методом разрыва одной нити, Н, не менее	21,0	35,0	25,99	39,55
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %, не более	8,0	10,0	8,5	9,0
Удлинение при разрыве, %, не более	22	24	23	21

Значения физико-механических свойств непростроченных образцов представлены в таблице 5.

В таблице 6 указаны усреднённые результаты испытаний прочности ниточных соединений по пяти образцам.

Прочность ниточных креплений деталей заготовки обуви должна соответствовать нормам, указанным в ГОСТ 21463-87 «Обувь. Нормы прочности». Согласно стандарту, показатель «разрывная нагрузка» по каждому образцу должен быть не менее 90 Н/см при одной строчке и 115 Н/см при двух строчках.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что разрывная нагрузка однорядной строчки варьируется от 237 Н до 302 Н. Наименьшую нагрузку равную

237 Н имеют образцы, прошитые полиэфирными нитками 86Л. Наибольшую нагрузку имеют образцы, прошитые нитками 70Л. Следовательно, данные образцы имеют наибольший (3,04 %) и наименьший (2,39 %) коэффициент потери прочности шва.

Разрывная нагрузка двухрядного шва варьируется от 302 Н до 500 Н. Наименьшую нагрузку равную 373 Н имеют образцы, прошитые полиэфирными нитками 40Л и 70ЛЛ. Данный образец имеет наименьшее значение коэффициента прочности шва, равное 3,77 %. Наибольшую нагрузку равную 500 Н имеют образцы, прошитые нитками 86Л и 70ЛЛ. Данный образец имеет наибольшее значение коэффициента прочности шва, равное 5,05 %.

Таблица 5 – Физико-механические свойства непростроченных образцов
Table 5 – Physical and mechanical properties of unstitched samples

Порядковый номер пробы	Толщина, мм	Разрывная нагрузка P_p , Н	Относительное удлинение при разрыве, %
1	1,5	738	72
2	1,5	788	84
3	1,6	770	84
4	1,4	848	88
5	1,3	620	76
6	1,4	754	92
7	1,4	620	84
8	1,5	706	80
9	1,4	761	92
10	1,4	804	96
11	1,4	711	84
12	1,4	792	88

Таблица 6 – Результаты испытаний прочности ниточных соединений
Table 6 – Results of strength tests of threaded joints

Вид строчки	Удлинение при разрыве		Разрывная нагрузка P , Н	Нагрузка, приходящаяся на 1 см строчки, Н	Коэффициент прочности шва K , %	Характеристика разрыва (кожа, нитки и др.)
	мм	%				
Нитки 40Лх70Л						
Однорядная	21	84	256	63,9	2,58	Материал (вверх)
Двухрядная	39	156	302	75,4	3,04	Материал (вверх)
Нитки 70Лх70Л						
Однорядная	28	112	302	56,8	3,04	Материал (вверх)
Двухрядная	24	98	405	101,3	4,09	Материал (вверх)
Нитки 86Лх70ЛЛ						
Однорядная	31	124	271	67,7	2,73	Материал (вверх)
Двухрядная	34	135	500	125	5,05	-
Нитки 86Лх86Л						
Однорядная	21	82	237	59,3	2,39	Материал (вверх)
Двухрядная	24	98	374	93,5	3,78	Материал (вверх)
Нитки 70Лх70Л						
Однорядная	17	68	244	61,1	2,47	Ниточный шов

Необходимо обратить внимание на то, что разрыв всех образцов ниточных соединений происходил по краям, что говорит о концентрации напряжений в крайних участках (рисунок 2 б). Это, в свою очередь, приводит к искажению результатов при измерении прочности швов.

Норма прочности ниточных креплений деталей верха обуви по показателю «разрывная нагрузка по каждому образцу» для одной строчки должна быть не менее 90 Н, а для двух строчек – не менее 115 Н. Практически все исследуемые образцы имеют более низкие значения по показателю «разрывная нагрузка по каждому образцу на 1 Н/см», чем нормируемые значения показателя по ГОСТ 21463-87 «Обувь. Нормы прочности», кроме образца, прошитого нитками 86Л и 70ЛЛ.

Вывод

Надежность обуви – ключевой потребительский показатель качества, во многом определяемый прочностью ниточных соединений деталей верха. Проведенные исследования показали, что большинство используемых текстильных ниток и натуральных кож в заготовке верха обуви не соответствуют нормируемым значениям физико-механических свойств. Это свидетельствует о том, что

подбор материалов для верха обуви на этапе запуска производства зачастую осуществляется без предварительных испытаний, исключительно на основе данных, предоставленных поставщиками. Несоответствие материалов установленным требованиям напрямую снижает прочность ниточных соединений, что в итоге ухудшает качество и долговечность готовой обуви.

Значительное влияние на прочность швов оказывают технологические воздействия в процессе производства: предварительное формование деталей верха обуви, формование заготовки верха обуви, влажно-тепловая обработка. При формовании деталей верха в материале, текстильных нитках и шве возникают внутренние напряжения, которые снижают прочность ниточных швов. В результате даже изначально прочные текстильные нитки и натуральная кожа теряют прочность, что в конечном итоге снижает надежность обуви.

Анализ существующего метода оценки прочности ниточных соединений выявил ряд недостатков, которые заключаются в следующем: предлагаемые размеры образцов невозможно выкроить из многих конструкций обуви, при проведении испытаний из-за формы

образца возникает напряжение на краях, что искажает результаты испытаний, не учитывает влияние технологических факторов. Также методика оценки качества ниточных соединений не учитывает факторы, возникающие в процессе носки обуви, и не отражает реальные условия её эксплуатации, вследствие чего исключается возможность получения корректных данных в процессе проведения испытаний.

Существующая нормативная документация характеризует только технологический этап изготовления изделий на стадии подготовки производства и не оценивает влияния технологических факторов на всех процессах сборки. Известно, что в процессе обувного производства происходит потеря прочности ниточных швов при сборке заготовки за счёт теплового воздействия и динамических нагрузок на нитку, а также при формо-

вании заготовки на колодке. Кроме того, в нормативной документации отсутствуют методики, связанные с исследованием ниточных соединений в динамике.

Для устранения выявленных недостатков указанных выше авторами предлагается вырезать образцы из готовой обуви крестообразной формы с рабочей частью 10×25 мм, что позволит снизить напряжение на краях образцов, а также исследовать образцы не доводя до разрыва при деформации равной деформации при формировании верха обуви.

В связи с вышесказанным возникает необходимость в совершенствовании существующие методики оценки прочности ниточных соединений деталей верха обуви и разработке комплексных методов прогнозирования и оценки прочности ниточных соединений деталей обуви.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Аревкина, М.В., Шварц, А.С., Гаврилов, С.Н. и Шаньгина, В.Ф. (1975). *Влияние нагрева иглы швейной машины на прочность ниточных швов заготовок обуви*. Москва: ЦНИИТЭИлегпром, СССР.

Атоян, А.Г. (2024). Разработка методов оценки прочности соединений. *Вестник ННУА. Металлургия, материаловедение, недропользование*, № 1, С. 56–65.

Буркин, А.Н. и Комлева, Н.В. (2005). Анализ методов оценки ниточных швов. *Новости. Стандартизация и сертификация*, № 1, С. 46–48.

Калугина, И.А. и Леденева, И.Н. (2012). Совершенствование классификации факторов, влияющих на качество ниточного соединения в заготовке верха обуви. *Дизайн и технологии*, № 31 (73), С. 20–25.

Карасева, А.И., Костылева, В.В. и Синева, О.В. (2020). Инновационные конструкции и технологии производства повседневной обуви в спортивном стиле. *International journal of professional science*, № 8, С. 35–49.

Минасян, З.А. (2016). Современное состояние проблемы прочности соединений деталей обуви. *Вестник ННУА. Механика, машиноведение, машиностроение*, № 1, С. 12–20.

Пряник, Н.Н., Борозна, В.Д. и Буркин, А.Н. (2024). Анализ метода контроля прочности ниточных соединений заготовок верха обуви. *Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: сборник статей 9 Международной научно-технической конференции, Могилев, 26–27 сентября 2024 г.*, С. 182–187.

Яковлева, А.А. (2017). Анализ качества выполнения сборки заготовок верха обуви ниточными швами различных конструкций. *Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной Году науки, Витебск, 21–22 ноября 2017 г.*, С. 177–179.

Barbulov-Popov, D., Cirkovic, N. and Stepanovic, J. (2012). The influence of stitch density and of the type of sewing thread on seam strength, *TEM journal*, vol. 1, pp. 104–110.

Borse, S., Sonawane, K., Kakde M. V. and Shinde, T. (2020). Review on analysis of seam quality. In: *Chemistry and technology of natural and synthetic dyes and pigments*, pp. 285–292.

Chen, J.C., Aryka Pradhana Putra, Nikita Anggono, Chen, Jeff., Yung-Sheng Su (2014). Simulation modeling and analysis for stitching line of footwear industry. *Proceedings of the 2014 International Conference on industrial engineering and*

operations management, pp. 1099–1106.

Ghani, S.A. (2011). *Seam performance: analysis and modelling*. The University of Manchester, UK.

Harnagea, F., Iovan Dragomir, A. and Secan, C. (2016). Study regarding the stitching strength of materials used for footwear uppers manufacturing. *Annals of the university of Oradea. Fascicle of textiles*, vol. 17, pp. 159–162.

Kordoghi, B., Cheikhrouhou, M. and Saidene, C.K. (2009). Mechanical behavior of seams on treated fabrics. *AUTEX research journal*, vol. 9, pp. 87–92.

Kordoghli, B.C., Saidene, K. and Cheikhrouhou, M. (2011). Mechanical and chemical analysis of seam behaviour. *Arabian journal for science and engineering*, vol. 36, pp. 1367–1380.

REFERENCES

Arevkova, M.V., Shvarts, A.S., Gavrilov, S.N. and Shangina, V.F. (1975). *Vliyaniye nagreva igly shveyroy mashiny na prochnost' nitochnykh shvov zagotovok obuvi* [Influence of heating of sewing machine needle on strength of thread seams of shoe blanks]. Moscow: TsNIITElegprom, USSR [In Russian].

Atoyan, A.G. (2024). Development of methods of estimation of strength of joints [Razrabotka metodov otsenki prochnosti soyedineniy]. *Vestnik NPUA. Metallurgiya, materialovedeniye, nedropol'zovaniye = Bulletin of NPUA. Metallurgy, material science, subsoil use*, no. 1, pp. 56–65 [In Russian].

Burkin, A.N. and Komleva, N.V. (2005). Analysis of methods of evaluation of thread sutures [Analiz metodov otsenki nitochnykh shvov]. *Novosti. Standartizatsiya i sertifikatsiya = News. Standardization and certification*, no. 1, pp. 46–48 [In Russian].

Kalugina, I.A. and Ledeneva, I.N. (2012). Improvement of classification of factors affecting the quality of threaded joint in a shoe upper blank [Sovershenstvovaniye klassifikatsii faktorov, vliyayushchikh na kachestvo nitochnogo soyedineniya v zagotovke verkha obuvi]. *Dizayn i tekhnologii = Design and Technology*, no. 31 (73), pp. 20–25 [In Russian].

Karaseva, A.I., Kostyleva, V.V. and Sineva, O.V. (2020). Innovative designs and technologies of production of casual shoes in sports style [Innovatsionnyye konstruksii i tekhnologii proizvodstva povsednevnoy obuvi v sportivnom stile]. *International journal of Professional Science*, no. 8, pp. 35–49 [In Russian].

Minasyan, Z.A. (2016). Current state of the problem of strength of joints of shoe parts [Sovremennoye sostoyaniye problemy prochnosti soyedineniy detaley obuvi]. *Vestnik NPUA. Mekhanika, mashinovedeniye, mashinostroyeniye = Bulletin of NPUA. Mechanics, mechanical engineering, mechanical engineering*, no. 1, pp. 12–20 [In Russian].

Pryanik, N.N., Borozna, V.D. and Burkin, A.N. (2024). Analysis of a method for controlling the strength of threaded joints of shoe upper blanks [Analiz metoda kontrolya prochnosti nitochnykh soyedineniy zagotovok verkha obuvi]. *Sovremennyye metody i pribory kontrolya kachestva i diagnostiki sostoyaniya ob"yektov: sbornik statey 9 Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Mogilev, 26–27 sentyabrya 2024 g. = Modern methods and devices of quality control and diagnostics of the state of objects: collection of articles of the 9th International Scientific and Technical Conference, Mogilev, September 26–27, 2024*, pp. 182–187 [In Russian].

Yakovleva, A.A. (2017). Analysis of quality of performance of assembly of shoe upper blanks by threaded seams of different designs [Analiz metoda kontrolya prochnosti nitochnykh soyedineniy zagotovok verkha obuvi]. *Sovremennyye metody i pribory kontrolya kachestva i diagnostiki sostoyaniya ob"yektov: sbornik statey 9 Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Mogilev, 26–27 sentyabrya 2024 g. = Innovative technologies in textile and light industry: materials of reports of the international scientific and technical conference dedicated to the Year of Science, Vitebsk, November 21–22, 2017*, pp. 177–179 [In Russian].

Barbulov-Popov, D., Cirkovic, N. and Stepanovic, J. (2012). The influence of stitch density and of the type of sewing thread on seam strength, *TEM journal*, vol. 1, pp. 104–110.

Borse, S., Sonawane, K., Kakde M. V. and Shinde, T. (2020). Review on analysis of seam quality. In: *Chemistry and technology of natural and synthetic dyes and pigments*, pp. 285–292.

Chen, J.C., Aryka Pradhana Putra, Nikita Anggono, Chen, Jeff., Yung-Sheng Su (2014). Simulation modeling and analysis for stitching line of footwear industry. *Proceedings of the 2014 International Conference on industrial engineering and operations management*, pp. 1099–1106.

Ghani, S.A. (2011). *Seam performance: analysis and modelling*. The University of Manchester, UK.

Harnagea, F., Iovan Dragomir, A. and Secan, C. (2016). Study regarding the stitching strength of materials used for footwear uppers manufacturing. *Annals of the university of Oradea. Fascicle of textiles*, vol. 17, pp. 159–162.

Kordoghi, B., Cheikhrouhou, M. and Saidene, C.K. (2009). Mechanical behavior of seams on treated fabrics. *AUTEX research journal*, vol. 9, pp. 87–92.

Kordoghli, B.C., Saidene, K. and Cheikhrouhou, M. (2011). Mechanical and chemical analysis of seam behaviour. *Arabian journal for science and engineering*, vol. 36, pp. 1367–1380.

Информация об авторах

Information about the authors

Пряник Наталья Николаевна

Аспирант кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: s_kotik_ne@mail.ru

Борозна Вилия Дмитриевна

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

E-mail: wiliij@mail.ru

Буркин Александр Николаевич

Доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: a.burkin@tut.by

Natalia N. Pryanik

Postgraduate Student at the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: s_kotik_ne@mail.ru

Vilia D. Borozna

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

E-mail: wiliij@mail.ru

Alexander N. Burkin

Doctor of Science (in Engineering), Professor at the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: a.burkin@tut.by