

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕТКАНОГО ПОЛОТНА**

**THE MATHEMATICAL MODELING
OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS
ON THE MANUFACTURING PROCESS OF NONWOVEN FABRIC**

*Г.С. КЕНЖИБАЕВА, Т.Н. СУЛЕЙМЕНОВА, М.Н. ИМАНКУЛОВА,
Д.Д. ДАЙРАБАЙ, Ж.У. НЫШАНБАЕВА, М.Т. СИХИМБАЕВА*

*G.S. KENZHIBAYEVA, T.N. SULEIMENOVA, M.N. IMANKULOVA,
D.D. DAIRABAY, ZH.U. NYSHANBAEVA, M.T. SIKHIMBAYEVA*

(Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан)

(M.Auezov South-Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: mariya.imankulova@mail.ru

В данной статье рассмотрены проблемы и перспективы текстильной и легкой промышленности Республики Казахстан в производстве нетканых материалов. Изучен процесс изготовления нетканого материала из неоднородной мериносовой шерсти. Сочетания свойств войлока возможно за счет использования специфических свойств шерстяного сырья путем выбора режимов технологических параметров, оборудования и методов исследований. Изучены физико-механические характеристики войлочного материала. Эксперименты проводились на базе Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова и ТОО "Шымкент-Кашемир" с применением современной разрывной машины ПЖУ-12. При решении поставленных задач было учтено, что основными параметрами изготовления нетканого материала являются температура воды при валке, время валки и свойлачиваемость, характеристики которых были рассмотрены в качестве факторов при планировании эксперимента. В статье проведено математическое моделирование влияния технологических параметров на процесс изготовления нетканого полотна с использованием показателей физико-механических свойств. Проведенный анализ результатов опытов дает значительное улучшение физико-механических свойств войлока.

This article discusses the problems and prospects of the textile and light industry of the Republic of Kazakhstan in the production of nonwovens. The process has been researched of manufacturing non-woven material from heterogeneous merino wool. Combinations of felt properties are possible due to the use of specific properties of wool raw materials by selecting modes of technological parameters, equipment and research methods. The physical and mechanical characteristics of felt material have been researched. The experiments were conducted on the basis of the South Kazakhstan University named after M. Auezov and Shymkent-Cashmere LLP with the use of a modern bursting machine, a PZHU-12 device. When solving the tasks, it was taken into account that the main parameters of the manufacture of nonwoven fabric are the water temperature during the roll, the roll time and the felting, the characteristics of which were considered as factors in the planning of

the experiment. The article presents mathematical modeling of the influence of technological parameters on the manufacturing process of non-woven fabric using indicators of physical and mechanical properties. The analysis of the experimental results gives a significant improvement in the physical and mechanical properties of felt.

Ключевые слова: эксперимент, валяние, войлок, легкая промышленность, физико-механические свойства, методы.

Keywords: experiment, felting, felt, light industry, physical and mechanical properties, methods.

Введение

В мировой индустрии моды и текстиля наряду с внедрением новейших технологий, популяризацией синтетических тканей нового поколения идет обращение к исторически сложившимся накопленным достижениям отдельных народов. Появился новый взгляд на натуральные материалы, орнаменты, вышивку и другие виды рукоделия, используемые для изготовления традиционных вещей, например, из войлока, являющийся одним из самых старых, традиционных и экологических материалов. Войлок – это нетканый материал, производимый из валяной шерсти. Преимуществами войлочных изделий являются – возможность изготовления формоустойчивых объемных деталей без швов; формирование пакета материалов с заданными свойствами при уменьшении толщины и количества используемых прикладных материалов; снижение материалоемкости и трудоемкости изготовления. С обретением независимости появилась возможность возродить национальные традиции с использованием технологии в легкой и текстильной промышленности. В Казахстане утрачено производство шерстяной пряжи и шерстяных полотен [1]. Развитие традиционной культуры и ориентация на модернизацию форм прикладного искусства призваны повысить конкурентоспособность промышленности с сохранением национальных особенностей.

Целью данной работы является исследование разработки научно обоснованных методов технологии изготовления нетканого полотна с прогнозированием наилучших свойств, многосторонний анализ рынка нетканого полотна в Казахстане [2]. Отсюда

вытекают нижеследующие задачи: проанализировать развитие и применение нетканого полотна в легкой промышленности; изучить способы изготовления войлока по технологии мокрого валяния; исследовать влияние параметров технологического процесса на свойства войлока с применением методов математического моделирования.

Казахстанская легкая и текстильная промышленность имеют большой потенциал для успешного развития данных отраслей, учитывая более низкие показатели затрат при производстве, близость к сырью и потенциальным рынкам сбыта производимой продукции, привлекательный инвестиционный климат, развитую транспортную инфраструктуру. Изучая статистические данные за 2020 г., можно сказать, что в объеме производства легкой промышленности – текстильное производство Республики Казахстан занимает основную долю – 55%, или 71 млрд. тенге, что выше аналогичного периода прошлого года на 18% [3]. В текстильном производстве основную долю занимают такие регионы, как: г. Шымкент (25%, или 17,7 млрд. тенге) и Туркестанская область (31%, или 31 млрд. тенге).

Со стороны государства поддержка предприятий текстильной промышленности оказывается в рамках системных мер, направленных на обрабатывающую промышленность, таких как продвижение экспорта продукции, стимулирование повышения производительности труда, продвижение товаров на внутреннем рынке, реализацию Единой программы поддержки и развития бизнеса "Дорожная карта бизнеса 2020". Будет увеличен объем производства текстильной продукции на 6%, в том числе

хлопчатобумажной пряжи на 50%, ткани на 14%, ковров на 19%, одежды на 11%, кожи на 30,4% [3].

Авторы данной статьи произвели математическое моделирование, которое позволяет прогнозировать наилучшие физико-механические свойства при изготовлении нетканого полотна. При изготовлении экспериментальных образцов в качестве сырья использовалась 100%-ная шерсть из неоднородных волокон. Для разрабатываемого способа изготовления полотна из войлока основным сырьем являются волокна шерсти, а именно мериносовые волокна, так как они обладают наибольшей валкостью. Шерсть мериноса является более тонкой, легкой и упругой, чем шерсть другой породы овец. Известно, что изделия из 100%-ной мериносовой шерсти обладают высокой гигроскопичностью. Шерсть овец этого вида имеет уникальное свойство впитывать до трети влаги от своего объема. Благодаря этому тело человека, одетое в одежду из такой шерсти, всегда находится в сухом тепле [7]. Сравнение результатов исследования опытных образцов из разного вида волокон и изучение их свойств показало, что волокна мериносовой шерсти лучше остальных поддаются валке и при их свойлачивании материал имеет более равномерную

толщину, что является немаловажным фактором для внешнего вида изделия. Для изготовления образцов была выбрана 100%-ная тонкая шерсть мериноса толщиной 20 микрон.

Методы

В процессе работы использованы: научные, логические, объективные методы исследования. Принципами познания стали методы анализа и научного объяснения, предполагающие расчленение целостного на составные элементы для изучения и объяснения их в отдельности как части единого целого. Были изучены следующие физико-механические характеристики войлочного материала: разрывная нагрузка, удлинение при разрыве, жесткость, упругость. Эксперименты проводились на базе Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова и ТОО "Шымкент-Кашемир", использовалась современная разрывная машина ПЖУ-12. При решении поставленных задач было учтено, что основными этапами изготовления нетканого материала являются температура воды при валке, время валки и свойлачиваемость, характеристики которых были рассмотрены в качестве факторов при планировании эксперимента и приведены в табл. 1 (основные факторы при планировании эксперимента).

Т а б л и ц а 1

Образец	Температура воды, °С	Свойлачиваемость, мин	Время валки, мин
1	65	5	100
2	55	5	70
3	60	5	100
4	55	5	40
5	65	5	70
6	60	5	40

Методы измерения и испытания образцов тканей из войлочного материала показали, что в ходе тестирования образцов войлока были приняты во внимание стандарты ISO и ГОСТ Республики Казахстан, требуемые для проведения полного факторного эксперимента. Для проведения экспериментов подбираются шаблоны для образцов войлока. Образцы вырезаются из полотна, которое было высушено в течение определенного времени и при определенной температуре, расположенного на расстоянии

более 1 м от конца. Вырезанные образцы с краями, параллельными длине и ширине войлока, не менее 400x400 мм. Для войлочных деталей и мелкоштучных изделий допускается проведение испытаний по физическим, механическим и химическим параметрам (за исключением определения линейных размеров и плотности) на точечных образцах войлока, из которого изготовлены эти детали или штучные изделия. Линейные размеры войлока, войлочных деталей и штучных войлочных изделий определя-

ются с помощью измерительной металлической линейки или измерительной металлической рулетки. Измерения должны проводиться по согласованию между заинтересованными сторонами. Если результаты теста неудовлетворительны хотя бы по одному из показателей, проводится повторное испытание на удвоенном количестве точечных образцов, взятых из той же партии [4].

В соответствии с задачами, вытекающими из цели данной статьи, исследование влияния технологических параметров процесса изготовления войлочного материала на их физико-механические свойства является обязательным. Проведен анализ изменения геометрических свойств полуфабрикатов в процессе изготовления войлока. Во время свойлачивания и в начальный период валки под действием многократно повторяющихся механических сил образуются отдельные группы или узлы взаимно переплетенных волокон. Дальнейший ход процесса

валяния направлен на сближение или сжатие этих узлов, что приводит к образованию однородного плотного продукта [5]. Для каждого образца был проведен статистический анализ. В этом типе анализа изменения физических и механических свойств войлока определяются в соответствии со шкалой изменения цвета. Каждый из рассмотренных факторов влияет на увеличение свойств. В каждом образце толщина практически не меняется. Разрывная нагрузка, жесткость, удлинение и упругость увеличиваются пропорционально количеству факторов. Образцы дают возможность сравнивать и определять наиболее благоприятные факторы, такие как температура воды и необходимое время для изготовления рулона войлочной одежды [6].

В табл. 2 показано влияние толщины холста, температуры воды и времени валки на физико-механические свойства войлочных образцов.

Таблица 2

№ образца	Разрывная нагрузка, ср., даН	Жесткость, ср., сН	Упругость, ср., %	Удлинение при разрыве, ср.	
				мм	%
1	23,5	31,1	63	85	53,5
2	16,5	13,8	60,5	75	46,6
3	21,3	29,7	62	84	53,4
4	15,77	12,5	60	74	46,5
5	18,3	20,11	58	94	58,8
6	14,6	10,5	57	83	52,3

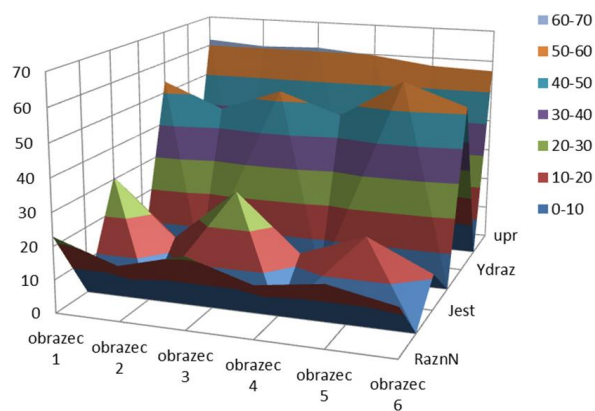


Рис. 1

В ходе эксперимента был получен сравнительный статистический анализ образцов полотна и проведено математическое моделирование. Полученные результаты позволяют нам сделать выбор параметров про-

цесса изготовления материала в зависимости от требований, предъявляемых к полотну. Трехмерные графики отражают изменения физических и механических свойств: упругости, удлинения при разрыве, жесткости и разрывной нагрузки (рис. 1). Основываясь на результатах испытаний образцов, можно предсказать, что наилучшие сочетания свойств материала имеют образцы с номерами 1 и 3, образец 5 показывает удовлетворительные свойства, образцы 2,4,6 показывают наименьший результат.

Результаты и обсуждение

По результатам эксперимента было установлено, что упругость образца увеличивается вместе с увеличением времени валки. Толщина готового войлока, показатели жесткости и разрывной нагрузки уве-

личиваются как с увеличением времени валки, так и с увеличением толщины полотна. Влияние технологических факторов на удлинение при разрыве образцов имеет несколько иной характер. Она увеличивается с увеличением толщины холста, но уменьшается с увеличением времени валяния, вероятно, потому, что длительная прокатка приводит к ориентации волокон по толщине холста. Основным регулятором свойств выбранных зон является толщина полотна, и время валяния увеличивается, обеспечивая увеличение разрывной нагрузки, насколько позволяет жесткость [7].

Изготовление образцов осуществлялось с соблюдением следующих параметров технологического процесса: толщина полотна 14,5 мм, температура воды 60°C, продолжительность валки полотна от 40 до 100 мин. При формировании войлока мокрым валянием слой шерстяных волокон укладывался во взаимно-перпендикулярном направлении. Затем процесс осуществляли путем укладки, прокатки, формования, сушки и влажно-тепловой обработки при температуре 130...150°. При укладке и прокатке шерстяные волокна сцепляются, что приводит к повышению прочности и стабильности формы материала изделия [8].

Для экспериментов было изготовлено 6 образцов войлока. Шесть образцов изготовлены с использованием натурального войлока, цветного войлока. Значения разрывной нагрузки значительно увеличились в образцах с номерами 1,3,5 и превысили 20 даН. Самый низкий результат, менее 14 даН, показали образцы № 6, 4, 2. По результатам испытаний на относительное удлинение было установлено, что удлинение при разрыве значительно увеличилось в образцах № 1 и 5 и превысило 85 мм. Наименьший результат, менее 75 мм, показали образцы № 2 и 3. Упругие параметры значительно увеличились в образцах № 1 и 3. Наименьшую упругость, менее 60%, показал образец № 6. В ходе испытания на жесткость было выявлено, что показатели жесткости значительно увеличились в образцах под номерами 1, 3 и превысили 25 сН. Наименьшую жесткость, менее 15 сН, пока-

зали образцы № 6 и 4. По результатам испытаний образцов было выявлено, что наилучшими сочетаниями свойств материала обладают образцы под номерами 1 и 3. Таким образом, исходя из характеристик образцов, было выявлено, что для повышения прочности необходимо выбирать образцы со временем валки 100 мин и температурой валяния 65°C [9].

Анализ результатов испытаний позволяет говорить о том, что время раскатки и температура воды влияют на физико-механические свойства при изготовлении одежды из войлока. На основании полученных результатов установлено, что каждый из рассмотренных факторов влияет на увеличение свойств. Толщина почти не изменилась. Разрывная нагрузка, жесткость, удлинение и упругость увеличиваются пропорционально количеству факторов.

ВЫВОДЫ

Исследование показало влияние параметров процесса изготовления на геометрические и физико-механические свойства войлочных изделий. Это позволяет нам обоснованно выбирать методы обработки, температуру воды и необходимое время валки для изготовления войлочных полотен. Результаты проведенных исследований показали значительное улучшение свойств войлока [10]. Нами выявлено, что повышение качества валяных изделий требует учета особенностей промышленного изготовления валяльно-войлочных изделий, что делает актуальной разработку научно-обоснованного метода математического моделирования и изготовления нетканого полотна.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://qazindustry.gov.kz/ru/article/sostoyanie-tekstilnoi-promyshlennosti-a-kazahstane-perspektivy-razvitiya>
2. <https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-netkanogo-polutna-v-kazahstane>
3. <https://primeminister.kz/ru/news/v-2021-godu-budut-zapushcheny-tri-novyh-proekta-kotorye-velichat-obemy-proizvodstva-obrabatyvayushchey-otrasli-miir-162536>

4. ISO 314-72 Войлок, войлочные детали, штучные войлочные изделия. Правила приемки и методы испытаний.

5. Effect of Recycled PET Fibers on the Performance Properties of Knitted Fabrics Abdurrahman Telli1, Nilgün Özdil // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – V. 10, Iss. 2. 2015. P.47...60.

6. *Прасолов А.В.* Динамические модели с запаздыванием и их приложения в экономике и инженерии. – 2010.

7. *Алпатов Ю.Н.* Математическое моделирование производственных процессов. – СПб.: Лань, 2018.

8. *Аксенова А. А.* Войлок. – Минск; Харвест, 2011.

9. *Барабанов Г.Л., Борщев Е.Н., Смирнов Г.П., Тюменев Ю.Я.* Физико-механические методы производства нетканых материалов и валяных войлочных изделий. – М.: Легпромбытиздат, 1994.

10. *Белгородский Б.С., Кирсанова Е.А., Жихарев А.П.* Инновации в материалах индустрии моды. – М.: МГУДТ, 2010.

REFERENCES

1. <https://qazindustry.gov.kz/ru/article/sostoyanie-tekstilnoi-promyshlennosti-a-kazahstane-perspektivy-razvitiya>

2. <https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-netkanogo-polotna-v-kazahstane>

3. <https://primeminister.kz/ru/news/v-2021-godubudut-zapushcheny-tri-novyh-proekta-kotorye-uvelichat-obemy-proizvodstva-obrabatyvayushchey-otraslimiir-162536>

4. ISO 314-72 Felt, felt parts, piece felt products. Acceptance rules and test methods.

5. Effect of Recycled PET Fibers on the Performance Properties of Knitted Fabrics Abdurrahman Telli1, Nilgün Özdil // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – V. 10, Iss. 2. 2015. P.47...60.

6. Prisolov A.V. Dynamic models with delay and their applications in economics and engineering. – 2010.

7. Alpatov Yu.N. Mathematical modeling of production processes. - St. Petersburg: Lan, 2018.

8. Aksenova A. A. Felt. – Minsk; Harvest, 2011.

9. Barabanov G.L., Borshchev E.N., Smirnov G.P., Tyumenev Yu.Ya. Physico-mechanical methods for the production of non-woven materials and felted felt products. – М.: Legprombytizdat, 1994.

10. Belgorodskii B.S., Kirsanova E.A., Zhikharev A.P. Innovations in the materials of the fashion industry. – М.: MGUDT, 2010

Поступила 17.11.21.
