

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ ТКАНИ СО ВСПЕНЕННЫМ  
ПОЛИУРЕТАНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ**  
**FEATURES OF THE PROCESS OF DRYING TEXTILE MATERIAL WITH FOAMED  
POLYURETHANE COATING**

**Юлия Игоревна Марущак, Наталья Николаевна Ясинская,  
Наталья Викторовна Скобова**  
**Marushchak I. Yulia, Yasinskaya N. Natalya, Skobova V. Natalya**

*Витебский государственный технологический университет, Беларусь, Витебск*  
*Vitebsk State Technological University, Belarus, Vitebsk*  
*(e-mail: tonk.00@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru, skobova-nv@mail.ru)*

*Аннотация:* В статье представлены результаты исследования кинетических закономерностей сушки ткани с микропористым полиуретановым покрытием. По результатам экспериментальных исследований рекомендованы рациональные температура и длительность сушки в зависимости от кратности вспенивания полиуретановой композиции.

*Abstract:* The article presents the results of a study of the kinetic patterns of drying fabric with a microporous polyurethane coating. Based on the results of experimental studies, rational temperatures and drying durations are recommended depending on the foaming ratio of the polyurethane composition.

*Ключевые слова:* ткань, вспененное полиуретановое покрытие, конвективная сушка, кинетика сушки, рациональные режимы.

*Keywords:* fabric, polyurethane foam coating, convective drying, drying kinetics, rational modes.

Полимерные покрытия широко используются для функционализации текстильных материалов. Такие материалы широко востребованы как при производстве одежды, галантереи, так и в качестве технических материалов. Возможности полимерно-текстильных материалов чрезвычайно широки благодаря неисчерпаемой вариабельности их составов, многообразию полимеров и наполнителей, способам их модификации и взаимораспределения [1]. В качестве полимеров для формирования покрытий используют: полиуретан (ПУ), поливинилхлорид (ПВХ), поливинилденхлорид (ПВДХ), полиметриметакрилат (ПММА), этиленвинил ацетат (ЭВА), полиолефины, полипропилен (ПП), СВМПЭ, силикон, политетрафторэтилен (ПТФЭ) и другие [2]. На сегодняшний день наиболее популярным является полиуретан. Благодаря своей молекулярной структуре полиуретан обладает как прочностью, так и эластичностью, что является уникальным свойством [3, 4].

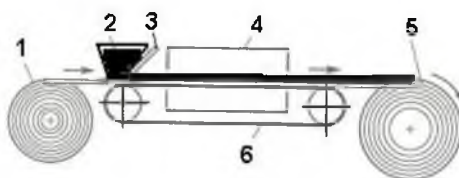
Для получения тканей одежного назначения с высокими показателями воздухо- и паропроницаемости полиуретановая композиция предварительно вспенивается. Технология производства предполагает возможность варьирования кратности вспенивания композиции, что позволяет получить материал с заданными потребительскими свойствами. Повышение или снижение кратности пены влечет за собой необходимость внесения корректировок в режим сушки материала (длительность, температура), поскольку длительное воздействие повышенных температур может приводить к нарушению целостности полимерного покрытия. Принимая во внимание данный факт, оптимизация процесса сушки является актуальной задачей.

Цель исследования – установить кинетические закономерности сушки ткани с микропористым полиуретановым покрытием, что позволит рекомендовать рациональные режимы для различных кратностей вспенивания полимерной композиции.

Объект исследования – ткань с микропористым полиуретановым покрытием одежного назначения. Опытные образцы получены в лабораторных условиях УО «Витебский

государственный технологический университет». В качестве основы использовали хлопчатобумажную ткань полотняного переплетения поверхностной плотностью  $122,7 \text{ г/м}^2$  с водоотталкивающей отделкой. Для покрытия использована полимерная композиция, составленная из компонентов АО «Пигмент» (Российская Федерация, г. Тамбов). Основным компонентом для покрытия использована анионная полиуретановая дисперсия с массовой долей сухого вещества 40%.

Нанесение полимерного покрытия осуществлялось шаберным способом (рисунок 1), который основан на удалении с поверхности ткани избытка полимерной массы при помощи специального ножа. Перед нанесением полимерная композиция подвергается механическому вспениванию до установленной кратности. Ткань с нанесенным покрытием подают в сушильную камеру, где осуществляется удаление избыточной влаги в условиях принудительной конвекции.



1 – ткань-основа, 2 – вспененная композиция PU, 3 – шабер,  
4 – термокамера, 5 – ткань с покрытием, 6 – транспортирующий конвейер

**Рисунок 1** — Схема нанесения PU покрытия

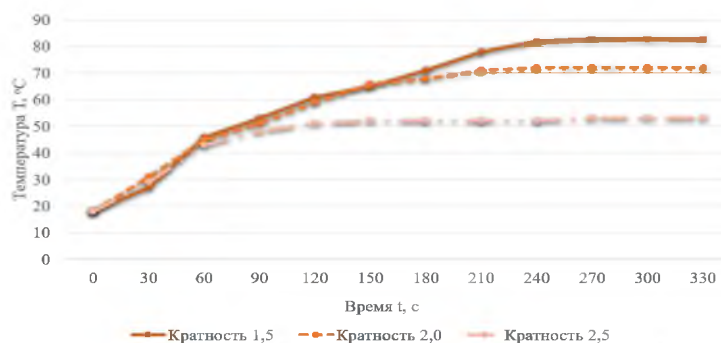
С помощью динамического миксера полиуретановая композиция вспенена механическим способом до кратностей  $\beta_{п1}=1,5$ ,  $\beta_{п2}=2,0$ ,  $\beta_{п3}=2,5$ . Плотность дисперсий составила  $\rho_{1,5}=0,81 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{2,0}=0,49 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{2,5}=0,39 \text{ г/см}^3$ .

Для установления закономерностей сушки вспененной полиуретановой композиции и формирования равномерного покрытия проведены экспериментальные исследования при следующих условиях:

– температура воздуха в сушильной камере для кратности 1,5 выбрана  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ , для кратности 2,0 –  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , для кратности 2,5 –  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

– способ сушки – конвективный, режим работы сушильной установки – установившийся.

Температуры сушки выбраны с учетом предварительных испытаний [5], в ходе которых установлено, что при более высоких температурах для каждой из кратности покрытие трескается, что является недопустимым. На рисунке 2 представлены графики изменения температуры.



**Рисунок 2** — Кинетика нагрева ткани с PU покрытием

Как видно, при кратности пены полиуретановой композиции 1,5 покрытие нагревается до температуры  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  за 240 с, для кратности 2,0 прогрев материала до  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  осуществляется за 210 с, а для кратности 2,5 за 120 с температура материала достигает  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В результате исследований установлено, что в начале процесса сушки на поверхности образца образуется пленка, при этом сердцевина и контактирующая с тканой основой поверхность образца оставались влажными. Влага скапливалась в месте наименьшего сопротивления – на поверхности контакта полимерного слоя с тканой подложкой. Начальное влагосодержание образца с покрытием при  $\beta_{п3}=2,5$  значительно меньше, чем при  $\beta_{п1}=1,5$ ,  $\beta_{п2}=2,0$  (рисунок 3).

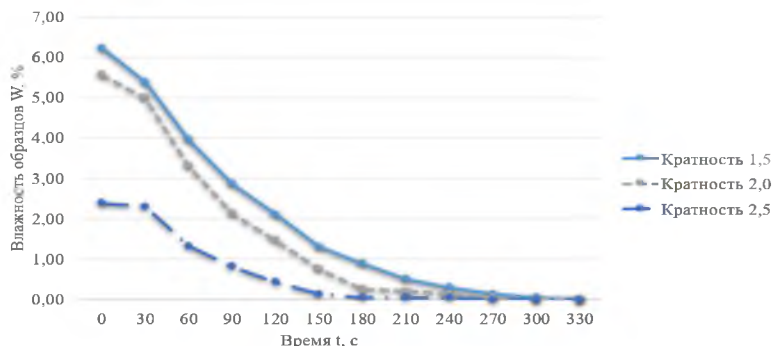


Рисунок 3 — Кривые сушки ткани с PU покрытием

При кратности пены полиуретановой композиции  $\beta_{п3}=2,5$  уменьшение влагосодержания начинается после 30 с, т.е. наблюдается период прогрева до температуры начала испарения влаги, содержащейся в полимерной композиции, и далее протекает в периоде падающей скорости сушки. Низковязкие композиции ( $\beta_{п1}=1,5$ ,  $\beta_{п2}=2,0$ ) глубже проникают в структуру тканой основы, толщина покрытия снижается, период прогрева непродолжителен, сушка протекает в периоде постоянной скорости, который более продолжительный для ткани с покрытием при кратности вспенивания 1,5. Равновесное влагосодержание для образцов с кратностью полиуретановой композиции  $\beta_{п3}=2,5$  при температуре сушки 60 °С достигается за 160 с, для  $\beta_{п2}=2,0$  при температуре сушки 80 °С за 240 с, для  $\beta_{п1}=1,5$  при температуре сушки 90 °С за 300 с.

Анализируя кривые скорости сушки (рисунки 4-6), можно выделить два характерных участка с постоянной скоростью сушки для материалов с кратностью пены полиуретановой композиции  $\beta_{п1}=1,5$ ,  $\beta_{п2}=2,0$ , который отсутствует для ткани с покрытием  $\beta_{п3}=2,5$ .



Рисунок 4 — Кривая скорости сушки ткани с PU покрытием с кратностью 1,5

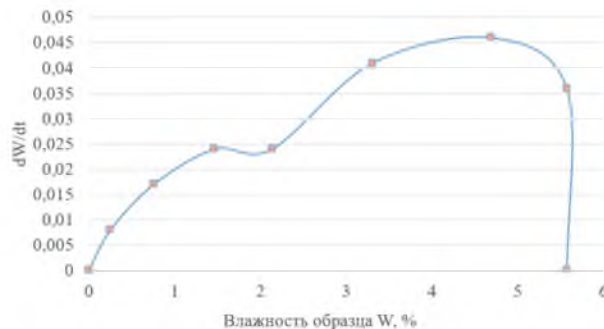
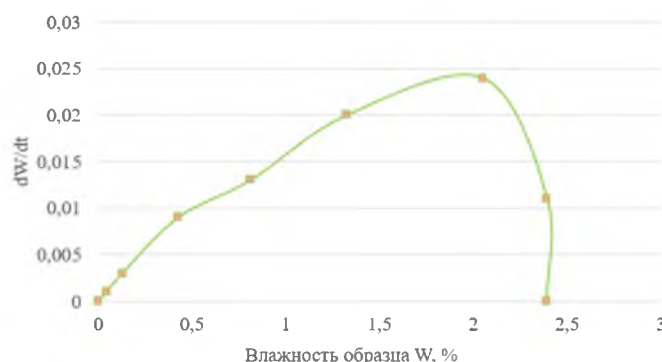


Рисунок 5 — Кривая скорости сушки ткани с PU покрытием с кратностью 2,0



**Рисунок 6** — Кривая скорости сушки ткани с PU покрытием с кратностью 2,5

На первом участке происходит рост скорости сушки до максимальных значений, который соответствует удалению влаги в свободном состоянии с поверхности покрытия. Движение влаги из материала осуществляется в виде пара, образовавшегося на границе «ткань-покрытие». В силу интенсивного испарения влаги исключаются риски перегрева покрытия и его растрескивания. На втором участке постоянной скорости сушки происходит удаление влаги в виде пара, образовавшегося внутри пузырьков пены и диффундирующего через каркас полимерной пленки. С повышением кратности пены полиуретановой композиции скорость сушки уменьшается.

#### Выводы

Таким образом, установлены кинетические закономерности сушки ткани с микропористым полиуретановым покрытием. При кратности пены полиуретановой композиции  $\beta_{пз}=2,5$  на кинетических кривых сушки наблюдается период прогрева до температуры начала испарения влаги, содержащейся в полимерной композиции и далее сушка протекает в периоде падающей скорости. В результате анализа кривых скорости сушки покрытий низковязких композиций ( $\beta_{п1}=1,5$ ,  $\beta_{п2}=2,0$ ) определены два характерных участка с постоянной скоростью сушки. В результате исследования процесса конвективной сушки тканей с полиуретановым покрытием рекомендованы рациональные режимы, представленные в таблице 1.

**Таблица 1** – Режимы термообработки тканей с PU покрытием.

Кратность пены PU композиции	1,5	2,0	2,5
Температура сушки, °С	90	80	60
Длительность сушки, с	300	240	160

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясинская Н.Н. Композиционные текстильные материалы: монография / Н.Н. Ясинская, В.И. Ольшанский, А.Г. Коган. – Витебск, 2015. – 298 с.
2. Вишневская О.В. Современные методы нанесения покрытия на текстиль // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №18. С. 69-72.
3. Бекашева А.С. Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №16. С. 134-136.
4. Бокова Е.С., Андрианова Г.П. Полиуретаны в производстве искусственных и синтетических кож // Полиуретановые технологии. 2008. №4 (17).
5. Марущак Ю.И. Исследование влияния температуры сушки на качество «экокожи» // Матер. Международной научно-практической конференции «Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы». Омск: ОмГТУ, 2022. С. 52-57.