

- работа с числовыми данными с добавленными к ним текстовыми элементами при визуализации, например денежными единицами;
 - улучшение пользовательского интерфейса.
- Текущая версия плагина реализована на jQuery-3.6.4 с использованием JavaScript. Для его нормального функционирования необходим браузер, поддерживающий выполнение JS-скриптов.

Список использованных источников

1. jQuery API Documentation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://api.jquery.com/> – Date of access: 19.03.2023.

3.2 Экология и химические технологии

УДК 004.9:677.494.674

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОЛИУРЕТАНОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

Бизюк А.Н., ст. преп., Ясинская Н.Н., д.т.н., доц.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье исследуется процесс формирования искусственных кож путем нанесения полиуретанового покрытия на тканую основу. Рассматривается метод моделирования процессов пропитки с целью прогнозирования толщины покрытия.

Ключевые слова: искусственная кожа, пропитка, прогнозирование, метод сглаженных частиц, имитационное моделирование.

Искусственная кожа – это материал, получаемый путем нанесения полимерного покрытия на основу из ткани. По сравнению с натуральной кожей, искусственная может обладать рядом преимуществ. Одним из способов получения искусственных кож является покрытие основы из ткани слоем вспененного полиуретана. Полиуретановое покрытие обладает мягкостью, гигиеничностью, имеет влагоотталкивающие и воздухопроницаемые свойства.

В данной работе исследуется технология получения искусственных кож путем нанесения вспененной полиуретановой композиции на основу в виде хлопчатобумажного полотна.

Полимерная композиция проникает вглубь полотна основы за счет силы тяжести и адгезионных эффектов. После высыхания, полимер образует покрытие на гибкой текстильной основе.

Качество покрытия и физические свойства готового композиционного материала зависят от толщины покрытия и глубины проникновения полимерной композиции в основу. На глубину проникновения влияют различные факторы:

- вязкость полимерной композиции;
- пористость текстильной основы;
- линейная плотность нитей текстильной основы;
- тип переплетения нитей;
- и др.

Для получения материала с оптимальными свойствами требуется построить модель процесса формирования композиционного материала.

Материал состоит двух основных компонентов: текстильная основа и полимерное покрытие.

Моделирование текстильной основы производилось авторами в предыдущих работах [1–4].

Полимерное покрытие получается в результате адгезии жидкого полимера к пористой основе. Для прогнозирования свойств покрытия требуется смоделировать процесс его образования.

Процессы течения и проникновения в капилляры жидкостей можно моделировать различными способами. Гидродинамические процессы можно моделировать **аналитически** либо **имитационными методами**.

Применение **аналитических** методов возможно только в очень **упрощенных** задачах. Для моделей со сложными, нерегулярными структурами, к которым относятся модели пористой структуры текстильных материалов, применение аналитических методов затруднено.

Одним из наиболее подходящих для моделирования гидродинамических процессов методов является метод гидродинамики сглаженных частиц (Smoothed Particle Hydrodynamics, SPH) [5].

Метод SPH является бессеточным и работает путем разбиения жидкости на дискретные элементы – частицы. Свойства отдельных частиц вычисляются путем сглаживания (усреднения) свойств частиц на заданном расстоянии от выбранной частицы специальной функцией – функцией ядра.

Суть метода можно описать уравнением

$$A(r) = \int A(r') W(|r-r'|, h) dV(r'), \quad (1)$$

где $A(r)$ – это функция, выражающая исследуемую физическую характеристику (например плотность) в точке с координатами r ; W – функция ядра; h – расстояние сглаживания; V – объем.

Это уравнение можно упростить (аппроксимировать):

$$A(r) = \sum_j V_j A_j W(|r-r_j|, h), \quad (2)$$

где V_j – объем частицы j ; A_j – значение физической характеристики для частицы j ; r_j – позиция частицы j .

Для плотности ρ_i частицы i можно записать:

$$\rho_i = \rho(r_i) = \sum_j m_j W_{ij}, \quad (3)$$

где $m_j = \rho_j V_j$ – масса частицы; ρ_j – плотность частицы.

В качестве функции ядра можно использовать функцию Гаусса (нормальное распределение) либо кубический сплайн.

Функция Гаусса выглядит следующим образом:

$$W(r, h) = \frac{1}{h^3 \pi^{3/2}} e^{-x^2}, \quad (4)$$

где $x = r/h$.

Кубический сплайн описывается следующей формулой:

$$W(r, h) = \frac{1}{\pi h^3} \begin{cases} 1 - \frac{3}{2} x^2 + \frac{3}{4} x^3 & 0 \leq x \leq 1; \\ \frac{1}{4} (2-x)^3 & 1 \leq x \leq 2; \\ 0 & x \geq 2; \end{cases} \quad (5)$$

Сплайн в качестве функции ядра более предпочтителен, так как позволяет не рассматривать частицы на расстоянии большем чем $2h$, что значительно сокращает объем расчетов.

Для моделирования движения жидкости, нужно рассчитать силы, воздействующие на частицы. Для расчета этих сил, нужно рассчитать градиент давления в центре каждой

частицы. Под действием этих сил изменяется скорость движения частиц. При расчетах учитывается масса частиц, которая зависит от их объема.

В результате реализации описанного метода получена имитационная модель пропитки текстильного материала полимером. Разработано программное обеспечение, позволяющее смоделировать по заданным параметрам текстильный материал и процесс пропитки его полимером. На рисунке 1 представлен результат моделирования.

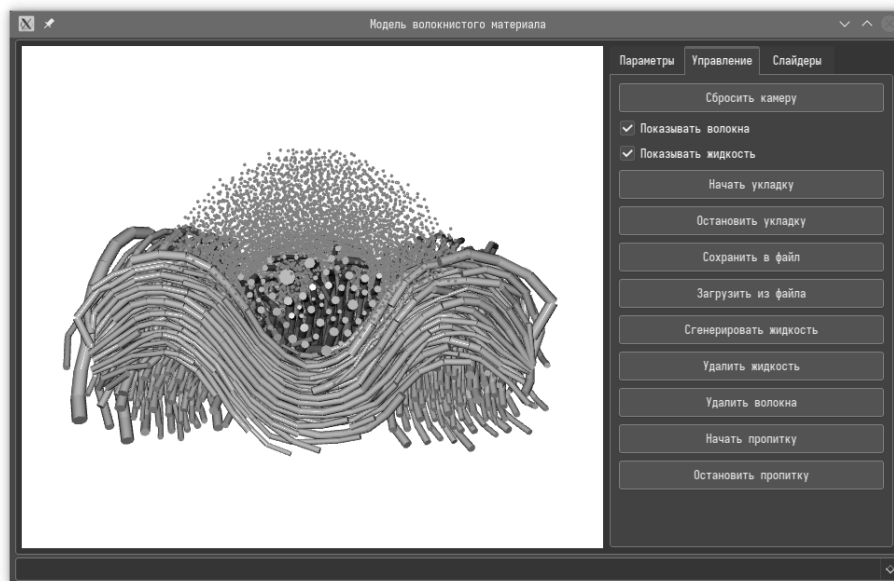


Рисунок 1 – результат моделирования

Выводы: Метод SPH достаточно прост в реализации, но позволяет достаточно точно моделировать гидродинамические процессы, и его можно использовать для моделирования пропитки текстильных основ композиционных материалов.

Список использованных источников

1. Ясинская, Н. Н. Моделирование структуры текстильных материалов для формирования слоистых композитов / Н. Н. Ясинская, А. Н. Бизюк, К. Э. Разумеев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – Ивановская государственная текстильная академия (Иваново). – 2018. – № 6 (378). – С. 273–277.
2. Biziuk, A. N. Development of a Method for the Experimental Study of the Capillary-Porous Structure of Yarn Filaments / A. N. Biziuk, N. N. Yasinskaya // Fibre Chemistry. – 2021. – Vol. 52. – № 6. – P. 435–438.
3. Бизюк, А. Н. Моделирование ткацких переплетений армирующих основ композиционных материалов / А. Н. Бизюк, Н. Н. Ясинская // Материалы докладов 54-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. В 2-х томах. Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2021. – С. 3–5.
4. Biziuk, A. A new approach to modeling reinforcing textile structures for composite materials / A. Biziuk, N. Yasinskaya // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2430.
5. Monaghan, J. Smoothed Particle Hydrodynamics / J. Monaghan // Reports on Progress in Physics. – 2005. – Vol. 68. – P. 1703.