

УДК 677.022:519.8:62.50.72

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИЯ ИСТИРАНИЯ ТКАНЕЙ
МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**STATISTICAL IMITATION OF FABRICS ABRASION
BY THE METHODS OF COMPUTER MODELLING**

П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, В.Ю. НИКИТЮК, Д.А. ЗАБРОДИН, В.И. ЛЕБЕДЕВА
P.A. SEVOSTJANOV, V.JU. NIKITJUK, D.A. ZABRODIN, V.I. LEBEDEVA

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: spa46@pochta.ru

Предложена компьютерная модель и приведены результаты статистической имитации динамики процесса истирания образца ткани на приборах по методу Martindale.

The computer model is offered and the results of statistical imitation of dynamics of the sam-cloth abrasion process on devices by Martindale's method are resulted.

Ключевые слова: истирание, ткань, компьютерная модель, статистическая имитация, Martindale.

Keywords: abrasion, a fabric, a computer model, statistical imitation, Martindale.

Одним из основных повседневных механических воздействий на ткань, приводящих к ее износу, является ее истирание при механическом контакте с поверхностью другой ткани или иных материалов. Поэтому локальное истирание участка поверхности ткани, как правило, является одной из главных причин, которые приводят к потере тканями и изделиями из них своих эксплуатационных качеств.

Для проведения таких испытаний было разработано несколько методик и приборов на их основе. К числу наиболее из-

вестных и общепризнанных в мировой текстильной практике относится метод, предложенный Martindale [1]. Компьютерная имитация динамики истирания образца ткани по данному методу позволяет лучше представить механизм изменения структуры ткани, ее характеристик и выделить факторы, наиболее сильно влияющие на ее стойкость к истиранию.

Алгоритм, разработанный для моделирования истирания, основан на следующих представлениях о физике этого процесса. Образец представляет собой прямоуголь-

ный или круглый участок ткани, закрепленный в распрявленном состоянии на плоском основании. До начала истирания толщина h_s и массовая плотность r_s образца при постоянстве средних значений содержат как периодические, из-за переплетения нитей и раппорта, так и случайные вариации. Эти величины можно наглядно представить геометрической моделью (рис.1), которая отражает обе составляющие неравномерности образца.

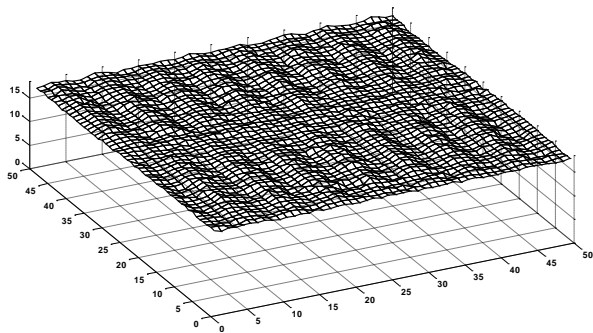


Рис. 1

В цифровой модели двумерные поля $h_{s_{xy}}$ и $r_{s_{xy}}$ квантуются с шагом dx и dy соответственно по осям координат X и Y и описываются матрицами с элементами $h_{s_{ij}}$ и $r_{s_{ij}}$, $i = 1, \dots, n_x$; $j = 1, \dots, n_y$; $n_x = L_x/dx$; $n_y = L_y/dy$. Здесь L_x и L_y – размеры образца по осям X и Y . Масса элемента образца равна $m_{s_{ij}} = r_{s_{ij}} h_{s_{ij}} dx dy$.

Истирающая поверхность из специальной эталонной ткани прижимается к испытываемому образцу фиксированной нагрузкой F . На элемент $dx dy$ приходится доля нагрузки $f = F/(n_x n_y)$. Под действием нагрузки происходит сжатие образца по толщине, которое представляет собой упругопластическую деформацию. Учет пластической составляющей деформации в данном случае актуален, поскольку испытание образца продолжается в течение нескольких часов, и эта составляющая успевает проявиться. Из-за неравномерности образца по толщине, плотности и коэффициентам упругости и пластичности для разных элементов их сжатие происходит в различной степени и до тех пор, пока интегральная сила реакции образца не уравновесит силу F . В результате начальные

толщина и плотность элементов образца изменятся на $h(i,j,t)$ и $r(i,j,t)$, где t – номер цикла истирания $t = 0, 1, \dots, N_c$; N_c – число циклов истирания.

При имитации величины истираемой массы $dm(i,j,t)$ элемента в одном цикле учитывались начальные $r_s(i,j)$, $h_s(i,j)$ и текущие $r(i,j,t)$, $h(i,j,t)$ значения плотности и толщины. После уменьшения массы элемента на $dm(i,j,t)$ осуществлялась коррекция текущих значений $r(i,j,t)$, $h(i,j,t)$ до достижения равенства суммарной силы сжатия и приложенной нагрузки F . Затем корректировались коэффициенты упругости k , пластичности p и трения μ с учетом уменьшения массы элемента и изменения степени его сжатия. При этом использовалась линейная аппроксимация зависимости коэффициентов от относительного изменения массы и толщины элемента на предыдущих циклах истирания. Циклы истирания моделировались до тех пор, пока масса или толщина одного из элементов не становилась равной нулю. В обобщенной форме алгоритм моделирования имеет следующий вид:

1. Задание исходных значений для параметров модели. Построение геометрической модели образца и генерация матриц $r_s(i,j)$, $h_s(i,j)$.

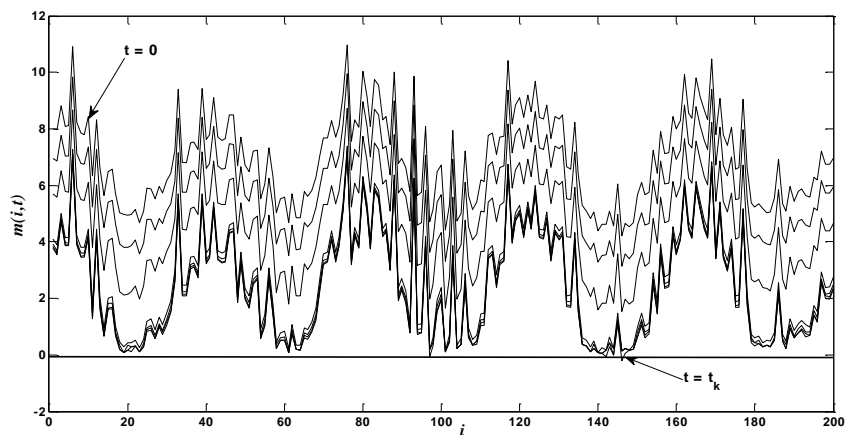
2. $t = 0$. Изменение $r_s(i,j)$, $h_s(i,j)$ на $r(i,j,0)$, $h(i,j,0)$ с учетом уравновешивания нагрузки F .

3. Пока все $r(i,j,t) > 0$ и $h(i,j,t) > 0$ повторять действия:

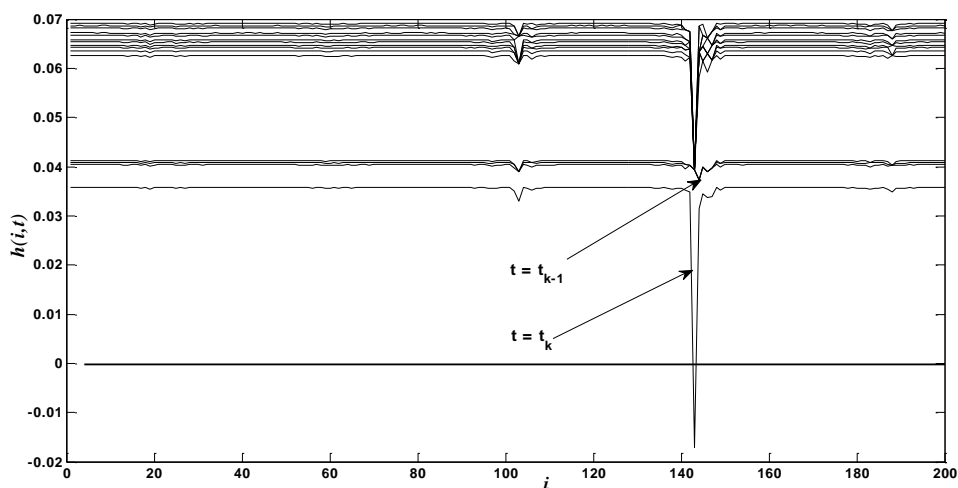
- 3.1. Генерация истираемой массы $dm(i,j,t)$; $m(i,j,t+1) = m(i,j,t) - dm(i,j,t)$

- 3.2. Вычисление новых значений $h(i,j,t)$, $r(i,j,t)$ из условий материального баланса и статического силового равновесия. Коррекция коэффициентов k , p , μ . Переход к новому циклу $t = t + 1$.

Для более наглядного представления результатов пары индексов (i,j) , определяющих координаты элемента образца, пронумерованы построчно одним индексом i , что позволило изобразить результаты моделирования на двумерных графиках. Данные приведены для 200 элементов.



а)



б)

Рис. 2

На рис.2-а изображены графики, показывающие распределение начальной массы элементов ($t = 0$) и после каждых 5000 циклов (нижние кривые соответствуют каждому сотому циклу). Аналогичные распределения для толщины элементов показаны на рис.2-б. Из-за наложения кривые показывают толщину элементов лишь на завершающей стадии истирания: t_{k-1} – предпоследний, а t_k – последний цикл испытаний. Наблюдается постепенная концентрация разрушения на элементах, имеющих наименьшую массу. В рассматриваемой системе действует своего рода положительная обратная связь: чем больше истирается элемент на предыдущих

циклах, тем большей будет величина его истирания на следующем цикле. Вместе с тем, на начальной стадии истирания наблюдается эффект выравнивания неравномерности элементов по толщине как под действием нагрузки, так и вследствие потери массы.

На рис. 3-а показано нарастание суммарной истираемой массы $SD_{mas}(t)$ образца с увеличением числа циклов. На рис.4 для сравнения приведены кривые потери массы двух образцов тканей: 1) артикул Rigchief Universal 103383 и 2) «Лидер – Комфорт 250» артикул 18422 а/х-М, – в натуральных экспериментах на приборе по методу Martindale.

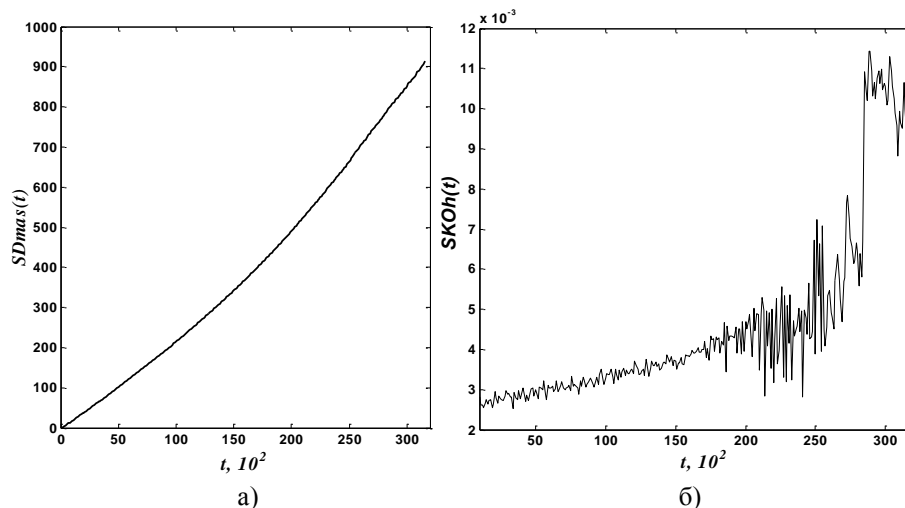


Рис. 3

Как следует из эксперимента, эти кривые имеют разный вид для разных видов ткани. Однако общий характер изменения

экспериментальных кривых близок к модельной зависимости на рис.4.

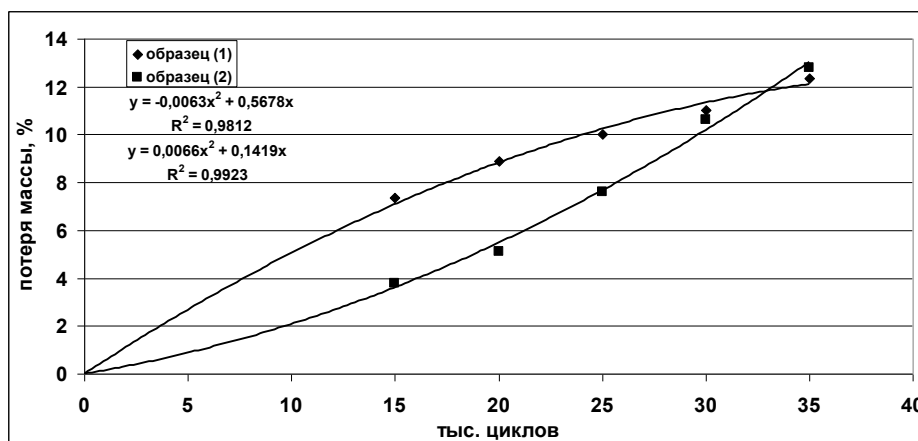


Рис. 4

На рис. 3-б показано нарастание среднеквадратического отклонения (СКО) неравномерности элементов образца по толщине в зависимости от номера цикла истирания. График наглядно показывает, как постепенно нарастает неравномерность истирания элементов, причем на последних этапах процесс приобретает хаотический характер, что типично для большинства процессов разрушения материалов.

ВЫВОДЫ

Разработан алгоритм компьютерного моделирования динамики истирания образцов тканей по методу Martindale на ос-

нове представлений о механизме разрушения. Модель, реализующая предложенный алгоритм, позволяет отслеживать детали процесса истирания и сопоставлять его ход с результатами натуральных экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (Текстильные полотна и изделия). – М.: Легпромбытиздат, 1992.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 31.01.11.