

УДК: 677.014.57

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-РАСКРОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ЗАВЗЯТЫЙ В.И.

(ГОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»,
г. Владивосток)

В настоящее время недостаточность или отсутствие информации о величине деформации, возникающей при выполнении основных и вспомогательных операций подготовительно-раскройного производства (ПРП), делает работу по созданию высокоточных систем измерения линейных параметров легкодеформируемых материалов малоэффективной. Возможность определения значений перемещения элементарных участков материалов в местах контакта с рабочими органами, зонах их свободного провисания, ориентации относительно заданной линии движения и т.д. позволила бы проектировать технологическое оборудование и параметры технологического процесса с учетом необходимых корректирующих мероприятий. Корректирующие действия при этом могут быть направлены не только на устранение появляющихся изменений в макроструктуре материалов при их обработке, но и на прогнозирование и учет влияния возникающих деформаций на выходные параметры объекта.

Данная задача может быть принципиально решена посредством современных средств проектирования технологии и технических средств, в том числе за счет моделирования процессов взаимодействия рабочих органов технологического оборудования с материалом при выполнении подготовительных операций.

Моделирование деформационно-релаксационного поведения материалов является ключевым при решении целого ряда вопросов, связанных с проектированием технологического оборудования и процессов по производству и переработке волокнистых легкодеформируемых материалов. Для целей моделирования и решения поставленных задач может быть использован метод конечных элементов (МКЭ). В работе рассматривается методика и результаты исследований статического деформирования волокнистых материалов методом конечных элементов. Такой подход позволяет в ряде случаев отказаться от дорогостоящих и длительных экспериментов и посредством моделирования процессов получить недостающие данные для проектирования исполнительных механизмов машин и параметров технологических операций.

В общем случае МКЭ позволяет решить следующую систему линейных уравнений вида:

$$P = K \cdot \Delta ; \quad (1)$$

где P - система приложенных сил; K и Δ – соответственно матрицы жёсткости и перемещений исследуемого объекта.

Объединённая запись матричного уравнения для трёхмерного объекта, когда третий линейный параметр принят равным «1», имеет вид:

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \dots P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} \dots P_{2n} \\ \dots & \dots \\ P_{m1} & P_{m2} \dots P_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \dots k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} \dots k_{2n} \\ \dots & \dots \\ k_{m1} & k_{m2} \dots k_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \dots \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \dots \delta_{2n} \\ \dots & \dots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} \dots \delta_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Решение матричного уравнения (2) известными программными средствами (COSMOS/ M; ANSYS; ALGOR и др.) сводится к следующему:

- модель объекта разбивается на конечные элементы;
- для каждого элемента составляется матрица жёсткости k ;
- матрицы жёсткости отдельных конечных элементов объединяются в матрицу жесткости объекта;
- решается система уравнений (2) и определяются перемещения узлов конечных элементов δ ;
- на базе теории упругости определяются деформации и напряжения в узловых точках исследуемого объекта.

Для решения системы уравнений (2) в общем случае необходимы численные значения модуля упругости объекта (E), условного коэффициента Пуассона (или поперечного сокращения - μ) и предела пропорциональности (σ_n), что должно быть, вследствие отсутствия для текстильных материалов достаточной информации, получено экспериментальным путём.

В качестве примера проведём МКЭ исследования НДС трикотажного полотна арт. 84, движущегося по горизонтальной поверхности разбраковочного экрана 1 контрольно-мерильной машины и взаимодействующего с мерительным роликом 2 (рис.1). На материал действуют следующие виды нагружения: сосредоточенная сила (T), состоящая из силы трения материала по столу от веса ролика и его трения качения в опорах, нагрузка на единицу площади материала от сил трения по столу (q_1), погонные нагрузки от натяжения при размотке (q_2) и от привода движения материала (q_3).

Исходные данные, необходимые для решения поставленной задачи, получены с использованием разработанных экспериментальных и расчетных методов на основе результатов ранее проведенных исследований, подробно описанных в работе [1], и представлены в таблице.

1. Железняков А.С. Моделирование и автоматизация подготовительных процессов швейного производства/А.С. Железняков, И.А. Шеромова, Г.П. Старкова. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2007. – 204 с.

Таблица

Е, МПа	σ_n , МПа	Т, Н	q_1 , Па	q_2 , Н/м	q_3 , Н/м.
0,331	0,0187	0,227	5,75	3,91	6,39

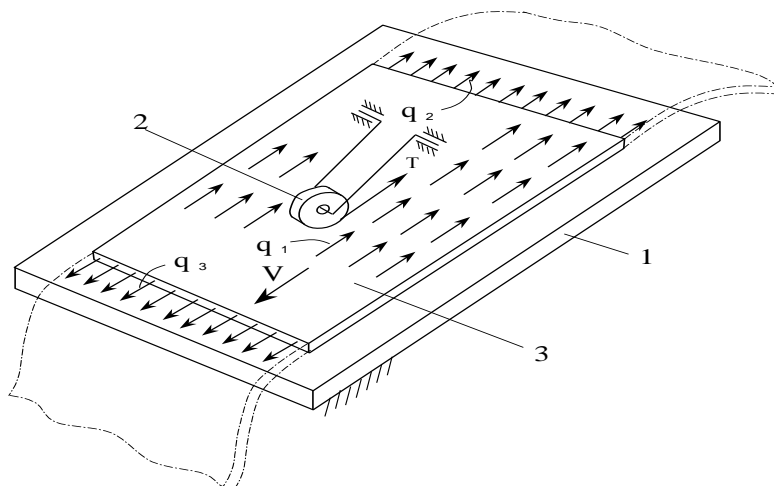


Рисунок 1 – Схема действия сил

Принятые значения T , q_1 , q_2 , q_3 являются составляющими вектора сил (P) матричного уравнения (1). Расчёт НДС материала проводился по схеме трёхмерного твёрдотельного проектирования с использованием модуля FEA Calculation 3D. Согласно процедуре моделирования после проверки степеней свободы и состояния равновесия по рассматриваемым нагрузкам запускается опция генерации сетки конечных элементов (рис.2). Далее определяется количество элементов и узлов сетки, строится и решается система уравнений относительно искомых параметров.

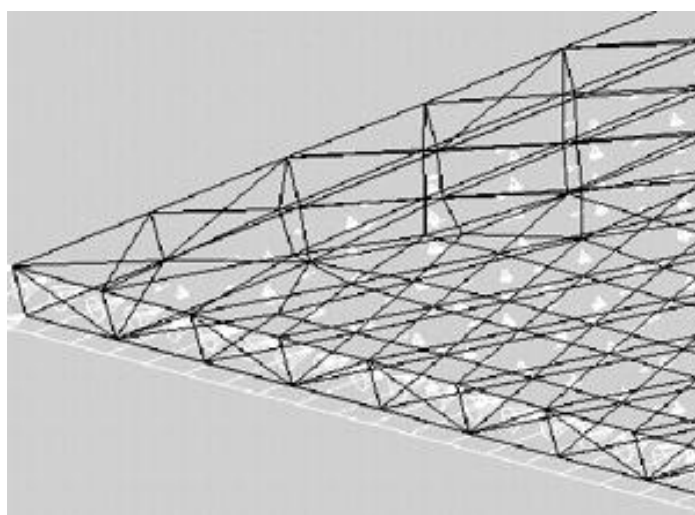


Рисунок 2 – Схема разбиения объекта на конечные элементы

Результаты моделирования представлены на рисунке 3 в виде диа-

граммы перемещений (деформаций) материала, которая отражает степень неравномерности их распределения. При этом наиболее рельефно выделена локальная зона НДС материала, создаваемая его контактом с мерительным роликом 2 (см. рис.1).

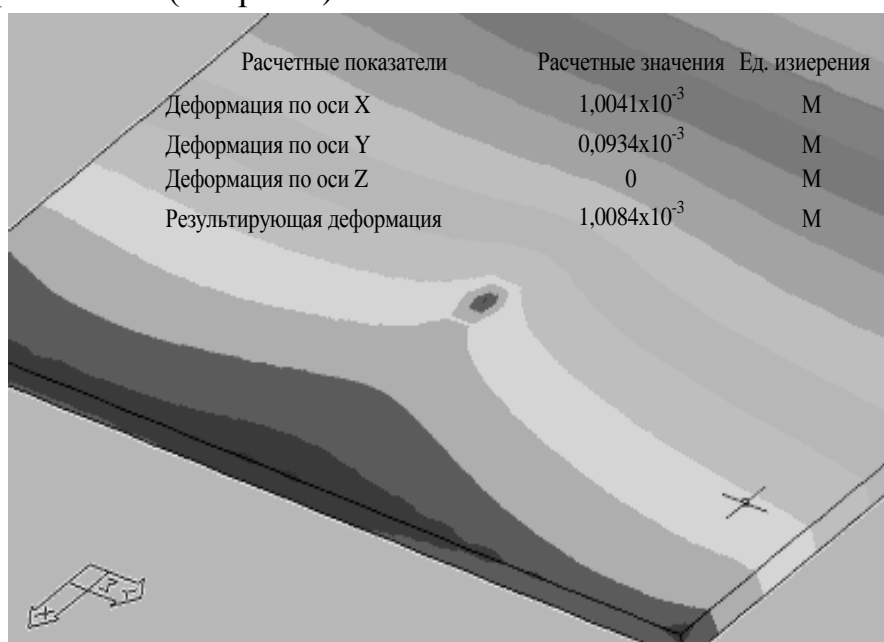


Рисунок 3 – Характер и значения деформации материала

Результаты моделирования НДС материалов могут быть представлены как в виде минимаксных значений, так и в виде полного листинга значений напряжений и перемещений во всех узлах генерируемой сетки (в данном случае 15385 узлов).

Количество узлов определяется выбором размера конечного элемента. Полученные расчётные перемещения (деформации) являются одной из составляющих частных погрешностей измерения длины материала, что может быть учтено на стадии проектирования измерительного оборудования и оценки точности воспроизведения заданных функций.

В рассмотренном примере по результатам расчёта МКЭ получено перемещение узлов конечных элементов объекта по оси X, равное 1,004 мм, что соответствует 0,2 % вносимой погрешности при измерении длины материала.

Таким образом, методика проектирования процессов и оборудования для технологических операций ПРП с использованием МКЭ позволяет значительно сократить процедуры поиска рациональных технологических и технических решений, обеспечить требуемую точность воспроизведения заданных функций, прогнозировать режимы работы аппаратных средств и вносить необходимые коррективы в конструктивно-технологические параметры вновь создаваемых технических объектов.

Руководители – к.т.н., доцент ШЕРОМОВА И.А.,
д.т.н., профессор СТАРКОВА Г.П.