

## О ПРИЛОЖЕНИЯХ ТЕОРИИ МЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ИМИТИРУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НИТЕЙ

**А.А. Полушкин, А.М. Челышев, В.А. Чайкин**  
НИИ ниток "Петронить", Санкт-Петербургский  
государственный университет технологии и  
дизайна

Свойства нитей и пряжи определяются свойствами их внутренних структур, образуемых составляющими их волокнами. Поэтому практическое решение вопросов создания нитей, обладающих заранее задаваемыми свойствами, состоит в подборе волокон с соответствующими физико-механическими свойствами и в надлежащем соединении этих волокон в процессе образования нити. При этом выбор способов обработки волокон, а также пропорций смешивания разнородных волокон и технологий образования нитей осуществляются на основе экспериментов с учетом накопленного опыта.

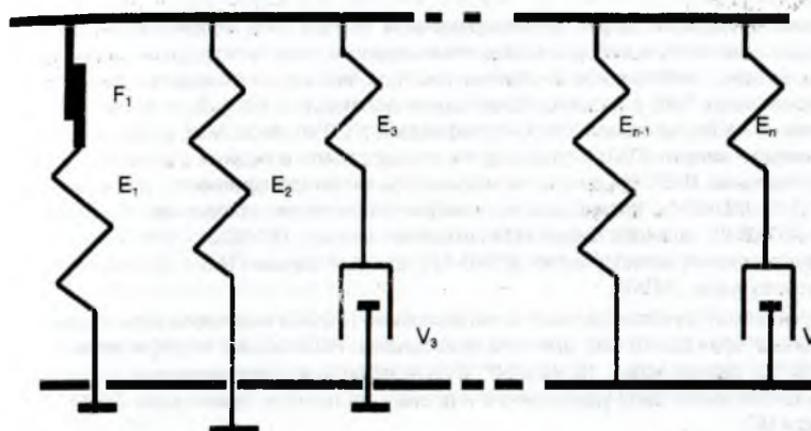
Внутренние структуры текстильных нитей настолько хаотичны и неупорядочены, а используемые для их получения волокна обладают настолько сложными физическими и механическими свойствами, что попытки строить теорию нитей по классическим схемам, дедуцируя свойства нитей из каких-нибудь достаточно простых и надежно обоснованных основных положений, в обозримом будущем не могут быть успешными. Используя современную терминологию, можно сказать, что в настоящей работе развивается не теория нити, а методика получения положений типа нечетких экспертных оценок, пригодных для совершенствования координации работ по исследованию нитей и процессов их производства. Базой для формирования таких оценок, являются аналогии между деформационными свойствами нитей и деформационными свойствами механических моделей, которые составляются путем последовательного и параллельного соединения секций, схема которых показана на рисунке и включает элементы Ньютона  $V_n$ , элементы Гука  $E_k$ , элементы сухого трения  $F_k$  и различного рода ограничители и переключатели режимов деформирования. Растягивающие усилия  $T$  этих секций выражаются через их относительные удлинения  $\epsilon$  по формулам вида

$$T(t) = E_t \epsilon(t) + \mu_t d\epsilon / dt + F_{тр \epsilon},$$

где параметры  $E_t$ ,  $\mu_t$  и  $F_{тр}$  зависят от относительного удлинения, но с тем ограничением, что они сохраняют постоянное (относительно времени  $t$ ) значение в те временные промежутки, на которых не происходят разрушения связей секций или образования новых связей. Для каждого из этих промежутков времени может быть записано линейное дифференциальное определяющее соотношение, легко разрешаемое операционными методами, например, с помощью формулы Дюамеля. Это позволяет разработать эффективные методы построения механических моделей нитей, основывающиеся на обработке экспериментальных данных об их деформировании.

Таким образом, как бы сложно не были составлены модели, они могут быть, во-первых, сравнительно просто изучены математическими средствами. Во-вторых, любой нити можно сопоставить модель, имеющую деформационные свойства, как угодно мало отличающиеся от деформационных свойств нити. В результате, каждой нити сопоставляется объект (механическая модель), являющийся ее аналогом в механическом отношении и описываемый достаточно простыми теоретическими средствами. Практическую ценность такие модельные аналоги нитей приобретают в тех случаях, когда удается установить еще и дополнительные соответствия и аналогии между параметрами моделей и параметрами нитей. В таком случае можно ожидать одинаковых изменений деформационных свойств нитей и соответствующих им моделей при одинаковых изменениях соответственных параметров. Изменив параметры моделей, можно рассчитать соответствующие изменения их деформационных свойств. Эти же

изменения деформационных свойств должны произойти и в нитях, при изменениях их параметров. Поэтому теоретические расчеты эффектов изменения параметров моделей могут использоваться при решении вопросов о целесообразности изменений параметров производимых нитей.



Сложность реализации намеченного таким образом метода изучения и целенаправленного изменения свойств нитей в значительной мере объясняется тем, что, как правило, аналогии деформационных свойств моделей и нитей оказываются опосредствованными сложными, скрытыми от непосредственного восприятия обстоятельствами. Поэтому возникают сложности при отыскании соответствий между структурными элементами моделей и структурными элементами нитей. Эти сложности, в основном, обусловлены различиями форм существования соответственных элементов в нитях и в моделях. В моделях эти элементы существуют изолированно один от другого в формах пространственно обособленных элементов Ньютона, Гука, элементов сухого трения, ограничителей и переключателей режимов деформирования. Параметры одних из этих элементов моделей могут быть изменены независимо от изменений параметров других элементов. Этого нельзя сказать о параметрах реальных нитей. Как правило, структурные элементы реальной нити имеют, так сказать общее тело, в материю которого воплощены неразделимо несколько таких элементов, которые в механических моделях имеют отдельное внешнее существование. Например, в каждой точке реального моноволокна, как бы сосуществуют сразу и упругий элемент Гука, и вязкий элемент Ньютона и пластический элемент; здесь невозможно изменить параметры одного элемента, не меняя параметры другого.

Однако, вообще говоря, нетрудно видеть, например, что увеличение степени извитости используемых волокон соответствует увеличению роли элементов Гука в модели, а увеличение шероховатости поверхности волокон соответствует повышению жесткости включенных в модель пластических элементов. Нетрудно провести и аналогии между сменами режимов деформирования элементов моделей и волокон нитей. Такого рода элементарные наблюдения позволяют объяснить ряд практически важных результатов, связанных с изменениями свойств нитей при их механической обработке.