

УДК 677-487.2

**РАЗВИТИЕ ПРИКЛАДНОЙ ТЕОРИИ ДИНАМИКИ ГИБКОЙ НИТИ  
НА СЛУЧАЙ ДОПОЛНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ  
ОСРЕДНЕННЫМ НАПРАВЛЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ НИТИ  
КАК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

*В.Е.РОМАНОВ, А.П. ЖАБКО, В.А.КЛИМОВ*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

В [1...4] даны основополагающие позиции по моделированию динамики колеблющейся гибкой нити методом Даламбера.

Рассматривается теория колебаний нити применительно к многоопорной высокочастотной испытательной установке в предположении, что на левой опоре нить закреплена, а на правом свободном конце висит груз, создающий натяжение; первая после точки О опора совершает вертикальные колебания и тем самым создает высокочастотное возбуждение нити.

Основные позиции разработанного подхода состоят в следующем:

- нить рассматривается единой для всей установки, хотя условие на число ограничителей движения, на которых нить лежит свободно и по которым имеет возможность скользить, не ставится;

- используется стандартная параметризация нити;

- изучаются совокупные продольно-поперечные колебания нити;

- метод Даламбера применяется для нахождения точного описания динамики нити на каждом участке; при этом каждый участок выделяется ограничителями движения;

- составлена объединенная математическая модель нити с учетом одновременного наличия продольных и поперечных

колебаний;

- из объединенной модели формируются модели продольных и поперечных колебаний; по указанным моделям, которые будем называть "идеальными", выполняется поиск "идеальных" решений для продольных и поперечных колебаний;

- поиск "идеальных" решений выполняется по Даламберу как решение однородных гиперболических уравнений в частных производных;

- по ходу поиска "идеальных" решений учитывается изменение длины участков из-за скольжения нити на опорах;

- запуск поиска "идеальных" решений выполняется за счет создания начальных участков формирования решений по начальным условиям;

- учитывается возможность поиска решений на малых шагах  $\Delta t$  аналогично интегрированию систем обыкновенных дифференциальных уравнений; использовать такую возможность требуется в связи со скольжением нити на опорах и изменением в связи с этим длины участков нити по координате  $x$ ; будем этот факт именовать как взаимодействие указанных участков;

- изменение длины участков на каждом шаге  $\Delta t$  ищется из условия обеспечения равенства натяжения нити на опорах со

стороны левого и правого участков;

– вводятся в рассмотрение в уравнении продольных колебаний и в уравнении поперечных колебаний слагаемые, учитывающие взаимодействие продольных и поперечных колебаний, аналитический вид которых получается по объединенной математической модели нити; "идеальные" уравнения продольных и поперечных колебаний получаются однородными;

– вводятся на каждом шаге  $\Delta t$  коррекции решений для продольных и поперечных колебаний с учетом влияния указанных выше неоднородностей, учитывающих, будем говорить, взаимодействие каналов движения.

В настоящей статье речь идет о развитии описанной задачи таким образом, чтобы разработанная методология была бы с определенными дополнениями пригодна для исследования динамики не только колеблющейся нити, но и совершающей в целом направленное движение относительно ограничителей.

Имеется в виду, что в точке  $O$  нить не закреплена, а, наоборот, в этой точке нить имеет скорость движения, направленную в сторону следующей опоры. Движение нити может быть прерывистым и тогда скорость нити в точке  $O$  на интервалах прерывания равна нулю.

Предполагается, что по всей длине нить натянута и ее провисание отсутствует.

Основное дополнение, которое делает изложенную выше теорию пригодной для исследования динамики колеблющейся и одновременно направленно движущейся (коротко движущейся) нити, состоит в том, что в координатах параметризации нить представляется дискретными данными, имеющими два индекса. Эти индексы вводятся при прохождении точки нити опоры  $O$ .

Первый индекс соответствует моменту времени прохождения точки  $x$  по опоре  $O$ , а второй – суммарной длине прошедших

через  $O$  участков нити  $\Delta x$ . При этом время  $t$  тоже представляется дискретными долями  $\Delta t$ .

При прохождении достаточно большого времени в указанных выше индексах может быть осуществлен соответственный сброс.

В качестве объектов исследования в текстильной и легкой промышленности, в которых движущаяся нить выступает как один из основных технологических элементов, могут быть швейные машины, ткацкие станки, прядильные агрегаты и другое. В указанных объектах некоторые элементы машин и агрегатов могут играть роль ограничителей движения нити и сами при этом находиться в динамических режимах.

Положительным моментом является тот результат, что поиск решений для движения нити можно осуществлять аналогично численному интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений и, следовательно, осуществлять решение всей системы дифференциальных уравнений одновременно, включающей как уравнения для нити, так и для ограничителя движения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В.Е., Жабко А.П., Климов В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №6. С. 83...84.
2. Червяков В.В., Жабко Л.Е. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №3. С. 111...115.
3. Маежов Е.Г., Червяков В.В., Жабко Л.Е. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №4. С. 115...122.
4. Маежов Е.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №6. С. 110...115.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 18.06.01.