

достижение высокой точности и помехоустойчивости системы распознавания является труднодостижимой. Это подтверждается тем, что даже наиболее известная в мире открытая библиотека OpenCV, отражающая самые значимые достижения в области компьютерного зрения, не содержит готовых решений поставленной задачи. Это говорит о том, что коммерческий успех устройств с жестовым интерфейсом, делает такие технологии закрытыми.

Насколько стало известно автору, в Республике Беларусь системные развернутые научные исследования в данной области не ведутся и не производятся устройства с функциями распознавания жестов руки человека по ее стереоизображениям.

#### *Список литературы*

1. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features//IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. – V. 1. – P. 511–518
2. Mitra S., Acharya T. Gesture recognition: A survey//IEEE Trans. Syst. Man Cybernetics, Part C, 2007. – Vol. 37. – № 3. – P 311–324.
3. Garg P., Aggarwal N., Sofat S. Vision based hand gesture recognition//World Academy Sci. Engng. Technol., 2009. – P. 972–977.
4. Dhawale P., Masoodian M., Rogers B. Bare-hand 3d gesture input to interactive systems // CHINZ'06: 7th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's Conference (International) on Computer-Human Interaction: Design Centered HCI Proceedings. – New York, NY, USA: ACM, 2006. P. 25–32.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ВОЛОКНА**

*Ю.В. Новиков, Д.В. Пермяков  
Витебск, ВГТУ*

В результате разработки опытного образца комплекса электроформования волокон в разрабатываемой системе подачи полимерного волокна от смесительной емкости к фильере были выявлены пульсации, что создает неравномерность волокна по толщине на коротких отрезках [1].

Целью исследования является определение оптимальной системы обеспечивающей процесс подачи полимерного волокна от емкости к формообразующей фильере в разрабатываемом автоматизированном комплексе электроформования.

**Материал и методы.** Комплекс ориентирован на получение полимерного волокна малого поперечного сечения: до нескольких микрон и менее, которое можно использовать для реализации диэлектрических мостиков, матриц сменных фильтров, защитной одежды, в биомедицинских целях.

**Результаты и их обсуждение.** В производстве химических волокон для подачи прядильных растворов и расплавов к фильерам применяют в основном зубчатые прядильные насосы, которые обладают лучшими параметрами [2], чем поршневые и эксцентриковые. Конструктивные особенности прядильных насосов обуславливают пульсацию полимерного раствора [1, 2, 3], что приводит к пульсирующей неравномерности истечения его из отверстий фильеры. Относительная величина пульсации подачи  $\delta$  определяется как отношение разности наибольшей и наименьшей мгновенной подачи к средней величине подачи, выраженное в процентах [3]

$$\delta = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{\text{ср}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $Q_{max}$  и  $Q_{min}$  — наибольшая и наименьшая мгновенные подачи прядильного насоса;  $Q_{\text{ср}}$  — средняя подача прядильного насоса.

Возможные пути уменьшения пульсации подачи прядильных насосов: реконструкция прядильного насоса [3, 4, 5, 6], уменьшение пульсации сглаживающими устройствами [3, 7, 8].

Величина пульсации, определяемая выражением (1), характеризует неравномер-

ность подачи полимерного раствора насосом, не может служить критерием оценки равномерности истечения жидкости из отверстий фильеры, которое сопровождается комплексом явлений.

Подача полимерного раствора от насоса к фильере характеризуется переходными процессами режимов течения, изучение которых необходимо для определения параметров процесса формирования волокна с утонениями [9]. Работа насосов исследована [3,4,5], подача полимерного раствора в растворопроводящих деталях на опытном образце от насоса к фильере не изучена. Теоретические исследования подачи полимерного раствора выполняются с применением метода аналогии – анализа течения прядильной массы в растворопроводящих деталях.

Исследуемая система рассматривается в виде эквивалентной трубы, в которой равномерно распределены все параметры системы (гидравлическое сопротивление, упругие деформации, прядильная масса раствора). Течение раствора можно рассматривать как одномерное (вдоль оси эквивалентной трубы) ламинарное течение сжимаемой жидкости [10]. Общее интегральное уравнение движения сплошной среды [10]

$$\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\rho}{F} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{32\mu}{F \cdot d} \cdot Q = 0, \quad (2)$$

где  $P$  – давление в эквивалентной трубе;  $x$  – ось трубы,  $\rho$  – плотность прядильной массы,  $F$  – площадь поперечного сечения эквивалентной трубы,  $Q$  – расход через поперечное сечение эквивалентной трубы,  $t$  – время,  $\mu$  – вязкость прядильной массы,  $d$  – диаметр эквивалентной трубы.

Учитывая упругие свойства полимерного раствора и прядильной гарнитуры [11], и то, что скорость течения прядильной массы меньше звуковой [11], после интегрирования по объему эквивалентной трубы уравнение неразрывности [10] преобразуется

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{V}{l(\beta + k \cdot V)} \cdot \frac{\partial P}{\partial t} = 0, \quad (3)$$

где  $V$  – внутренний объем эквивалентной трубы;  $l$  – длина эквивалентной трубы;  $\beta$  – коэффициент сжимаемости прядильной массы;  $k$  – коэффициент упругости материала стенок эквивалентной трубы.

Объединив уравнения (2) и (3) получим систему уравнений, известных под названием системы телеграфных уравнений. Эти уравнения широко применяются в электродинамической аналогии, и дают возможность моделирования течения полимерного раствора.

**Заключение.** В результате теоретических исследований изменена система: насос – растворопроводящая трубка – фильера. Для проверки полученных результатов необходимо провести опыты по определению переходных процессов в системе подачи полимерного раствора и осуществить выбор давления.

#### Список литературы

1. Роговин, З.А. Основы химии и технологии химических волокон: учебное пособие. Т. 2: Производство синтетических волокон / З.А. Роговин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Химия, 1974. – 344 с.
2. Труевцев, Н.И. Технология и оборудование текстильного производства (Механическая технология текстильных материалов): учебник для студентов вузов текстильной промышленности / Н.И. Труевцев, Н.Н. Труевцев, М.С. Гензер; под ред. Н.И. Труевцева. – Москва: Легкая индустрия, 1975. – 640 с.
3. Жабо, В.В. Гидравлика и насосы: учебник для учащихся энергетических и энергостроительных техникумов / В.В. Жабо, В.В. Уваров. – Москва: Энергия, 1976. – 277 с.
4. Чугаев, Р.Р. Гидравлика. Техническая механика жидкости: учебник для студентов гидротехнических спец. вузов / Р.Р. Чугаев. – 4-е изд., доп. и перераб. – Ленинград: Энергоиздат, 1982. – 672 с.
5. Мхитарян, А.М. Гидравлика и гидромеханика: учебник для втузов / А.М. Мхитарян. – Киев: Государственное издательство технической литературы УССР, 1958. – 374 с.
6. Астарита, Дж. Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей = Principles of Non-Newtonian Fluid Mechanics / Астарита, Дж., Марруччи Дж.; пер. с англ. Д.А. Казенина; под ред. Ю.А. Бувевича. – Москва: Мир, 1978. – 309 с.

7. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика: учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. «Гидравлические машины и средства автоматики» / Б.Т. Емцев. – Москва: Машиностроение, 1978. – 463 с.
8. Голоскоков, Д.П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple: учебник для вузов / Д.П. Голоскоков. – Санкт-Петербург: Питер, 2004. – 539 с.
9. Бабаков, И.М. Теория колебаний: учебное пособие для студентов ВТУЗов / И.М. Бабаков. – изд. 3-е, стер. – Москва: Наука, 1968. – 559 с.
10. Сагомоян, А.Я. Пространственные задачи неустановившегося движения сжимаемой жидкости / А.Я. Сагомоян, В. Б. Поручиков. – Москва: Издательство Московского университета, 1970. – 120 с.
11. Тимошенко, С.П. Пластинки и оболочки = Theory of plates and shells / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер; пер. с англ. В.И. Контовта; под ред. Г.С. Шапиро. – Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 636 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКОГО МНОГОСЛОЙНОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ «ФЕРРИТ-СЕГНЕТОЭЛЕКТРИК» В HFSS

*С.М. Станкевич, Н.М. Чирвоный  
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

Пакет приложений HFSS является отраслевым стандартом программного обеспечения для моделирования и анализа СВЧ-структур. Выполнение расчетов полностью автоматизировано, пользователю необходимо всего лишь определить геометрические параметры исследуемой структуры и задать свойства материалов.

Основу решения трехмерных и двумерных задач электродинамики в пакете приложений HFSS составляет метод конечных элементов (МКЭ). Пространство, в котором распространяются электромагнитные волны, разбивается на простейшие объемные элементы, имеющие форму тетраэдров. Разбиение осуществляется специальной программой, входящей в состав пакета HFSS.

**Материал и методы.** Поле в пределах элементарного тетраэдра описывается простой функцией или набором функций с неизвестными коэффициентами. Эти коэффициенты ищутся из уравнений Максвелла и граничных условий. В результате электродинамическая задача сводится к системе линейных алгебраических уравнений относительно этих коэффициентов. Решение такой системы легко определяется с помощью ЭВМ [1].

**Результаты и их обсуждение.** В данной работе было проведено моделирование керамического многослойного элемента из композиционных материалов системы «феррит-сегнетоэлектрик» (рис. 1). Внутренняя структура такого элемента представлена на рис. 2. Цифрами обозначены:

- 1) пьезокерамический слой из восьми пленок материала АС900;
- 2) пьезокерамический слой из материала АС900 с внутренним электродом (топология «конденсатор»);
- 3) пьезокерамический слой из материала АС900 с внутренним электродом (топология «индуктивность–конденсатор–индуктивность»);
- 4) ферритовый слой из материала (Fe–Ni–Zn) с внутренним электродом (топология «индуктивность–конденсатор–индуктивность»);
- 5) ферритовый слой из пяти пленок материала (Fe–Ni–Zn);
- 6) пьезокерамический слой из четырех пленок материала АС900;
- 7) пьезокерамический слой из девяти пленок материала АС900.