

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

(ВГТУ)

УДК: 677.017.5 + 677.022

№ госрегистрации 20121175

Инв №



Проректор по научной работе

Е.В. Ванкевич

_____ 2012 г

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка электроемкостного метода определения эффективности смешивания волокон в пряже и полуфабрикатах прядильного производства

(заключительный)

2012 – Г/Б - 396

Научный руководитель

д.т.н., доц.

Д.Б. Рыклин

Начальник НИЧ

С.А. Беликов



20.12.2012

Витебск 2012

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель:

д.т.н.

18.12.2012.



Рыклин Д.Б. (общее руководство
работой, гл. 1)

Исполнители:

к.т.н.

18.12.2012



ДЖЕЖОРА А.А. (введение, гл. 2, 3)

аспирант

18.12.2012



НАУМЕНКО А.М. (проведение
эксперимента, гл. 4, 5, 6)

инженер-программист

18.12.2012



САНКОВСКАЯ А.И. (нормоконтроль)

РЕФЕРАТ

Отчет 80 с, 46 рис, 10 табл., 81 источник, 1 прил.

ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОЙ МЕТОД, ЛЬНОХЛОПКОВАЯ ПРЯЖА, НЕРОВНОТА СМЕШИВАНИЯ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, АНИЗОТРОПИЯ, ДИСПЕРСИЯ

Объектом исследования являются многокомпонентная пряжа и полуфабрикаты прядильного производства.

Целью работы является создание метода оценки эффективности процесса смешивания волокон в многокомпонентной пряже и полуфабрикатах прядильного производства.

Изготовлен емкостной измерительный преобразователь для определения диэлектрической проницаемости текстильных материалов в продольном и поперечном направлениях.

Разработана математическая модель для прогнозирования диэлектрической проницаемости текстильных волокон в продольном и поперечном направлениях в зависимости от их кондиционной влажности и частоты электромагнитного поля.

Разработана математическая модель для прогнозирования диэлектрической проницаемости образца в зависимости от степени уплотнения материала в измерительном преобразователе.

Разработана методика оценки распрямленности волокон в волокнистых лентах по переходам прядильного производства.

Разработана методика подготовки образцов и проведения измерений эффективности смешивания волокон в многокомпонентных волокнистых лентах и пряже, обеспечивающая высокую точность и воспроизводимость результатов измерений.

Проведена апробация разработанного метода в условиях УО ВГТУ при исследовании эффективности смешивания волокон в образцах льнохлопковых лент и пряжи, полученных в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» (г. Орша), а также при оценке изменения распрямленности волокон в хлопковых лентах по переходам прядильного производства, полученных в производственных условиях ОАО «Гронитекс» (г. Гродно).

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ, СОСТАВА ОРТОТРОПНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	8
1.1 Общая характеристика электроемкостного метода контроля	8
1.2 Анализ электроемкостного метода контроля качества текстильных материалов	10
2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	16
2.1. Выбор конструктивных размеров электроемкостного измерительного преобразователя	16
2.2. Изготовление электроемкостного измерительного преобразователя	21
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН	24
3.1. Исследование дисперсии диэлектрической проницаемости текстильных волокон	24
3.2. Определение зависимости диэлектрической проницаемости текстильных волокон от влажности	28
3.3. Исследование влияния плотности заполнения волокнистыми материалами зоны контроля электроемкостного преобразователя на точность измерения диэлектрической проницаемости	35
4. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАНИЯ ВОЛОКОН В ПРЯЖЕ И ВОЛОКНИСТЫХ ЛЕНТАХ	38
4.1. Определение показателей, в наибольшей степени отражающих изменение эффективности смешивания волокон текстильных материалов	38
4.2. Определение квадратической неровноты смешивания электроемкостным методом	43
4.3. Определение корреляции между неровнотой по линейной плотности, эффективностью смешивания волокон и физико-механическими свойствами льносодержащей пряжи	47

5. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	49
5.1. Разработка методики для определения эффективности смешивания многокомпонентных волокнистых лент с чесальными и ленточными машин	49
5.1.1. Подготовка к измерению	
5.1.2. Проведение измерений	49
5.2. Анализ особенностей применения электроемкостного метода для определения эффективности смешивания волокон многокомпонентной пряжи	50
5.2.1. Подготовка к измерению	52
5.2.2. Исследования влияния линейной плотности пряжи на результаты измерения ее диэлектрической проницаемости	53
6. АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ	56
6.1.1. Оценка эффективности процесса распрямления волокон в вытяжном приборе с помощью электроемкостного метода	56
6.1.2. Способы оценки распрямленности волокон	61
6.1.3. Оценка возможности применения электроемкостного метода контроля для определения распрямленности волокон	64
6.2. Апробация разработанной методики для оценки эффективности смешивания волокон в льносодержащих лентах	68
6.2.1. Исследование зависимости эффективности смешивания волокон в льнохлопковых лентах от процентного вложения компонентов	68
6.2.2. Определение эффективности смешивания волокон льнохлопковых лент с чесальной и ленточной машин	69
6.3. Апробация разработанной методики для оценки эффективности смешивания волокон в многокомпонентной льносодержащей пряже	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матис, И.Г. Метод и оборудование для определения диэлектрических констант полимерных материалов при одностороннем доступе / И.Г. Матис // Механика полимеров. - 1966. - №4. - С.380-383
2. Матис, И.Г. О возможности многопараметрового контроля диэлектрических свойств слоистых полимерных материалов / И.Г. Матис // Изв. Акад. наук Латв. ССР. Сер. физ. и техн. наук. - 1968. - № 6. - С. 60–67.
3. Клотиньш, Э.Э. Исследование характеристик измерительных конденсаторов для неразрушающего контроля диэлектрических свойств полимерных материалов: дис... к.т.н / Э.Э. Клотиньш. – Рига, 1970. – 223 л.
4. Матис, И.Г. Использование высокочастотного электромагнитного метода для определения параметров слоистых диэлектриков / И. Г. Матис // Докл. I Всесоюз. межвузовской конф. по электромагнитным методам контроля качества материалов и изделий. Москва, 1972. - С. 131.
5. Матис, И.Г. Модуляционный способ многопараметрового электроемкостного контроля / И. Г. Матис, Д. Э. Паблакс // Методы и приборы неразрушающего контроля. Рига, - 1982. - Вып. 6. - С. 34–39.
6. Матис И.Г., Клотиньш Э.Э. Накладные датчики для неразрушающего определения диэлектрических свойств двухслойных сред / И.Г. Матис, Э.Э. Клотиньш // Механика полимеров. - 1969. - № 6. - С. 983-987.
7. Матис, И.Г. Двухпараметровый контроль диэлектрических свойств двухслойных сред / И.Г. Матис // Изв. Акад. наук Латв ССР. Сер. физ.-техн. наук. - 1969. - № 1. - С.46–53.
8. Штраус, В.Д. Методики неразрушающего определения диэлектрической проницаемости анизотропных полимерных материалов / В.Д. Штраус // Механика полимеров. - 1974. - № 4. - С. 715–719.
9. Штраус, В.Д. Экспериментальные исследования информативности электрических релаксионных характеристик к изменению физикомеханических свойств композитов / В.Д. Штраус // Методы и средства диагностики несущей способности изделий из композитов. – Рига. - 1983, - С.253-258.
10. Латишенко, В. А. Определение повреждаемости углепластиков неразрушающими методами контроля / В.А. Латишенко, И.Г. Матис // Механика композитных материалов. - 1982. - № 3. - С. 523-528.

11. Матис, И. Г. Электроемкостные преобразователи для неразрушающего контроля / И.Г. Матис. - 2-е изд. - Рига: Зинатне, 1982. – 304 с.
12. Матис, И.Г. Спектрометрические методы исследования структуры композитных материалов / И.Г. Матис // Механика композитных материалов. — 1991. – №2. - С. 320-334
13. Jachowicz, R.S. A thin-film capacitance humidity sensor / R. S. Jachowicz, S. D. Senturia // Sensors and Actuators. - 1982. - vol. 2. - pp. 171-186.
14. Smith, N.T. Dielectric cure analysis: theory and industrial applications / N. T. Smith, D. D. Shepard // Sensors. – 1995. - vol. 12, - pp. 42-48.
15. Microdielectrometry / N. F. Sheppard [and other] // Sensors and Actuators. – 1982. - vol. 2. - pp. 263-274.
16. Microdielectrometry: a new method for in situ cure monitoring / N. F. Sheppard [and other] // Proceedings of the 26th SAMPE Symposium, Los Angeles – 1981. - pp. 65-76.
17. Davidson, T.M. The moisture dependence of the electrical sheet resistance of aluminium oxide thin films with application to integrated moisture sensors / T. M. Davidson, S. D. Senturia // International Reliability Physics Symposium. 20th Annual Proceedings, New York. – 1982. - pp. 249-252.
18. Garverick, S.L. An MOS device for AC measurement of surface impedance with application to moisture monitoring / S. L. Garverick, S.D. Senturia. // IEEE Transactions on Electron Devices. – 1982.- vol. ED-29. - pp. 90-101.
19. Cure monitoring and control with combined dielectric/temperature probes / S. D. Senturia [and other] // Proceedings of the 28th SAMPE Symposium, Anaheim. – 1983. - pp. 851-861.
20. Measurement and application of dielectric properties / D. E. Kranbuehl [and other]// SPIE Technical Papers. – 1985. - vol. 31. - pp. 73-90.
21. Effects of moisture uptake on the dielectric permittivity of polyimide films / D. D. Denton [and other] // Proceedings of the 1985 International Symposium on Moisture and Humidity. Washington. – 1985. - pp. 505-513.
22. Fundamental issues in the design of polymeric capacitive moisture sensors / D.D. Denton [and other] // TRANSDUCERS '85. 1985 International Conference on Solid- State Sensors and Actuators. Philadelphia. 1985. - pp. 202-205.
23. Senturia, S.D. An approach to chemical microsensor packaging / S. D. Senturia // TRANSDUCERS '85. 1985 International Conference on Solid- State Sensors and Actuators. Philadelphia. – 1985. - pp. 198-201.

24. Bromberg, M.L. Measurement and application of dielectric properties / M. L. Bromberg // IEEE Electrical Insulation Magazine. – 1986. - vol. 2, - pp. 18-23.
25. Moisture effects on the electrical conductivity of kapton polyimide / F. Bellucci [and others] // Journal of the Electrochemical Society. 1990. - vol. 137, no. 6. - pp. 1778-1784.
26. Day, R.D. A microdielectric analysis of moisture diffusion in thin epoxy/amine films of varying cure state and mix ratio / D. R. Day // Polymer Engineering and Science. 1992. - vol. 32. - pp. 524-528.
27. Electrical conductivity measurements using micro fabricated interdigitated electrodes / N. F. Sheppard [and other] // Analytical Chemistry. – 1993. vol. 65, - pp. 1998-2002.
28. A model for the relative environmental stability of a series of polyimide capacitance humidity sensors / R. K. Ralston [and others] // Sensors and Actuators B (Chemical). – 1996. - vol. B34. - pp. 343-348.
29. Скрипник, Ю.А. Измерение толщины диэлектрических материалов / Ю.А. Скрипник // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1980. - № 5. - С. 106–109.
30. Диэлектрические методы контроля свойств материалов и веществ. Сообщение 1 / Ю.А. Скрипник [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1991. - № 1. - С. 108–114.
31. Диэлектрические методы контроля свойств материалов и веществ. Сообщение 2 / Ю.А. Скрипник [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1991. - № 2. - С. 118–123.
32. Автоматический контроль толщины полимерных покрытий на тканевой основе / А.Н. Дыков [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1987. - № 3. - С. 108–114.
33. Кондуктометрический метод контроля технологических растворов и сред / Я.М. . Заграй [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. - 1990. - № 4. - С. 102–107.
34. Расчет частичных емкостей в трехэлектродных симметричных емкостных преобразователях / М.Г.Струнский [и др.] // Электричество. - 1978. - № 6. - С. 33–38.
35. Расчет частичных емкостей в емкостных преобразователях с учетом формы поперечного сечения контролируемого проводника / М.Г. Струнский [и др.] // Электричество. - 1980. - № 9. - С. 25–32.

36. Емкостные первичные измерительные преобразователи диаметра неизолированного микропровода. / А.Л. Грохольский [и др.] // Измерение, контроль, автоматизация. Москва. – 1978. - Том 2. - С. 16–23.
37. Курбатов, В. М., Емкостный преобразователь для измерения толщины тонких диэлектрических слоев / В. М. Курбатов, Ю. П. Пресняков // Измерительная техника. – 1974. - № 11. - С. 69—70.
38. Лебедева, Н. И., Емкостный метод измерения толщины диэлектрических слоев в образцах с лунками / Н. И. Лебедева, Н. С. Несмелое // Приборы и техника эксперимента. - 1974. - № 2. - С. 244—245.
39. Boyle, P. W. Automatic control of thickness of plastics sheet/ P.W. Boyle // Trans. J. Plast. Inst.. – 1966. - № 8. - pp. 189—190.
40. Gundtoft, H. E. High speed measurement of the internal diameter of tubes: a comparison of methods. / H.E. Gundtoft, C. C. Agerup, H. Nielson // Nondestr. Testing. – 1974. - vol. 7, № 2. - pp. 189—193.
41. Haynes, A.C.R. New monitoring equipment for tube extrusions / A.C.R. Haynes, // Inter. Plast. Eng.. – 1965. - vol. 5, № 2. - pp. 42—43.
42. Lynnworth, L. C Inspection of material uniformity and thickness using dielectric measurements. / L.C. Lynnworth//Proc. 4th Intern. Conf. Nondestr. Testing. London. - 1963. - pp. 283—290.
43. Davies, W. E. A. The dielectric constant of fibre composites / W.E.A. Davies // J. Phys. – 1974. - vol. 7, № 1. - pp. 120 — 130.
44. Frohlich, H. Theory of dielectrics — dielectric constant and dielectric loss / H. Frohlich. - Oxford, Clarendon Press, 1949. - 180 p.
45. Горбов, М. М. Емкостные приборы для бесконтактного измерения диаметра электропроводящих нитей/ М. М Горбов, А. М. Цирлин // Химические волокна. - 1976. - № 4. - с. 69—71.
46. Kolesar E.S. Interdigitated gate electrode held effect transistor for the selective detection of nitrogen dioxide and diisopropyl methylphos-phonate / E.S. Kolesar, J.M. Wiseman // Analytical Chemistry. – 1989. - vol. 61, - pp. 2355-2361.
47. Gardner, D.W. Intelligent gas sensing using an integrated sensor pair / Q.W.Gardner //Sensors and Actuators. – 1955. - vol 26-27. - pp. 261-266.
48. Исследование молекулярной подвижности в эпоксидных полимерах на различных стадиях отвержения в объеме и на границе раздела / Ю.С. Липатов [и др.] // ВМС. – 1971.— №11. - С. 2601-2606.
49. Burrell C.M. A dielectric constant method of following the non-stationary state in polymerization / C.M. Burrell, T.G. Majury, H.W. Melville // Proc. Roy. Soc. Ser. A. – 1951. - vol. 205, N 1082. - pp. 309–335.

50. NonContact Capacitive Sensing Dielectrometers for Characterization of Adhesives and Epoxies / Y. Washabaugh [and other] // ASNT Fall Conf. Indianapolis. - 2000. - pp.155-157.
51. In-line dielectric monitoring during extrusion of filled polymers/ A.J. Bura [and others] // Review of scientific instruments. – 2002. - vol. 73, No. 5. - pp. 2097-2102.
52. Богданова Г.С. Влияние термической обработки на диэлектрические свойства и структуру стекол систем $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SrO} - \text{TiO}_2$ и $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{BaO} - \text{TiO}_2$. / Г.С. Богданова, Е.М Орлова, М.Н Павлушкин // Стеклообразное состояние и строение стекла. Ереван. - 1974. - С. 82–84.
53. Зависимость диэлектрических потерь β -сподулиновых ситалов от их состава и режима термообработки / Г.С. Богданова [и др.] // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. Москва, 1973. - С. 2047–2050.
54. Любутин, О. С Устройство для автоматического контроля и регулировки распределения стеклонитей в стеклопластике / О. С Любутин, Б. П. Быстрое, В. В. Михайлов // Изв. вузов. Электромеханика. Москва. – 1966. - № 6. - С. 681—883.
55. Синицкий, В. А. Неразрушающий контроль стекловолокна и связующего в изделиях из стеклопластика горячего прессования / В.А. Синицкий // Труды ЦНИИТ судостроения. Москва. – 1969. - вып. 88, - С. 67—80.
56. Сологян, И.Х. Методы повышения точности измерения содержания связующего в армированных неметаллических материалах емкостных преобразователей / И. Х. Сологян, В. В. Буравлев, В.Н. Балакиев // Измерительная техника. Москва. - 1974 - № 6, - С. 82—84.
57. Apparatus for determination of the density of in-place materials by measurement of their dielectric strength Pat. USA N 3784905/ L.L. Blackwell. 1974.
58. Zurbrick, J. R. Controlling the electric field of low-frequency electric nondestructive testing devices / R.J. Zurbrick // In: Proc. 5th Intern. Conf. Nondestr. Testing. Montreal. – 1967. - pp. 27—33.
59. Ikeda, K. A new method of C.O.D. measurement. Brittle fracture initiation characteristics of deep notch test by means of electrostatic capacitance method / K. Ikeda, S. Kitamura, H. Maenaka // Pap. Ship, Res. Inst. – 1971. - N 35. - pp. 1—18.
60. Tanaka, T. Using a capacitor to measure particle flow / T. Tanaka, K.Gotoh, M. Nakajima // Instr. Control Syst. – 1973. - vol. 46, № 2. - pp. 58—59.

61. Джежора, А.А. Диэлькометрия ортотропных материалов текстильной промышленности / Джежора А.А., Науменко А.М. // Дефектоскопия, Екатеринбург. – 2011. - № 12, - С. 67 – 76.
62. Erera, J. Research dispersion dielectric permittivity of textile fibres / J. Erera, H. S. Sack // Ind. Eng. Chem. – 1943. - № 35. - pp. 712.
63. Hearle, J. W. S. Research physical properties of textile fibres/ J.W.S. Herle // Text. Res. J. – 1954. - № 24. - pp. 307.
64. Morton, W. E. Physical properties of textile fibres / W. E. Morton, J. W. S. Hearle. - Proc. Roy. Soc., 1962. - 267 p.
65. Радовицкий, В. П. Электродинамика текстильных волокон / В. П. Радовицкий, Б. Н. Стрельцов – Москва: Легкая индустрия. 1967. - 254 с.
66. Джежора А.А. Влияние экрана подложки на емкость датчика / А.А. Джежора, В.В. Рубаник // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы III междунар. научно-технич. конф. Могилев, 2009. С.110-112.
67. Измеритель иммитанса Е7-20. Руководство по эксплуатации УШЯИ.411218.012 РЭ - 2004 – 30 с.
68. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы): учебник для вузов / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев. - 2-е изд., перераб и доп. – Москва: Легпромбытиздат. - 1985. - 216 с.
69. Baturin, Y.U.A. The Load of the Carding Surfaces and the Proportion of Fibre Transferred Between the Surfaces/ Y.U.A. Baturin // Tech. Textile Industry USSR. -1964. vol. 4. - pp. 37- 43.
70. Ghosh, G.C. Studies on Hook Formation and Cylinder Loading on the Cotton Card / G.C. Ghosh and S.N. Bhaduri // Textile. Res.J. – 1986. - pp. 535 – 543.
71. Modi, R.K. Carding cotton / R.K. Modi // Proc. Joint Technol.Conf. Organized by ATIRA.BTRA and SITRA. – 1960. - vol. 2. - pp. 59-68.
72. Cleaning Action of Cotton Card Equipped with Metallic Card Clothing, Part 3: Construction of High Speed Card / C. Nozaki [and other] // J. Tex. Mach. Soc. Japan. – 1963. – vol. 9. - pp.167-176.
73. Sengupta, A.K. Change in Configuration of Fibres During Transfer from Cylinder to Doffer in a Card / A.K. Sengupta and R. Chattopadhyay // Textile Res.J. – 1982. vol. 52. - pp. 178 - 181.
74. Wagle, N.P. Some Studies on Formation and Removal of Fibre Hooks / N.P. Wagle, R. Govendarajulu// Textile Res.J. – 1971. - vol. 41. - pp. 397-404.

75. Simpson, J. Effect of Carding Rate and Cylinder Speed on Fibre Hooks and Spinning Performance for an Irrigated Acala Cotton / J. Simpson, L.B. Deluca, L.A. Fior // *Textile Res. J.* – 1967. – vol. 37. - pp. 504 - 509.
76. Hodgson, R. Cotton Carding: A Preliminary Study / R. Hodgson // *Shirley Institute Memoirs Series.* – 1934. – vol. 7. - pp. 240 – 290.
77. Лабораторный практикум по прядению хлопка и химических волокон / Бадалов К.И. [и др]. – Москва: Легкая индустрия, 1978. - 256 с.
78. Morton, W.E Fibre Arrangement in Card Slivers / W.E. Morton, R.J. Summers // *J. Textile Inst.*, XL. - 1949. - pp. 106 – 123.
79. Стрельцов, Б.Н. Новый способ определения распрямленности волокон / Б.Н. Стрельцов, Т.Н. Цыбранкова // *Текст. промышленность.* - 1987. - № 9. - С. 57–59.
80. Способ оценки распрямленности волокон: пат. 1043503/12 СССР, МКИ G 01 N 21/59 / И.И. Штут, Б.Х. Чан; № 5032619; заявл. 17.03.1992; опубл: 27.01.1995.
81. Способ контроля оптической анизотропии светорассеяния плоских волокнистых материалов и устройство для его осуществления: пат. 1383168 СССР, МКИ G 01 N 21/59 / П.Г. Шляхтенко, О.М. Суриков, С.К. Калли.