

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Витебский государственный технологический университет

(ВГТУ)

УДК 537.8

№ госрегистрации 20013060

Инв №

УТВЕРЖДАЮ



Проректор ВГТУ по научной работе

\_\_\_\_\_, доц. С.М. Литовский

\_\_\_\_\_ 2003г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ ВПД-027

“ Моделирование электромагнитных полей в гетерогенных средах ”

(заключительный)

2001 – ВПД-027

Начальник НИС

С.А.Беликов

Научный руководитель  
к.т.н., доц.

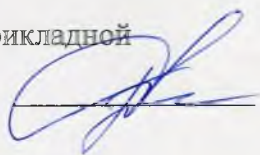
А.А. Джежора

Витебск 2001г- 2003г

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

### 1. Научный руководитель:

зав.каф. теоретической и прикладной  
математики, к.т.н., доц.



Джежора А. А. (введение, раздел 1, заключение)

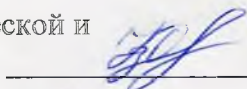
### 2. Исполнители:

зав.каф. физики  
к.т.н., с.н.с.



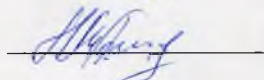
Рубаник В.В. (раздел 2)

ст. препод. каф. теоретической и  
прикладной математики



Завацкий Ю. А. (программа)

ст. преп. каф. физики



Лаппо Н.М. (раздел 3)

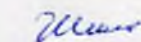
ст. преп. каф. физики



Жизневский В.А. (программа)

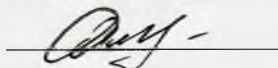
### 3. Творческие исполнители:

студент гр А-16

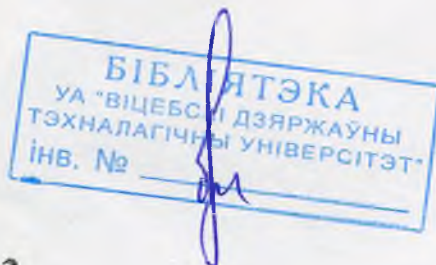


Шиманский А.В.

Нормоконтроль



Ярыго О. Д.



## РЕФЕРАТ

Отчет 24 с., 2 ч., 4 рис., 24 источника, прил - 1.

### “Моделирование электромагнитных полей в гетерогенных средах”

Ключевые слова (математические модели, электроемкостные преобразователи, гетерогенные среды, зеркальные отражения, индуцируемые заряды, коэффициенты отражений, коэффициенты пропускания, анизотропия, диэлектрическая проницаемость)

Объектом исследования являются гетерогенные среды

Цель работы — Моделирование электромагнитных полей в гетерогенных средах.

В процессе работы создавались математические модели электроемкостных преобразователей заполненных слоистыми материалами.

В результате работы были созданы математические модели электроемкостных преобразователей заполненных слоистыми материалами.

Степень внедрения — не внедрялись.

Эффективность разработанных моделей определяется учетом анизотропии диэлектрической проницаемости линейно-протяженных полимерных материалов. Разработанные модели могут применяться для решения задач оптимизации конструкций электроемкостных преобразователей.

## СОДЕРЖАНИЕ

Список исполнителей .....	3
Реферат.....	4
Введение.....	5
Часть 1. Электрические поля в гетерогенных средах.....	7
Часть 11. Расчет проходных преобразователей, заполненных слоистым диэлектриком ...	8
Заключение.....	23
Список использованных источников.....	24
Приложение.....	26

## ВВЕДЕНИЕ

Задача ускорения научно-технического прогресса неразрывно связана с необходимостью разработки высокоэффективных методов и средств неразрушающего контроля качества изделий. Большинство композиционных полимерных материалов, применяемых в народном хозяйстве, относится к гетерогенным средам, обладающим ортогональной анизотропией. Их электрические свойства описываются тензорами второго ранга. Определение констант тензоров диэлектрической проницаемости, удельной проводимости, удельного сопротивления имеет важное научно-техническое значение. Являясь характеристиками материала, они несут сведения о составе, структуре, влажности т.е. входят в комплекс исходной информации для диагностики качества композиционных материалов, прогнозирования их деформационных и прочностных свойств.

Для исследования анизотропии электрических свойств полимерных материалов может быть использован электроемкостный метод неразрушающего контроля. Электроемкостные средства контроля характеризуются высокой чувствительностью, точностью, малым уровнем мощности, быстродействием. Современные тенденции развития электроемкостного метода неразрушающего контроля неразрывно связаны с решением следующих задач: повышением точности, разрешающей способности, воспроизводимости и стабильности в условиях различных дестабилизирующих факторов (колебаний температуры окружающей среды, влажности, давления, внешних электромагнитных воздействий), это в свою очередь требует разработкой численных методов расчета электромагнитных полей в объектах контроля, построения математических моделей первичных измерительных преобразователей, создания так называемых «интеллектуальных» первичных преобразователей, содержащих встроенные в них микроЭВМ или микропроцессоры, например датчики фирмы «Honeywell» или датчики ВС фирмы «Baily Controls» (США).

Среди зарубежных фирм занимающихся вопросами электроемкостного метода неразрушающего контроля следует выделить: «Siemens» (ФРГ), «Hiroomi Ogasawara» (Япония), «Lucas Industries pub. lim. Comp. » (Великобритания), «Sylvac» (Швейцария)). В ближнем зарубежье в первую очередь следует выделить институт Механики полимеров (Латвия), Киевский технологический институт легкой промышленности (Украина), а также институты России: НИИ строительной физики и Ленинградский горный институт. В республике Беларусь работы по развитию электроемкостного метода ведутся в УО ВГТУ.

Научный приоритет исследований отражают следующие публикации:

а) Контроль анизотропии физических свойств тонких полимерных материалов (волокна, пленки, ткани, покрытия). А.С.1549327 (СССР) Способ измерения анизотропии свойств полимерных материалов. Джежора А.А., Щербаков В.В., Шушкевич В.Л., Кузнецова Л.И.

б) Использование проходных электроемкостных преобразователей для неразрушающего контроля линейно-протяженных полимерных материалов. Автореферат на соиск . учен. степени к-т-н. Институт прикладной физики АНБ. Минск 1992г.

в) Контроль влажности материалов с ортогональной анизотропией. А.С.1778661(СССР) Способ определения структурной влаги в материалах с ортогональной анизотропией. Джежора А.А.

г) Контроль объектов по толщине путем непрерывного сканирования поля за счет вариации потенциалов на измерительных электродах А.С.1430859(СССР) Способ контроля тонких диэлектрических материалов по толщине. Джежора А.А., Шушкевич В.Л., Щербаков В.В.

Работы, выполненные в ВГТУ, позволяют разработать подходы к созданию методов и средств неразрушающего контроля состава и структуры широкого класса ортотропных полимеров, и требуют развития численных методов расчетов электромагнитных полей в гетерогенных слоистых средах, решения задач оптимизации.

В работе решалась следующая цель - создание математических моделей электроемкостных преобразователей, заполненных гетерогенными средами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Maxwell J. C. Treatise on electricity and magnetism, 1873, v. 1, 2, 1881.
2. Сканави Г.И. Физика диэлектриков. М., Физматгиз, 1958.
3. Lichtenecker K. Dielectric resistance of artificial and natural aggregates. – «Phys. Zs.», 1924, № 25, 1926, Bd 27, 1929, Bd 30, 1931, Bd 32.
4. Fricke H. A mathematical treatment of the electric conductivity of disperse systems. – «Phys. Rev.», 1924, v. 24. № 5.
5. Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов. М., Энергия, 1973.
6. Нетушил А.В. Расчет потенциалов полей. Труды МЭИ, 1952, вып.9.
7. Джежора А.А. Расчет емкости датчика с симметричной системой плоских ленточных электродов в случае контроля гетерогенных сред. Минск. 1989. Деп. ВИНТИ 20.02.89, № 1099-B89.
8. Конторович Л.В., Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. М., 1952.
9. Андрушкевич И.Е., Джежора А.А., Клубович В.В. Расчет емкостей проходных т преобразователей, заполненных анизотропной слоистой средой. Изв. Ан. БССР. сер. Физ – мат.н. 1990.
10. Клотиньш Э.Э. Исследование характеристик измерительных конденсаторов для неразрушающего контроля диэлектрических свойств полимерных материалов. Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Рига, 1970, 223с.
11. Матис И.Г. О возможности многопараметрового контроля диэлектрических свойств слоистых полимерных материалов. – Изв. АН Латв. ССР. Сер. физ. и техн. наук, 1968, № 6, с. 60 – 67.
12. Матис И.Г., Озолс К.Д. Расчет электростатической емкости ленточных электродов, находящихся в слоистом диэлектрике. – Изв. АН Латв. ССР. Сер. физ. и техн. наук, 1971, № 5, с. 93 – 101.
13. Матис И.Г., Озолс К.Л. Расчет электростатической емкости ленточных электродов в двухслойной и трехслойной среде. – Изв. АН Латв. ССР. Сер. физ. и техн. наук, 1972, № 1, с.110 – 116.
14. Курбатов В.М., Пресняков Ю.П. Емкость конденсатора с электродами гребенчатой формы. – Электричество, 1975, № 6, с. 84 – 86.
15. Колечицкий Е.С. Расчеты электростатических полей с использованием интегральных уравнений первого рода. – Электричество, 1975, № 8, с. 21 – 25.
16. Березин И.Ф., Жидков М.М. Методы вычислений. Ч. 2, М., Физматгиз, 1959, 620с.
17. Нетушил А.В. Расчет потенциальных полей. – Труды МЭИ, 1951, вып. 9, с. 3 – 25.
18. Джежора А.А., Андрушкевич И.Е. Расчет емкости проходного преобразователя, заполненного анизотропной слоистой средой. – Ред. журн. Весц. Акадэм. Навук БССР. Сер. физ. техн. навук. Деп. в ВИНТИ 04.10.1989, № 6108-B89.
19. Градштейн И.С., Рьжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М., 1962, 1100 с.
20. Андрушкевич И.Е., Джежора А.А. Расчет электростатической емкости многосекционного проходного преобразователя, заполненного трехслойной средой. – В кн.: Пути совершенствования технологических процессов в машиностроении. Минск, изд-во «Университетское», 1990, с. 177 – 186.
21. Джежора А.А., Рубаник В.В. Исследование ортотропных материалов электроемкостными методами неразрушающего контроля. Тезисы доклада XI международного семинара «Актуальные проблемы прочности», В. Новгород, 2002г.
22. Джежора А.А., Рубаник В.В. “ Электроемкостной преобразователь для исследования структуры композиционных материалов. Труды У международной научно-технической конференции “Современные проблемы прочности и пластичности материалов” г. Старая Русса, 2003г, с275
23. Джежора А.А., Рубаник В.В. “Электроемкостной датчик анизотропии физических свойств” Материалы ХУ международной научно-технической конференции датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления «Датчик -2003» в г. Судак с.65 - 66.

24. Шиманский А.В., Джежора А.А., Завадский Ю.А. Использование метода комплексных переменных для расчета электростатических полей. Материалы XXXVI научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ г. Витебск.