

*А.А. ТЕСЛЕНКО*, канд. физ.-мат. наук, доцент, УГЗУ, Харьков

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С НАПРЯЖЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ.**

На прикладі циліндра, стислого по діаметру, досліджена можливість моделювання проходження світла через довільну послідовність оптичних пристроїв, включаючи п'єзооптично активні напружені тіла. Як прийом моделювання визначений як відповідний засіб представлення тіла, як набору тонких пластин. Випробований найпростіший метод визначення оптимальної товщини пластин.

A possibility of modeling arbitrary optical devices sequence is investigated. The investigation is performed for cylinder compressed on diameter. Optical devices sequence can including piezooptical active, stressed bodies. The methods of modeling devices are determined. The bodies are presented as raw of thin plates. The thin plates was stressed arbitrary. Simple method of determination of optimum thickness of plates is tested.

**1. Введение.** Большое значение в настоящее время приобретают методы имитационного моделирования оптических систем на ЭВМ. Это связано с большим количеством разработок, в которых применяются высококачественные оптические материалы (в частности стекла для TFT мониторов и др.). Компьютерное моделирование позволяет сократить дорогостоящие эксперименты в этой области. Компьютерное имитационное моделирование, также, позволяет продолжить на более высоком уровне теоретические изыскания в соответствующем направлении исследований. В настоящее время наблюдается повышенный спрос на такое моделирование. Организуются новые лаборатории по компьютерному моделированию оптических сред. Математическое моделирование оптических свойств материалов развито в прошлом веке (работы Джонса, Стокса). Написание соответствующих компьютерных алгоритмов не представляет сложностей. Новации могут быть только в удобстве моделирования и в моделировании оптических свойств на основе информации о физических особенностях среды. В данной работе для моделирования используется оригинальный специализированный язык. В этом языке, помимо моделирования произвольно заданного количества и расположения оптических устройств, заданных своими оптическими свойствами, возможно моделирование устройств, представляющих собой объемно-напряженные пьезооптически активные тела. В работах [1-5] методами имитационного моделирования активно изучались поляризационно-оптические устройства, соответствующие измерительным методикам метода фотоупругости. Изучению были подвергнуты отдельные измерительные схемы. На основе подобных исследований можно судить о степени применимости данных измерительных схем к условиям конкретных задач. Желание расширить данные исследования на более широкий круг задач (а значит и измерительных схем) приводит

к более общим подходам моделирования, включающим создание специализированных языков.

**2. Актуальность рассматриваемой проблемы.** Моделирование измерительных поляризационно-оптических схем (методологий) делится на два этапа. Первый этап: моделирование поляризационно-оптического устройства и исследуемого тела внутри него. Первый этап включает получение, какого либо модельного результата, соответствующего результату реального эксперимента. Это может быть измеренные параметры или поляризационная картина тела, полученная на экране устройства, или сетчатке глаза, или что-либо другое. Второй этап включает моделирование исследуемого метода обработки данных, или, проще говоря, саму обработку. В данной статье сосредотачивается внимание на первом этапе. Этот этап имеет особое самостоятельное значение в данное время, что видно из вышесказанного. То есть, в данной работе будут изучены подходы к моделированию поляризационно-оптических устройств. Такое моделирование не представляло бы никаких проблем, если бы частью оптической системы не было бы пьезоптически активное тело. Рассмотрение задачи моделирования прохождения света через оптическую систему с напряженным телом само по себе представляет собой практически важную задачу. Важность задачи объясняется тем, что многие оптические устройства включают в себя напряженные тела. Механические напряжения объясняют многие свойства таких оптических систем.

**3. Методы моделирования.** Методика моделирования оптически активного тела очень проста. По ходу луча тело разбивается на  $n$  областей внутри которых оптические свойства (а значит и механические напряжения) считаются однородными. Говорят, что тело представляется в виде стопки пластинок. Данные пластины в общем случае будут двулучепреломляющими. В этом случае прохождение света через оптическую систему будет описываться хорошо известными выражениями. Это могут быть общие формулы взаимодействия света с оптически активной средой, или специализированные матрицы Джонса и Мюллера и др. Если напряженное состояние тела помещенного в оптическую систему задано аналитически, то задача сводится к отысканию точки входа луча света, точки выхода и шага разбиения тела на «стопу пластинок». В данной работе напряжения задаются в конечно элементной форме. Такую форму тоже можно считать заданной аналитически и технических трудностей она представлять не должна. Разбиение на «стопу пластинок» может проводится аналогичным выше приведенному способом. Однако, в методе конечных элементов (МКЭ) напряжения интерполируются. Уже в следствие этого факта напряжения приближены. В данной работе зададим узловые напряжения в точной аналитической модели. Исследуем, как отразится интерполирование на точности моделирования.

**4. Численный эксперимент.** В численном эксперименте каждый оптический элемент (включая «пластинки» тела) был представлен в трех экспериментах тремя способами: с помощью матриц Джонса, Мюллера, и общих формул сложения колебаний. Также моделировались аналитически заданные напряжения и те же напряжения заданные в конечно-элементном виде. Напряжения в конечно-элементном виде задавались непосредственно в узлах элементов из аналитической модели. Исследованию подверглись различия в поляризационных картинах аналитической и конечно-элементной моделях. На рисунке показаны поляризационные картины тел помещенных в оптическую систему: источник белого света поляририд, четверть-волновая двупреломляющая пластинка, тело, поляририд. Оси поляриридов взаимно перпендикулярны. Ось четверть-волновой пластинки направлена под углом  $45^\circ$ . Продемонстрировано моделирование различных форм тела, в том числе и форм с полостями внутри (рис.1, 2). Такие поляризационные картины наблюдаемы и для аналогичных, реальных тел.

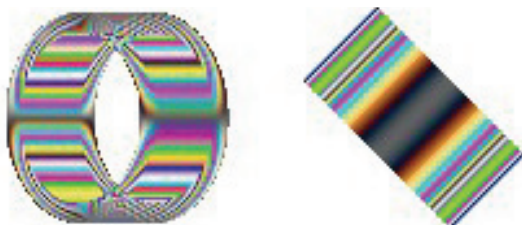


Рисунок 1 – Вид плосконапряженного цилиндрического тела в скрещенных поляриодах, повернутое вокруг оси Y, на угол  $45^\circ$ , и вид с торца

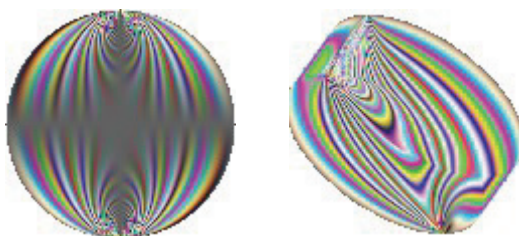


Рисунок 2 – Вид плосконапряженного диска в скрещенных поляриодах, перпендикулярно поверхности и под углом

**5. Обсуждение результатов.** В ходе численных экспериментов не выявлено в процессе моделирования каких-либо существенных преимуществ одного из способов представления оптических объектов (прямого аналитического задания свойств объектов, расчетных методов Мюллера и Джонса). В картинах изоклин «просматривается» конечно-элементная решетка, но качество моделирования, несмотря на это, удовлетворительное.

**6. Выводы.** Если в состав любой оптической системы входит напряженное, пьезооптически активное тело, то это тело (тела) может приближенно рассматриваться как набор оптически однородных пластин. Приближение будет тем точнее, чем большее количество более тонких воображаемых пластин будет использовано.

**Список литературы:** **1.** Тесленко А.А. Методы конечных элементов и фотоупругости // Вестник национального технического университета «ХПИ»: Тематический выпуск «Динамика и прочность машин». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – № 22. – С. 143-148. **2.** Тесленко А.А. Некоторые подробности применения метода конечных элементов в фотоупругости // Вестник национального технического университета «ХПИ»: Тематический выпуск «Динамика и прочность машин». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2006. – № 21. – С. 183-186. **3.** Тесленко А.А. Автоматизация пьезооптических измерений // Вестник национального технического университета «ХПИ»: Тематический выпуск «Динамика и прочность машин». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2006. – № 32. – С. 153-156. **4.** Тесленко А.А. Фильтрация пьезооптических измерений в методе фотоупругости // Вестник национального технического университета «ХПИ»: Тематический выпуск «Динамика и прочность машин». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2007. – № 22. – С. 169-171. **5.** Тесленко А.А. Систематическое исследование метода наклонного просвечивания // Вестник национального технического университета «ХПИ»: Тематический выпуск «Динамика и прочность машин». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – № 36. – С. 167-170.

*Поступила в редколлегию 11.09.2009*