

Р.О. Корж, Г.М. Васьків, В.І. Процик, С.Ю. Лебідь<sup>1</sup>, А.Я. Загрійчук  
 Національний університет "Львівська політехніка",  
<sup>1</sup>Львівська філія Європейського університету

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСПЕРСІЇ В ОДНОМОДОВИХ ВОЛОКОННИХ СВІТЛОВОДАХ

ã Корж Р.О., Васьків Г.М., Процик В.І., Лебідь С.Ю., Загрійчук А.Я., 2012

Запропонована програмна реалізація для моделювання дисперсії в одномодових волоконних світловодах. Програму створено в середовищі Microsoft Visual C++, яка працює в діалоговому режимі. Дає змогу визначити матеріальну, хвилеводну і дисперсію профілю показника заломлення. Результати розрахунків заносяться в таблиці і будуються відповідні графіки.

**Ключові слова:** програмування, дисперсія, одномодові волоконні світловоди.

**Modelling software for dispersion in single-mode fibres study is created. The program was created in a Microsoft Visual C++ environment and works in a dialogue mode. It allows identifying the material, waveguide and dispersion of the refractive index profile. The calculation results are presented as a table and appropriate graphics are build.**

**Key words:** software, dispersion, single-mode fibre.

**Вступ.** Найбільший інтерес викликає використання одномодових світловодів в області довжин хвиль 1,2 – 1,6 мкм. Встановлено, що кварцові волоконні світловоди (ВС) в цьому діапазоні мають дві області із заниженим значенням затухання – «вікна прозорості» при  $I = 1,3$  мкм і  $I = 1,5$  мкм. Залежно від величини повної дисперсії можна виділити три основних типи конструкцій для вказаної області спектра:

- ВС з довжиною хвилі нульової дисперсії  $I_0 = 1,3$  мкм;
- ВС зі зміщеною довжиною хвилі нульової дисперсії в область довжин хвиль із низьким затуханням  $I_0 = 1,55$  мкм;
- ВС із заниженою дисперсією в діапазоні довжин хвиль 1,3 – 1,55 мкм.

У звичайних одномодових волоконних світловодах із однорідним або градієнтним осердям і однорідною оболонкою нульової дисперсії можна досягти тільки на одній довжині хвилі. Такі світловоди використовуються переважно тільки як світловоди першого типу, тобто при  $I = 1,3$  мкм. Це зумовлено тим, що для зміщення нульової дисперсії в довгохвильову область 1,55 мкм концентрація домішок в осерді повинна бути високою для отримання необхідної великої відносної різниці показників заломлення. А це призводить до підвищення внутрішніх втрат волоконного світловода. Крім цього, такі волоконні світловоди мають коротку довжину хвилі відсікання  $I_c = 0,85$  мкм моди LP<sub>11</sub>, яка визначає межу одномодового режиму, що збільшує втрати на згинах і мікрозгинах при об'єднанні волоконних світловодів у оптичний кабель.

**1. Аналіз параметрів і конструкцій волоконних світловодів.** Покращити характеристики волоконних світловодів вдається збільшенням кількості оболонок і підбором їх показників заломлення. Так, введення проміжної оболонки із заниженим значенням показника заломлення зменшує необхідне значення відносної різниці показників заломлення на 15 – 20 %.

Як волоконні світловоди третього типу із заниженою дисперсією у діапазоні довжин хвиль використовують W-світловоди із градієнтним та однорідним осердям, ВС із сегментованим осердям, ВС із чотиришаровою оболонкою і т.д. Ці конструкції мають здатність компенсувати в широкій області довжин хвиль матеріальну дисперсію такою самою, але протилежною за знаком хвилеводній дисперсії. Недоліком таких волоконних світловодів є чутливість до згинів та

мікрозгинів. Крім того, для забезпечення розрахованої дисперсії необхідно дотримуватися жорстких допусків на основні параметри світловода в процесі його виготовлення.

У волоконних світловодах із сегментованим осердям осердя оточене трьома оболонками. Причому друга оболонка має показник заломлення вищий, ніж у першій і третій, що її оточують, та менший, ніж у осердя. Тому її можна розглядати як додаткове осердя. Це осердя запобігає швидкому витіканню основної моди і зсуває довжину хвилі відсікання моди LP<sub>11</sub> в область більших довжин хвиль ( $L_c = 1,2$  мкм) завдяки збереженню сталої поширення основної моди значно більшою, ніж у плоскій електромагнітній хвилі в матеріалі оболонки на всій робочій області довжин хвиль. Це призводить до зменшення втрат на мікрозгинах.

У волоконних світловодах із чотирма оболонками додаткові оболонки вводять для усунення втрат на витікання моди при згинах осі світловода.

У строгих розрахунках на довжині хвилі нульової дисперсії  $L_0$  необхідно враховувати дисперсійні ефекти другого порядку.

**2. Моделювання і дослідження одномодових оптичних волокон.** Розроблене програмне забезпечення для моделювання дисперсії в одномодових волоконних світловодах реалізоване на мові програмування C++ в середовищі Microsoft Visual C++ 2008 з використанням бібліотеки MFC.

Розроблене програмне забезпечення працює за алгоритмом, зображеним на рис. 1, в діалоговому режимі.

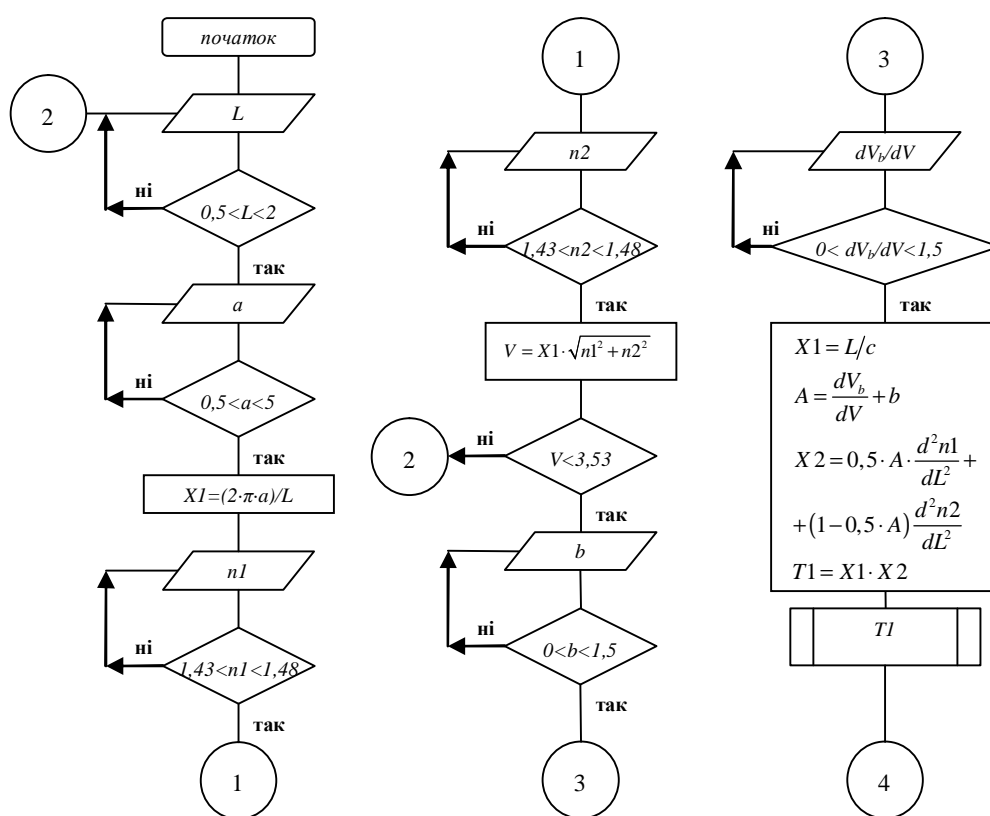


Рис. 1. Фрагмент блок-схеми алгоритму роботи програми

Бази даних для моделювання дисперсії подано у вигляді відповідних графіків. Наприклад, залежність показника заломлення осердя від довжини хвилі подана для чотирьох типів волокон: чисте кварцове волокно, два типи волокон, легованих двоокисом германію, і волокно, леговане двоокисом бору. Користувач програми може на свій розсуд вибирати тип волокна і проводити подальші розрахунки покроково. Детальний опис всіх кроків роботи програми виходить за межі цієї статті. Фрагменти роботи програми з результатами розрахунків наведено у відповідних вікнах:

## Вибір показника заломлення осердя

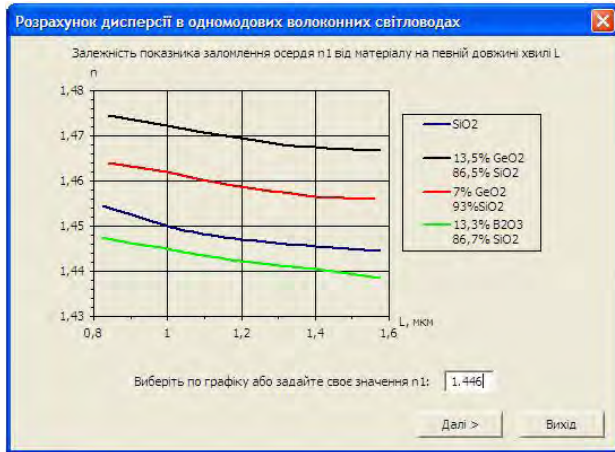


Рис. 2. Загальний вигляд вікна

## Вибір показника заломлення оболонки

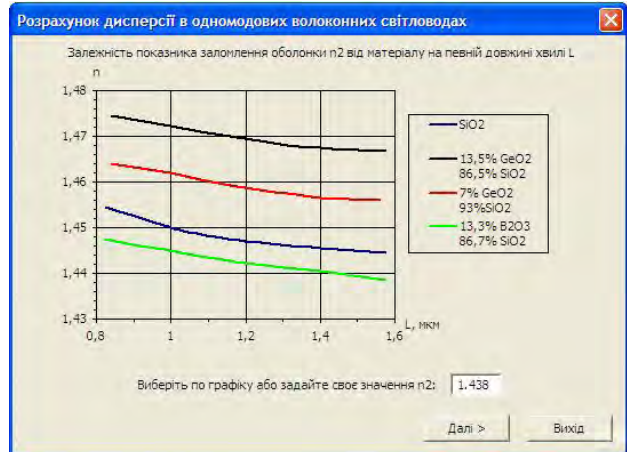


Рис. 3. Загальний вигляд вікна

Розрахунок дисперсії в одномодових волоконних світловодах

Таблиця вихідних даних

L, мкм	a, мкм	n1	n2	Матеріальна дисперсія	Хвильоводна дисперсія	Дисперсія ППЗ
1.200	3.50	1.446	1.438	7.914e-010	6.122e-012	8.169e-013
1.232	3.50	1.446	1.438	8.122e-010	5.951e-012	7.950e-013
1.263	3.50	1.446	1.438	8.331e-010	5.789e-012	7.742e-013
1.295	3.50	1.446	1.438	8.539e-010	5.635e-012	7.544e-013
1.326	3.50	1.446	1.438	8.747e-010	5.488e-012	7.356e-013
1.358	3.50	1.446	1.438	8.955e-010	5.348e-012	7.176e-013
1.389	3.50	1.446	1.438	9.164e-010	5.215e-012	7.005e-013
1.421	3.50	1.446	1.438	9.372e-010	5.087e-012	6.841e-013
1.453	3.50	1.446	1.438	9.580e-010	4.965e-012	6.684e-013
1.484	3.50	1.446	1.438	9.788e-010	4.848e-012	6.534e-013
1.516	3.50	1.446	1.438	9.997e-010	4.736e-012	6.390e-013
1.547	3.50	1.446	1.438	1.020e-009	4.629e-012	6.253e-013
1.579	3.50	1.446	1.438	1.041e-009	4.526e-012	6.120e-013
1.611	3.50	1.446	1.438	1.062e-009	4.427e-012	5.993e-013
1.642	3.50	1.446	1.438	1.083e-009	4.331e-012	5.871e-013
1.674	3.50	1.446	1.438	1.104e-009	4.240e-012	5.753e-013
1.705	3.50	1.446	1.438	1.125e-009	4.152e-012	5.640e-013
1.737	3.50	1.446	1.438	1.145e-009	4.067e-012	5.530e-013
1.768	3.50	1.446	1.438	1.166e-009	3.985e-012	5.425e-013
1.800	3.50	1.446	1.438	1.187e-009	3.906e-012	5.323e-013

Далі > Вихід

Рис. 4. Відображення масиву значень для побудови графіків



Рис. 5. Графік залежності дисперсії профіля показника заломлення від довжини хвилі

Отже, запропоноване програмне забезпечення дає змогу кількісно змоделювати матеріальну, хвилеводну і дисперсію профіля показника заломлення, та виявити умови, за яких можна виготовити оптичні волокна з нульовою дисперсією.

1. Арчер Т., Уайтченел Э. *Visual C++ .NET. Библия пользователя / пер с англ.* – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 2. Дмитриев А. Л. *Оптические системы передачи информации: учеб. пособие.* – СПб: СПбГУИТМО, 2007. 3. Стерлинг Д.Дж. *Техническое руководство по волоконной оптике.* – М.: ЛОРИ, 1998. 4. Убайдуллаев Р.Р. *Волоконно-оптические сети.* – М.: Эко-Трендз, 2001.

УДК 621.391

О.І. Сиротинський, І.С. Беляєв, Т.А. Максимюк, М.І. Олексін  
Національний університет “Львівська політехніка”

## ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІД МЕРЕЖЕВИХ DDOS АТАК НА ОСНОВІ МАРКІВСЬКОЇ МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ БОТНЕТУ

© Сиротинський О.І., Беляєв І.С., Максимюк Т.А., Олексін М.І., 2012

Запропоновано приховану марківську модель DDoS атаки, яка являє собою результат двох випадкових процесів і забезпечує можливість визначення характеру поведінки ботів у інформаційній мережі. Це дає змогу ефективно визначати вразливі місця за рахунок декомпозиції мережі на окремі частини, що є необхідним для визначення найменш захищених її ланок. Модель дозволяє враховувати розміри, топологію та протоколи маршрутизації досліджуваної мережі. На основі цієї моделі розроблено алгоритм відбиття атаки шляхом аналізу вхідного трафіку при появі аномальних властивостей в мережі.

**Ключові слова:** ddos, мережева атака, ботнет.

The paper presents a hidden Markov model of network DDoS attack, which represents a result of two random processes. The advantage of the proposed model is a possibility of determination of bots behaviour in the information network. Such determination allows us to effectively identify weak spots by decomposition of the network into separated parts. Besides, this model allows considering additional factors, such as size, topology, and network routing protocols in the analyzed network. Designed algorithm, which is based on this model, repels attacks by analyzing incoming traffic during appearance of anomalous properties in the network.

**Key words:** ddos, network attack, botnet.

**Вступ.** Сьогодні, у зв'язку із інтенсивним розвитком інформаційних технологій, більшість людей не може уявити свого життя без сучасних засобів інфокомунікацій. Саме тому проблеми інформаційної безпеки є надзвичайно актуальними та важливими. Вони вимагають поглибленого аналізу та вивчення, адже із розвитком інформаційних технологій розвиваються і методи та види атак в інформаційному просторі.

Інформаційні системи створюються для надання певних послуг, тому, якщо внаслідок деяких обставин надати ці послуги неможливо, це завдає збитків всім суб'єктам інформаційних відносин. З позиції інформаційної безпеки основною загрозою доступності є мережеві атаки типу «розподілена відмова від обслуговування», або, як їх ще називають, DDoS (Distributed Denial of Service) атаки [1]. Мета таких атак – частково або повністю паралізувати роботу атакованого вузла мережі або ж усієї