

**Висновки.** Застосування запропонованої технології дає змогу спростити і здешевити процес отримання діелектрично-неоднорідних нанорозмірних структур для формування хвилеводів з використанням поверхневих плазмон-поляритонових хвиль. Зразки, отримані методом оптичної фотолітографії, відзначаються чіткістю ліній, крутими стінками полімеризованого чи засвіченого фоторезиста, а також можна сформувати провідні канали різної конфігурації. Метод, котрий апробовано, може повністю замінити двофотонну полімеризацію.

Особлива подяка колективу співробітників відділу нанотехнологій лазерного центра Ганновера (LZH), Німеччина, за можливість проведення експериментів.

### Література

1. Villa F.J. Photonic crystal to photonic crystal surface modes: narrow-bandpass filters / F. Villa, Gaspar-Armenta J. // *Optics Express*. – 2004. – Vol. 12, Issue 11. – Pp. 2338-2355.
2. Reinhardt C. Direct laser-writing of dielectric-loaded surface plasmon – polariton waveguides for the visible and near infrared / C. Reinhardt, A. Seidel // *Applied Physics A*. – 2010. – No. 10. – Pp. 347-352.
3. Dellis S. Electrochemical synthesis of large diameter monocrystalline nickel nanowires in porous alumina membranes / S. Dellis, A. Christoulaki, N. Spiliopoulos, D.L. Anastassopoulos, A.A. Vradis // *Journal of Applied Physics*, 2013. – Vol. 114 (16) art. No. 164308.
4. Lau K.H.A. Highly sensitive detection of processes occurring inside nanoporous anodic alumina templates: A waveguide optical study / Lau K.H. A., Tan L.S., Tamada K., Sander M.S., Knoll W. // *J. Phys. Chem. B*, 2004. – Vol. 108, 10812-10818.
5. Nevinskyi D. Two-Photon Polymerization: Formation of Nanoscale Elements / Nevinskyi D., Zakalyk L., Pavlysh V., Lebid S. // *TCSET'2014*, February 25 – March 1, 2014, Lviv-Slavske, Ukraine. – Pp. 283-285.
6. Hall D. Spin Coating of Thin and Ultrathin Polymer Films / Hall D. Underhill P., Torkelson J.M. // *Polymer engineering and science*, december. – 1998. – Vol. 38, No. 12.
7. McGill Nanotools – Microfab. [Electronic resource]. – Mode of access <http://mmm-physics.mcgill.ca/content/s1813-spin-coating>.
8. MicroChem. [Electronic resource]. – Mode of access [http://www.microchem.com/PDFs\\_MRT/mr-nil6000E\\_overview\\_.pdf](http://www.microchem.com/PDFs_MRT/mr-nil6000E_overview_.pdf).

### *Невинский Д.В., Павлыш В.А., Закалык Л.И., Лебидь С.Ю.* Наноразмерные диэлектрически-неоднородные структуры, полученные методом оптической фотолитографии

Проанализированы методы получения волноводов на диэлектрически-неоднородных структурах "закрытого" и "открытого" типа. Предложен и исследован, для формирования волноводов "открытого" типа, метод поэтапной оптической фотолитографии с использованием в качестве источника света светоизлучающего диода (СИД) с длиной волны 410 нм и 365 нм. Разработана технология изготовления шаблона и маски для получения волноводов различной конфигурации и необходимых размеров. Предложенный метод имеет высокое разрешение, что обеспечивает необходимые размеры волноводов для возбуждения плазмон-поляритонов.

**Ключевые слова:** диэлектрически-неоднородные структуры, плазмон-поляритоновая волна, оптическая фотолитография, светоизлучающий диод.

### *Nevinskyi D.V., Pavlysh V.A., Zakalyk L.I., Lebid S. Yu.* Nanoscale Dielectric Heterogeneous Structures Formed by Photolithography

Formation methods of waveguides on "closed" and "open" type dielectric inhomogeneous structures are reviewed. The method of phased optical photolithography with light-emitting diode (LED) with a wavelength of 410 nm and 365 nm as a light source to form waveguides of "open" type is proposed and investigated. The manufacturing technology of the pattern and the mask to produce waveguides of different shapes and sizes were developed. The pro-

posed method is supposed to have a high resolution, providing the required dimensions waveguide to excite plasmon polaritons.

**Key words:** inhomogeneous dielectric structures, plasmon polariton, photolithography, light-emitting diode.

УДК 656.13

*Ст. викл. І.В. Паснак, канд. техн. наук;  
ст. викл. О.В. Придатко; магістрант Н.В. Шаркевич –  
Львівський ДУ безпеки життєдіяльності*

### АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Проаналізовано існуючі методи прогнозування аварійності транспортних засобів та встановлено, що зазвичай вони базуються на статистичних результатах кількості ДТП за попередні проміжки часу (місяць, рік тощо). Удосконалено існуючий метод прогнозування кількості ДТП шляхом застосування трендових моделей із достовірністю апроксимації  $R^2 = 1,00$ . З метою підвищення точності прогнозування запропоновано використовувати вибірку з трьох значень. Для прикладу, наведено результати прогнозування кількості ДТП з потерпілими в Україні на 2014 р. із використанням удосконаленої методики.

**Ключові слова:** дорожньо-транспортна пригода, математичний аналіз, статистичні дані, прогнозування, трендові моделі.

**Постановка проблеми.** Володіння інформацією про сучасний стан проблем на транспорті, отриманої за допомогою різноманітних методик досліджень і аналізу даних, є передумовою планування і проектування вулично-дорожньої мережі та вдосконалення організації дорожнього руху. Це є базисом для обґрунтування запропонованих рішень щодо відповідності існуючим проблемам, усунення наявних недоліків та покращення умов функціонування транспортної системи.

Аналіз аварійності є складовою частиною оцінювання рівня безпеки дорожнього руху та має на меті створення інформаційного підґрунтя для розроблення заходів щодо поліпшення умов руху транспортних потоків [1]. Варто пам'ятати, що кожна дорожньо-транспортна пригода (ДТП) є передусім випадковим явищем і не завжди завдяки існуючим математичним моделям можливо достовірно оцінити ймовірність виникнення ДТП чи спрогнозувати їх кількість.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо роботи, які стосуються прогнозування на транспорті, зокрема [2-6]. У роботі [2] здійснено аналіз існуючих методів кількісного оцінювання та методів прогнозування стану аварійності та наголошено на необхідності їх подальшого розроблення та вдосконалення. Окреме дослідження [3] стосується оцінювання та прогнозування ймовірності здійснення водієм (чи окремою групою водіїв) ДТП.

У роботі [4] розроблено математичну модель прогнозування середньорічної кількості ДТП на перетині автомобільних доріг на одному рівні на підставі застосування ймовірності виникнення конфліктних ситуацій між транспортними засобами в конфліктних точках та на перетині загалом. У роботі [5] запропоновано підхід до прогнозування кількості транспортних засобів, що потрапляють у ДТП на основі принципів логіки ймовірностей. Киргизський учений С. Карієв у своїх працях розглядає моделі, що дають змогу передбачати ймовірність потрапляння водія у ДТП за датою його народження.

Існуючі методи аналізу та прогнозування кількості ДТП переважно не враховують параметрів транспортних потоків та дорожні умови. Головним чином вони базуються на статистичних результатах кількості ДТП за попередні проміжки часу (місяць, рік тощо). У роботі [6] наведено прогноз кількості ДТП із потерпілими по Україні та Львівській обл. на 2013 р. Сьогодні, беручи до уваги реальні дані [7], прогноз має похибку в межах 7,70...8,95 % (табл.).

Табл. Зіставлення результатів прогнозування кількості ДТП з реальними значеннями

Місце виникнення ДТП	Кількість ДТП із потерпілими в 2013 р.		Похибка, %/(кількість)
	прогнозоване значення [6]	реальне значення [7]	
Україна	33413	30667	8,95/2746
Львівська обл.	1789	1661	7,70/128

Отож, існуюча методика дає змогу здійснювати прогноз із доволі значною похибкою та потребує удосконалення.

**Мета роботи.** Проаналізувати можливі напрями та вдосконалити метод прогнозування кількості ДТП, що базується на статистичних результатах кількості ДТП за попередні проміжки часу.

**Виклад основного матеріалу.** З метою зменшення існуючої похибки розглянуто можливість прогнозування кількості ДТП за 2013 р. із використанням запропонованої в [6] методики. Для прогнозування використано вже відому вибірку кількості ДТП із потерпілими в Україні за 2009-2012 рр. [6, 7]. Побудовано графічну залежність (рис. 1) із використанням полінома 3 степені (в роботі [6] для прогнозування використано поліноміальну модель 2 степені). У цьому випадку достовірність апроксимації  $R^2=1,00$ .

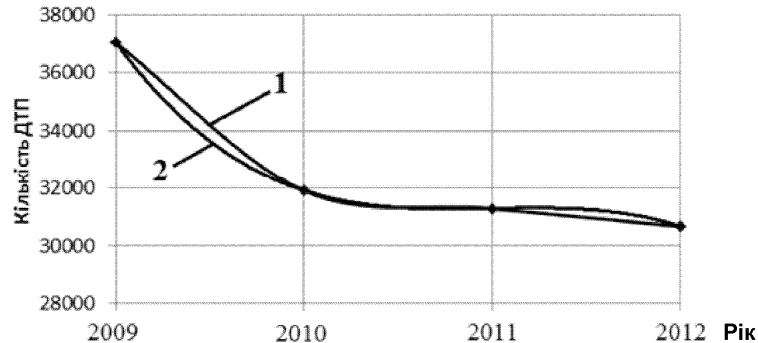


Рис. 1. Статистичні дані кількості ДТП із потерпілими по Україні за роками: 1) результати статистики; 2) поліноміальний тренд 3 степені

Отримана трендова поліноміальна модель для прогнозування кількості ДТП із потерпілими за 2013 р. матиме вигляд:

$$\bar{N}_{ДТПн}^{рік} = -748,33x^3 + 24701x^2 - 271655,67x + 1026704. \quad (1)$$

Підставивши сюди  $x = 13$ , отримано прогнозовану кількість ДТП із потерпілими в 2013 р. 25568.

Відносну похибку прогнозу знайдено за залежністю

$$\Delta = \frac{N_{ДТПн(стат.)}^{рік} - \bar{N}_{ДТПн}^{рік}}{N_{ДТПн(стат.)}^{рік}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де  $N_{ДТПн(стат.)}^{рік}$  – статистичні дані Державної служби статистики України кількості ДТП із потерпілими за певний рік [7].

За умови використання для прогнозування кількості ДТП із потерпілими по Україні за 2013 р. залежності (1) відносна похибка становила б 16,6 %. Тому в цьому випадку застосування полінома 3 степені не дало б змоги поліпшити якість прогнозу, порівняно з [6]. Однак, зменшивши вибірку кількості ДТП із потерпілими до трьох значень (2010-2012 рр.) та побудувавши графічну залежність (рис. 2) із використанням полінома 2 степені, отримано рівняння (3), для якого достовірність апроксимації теж становитиме  $R^2 = 1,00$ .

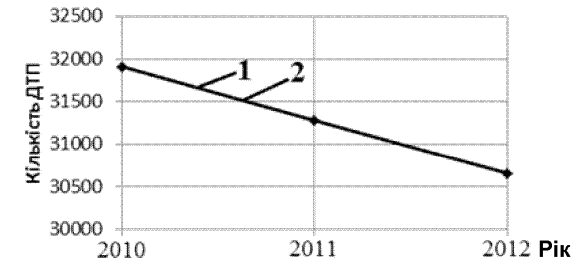


Рис. 2. Статистичні дані кількості ДТП із потерпілими по Україні за роками: 1) результати статистики; 2) поліноміальний тренд 2 степені

Отримана трендова поліноміальна модель для прогнозування кількості ДТП із потерпілими за 2013 р. матиме вигляд:

$$\bar{N}_{ДТПн}^{рік} = 6x^2 - 759x + 38904. \quad (3)$$

Підставивши в (3)  $x = 13$ , отримано прогнозовану кількість ДТП із потерпілими в 2013 р. 30051. Відносна похибка в цьому випадку становитиме лише 2 %. Отож, зменшення вибірки кількості ДТП дало б змогу підвищити якість прогнозу, порівняно з [6].

Водночас розглянуто можливість прогнозування кількості ДТП із потерпілими по Україні методом найменших квадратів. Зокрема, для прогнозування за 2013 р., із використанням цього методу використано вже відому вибірку кількості ДТП із потерпілими з трьох значень (2010-2012 рр.). У випадку застосування лінійної функції вигляду  $y = kx + b$  система нормальних рівнянь для знаходження змінних  $k$  та  $b$  матиме вигляд:

$$\begin{cases} 365k + 33b = 1031151; \\ 33k + 3b = 93855. \end{cases} \quad (4)$$

Внаслідок розв'язання системи рівнянь (4) отримано функцію, яка дає змогу здійснити прогнозування кількості ДТП із потерпілими по Україні за 2013 р.:

$$\bar{N}_{ДТПн}^{рік} = -627x + 38182. \quad (5)$$

Підставивши в (5)  $x = 13$ , отримано прогнозовану кількість ДТП із потерпілими в 2013 р. 30031. Відносна похибка в цьому випадку становитиме близько 2 %. Отож, застосування методу найменших квадратів для прогнозування кількості ДТП із потерпілими в Україні за 2013 р. дало б змогу підвищити якість прогнозу (за умови зменшення вибірки до трьох значень), порівняно з [6], однак неістотно відрізняється від результатів прогнозування за залежністю (3). Проаналізувавши можливі варіанти прогнозування за 2013 р., видно, що найменша похибка була за результатами прогнозування (з використанням вибірки за останні три роки) із використанням поліноміальної трендової моделі. Тому прогнозування кількості ДТП із потерпілими в Україні за 2014 р. здійснено з використанням поліноміального тренду.

Для прогнозування кількості ДТП із потерпілими в Україні за 2014 р. використано вибірку за три роки (2011-2013) та, побудувавши графічну залежність (рис. 3) із використанням полінома 2 степені, отримано рівняння (6), для якого достовірність апроксимації теж становитиме  $R^2 = 1,00$ .

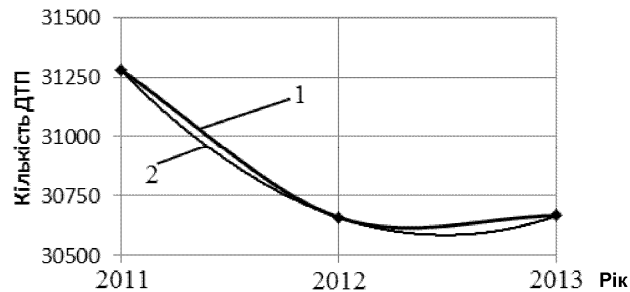


Рис. 3. Статистичні дані кількості ДТП з потерпілими по Україні за роками: 1) результати статистики; 2) поліноміальний тренд 2 степені

Отримана трендова поліноміальна модель для прогнозування кількості ДТП із потерпілими в Україні за 2014 р. матиме вигляд:

$$\bar{N}_{ДТПм}^{рік} = 314x^2 - 7843x + 79560. \quad (6)$$

Підставивши в (6)  $x = 14$ , отримано прогнозовану кількість ДТП із потерпілими в 2014 р. 31302. Оскільки достовірність апроксимації моделі (6) становить  $R^2=1,00$ , то ця модель повністю описує охоплені значення.

**Висновки:**

1. Проаналізовано існуючі методи прогнозування аварійності транспортних засобів та встановлено, що зазвичай вони базуються на статистичних результатах кількості ДТП за попередні проміжки часу (місяць, рік тощо). Враховуючи те, що кожна ДТП є передусім випадковим явищем, не завжди завдяки існуючим математичним моделям можливо достовірно оцінити ймовірність виникнення ДТП чи спрогнозувати їх кількість.
2. Удосконалено існуючий метод прогнозування кількості ДТП, що базується на статистичних результатах кількості ДТП за попередні проміжки часу шляхом застосування трендових моделей із достовірністю апроксимації  $R^2 = 1,00$ . З метою підвищення точності прогнозування запропоновано використовувати вибірку з трьох значень.

3. Як приклад наведено прогнозування кількості ДТП із потерпілими в Україні на 2014 р. із використанням удосконаленої методики. Встановлено, що прогнозована кількість ДТП із потерпілими по Україні за 2014 р. становитиме 31302.

**Література**

1. Поліщук В.П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В.П. Поліщук, О.Т. Лановий, Т.В. Боднар // Вісник Національного транспортного університету : зб. наук. праць. – У 2-ох ч. – Ч.2. – К. : Вид-во НТУ. – 2008. – Вип. 17. – С. 123-128.
2. Гусев О.В. Безпека дорожнього руху: аналіз та прогнозування аварійності в Україні / О.В. Гусев, І.В. Хмельов, І.А. Дзівалтовська, О.Ю. Івашенко // Вісник Національного транспортного університету : зб. наук. праць. – У 2-ох ч. – Ч. 2. – К. : Вид-во НТУ. – 2009. – Вип. 19. – С. 102-108.
3. Gusev A.V. The development of prediction models / A.V. Gusev // Highways and highway construction, 57. – Kiev : Edition NTU, 2004. – Pp. 77-79.
4. Лапутин Р.О. Можливість прогнозування кількості ДТП на пересіченнях автомобільних доріг на одному рівні / Р.О. Лапутин, Д.В. Куєвда. [Електронний ресурс]. – Доступний з [http://www.rusnauka.com/26\\_OINXXI\\_2009/Tecnic/52404.doc.htm](http://www.rusnauka.com/26_OINXXI_2009/Tecnic/52404.doc.htm).
5. Александров Н.Н. Прогнозирование количества транспортных средств, вовлеченных в ДТП на двухполосных внегородских автомобильных дорогах / Н.Н. Александров // Дороги и мосты : сб. научн. трудов ФГУП РОСДОРНИИ. – М. : Изд-во РОСДОРНИИ. – 2012. – Вып. 28. – С. 173-189.
6. Паснак І.В. Прогнозування показників аварійності транспортних засобів шляхом статистичного аналізу експериментальних даних / І.В. Паснак, А.М. Шмулик // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.7. – С. 359-363.
7. Офіційний веб-сайт Державної служби статистики України. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.ukrstat.gov.ua>.

**Паснак І.В., Придатко А.В., Шаркевич Н.В. Анализ и совершенствование методов прогнозирования аварийности транспортных средств**

Проанализированы существующие методы прогнозирования аварийности транспортных средств и установлено, что обычно они базируются на статистических результатах количества ДТП за предыдущие промежутки времени (месяц, год и т.д.). Усовершенствован существующий метод прогнозирования количества ДТП путем применения трендовых моделей с достоверностью аппроксимации  $R^2 = 1,00$ . С целью повышения точности прогнозирования предложено использовать выборку из трех значений. Как пример приведено прогнозирование количества ДТП с пострадавшими в Украине на 2014 г. с использованием усовершенствованной методики.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, математический анализ, статистические данные, прогнозирования, трендовые модели.

**Pasnak I.V., Prydatko O.V., Sharkevych N.V. Analysis and improvement of methods for predicting vehicle accident**

The existing methods of predicting vehicle accident and found that they are usually based on statistical results of road accidents in the previous interval (month, year, etc.). Extending existing method of predicting the number of accidents by applying trend models with certainty approximation  $R^2 = 1,00$ . In order to improve the accuracy of prediction is proposed to use a sample of three values. As an example, are predicting the number of accidents with victims in Ukraine in 2014, using advanced techniques.

**Key words:** accident, mathematical analysis, statistics, forecasting, trend model.