

**Волоконно-оптичний гіроскоп в порівнянні з коріолісовим вібраційним гіроскопом**

В.В. Чіковані

У цій роботі проводиться порівняння точностних параметрів волоконно-оптичного гіроскопа (ВОГ) і коріолісового вібраційного гіроскопа (КВГ) з металевим резонатором. Виробниками гіроскопів, що аналізуються, є Росія (ВОГ) і Україна (КВГ). Описуються методики вимірювання і розрахунок температурної нестабільності і нелінійності масштабних коефіцієнтів, а також таких компонент зміщення нуля, як шум квантування, випадкове блукання і дрейф, використовуючи аналіз варіації Аллана. Приводяться графіки температурної нестабільності і нелінійності масштабних коефіцієнтів обох гіроскопів і проводиться їх порівняння. Розраховуються також компоненти зміщення нуля при стабільній температурі і проводиться їх порівняння. У порівняльному аналізі беруть участь два КВГ: КВГ25, КВГ43 і один ВОГ ВГ941Д.

**Ключеві слова:** коріолісовий вібраційний гіроскоп, волоконно-оптичний гіроскоп, варіації Аллана, масштабний коефіцієнт, нелінійність, температурна нестабільність.

**Волоконно-оптический гироскоп в сравнении с кориолисовым вибрационным гироскопом**

В.В. Чиковани

В этой работе проводится сравнительный анализ точностных параметров волоконно-оптического гироскопа (ВОГ) с кориолисовым вибрационным гироскопом (КВГ) с металлическим резонатором. Производители анализируемых гироскопов – Россия (ВОГ) и Украина (КВГ). Приводятся методики измерения и расчет температурной нестабильности и нелинейности масштабных коэффициентов обоих гироскопов и проводится их сравнение. Рассчитываются также компоненты смещения нуля при стабильной температуре и проводится их сравнительный анализ. В сравнительном анализе принимают участие два КВГ: КВГ25, КВГ43 и один ВОГ: ВГ951Д

**Ключевые слова:** кориолисовый вибрационный гироскоп, волоконно-оптический гироскоп, вариации Аллана, масштабный коэффициент, нелинейность, температурная нестабильность.

УДК: 004.94

М.В. Чорний, І.Б. Дуфанець

*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів***МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ПЕРЕХРЕСТІ  
ДЛЯ ЇЇ ІМІТАЦІЇ НА ТРЕНАЖЕРІ**

Розглянуто методику формування імітаційної моделі регульованого перехрестя на основі його статистичного дослідження для відтворення режимів регулювання руху транспортного потоку на перехрестях в програмах візуалізації автомобільного тренажера. Дана методика дає можливість визначити оптимальну кількість транспортних засобів в потоці на перехресті, розподіл їх по смугах руху з метою забезпечення адекватності його проїзду.

**Ключові слова:** імітаційне моделювання, автомобільний тренажер.

**Вступ**

**Постановка проблеми.** В останній час все більше уваги приділяється питанню впровадження у систему навчання водіїв сучасних комп'ютерних автомобільних тренажерів. Практичне застосування тренажерів дозволяє істотно скоротити витрати на підготовку водія, що привело до широкого їх впровадження у Збройних Силах.

Для більш ефективного застосування тренажерів у навчанні необхідно забезпечити адекватність відтворення транспортної обстановки на віртуальній трасі реальному маршруту, який визначений для

навчання. Особливо це стосується проїзду перехресть як найбільш складних елементів маршруту.

Забезпечення адекватності комп'ютерних автомобільних тренажерів припускає вирішення ряду організаційних і технічних задач, у тому числі:

організацію оперативного збору й обробки інформації про дорожню обстановку на маршруті, який визначений для навчання водінню, що дозволяє визначити фактичні закони розподілу завантаженості перехресть на маршруті;

розробку імітаційної моделі наявних перехресть на маршруті руху;

організацію оперативного порівняння фактичного рівня завантаження перехрестя з нормативним або запрограмованим в тренажері та виконання аналізу (прогнозування) можливих наслідків;

прийняття рішень про зміну режимів проїзду перехрестя на віртуальному маршруті тренажера.

Успішне вирішення завдання щодо забезпечення відповідного рівня імітації під час реалізації проїзду перехрестя передбачає використання статистичної інформації за даними його дослідження.

У зв'язку з цим виникає необхідність створення імітаційної моделі конкретного перехрестя, для забезпечення адекватності його відтворення, на базі якої розраховувати дані для налаштування режимів його проїзду відповідно до реального транспортного потоку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** стосовно методики побудови моделей транспортних потоків та дорожньої обстановки на перехресті засвідчує актуальність цієї проблематики.

У працях [1, 2] розглядаються варіанти побудови моделі перехрестя із використанням клітинних автоматів. Запропоновані в них підходи адаптовані для формування систем організації руху на перехрестях та моделювання порядку проїзду перехрестя.

У праці [3] розглядається методика моделювання нерегульованих перехрестя з використанням формального опису на основі структури і доменів, що також здебільшого вирішує завдання порядку проїзду перехрестя.

У праці [4] розглядається методика моделювання регульованих перехрестя із використанням методів механіки суцільного середовища.

У працях [5, 6] наведені варіанти методики побудови математичних моделей проїзду регульованого перехрестя з використанням ланцюгів Маркова та мережі Петрі. Розглянуті підходи направлені на опис проїзду перехрестя на підґрунті інтенсивності проїзду в залежності від моменту увімкнення зеленого сигналу світлофора і не враховують динамічність зміни вхідного потоку автомобілів.

У працях [7, 8] наведені варіанти методики побудови імітаційних моделей проїзду перехрестя. Розглянуті підходи можливо використовувати для налаштування режимів роботи світлофорів на перехресті.

**Мета статті** полягає у формуванні методики побудови імітаційної моделі перехрестя для визначення параметрів регулювання рухом транспортного потоку під час його проїзду для програм візуалізації автомобільного тренажера.

## Основний матеріал

Для вирішення завдання щодо побудови віртуального перехрестя досить часто використовують засоби імітаційного моделювання, які забезпечують можливість досліджувати певний клас задач для визначення системних параметрів, показників і недоліків моделі.

Для формування методики побудови моделі із застосування засобів імітаційного моделювання необхідно вирішити ряд завдань, які можливо розділити на декілька етапів.

На першому етапі необхідно визначити тип (за геометрією побудови) та вид (за способом організації регулювання проїзду) перехрестя та сформувати його графічну інтерпретацію.

На другому етапі описати варіанти його проїзду та режими роботи світлофорів (якщо перехрестя регульоване) з відповідним графічним супроводженням.

На третьому етапі досліджується потік транспортних засобів на перехресті, які надходять з різних напрямків, і визначається вид розподілу часу між прибуттям транспортних засобів на перехрестя та його параметри. Досліджується також середній час проїзду однією машиною перехрестя.

На четвертому етапі досліджується потік пішоходів через пішохідні переходи на перехресті та визначаються його параметри (за потребою, якщо це впливає на процес моделювання).

На п'ятому етапі формується та досліджується імітаційна модель перехрестя. Як правило, досліджується:

загальний час, який необхідний транспортним засобам для проїзду перехрестя;

максимальна кількість транспортних засобів, які знаходяться в черзі на проїзд перехрестя.

За одержаними результатами дослідження визначаються відповідні параметри для імітації транспортної обстановки на перехресті на тренажері.

Реалізацію вказаних вище етапів проведемо на прикладі дослідження перехрестя доріг вулиця Стрийська – вулиця Сахарова (м. Львів) (рис. 1).

Дане перехрестя, яке включене до маршруту для навчання водінню автомобілів, відноситься до регульованого Т-подібного перехрестя, з двома смугами для руху в кожному напрямку по вулиці Стрийська та з трьома смугами для руху по вулиці Сахарова, з світлофорами, які працюють у трьох режимах, з двома пішохідними переходами.

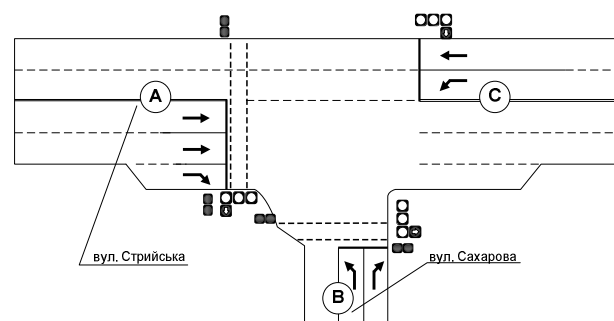


Рис. 1. Графічна інтерпретація перехрестя

Проведемо опис режимів роботи світлофорів і варіантів проїзду перехрестя. Режими роботи світлофорів відповідних проїжджих частин наведено на рис. 2.

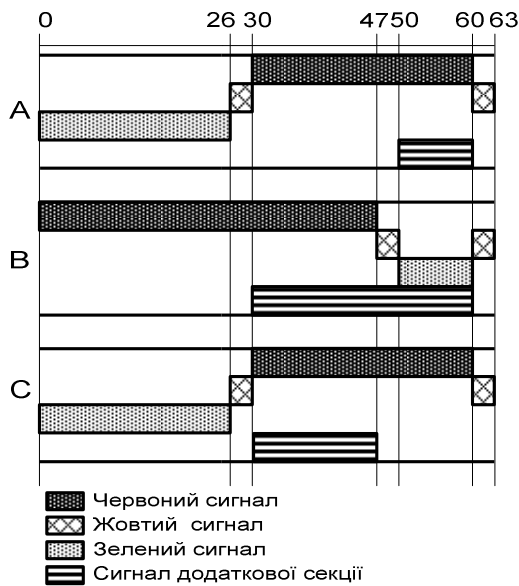


Рис. 2. Графічне представлення режимів роботи світлофорів

Під час роботи світлофорів в першому режимі (рис. 3) дозволено рух транспортним засобам, які рухаються проїжджою частиною А другою і третьою смугою прямо і другою смугою проїжджої частини С тільки прямо, рух по проїжджій частині В заборонений в будь-якому напрямку, пішоходи переходять проїжджу частину В, не заважаючи руху.

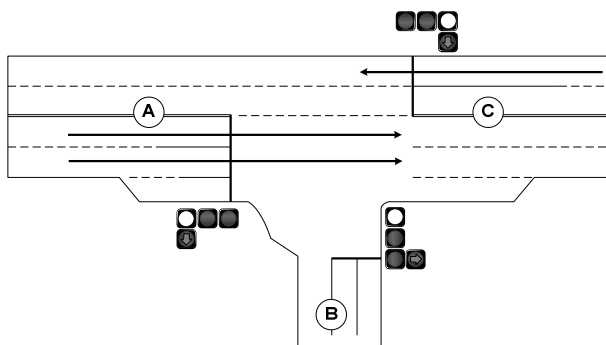


Рис. 3. Перший режим роботи світлофорів

Під час роботи світлофорів у другому режимі (рис. 4) рух проїжджою частиною А заборонений повністю заборонним сигналом світлофора.

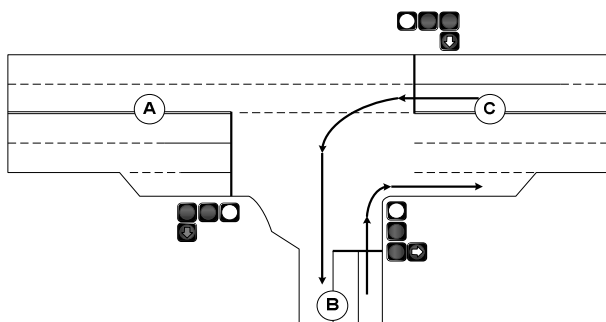


Рис. 4. Другий режим роботи світлофорів

Транспортним засобам, які рухаються проїжджою частиною В, дозволяється рух із вулиці Сахарова тільки праворуч з правої смуги, а проїжджою частиною С з лівої смуги руху тільки ліворуч за відповідними сигналами додаткових секцій світлофорів, пішоходи переходять проїжджу частину А, не заважаючи руху транспортним засобам.

Під час роботи світлофорів у третьому режимі (рис. 5) рух транспортних засобів із проїжджої частини С заборонений. Транспортним засобам, що рухаються проїжджою частиною А, дозволено рухатись тільки праворуч першою смугою на сигнал додаткової секції світлофора. З проїжджої частини В рух дозволено з другої смуги праворуч і на розворот, з першої ліворуч.

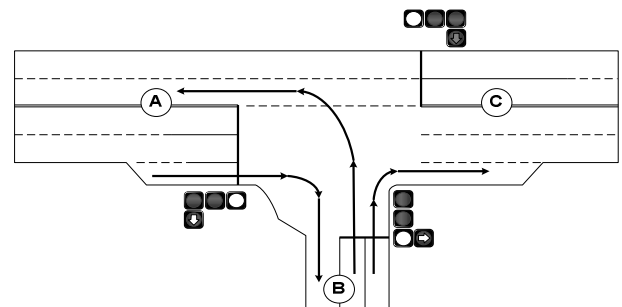


Рис. 5. Третій режим роботи світлофорів

Під час дослідження потоків транспортних засобів за визначеними вище показниками одержана інформація, яка зведена до таблиці.

Таблиця

Результати дослідження транспортних потоків

Параметри досліджень	Проїжджі частини (смуги руху)					
	А		В		С	
	ліва	права	ліва	права	ліва	права
Час затримки на світлофорі, с	37	52	52	32	46	37
Значення появи транспортних засобів на перехресті, с	5	27	33	10	7	6
Середнє значення проїзду перехрестя, с	4	4	5	4	6	5

Потік пішоходів на пішохідних переходах не перетинається з транспортними потоками і не має суттєвого впливу на моделювання проїзду перехрестя, що дозволяє знехтувати реалізацією результатів четвертого етапу під час розробки імітаційної моделі.

Використовуючи варіанти імітаційних моделей [7, 8] як базові, розроблено імітаційну модель для зазначеного перехрестя за визначеною методикою з врахуванням його особливостей.

Імітаційна модель перехрестя сформована в середовищі GPSS World і побудована на десяти сегментах програми, сім з яких імітують режими роботи світлофорів на проїжджих частинах перехрестя, а решта – потік транспортних засобів на перехресті по проїжджим частинам. Загальна структура моделі зображена на рис. 6.

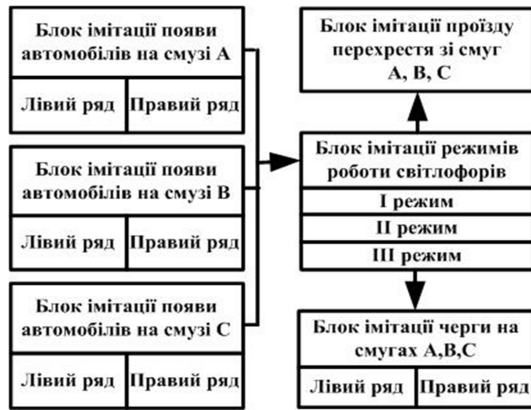


Рис. 6. Структура моделі транспортної обстановки на перехресті

У результаті моделювання та дослідження імітаційної моделі (фрагменти моделювання наведені на рис. 7 – 9) одержані результати щодо максимальної кількості транспортних засобів, які знаходяться в черзі на проїзд перехрестя на різних смугах, які зведені в протокол (рис. 10, стовпець 2).

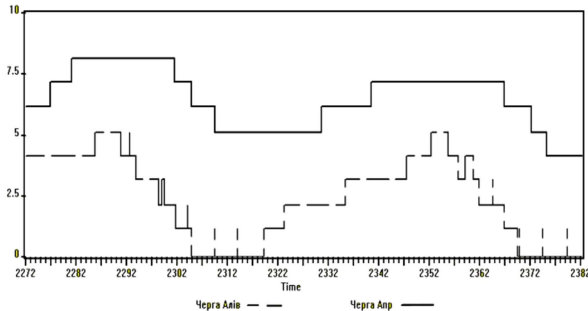


Рис. 7. Фрагмент моделювання (смуга А)

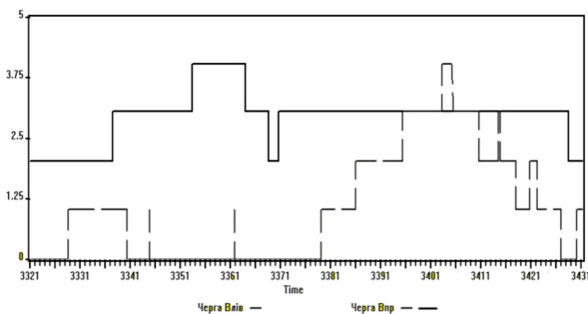


Рис. 8. Фрагмент моделювання (смуга В)

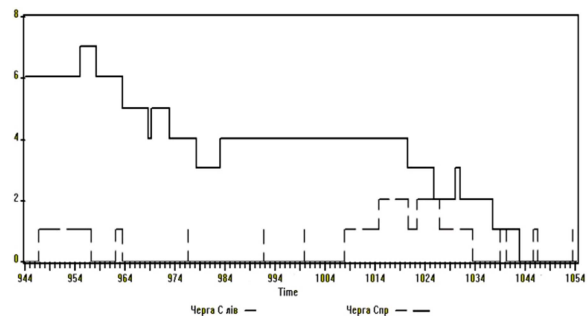


Рис. 9. Фрагмент моделювання (смуга С)

За даними результатами можливо зробити

висновок, що за визначеними умовами регулювання та вхідним потоком транспортних засобів на перехресті створюється черга на смугах  $A_{пр}$  (OSHER12),  $C_{пр}$  (OSHER32), що підтверджується й результатами спостереження за реальним перехрестям.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
OSHER31	2	1	451	263	0.203	2.706	6.492	0
OSHER32	10	3	409	46	1.699	24.923	28.081	0
OSHER11	8	7	970	159	2.312	14.302	17.106	0
OSHER22	4	0	595	132	1.088	10.971	14.098	0
OSHER12	10	3	233	15	2.238	57.627	61.593	0
OSHER21	4	0	155	9	0.834	32.280	34.270	0

Рис. 10. Протокол результатів моделювання

Величина черги на визначених смугах в основному не є критичною, але потребує корегування режимів роботи світлофорів під час відтворення дорожньої обстановки на тренажері.

## Висновки

Таким чином, запропонована методика дозволить сформулювати імітаційну модель перехрестя, визначити параметри регулювання руху на ньому для забезпечення його моделювання в тренажері з врахуванням його особливостей, оцінювати показники, визначити характер додаткових впливів на процес його проїзду, формувати варіанти команд управління стосовно корекції процесу його регулювання.

Напрямом подальших досліджень є удосконалення програмно-математичного забезпечення тренажерів та формування комплексу прикладних програм щодо реалізації функцій моделювання проїзду перехрестя на віртуальних маршрутах.

## Список літератури

1. Никитин А. С. Применение автоматного программирования для имитационного моделирования разъезда машин на нерегулируемом перекрестке равнозначных дорог // А.С. Никитин, М.Ю. Чураков, А.А. Шальто // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2007): сб. докл. III Всерос. науч.-техн. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – СПб.: ОАО «ЦТСС». – 2007. – Т. 1. – С. 296 – 301.
2. Петровский А.В. Клеточные автоматы в моделировании работы перекрестка // А.В. Петровский, С.С. Голощапов // Научный вестник ХДМИ. – 2010. – №1 (2). – С. 78 – 83.
3. Парамонов А.М. Определение формальной модели нерегулируемого перекрестка в системе моделирования автомобильного дорожного движения // А.М. Парамонов, В.Н. Томашевский // Научный вестник КУЕИТУ. – 2009. – № 1 (23). – С. 135 – 138.
4. Смирнов Н.Н. Математическое моделирование движения автотранспортных потоков методами механики сплошной среды. Двухполосный транспортный поток: модель Т-образного перекрестка, исследование влияния перестроений транспортных средств на пропускную способность участка магистрали // Н.Н. Смирнов, А.Б. Киселев, В.Ф. Никитин, А.В. Кокорева // Труды МФТИ. – 2010. – Том 2. – № 4. – С. 141 – 151.

5. Завалицин Д.С. Математическая модель регулируемого перекрестка / Д.С. Завалицин, Г.А. Тимофеева // Транспорт Урала. – 2008. – № 2(17). – С. 92–97

6. Завалицин Д. С. Исследование математической модели регулируемого перекрестка / Д.С. Завалицин, Г.А. Тимофеева // Труды института математики и механики УрО РАН. – 2009. – Том 5. – № 4. – С. 108–119.

7. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. – М.: ДМК Прес, 2004. – 320 с.

8. Зольников В.А. Модель движения машин на Т-образном перекрестке / В.А Зольников // Имитационное моделирование.

Теория и практика (ИММОД-2011): сб. докл V Всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – СПб: ОАО «ЦТСС». – 2011. – Т.2. – С. 104–108.

**Рецензент:** к.т.н., доц. В.М. Зіркевич, начальник кафедры автомобілів та автомобільного господарства Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

### **Моделирование транспортной обстановки на перекрестке для ее имитации на тренажёрах**

Н.В. Чёрный, И.Б. Дуфанец

*Рассмотрена методика формирования имитационной модели перекрестка на основании его статистического исследования для воспроизведения режимов регулировки движения транспортного потока на перекрестке в программах визуализации автомобильного тренажера. Методика дает возможность определить оптимальное количество транспортных средств на перекрестке, распределение их по полосам движения с целью обеспечения адекватности его проезда.*

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, автомобильный тренажер.

### **Modelling of traffic situation on the crossing for its immitation on simulators**

N.V. Chorny, I.B. Dufanets

*A method of simulation model creation of the controlled crossing based on its statistical analysis for regimes of traffic stream simulation on the crossings in the programs visualizing motor-car simulators is considered. This method makes it possible to determine the optimal number of vehicles in the stream at the crossroads, their division on the lanes, to ensure the adequacy of its passage.*

**Key words:** simulation modeling, motor-car simulators.

---