

УДК 656.1

В. П. Кужель, М. К. Забаштанський  
Вінницький національний технічний університет

## **СПЕЦИФІКА ПРОВЕДЕННЯ НАТУРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИДИМОСТІ ТЕСТ-ОБ'ЄКТІВ НА ДОРОЗІ В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ**

Проведено аналіз специфічних особливостей та факторів, які необхідно враховувати при проведенні натурних експериментів в темну пору доби. Наведені алгоритм визначення дальності видимості тест-об'єктів на дорозі, результати проведених експериментальних досліджень.

### **В. П. Кужель, М. К. Забаштанский. Специфика проведения натурных экспериментов по определению дальности видимости тест-объектов на дороге в темное время суток**

Проведен анализ специфических особенностей и факторов, которые необходимо учитывать при проведении натурных экспериментов в темное время суток. Приведены алгоритм определения дальности видимости тест-объектов на дороге, результаты проведенных экспериментальных исследований

### **V. Kuzhel, M. Zabashtansky. Specific of tests-objects on the road visibility distance definition during the nighttime model experiments lead through**

The specific characteristics and factors which must be taken into account during the model experiments at the nighttime lead through are analyzed. Resulted algorithms of tests-objects on the road visibility distance definition, conducted experiments data are taken.

Ключові слова: дальність видимості, темна пора доби, натурні експерименти, дорожньо-транспортні пригоди, експертиза.

#### **Постановка проблеми**

Відомо, що максимальне число дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та їх наслідків припадають на вечірні та нічні години доби. Не дивлячись на те, що в нічний час інтенсивність руху транспортних засобів і пішоходів падає в 15-20 разів, аварійність скорочується значно менше, а важкість ДТП зростає [1]. В цей період суттєво зростає ймовірність наїздів автомобіля на пішоходів, велосипедистів і нерухомі перешкоди, тобто тих видів ДТП, для яких видимість має вирішальне значення. За статистичними даними біля 50% ДТП (в темну пору доби до 90%) складають наїзди на пішоходів, які й були вибрані в роботі в якості основних тест-об'єктів розрізнення. Також задача оцінки дальності видимості виникає при проведенні автотехнічної експертизи ДТП. Від точності її визначення залежить об'єктивність прийняття рішення про винність або не винність водія. В свою чергу, за існуючою методикою [2] дальність видимості визначають саме при проведенні дорожнього експерименту, ці дослідження проводяться для вирішення одного з найважливіших питань – чи мав водій технічну можливість запобігти ДТП, чи зменшити важкість її наслідків, при цьому встановлюється – при якому розташуванні учасників і при яких параметрах руху водій мав можливість запобігти ДТП. Робота присвячена саме специфіці проведення натурних експериментів.

#### **Аналіз публікацій**

Дослідженню особливостей світлорозподілу автомобільних фар присвячені праці ряду вчених, таких як Островський М.А., Чіколаєв В.Н., Тюрін В.А., Залуга В.П., Дьяков А.Б., Левітін К.М., Боровский Б.Є, Дашкевич Л.Л., Буняев Н.І. [3]. Також постійно дослідження проводяться компаніями, які спеціалізуються на розробках найсучасніших передових систем автомобільного освітлення – Hella, Bosch, Carello і автомобільними компаніями зі світовим ім'ям – Audi, Mercedes, BMW, Opel та ін.

Аналіз опублікованих праць показує, що ефективність систем освітлення досліджується лабораторними методами і дорожніми експериментами [4]. При цьому особлива увага приділяється дальності видимості елементів дорожньої обстановки і засліпленості водіїв зустрічними транспортними засобами, оскільки ці параметри є загальними показниками, які характеризують ефективність і безпеку, що забезпечують фари [3].

Отже, близько 50% ДТП припадає на темну пору доби, а число загиблих в цей період складає 60% від загального числа травмованих, в той час, коли інтенсивність руху автомобілів знижується в 3-10 разів в порівнянні з інтенсивністю в денний час [1, 2].

Деякі причини підвищення небезпеки руху в темну пору доби зрозумілі:

- фізична втома, недостатні індивідуальні навички керування автомобілем;
- перевищення допустимої швидкості руху;
- фізіологічна непристосованість організму людини до праці вночі;
- відсутність фізіологічного методу для водіїв на перебудову для роботи вночі;
- відсутність досвіду і професійних прийомів керування автомобілем, відсутність у свідомості водія повної реальної оцінки нічної дорожньої обстановки, аналогічної керуванню вдень.

Зазначимо, що більшість робіт присвячено саме дослідженню світлорозподілу фар але одним з основних параметрів, що визначає ефективність світлових систем автомобілів є дальність видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби. В роботах описуються результати експериментальних досліджень, а специфіка їх проведення залишається поза увагою.

**Метою даної роботи** є дослідження специфіки проведення експериментів з визначення дальності видимості об'єктів на дорозі в темну пору доби.

### Основна частина

Проведені на сьогоднішній день дослідження дають змогу прийти до висновку, що при вивченні причин нічних ДТП перше, що треба взяти до уваги, - специфічні фізіологічні особливості зору людини [1, 2]. Для підвищення ефективності та якості оцінки роботи світлових систем автомобілів в дорожніх умовах необхідно проаналізувати особливості зору водія та вимоги до світлорозподілу фар. При дослідженнях, які пов'язані з продуктивністю процесу зорового сприйняття дорожньої обстановки, необхідно оперувати поняттям статистично середній водій-спостерігач у відношенні зорових функцій, тобто водій з нормальним зором. Водій здобуває інформацію з зони, названої Г. Форбесом, Р. Ванстремом зоною здійснення дії (рис. 1).

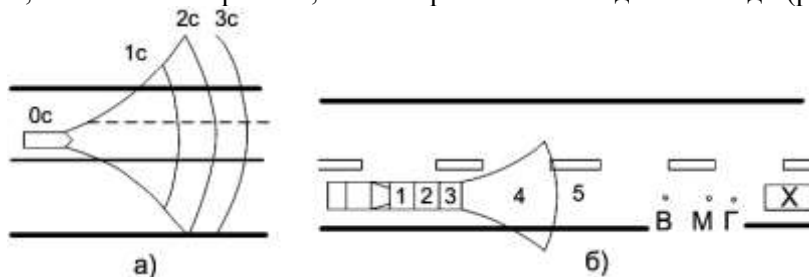


Рис. 1. Схема моделі зорового сприйняття водієм дорожньої обстановки: а) просторові зони для водія автомобіля, що рухається, за 1, 2, 3 с; б) загальна модель сприйняття водія: X - дорожній об'єкт; В, М, Г - точки характерних дій водія (виявлення об'єкту, момент натискання на важіль гальм, початок гальмування)

Візуальна інформація, необхідна водієві для керування автомобілем, формується не тільки геометричними (кутовими, лінійними), але і світлотехнічними параметрами дорожньої обстановки й інших елементів системи "водій-автомобіль-дорога-середовище". Розглянемо схему зорової задачі при розрізненні дорожнього об'єкту (рис. 2). Розрізняють об'єкти великих ( $\delta = 30...60'$ ) та малих ( $\delta < 20'$ ) кутових розмірів. В даній роботі об'єктами розрізнення обрані пішоходи, які в свою чергу є об'єктами малих кутових розмірів (усереднена площа  $Q = 0,2 \text{ м}^2$ ).

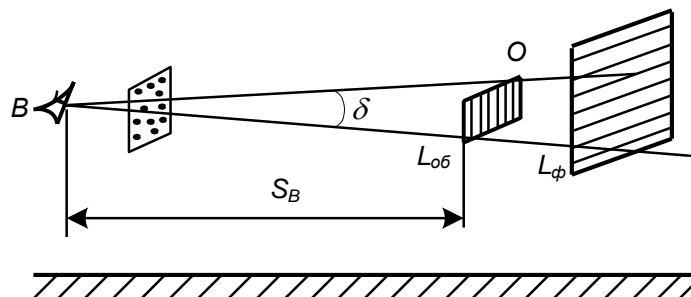


Рис. 2. Схема зорової задачі при розрізненні дорожнього об'єкту О: В – око водія;  $\delta$  – кутовий розмір об'єкта розрізнення;  $L_{об}$ ,  $L_{\phi}$  – яскравості об'єкту та фону відповідно, кд/м<sup>2</sup>

Підсистему „водій” в інформаційному відношенні характеризують зорові функції. Це насамперед світлова чутливість, контрастна чутливість і гострота зору. У фізіологічній оптиці розрізняють абсолютний і диференційний пороги чутливості ока. Абсолютний поріг світлової чутливості в різних людей лежить у межах від  $9,6 \cdot 10^{-7}$  до  $9,6 \cdot 10^{-6}$  кд/м<sup>2</sup>. Діапазон яскравостей, що сприймає око, має порядок 1010 кд/м<sup>2</sup>. Однак у такому широкому діапазоні око не може працювати без переадаптації. Пояснюється це тим, що чутливість ока не залишається сталою при зміні рівня яскравості фону.

Значимо, що можливість зорового виявлення одноколірного з фоном об'єкта або розрізнення його форми визначається розходженням яскравості об'єкта і фону. Контраст яскравостей об'єкта з фоном, що забезпечує задану ймовірність виявлення об'єкта й обумовлений параметрами об'єкта (кутовий розмір і форма), кількісною характеристикою освітлення (яскравість фону) і умовами зорової роботи, називають порогом контрастної чутливості:

$$K_{\text{пор}} = \left| \Delta L_{\text{пор}} / L_{\phi} \right| = f(\delta, L_{\phi}, t, P), \quad (1)$$

де  $\Delta L_{\text{пор}}$  - гранична різниця яскравостей об'єкта і фону, кд/м<sup>2</sup>;  $L_{\phi}$  - яскравість адаптації (середня яскравість фону), кд/м<sup>2</sup>;  $\delta$  - кутовий розмір об'єкта спостереження, хв.;  $t$  - час спостереження об'єкта, с;  $P$  - ймовірність зорового виявлення або розпізнання об'єкта.

Проаналізувавши параметри зміни зорових функцій (контрастної чутливості, гостроти глибинного зору, швидкості розрізнення, світлової чутливості й ін.) можна зробити наступні висновки:

- усі функції зору поліпшуються зі збільшенням яскравості адаптації в зв'язку зі зменшенням відносного значення зорових порогів;

- у першому наближенні ріст основних функцій зору пропорційний логарифмові яскравості фону, отже, оцінку умов видимості, а також оцінку ефективності освітлювальних автомобільно-дорожніх приладів варто проводити приблизно за логарифмічною шкалою яскравостей.

В залежності від значення яскравості поля адаптації розрізняють денний зір ( $L_{\phi} \geq 10$  кд/м<sup>2</sup>), сутінковий зір ( $0,01$  кд/м<sup>2</sup> <  $L_{\phi}$  <  $10$  кд/м<sup>2</sup>) і нічний зір ( $L_{\phi} \leq 0,01$  кд/м<sup>2</sup>). У водіїв автомобілів удень працює денний зір, уночі при освітленні дороги фарами ближнього або дальнього світла – сутінковий зір.

Отже для дослідження дальності видимості тест-об'єктів в світлі фар легкових автомобілів, виявлення їх переваг і недоліків проводились дорожні експерименти. Перевага дорожніх досліджень в тому, що вони проводяться в умовах, близьких до реальної експлуатації - це зумовлює практичну цінність їх результатів. Поряд з визначенням дальності видимості пропонується вимірювати за допомогою люксметра освітленість, що створюється автомобільними фарами. Точки контролю освітленості та її значення нормовані - розподіл ближнього світла європейської асиметричної системи регламентується величиною освітленості в контрольних точках і зонах європейського екрана. При перевірці відповідності фар вимогам (Правила №1 КВТ ЄЕК ООН) сполучають контрольні точки і зони світлового пучка з перспективою дороги, яка зображена на вимірювальному екрані (рис. 3) [2].

Умови проведення експерименту з визначення видимості при автотехнічній експертизі ДТП.

При виконанні автотехнічної експертизи експеримент проводиться в умовах, максимально наближених до умов ДТП. Тут повинні враховуватись усі фактори, що впливають на видимість:

- погодні умови (сніг, дощ, туман і т.д.);
- тип, стан і колір покриття, наявність дорожньої розмітки;
- освітленість (штучне і природне освітлення не повинно суттєво відрізнятися від того, які були на момент ДТП).

Підготовчий етап включає заходи по підборі учасників експерименту, транспортного засобу, що приймав участь у ДТП або об'єкту, який його замінює, видимість якого потрібно встановити (ТЗ, велосипедиста, пішохода, гужового візка і т.п.), узгодження часу проведення експерименту, необхідні реконструкції ділянки проведення експерименту, а також заходи по забезпеченню безпеки експерименту [1, 2].

З місця водія спостерігач і поняті визначають місце, до якого дорога проглядається, наприклад, межа правої кромки проїзної частини з обочиною. У випадку якщо проїзна частина має розмітку у вигляді переривистих ліній, достатньо підрахувати кількість ліній, що видні з місця водія, і виміряти відстань від передньої частини ТЗ до кінця останньої видимої лінії.

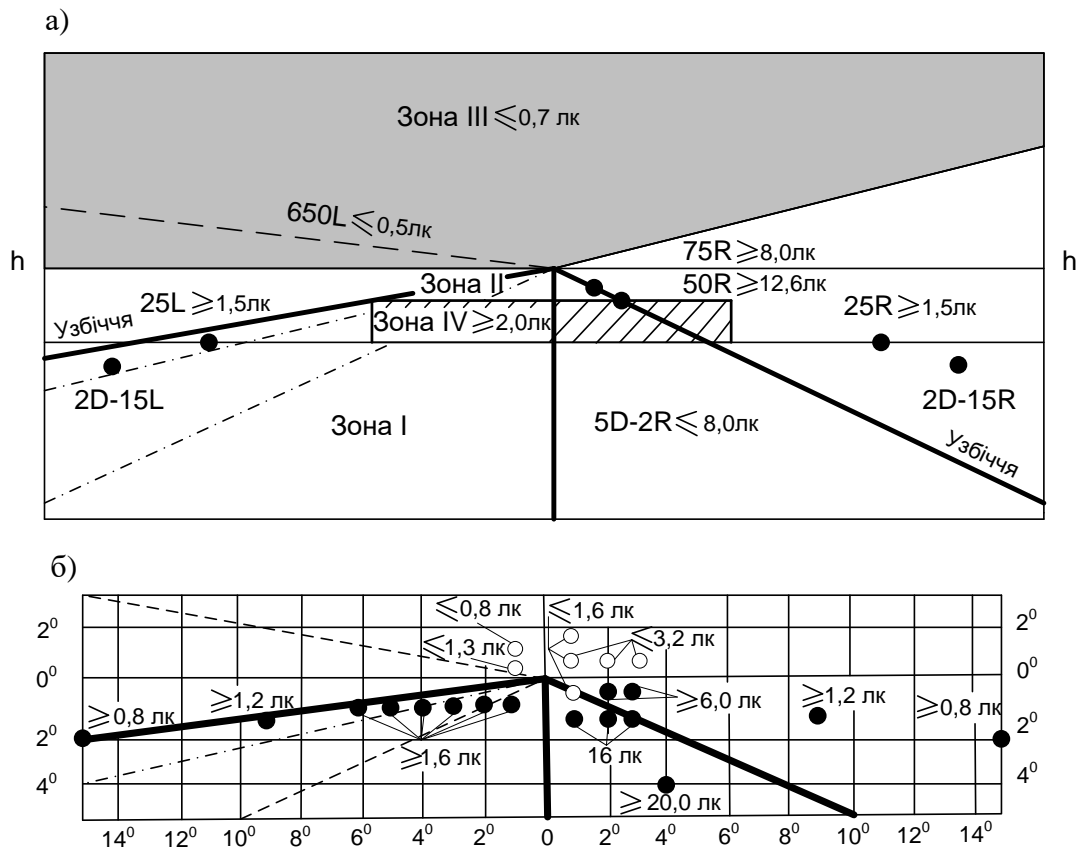


Рис. 3. Перспектива двополюсної дороги (а) і вимірювальний екран (б): ○ - точки, у яких обмежується верхня границя сили світла; ● - точки, у яких обмежується нижня границя сили світла

Якщо ж права межа проїзної частини проглядається на більшу відстань, чим повздовжня розмітка, а також якщо повздовжньої розмітки немає, видимість дороги визначається відстанню, на якій розрізняється права межа проїзної частини і обочини.

Відстань видимості дороги може бути також визначено за видимістю дорожніх стовпчиків огорожі. Видимість дорожніх знаків або інших споруд, позначених або непозначених вертикальною розміткою, не у всіх випадках дозволяє визначити напрямок і ширину проїзної частини, тому питання про видимість дороги, виходячи з видимості дорожніх знаків і споруд, вирішується у кожному випадку окремо.

Отже, для визначення місця, до якого проглядається межа правого краю проїзної частини з узбіччям, посилають від стоячого ТЗ вперед по дорозі одного з учасників експерименту, що несе світловідбивач. Світловідбивач слід нести уздовж правої межі проїзної частини на висоті не більше 15-20 см, періодично повертаючи його активною стороною до водія-спостерігача. Водій-спостерігач, орієнтуючись на проблиски світловідбивача, вказує (по рації або моргнувши світлом фар), в якому місці повинна зупинитися людина, що несе світловідбивач (в місці, до якого межа проїзної частини і узбіччя проглядаються), після чого вимірюється відстань від передньої частини ТЗ до цього місця. Ця відстань і буде відстанню видимості дороги у напрямку руху [1, 2].

Замість світловідбивача можна використати білий листок паперу, який переноситься і періодично повертається то площиною, то ребром так, як і світловідбивач.

В зимовий час колір паперового листа слід підібрати контрастним до снігового покритву.

Необхідність користування світловідбивачем або листом паперу, як показала практика, визначається тим, що людина, що віддаляється від ТЗ, стає невидимою для водія-спостерігача, і його неможна зупинити на місці, до якого проглядається межа проїзної частини і узбіччя.

При визначенні видимості необхідно звернути увагу на наступне. При зупинках ТЗ двигун працює на холостих обертах. У випадках слабо зарядженої акумуляторної батареї інтенсивність накаливання ламп фар буде знижуватись. Тому оберти двигуна потрібно підтримувати в межах, що відповідають його обертам для швидкості перед наїздом [1, 2].

Отже ділянка дороги для проведення експериментальних досліджень знаходилась приблизно м. Вінниця на дорозі Вінниця-Бар. Вона представляє собою горизонтальну ділянку протяжністю біля одного кілометра з твердим асфальтобетонним покриттям, її негоризонтальність не перевищує

1,5%. Швидкість вітру під час випробувань не перевищувала 3 м/с, температура повітря знаходилась в межах 15-25°C. В дослідженні брали участь 3 спостерігача з гостротою зору 0,9...1,0. Як допоміжні засоби були використані: люксметр, 20-метрова рулетка, жилет зі світловідбиваючими елементами, світловідбивач, крейда для розмітки проїзної частини, пронумеровані фішки, ліхтар. Кожен конкретний експеримент проводився 2 рази у прямому та зворотному напрямках дороги, в свою чергу значення дальності видимості вимірювались по 3 рази для отримання усереднених даних.

Отже наведемо запропонований алгоритм проведення експерименту:

1. Легковий автомобіль встановлюється передньою частиною уздовж дороги, поблизу правого узбіччя. По краю правого узбіччя відносно автомобіля встановлюються фішки.

2. При роботі двигуна на середніх обертах колінчатого валу вмикається дальнє світло фар, а спостерігачі разом із водієм спостерігають з кабінки, як інший учасник експерименту зі світловідбивачем рухається від автомобіля, тримаючи світловідбивач в 20 см від землі.

3. При цьому світловідбивач повертається площиною і ребром через крок.

4. В момент виходу учасника експерименту за межі видимості світловідбивача подається сигнал для його зупинки і визначається точна межа видимості для даних дорожніх умов, від якої вимірюється відстань до передньої частини транспортного засобу.

5. Тест-об'єкт (пішохід) віддаляється вздовж правого узбіччя від автомобіля на відстань, яка дозволяє йому залишатися невидимим.

6. Автомобіль з трьома спостерігачами зі швидкістю 3 - 4 км/год. (для безпеки експериментальних досліджень більша швидкість не рекомендується) наближається до розташованого на дорозі тест-об'єкту. Коли перешкода добре розрізняється за зовнішніми ознаками, автомобіль зупиняють і заміряють відстань між його передньою частиною і перешкодою.

7. Експерименти пункту № 6 виконуються для тест-об'єктів у світлому (рис. 4, а) та темному (рис. 4, б) одязі, а також у одязі зі світловідбиваючими елементами (рис. 4, в). При чому визначається силуетна та конкретна дальності видимості тест-об'єктів. Спостерігачам з автомобіля невідомий колір тест-об'єкту видимість якого вони визначають. Отже вони знаходяться в умовах максимально наближених до роботи водія в темну пору доби [4].

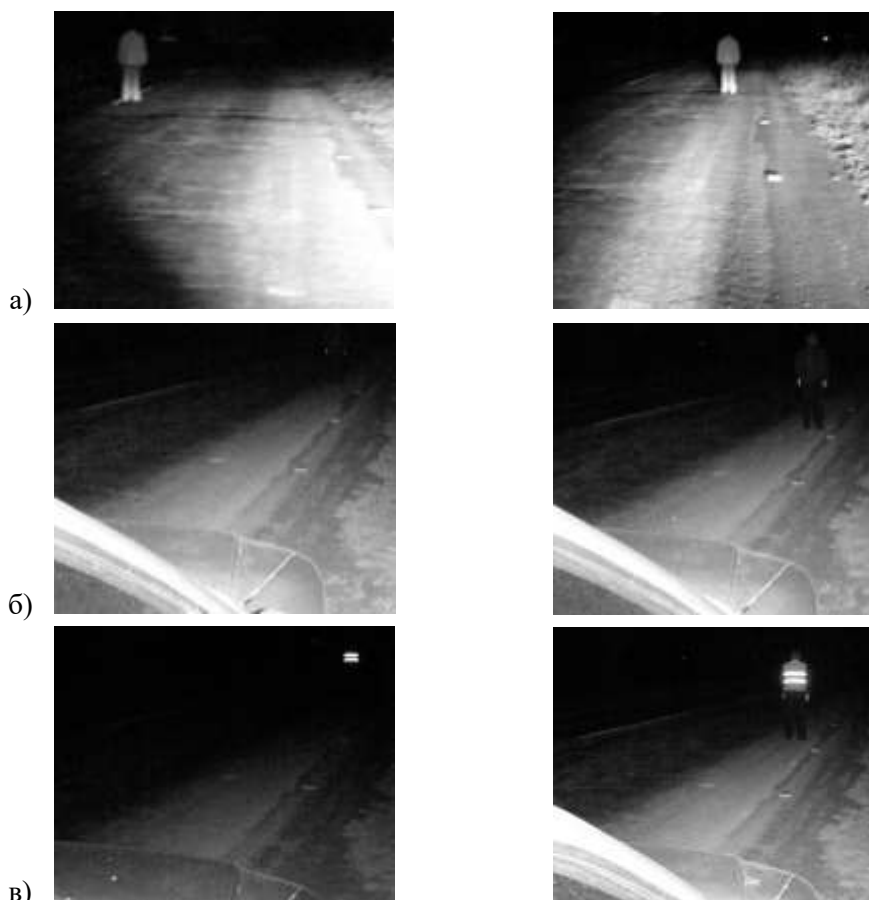


Рис. 4. Проведення експериментів з визначення величини дальності видимості (силуетної та конкретної), враховуючи колір та особливості одягу пішохода, тип і стан дорожнього покриття

8. За допомогою люксметра визначається освітленість дороги та об'єкту на ній на різних відстанях від автомобіля та на межі розрізнення.

Наведемо результати випробувань автомобіля Opel Astra G – побудовану залежність дальності видимості від характеристик об'єкта розрізнення та його розташування на дорозі ( рис. 5).

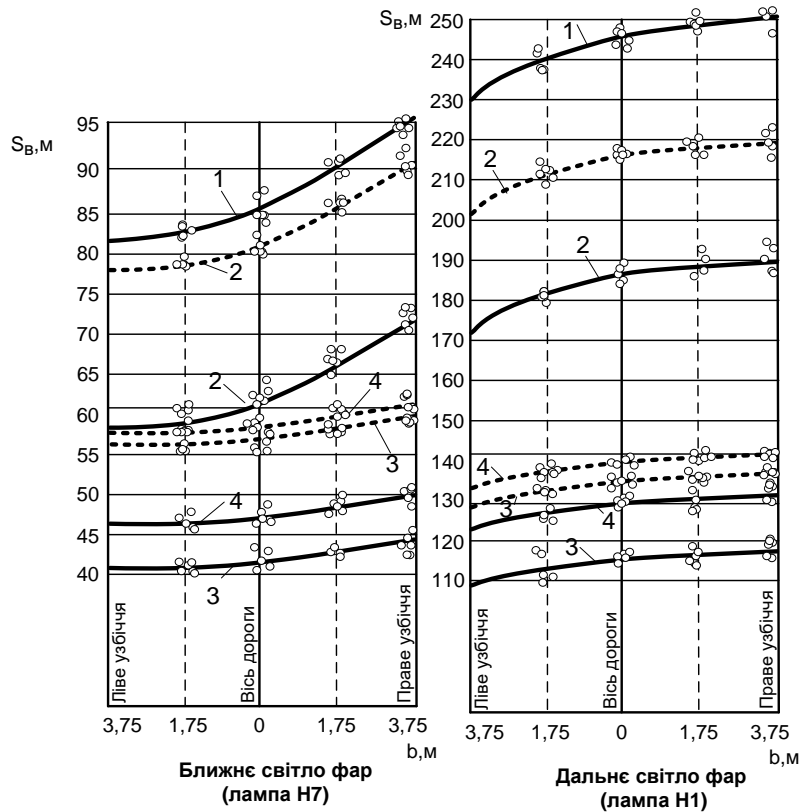


Рис. 5. Експериментальна залежність дальності видимості від характеристик об'єкта розрізнення для фар з лампами Н7, Н1 (Opel Astra G): 1 - тест-об'єкт (загальна видимість); 2 - тест-об'єкт (пішохід) у світлому одязі; 3 - тест-об'єкт (пішохід) у темному одязі; 4 - тест-об'єкт (пішохід) у одязі зі світловідбиваючими елементами; — - дальність конкретної видимості; ..... - дальність силуетної видимості,  $S_b$  - дальність видимості;  $b$  - ширина дорожнього полотна

### Висновки

1. При проведенні натурних експериментів в темну пору доби слід враховувати велику кількість факторів: погодні умови, тип і стан дорожнього покриття, особливості об'єкту розрізнення і його розташування, освітленість та особливості світлорозподіл, що забезпечуються фарами.

2. Пішохід у світлому одязі має на 30% більше шансів бути розпізнаним в темну пору доби, а отже ймовірність попадання його в ДТП значно нижча, ймовірність розпізнавання пішохода у одязі зі світловідбиваючими елементами ще вища, що підтверджує необхідність застосування цих елементів на одязі пішоходів в темну пору доби.

3. Експериментальні дані з дальності видимості тест-об'єктів дозволяють в подальшому прогнозувати безпечні швидкості автомобілів в темну пору доби за конкретних дорожніх умов.

1. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод / [Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. та інші.]. – Київ: Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.
2. Использование специальных познаний в расследовании дорожно-транспортных происшествий / [Кривицкий А. М., Шапоров Ю. И., Фальковский В.В. и др.] : под общ. ред.: канд. техн. наук Кривицкого А. М. и канд. юрид. наук Шапорова Ю. И. – Мн. : Харвест, 2004. – 128 с.
3. Кашканов А. А. Вплив ефективності світлових систем автомобілів на видимість дорожніх об'єктів та безпечні швидкості руху / А. А. Кашканов, В. П. Кужель // Вісник СХУ ім. Володимира Даля. – 2008. – №7(125) (Частина 2). – С. 209 – 213.
4. Кужель В. П. Оцінка дальності видимості дорожніх об'єктів у темну пору доби при експертизі ДТП за допомогою нечіткої логіки / В. П. Кужель // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – №41. – С. 91–95.