

УДК 625.7/.8

О. В. Анисенко,  
старший викладач кафедри управління земельними ресурсами,  
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна  
Д. Р. Шаповаленко,  
"Школа молодого вченого", факультет економічних наук,  
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

DOI: 10.32702/2306-6792.2019.1.47

## СПЕЦИФІКА ПРОЕКТУВАННЯ МІЖМІСЬКОЇ АВТОМАГІСТРАЛІ

O. Anisenko,  
Senior Lecturer Department of Land Management, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine  
D. Shapovalenko,  
"School of the Young Scientist", faculty of Economic Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine

### SPECIFICATION FOR THE DESIGN OF THE INTERMEDIATE AUTOMOTIVE ENGINEERING

У статті описано розрахунок та побудову траси ділянки автомобільної дороги із асфальтобетонним покриттям капітального типу, що відповідає таким вимогам: довжина дороги має бути мінімальною; перехід через водостоки повинен проводитись у найвужчих місцях; траса проєктованої автодороги має ретельно вписуватись у рельєф місцевості; траса дороги повинна складатись з прямих відрізків та закруглень; обрана траса загальноміського значення регулярного руху повинна відповідати вимогам діючих нормативних документів; траса має мати мінімальну кількість кутів повороту; дорога повинна бути найекономічнішою у порівнянні з іншими варіантами.

Тип поперечного профілю дороги описано наступними основними факторами: рельєфом місцевості, природними умовами, інтенсивністю руху, рівнем ґрунтових вод, вимогами безпеки руху, занесення снігом, економією земельного фонду, економічною ефективністю.

Оцінювання стану безпеки руху на дорозі в межах проєкту описано за допомогою коефіцієнтів аварійності Кав та коефіцієнтів безпеки Кб. Для аналізу безпеки руху можна також використовувати коефіцієнт подій І, якщо для цього у завданні на розроблення проєкту наведено необхідні дані.

Today, the road system of Ukraine is in a difficult stage of development, when the main road network is formed, new roads are almost not being built and the main attention should be paid to the issue of road operation. It is necessary to improve the technical level and operating conditions of roads, to solve problems of speed, convenience and safety of motion, engineering equipment of roads.

Road organizations carry out a large amount of work on maintaining and repairing roads, ensuring traffic safety. Current, middle and major repairs of asphalt concrete, cement concrete and black-and-gravel coatings are measures that allow to significantly increase the technical, performance characteristics of roads and their service life.

The article describes the calculation and construction of a road section of an automobile road with an asphalt-coated capital type covering the following requirements: the length of the road should be minimal; the passage through the gutters should be carried out in the narrowest places; the route of the projected highway must be carefully fitted into the terrain; the route of the road should consist of straight lines and rounding's; the chosen route of the city-wide value of the regular traffic must meet the requirements of the current normative documents; the trail should have the minimum number of angles of rotation; the road should be the most economical compared to other options.

The type of transverse profile of the road is described by the following main factors: terrain, natural conditions, traffic intensity, groundwater level, traffic safety requirements, snow, land resources savings, and economic efficiency.

The assessment of the road safety status within the project is described using the Kav accident rate and safety coefficients of K<sub>b</sub>. You can also use the event coefficient I for traffic safety analysis if the required data is provided in the project development task.

To fulfill the stated goal of the study, we performed the following tasks: describes the definition of the category of road and the justification of its main parameters in the plan and profile; describes the construction of a longitudinal road profile; describes the calculation and construction of a cross-section PC profile; the calculation and construction of the average speed of the vehicle flow is described; An estimation of the influence of road conditions on traffic safety with the description of the construction of the graph of the final accident rate; describes the conditions of movement and the appointment of measures for repair and maintenance of the road.

*Ключові слова: проєктування, автомагістраль, міжміська автомагістраль, дорожнє полотно, транспорт, автомобілі, аварійність.*

*Key words: designing, highway, intercity highway, road cloth, transport, cars, accident.*

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У наш час дорожня система України знаходиться на складному етапі розвитку, коли основна мережа доріг сформована, нові дороги

майже не будуються і основну увагу слід приділяти питанню експлуатації доріг. Слід підвищувати технічний рівень та експлуатаційний стан доріг, вирішувати завдання підвищення

швидкості, зручності та безпеки руху, інженерного обладнання доріг.

Дорожні організації виконують великий обсяг робіт по утриманню і ремонту доріг, забезпеченню безпеки руху. Поточний, середній і капітальний ремонт асфальтобетонних, цементобетонних і чорно-щобенових покриттів — заходи, які дозволяють значно підвищити технічні, експлуатаційні характеристики автомобільних доріг та їхні терміни служби.

Робота транспорту більш ефективна при зручній і більш розвинутій мережі доріг. Дорожня мережа повинна забезпечувати максимальне наближення транспорту до джерел сировини і місць виробництва товарів, доставку в самі віддалені пункти. Цим вимогам у найбільшій мірі відповідає автомобільний транспорт.

При будівництві сучасних автомобільних доріг зводиться велика кількість штучних споруд, мостів, труб, естакад, шляхопроводів. Виконання вимог, пропонованим до доріг і по всьому комплексу дорожніх споруд, можливо тільки на основі високотехнологічного рівня проектування, будівництва й експлуатації доріг. Під експлуатацією доріг розуміють найефективніше використання доріг для забезпечення безпечного, зручного, цілорічного руху автомобілів із заданими швидкостями і навантаженнями з максимальним ефектом у народному господарстві. Для експлуатації доріг організовано дорожньо-експлуатаційну службу, основною задачею якої є зміст і ремонт всього комплексу споруд дороги, забезпечення високих техніко-економічних показників роботи автомобільного транспорту. Кінцева мета діяльності дорожньої служби — підтримка і підвищення технічного рівня і експлуатаційного стану доріг відповідно до зростання інтенсивності руху і навантаження, і тим самим підвищення продуктивності і ефективності роботи автомобілів, зниження собівартості перевезень.

#### **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

Проблемам проектування міжміських транспортних сполучень присвячено величезна кількість праць вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема М. Портера, Б. Карлофа, В.Л. Диканя, А. Азоева, Р.А. Фатхундідова, І.З. Должанського, І. Білецької та ін. Неабиякий внесок в проектування доріг для автомобільного транспорту зробили праці В.Л. Диканя, І.М. Аксьонова, Ю.Є. Пашенка, Н.В. Якименко та ін.

Також на сьогодні дослідження технічної реалізації автомобільних доріг є досить проаналізованим вітчизняними та зарубіжними авторами, зокрема проектування новітніх швидкісних магістралей закладено в праці Г. Кірпи; комплексних результатів оцінювання ефективності впровадження швидкісного руху досягли В. Дикань та Ю. Пашенко; продовжено дослідження щодо визначення розмірів економії поточних витрат при проектуванні новітніх швидкісних магістралей І. Корженевичем, М. Курганом, Ю. Барашем; проаналізовано впровадження та розвиток швидкісних пасажирських перевезень в Україні (Ю.С. Бараш, О.М. Гненний, А.В. Момот); проаналізовано напрями впровадження швидкісних пасажирських перевезень в Україні та їх недоліки Н.О. Божок. Для більш детального аналізу окресленого проблемного напрямку дослідження нами була вибрана ця тема наукової роботи.

#### **ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ**

Основною метою є обґрунтування специфіки проектування міжміської автомагістралі в Україні.

#### **ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ**

При проектуванні ділянки автомобільної дороги із асфальтобетонним покриттям капітального типу, її положення в плані може задаватися тільки початковими та кінцевими пунктами. Опишемо специфіку проектування ділянки автомобільної дороги III категорії капітального типу.

До III категорії відносять дороги загальнодержавного значення (окрім доріг I і II категорій), основні дороги обласного і районного значення, під'їзди до населених пунктів, залізничних вузлів, річних і морських портів, в тому числі. З'єднання окремих підприємств або їх груп між собою, з залізничними станціями, річковими і морськими порталами, основні міжпромислові дороги. Перспективна середньодобова інтенсивність руху на дорогах цієї категорії — 1000... 3000 автомобілів [3, с. 155].

Задача полягає у тому, щоб запроєктувати трасу автодороги, що відповідає таким вимогам [3, с. 156]:

- довжина дороги має бути мінімальною;
- обрана траса повинна відповідати вимогам діючих нормативних документів;
- перехід через водостоки повинен проводитись у найвужчих місцях;
- траса дороги повинна складатись з прямих відрізків та закруглень;

**Таблиця 1. Основні розрахункові параметри траси автомобільної дороги**

| № п / п | Найменування показника                   | Позначення            | Поворот 1         |
|---------|--|-----------------------|-------------------|
| 1       | Вершина кута повороту                    | ВУ                    | ПК0+00            |
| 2       | Початок кривої                           | НК                    | ПК1+20            |
| 3       | Кінець кривої                            | КК                    | ПК2+80            |
| 4       | Величина кута повороту                   | $\alpha$              | 50                |
| 5       | Прийнятий радіус кривої                  | R                     | 150               |
| 6       | Тангенс                                  | T                     | 70                |
| 7       | Бісектриса                               | Б                     | 15,5              |
| 8       | Домір                                    | Д                     | 10                |
| 9       | Довжина кривої                           | K                     | 130               |
| 10      | Довжина суміжних з кривою прямих вставок | $\frac{Pr}{Pr_{min}}$ | $\frac{554}{319}$ |

Джерело: [2].

**Таблиця 2. Пікетна відомість по осі дороги**

| Пікет, ПК + ... | Відмітка, м |
|-----------------|-------------|
| ПК 0+00         | 295,7       |
| ПК 0+20         | 293,6       |
| ПК 0+80         | 293,4       |
| ПК 1+20         | 294         |

Джерело: [2].

- траса має мати мінімальну кількість кутів повороту;
  - траса повинна бути найекономічнішою у порівнянні з іншими варіантами;
  - траса проєктованої автодороги має ретельно вписуватись у рельєф місцевості.
- Оберемо вихідні дані для початку розрахунку:
- карта з нанесеною віссю траси — надається;
  - інтенсивність руху — 2700 авт./добу в тому числі 28% вантажних;
  - тип покриття — асфальтобетонне покриття;
  - стан покриття — задовільний;
  - область — Житомирська.

Складають таблицю, в якій записують параметри для розрахунку (табл. 1).

Фактична довжина траси визначається як сумарна величина кривих та прямих вставок:

$$L_{\phi} = \sum K + \sum Pr \quad (1),$$

$$L_{\phi 1} = 1621,85.$$

Опишемо побудову поздовжнього профілю дороги. Поздовжнім профілем траси автодороги називається вертикальна проєкція бровки земляного полотна, розвернена в площині креслення. Проєктування поздовжнього профілю заключається у встановленні висотного положення бровки земляного полотна, осі дороги та дна верхнього кювету з урахуванням дотримання вимог, що забезпечують рух з розрахунковими швидкостями, безпечність та зручність руху, відведення поверхневих вод тощо.

Відстань між пікетами приймають рівною 100 м. Ухили вимірюють у проміле (%). Поздовжній профіль викреслюють згідно з [2] та [1].

Спочатку записують до потрібної графі позначки поверхні землі, за якими викреслюють лінію поверхні землі відклавши їх у вертикальному напрямку. Далі наносимо проєктну (червону) лінію для забезпечення міцності та стійкості земляного полотна

та плавний рух автомобілів [4, с. 234].

Робочі позначки насипу наносимо над червоною лінією, позначки виїмки — під нею. Проводимо проєктування вертикальних кривих для забезпечення безпечного руху по дорозі у місцях переломів проєктної лінії. Для цього визначають алгебраїчну різницю уклонів.

Якщо різниця більше 20 % для даної категорії дороги, то криву вписують у місце перелому, якщо ні, то криві не потрібно викреслювати. Оскільки в даному випадку жодна з алгебраїчних різниць уклонів не перевищує 20 %, то проєктування вертикальних кривих не потрібно. Приймають позначку дна кювета  $h_k = 0,6$  м та наносимо її на план. Розраховують позначки дна лівого та правого кювета, довжини та ухили. Приймають вид укріплення та позначають його на плані.

Опишемо побудову поперечного профілю дороги. Тип поперечного профілю дороги визначається такими основними факторами: рельєфом місцевості, природними умовами, інтенсивністю руху, рівнем ґрунтових вод, вимогами безпеки руху, занесення снігом, економією земельного фонду, економічною ефективністю.

У залежності від проєктування червоної лінії на поздовжньому профілі, а також рельєфу місцевості, виникає необхідність проєктування поперечного профілю дороги в насипу, у виїмці або на косогорі.

Поперечний профіль дороги в насипу висотою до 0,6 м. включає наступні елементи: межа смуги відведення, обріз, кювет, земляне полотно з проїжджою частиною.

Відкоси земляного полотна в насипу приймають 1:1,5. Основними елементами поперечного профілю дороги у виїмці є: проїжджа частина, узбіччя та кювети. З поверхнею землі дорога може сполучатися відкосами з закладанням 1:1,5—1:1 при глибині виїмки понад 2,0 м. та відкосами з закладанням 1:1 при глибині до 2,0 м [6, с. 261].

При розміщенні дороги на косогорі водовідвідний кювет облаштовується тільки з нагірної сторони, окрім того для перехоплення поверхневого стоку облаштовується нагірна канава. Найдоцільнішим поперечним профілем на косогорі є профіль "в напівнасіпу — напіввиїмці". В цьому випадку необхідно забезпечити стійкість насипної частини земляного полотна, шляхом облаштування горизонтальних уступів.

Ширина проїзної частини для зовнішньогосподарських доріг III категорії — проїжджої частини, не менше 6,0 м. Ширину узбіччя приймають 2,5 м. Розмір кюветів приймають з конструктивних міркувань шириною по дну 0,6 м та глибиною 0,5 м [6, с. 260].

Поперечний профіль проїжджої частини — двосхилий, на віражах — односхилий.

Поперечний ухил залежить від типу покриття та рівності проїжджої частини і приймаються [3, с. 157]:

— цементно-бетоні та асфальтобетоні 15—20 %;

— чорні щебеневі та гравійні 20—25 %;

— щебеневі та гравійні покриття 25—30 %;

— бруківка, ґрунтові укріплені покриття 30—40 %

— ґрунтові узбіччя мають ухил на 20 % більше ніж проїжджа частина.

Для прикладу, проведемо розрахунок нежорсткого дорожнього покриття по указаних початкових даних.

Потрібний модуль пружності дорожнього покриття визначають за формулою:

$$E_{mp} = A + B \cdot \lg(N_p) \quad (2),$$

де  $A$  та  $B$  — коефіцієнти, що залежать від типу покриття та розрахункового навантаження;

$N_p$  — за завданням 650 авт/добу.

За таблицею 1 [1] приймають  $A = 120$ ,  $B = 520$ .

$$E_{mp} = 120 + 520 \cdot \lg(650) = 158 \text{ МПа.}$$

Отриману величину порівнюють з мінімальним допустимим значенням з таблиці 1 [1].

$$E_{min} = 115 \text{ МПа}$$

$$E_{min} < E_{mp}.$$

Розрахунок ведемо за  $E_{mp}$ .

Опишемо порядок розрахунку середньої швидкості потоку автомобілів. Вимоги до елементів плану та профілю автомобільної дороги виходять з умов руху на окремих елементах дороги. Кожна дорога є сполученням ділянок із похилами різної величини. На них є криві в плані та поздовжньому профілі з обмеженою

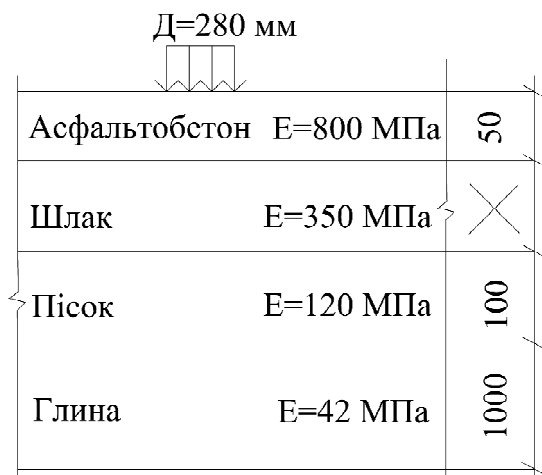


Рис. 1. Розрахункова схема

Джерело: [1].

видимістю, ділянки, де зниження швидкості обумовлюється правилами безпеки руху.

Швидкість на різних ділянках не є однаковою. Забезпечення безпечного руху транспортних засобів із великими швидкостями вимагає не допускати місць, що викликають зниження швидкості з умов безпеки руху; змінення швидкості, що забезпечуються геометричними елементами на суміжних ділянках, не повинні бути великими [1].

Середня швидкість руху є основним параметром для оцінки умов руху. Автомобільну дорогу розглядають як сукупність елементарних ділянок з однорідними умовами [8, с. 122].

Середня швидкість транспортного потоку на ділянці дороги визначається як мінімальна із середніх швидкостей, що залежать від таких параметрів: інтенсивності руху ( $V_N$ ); радіуса горизонтальної кривої ( $V_R$ ); величини поздовжнього похилу ( $V_i$ ); показника рівності покриття ( $V_p$ ); величини обмеження швидкості ( $V_0$ ); величини середньої швидкості вільного руху ( $V_{віль}$ ) [2]:

$$V_j = \min(V_N, V_R, V_i, V_p, V_0, V_{віль}) \quad (3).$$

Мінімальне значення буде відповідати тому показнику, що найбільше впливає на змінення швидкості, по відношенню до швидкості вільного руху.

Середню швидкість вільного руху визначають як середньостатистичне значення за формулою [2]:

$$V_{віль} = V_n \times \alpha + V_b \times \beta + V_{ab} \times \gamma + V_{an} \times \rho \quad (4).$$

Опишемо оцінку впливу дорожніх умов на безпеку руху та побудову графіка підсумкового коефіцієнта аварійності. Оцінювання стану безпеки руху на дорозі в межах проекту виконують за допомогою коефіцієнтів аварійності  $K_{ав}$  та коефіцієнтів безпеки  $K_{б}$ . Для аналізу без-

Таблиця 3. Характеристика ділянок доріг за станом безпеки руху

| Коефіцієнт      | Стан безпеки ділянок дороги |                  |             |                  |
|-----------------|-----------------------------|------------------|-------------|------------------|
|                 | Безпечний                   | Мало небезпечний | Небезпечний | Дуже небезпечний |
| Аварійності Кав | 0...10                      | 10...20          | 20...40     | <sup>3</sup> 40  |
| Безпеки Кб      | 0,8                         | 0,6...0,8        | 0,4...0,6   | £0,4             |
| Подій І         | 0,4                         | 0,4...0,8        | 0,8...1,2   | <sup>3</sup> 1,2 |

Джерело: [1].

пеки руху можна також використовувати коефіцієнт подій І, якщо для цього у завданні на розроблення проекту наведено необхідні дані.

Сумарний коефіцієнт аварійності Кав для ділянки дороги певної довжини, наприклад 1 км, є добуток 17 часткових коефіцієнтів аварійності, що встановлені за різними ознаками для цієї ділянки.

Частковий коефіцієнт аварійності Каі є відношення кількості дорожньо-транспортних подій на даній ділянці дороги з деякою характерною для цієї ділянки ознакою до кількості ДТП на ділянці. Прийнята горизонтальна ділянка дороги з двома смугами руху, з шириною проїзної частини 6 м, шорстким покриттям і укріпленими узбіччями при добовій інтенсивності руху 2700 одиниць [7, с. 299].

Для отримання наочної картини розподілу коефіцієнтів аварійності за довжиною дороги та полегшення практичного їх використання з метою призначення заходів для підвищення безпеки руху будують графік коефіцієнтів аварійності. Цей графік дозволяє легко визначити за епюрою підсумкових коефіцієнтів аварійності ділянки дороги з підвищеною ймовірністю виникнення ДТП, а із співвідношення для цих ділянок часткових коефіцієнтів аварійності — можливі причини підвищення ймовірності ДТП. Оскільки підсумковий і часткові коефіцієнти аварійності зв'язані залежністю, тому чим більше і-тий частковий коефіцієнт аварійності відрізняється від одиниці, тим більшу частку в ймовірність виникнення ДТП вносить саме той фактор, що визначає значення цього коефіцієнта [3, с. 157].

Звідси слідує, що процедура підбору заходів для підвищення безпеки руху на ділянці дороги полягає у зниженні підсумкового коефіцієнта аварійності шляхом прийняття заходів щодо регулювання тих ознак ділянки дороги, які зумовлюють на цій ділянці найвищі значення часткових коефіцієнтів аварійності. Ознаки ділянки, що підлягають регулюванню, визначають у порядку убування значень часткових коефіцієнтів аварійності.

Узагальнену оцінку стану безпеки руху на ділянках дороги за підсумковим коефіцієнтом аварійності Кав та коефіцієнтом безпеки Кб здійснюють порівнянням значень цих коефіцієнтів із нормами, які наведено у таблиці 3.

Опишемо аналіз умов руху і призначення заходів з ремонту і утримання дороги. Осінній період (І) первинного накопичення вологи характеризується зниженням температури, охолодженням дорожнього покриття і земляного полотна, інтенсивним зволоженням атмосферними опадами, повільним зростанням вологості ґрунту земляного полотна до  $0,65-0,7 W_T$  (вологість на межі текучості), зниженням щільності ґрунту і міцності дорожнього покриття.

Морозний період (ІІ) характерний утворенням мерзлого ґрунту і інтенсивним вологонакопиченням у верхніх шарах земляного полотна за рахунок міграції водяної пари від нижніх теплих шарів полотна до верхніх холодних. Вологість ґрунту земляного полотна до кінця періоду може досягати  $(0,7-0,8) W_T$ . Унаслідок замерзання води в порах ґрунту і шарах дорожнього одягу утворюються лінзи і прошарки льоду. Міцність ґрунту і всієї дорожньої конструкції максимальна [3, с. 155].

У зиму відлигу можливе істотне зниження модуля пружності дорожньої конструкції. При повільному глибокому промерзанні перезвожених пилевидних ґрунтів можливо морозне пучення — нерівномірне за площею проїжджої частини підняття дорожнього одягу у вигляді окремих горбів заввишки 80... 100 мм. Третій період (ІІІ) максимального ослаблення дорожніх конструкцій називають розрахунковим. Він триває від початку до закінчення відтавання ґрунту земляного полотна.

Це найнебезпечніший період, за якого спостерігаються максимальні руйнування дорожнього одягу. Лінзи і прошарки льоду у верхній частині земляного полотна відтають і пори ґрунту заповнюються вільною водою, яка скупчується над ґрунтом, що ще не відтанув. Вологість ґрунту може досягати  $(0,85...0,9) W_T$ , щільність і міцність ґрунту мінімальні. Під дією транспортних навантажень на покритті розвиваються тріщини, вибоїни і просіли, які з'являються в першу чергу в пучинистих місцях [3, с. 156].

У першому періоді через перезволоження дорожніх покриттів може спостерігатися їх лущення і вифарбовування, а при різкому зниженні температури — утворення поперечних температурних тріщин [4, с. 218].

У літній період відбувається інтенсивне нагрівання одягу і земляного полотна; ґрунт швидко просихає. Влітку вологість ґрунту земляного полотна знижується до найменшого значення (0,5...0,55)  $W_T$  щільність і міцність ґрунту і дорожньої конструкції зростають.

Для поліпшення умов служби доріг ВТР регулюють різними методами: прославляють брівку земляного полотна, знижують рівень ґрунтових вод пристроєм дренажних систем, влаштовують додаткові морозозахисні, дренажні і парогідроізоляційні шари.

Умови руху транспортних потоків істотно залежать від стану покриття і узбіч. Сезонна дія природних чинників на умови руху дозволяє виділити зимовий, перехідні (весняний і осінній) і літній періоди служби доріг [7, с. 293].

До зимового відносять період із стійкою температурою повітря нижче  $0^\circ\text{C}$ . У зимовий період поверхня покриття і узбіч може бути в різних станах: сухою і чистою, покритою шаром сухого рихлого снігу, сніжним накатом, мокрим снігом або крижаною кіркою. Взимку в період завірюх через сніжні занесення можливе повне припинення руху транспорту по окремих маршрутах.

Перехідні періоди (весняний і осінній) характеризуються нестійкою погодою з опадами всіх видів: дощем, сухим і мокрим снігом. Весняним вважають перехідний період з середньодобовою температурою повітря від  $0^\circ\text{C}$  до  $+15^\circ\text{C}$ , осіннім — з температурою повітря від  $+15^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$ . В перехідні періоди покриття найчастіше вологе або мокре, узбіччя брудні з деформаціями і руйнуваннями.

Літнім періодом служби дороги вважають період з температурою повітря вище  $+15^\circ\text{C}$  і сухою стійкою погодою. У літній період вельми часто спостерігається сухе чисте покриття, сухі узбіччя і найбільш сприятливі умови руху автомобілів.

Розрахунок періоду бездоріжжя:

$$Z_n = T_0 + \frac{5}{\alpha} \quad (5),$$

де  $Z_n$  — початок бездоріжжя;

$T_0$  — дата переходу через  $0^\circ\text{C}$  температури;

$\alpha$  — кліматичний коефіцієнт, який характеризує швидкість відтавання ґрунту, см/ доба.

Дата кінця бездоріжжя:

$$Z_k = Z_n + \frac{0.7 \cdot h_{np}}{\alpha} \quad (6),$$

де  $h_{np}$  — глибина промерзання;

$Z_k$  — кінець бездоріжжя.

$$Z_n = 9 + \frac{5}{2.5} = 11.03$$

$$Z_k = 11 + \frac{0.7 \cdot 75}{2.5} = 32 = 01.04$$

$$Z_n = 11.03$$

$$Z_k = 01.04.$$

Особливою небезпекою для дороги в весняний період є пучини, які утворилися в результаті перезволоження верхніх шарів земляного покриття вологою, накопиченою під проїзною частиною.

Для запобігання пучинистих ділянок дороги від руйнування восени приймають такі міри [7, с. 301]:

— своєчасно очищують узбіччя та відкоси від снігу;

— створюють воронки для відводу води із під проїжджої частини під час відтавання;

— утеплювати проїзду частину дороги шлаковим шаром товщиною 10—20 см або розстилають хмиз та другі теплоізолюючі матеріали на початку зими;

— забезпечують справну роботу дренажних пристроїв та хороший поверхневий водовідвід;

— обмежують або припиняють рух по дорозі на період відтавання і просихання пучинистих ділянок навесні;

— посилюють проїжджу частину дороги шляхом укладки на поверхню покриття несучих шарів із щебня, гравія, шлакового щебня.

Гарні результати виходять при укладці пучинистих ділянок металевою сіткою вагою  $25 \text{ кг/м}^2$  за попередньо вирівняному покриттю з подальшою засипкою вкритої сітки щебнем або гравієм, розливом рідкого бітума із розрахунку  $2\text{—}3 \text{ л/м}^2$  і засипкою піском. Можна також укладавати дерев'яні щити розміром  $3 \times 4 \text{ м}$ . за попередньо розсипаному шару піску товщиною 10—15 см. Щити закріплюють кільцями, які забиті на узбіччях [9].

Сніжно-крижані утворення на поверхні проїжджої частини, окрім зимової ковзкості, викликають також зниження рівності покриттів. На нерівних покриттях нижче швидкість рухомого складу, вище вірогідність дорожньо-транспортних подій.

Для розрахунку за залежністю використовують дані багаторічних спостережень найбільш гідрометеорологічних станцій, на яких отримують відомості про швидкість та напрямок вітру під час хуртовин, загальну тривалість хуртовин. Загальний об'єм снігоприносу визначають підсумовуванням за 16 румбами. Тому інколи цей метод називають методом румбів [5].

Метод снігового балансу ґрунтується на врахуванні приходу та витрат об'ємів снігу

за зимовий період в якомусь великому басейні.

Розрахунковий метод базується на врахуванні знесення снігу в снігозбірному басейні, де за зиму частина снігу залишається, а частина зноситься. Ці методи не мають практичного застосування в інженерних розрахунках для вирішення завдань зимового утримання автомобільних доріг, оскільки визначити значення розрахункових параметрів досить складно, а інколи і неможливо.

Найпростішим є метод натурних обмірів. Відповідно до цього методу за багато років визначають об'єми снігоприносу до дороги на снігомірних пунктах. Для цього на найхарактерніших ділянках доріг закладають снігомірні пункти з постійними снігомірними рейками, біля яких вимірюють відкладення снігу. Цей метод у випадку багаторічних спостережень дає найоб'єктивніші результати. Але він надто трудомісткий та потребує закладки снігомірних пунктів у різних характерних місцях дороги [2].

Незалежно від того, який метод прогнозування об'ємів снігоприносу до автомобільних доріг застосовується, необхідно мати багаторічні статистичні дані, за якими розраховують об'єм снігоприносу заданої повторності. Найчастіше розраховують об'єм снігоприносу для забезпеченості 5%, тобто для повторності 1 раз на 20 років. Але необхідна забезпеченість визначається за результатами техніко-економічного обґрунтування і враховує можливості дорожньої служби, категорію дороги, інтенсивність та склад руху.

Розрахунки об'ємів снігоприносу, як правило, дуже ускладнені, трудомісткі і тому інколи супроводжуються помилками. В галузевій науково-дослідній лабораторії зимового утримання автомобільних доріг Харківського державного автомобільно-дорожнього технічного університету д. т. н., проф. Філіпповим В.В. розроблені алгоритм та програма "SNOW" для розрахунків об'ємів снігоприносу до автомобільних доріг України на ЕОМ. У програмі враховані особливості умов снігоприносу в кліматичних умовах України та статистичні дані про хуртовини з усіх українських метеостанцій [4, с. 229].

Важливе значення для організації зимового утримання автомобільних доріг має прогнозування не тільки максимального об'єму снігоприносу для визначеної повторності, але й прогнозування року, в який може спостерігатися максимальний об'єм снігоприносу. З цієї точки зору заслуговують на увагу результати досліджень А.А. Кунгурцева, який визначив, що

сильні хуртовинні замети обов'язково мають місце в кожному циклі сонячної активності і при цьому або збігаються з максимумом кожного циклу, або відхиляються від цього на один-два роки в той чи інший бік.

Наведені дані мають місце в багатьох різних регіонах Європи та Азії. Таким чином, це не окреме явище або випадковий збіг обставин для одного циклу сонячної активності, а закономірність. Якщо точно спрогнозувати рік сонячної активності можна визначити і рік максимальних снігових заметів.

Повне снігоочищення на дорогах загальної користування здійснюється після закінчення снігопаду або хуртовини і відповідно до ДСТУ 3587-97 не повинно перевищувати 8 годин, крім випадків катастрофічних снігопадів та хуртовин, що віднесені до стихійного лиха [5].

Час проходження снігоочищувачів при патрульному снігоочищенні визначають за формулою:

$$t = \frac{\rho_c * h_{\max}}{\rho_m * i_{cm}} \quad (7),$$

де  $t$  — час між проходженням снігоочищувачів, год;

$\rho_c$  — щільність снігу на покритті, Г (см<sup>3</sup>);  
 $\rho_c = 0,07 \dots 0,25$  г/см<sup>3</sup>;

$h_{\max}$  — максимально допустима товщина лужого снігу, мм;

$\rho_m$  — щільність води;  $\rho_m = 1$  г/см<sup>3</sup>;

$i_{cm}$  — інтенсивність снігопаду, мм/год, яка вимірюється товщиною шару води, що утворюється після розтавання снігу (для сильного снігопаду  $i_{cm} = 5 \dots 10$  мм/год; для середнього —  $i_{cm} = 3 \dots 5$  мм/год; для слабкого —  $i_{cm} = 1 \dots 2$  мм/год)

$$t = \frac{0,07 * 16}{1 * 5} = \frac{1,12}{5} = 0,224 \quad (\text{год}).$$

Сніжні вали видаляють за межі земляного полотна за допомогою роторних снігоочисників. Роторні снігоочисники на гусеничному ході можуть видаляти сніжні вали за будь-якого їх розміщення. Роторні снігоочисники на колісному ході не можуть самостійно видаляти вали, що розміщені над кюветом або в безпосередній близькості до нього. В цьому випадку вал спочатку пересувають автогрейдером або бульдозером на проїжджу частину, а потім роторний снігоочисник відкидає сніг у бік дороги на 15—20 метрів. Снігові замети найефективніше розчищати за допомогою спеціальних снігоочисних та дорожніх машин загальної призначення з причіпним обладнанням [7, с. 295].

За товщини снігових відкладень до 0,2 м очищення виконують плужними снігоочисниками на базі автомобілів, що переміщують сніг у вали, які прибирають роторними снігоочисниками.

За товщини снігових відкладень до 1,2 м заноси розчищають двовідвальними плужними снігоочисниками на базі тракторів типу К-700 (К-701А) або бульдозерами спільно з фрезерно-роторними снігоочисниками.

Для розчистки снігових заметів висотою понад 1,2 м застосовують важку високопродуктивну техніку: бульдозери, фрезерно-роторні та фрезерні снігоочисники.

При роботі снігоочисної техніки на гусеничному ходу для захисту покриття рекомендується залишати шар снігу товщиною до 10 см, що потім видаляється снігоочисниками на пневмоходу або автогрейдером [7, с. 296].

### ВИСНОВКИ

Для виконання сформульованої мети дослідження, нами були виконані наступні завдання: описано визначення категорії дороги і обґрунтування її основних параметрів в плані і профілі; описано побудову повздовжнього профілю дороги; описано розрахунок та побудову поперечного профілю ПК; описано розрахунок та побудову середньої швидкості потоку автомобілів; проведено оцінку впливу дорожніх умов на безпеку руху з описом побудови графіка підсумкового коефіцієнта аварійності; описано умови руху і призначення заходів з ремонту і утримання дороги.

### Література:

1. Державні будівельні норми України В.2.3-4. "Споруди транспорту. Автомобільні дороги" [Електронний ресурс]. — 2007. — Режим доступу: [http://dbn.co.ua/index/v\\_23/0-90](http://dbn.co.ua/index/v_23/0-90)
2. ГОСТ 21.511-83 "Автомобильные дороги, земляное полотно и дорожная одежда" [Електронний ресурс]. — 2011. — Режим доступу: [https://dnaop.com/html/42719/A2\\_21.511-83](https://dnaop.com/html/42719/A2_21.511-83)
3. Проектування автомобільної дороги III-ї технічної категорії. [Текст] / М.В. Волох, Е.Ф. Платонов // Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Транспорт та шляхи сполучення". — Херсон: РВВ "Колос" ХДАУ, 2005. — С. 155—157.
4. Сельские транспортные коммуникации [Текст] / А.И. Бондаренко, В.С. Бойчук, В.К. Черненко // Проектирование. — К.: Вища школа, 1979. — С. 218—256.
5. Відомчі будівельні норми України В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожнє покриття нежорсткого типу [Електронний ре-

сурс]. — 2004. — Режим доступу: [https://dnaop.com/html/40602/doc-ВБН\\_В.2.3-218-186-2004](https://dnaop.com/html/40602/doc-ВБН_В.2.3-218-186-2004)

6. Селитебні ландшафти Поділля [Текст] / Г.І.Денисик, О.І.Бабчинська. — Вінниця: Теза, 2006. — С. 256—261.

7. Екологічний та автомобільний транспорт [Текст] / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун [та ін.]. — К: Арістей, 2006. — С. 292—302.

8. Ландшафтна архітектура [Текст] / Л.С. Заліська, Е.М. Мікуліна. — К.: 2005. — С. 122—123.

9. Публічна кадастрова карта [Електронний ресурс]. — 2018. — Режим доступу: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>

### References:

1. State building norms of Ukraine V. 2.3-4. (2007), "Constructions of transport. Highways", State normative acts on labor protection, [Online], available at: [http://dbn.co.ua/index/v\\_23/0-90](http://dbn.co.ua/index/v_23/0-90) (Accessed 21 Nov 2018).
  2. State building norms of Ukraine GOST 21.511-83 "Roads, earthenware and road wear", State normative acts on labor protection, [Online], available at: [https://dnaop.com/html/42719/A2\\_21.511-83](https://dnaop.com/html/42719/A2_21.511-83) (Accessed 28 Nov 2018).
  3. Volokh, M.V. and Platonov, E.F. (2005), "Design of automobile road of the 3rd technical category", *Metodychni vkazivky do vykonannya kursovoho proektu z dystsypliny "Transport ta shlyakhy spoluchennya"*, vol. 3, pp. 155—157.
  4. Bondarenko, A.I. Boychuk, V.S. and Chernenko, V.K. (1979), *Proektyrovanye* [Engineering], Vyshcha shkola, Kyiv, Ukraine.
  5. Departmental Building Standards of Ukraine V. 2.3-218-186 (2004), "Constructions of transport. Road cover of non-rigid type", State normative acts on labor protection, [Online], available at: [https://dnaop.com/html/40602/doc-ВБН\\_В.2.3-218-186-2004](https://dnaop.com/html/40602/doc-ВБН_В.2.3-218-186-2004) (Accessed 2 Dec 2018).
  6. Denysyk, H.I. and Babchyn's'ka, O.I. (2006), *Selytebni landshafty Podillya* [The residential landscapes of Podillya], Teza, Vinnytsya, Ukraine.
  7. Hutarevych, Yu.F. Zerkalov, D.V. and Hovorun, A.H. (2006), *Ekolohichnyy ta avtomobil'nyy transport* [Ecological and road transport], Aristey, Kyiv, Ukraine.
  8. Zalis'ka, L.S. and Mikulina, E.M. (2005), *Landschaftna arkhitektura* [Landscape architecture], Vyshcha shkola, Kyiv, Ukraine.
  9. The official site of Ukrainian cadastral map (2018), "Public Cadastre Card" (2018), available at: <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta> (Accessed 21 October 2018).
- Стаття надійшла до редакції 19.12.2018 р.*