https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.111

**УДК 691.16**

**Копинець І. В.,** *канд. техн. наук, https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
**Соколова О. Б.,** *https://orcid.org/0000-0003-4202-8661*
**Юнак А. Л.,** *https://orcid.org/0000-0002-5294-5554*

*Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), м. Київ, Україна*

# АЛГОРИТМ ВИБОРУ БІТУМУ ПІД ЧАС ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

***Анотація***

Вступ. Найбільш поширеним матеріалом для влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг є асфальтобетон. До суттєвих переваг асфальтобетону належать високі експлуатаційні характеристики, порівняно високі технічні показники, придатність до регенерації тощо. Водночас асфальтобетону притаманні і недоліки, одним з яких є значна залежність міцності та деформативних характеристик від температури довкілля.

Проблематика. Наразі в Україні відсутні чіткі критерії щодо вибору бітуму, які б ураховували умови роботи асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу, але уже виконуються перші кроки у цьому напрямку. Мета даної роботи полягала у практичному визначенні необхідних властивостей бітуму відповідно до раніше запропонованих алгоритмів.

Мета. Практичне визначення потрібних властивостей бітуму відповідно до раніше запропонованих алгоритмів.

Матеріали і методи. Аналіз алгоритму визначення потрібних властивостей бітуму, кліматичних умов роботи асфальтобетону та розрахунок потрібної марки бітуму під час проєктування конструкції дорожнього одягу.

Результати. Надано пропозиції щодо удосконалення алгоритму вибору бітуму під час проєктування конструкції дорожнього одягу. Виконано аналіз кліматичних умов роботи асфальтобетону та розрахунок потрібної марки бітуму за експлуатаційними показниками під час проєктування конструкції дорожнього одягу умовної ділянки автомобільної дороги. Запропоновано систему вибору бітуму за пенетраційною класифікацією на основі установлених експлуатаційних показників.

Висновки. Запропонований алгоритм визначення потрібної марки бітуму під час проєктування конструкції дорожнього одягу можна використовувати для визначення марки бітуму як за експлуатаційними показниками, так і за пенетраційною класифікацією.

Водночас цей алгоритм потребує доопрацювання в частині прийняття рівня надійності залежно від категорії автомобільної дороги, а також установлення величин уточнення залежно від транспортного навантаження.

Застосування приведеного алгоритму дозволить здійснювати вибір бітуму з урахуванням кліматичних умов, транспортного навантаження та розташування асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу, що повинно забезпечити тепло- та тріщиностійкість асфальтобетону та сприяти підвищенню довговічності асфальтобетонних шарів.

***Ключові слова***: асфальтобетон, бітум, властивості, конструкція дорожнього одягу, проєктування.

## Вступ

Найбільш поширеним матеріалом для влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг є асфальтобетон. До суттєвих переваг асфальтобетону належать високі експлуатаційні характеристики, порівняно високі технічні показники, придатність до регенерації тощо. Водночас асфальтобетону притаманні і недоліки, одним з яких є значна залежність міцності та деформативних характеристик від температури довкілля. Вирішальну роль в температурних властивостях асфальтобетону відіграє бітум. Наразі в Україні відсутні чіткі критерії щодо вибору бітуму, які б ураховували умови роботи асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу, але уже виконуються перші кроки у цьому напрямку [1, 2]. Мета даної роботи полягала у практичному визначенні потрібних властивостей бітуму відповідно до раніше запропонованих алгоритмів [1–3].

## Основна частина

Відповідно до запропонованої процедури визначення кліматичних характеристик основою для встановлення PG-марки бітуму є середня максимальна розрахункова температура асфальтобетонного шару (*X*) та середня мінімальна розрахункова температура асфальтобетонного шару (*Y*).

Середню максимальну розрахункову температуру асфальтобетонного шару розраховують як середню з максимальних температур асфальтобетонного шару впродовж семи послідовних днів за період спостереження.

Середню мінімальну розрахункову температуру асфальтобетонного шару розраховують як середню з мінімальних температур асфальтобетонного шару за період спостереження.

Мінімальний період спостереження для визначення температури асфальтобетонного шару *X* та *Y* становить 15 років, що обумовлено найбільшим можливим строком експлуатації дорожнього одягу між капітальними ремонтами відповідно до додатка Е ДБН В.2.3-4 [4]. Характеризують марки кожні 6 °С відповідно до **табл. 1**.

***Таблиця 1***

***Класифікація бітумів***

| Середня максимальна розрахункова температура асфальтобетонного шару, °С, нижче ніж | Познака марки, *X* | Середня мінімальна розрахункова температура асфальтобетонного шару, °С, вище ніж | Познака марки, *Y* |
|---|---|---|---|
| 46 | 46 | мінус 10 | -10 |
| 52 | 52 | » 16 | -16 |
| 58 | 58 | » 22 | -22 |
| 64 | 64 | » 28 | -28 |
| 70 | 70 | » 34 | -34 |
| 76 | 76 | » 40 | -40 |
| 82 | 82 | » 46 | -46 |

Познака PG 64-22 означає, що використовуваний бітум буде належним чином працювати в діапазоні температур експлуатування асфальтобетонного шару від мінус 22 °С до 64 °С за заданого рівня надійності. Для встановленого діапазону експлуатаційних температур бітум повинен відповідати відповідним вимогам згідно з таблицею 2 [3]. Наприклад, для марки PG 64-Y мінімальне значення температури, визначеної за відношенням комплексного модуля зсуву до фазового кута ($G^*/\sin\delta$) з використанням динамічного реометра зсуву, повинно становити

не нижче ніж 64 °С. Для марки PG X-22 мінімальне значення *S* та *m*-значення, визначені з використанням балочного реометра, повинні забезпечуватися за температури на 10 °С вищої. Тобто для марки PG X-22 нижня температура експлуатування асфальтобетонного шару становить мінус 22 °С, а температура випробування, за якої бітум повинен відповідати установленим вимогам, становить мінус 12 °С (або ж на 10 °С вище).

Визначення PG-марки бітуму за кліматичними умовами запропоновано виконувати у такій послідовності [3]:

1) установлення періоду аналізу кліматичних умов у не менше ніж 15 років та отримання даних щодо температури з метеорологічних станцій, розташованих у межах України або у межах ділянки автомобільної дороги;

2) аналізування даних щодо температури повітря, отриманих з певних метеорологічних станцій, встановлення метеорологічних станцій з неповними даними або метеорологічних станцій, розташованих в непридатних для аналізування місцях (наприклад, метеорологічних станцій, розташованих на гірських вершинах);

3) визначення середньої з максимальних температур повітря впродовж семи послідовних днів для кожного року аналізування;

4) визначення мінімальної температури повітря для кожного року аналізування;

5) розрахування середньої максимальної та мінімальної температури повітря за період аналізування та стандартних відхилень;

6) перевіряння правильності розподілу температури повітря;

7) прийняття різних рівнів надійності.

Від рівня надійності залежить статистична величина *w*, що є результатом нормального розподілу значень температури. Запропоновані значення статистичної величини *w* від рівня надійності та рекомендований рівень надійності для різної категорії автомобільних доріг наведено в **табл. 2**;

***Таблиця 2***

***Залежність значень статистичної величини w від рівня надійності***

| Рівень надійності, % | 50 | 80 | 98 |
|---|---|---|---|
| Статистична величина *w* | 0 | 0,845 | 2,055 |
| Рекомендована категорія автомобільної дороги | V | IV | I — III |

8) установлення глибини розташування асфальтобетонного шару в конструкції дорожнього одягу, на якій потрібно визначити його середню максимальну та мінімальну розрахункову температуру. Глибину розташування поверхні асфальтобетонного шару в конструкції дорожнього одягу треба приймати для розрахунку середньої мінімальної температури асфальтобетонного шару. Глибину на 20 мм нижче від розташування поверхні асфальтобетонного шару в конструкції дорожнього одягу треба приймати для розрахунку середньої максимальної температури асфальтобетонного шару. На **рис. 1** зображено точки розрахунку температури асфальтобетонного шару;

9) обчислення значень *X* та *Y* PG-марки для заданого асфальтобетонного шару конструкції дорожнього одягу:

9.1) середню максимальну розрахункову температуру асфальтобетонного шару розраховують за формулою:

$$T_{\max}^{d} = 54,32 + 0,78 \cdot T_{air} - 0,0025\phi^2 + 15,14 \cdot \log_{10}(d + 25) + w\left(9 + 0,61\sigma_{air}^2\right)^{0,5}, \quad (1)$$

де $T_{\max}^{d}$ — середня максимальна розрахункова температура асфальтобетонного шару конструкції дорожнього одягу на глибині *d* (значення *X* PG-марки), °С;

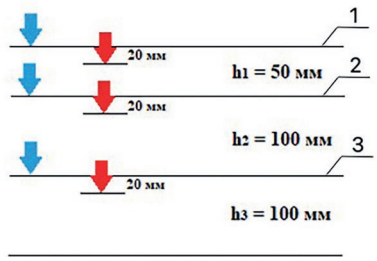
$T_{air}$ — середня максимальна температура повітря за період аналізування, °С;

$\phi$ — широта розташування метеостанції, град.;

$d$ — глибина розташування асфальтобетонного шару в конструкції дорожнього одягу, мм;

$\sigma_{air}$ — стандартне відхилення, розраховане на основі середньої максимальної температури повітря за період аналізування, °С;

$w$ — статистична величина, що є результатом нормального розподілу значень температури (приймають відповідно до **табл. 2** для заданого рівня надійності);




*Умовні познаки:*

1 — поверхня шару дорожнього покриву;

2 — поверхня зв'язуючого шару;

3 — поверхня верхнього шару дорожньої основи;

— точка розрахування мінімальної температури асфальтобетонного шару;

— точка розрахування максимальної температури асфальтобетонного шару.

***Рисунок 1 —*** Точки розрахування температури асфальтобетонного шару

9.2) середню мінімальну розрахункову температуру асфальтобетонного шару розраховують за формулою:

$$T_{min}^{d} = -1,56 + 0,72 \cdot T_{air} - 0,004\phi^2 + 6,26 \cdot \log_{10}(d + 25) - w\left(4,4 + 0,52\sigma_{air}^2\right)^{0,5}, \quad (2)$$

де $T_{min}^{d}$ — середня мінімальна розрахункова температура асфальтобетонного шару конструкції дорожнього одягу на глибині $d$ (значення $Y$ PG-марки), °С;

10) класифікування бітуму з інтервалом 6 °С відповідно до **табл. 1** на основі розрахованих значень $X$ та $Y$;

11) уточнення значення $X$ PG-марки залежно від категорії автомобільної дороги відповідно до **табл. 3**;

***Таблиця 3***

***Залежність величини уточнення від категорії автомобільної дороги***

| Категорія автомобільної дороги | III – IV | I – II |
|---|---|---|
| Величина уточнення, ° С | 6 | 12 |

12) установлення потреби в модифікуванні бітуму відповідно до **табл. 4** за даними, приведеними у [2].

*Таблиця 4*

***Потреба в модифікуванні бітуму залежно від марки***

| Марка бітуму | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 52-16 | 58-16 | 64-16 | 70-16 | 76-16 |
| 52-22 | 58-22 | 64-22 | 70-22 | 76-22 |
| 52-28 | 58-28 | 64-28 | 70-28 | 76-28 |
| 52-34 | 58-34 | 64-34 | 70-34 | 76-34 |
| 52-40 | 58-40 | 64-40 | 70-40 | 76-40 |
| | Не потребує модифікування | | | |
| | Потребує модифікування (бітум, модифікований полімером або комплексом добавок) | | | |
| | Потребує модифікування (бітум, модифікований полімером або комплексом добавок, з підвищеними значеннями фізико-технічних показників) | | | |

До недоліків запропонованої процедури можна віднести невідповідність запропонованих рівнів надійності (**табл. 2**) коефіцієнтам надійності, установлених пунктом 8.1.7 ДБН В.2.3-4 [4], що наведені в **табл. 5**.

*Таблиця 5*

***Коефіцієнти надійності згідно з ДБН В.2.3-4 [4]***

| Категорія автомобільної дороги | I-а | I-б, II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Коефіцієнт надійності | 0,97 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,75 |

Порівнюючи дані **табл. 2** і **табл. 5** можемо бачити, що прийнятий рівень надійності для автомобільних доріг I – III категорії є завищеним відносно положень ДБН В.2.3-4 [4], а для автомобільних доріг IV – V категорії навпаки — заниженим.

Другим недоліком можна вважати величини уточнення залежно від категорії автомобільної дороги (**табл. 3**). Очевидно вони також можуть бути завищеними, тому більш доцільно було б встановлювати їх залежно від транспортного навантаження.

Найбільшим недоліком на даному етапі можна вважати класифікування бітуму, оскільки відповідність бітуму установленим марка не може бути установлено через відсутність лабораторного обладнання. У зв'язку з цим, використовуючи дані [5] було розроблено систему для вибору марки бітуму за значеннями максимальної та мінімальної розрахункової температури (експлуатаційними показниками) асфальтобетонного шару, яку приведено на **рис. 2**.

На **рис. 2** приведено й саму процедуру визначення потрібної марки бітуму на прикладі бітуму марки PG 58-22 для випадку вибору бітуму під час проєктування конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг I – II категорії. Для визначення потрібної марки бітуму відповідно до пенетраційної класифікації з використанням запропонованої системи достатньо з клітинки із установленим значенням $X$ провести лінію паралельну осі $x$, а з клітинки із установленим значенням $Y$ — паралельну осі $y$, за точкою перетину цих ліній установити потрібну марку бітуму та уточнити її залежно від категорії автомобільної дороги. Для наведеного прикладу точка перетину ліній знаходиться в клітинці з маркою бітуму БНД 70/100, а величина уточнення відповідно до **табл. 3** становить 12, що відповідає зміщенню вгору на дві клітинки. Таким чином відповідно до заданих умов потрібним є бітум марки БМПА 50/70-60.

Доцільно використати розглянуту процедуру та запропоновану систему для вибору бітуму під час проєктування умовної ділянки автомобільної дороги. Для цього приймемо ділянку автомобільної дороги II категорії, що проходить у межах Київської області від адміністративного кордону Житомирської області через м. Сквира, м. Біла Церква, м. Кагарлик до адміністративного кордону Черкаської області (**рис. 3**).

| Значення X | Значення У: 16 | 22 | 28 | 34 |
|---|---|---|---|---|
| 76 | БМПА 35/50-65<br>65<br>-13 | БМПП 35/50-70<br>70<br>-16 | БМПП 35/50-70<br>70<br>-16 | БМПП 35/50-70<br>70<br>-16 |
| 70 | БНД 35/50<br>52<br>-9 | БМПА 50/70-60<br>60<br>-15 | БМПП 50/70-65<br>65<br>-20 | БМПП 50/70-65<br>65<br>-20 |
| 64 | БНД 50/70<br>49<br>-11 | БНД 50/70<br>49<br>-11 | БМПА 50/70-60<br>60<br>-15 | БМПП 50/70-65<br>65<br>-20 |
| 58 | БНД 70/100<br>45<br>-13 | БНД 70/100<br>45<br>-13 | БМПА 70/100-55<br>55<br>-18 | БМПП 70/100-60<br>60<br>-22 |
| 52 | БНД 100/150<br>41<br>-16 | БНД 100/150<br>41<br>-16 | БНД 100/150<br>41<br>-16 | БМПП 70/100-60<br>60<br>-22 |
| 46 | БНД 150/220<br>37<br>-18 | БНД 150/220<br>37<br>-18 | БНД 150/220<br>37<br>-18 | БНД 150/220<br>37<br>-18 |

***Рисунок 2*** — Система вибору бітуму за установленими експлуатаційними показниками

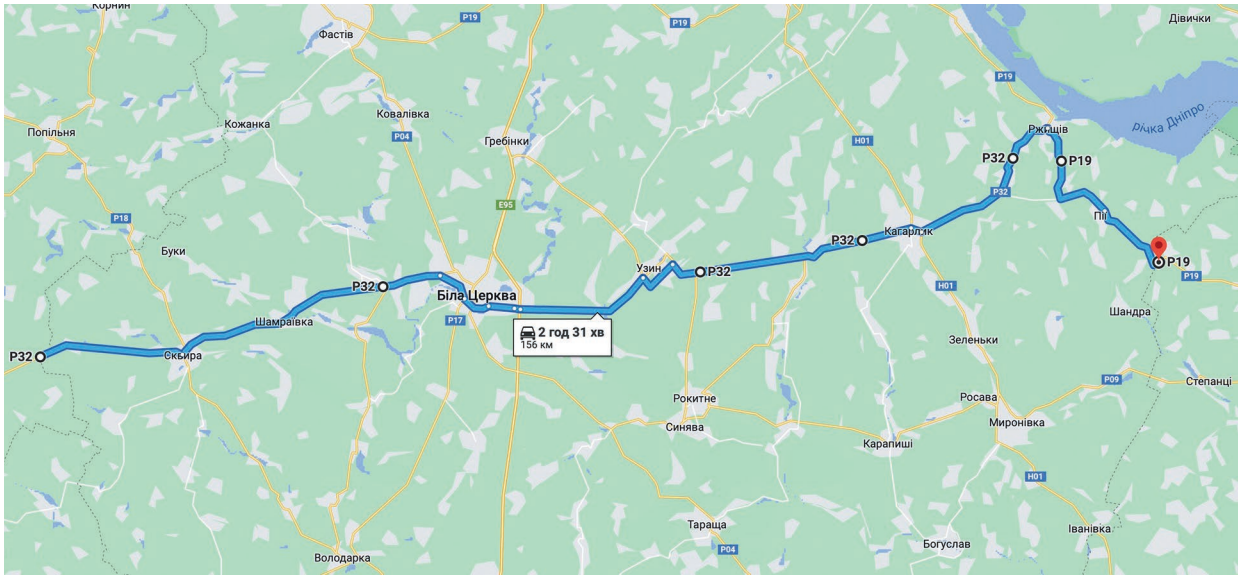



***Рисунок 3*** — Схематичне зображення ділянки автомобільної дороги


*Збірник наукових праць* «ДОРОГИ І МОСТИ» www.dorogimosti.org.ua
ISSN 2524-0994 (Print), ISSN 2786-488X (Online). Dorogi i mosti, 2023. Issue 27

У районі проходження автомобільної дороги розташовані дві метеорологічні станції в м. Біла Церква (знаходиться безпосередньо в районі проходження автомобільної дороги на 53 км від її початку) та м. Миронівка (знаходиться в 27 км на південь від м. Кагарлик, що знаходиться в 35 км від кінця ділянки автомобільної дороги та в 57 км від м. Біла Церква).

Для аналізування кліматичних характеристик прийнято період з 2005 року до 2020 року. Зведені дані щодо середньої з максимальних температур повітря впродовж семи послідовних днів для кожного року аналізування та мінімальної температури повітря для кожного року аналізування наведено в **табл. 6**.

***Таблиця 6***

***Кліматичні характеристики за даними метеорологічної станції в м. Біла Церква та в м. Миронівка***

| Рік | Середня з максимальних температур повітря впродовж семи послідовних днів, °С, за даними метеорологічної станції в місті | | Мінімальна температура повітря, °С, за даними метеорологічної станції в місті | |
|---|---|---|---|---|
| | Біла Церква | Миронівка | Біла Церква | Миронівка |
| 2005 | 31,3 | 31,2 | мінус 24,5 | мінус 23,6 |
| 2006 | 27,5 | 28,8 | » 25,5 | » 26,9 |
| 2007 | 32,7 | 32,6 | » 17,8 | » 16,5 |
| 2008 | 33,0 | 33,7 | » 17,5 | » 16,4 |
| 2009 | 29,8 | 30,5 | » 27,5 | » 23,3 |
| 2010 | 35,1 | 37,0 | » 24,4 | » 25,0 |
| 2011 | 31,0 | 31,0 | » 18,5 | » 16,0 |
| 2012 | 32,3 | 32,4 | » 30,8 | » 29,8 |
| 2013 | 29,3 | 29,3 | » 18,2 | » 14,2 |
| 2014 | 32,2 | 31,4 | » 23,4 | » 23,0 |
| 2015 | 31,3 | 26,7 | » 19,2 | » 18,5 |
| 2016 | 26,9 | 32,0 | » 21,6 | » 21,3 |
| 2017 | 31,8 | 32,1 | » 22,7 | » 17,4 |
| 2018 | 29,1 | 29,9 | » 23,4 | » 19,5 |
| 2019 | 30,0 | 30,5 | » 22,9 | » 18,1 |
| 2020 | 31,3 | 31,4 | » 9,2 | » 9,6 |

Середню максимальну та мінімальну температури повітря за період аналізування та стандартні відхилення наведено в **табл. 7**.

***Таблиця 7***

***Розраховані температури повітря***

| Показник | За даними метеорологічної станції в місті | |
|---|---|---|
| | Біла Церква | Миронівка |
| Середня максимальна температура повітря, °С | 30,9 | 31,6 |
| Стандартне відхилення, °С | 2,10 | 1,99 |
| Середня мінімальна температура повітря, °С | мінус 21,7 | мінус 19,9 |
| Стандартне відхилення, °С | 4,98 | 5,16 |

Оскільки дана автомобільна дорога належить до ІІ категорії, то прийнятий рівень надійності становив 98 %. До розрахунку прийнято конструкцію дорожнього одягу з трьома шарами асфальтобетону товщиною відповідно 5 см, 6 см та 10 см. Розраховану середню максимальну розрахункову температуру асфальтобетонного шару та середню мінімальну розрахункову температуру асфальтобетонного шару наведено в **табл. 8**.

***Таблиця 8***

***Розраховані температури асфальтобетонного шару***

| Тип асфальтобетонного шару | Дорожній покрив | Зв'язуючий | Верхній шар дорожньої основи |
|---|---|---|---|
| Товщина асфальтобетонного шару, мм | 50 | 60 | 100 |
| Розрахункова глибина розташування асфальтобетонного шару, мм | 20 | 70 | 130 |
| Середня максимальна розрахункова температура асфальтобетонного шару, °С | 54,29/54,79 | 49,37/49,88 | 46,16/46,66 |
| Розрахункова глибина розташування асфальтобетонного шару, мм | 0 | 50 | 110 |
| Середня мінімальна розрахункова температура асфальтобетонного шару, °С | -26,7/-25,7 | -23,8/-22,7 | -22,2/-21,1 |
| **Примітка.** У чисельнику надано температури, установлені за даними метеорологічної станції в м. Біла Церква, у знаменнику – в м. Миронівка. | | | |

Установлені потрібні марки бітуму, уточнені марки бітуму, а також потребу в модифікуванні наведено в **табл. 9**.

***Таблиця 9***

***Потрібні марки бітуму***

| Тип асфальтобетонного шару | Дорожній покрив | Зв'язуючий | Верхній шар дорожньої основи |
|---|---|---|---|
| Установлена потрібна марка бітуму | PG 58-28 / PG 58-28 | PG 52-28 / PG 52-28 | PG 52-28 / PG 52-22 |
| Уточнена потрібна марка бітуму | PG 70-28 / PG 70-28 | PG 64-28 / PG 64-28 | PG 64-28 / PG 64-22 |
| Потреба в модифікуванні | потребує / потребує | потребує / потребує | потребує / не потребує |
| **Примітка.** Перед рискою надано марки бітуму, установлені за даними метеорологічної станції в м. Біла Церква, після риски – в м. Миронівка. | | | |

Установлені потрібні марки бітуму є практично однаковими. Відмінність полягає тільки в марці бітуму для асфальтобетону верхнього шару основи. Потрібно врахувати, що метеорологічна станція в м. Миронівка розташована 27 км на південь від прийнятої ділянки автомобільної дороги, а різниця в середній мінімальній розрахунковій температурі асфальтобетонного шару становить 1,1 °С, тому для всієї ділянки автомобільної дороги доцільно прийняти бітум з вищими експлуатаційними характеристиками.

Додатково доцільно виконати техніко-економічне порівняння різних варіантів конструкції дорожнього одягу. Наприклад, збільшення товщини асфальтобетону зв'язуючого шару призведе до підвищення середньої мінімальної розрахункової температури асфальтобетону верхнього шару дорожньої основи, що дозволить прийняти для асфальтобетону цього шару немодифікований бітум.

На основі установлених марок бітуму, використовуючи наведену на **рис. 2** систему, можна установити необхідні марки бітуму за пенетраційною класифікацією. У цьому випадку може бути

використано уже уточнені марки бітуму. Відповідно бітуму марки PG 70-28 буде відповідати бітум марки БМПП 50/70-65, оскільки точка перетину двох відповідних ліній знаходиться у клітинці з даною маркою бітуму, а бітуму марки PG 64-28 — бітум марки БМПА 50/70-60, оскільки точка перетину двох відповідних ліній знаходиться у клітинці з даною маркою бітуму.

## Висновки

Запропонований алгоритм визначення потрібної марки бітуму під час проєктування конструкції дорожнього одягу можна використовувати для визначення марки бітуму як за експлуатаційними показниками, так і за пенетраційною класифікацією.

Водночас цей алгоритм потребує доопрацювання в частині прийняття рівня надійності залежно від категорії автомобільної дороги, а також установлення величин уточнення залежно від транспортного навантаження.

Застосування приведеного алгоритму дозволить здійснювати вибір бітуму з урахуванням кліматичних умов, транспортного навантаження та розташування асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу, що повинно забезпечити тепло- та тріщиностійкість асфальтобетону та сприяти підвищенню довговічності асфальтобетонних шарів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на впровадження розробленого алгоритму під час проєктування конструкції дорожнього одягу в різних кліматичних умовах з наступним моніторингом збудованих ділянок автомобільних доріг.

## Список літератури

1. Копинець І. В., Соколова О. Б., Юнак А. Л. Вибір бітуму для виробництва асфальтобетонних сумішей з урахуванням експлуатаційних умов. *Дороги і мости.* Київ, 2022. Вип. 25. С. 48–57.

2. Золотарев, В. А. Применение метода выбора марки битумного вяжущего, в соответствии с системой Superpave, в условиях Украины. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.* Харьков, 2018. Вып. 82. С. 119–130.

3. Проєкт ДСТУ «Бітум та бітумні в'яжучі. Технічні вимоги до бітумних в'яжучих за кліматичними умовами експлуатації». Київ, 2022. (Інформація та документація).

4. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Київ, 2015 (Інформація та документація).

5. Копинець І. В., Соколова О. Б., Юнак А. Л. Передумови зняття обмежень до руху вантажних транспортних засобів за високої температури повітря. *Дороги і мости*. Київ, 2022. Вип. 26. С. 61–84.

## References

1. Ivan Kopynets, Oksana Sokolova, Alina Yunak. Selection of bitumen for the production of asphalt concrete mixtures considering the operating conditions [The choice of bitumen for the production of asphalt concrete mixtures, taking into account operational conditions]. *Dorogi i mosti.* Kyiv, 2022. Iss. 25. P. 48–57 [in Ukrainian].

2. Zolotarev, V. A. Zastosuvannya metodu vyboru marky bitumnoho vyazhuchoho, zhidno iz systemoyu Superpave, v umovakh Ukrayiny [Application of the method of choosing a brand of bituminous binder, in accordance with the Superpave system, in the conditions of Ukraine]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho avtomobil'no-dorozhn'oho universytetu.* Kharkiv, 2018. Iss. 82. P. 119–130 [in Russian].

3. Proyekt DSTU «Bitum ta bitumni vyazhuchi. Tekhnichni vymohy do bitumnykh vyazhuchykh za klimatychnymy umovamy ekspluatatsiyi» [Bitumen and bituminous binders. Technical requirements for bituminous binders according to the climatic conditions of operation]. Kyiv, 2022. (Information and documentation) [in Ukrainian].

4. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II.

Budivnytstvo [Automobile roads. Part I. Design. Part II. Construction]. Kyiv, 2015. (Information and documentation) [in Ukrainian].

5. Ivan Kopynets, Oksana Sokolova, Alina Yunak. Prerequisites for the removal of restrictions on the movement of freight vehicles in high air temperatures (Prerequisites for lifting restrictions on the movement of cargo vehicles at high air temperatures.). *Dorogi i mosti* . Kyiv, 2022. Iss. 26. P. 61–84 [in Ukrainian].

**Ivan Kopynets,** *Ph.D., https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
**Oksana Sokolova,** *https://orcid.org/0000-0003-4202-8661*
**Alina Yunak,** *https://orcid.org/0000-0002-5294-5554*
*M.P. Shulgin State Road Research Institute (DerzhdorNDI SE) State Enterprise, Kyiv, Ukraine*

## ALGORITHM FOR SELECTING BITUMEN IN THE DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURE

***Abstract***

Introduction. Asphalt concrete is the most common material for arranging road pavement layers. The significant advantages of asphalt concrete include high performance characteristics, relatively high technical indicators, suitability for regeneration, etc. At the same time, asphalt concrete also has disadvantages, one of which is the significant dependence of strength and deformation characteristics on ambient temperature.

Problem statement. Currently, there are no clear criteria for the selection of bitumen in Ukraine that would take into account the conditions of asphalt concrete in the design of pavement structure, but the first steps are already being taken in this direction. The purpose of this work was to practically determine the required properties of bitumen in accordance with the previously proposed algorithms.

Objective. Practical determination of the required properties of bitumen in accordance with the previously proposed algorithms.

Materials and methods. Analysis of the algorithm for determining the required properties of bitumen, climatic conditions of asphalt concrete and calculation of the required bitumen grade when designing a pavement structure.

Results. Suggestions for improving the algorithm for selecting bitumen when designing a pavement structure are provided. An analysis of the climatic conditions of asphalt concrete operation and the calculation of the required bitumen grade according to performance indicators when designing a pavement structure for a conditional road section were performed. A system for selecting bitumen by penetration classification based on established performance indicators is proposed.

Conclusions. The proposed algorithm for determining the required bitumen grade when designing a pavement structure can be used to determine the bitumen grade both by performance and penetration classification.

At the same time, this algorithm needs to be refined in terms of accepting the level of reliability depending on the category of the road, as well as setting the values of refinement depending on the traffic load.

The application of the above algorithm will allow the selection of bitumen taking into account climatic conditions, traffic load, and the location of asphalt concrete in the pavement structure, which should ensure the heat and crack resistance of asphalt concrete and contribute to the durability of asphalt concrete layers.

***Keywords:*** asphalt concrete, bitumen, properties, pavement construction, design.