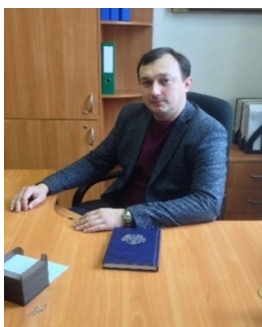


## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗВОЛОЖЕННЯ ДОРОЖНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДИ ЙОГО РЕГУЛЮВАННЯ

### RESEARCH OF PATTERNS OF ROAD CONSTRUCTION WETTING AND METHODS OF ITS REGULATION



**Бубела Андрій Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: [bubelaandrey@ukr.net](mailto:bubelaandrey@ukr.net), тел.: +380505535594, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича–Павленка 1,

<http://orcid.org/0000-0002-5619-003X>.

**Анотація.** Переважна більшість дорожніх покриттів є водонепроникними внаслідок старіння матеріалів, наявності тріщин та мікротріщин. Накопичення вологи у нижніх шарах дорожнього одягу та робочій зоні земляного полотна в результаті значної кількості зимових опадів та плюсових температур; потрапляння вологи від дощу через дефекти покриття, не сплановані узбіччя, розділювальну смугу; відтискання води з нижніх шарів при розтаванні конструкції весною та багато інших факторів суттєво впливають на транспортно-експлуатаційний стан автомобільної дороги і призводять до втрати її несучої здатності. Тому, при розробці принципів і методів проектування стійких та економічних дорожніх конструкцій необхідно оцінювати інтенсивність та закономірність зміни водно-теплового режиму.

В умовах несприятливого водно-теплового режиму виникає потреба у влаштуванні дренажів мілкового закладання, які знаходяться в зоні промерзання і призначені для забезпечення водовідводу (принцип осушення) або розміщення в них (принцип поглинання) всієї води, яка надходить до основи проїзної частини в розрахунковий період, а також забезпечення максимального захисту земляного полотна від перезволоження поверхневою водою. При проектуванні дренажів мілкового закладання необхідно, щоб сумарний приток вологи від різних джерел зволоження не перевищував сумарної кількості вологи, яка відводиться, що обумовлює деформаційну здатність, міцність і довговічність дорожньої конструкції.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, транспортно-експлуатаційний стан, дренаж мілкового закладання, водно-тепловий режим.

**Вступ.** Автомобільна дорога є складним лінійно-протяжним об'єктом, який складається зі значної кількості конструктивних елементів. Відповідальність і важливість їх безвідмовної роботи пов'язані з безпосереднім впливом на безпеку руху. Особливо важливим є забезпечення транспортно-експлуатаційного стану тих елементів, з якими відбувається безпосередній контакт транспортних засобів – це покриття дорожнього одягу, узбіччя та земляне полотно. На зазначені елементи чинять вплив погодно-кліматичні фактори (зміна температури, вплив опадів, вивітрювання та ін.), сонячна радіація, навантаження від рухомого складу, заходи з експлуатаційного утримання, які визначають водно-тепловий режим (ВТР) дорожньої конструкції. При будівництві, реконструкції чи капітальному ремонті доріг в умовах несприятливого ВТР, виникає потреба у влаштуванні систем регулювання вологості дорожнього одягу та робочої зони земляного полотна. Із цією метою влаштовують дренажі мілкового закладання, які призначені для забезпечення водовідводу всієї води, що надходить від джерел зволоження. Основною умовою при проектуванні дренажів мілкового закладання (ДМЗ) є визначення основних джерел зволоження, їх обсяг та інтенсивність.

**Основна частина.** Дренажні конструкції на автомобільних дорогах влаштовуються для забезпечення стійкості земляного полотна та максимального захисту від перезволоження основи дорожнього одягу поверхневими та підземними водами [1]. Вода під покриття просочується шляхом капілярного

підняття та через пори і тріщини покриття, появу яких і розподіл по площині передбачити заздалегідь неможливо. Тому дренажна конструкція повинна забезпечити акумулювання і відвід води з будь-якої точки покриття без переривання руху, в любий період та розповсюджуватися по низу покриття на повну його ширину. На даний момент відсутні водонепроникні покриття, які забезпечують достатню водостійкість на необхідний час. Саме тому проектування дренажної системи потрібно передбачати при будівництві як жорстких, так і нежорстких типів покриття.

При будівництві доріг необхідно враховувати рівень ґрунтових вод і приток води від усіх відомих джерел зволоження. Переважно при конструюванні дренажу враховують відведення води, яка надходить в конструктивні шари дорожнього одягу від впливу ґрунтових вод та внаслідок весняного вологонакопичення, не враховуючи вплив інфільтраційної вологи. Але після детального вивчення випадків і причин руйнування покриттів від перезволоження інфільтраційною водою було зроблено висновки про те, що дренажна система повинна влаштовуватись завжди, крім особливих випадків, наприклад, при будівництві покриття в посушливих районах з незначною кількістю опадів.

Існуючі методи не повністю враховують дію усіх можливих джерел зволоження, особливості клімату регіону проходження дороги, режими руху рідини у пористому середовищі дренажного прошарку тощо.

Розрахунок основних параметрів ДМЗ виконується на основі загального питомого надлишку води, яка надходить у найбільш несприятливий період від усіх можливих джерел зволоження (рис.1). Ця величина і є основним параметром, який характеризує водно-тепловий режим. Вона залежить як від умов зволоження у попередній період, так і від зміни температури повітря, конструкції, режимів випадіння опадів, швидкості розтавання конструктивних шарів та ін.

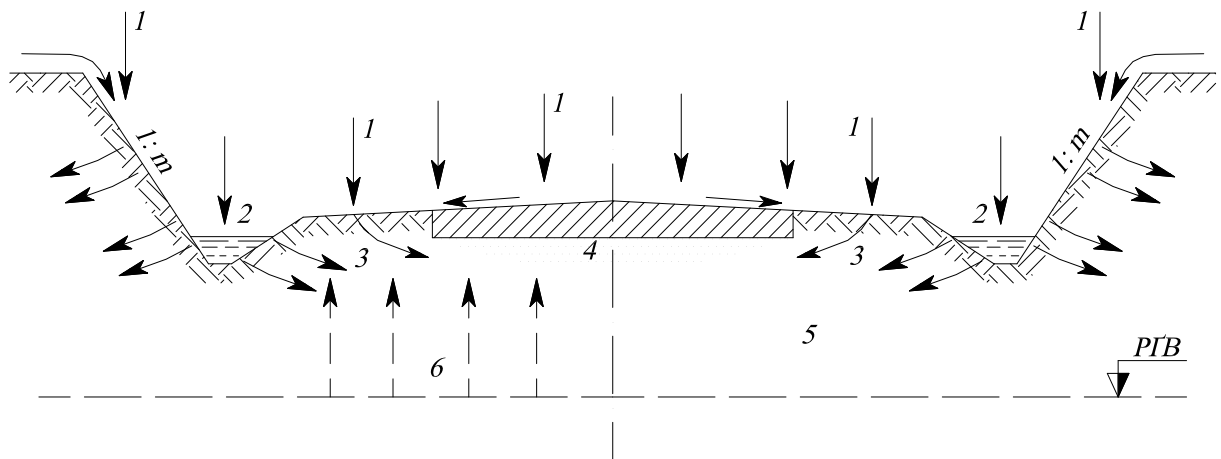


Рисунок 1 – Основні джерела зволоження ДК: 1 – атмосферні опади; 2 – бічне притікання; 3 – інфільтраційна вода; 4 – пароподібна вода; 5 – плівкова вода; 6 – капілярне підняття.

Figure 1 – The main sources of humidification: 1 - precipitation; 2 - lateral inflow; 3 - infiltration water; 4 - vaporous water; 5 - membrane water; 6 - capillary rise.

Для того щоб уникнути тривалого перезволоження конструктивних шарів покриття та основ, потрібно запобігти акумулюванню в них великої кількості вільної води. Для роботи дорожньої конструкції у сприятливих умовах водно-теплого режиму необхідно, щоб сумарний приток вологи від різних джерел зволоження ( $\Sigma Q$ ) не перевищував сумарної кількості вологи, що відводиться ( $\Sigma I$ ) [2]:

$$\Sigma Q \leq \Sigma I, \quad (1)$$

Вираз (1) може бути також записано в наступному вигляді:

$$Q_{\text{Інф}} + Q_{\text{Роз}} + Q_{\text{Кап}} \leq I_{\text{Вип}} + I_{\text{Інф}} + I_{\text{Зм}} + I_{\text{Вис}} + I_{\text{Др}}, \quad (2)$$

де  $Q_{\text{Інф}}$  – величина надходження інфільтраційної вологи в основу дорожнього одягу від атмосферних опадів через узбіччя, покриття проїзної частини, розділювальну смугу;

$Q_{\text{Роз}}$  – об'єм води, що звільняється при розтаванні ґрунту під проїзною частиною та узбіччями (відтискається із нижніх шарів земляного полотна у весняний період);

$Q_{\text{Кап}}$  – кількість капілярної вологи;

$I_{\text{Вип}}$  – обсяг води, яка випаровується;

$I_{\text{Інф}}$  – обсяг води, що припадає на поперечну інфільтрацію з просочуванням через узбіччя;

$I_{\text{Зм}}$  – обсяг води, що припадає на просочування в ґрунтову основу і на змочування дренажного шару;

$I_{\text{Вис}}$  – обсяг води, який виступає на поверхню покриття через тріщини і шви;

$I_{\text{Др}}$  – обсяг води, який відводиться дренажною системою.

Виходячи з виразу (2) можна визначити кількість води, яку відводить дренажна система:

$$I_{\text{Др}} = (Q_{\text{Інф}} + Q_{\text{Роз}} + Q_{\text{Кап}}) - (I_{\text{Вип}} + I_{\text{Інф}} + I_{\text{Зм}} + I_{\text{Вис}}) \quad (3)$$

При аналізі притоку води, який проникає в конструктивні шари, основна увага повинна бути направлена на виявлення джерел, які мають суттєве значення, і оцінку кількості вірогідного надходження води. У залежності від погодних умов та конструкції поперечного профілю автомобільної дороги деякі із доданків виразу (1) можуть бути відсутні. В минулому було прийнято вважати, що  $Q_{\text{Інф}}$  є не суттєвим джерелом надходження води в земляне полотно дороги, але спостереження протягом останніх 30-35 років дозволяють зробити висновки про те, що  $Q_{\text{Інф}}$ , тобто поверхнева інфільтрація, часто буває головним, якщо не єдиним джерелом притоку води в покриття.

Для тих випадків, коли поверхнева інфільтрація  $Q_{\text{Інф}}$  є єдиним джерелом надходження води, основна формула може бути записана наступним чином:

$$Q_{\text{Інф}} \leq I_{\text{Др}} \quad (4)$$

Даний вираз говорить про те, що можливість відводу води за допомогою дренажної системи повинна бути рівною або більше об'єму води, який просочується в конструктивні шари покриття за рахунок поверхневої інфільтрації. Даний вираз застосовується для випадків, коли об'єми  $I_{\text{Вип}}$ ,  $I_{\text{Інф}}$ ,  $I_{\text{Зм}}$  та  $I_{\text{Вис}}$  достатньо малі і до уваги не приймаються, що зустрічається дуже часто.

Розрахункова витрата води при проектуванні зазвичай визначається з деяким коефіцієнтом запасу (С). Тоді вираз (1) набуває такого вигляду:

$$C \sum Q \leq \sum I, \quad (5)$$

а вираз (4) прийме наступний вигляд:

$$C \sum Q_{\text{Інф}} \leq \sum I_{\text{Др}} \quad (6)$$

Для того, щоб розумно врахувати неточність і відступи від реальної оцінки ряду факторів і показників, які впливають на інфільтрацію і відвід води з покриття, допускають, що коефіцієнт запасу повинен бути рівний 4 або 5.

У тих випадках, коли покриття не має достатньо-ефективної дренажної системи, вода, яка надходить, може накопичуватися у великій кількості в конструктивних шарах та тримати систему в надзвичайно перезволоженому стані протягом довгого строку. За цей час відбувається відносно невелика втрата води через поверхневе випаровування  $I_{\text{Вип}}$ , тому, цей фактор матиме ймовірно несуттєве значення в загальному водному балансі. Деяка кількість води  $I_{\text{Вис}}$  може виходити через шви і тріщини в покриттях під впливом різних факторів [3]. Вода, крім того, просочується донизу в ґрунтову основу  $I_{\text{Зм}}$ , але вплив цього фактора в більшості випадків також несуттєвий.

У більшості випадків використовують піщані ґрунти, які є досить проникними, але вони не завжди мають необхідну дренажну здатність, особливо в зимовий період. Вода, що потрапила в конструктивні шари покриття і в верхні шари ґрунтової основи, може при відтаванні навесні викликати важкі ушкодження. Проблема полягає в тому, що відведення води з покриття є повільним процесом.

Відомо, що багато матеріалів, які часто використовуються в дорожніх конструкціях, мають коефіцієнти фільтрації в діапазоні від 1 до 5 м/добу, що говорить про невисоку дренажну здатність таких

шарів. При наявності матеріалів з коефіцієнтом фільтрації більше 5 м/добу постає питання у спроможності дренажної системи відвести всю воду, яка інтенсивно надходить до дорожньої конструкції. Незначні поперечні ухили дренажних шарів ускладнюють видалення води з них. Дренажну здатність поверхні можна значно підвищити, використовуючи матеріал з надзвичайно високою водопроникністю. Відведення води з дренажних шарів, які мають невеликий ухил, зазвичай ускладнений через малий гідравлічний ухил і незначну товщину шару, що враховується при складанні схеми припливу і відведення води.

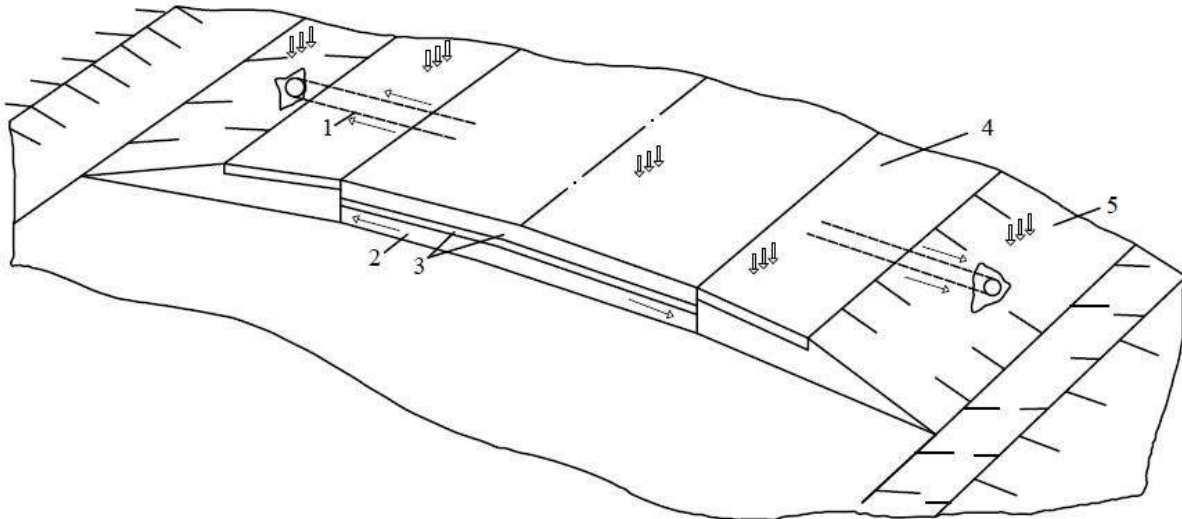


Рисунок 2 – Рух потоку при відводі поверхневої інфільтраційної води з покриття: 1 – дренажна траншея з різних матеріалів-наповнювачів; 2 – дренажний шар; 3 –шари дорожнього одягу; 4 – узбіччя; 5 – відкрита канава.

Figure 2 – The flow movement during the surface infiltration water removal from the pavement: 1 - drainage trench of different filler materials; 2 - drainage layer; 3 - layers of road pavement; 4 - roadside; 5 - open trench.

Як правило, при розрахунках ДМЗ основним джерелом зволоження вважається волога, яка звільняється при розтаванні ґрунту під проїзною частиною та узбіччями (відтискається із нижніх шарів земляного полотна у весняний період). Проте, враховуючи той факт, що дорожні одяги автомобільних доріг та конструкції узбіч не забезпечують повної водонепроникності, кількість інфільтраційної вологи від атмосферних опадів може перевищувати кількість вологи від зимового вологонакопичення [4]. З огляду на це, стоїть питання визначення розрахункового (найбільш несприятливого) періоду індивідуально для кожного регіону з урахуванням режиму випадання опадів та температурних коливань.

Загальний питомий надлишок води у такому випадку буде складатися із суми питомих надлишків від інфільтрації, визначених за результатами багаторічних спостережень, та загальної кількості вологи, яка вивільнилася протягом періоду розтавання конструкції, розділеної на тривалість періоду розтавання до глибини, рівної такій, з якої вода може відтискатися на поверхню.

**Висновок.** У вітчизняній нормативній базі та науковій літературі недостатньо уваги приділено питанням точного визначення величини надходження вологи до дорожньої конструкції від різних джерел зволоження протягом року та розрахунку товщини дренажного шару з урахуванням особливостей руху води у пористому середовищі при наявності інфільтрації. Відповідно до цього значна кількість руйнувань та деформацій, які виникають на автомобільних дорогах загального користування України, пов'язані саме з незабезпеченням сприятливого водно-теплового режиму роботи конструкції. Підвищення точності розрахунків при проектуванні ДМЗ дасть змогу призначати обґрунтовані параметри конструкції, запобігти перезволоженню та руйнуванню дорожньої конструкції у несприятливий період з точки зору водно-теплового режиму, подовжити строк служби автомобільної дороги, зменшити витрати на її ремонт та експлуатаційне утримання.

### Перелік посилань

1. ДСТУ-Н Б В.2.3-41:2016. Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкового закладання на автомобільних дорогах. [Електронний ресурс] / Національний стандарт України. Київ. ДП "УкрНДНЦ". – Режим доступу : \www/ URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=65399](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=65399)
2. Рувинский, В.И. Оптимальные конструкции земляного полотна на основе регулирования водно-теплого режима [Текст] / Рувинский, В.И. – 1982. Транспорт. Москва, – 166 с.
3. Крицкий, М.Я. Земляное полотно автомобильных дорог: дефекты, повреждения и разрушения, их причины, методы профилактики и восстановления: Учебное пособие [Текст] / Крицкий, М.Я., Шестаков, В.Н. // – 2008. Изд-во СибАДИ, 56 с. Режим доступу : \www/ URL: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED1621.pdf>
4. Slavinska, O. Investigation of the work of the road construction at the sites by pipedrenes from materials of different origin [Текст] / Slavinska, O., Savenko, V., Bubela, A., Yaremov, A. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Volume 2, Issue 7-92.– P. 18–26. Режим доступу : \www/ URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126512>

### RESEARCH OF PATTERNS OF ROAD CONSTRUCTION WETTING AND METHODS OF ITS REGULATION

**Bubela Andrii Volodymyrovych**, PhD, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of transport construction and property management, e-mail: [bubelaandrey@ukr.net](mailto:bubelaandrey@ukr.net), tel.: +380505535594, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha–Pavlenko str., 1, <http://orcid.org/0000-0002-5619-003X>

**Abstract.** The vast majority of road surfaces are waterproof due to ageing materials, cracks and micro-cracks. The accumulation of moisture in the lower layers of road clothing and in the working zone of the earthen fabric as a result of the high amount of winter precipitation and the positive temperatures; the fall of moisture from rain through defects in the surface rather than the planned shoulders, the stripe; The pressure of water from the lower layers during the melting of the structure in spring and many other factors have a significant influence on the transport and operation of the road and result in the loss of its carrying capacity.

Therefore, in developing the principles and methods for designing sustainable and economical road structures, it is necessary to assess the intensity and regularity of changes in the water and thermal regime. Under adverse water-thermal conditions, shallow drainage is required, which is located in a frozen zone and is intended for drainage (the principle of drainage) or siting therein (the principle of absorption) All the water that enters the base of the carriageway during the reference period, as well as the maximum protection of the earthen fabric from wetting by surface water. In the design of shallow drains, the total flow of water from the various sources of moisture must not exceed the total amount of moisture to be extracted, which makes road construction resistant, durable and durable.

**Keywords:** highway, transport maintenance condition, drainage of small mortgages, water-thermal regime.

### References

1. (2017). DSTU-N B V.2.3-41:2016. Nastanova z proektuvannya drenaznykh konstruktsiy milkoho zakladannya na avtomobil'nykh dorohakh. Natsional'nyy standart Ukrayiny. Kiyv. DP "UkrNDNTS". [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=65399](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=65399)
2. Ruvinskiy, V.I. (1982). Optimal'nyye konstruktsii zemlyanogo polotna na osnove regulirovaniya vodno-teplovogo rezhima. Transport. Moskva. 166 s.
3. Kritskiy, M.YA., Shestakov, V.N. (2008). Zemlyanoye polotno avtomobil'nykh dorog: defekty, povrezhdeniya i razrusheniya, ikh prichiny, metody profilaktiki i vosstanovleniya: Uchebnoye posobiye. Izd-vo SibADI, 56 s. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED1621.pdf>
4. Slavinska, O., Savenko, V., Bubela, A., Yaremov, A. (2018). Investigation of the work of the road construction at the sites by pipedrenes from materials of different origin. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Volume 2. Issue 7-92. 18–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126512>