https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.053

УДК 625.7/.8

Бубела А. В., *канд. техн. наук, доц., http://orcid.org/0000-0002-5619-003X*

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ІНТЕНСИВНОСТІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ВІД КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОПЕРЕЧНИХ ДРЕНАЖІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ

Анотація

Вступ. При проектуванні дренажних систем мілкого закладання та відповідного упередження деформації дорожнього покриття, важливо знати не тільки час, за який вода надходить в дорожню конструкцію, але і час, необхідний для її відведення з шарів основи дорожнього одягу після припинення притоку. Особливого значення це набуває для випадку поверхневої інфільтрації при випаданні атмосферних опадів. Вода захоплює найдрібніші частки, які накопичуються у місцях угнутих вертикальних кривих, а також на переході з виїмок в насип.

Проблематика. У північних районах України, де промерзання поширюється на глибину до 1 м, дренажну систему слід проектувати так, щоб виключити замерзання води в дренувальному шарі. Для цього необхідно, щоб час добігання води по дренувальному шару не перевищував допустиме значення. Особливо важливо виключити замерзання води в перехідні періоди та при відлизі з плюсовою температурою повітря вдень і з мінусовою вночі, у поєднанні з випадінням опадів або таненням снігу і льоду. При повільному водовідведенні циклічні коливання температури можуть призвести до утворення великої кількості лінз льоду. Питання щодо дослідження режимів роботи дренажної конструкції та визначення її конструктивних параметрів носять розрізнений характер. Одним із шляхів вирішення цієї актуальної проблеми є проведення експериментальних досліджень, які максимально відповідають натурним умовам.

Мета. Метою цієї роботи є визначення залежності інтенсивності водовідведення від конструктивних характеристик поперечних дренажів мілкого закладання на основі проведених експериментальних досліджень.

Матеріали та методи. На експериментальній установці дорожньої конструкції в навчально-науковій лабораторії кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету було проведено рід досліджень роботи дренажних конструкцій мілкого закладання з різними матеріалами-наповнювачами. З метою апробації проведених експериментальних досліджень, проведено порівняння з аналітичним методом, визначено мінімальне та максимальне значення кількості води, яка витікає з дренажу.

Результати. Під час досліджень на лабораторній установці було визначено інтенсивність водовідведення дренажної конструкції з різними матеріалами-наповнювачами. За результатами вимірів проаналізовано вплив конструктивних елементів та характеристик поперечних дренажів мілкого закладання (ДМЗ) на інтенсивність їх роботи з відведення води. Отримано граничні значення інтенсивності водовідведення кожної з дренажних конструкцій. Інтенсивність водовідведення дренажної конструкції з наповнювачем із крупнозернистого піску з трубою ПВХ більш відповідає розрахунковим мінімальним граничним значенням, а дренажної конструкції з щебеневим ядром — розрахунковим максимальним. Відносні відхилення значень середніх інтенсивностей водовідведення поперечних ДМЗ від граничних, отриманих аналітичним методом. Розходження результатів експериментальних досліджень із граничними значеннями пов'язано з тим, що аналітичний метод не достатньо враховує конструктивні особливості ДМЗ та режими водовідведення з дренажних прорізей.

Висновки. На основі аналітичного підходу, визначено граничні значення інтенсивності водовідведення з ДМЗ. Дренажна конструкція, в якій матеріалом-наповнювачем є крупнозернистий пісок з трубою ПВХ більш відповідає мінімальним граничним значенням інтенсивності водовідведення, а дренажна конструкція з щебеневим ядром — максимальним.

Порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень щодо інтенсивності водовідведення дренажними траншеями з граничними значеннями, визначеними за аналітичним методом, показав суттєві відносні відхилення в межах від 34 % до 40 %. Для поперечних ДМЗ важливим параметром, щодо інтенсивності водовідведення є не тільки відстань між дренажними прорізями, а ще властивості матеріалів-наповнювачів, які не в повній мірі враховуються аналітичним підходом при проектуванні дренажних конструкцій.

Ключові слова: дренаж мілкого закладання, дренажна труба, дренувальний шар, інтенсивність водовідведення, щебеневе ядро.

Вступ

При проектуванні дренажних систем мілкого закладання та відповідного упередження деформації дорожнього покриття важливо знати не тільки час, за який вода надходить в дорожню конструкцію (ДК), але і час, необхідний для її відведення з шарів основи дорожнього одягу (ДО) після припинення притоку. Особливого значення це набуває для випадку поверхневої інфільтрації при випаданні атмосферних опадів. На ділянках з поздовжнім похилом більшим за поперечний (у виїмках, нульових відмітках, невисоких насипах) вільна вода рухається у дренувальному шарі вздовж дороги. Вода захоплює найдрібніші частки, які накопичуються у місцях угнутих вертикальних кривих, а також на переході з виїмок в насип.

У північних районах України, де промерзання поширюється на глибину до 1 м [1], дренажну систему слід проектувати так, щоб виключити замерзання води в дренувальному шарі. Для цього необхідно, щоб час добігання води по дренувальному шару не перевищував допустиму межу. Особливо важливо виключити замерзання води в перехідні періоди та при відлизі з плюсовою температурою повітря вдень і з мінусовою вночі, у поєднанні з випадінням опадів або таненням снігу і льоду. При повільному водовідведенні циклічні коливання температури можуть призвести до утворення великої кількості лінз льоду.

З метою запобігання накопиченню вологи у шарах основи ДО, у робочій зоні земляного полотна (ЗП) влаштовують дренажі мілкого закладання (ДМЗ), режим роботи яких дослідити дуже складно. Питання щодо дослідження режимів роботи дренажної конструкції та визначення її конструктивних параметрів носять розрізнений характер. Одним із шляхів вирішення цієї актуальної проблеми є проведення експериментальних досліджень, які максимально відповідають натурним умовам.

Вагомою причиною погіршення стану автомобільної дороги є дощова вода [2]. Під час опадів частина води відводиться на поверхню покриття, а частина її просочується в шари основи. Просочення води залежить, як від інтенсивності опадів, так і від експлуатаційного стану дорожнього покриття та узбіч. Водовідведення — це процес видалення та контролю надлишків води, як на поверхні, так і в шарах основи, за рахунок правильно спроектованого та влаштованого ДМЗ, що детально описано у роботі [2].

Основною причиною аварій на дорогах є навантаження від транспортних засобів, вплив кліматичних факторів і неналежна робота дренувальних шарів. Наявність води на дорозі є причиною послаблення несної здатності, наслідком чого є розтріскування поверхні покриття, що в десятки разів збільшує витрати на утримання дороги [3].

Важливість роботи ДМЗ, наслідки їх поганого водовідведення, суттєво впливають на безпеку дорожнього руху та на міжремонтні строки, що детально розглянуто в роботах [4, 5].

Аналіз представлених досліджень обумовлює необхідність обґрунтування методів та підходів щодо індивідуального проектування конструкцій ДМЗ.

Метою цієї роботи є визначення залежності інтенсивності водовідведення від конструктивних характеристик поперечних дренажів мілкого закладання на основі проведених експериментальних досліджень.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

– отримати рівняння інтенсивності водовідведення в залежності від відстані між дренажними прорізями;

– отримати граничні значення кількості води, що витікає з прорізі на одиницю її довжини за аналітичним підходом;

– провести порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень з граничними значеннями показників, щодо кількості води, яка витікає з прорізі.

Основна частина

Потік води, що просочується вниз через пористі шари дорожнього одягу в проникні ґрунти ЗП, а також потік води, що рухається в горизонтальному напрямку через дренувальні шари і узбіччя підпорядковується основним законам гідродинаміки. Оцінка інтенсивності осушення, визначення часу, необхідного для відведення води з конструктивних шарів ДО ґрунтуються на співвідношеннях, отриманих за формулою Дарсі [6]. Але аналітичні розв'язки щодо визначення конструктивних параметрів дренажної системи не завжди забезпечують достатній збіг результатів. Залежності, які запропоновані для строку водовідведення в роботі [6] призначені для повздовжніх ДМЗ.

Поперечні ДМЗ порівняно з повздовжніми працюють в іншому режимі водовідведення. Це пов’язано з їх конструктивними особливостями. Крива депресії в повздовжніх ДМЗ формується в дренувальному шарі в поперечному профілі дороги. У свою чергу, крива депресії поперечних ДМЗ формується також в дренувальному шарі, але в повздовжньому напрямку дороги, тобто вздовж її осі. Відстань між повздовжніми дренами пов’язана з параметрами поперечного профілю дороги, а відстань між поперечними дренами залежить від кількості води, що надходить у дренувальний шар на площу 1м^2.

У виїмках, нульових відмітках і низьких насипах поперечні прорізі влаштовують на ширину проїзної частини. Для відведення з них води використовують поздовжню дрену з одного краю проїзної частини або виводять на укіс з кожної прорізі. Якщо висота насипу більша від товщини ДО, тоді влаштовують наскрізні прорізі, згідно вимог [7, 8].

За підходом, запропонованим у роботі [9], загальна витрата Q на ділянці $l = l_1 + l_2$ становить:

$$Q = Q_1 + Q_2, \tag{1}$$

де Q_1 — витрата води на зливній частини ділянки довжиною l_1;

Q_2 — витрата води на підпірній частині ділянки довжиною l_2.

$$Q_1 = \frac{k_ф \left(h_{max} + L_1\right)^2}{2l_1}, \tag{2}$$

$$Q_2 = \frac{k_ф \left(h_{max} - L_2\right)^2}{2l_2}, \tag{3}$$

де $L_{1,2} = \frac{il_{1,2}}{2}$;

h_{max} — максимальна глибина фільтраційного потоку, м;
i — поздовжній похил проїзної частини;
$k_ф$ — коефіцієнт фільтрації, м/добу;
l_1 — довжина на зливній частині ділянки, м;
l_2 — довжина на підпірній частині ділянки, м.

За розрахункову схему в роботі [9] прийнята рівність притоку води в дренувальний шар та її витрати при максимальній глибині фільтраційного потоку, яка справедлива лише при усталеному режимі руху води. Відстань l між дренажними прорізями визначають із врахуванням розрахункового питомого надлишку води $Q_р$, м^3/добу з м^2 поверхні та максимальної глибини фільтраційного потоку h_{max}, м:

$$l = h_{max}\left(\frac{1}{\gamma - \frac{i}{2}} + \frac{1}{\gamma + \frac{i}{2}}\right) = \frac{2\gamma h_{max}}{\gamma^2 - \left(\frac{i}{2}\right)^2}, \tag{4}$$

$$h_{max} = \frac{l\left(\gamma^2 - \left(\frac{i}{2}\right)^2\right)}{2\gamma}, \tag{5}$$

де γ — безрозмірна величина, що дорівнює:

$$\gamma = \sqrt{2\frac{q}{k_ф}}, \tag{6}$$

де q — кількість води, яка надходить у дренувальний шар на площі 1м^2, м^3/добу на м^2.

Перетворимо вираз (5), з урахуванням (6):

$$l = \frac{2h_{max}\sqrt{2\frac{q}{k_ф}}}{2\frac{q}{k_ф} - \frac{i^2}{4}}. \tag{7}$$

Через відстань між дренажними прорізями можливо визначити інтенсивність відведення води. Вираз (7) перетворимо в квадратне рівняння та отримаємо:

$$4l^2\frac{q^2}{k_ф} - q\left(l^2i^2 + 8h^2\right) + l^2\frac{k_ф i^4}{16} = 0. \tag{8}$$

Згідно з розв'язанням квадратного рівняння, визначаємо кількість надходження води:

$$q_{\max,\min} = \frac{l^2 i^2 + 8h^2 \pm 4h\sqrt{l^2 i^2 + 4h^2}}{8l^2} k_{\text{ф}}. \quad (9)$$

Кількість води, яка витікає з прорізі на одиницю її довжини, можна отримати згідно рекомендацій, наведених у роботі [9], на основі спрощеної залежності:

$$Q_{\text{р}} = qlb, \quad (10)$$

де b — довжина прорізі, м.

У навчально-науковій лабораторії кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету на лабораторній установці дорожньої конструкції було проведено ряд експериментальних досліджень із визначення параметрів водовідведення поперечних ДМЗ. Було виміряно об'єм відведеної води з траншеї та час її відведення на різних конструкціях ДМЗ за різних умов. Параметри установки, особливість роботи конструкцій та результати вимірювань наведені в [10, 11]. Таким чином, були отримані залежності для інтенсивності водовідведення з різних дренажних конструкцій. Результати досліджень роботи дренажних конструкцій наведені в табл. 1 і табл. 2, за інтенсивності зливових опадів 5 % забезпеченості [1].

Таблиця 1

Результати досліджень роботи щебеневого дренувального шару з поперечними ДМЗ

Наповнювач траншеї ДМЗ	Потік сформований	Після того, як потік розформувався (у краплинах)	**Загальний показник інтенсивності водовідведення, м³/добу**
	Інтенсивність водовідведення, м³/добу	Інтенсивність водовідведення, м³/добу	
Крупнозернистий пісок, труба ПВХ	0,476 3	0,016 0	**0,074 1**
	0,613 3	0,016 0	**0,093 9**
	0,606 9	0,032 0	**0,109 4**
Щебеневе ядро (фр. 10–20 мм і 20–40 мм)	0,598 5	-	**0,598 5**
	0,491 7	-	**0,491 7**
	1,336 0	-	**1,336 0**

Таблиця 2

Результати досліджень роботи піщаного дренувального шару (середньозернистий пісок) з поперечними ДМЗ

Наповнювач траншеї ДМЗ	Після того, як потік розформувався (у краплинах)	**Загальний показник інтенсивності водовідведення, м³/добу**
	Інтенсивність водовідведення, м³/добу	
Крупнозернистий пісок, труба ПВХ	0,003 8	**0,003 8**
	0,001 9	**0,001 9**
	0,002 6	**0,002 6**

Із метою апробації проведених експериментальних досліджень, проведемо порівняння за аналітичним методом, визначимо мінімальне та максимальне значення за формулами (9) та (10), щодо кількості води, яка витікає з прорізі. Для конструкції поперечного ДМЗ з дренувальним щебеневим шаром були прийняті такі вимоги: коефіцієнт фільтрації $k_ф$ = (150—200) м/добу, максимальна глибина фільтраційного потоку h_{max} = (0,01—0,02) м. Відповідно, для другої конструкції, з піщаним дренувальним шаром: $k_ф$ = (4—5) м/добу, h_{max} = (0,10—0,15) м.

Порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних даних наведений на графіках рис. 1 та рис. 2.

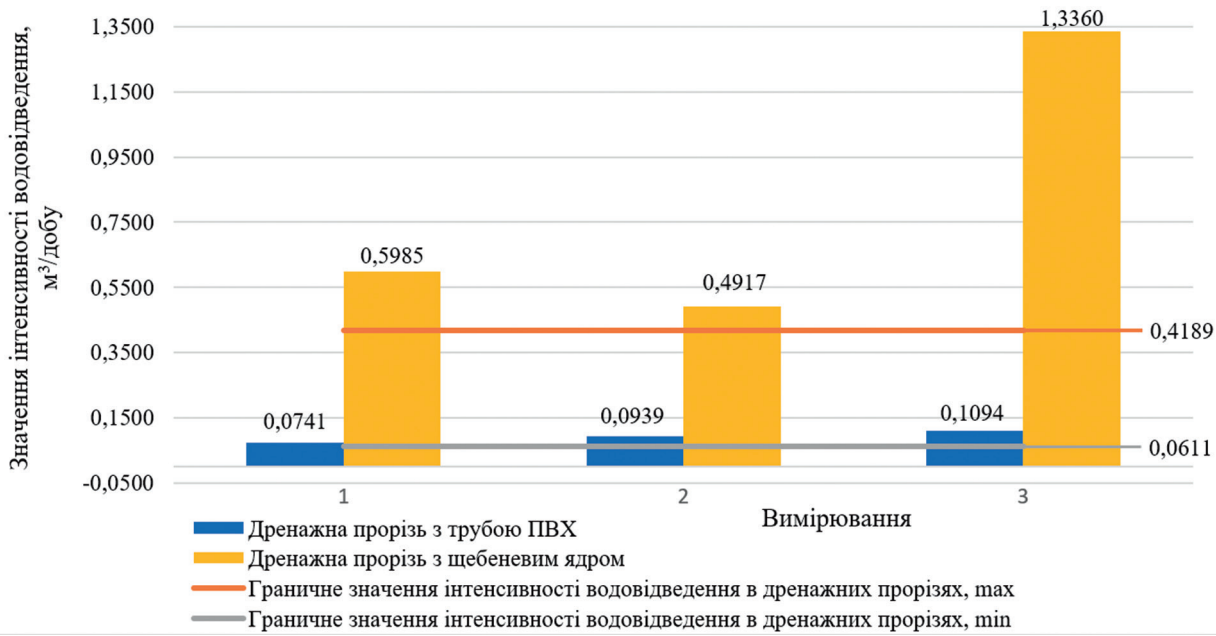

Рисунок 1 — Порівняння значень експериментальних досліджень інтенсивності водовідведення з розрахунковими за аналітичним методом

Інтенсивність водовідведення дренажної конструкції з наповнювачем із крупнозернистого піску з трубою ПВХ більш відповідає розрахунковим мінімальним граничним значенням, а дренажної конструкції з щебеневим ядром — розрахунковим максимальним. Відносні відхилення значень середніх інтенсивностей водовідведення поперечних ДМЗ від граничних, отриманих аналітичним методом, наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Відносні відхилення середніх значень інтенсивності водовідведення поперечних ДМЗ від граничних

Дренувальний шар	Щебінь фр. 20–40 мм		Середньозернистий пісок
Наповнювач траншеї поперечного ДМЗ	Труба ПВХ, обсипана крупнозернистим піском	Щебеневе ядро (фракція 10–20 мм та 20–40 мм)	Труба ПВХ, обсипана крупнозернистим піском
Відносні відхилення, %	34	40	35

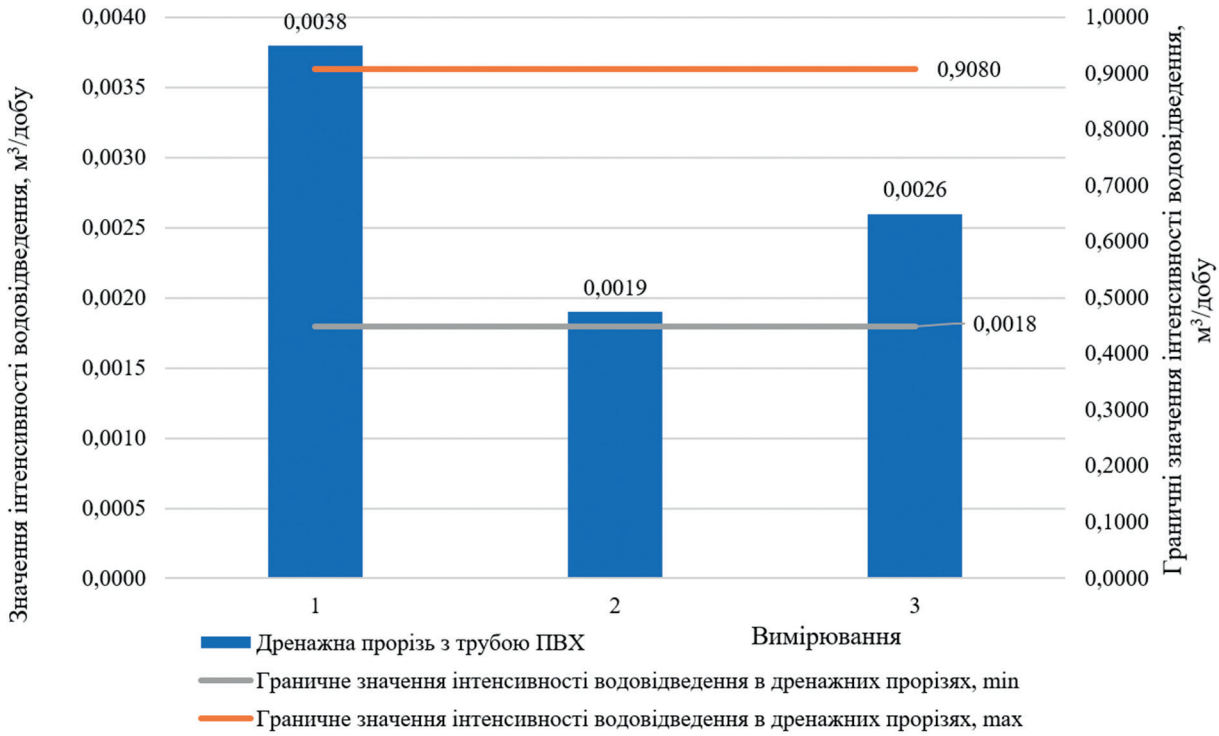

Рисунок 2 — Порівняння значень експериментальних досліджень інтенсивності водовідведення з розрахунковими за аналітичним методом

Розбіжність результатів експериментальних досліджень з граничними значеннями пов'язано з тим, що аналітичний метод не достатньою мірою враховує конструктивні особливості ДМЗ та режими водовідведення з дренажних прорізей.

Висновки

1. За аналітичним підходом, у результаті перетворень, було отримано рівняння інтенсивності водовідведення з дренажної траншеї через параметр відстані між дренажними прорізями згідно з [9], з урахуванням кількості води, що надходить у дренувальний шар на площу 1 м^2.

2. Визначено граничні значення інтенсивності водовідведення з дренажної прорізі з урахуванням таких параметрів поперечних ДМЗ, як коефіцієнт фільтрації дренувального шару, повздовжній похил ділянки дороги, довжина прорізі. Дренажна конструкція, в якій матеріалом-наповнювачем є крупнозернистий пісок з трубою ПВХ більш відповідає мінімальним граничним значенням інтенсивності водовідведення, а дренажна конструкція з щебеневим ядром — максимальним.

3. Порівняльний аналіз результатів експериментальних досліджень щодо інтенсивності водовідведення дренажними траншеями з граничними значеннями, визначеними за аналітичним методом, показав суттєві відносні відхилення в межах від 34 % до 40 %. Для поперечних ДМЗ важливим параметром, щодо інтенсивності водовідведення є не тільки відстань між дренажними прорізями, а ще властивості матеріалів-наповнювачів, які не в повній мірі враховуються аналітичним підходом при проектуванні дренажних конструкцій.

Список літератури

1. Довідник № 4. Кліматичні характеристики та кліматичне районування території України для регулювання водно-теплового режиму в дорожньому будівництві. Київ, 2018. 98 с. (Інформація та документація).

2. Tejas D. Khediya. Study of Surface and Sub Surface Highway Drainage System. *International Journal of Engineering Development and Research*. 2016. Volume 4, Issue 3. P. 945-949.

3. Erna Ismiyani, Dewi Handayani, RR. Rintis Hadiani. The impact of drainage towards roads in maintenance cost. *The 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering*. 2018. Volume 195. URL: https://doi.org/10.1051/matecconf/201819505012 (дата звернення: 17.08.2020).

4. Tiza Michael Toryila, Iorver Vitalis Terpase, Iortyom Enoch Terlumun. The effects of poor drainage system on road pavement : a review. *International journal for innovative research in multidisciplinary field*. 2016. Volume 2, Issue 8. P. 216–223. URL: https://www.researchgate.net/publication/307167618_THE_EFFECTS_OF_POOR_DRAINAGE_SYSTEM_ON_ROAD_PAVEMENT_A_REVIEW (дата звернення: 17.08.2020).

5. Dipanjan, Mukherjee. Highway Surface Drainage System & Problems of Water Logging In Road Section. *The International Journal Of Engineering And Science*. 2014. Volume 3, Issue 11. P. 44-51. URL: http://www.theijes.com/papers/v3-i11/Version-1/G031101044051.pdf (дата звернення: 17.08.2020).

6. Седергрен Г.Р. Дренаж дорожных одежд и аэродромных покрытий. Москва, 1981. 280 с.

7. ДСТУ-Н Б В.2.3-41:2016 Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкого закладання автомобільних доріг. Київ, 2016. 23 с. (Інформація та документація).

8. АД А.2.4-37641918-002:2015 Архітектурно-будівельні креслення. Дренажні конструкції земляного полотна на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2015. 37 с. (Інформація та документація).

9. Пузаков Н.А., Золотарь И.А., Сиденко В.М. и др. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Москва, 1971. 413 с.

10. Slavinska O., Savenko V., Bubela A., Yaremov A. Investigation of the work of the road construction at the sites by pipedrenes from materials of different origin. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkiv, 2018. Volume 2, Issue 7-92. P. 18-26. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126512 (дата звернення: 17.08.2020).

11. Бубела А. В., Кватадзе А. І. Дослідження режимів роботи дренувальних шарів в дорожніх конструкціях. *Science Review*. 2020. (5(32). P. 24-29. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30062020/7140 (дата звернення: 17.08.2020).

References

1. Dovidnyk № 4. Klimatychni kharakterystyky ta klimatychne rayonuvannya terytoriyi Ukrayiny dlya rehulyuvannya vodno-teplovoho rezhymu v dorozhn′omu budivnytstvi (Handbook № 4. Climatic characteristics and climatic zoning of the territory of Ukraine for the regulation of water-thermal regime in road construction). Kyiv, 2018. 98 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

2. Tejas D. Khediya. Study of Surface and Sub Surface Highway Drainage System. *International Journal of Engineering Development and Research*. Chattisgarh, 2016.Volume 4, Issue 3. P. 945-949 [in English].

3. Erna Ismiyani, Dewi Handayani, RR. Rintis Hadiani. (2018). The impact of drainage towards

roads in maintenance cost. *The 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering.* Volume 195. DOI: https://doi.org/10.1051/matecconf/201819505012 (Last accessed: 17.08.2020) [in English].

4. Tiza Michael Toryila, Iorver Vitalis Terpase, Iortyom Enoch Terlumun. The effects of poor drainage system on road pavement: a review. *International journal for innovative research in multidisciplinary field*. 2016. Volume 2, Issue 8. P. 216-223. URL: https://www.researchgate.net/publication/307167618_THE_EFFECTS_OF_POOR_DRAINAGE_SYSTEM_ON_ROAD_PAVEMENT_A_REVIEW (Last accessed: 17.08.2020) [in English].

5. Dipanjan, Mukherjee. Highway Surface Drainage System & Problems of Water Logging In Road Section. *The International journal of engineering and science*. India, 2014. Volume 3, Issue 11. P. 44–51. URL: http://www.theijes.com/papers/v3-i11/Version-1/G031101044051.pdf (Last accessed: 17.08.2020) [in English].

6. Sedergren G.R. Drenazh dorozhnykh odezhd i aerodromnykh pokrytiy (Drainage of road pavements and airfield surfaces). Moscow, 1981. 280 p. [in Russian].

7. DSTU-N B V.2.3-41:2016 Nastanova z proektuvannya drenazhnykh konstruktsiy milkoho zakladannya avtomobil′nykh dorih (State Standard of Ukraine (DSTU-N B V.2.3-41:2016) Guidelines for the design of shallow drainage structures on the road). Kyiv, 2016. 23 p. [in Ukrainian].

8. AD A.2.4-37641918-002:2015 Arkhitekturno-budivel′ni kreslennya. Drenazhni konstruktsiyi zemlyanoho polotna na avtomobil′nykh dorohakh zahal′noho korystuvannya. Kyiv, 2015. 37 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

9. Puzakov N.A., Zolotar I.A., Sidenko V.M. i dr. Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnykh odezhd (Water-thermal regime of the ground and road pavements). Moscow, 1971. 413 p. [in Russian].

10. Slavinska O., Savenko V., Bubela A., Yaremov A. Investigation of the work of the road construction at the sites by pipedrenes from materials of different origin. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkiv, 2018. Volume 2. Issue 7-92. P. 18-26. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126512 (Last accessed: 17.08.2020) [in English].

11. Bubela A. V., Kvatadze A. I. (2020). Doslidzhennya rezhymiv roboty drenuval′nykh shariv v dorozhnikh konstruktsiyakh (Study of the operating modes of drainage layers in road construction). *Science Review*. No 5(32). P. 24-29. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30062020/7140 (Last accessed: 17.08.2020) [in English].

Andrii Bubela, *Ph.D., Associate Prof., http://orcid.org/0000-0002-5619-003X*

National Transport University, Kyiv, Ukraine

DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE RATE OF DIVERSION AND THE DESIGN CHARACTERISTICS OF SHALLOW CROSS-DRAINAGE

Abstract

Introduction. When designing shallow drainage systems and the corresponding prevention of deformation of the road surface, it is important to know not only the time when water enters the road structure, but also the time needed to remove it from the base of the road clothing after the stop of the influx. This is particularly important in the case of surface infiltration during precipitation. The water captures the tiniest particles that accumulate at the places of concave vertical curves, as well as at the transition from the grooves to the mound.

Problem Statement. In the northern regions of Ukraine, where freezing extends to a depth of up to 1 m, the drainage system should be designed to prevent freezing of water in the drainage layer. For this purpose, it is necessary that the time when the water reaches the drainage layer does not exceed the allowable value. It is particularly important to ensure that water does not freeze during transition periods and thaw with a positive temperature during the day and at a negative night, when combined with precipitation or melting of snow and ice. With slow drainage, cyclic temperature variations can produce large amounts of ice lenses. The question of the study of the working conditions of the drainage system and its design parameters is scattered. One way to address this pressing problem is to carry out experimental studies that are most appropriate to the field conditions.

Purpose. The aim of this work is to determine the relationship between the water drainage intensity and the structural characteristics of shallow cross-sectional drains on the basis of experimental studies.

Materials and methods. For the pilot installation of a road structure in the Scientific Laboratory of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University has conducted research on the operation of shallow drainage structures with various fillers. In order to validate the experimental studies carried out, a comparison with the analytical method has been made, and a minimum and maximum value has been defined for the quantity of water flowing from the aperture.

Results. During the laboratory tests, the drainage intensity of the drainage structure with various filling materials was determined. On the basis of the results of the measurements, the influence of structural elements and characteristics of shallow transverse drains on the intensity of their water discharge work was analyzed. The limit values for the water discharge intensity of each of the drainage structures are obtained. The drainage intensity of the drainage structure with the filler coarse sand with the PVC tube is more in line with the calculated minimum threshold, and the drainage structure with the chipping kernel is more in line with the calculated maximum. Relative deviations of the mean discharge intensity of the transverse DMZ limits obtained by the analytical method. The difference in the results of the experimental studies with limit values is due to the fact that the analytical method does not sufficiently take into account the design features of the DMZ and drainage regimes.

Conclusions. Based on an analytical approach, limit values have been defined for the intensity of drainage. Drainage structure in which coarse sand with PVC tube is the filling material more meets the minimum water discharge threshold and the drainage structure with chipping kernel is the maximum.

A comparison of the results of the pilot studies on drainage intensity of drainage ditches with analytical limit values showed significant relative deviations ranging from 34% to 40%. For cross-sectional DMZ, an important parameter in the intensity of water drainage is not only the distance between the drainage slots, but also the properties of the filling materials, which are not fully considered in the analytical approach when designing drainage structures.

Keywords: shallow drainage, drainage pipe, drainage layer, water discharge rate, chip core.