

## ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ  
ДРЕНУВАЛЬНИХ ШАРІВ В ДОРОЖНІХ  
КОНСТРУКЦІЯХ****Бубела А. В.,**

канд. техн. наук, доцент, кафедра транспортного будівництва та управління майном,  
Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,  
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5619-003X>

**Кватадзе А. І.,**

головний спеціаліст, відділ інтелектуальних транспортних систем, Державне агентство  
автомобільних доріг України, м. Київ, Україна,  
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3320-3798>

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_sr/30062020/7140](https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30062020/7140)**ARTICLE INFO**

Received 21 April 2020

Accepted 16 June 2020

Published 30 June 2020

**KEYWORDS**

highway,  
shallow drainage,  
drainage layer.

**ABSTRACT**

The work presents the study of working conditions of draining layers with crushed fraction 20 – 40 mm, and with medium grained sand in complex with tubular transverse shallow drainage. Investigations have been carried out on the construction of a road structure, the dimensions of which correspond to the field conditions. Investigations measured the amount of drained water from the trench and the time it was drained. On the basis of the results obtained, the operating modes of the drainage structures are determined, which depends on the properties of the fillers and the withdrawal time. Both types of construction are divided into short-term and long-term modes in terms of water discharge intensity. According to these regimes, the average discharge intensity of each type of drainage structure was determined and differed significantly. The work of two drainage structures was also analyzed: the drainage structure with the gravel layer worked on the drainage principle, as opposed to the drainage structure with the sand layer - on the absorption principle.

**Citation:** Bubela A. V., Kvatadze A. I. (2020) Study of the Operating Modes of Drainage Layers in Road Construction. *Science Review*. 5(32). doi: 10.31435/rsglobal\_sr/30062020/7140

**Copyright:** © 2020 Bubela A. V., Kvatadze A. I. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Вступ.** Основною причиною втрати несної здатності автомобільної дороги в багатьох випадках є перезволоження земляного полотна (ЗП) і, як наслідок, руйнування дорожнього одягу (ДО). Для забезпечення стійкості ЗП та максимального захисту від перезволоження шарів основи ДО поверхневими та підземними водами на автомобільних дорогах влаштовуються дренажні конструкції мілкового закладання (ДКМЗ). Вода під покриття просочується шляхом капілярного підняття та через пори і тріщини покриття, появу яких і розподіл по площі покриття передбачити заздалегідь неможливо. Тому, основним завданням дренажу є забезпечення акумулювання і відведення води з основи покриття в будь-який період річного циклу.

У роботі [1] розглянуто властивості дренажного матеріалу, які впливають на водопропускну здатність дренажу та міцність автомобільної дороги в цілому. Для вивчення властивостей дренажу та підвищення проектної надійності асфальтобетонного покриття в роботі [2] було використано 3D-метод визначення просочення через шари ДО. В результаті було встановлено, що вплив товщини, похилу, коефіцієнта проникності та конструкції

дренувального шару впливають на ефективність водовідведення дренажної конструкції. Але питання щодо порівняння режимів та принципів роботи піщаних і щебневих дренувальних шарів в ДКМЗ авторами [1, 2] не розглянуто.

Метою даної роботи є дослідження режимів роботи дренувальних шарів з різних матеріалів в дорожніх конструкціях автомобільних доріг загального користування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

– дослідити роботу дренажних конструкцій мілко закладання з дренувальними шарами з різних матеріалів;

– проаналізувати ефективність режимів роботи дренажних конструкцій мілко закладання за часом відведення та кількістю відведеної води.

Для встановлення часу, впродовж якого вільна вода знаходиться в конструктивних шарах після кожного випадіння атмосферних опадів, особливо 5% забезпечення [3], необхідно знати час відведення води з дренувального шару, який залежить від конструктивних властивостей та матеріалів ДКМЗ.

Дослідження роботи дренувальних шарів з різних матеріалів було проведено на експериментальній установці дорожньої конструкції (рис. 1, 2), розміри якої відповідають параметрам автомобільної дороги III категорії. Передня стінка корпусу установки влаштована з органічного скла, що дозволяє безпосередньо спостерігати за формуванням фільтраційного потоку в дренажній траншеї.

У верхньому шарі ґрунту було влаштовано прямокутну дренажну траншею глибиною 0,25 м та шириною 0,25 м, обкладену по периметру геосинтетичним матеріалом (ГСМ). Похил дна траншеї – 25 %. На дно траншеї поверх розкладеного по периметру ГСМ укладено перфоровану трубу ПВХ, яку попередньо було обгорнуто ГСМ із перекриттям 0,1 м. Дренажну трубу щільно обсіпано митим кварцовим крупнозернистим піском фракцією 2–3 мм. Фільтруючу обсіпку закрито краями ГСМ з перекриттям 30 см.

Для влаштування дренувального шару в ДКМЗ № 1 було використано митий щебінь фракцією 20 – 40 мм товщиною 0,12 м (рис. 1). Влаштування щебеневого шару обумовлене тим, що він має пористу структуру з коефіцієнтом фільтрації 200 м/добу, не затримує воду, що дозволило більш ефективно дослідити роботу дренажної траншеї.

Для влаштування піщаного дренувального шару в ДКМЗ № 2 використовувався середньозернистий пісок товщиною 0,3 м (рис. 2). При цьому коефіцієнт фільтрації піску задовольняв основній вимозі щодо властивостей дренувальних шарів. А саме він повинен бути таким, щоб не відбувалося утворення шару води під ДО, а атмосферні опади, що надходять через покриття проїзної частини в дренувальний шар, повністю поступали в пори цього піщаного шару. Виходячи з цієї вимоги, коефіцієнт фільтрації піску – 5 м/добу.

**Результати дослідження роботи дренувальних шарів.** Під час дослідження проводилися вимірювання об'єму відведеної води обох типів ДКМЗ. Результати вимірювань наведені в табл. 1 та 2.

Вода надходила на поверхню дренуючого шару за допомогою системи імітації дощових опадів (рис. 1 та 2), яка забезпечувала рівномірний розподіл вологи по площині експериментальної установки.

Таблиця 1. Загальний об'єм відведеної води ДКМЗ № 1 з дренувальним шаром з щебню

Дата проведення експерименту	Об'єм води, який надійшов до конструкції $Q_{\text{заг.}}, \text{Л.}$	Об'єм відведеної води під час сформованого потоку $Q_{\text{від.}}, \text{Л.}$	Час сформованого потоку $t_{\text{сформ.}}, \text{хв}$	Загальний об'єм відведеної води $Q_{\text{заг.від.}}, \text{Л.}$	Загальний час відведення води $t_{\text{заг.від.}}, \text{Хв}$
17.02.2020	25	8,6	26	10,6	206
19.02.2020	25	11,5	27	13,5	207
21.02.2020	25	11,8	26	15,8	206
Всього	75	31,9	79	39,9	619

Таблиця 2. Загальний об'єм відведеної води ДКМЗ № 2 з дренавальним шаром з піску

Дата проведення експерименту	Об'єм води, який надійшов до конструкції $Q_{заг.}$ , Л.	Об'єм відведеної води під час сформованого потоку $Q_{від.}$ , Л.	Час сформованого потоку $t_{сформ.}$ , хв	Загальний об'єм відведеної води $Q_{заг.від.}$ , Л.	Загальний час відведення води $t_{заг.від.}$ , Доба
24.02.2020	100	23,0	32	26,8	1 доба
26.02.2020	25	0,0	0	1,9	1 доба
27.02.2020	40	0,0	0	2,6	1 доба
24.02-07.03	165	23,0	32	49,5	12 діб

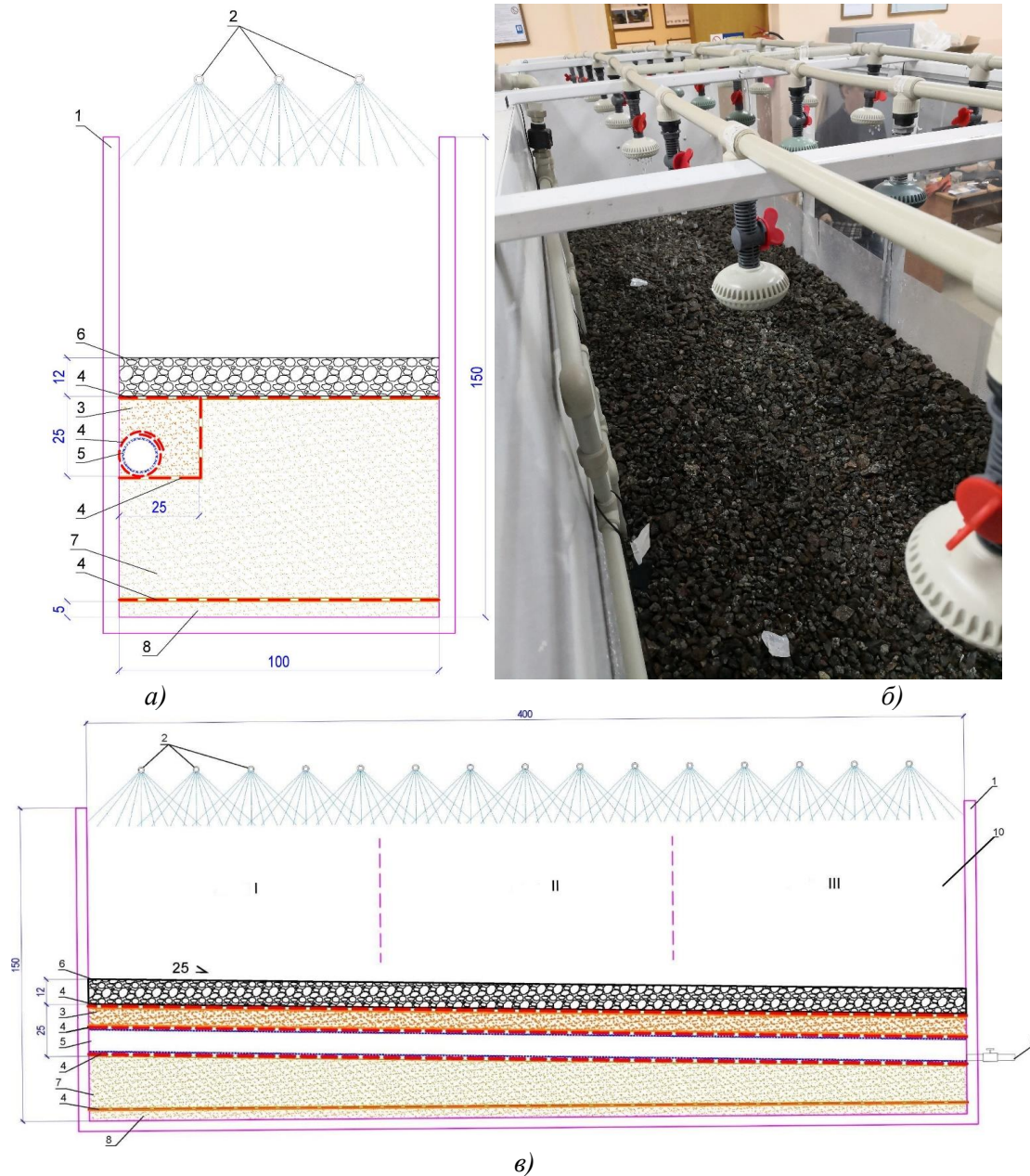


Рис. 1. Експериментальна установка з дренавальним шаром з щебню: а – торцева площина; б – бокова площина; в – подача води на дренавальний шар; I, II, III – відповідно зони проведення вимірювань; 1 – корпус експериментальної установки; 2 – система імітації дощових опадів; 3 – заповнювач дренажної траншеї – кварцовий митий пісок фракції 2–3 мм; 4 – прошарок ГСМ; 5 – дренажна труба ПВХ діаметром 100 мм з отворами; 6 – дренавальний шар – митий щебінь фракції 20–40 мм; 7 – ґрунт – супісок пилуватий; 8 – шар дрібнозернистого піску; 9 – відвідний отвір (кран); 10 – передня стінка корпусу експериментальної установки з оргскла

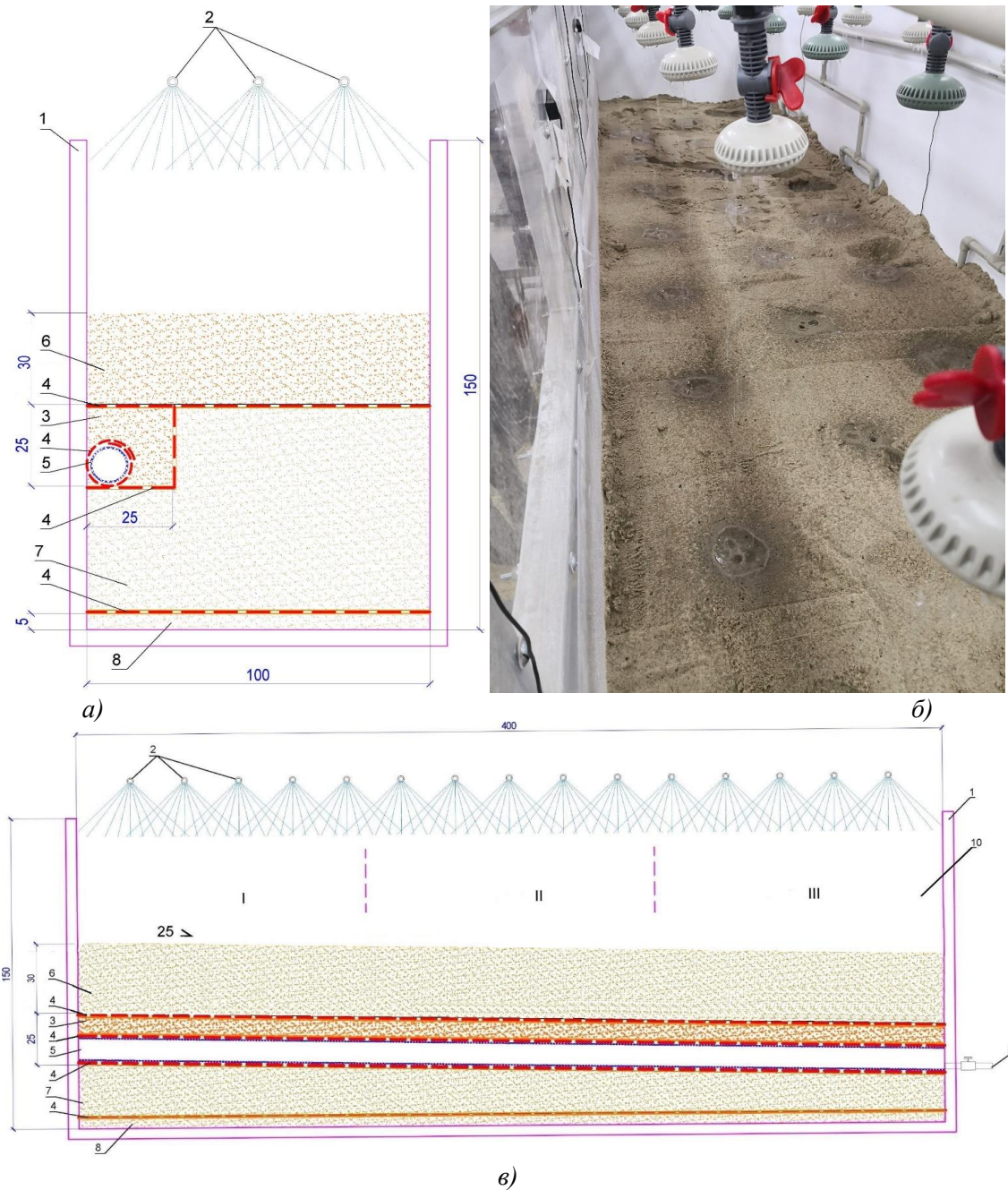


Рис. 2. Експериментальна установка з дренавальним шаром з середньозернистого піску: а – торцева площина; в – бокова площина; б – подача води на дренавальний шар; I, II, III – відповідно зони проведення вимірювань; 1 – корпус експериментальної установки; 2 – система імітації дощових опадів; 3 – заповнювач дренажної траншеї – кварцовий митий пісок фракції 2–3 мм; 4 – прошарок ГСМ; 5 – дренажна труба ПВХ діаметром 100 мм з отворами; 6 – дренальний шар – середньозернистий пісок; 7 – ґрунт – супісок пилюватий; 8 – шар дрібнозернистого піску; 9 – відвідний отвір (кран); 10 – передня стінка корпусу експериментальної установки з оргскла

В ході проведення експерименту на ДКМЗ № 1 було виявлено, що трубчастий дренаж мілко закладання працював в двох режимах. Після надходження води в щебеневий дренажний шар, вода одразу поступала в траншею, де відбувалося формування фільтраційного потоку. Середній час відведення води (табл. 1) складає – 206 хв., середня інтенсивність відведення (співвідношення кількості відведеної води до часу її відведення) сформованого потоку – 0,4038 л/хв. Протягом наступних 3-х годин вода відводилася у формі крапель з інтенсивністю – 0,0148 л/хв. Відповідно до табл. 1, було встановлено, що дренальний шар

віддав 53,2 % від загальної кількості води, що надійшла за 3,4 години. Таким чином, ДКМЗ №1 працювала за принципом осушення.

В результаті проведених експериментальних досліджень на ДКМЗ № 2 було встановлено, що при надходженні води у кількості 25 л, як і у випадку для ДК № 1, пісок поглинув воду та не віддав її. Надалі в ДКМЗ № 2 надійшло ще 75 л води, а в загальній кількості - 100 л. ДКМЗ № 2 почала відводити воду тільки при майже повному насиченні піщаного шару у вигляді сформованого потоку з інтенсивністю - 0,7188 л/хв. Протягом наступних двох діб в ДКМЗ № 2 надійшло ще 65 л води. Дренувальний шар тримав воду протягом 12 діб (табл. 2) та віддав 30 % від загальної кількості води (165 л), що надійшла, у вигляді крапель. Таким чином ДКМЗ № 2 розглядалася, як конструкція, що працює за принципом осушення, а фактично працювала за принципом поглинання. Режим роботи двох типів ДКМЗ, згідно результатів експериментальних досліджень, відрізняються між собою, тому що дренувальний шар з щебню має середню інтенсивність водовідведення 0,0645 л/хв, а дренувальний шар з середньозернистого піску – 0,0029 л/хв. Інтенсивність водовідведення дренувального шару з середньозернистого піску під час сформованого потоку, при 23 % відведеної води, становить 0,7188 л/хв., а дренувального шару з щебню при 42,5% – 0,4038 л/хв. за умови, що кількість води, яка надійшла на дренувальний шар з піску в чотири рази більше за кількість, яка надійшла на дренувальний шар з щебню. Порівняння режимів роботи двох типів ДКМЗ наведено на рис. 3 та 4.

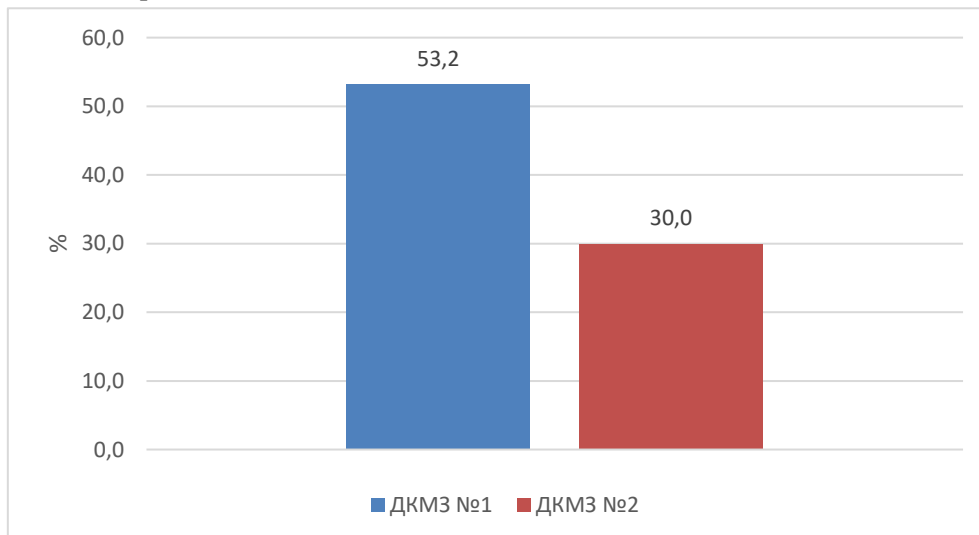


Рис. 3. Загальний об'єм відведеної води

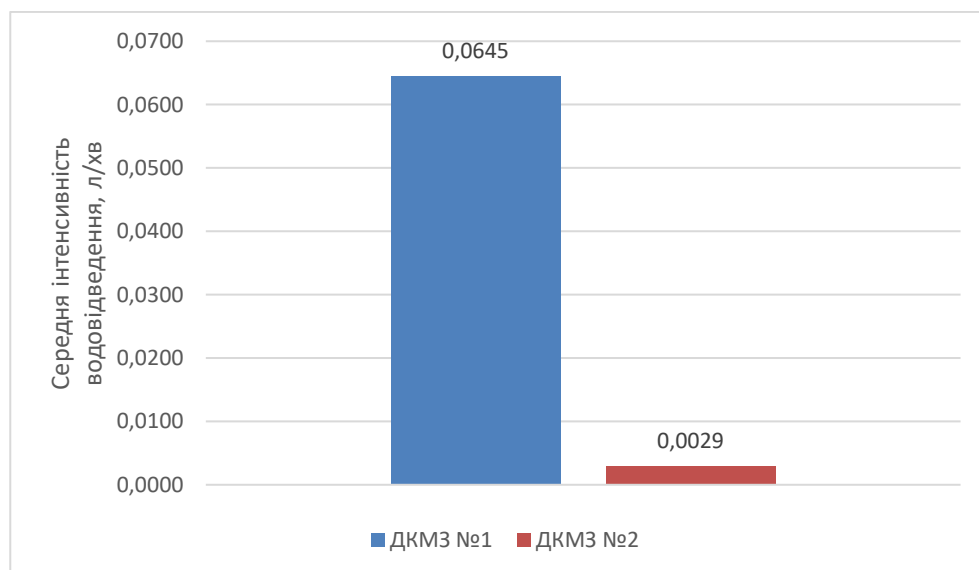


Рис. 4. Середня інтенсивність водовідведення ДКМЗ №1 та ДКМЗ №2

Згідно рис. 3 та 4 видно суттєву різницю режимів роботи двох типів ДКМЗ. Відповідно до цього, можна зробити наступні **висновки**:

Методи регулювання водно-теплового режиму ЗП способом дренажування (шляхом влаштування дренажувальних шарів) можна поділити на:

- дренажувальні шари, які працюють за принципом поглинання та накопичування вологи в дорожній конструкції;
- ДКМЗ, які швидко або поступово відводять воду.

Широко відомими, але практично не застосовуваними заходами з регулювання водно-теплового режиму ЗП є шари з фільтруючих зернистих матеріалів – митого щебню або гравію. Товщина цих шарів 10-15 см (залежить від крупності матеріалу) плюс 3-5 см дрібного гравію знизу і зверху шару. При укладанні прошарків з ГСМ між щебнем та глинистими ґрунтами замулення шару не відбуватиметься і не потрібно додаткового збільшувати товщину дренажувального шару. Такі шари завжди працюють за принципом осушення, не накопичують воду та швидко її відводять.

Дренажувальні шари з піску, які широко застосовуються для будівництва дорожньої конструкції, не забезпечують швидкий відвід води і за умовами роботи працюють на поглинання. Експериментально було визначено, що доки дренажувальний шар з піску не досягне певної вологості, тобто не поглине певну кількість води, працювати на осушення він не буде.

Товщина дренажувального шару з піску повинна бути досить великою для того, щоб розмістити всю воду, яка надходить, на тривалий час. При дотриманні умови допустимого рівня вільної гравітаційної води в піску повинна забезпечуватись міцність всієї дорожньої конструкції. Якщо рівень вищий за допустиму позначку то в такому випадку може мати місце пошкодження ДО. Дренажувальний шар з піску, що задовольняє зазначеним вимогам, як правило, проектується за умовами роботи на поглинання. При можливому взаємопроникненні глинистих і піщаних частинок необхідно передбачати збільшення товщини дренажувального шару на товщину, яка дорівнює 0,05 м – 0,15 м, в залежності від вологості і щільності глинистих ґрунтів та зернового складу піску. При укладанні прошарків з ГСМ між піщаними і глинистими ґрунтами замулення пісків не відбувається і також не потрібно додаткового збільшення товщини дренажувального шару.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Han-Cheng Dan, Zhi Zhang, Xiang Liu, Jia-Qi Chen (2019) Transient unsaturated flow in the drainage layer of a highway: solution and drainage performance., Road Materials and Pavement Design. Vol. 20, Is. 3, P. 528-553. DOI: <https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1397049>;
2. Yangyang Ji, Jianguang Xie, and Mingxi Liu (2018) Double layer drainage performance of porous asphalt pavement. AIP Conference Proceedings 1973, 020031 DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5041415>;
3. Довідник № 4 Кліматичні характеристики та кліматичне районування території України для регулювання водно-теплового режиму в дорожньому будівництві.