

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ З АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ



Каськів Володимир Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном e-mail: vi_kas@ukr.net, тел. +380504458544, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138.

<https://orcid.org/0000-0002-8074-6798>



Гавришук Владислав Володимирович, спеціаліст з технічної підтримки ТОВ «АКО Будівельні Елементи Лтд.», e-mail vlad.havryshchuk@gmail.com, тел.: +380963796185, Україна, 04080, м. Київ, вул. Вікентія Хвойки 18/14, офіс 227

<https://orcid.org/0000-0003-3164-4426>

Анотація. Виконано аналіз існуючих методів водовідведення. Доведено, що традиційні рішення, які застосовуються при проектуванні автомобільних доріг є неефективними. Не забезпечене водовідведення з проїзної частини негативно впливає на довговічність основи земляного полотна та суттєво впливає на забруднення навколишнього середовища.

Запропоновано вирішення мінімізації впливу опадів на довговічність дорожньої конструкції з мінімізацією негативного впливу стічних вод на навколишнє середовище.

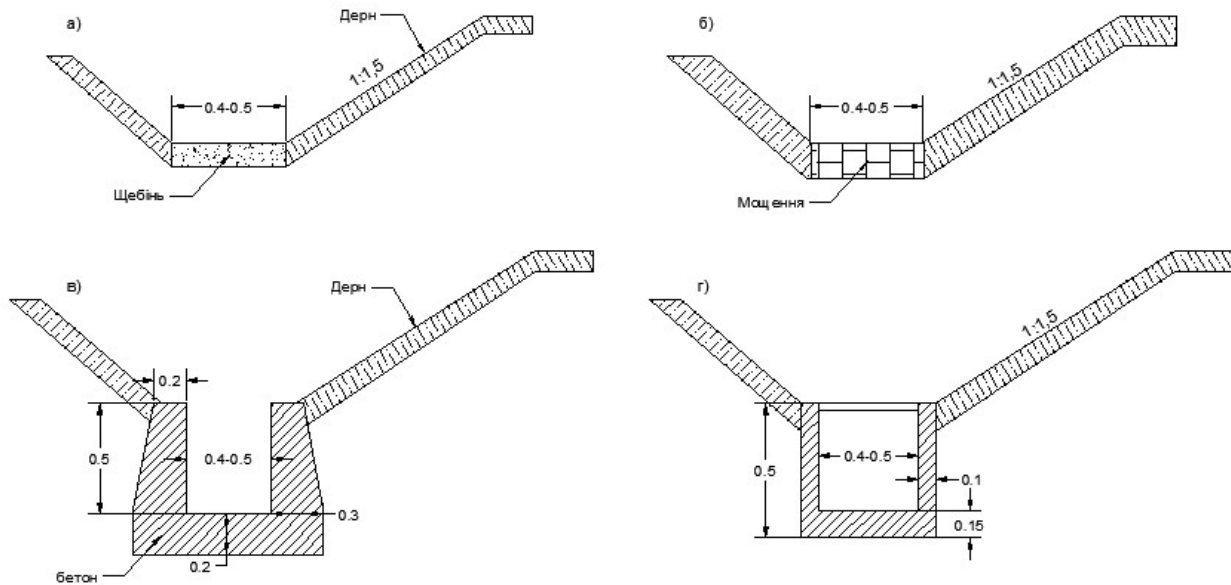
Ключові слова: автомобільна дорога, водовідведення, ґрунтова канава, поздовжній похил, пропускна здатність.

Постановка проблеми. Проектування водовідведення з автомобільних доріг – це одне з найважливіших питань для більшості країн світу. Як правило, воно пов'язане з безпекою руху, довговічністю дорожніх конструкцій, охороною навколишнього середовища. В Україні методи проектування водовідведення є застарілими й у більшості випадків застосовуються типові рішення без аналізу та техніко-економічного обґрунтування. Дослідження даного питання науковцями було розпочате в середині минулого століття, однак суттєвих змін у його вирішенні з того часу не було досягнуто. Для прикладу, більше наукових праць в дорожній галузі приділяється явищу аквапланування та визначенню зчеплення колеса автомобіля з вологим покриттям, ніж вирішенню питання водовідведення, хоча зазначені питання, у більшості випадків, є результатом неякісного водовідведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняній практиці дослідженням питання проектування водовідведення не було приділено останньої уваги. Одне із перших рішень з проектування відводу поверхневого стоку з покриття автомобільних доріг було описане А. К. Біруля [1]. Фактично, дане рішення відповідало потребам того часу, адже питання відводу земель забруднення навколишнього середовища не були пріоритетними. В 80-90 роках відбулися спроби удосконалити рішення для влаштування водовідведення [2], однак вони були невдалими, оскільки в сучасній нормативній документації та в перспективних проектах [3, 4], без врахування технологічного прогресу, основним елементом дорожнього водовідведення залишається канава. Європейські ж та міжнародні практики мають суттєві відмінності від вітчизняних [5 – 8].

Мета роботи – виконати аналіз відомих методів проектування поверхневого водовідведення. Запропонувати раціональне рішення з мінімізації впливу опадів на дорожню конструкцію.

Аналіз методів проектування водовідведення на автомобільних дорогах. Загальноприйнятим рішенням при проектуванні автомобільних доріг України є ґрунтова канава (рис. 1), в залежності від складності умов проходження траси має різновиди [1].



а – укріплені дренами; б – одернування стінки; в – бетонний лоток; г – залізобетонний лоток
 Рисунок 1 – Конструкції укріплених канав та лотків

a - reinforced drains; b - non-uniform walls; c - concrete ditch; g - reinforced concrete ditch
 Figure 1 – Structures of reinforced ditches and flumes

Традиційно, при проектуванні автомобільної дороги за межами населених пунктів при невисоких насипах застосовуються кювети (канави), причому вони можуть бути укріплені чи без укріплення. Дане рішення є досить простим при проектуванні, а також при будівництві, не потребує особливих капіталовкладень, однак це всі переваги даного рішення. Відповідно до [3], поперечний профіль автомобільної дороги влаштовується з похилом для відведення поверхневого стоку з проїзної частини на узбіччя, з якого він відводиться на укоси земляного полотна і в ґрунтову канаву. Теоретично, дане рішення є ефективним, але яким чином надлишок стоку з водонепроникного покриття [10] впливає на довговічність роботи дорожньої конструкції, та яка кількість забруднень потрапляє в ґрунтові води й забруднює ґрунтове середовище не досліджується в Україні. Ґрунтові канави не мають належного обґрунтування для потреб сьогодення. Однією з якісних характеристик системи водовідведення є швидкість транспортування стоків. Відповідно до [9], швидкість руху дощових стоків в канаві визначають за формулою (1).

$$V_{\text{лот}} = \frac{1}{n} \left(\frac{h_{\text{л}}}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

З урахуванням формули (1), визначимо швидкість потоку в ґрунтовому каналі при умові шару стоку в канаві 50 мм, діапазон поздовжніх похилів приймаємо – 0,001 – 0,050, допустимі похили для доріг І технічної категорії (табл. 1).

Проводити паралелі з Європейськими країнами з аналогічною протяжністю мережі доріг було б хибно, оскільки на території України – «особливий» склад автомобільного транспорту.

Ще до кінця ХХ століття дорожня галузь мала спробу кардинально змінити рішення з водовідведення (рис. 2) [2]. Ефективне відведення дощового стоку можливе при достатній пропускній здатності системи. Ця характеристика залежить від шорховатості матеріалу, форми, розмірів та поздовжнього похилу. У 80-х роках з'явилися конструктивні рішення, які були направлені на вирішення питання якісного водовідведення. Основною їх проблемою була пропускна здатність. Вони були обмежені у застосуванні та не забезпечували комплексного вирішення питання водовідведення. Також, водовідвідний лоток в дорожній конструкції повинен відповідати вимогам надійності, безпеки, довговічності, ефективності. Технологічні можливості 80-х років минулого сторіччя не могли забезпечити ефективну конструкцію системи водовідведення. Дане рішення практично не було застосоване при

проектуванні автомобільних доріг та не знайшло відображення у будівельних нормах. Подальшого широкого застосування дані дослідження не отримали.

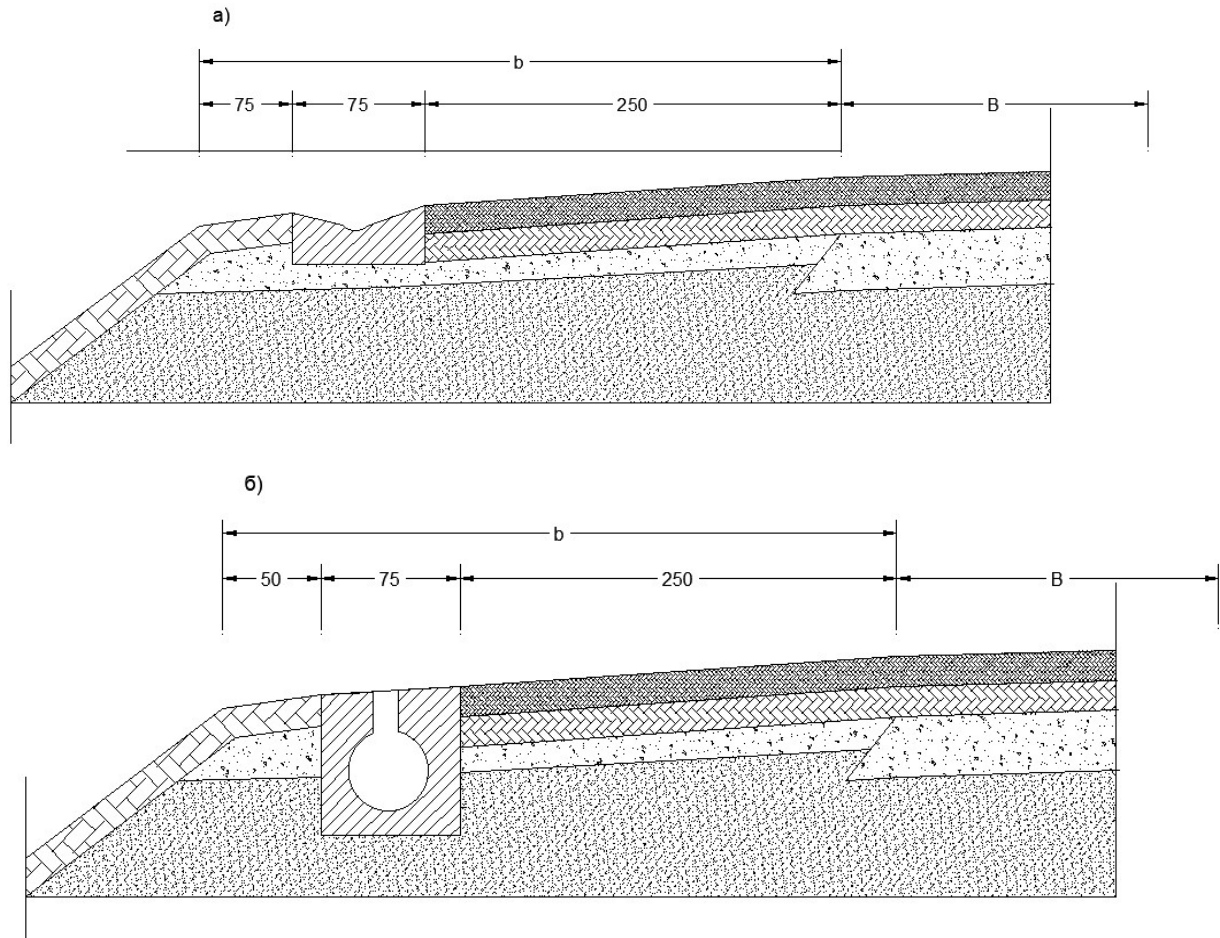
Таблиця 1 – Характеристика швидкості потоку при заданих параметрах канави та поздовжнього похилу
Table 1 – Characteristics of the flow rate at the specified parameters of the ditch and the longitudinal slope

№п/п	n	h_l , мм	i	V , м/с	№п/п	n	h_l , мм	i	V , м/с
1	0,04	50	0,001	0,007	26	0,04	50	0,026	0,034
2	0,04	50	0,002	0,010	27	0,04	50	0,027	0,035
3	0,04	50	0,003	0,012	28	0,04	50	0,028	0,036
4	0,04	50	0,004	0,014	29	0,04	50	0,029	0,036
5	0,04	50	0,005	0,015	30	0,04	50	0,03	0,037
6	0,04	50	0,006	0,017	31	0,04	50	0,031	0,038
7	0,04	50	0,007	0,018	32	0,04	50	0,032	0,038
8	0,04	50	0,008	0,019	33	0,04	50	0,033	0,039
9	0,04	50	0,009	0,020	34	0,04	50	0,034	0,039
10	0,04	50	0,01	0,021	35	0,04	50	0,035	0,040
11	0,04	50	0,011	0,022	36	0,04	50	0,036	0,041
12	0,04	50	0,012	0,023	37	0,04	50	0,037	0,041
13	0,04	50	0,013	0,024	38	0,04	50	0,038	0,042
14	0,04	50	0,014	0,025	39	0,04	50	0,039	0,042
15	0,04	50	0,015	0,026	40	0,04	50	0,04	0,043
16	0,04	50	0,016	0,027	41	0,04	50	0,041	0,043
17	0,04	50	0,017	0,028	42	0,04	50	0,042	0,044
18	0,04	50	0,018	0,029	43	0,04	50	0,043	0,044
19	0,04	50	0,019	0,029	44	0,04	50	0,044	0,045
20	0,04	50	0,02	0,030	45	0,04	50	0,045	0,045
21	0,04	50	0,021	0,031	46	0,04	50	0,046	0,046
22	0,04	50	0,022	0,032	47	0,04	50	0,047	0,046
23	0,04	50	0,023	0,032	48	0,04	50	0,048	0,047
24	0,04	50	0,024	0,033	49	0,04	50	0,049	0,047
25	0,04	50	0,025	0,034	50	0,04	50	0,05	0,048

Переважає більшість країн світу оцінюють великий вплив автомобільної дороги на довкілля, це не лише забруднення ґрунтового, водного та повітряного середовищ, а й вплив на рельєф зі змінами подальшого руху поверхневих вод і відведення надлишку поверхневих стоків з водонепроникних покриттів, ерозії ґрунтів та замулення водойм – це лише короткий перелік впливу автомобільної дороги на природу. Традиційно, воду вважають однією з найбільших проблем доріг. Звичайно, це не лише поверхневі, а й ґрунтові води. Оцінка впливу води на дорогу, до прикладу, в європейській практиці виглядає так, як на рисунку 3 [5].

У європейських практиках, навіть для доріг з низькою інтенсивністю руху, за аналогією V-IV категорії автомобільних доріг [3], визначається вплив зволоження основи дорожнього одягу на рівність покриття (рис. 4).

Як відмічається у [5], європейські автомобільні дороги, не високих категорій, втрачають рівність через надмірне водонасичення ґрунту основи без впливу фактору замерзання-розмерзання. Дану функцію залежності рівності від строку експлуатації та водонасичення не можливо застосовувати до місцевих доріг України через кліматичні характеристики територій та перевантаження доріг понаднормовими навантаженнями від транспортних засобів.



а – бетонний лоток з блоків; б – закритий бетонний лоток;
 б – ширина узбіччя; В – ширина проїзної частини
 Рисунок 2 – Варіанти проектування системи поверхневого водовідведення

a - a concrete ditch made of blocks; b - closed concrete ditch;
 b - shoulder width; B - the width of the carriageway
 Figure 2 - Design options for surface drainage system

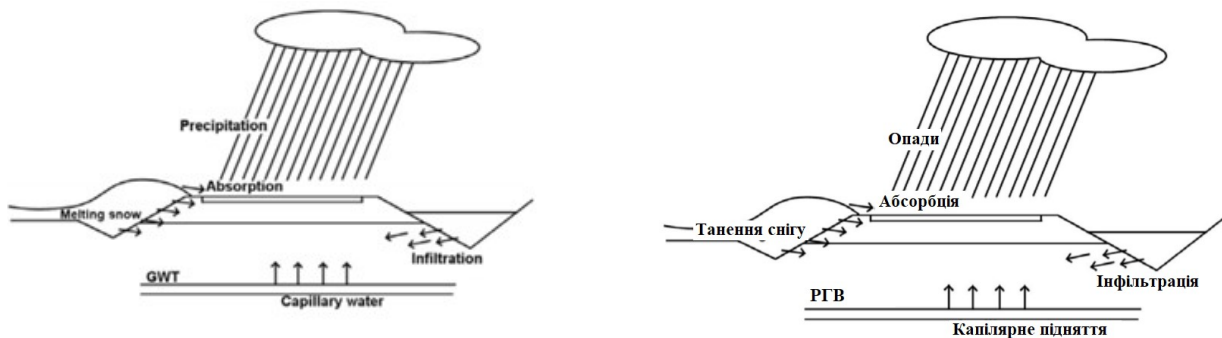


Рисунок 3 – Основні джерела зволоження дорожньої конструкції
 Figure 3 – The main sources of moisture of the road structure

Разом із збереженням дорожньої конструкції від руйнівного впливу води, велику увагу міжнародна спільнота приділяє питанням захисту довкілля. У зв'язку із загостренням питання зміни клімату, ряд країн анонсував розроблення програм з управління поверхневими стоками. Розроблені рішення для влаштування водовідведення (рис. 5), які на даний момент імплементовані в Україні [11]. В основу покладено завдання ефективного відведення стоків з покриттів при збереженні основних параметрів щодо міцності, морозостійкості, герметичності, хімічної стійкості тощо.

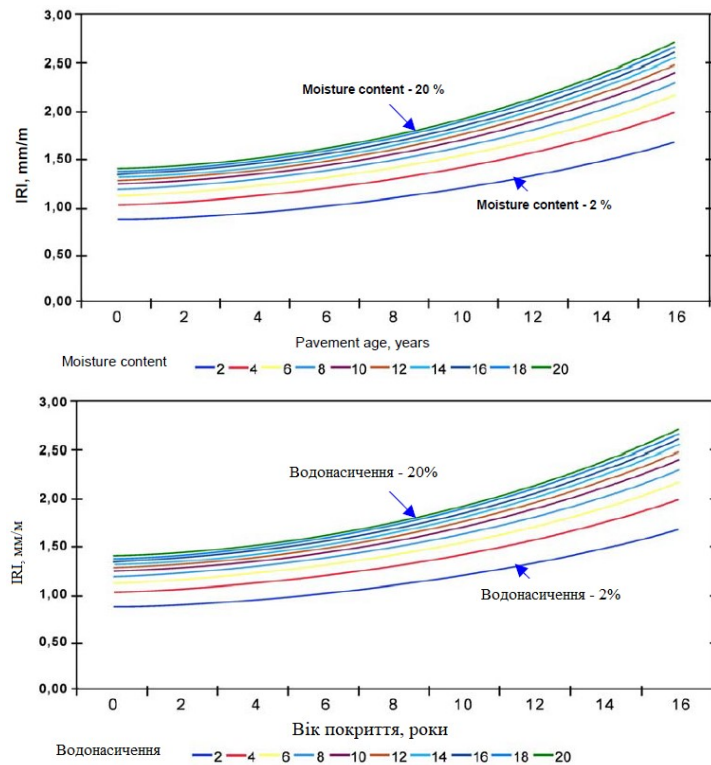


Рисунок 4 – IRI як функція строку експлуатації та водонасичення основи без врахування морозостійкості
 Figure 4 - IRI as a function of service life and water saturation of the substrate without taking into account frost resistance

Завдяки застосуванню сучасних будівельних матеріалів, таких як полімербетон, досягнення необхідної швидкості відведення стоків відбувається при мінімальних похилах. За рахунок технологічних особливостей забезпечується 100 % герметичність та надійність роботи системи протягом всього строку експлуатації дорожнього покриття.

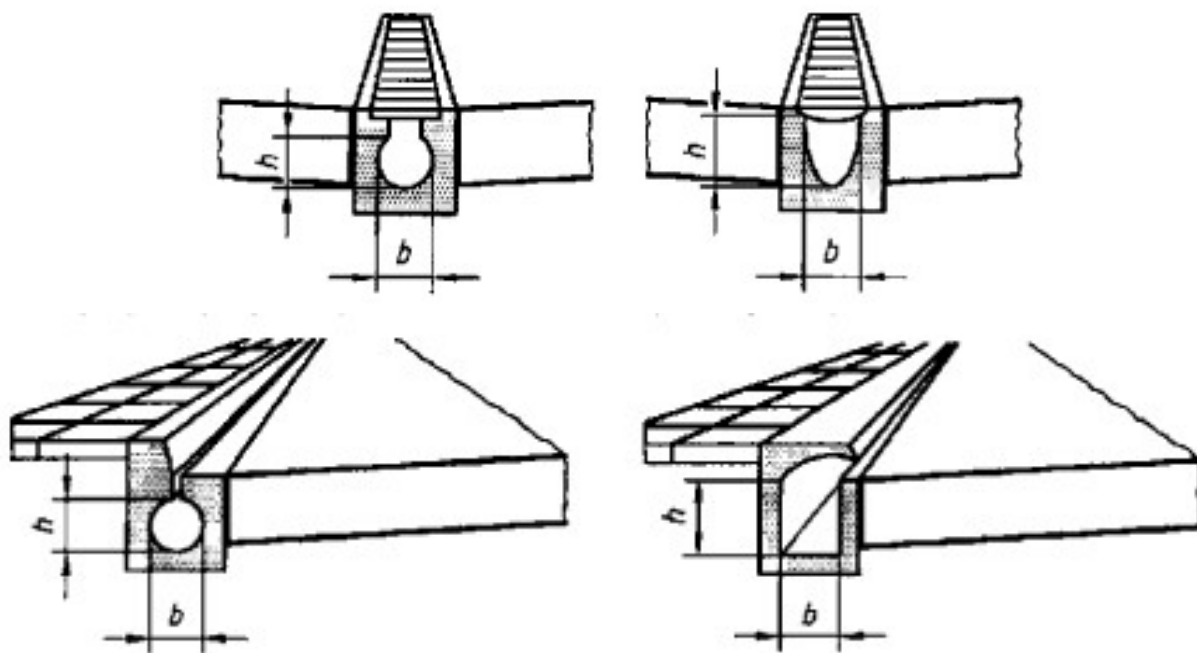


Рисунок 5 – Сучасні рішення для проектування системи поверхневого водовідведення
 Figure 5 – Modern solutions for the design of surface drainage systems

Поряд з такими характеристиками як міцність та довговічність, суттєву увагу потрібно приділяти морозостійкості під дією дорожніх реагентів. Завдяки універсальному поєднанню компонентів, системи водовідведення з полімербетону не піддаються впливу кліматичних умов. Система надійно працює в умовах застосування дорожніх реагентів та низьких температур, на відміну від традиційних бетонних рішень (рис. 6). Герметичність систем поверхневого водовідведення впливає не лише на довговічність і цілісність конструкції. Дана характеристика також перешкоджає потраплянню забруднених стоків в ґрунт.



Рисунок 6 – Сучасні рішення для водовідведення
Figure 6 – Modern solutions for drainage

Висновки. У роботі проведено аналіз діючих методів проектування водовідведення з автомобільних доріг. Виявлено, що чинна методика є не ефективною, також вона суттєво впливає на забруднення ґрунтів та ґрунтових вод. Конструкції, які пропонувались за радянських часів, давали можливість вирішувати питання водовідведення лише локально. Обґрунтування, як типового рішення, не було виконано. Представлені сучасні рішення міжнародної практики, які задовольняють технічні та технологічні вимоги до елементів дорожньої конструкції та вирішують питання захисту навколишнього середовища у напрямках унеможливлення забруднення ґрунтового та водного середовищ.

Перелік посилань

1. Бируля А. К. Проектирование автомобильных дорог. Москва : Автотрансиздат, 1961. 500 с.
2. Перевозников Б. Ф. Водоотвод с автомобильных дорог. Москва : Транспорт, 1982. 190 с.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [Чинний від 01.04.2016] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2015. 91 с.
4. ДСТУ XXXX:201X Настанова з проектування та влаштування споруд поверхневого водовідведення на автомобільних дорогах загального користування. Проект. Київ : УкрНДНЦ, 20XX. 27 с.
5. Berntsen G. Saarenketo T. Drainage on low traffic volume roads. 2005. 123 p.
6. Saarenketo T. Roadex III Developing Drainage Guidelines for Maintenance Contracts. 2007. 59 p.
7. FAO, 1998. Watershed Management Field Manual: Road Design and Construction in Sensitive Watersheds. FAO Conservation Guide 13/5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 1998.
8. Design manual for roads and bridges. Surface and sub-surface drainage systems for highways. Volume 4. Section 2. Part 3. Hd 33/06.
9. Руководство по проектированию водоотвода и дренажа на летных полях аэродромов. Москва : Министерство гражданской авиации, 1982. 205 с.
10. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 01.01.2014] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 219 с.
11. EN 1433:2002 Drainage channels for vehicular and pedestrian areas - Classification, design and testing requirements, marking and evaluation of conformity.

ANALYSIS OF DRAINAGE METHODS FROM ROADS

Kaskiv V.I., Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: vi_kas@ukr.net, tel. +380504458544, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, office 138, id ORCID 0000-0002-8074-6798

Havryshchuk V.V., ACO Building Materials Ltd., Kyiv, e-mail vlad.havryshchuk@gmail.com, tel.: +380963796185, Ukraine, 04080, Vikentiya Khvoiki str., 18/14, office 227. id ORCID 0000-0003-3164-4426

Abstract. Analysis of current methods of surface water management was performed. It is proved that the traditional solutions used in the design of highways are not effective. They affect the base of the earthen cloth durability and effect environmental pollution significantly.

The proposed solution is for minimization of precipitation influence on the durability of the road's structure and for minimization of wastewater negative impact on the environment.

Keywords: road, surface drainage, soil ditch, longitudinal slope, flow capacity.

References

1. Byrulia A. K. Proektyrovanye avtomobyl'nykh doroh. Moskva : Avtotransyzzdat, 1961. 500 s.
2. Perevoznikov B. F. Vodootvod s avtomobyl'nykh doroh. Moskva : Transport, 1982. 190 s.
3. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo. [Chynnyi vid 01.04.2016] Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2015. 91 s.
4. DSTU KhKhKhKh:201Kh Nastanova z proektuvannia ta vlashtuvannia sporud poverkhnevoho vodovidvedennia na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannia. Proekt. Kyiv : UkrNDNTs, 20KhKh. 27 s.
5. Berntsen G. Saarenketo T. Drainage on low traffic volume roads. 2005. 123 p.
6. Saarenketo T. Roadex III Developing Drainage Guidelines for Maintenance Contracts. 2007. 59 p.
7. FAO, 1998. Watershed Management Field Manual: Road Design and Construction in Sensitive Watersheds. FAO Conservation Guide 13/5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 1998.
8. Design manual for roads and bridges. Surface and sub-surface drainage systems for highways. Volume 4. Section 2. Part 3. Hd 33/06.
9. Rukovodstvo po proektyrovanyiui vodootvoda y drenazha na letnykh poliakh aэrodromov. Moskva : Mynysterstvo hrazhdanskoi avyatsyy, 1982. 205 s.
10. DBN V.2.5-75:2013 Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia. [Chynnyi vid 01.01.2014] Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2013. 219 s.
11. EN 1433:2002 Drainage channels for vehicular and pedestrian areas - Classification, design and testing requirements, marking and evaluation of conformity.