

7. Словник іншомовних слів. Рециклінг. URL: <https://www.jnsm.com.ua/sis/index.shtml>
8. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів, 2010. 222 с.
9. Аналітичний портал «Слово і діло» / день звернення 13.11.2024. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/02/03/infografika/suspilstvo/tudy-pryjshov-ruskyj-myr-yaki-mista-ukrayin>
10. Шатов С. В. Визначення параметрів уламків зруйнованих споруд та елементів будівель, які реконструюються. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. Д. : ПДАБА. 2011. Т. 3. С. 8–14.
11. Шатов С. В. Технологічні особливості розбирання завалів зруйнованих будівель на транспортних мережах. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури* : зб. наук. пр. Дніпропетровськ, 2010. № 10. С. 48–52.
12. Шпакова Г. Шляхи і можливості переробки будівельних відходів в Україні. *Будівельне виробництво*. 2012. № 54. С. 22–23.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-519-8-17>

STABILITY OF HIGHWAY EMBANKMENT SLOPES UNDER SPECIAL OPERATING CONDITIONS

СТІЙКІСТЬ УКОСІВ НАСИПУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Ostroverkhyy O. G.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of System Design of Transport
Infrastructure Objects and Geodesy
National Transport University
Kyiv, Ukraine*

Островерхий О. Г.

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри системного
проектування об'єктів транспортної
інфраструктури та геодезії
Національний транспортний
університет,
м. Київ, Україна*

Shapovalov O. V.

*Chief Project Engineer
"Scientific and Production Association
"Transengineering" LLC
Kyiv, Ukraine*

Шаповалов О. В.

*головний інженер проєктів
ТОВ «Науково-виробниче об'єднання
«Трансінжиніринг»»
м. Київ, Україна*

Автомобільна дорога є лінійною інженерною спорудою і різноманітний характер умов експлуатації окремих ділянок, потребує комплексного аналізу всіх факторів, що дає змогу обрати найкраще проектне рішення. Автомобільна дорога може проходити відкритою або забудованою місцевістю, розміщуватися в насипу або у виїмці, перетинати понижені місця рельєфу або прокладатися по гребню дамби. Найпоширенішими ділянками автомобільних доріг, які працюють в особливих умовах експлуатації, є підходи до малих і середніх мостів, а також насипи в місці розташування водопропускальних труб. Визначальним фактором для забезпечення безпечної експлуатації даних ділянок доріг є врахування дії поверхневих вод.

Втрата стійкості укосів насипів, які підтоплюються, є одним з найбільш розповсюджених видів деформації земляного полотна на мостових переходах і перевірка стійкості укосів земляного полотна на підходах до мостів є обов'язковою задачею проектування [1, п. 7.7]. Для забезпечення безпеки проїзду транспорту такими ділянками дороги і уникнення переливання поверхневих вод через земляне полотно, нормативним документом висуваються вимоги щодо висоти насипу [1, пп. 6.6.9, 7.3, 7.4]: висота насипу призначається з урахуванням горизонту поверхневої води, дії хвилі і висоти набігання хвилі на укіс (рис. 1). Але в нормативних документах відсутні вимоги щодо положення горизонту поверхневої води при розрахунку стійкості укосу насипу.

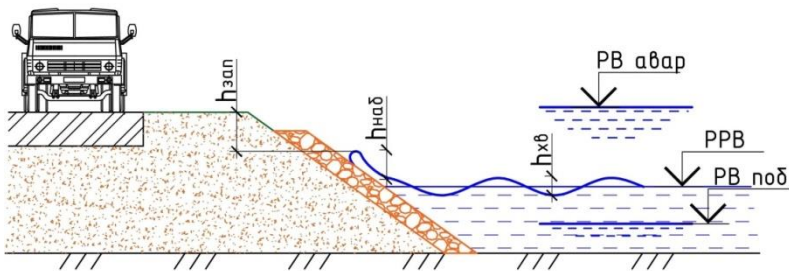


Рис. 1. Схема до розрахунку насипу, який підтоплюється

При розрахунку висоти насипу за розрахунковий рівень води приймається глибина підпору, яка визначається гідравлічним або гідрологічним розрахунком на пропускання поверхневих вод заданої імовірності перевищення паводку (надалі – ППП) штучними спорудами [2, с. 21]. Для розрахунку стійкості укосу насипу глибина води, що відповідає завданому рівню ППП, не завжди є розрахунковим –

найнебезпечнішим випадком. Найнебезпечнішим випадком вважається той, при якому за заданих умов коефіцієнт стійкості укосу насипу буде найменшим. Згідно з нормативами, розрахунок штучних споруд виконується на пропуск витрат ІПП 1, 2 або 3 %, це значить, що очікувати такі витрати можна один раз на 100, 50 та 33 роки відповідно [2, с. 16]. У більшості випадків рівень води біля штучних споруд буде нижче ніж той, що відповідає заданому рівню ІПП. Але під час експлуатування автомобільної дороги можливе виникнення аварійних ситуацій природного чи техногенного середовища. В результаті дії стихійного лиха (ураган, шквал, повені, зсув ґрунту, тощо) або їх збігу можуть виникнути аварійні випадки, в яких штучна споруда не зможе пропустити всіх витрат поверхневого стоку (наприклад, через часткове замулення або засмічення отвору споруди) [3]. В цьому випадку підпір води біля штучної споруди буде більший ніж той, що відповідає завданому рівню ІПП і це може призвести до переливання води через земляне полотно. Таким чином, для розрахунку стійкості укосу насипу необхідно враховувати рівень води, як вище так і нижче ніж той, що відповідає завданому рівню ІПП для розрахунку штучної споруди (рис. 1).

Для визначення розрахункового (найнебезпечнішого) положення рівня води для стійкості укосу насипу, нами були виконані розрахунки насипу з різних видів ґрунтів, різної висоти і змінної глибини підпору води (всього було виконано 470 розрахунки). Розрахунок виконано для однорідних насипів з чотирьох видів ґрунтів (глини, суглинку, супіску і піску) та дев'яти розрахункових висот (рис. 2) по методиці круглоциліндричних поверхонь ковзання у модифікації К. Терцагі з урахуванням гідродинамічного тиску води. Висота насипу визначена згідно з вимогами п. 6.6.9, п. 7.3, п. 7.4 [1] (рис. 1) в залежності від глибини води (табл. 1).

Згідно з отриманими розрахунками (рис. 2) найнебезпечніша глибина води для стійкості укосу насипу у більшості випадків менша ніж та, що відповідає завданому рівню ІПП. Найменше значення коефіцієнту стійкості укосу ґрунтового насипу при глибині води, що відповідає завданому рівню ІПП, виявлено у 33% випадків для насипів з глини, 11% для насипів з суглинків і 22% для насипів з супісків, а для насипів з пісків такого співпадіння не виявлено.

Таблиця 1

Визначення висоти насипу на затоплюваних ділянках

Глибина води, м	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Висота хвилі, м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Висота набігу хвилі, м	0,39	0,52	0,65	0,77	0,90	1,03	1,16	1,29	1,42
Висота насипу, м	3,2	3,9	4,7	5,4	6,1	6,8	7,6	8,3	9,0

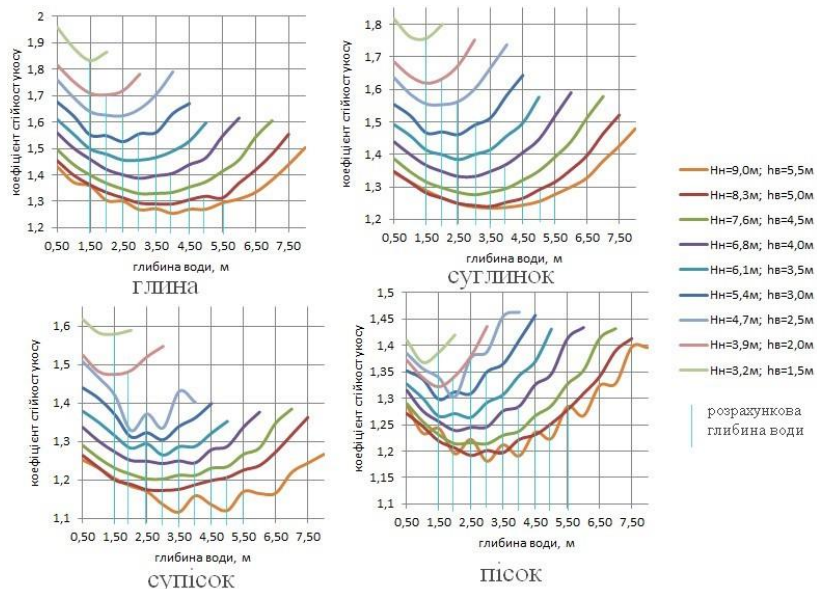


Рис. 2. Графіки залежності коефіцієнту стійкості укосу від висоти насипу і глибини підпору води

Для насипу, який складається з різних видів ґрунтів, найнебезпечніша глибина води для стійкості укосу може бути як більшою так і меншою за глибину, що відповідає заданому рівню ПП. Як приклад, в табл. 2 наведено результати розрахунків стійкості укосу насипу, який складається з різних видів ґрунтів у нижній (підтоплюваній) і верхній (сухий) частинах насипу.

Таблиця 2

Коефіцієнт стійкості укосу насипу, що складається з різних видів ґрунтів

Глибина води, м	Коефіцієнт стійкості укосу насипу при висоті насипу H_n								
	$H_n=9,0$ м	$H_n=8,3$ м	$H_n=7,6$ м	$H_n=6,8$ м	$H_n=6,1$ м	$H_n=5,4$ м	$H_n=4,7$ м	$H_n=3,9$ м	$H_n=3,2$ м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,50	1,337	1,343	1,376	1,425	1,474	1,533	1,609	1,645	1,759
1,00	1,308	1,305	1,334	1,382	1,430	1,488	1,553	1,587	1,687
1,50	1,280	1,269	1,300	1,344	1,387	1,447	1,513	1,551	1,654

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,00	1,250	1,250	1,277	1,320	1,365	1,423	1,496	1,552	1,667
2,50	1,236	1,230	1,259	1,299	1,342	1,403	1,468	1,570	
3,00	1,219	1,220	1,247	1,293	1,348	1,383	1,376	1,550	
3,50	1,208	1,213	1,248	1,299	1,347	1,379	1,431		
4,00	1,212	1,219	1,254	1,294	1,312	1,365	1,402		
4,50	1,195	1,223	1,269	1,300	1,321	1,397			
5,00	1,164	1,239	1,249	1,288	1,351				
5,50	1,198	1,244	1,266	1,337		1,347			
6,00	1,181	1,241	1,284	1,376					
6,50	1,167	1,270	1,348						
7,00	1,220	1,315	1,380		1,247				
7,50	1,243	1,362		1,348					
8,00	1,266								

Умовні позначення:
 – коефіцієнт стійкості укусу при розрахунковому положенні рівня води;
 – найменший коефіцієнт стійкості;
 – коефіцієнт стійкості укусу при положенні рівня води вище розрахункового (аварійний випадок)

Виходячи з вище викладеного, можна зробити висновок, що при розрахунку стійкості укусу насипу на затоплюваних ділянках необхідно відшукувати небезпечне положення рівня поверхневих вод, при якому коефіцієнт стійкості укусу буде мінімальним. Найнебезпечніша глибина води для стійкості укусу насипу не завжди співпадає з глибиною води, яка є розрахунковою при визначенні висоти насипу (відповідає завданому рівню ІПП).

Література:

1. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Вид. офіц. К. : ДП «ДерждорНДІ», 2015 91 с.
2. Ласка Р. В., Шаповалов О. В. Проектування мостів : навчальний посібник. Одеса : Optimum, 2011. 267 с. ISBN: 978-966-344-474-1
3. Петричко С. М., Шаповалов О. В. Аварійні ситуації на автомобільних дорогах як нещасні випадки на виробництві. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту* : матеріали V Всеукр. наук.-практ. конф., м. Одеса, 4–5 травня 2023 р. / ОДАБА Одеса, 2023. С. 129–131.