

# РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 625.723

Каськів В.І., канд. техн. наук, Гусєв О.В., канд. техн. наук, Каськів С.В.

## КОЕФІЦІЄНТ СТІЙКОСТІ УКОСУ НАСИПУ. ПОТРІБНО ЙОГО НОРМУВАТИ ЧИ НІ?

**Анотація.** Підняті питання про необхідність перегляду нормування величини коефіцієнта стійкості укосу насипу та зовнішнього навантаження, що прикладають при розрахунках насипів.

**Ключові слова:** автомобільна дорога; насип; укіс; коефіцієнта стійкості укосу; зовнішнє навантаження.

**Аннотация.** Подняты вопросы о необходимости пересмотра нормирования величины коэффициента устойчивости откоса насыпи и внешней нагрузки, действующей на насыпи при их расчете.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога; насыпь; откос; коэффициент устойчивости откоса; внешняя нагрузка.

**Aannotation.** Raised questions about the need to review standardization coefficient of stability of the embankment slope and the external load is applied in the calculation of embankments.

**Key words:** road; embankment; slope; slope stability factor; an external load.

**Постановка проблеми**

Зараз проходить перезатвердження, переробка і доповнення одного із основних документів у дорожній галузі – ДБН В.2.3–4 [1].

На нашу думку, слід приділити увагу: 1) узгодженості будівельних норм між собою в розділі навантажень і зусиль, що діють на споруди і конструкції; 2) висунути вимоги до величини і розрахункових залежностей для визначення коефіцієнта стійкості укосу насипу.

### **Основна частина**

Основними ґрунтовими спорудами на автомобільних дорогах є насипи. Першочергове значення при їх влаштуванні має стійкість таких споруд, особливо, їх укосів. Практика будівництва й експлуатації автомобільних доріг свідчить про неодноразові випадки деформацій і навіть руйнування високих насипів. Причому, деформації мають місце не тільки на насипах, які знаходяться в несприятливих природно-кліматичних, інженерно-геологічних та гідрологічних умовах, як наприклад, у гірських районах Криму і Карпат, на схилах, що схильні до прояву зсувних процесів, але й у порівняно сприятливих умовах рівнини.

Загальна стійкість насипів, як ґрунтових масивів, може бути забезпечена тільки відповідним підбором ґрунтів, раціональним управлінням технологічним процесом їх спорудження та ущільнення, розрахунком оптимальної крутизни укосів, відповідним укріпленням і системою експлуатаційних заходів.

Згідно з ДБН В.2.3–4 [1] для насипів висотою понад 3 м змінюється величина закладання укосів, а також вимоги із забезпечення безпеки руху, що знайшло своє відображення також у ДСТУ 2735 [2], тому насипи висотою понад 3 м можна вважати високими. Проте у ДБН В.2.3–4 [1] також відмічено, що "... Індивідуальні рішення щодо конструкцій поперечного профілю з відповідними обґрунтуваннями призначаються:

- для насипів заввишки понад 12 м;
- для насипів з тимчасовим або постійним затопленням укосів;
- для насипів, що споруджуються на болотах завглибшки понад 4 м з виторфовуванням, або за наявності поперечних похилів дна болота понад 1:10;
- для насипів, що споруджуються на слабких ґрунтах;
- при використанні в насипах ґрунтів підвищеної вологості;
- для виїмок завглибшки понад 12 м, влаштованих у нескельних ґрунтах, та завглибшки понад 16 м – у скельних ґрунтах;

- для виїмок у шаруватих ґрунтових масивах за несприятливих гідрогеологічних умов;
- для виїмок завглибшки понад 6 м в пилюватих ґрунтах, а також у глинистих і скельних ґрунтах, що розм'якшуються і втрачають стійкість в укосах під дією погодно-кліматичних факторів;
- для виїмок у набухаючих ґрунтах за несприятливих умов їх зволоження;
- для насипів і виїмок, що споруджуються в складних інженерно-геологічних умовах: згідно із СНиП 1.02-07 на крутосхилах понад 1:3, на ділянках з наявністю або можливістю виникнення зсувів, карсту, обвалів, осипів, сельових потоків, снігових лавин тощо;
- на ділянках, на яких застосовуються дренажні та інші споруди, що забезпечують стійкість земляного полотна;
- на ділянках сполучення земляного полотна з мостовими спорудами тощо.”

Тобто насипи висотою 12 м і виїмки глибиною 6 – 12 м повинні мати індивідуальні проектні рішення щодо конструкцій поперечного профілю, зокрема з перевіркою стійкості їх укосів і споруди в цілому.

У роботі [3] під “високими насипами” розуміють насипи висотою понад 9 м, а у [4] – насипи висотою 6 м і вище. Якщо врахувати пункт у ДБН В.2.3–4 [1] щодо прийняття індивідуальних проектних рішень до поперечного профілю насипів “... на ділянках сполучення земляного полотна з мостовими спорудами ...”, то, на нашу думку, “високими насипами” слід вважати насипи висотою 6 м і вище, як прийнято у [4], які охоплюють основний діапазон цих споруд на автомобільних дорогах України.

У рамках виконання науково-дослідної роботи на замовлення Державної служби автомобільних доріг України (нині агенство) в НТУ на кафедрі будівництва та експлуатації доріг у 2008 – 2009 роках було виконано моніторинг стану високих насипів на автомобільних дорогах державного значення, результати обстеження наведені у табл. 1.

**Таблиця 1** – Результати моніторингу стану високих насипів на автомобільних дорогах державного значення

Інтервал	Кількість насипів, од.
----------	------------------------

висот, м	Категорія				З деформаціями	Без деформацій	% деформацій
	I	II	III	IV			
6–10	65	83	37	3	53	135	28,2
10–12	22	20	6	1	14	35	28,6
12–15	6	7	3	1	6	11	35,3
15–20	7	5	7		7	12	36,8
>21	6	2	15		12	11	52,2
$\Sigma$	106	117	68	5	92	204	31,1

Згідно даних моніторингу (23 області) і даних табл. 1 встановлено, що загальна протяжність високих насипів на автомобільних дорогах загального користування складає понад 150 км. Найбільша кількість насипів розташована на дорогах II категорії в діапазоні висот від 6 м до 10 м. Найбільше деформацій (близько 52,2 %) спостерігається на насипах висотою понад 21 м та у дорожньо-кліматичній зоні У-II. Середній відсоток деформацій на насипах становить 31,1 %. Основний вид деформацій (понад 70 %) це розмиви укосів насипів, а також зсуви укосів і деформації узбіч.

Деформації узбіч і розмиви укосів насипів є локальними деформаціями, які впливають на його місцеву стійкість. Більш небезпечними є зсуви укосів, які впливають на загальну стійкість укосів насипу і можуть бути причиною обмеження або перекриття руху на ділянці дороги з деформаціями. Тому ще на стадії проектування конструкції земляного полотна необхідно, по можливості, врахувати всі природні та техногенні фактори, які діють на споруду, з метою виключення їх негативного впливу.

Одним із обов'язкових розрахунків високих насипів, які потрібно виконувати – є розрахунок стійкості його укосів. Майже всі методи розрахунку стійкості укосів насипу (виїмки) оперують поняттям “коефіцієнта стійкості” або “коефіцієнта запасу стійкості” (фізична суть їх однакова – відношення сил або моментів сил, що забезпечують стійкість укосу насипу, до сил або моментів сил, що порушують його стійкість)<sup>1</sup>, яке порівнюють із його нормативним (нормованим) значенням або просто “одиницею”, роблячи в подальшому висновок чи забезпечена їх стійкість, чи ні.

Виникає питання: **“Яка величина нормативного коефіцієнта стійкості і спосіб його визначення?”** Оскільки основні норми на проектування

<sup>1</sup> Оскільки в технічній літературі для одних і тих же розрахунків зустрічаються обидва терміни, на думку авторів, “коефіцієнт стійкості” доцільно застосовувати при розрахунках, а “коефіцієнт запасу стійкості” для нормованого його значення.

автомобільних доріг і вулиць ДБН В.2.3–4 [1] і ДБН В.2.3–5 [5] не регламентують цей показник. Правда, у ВБН В.2.3–218–544 [6] наведено мінімально допустимий “коефіцієнт стійкості армованого укусу” (для доріг I та II категорій приймають рівним 1,5; III – V категорій – 1,3), а також у цьому документі наведено величини загальних “коефіцієнтів запасу стійкості конструкції” від важливості споруди з врахуванням економічних і життєвонебезпечних наслідків, їх значення коливається від 1,0 до 1,4.

У ДБН В.1.1–3 [7] нормованим значенням “коефіцієнта стійкості” схилу (укусу) називають мінімальний запас утримуючих сил по відношенню до сил зрушення, а його значення в залежності від ступеня відповідальності споруди і сполучення навантажень коливається від 1,05 до 1,35. У СНиП 2.01.15 [8] – від 1,05 до 1,25.

Згідно із СНиП 2.06.05 [9] числове значення коефіцієнта стійкості повинно бути не менше ніж 1,10.

У дорожньому будівництві, за даними [10], нормативне значення коефіцієнта стійкості можна визначити за формулою:

$$K_{\text{ст.н}} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_m, \quad (1)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує ступінь достовірності даних про характеристики ґрунтів. При цьому приймають:  $K_1 = 1,05$  при випробуванні не менше п'ятох зразків;  $K_1 = 1,1$  при випробуванні не менше трьох зразків ґрунту;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує категорію дороги, приймають:  $K_2 = 1,03$  для доріг I і II категорій;  $K_2 = 1,00$  для доріг III – V категорій;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує ступінь шкоди для народного господарства у випадку аварії споруди, приймають:  $K_3 = 1,2$ , якщо руйнування становить небезпеку для руху або викликає перерву у русі більше ніж на одну добу;  $K_3 = 1,1$ , якщо очікуваний інтервал перерви в русі менше однієї доби;  $K_3 = 1,0$ , якщо порушення стійкості викликає зниження швидкостей руху або порушує роботу водовідвідних споруд;

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує відповідність розрахункової схеми природним інженерно-геологічним умовам. При цьому приймають:  $K_4 = 1,05$ , якщо розрахунок ведеться методом спроб;  $K_4 = 1,00$ , якщо поверхня ковзання явно виражена і ґрунт однорідний;

$K_5$  – коефіцієнт, що враховує вид ґрунту і його роботу в споруді. У середньому приймають:  $K_5 = 1,03$  для піщаних ґрунтів і  $K_5 = 1,05$  для глинистих ґрунтів;

$K_m$  – коефіцієнт, що враховує особливості методу розрахунку. При розрахунках стійкості укосів методом Терцаґи – Крея і Шахунянца приймають  $K_m = 1,0$ ; при розрахунках за методом Маслова – Берера –  $K_m = 0,8$ .

Згідно розрахунків, виконаних за формулою (1), якщо не враховувати  $K_m = 0,8$ , мінімальне значення нормативного коефіцієнта стійкості складе 1,08, а максимальне – 1,50.

Формулу (1) покладено і в розрахунок нормативного коефіцієнта стійкості програми “Откос” програмного комплексу “CREDO”.

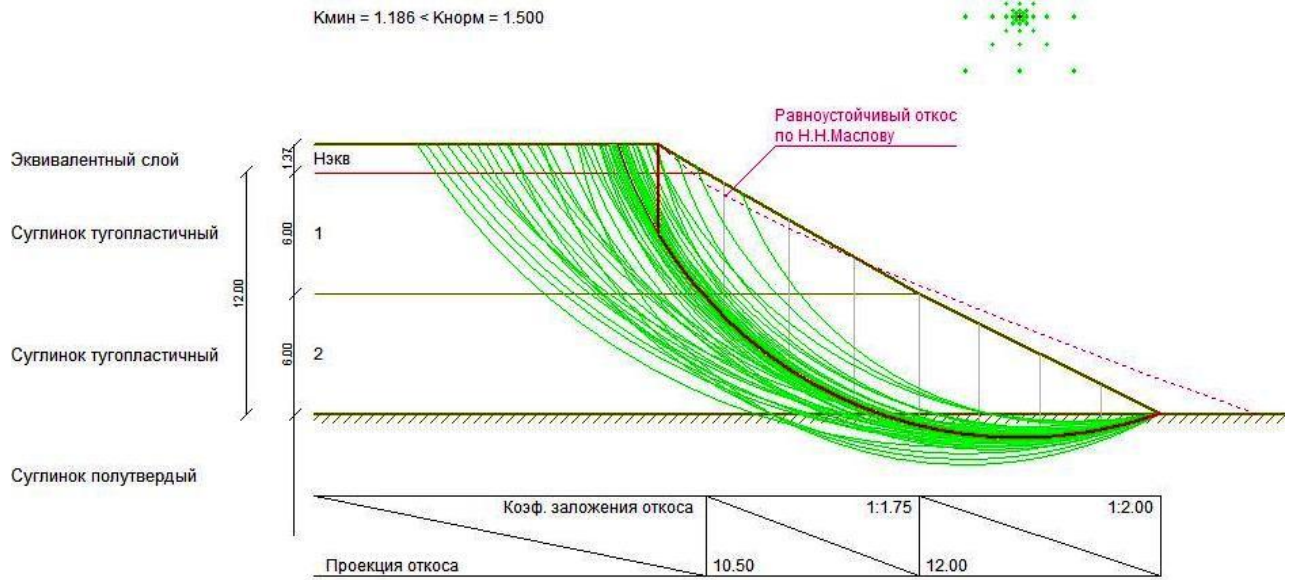
Авторами, за допомогою програми “Откос”, виконано розрахунки (понад 300 розрахунків) коефіцієнта стійкості укосів високих насипів як проектних, так уже побудованих ділянок автомобільних доріг. Деякі результати наведено на (рис. 1).

Встановлено, що ні один із насипів, при забезпеченні стійкості ( $K_{ст.н} = 1,15 – 1,32$ ) не відповідав вимогам умови:

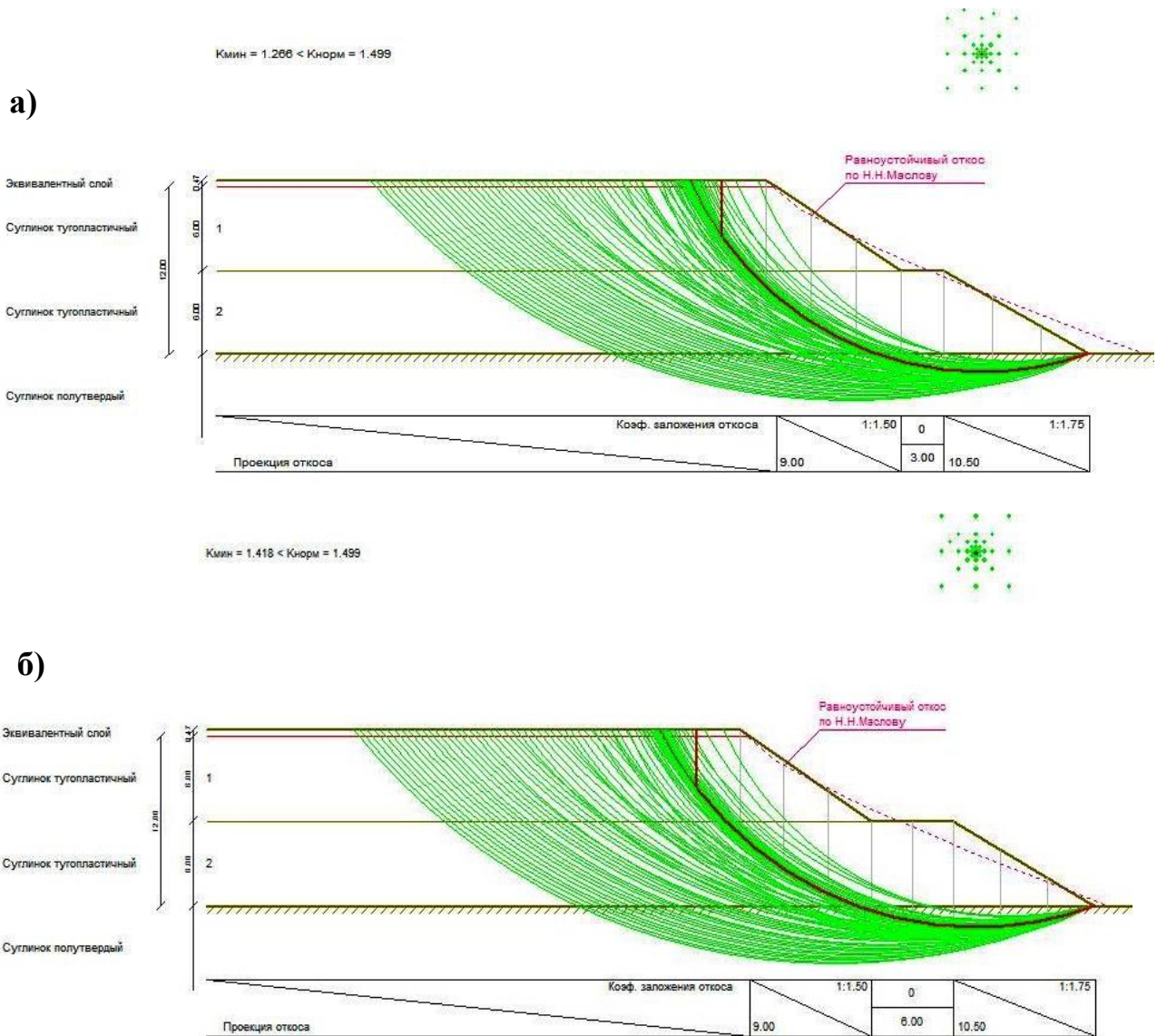
$$K_{ст.} \geq K_{ст.н} \cdot \quad (2)$$

де для доріг першої категорії  $K_{ст.н} = 1,50$ .

Цікавим є те, що значення коефіцієнта стійкості укосу насипу, що дорівнює 1,50 не вдалось досягти навіть за допомогою влаштування бERM (рис. 2).



**Рисунок 1** – Результати розрахунку стійкості укосу насипу



**Рисунок 2** – Результати розрахунку стійкості укосу насипу з бермою

Зовнішнє навантаження приймали НК-80 і згідно з рекомендаціями ДБН В.2.3–4 [1] у яких регламентовано: “При розрахунках стійкості насипів земляного полотна та підпірних стінок, що розташовані з підгірного боку насипу, треба враховувати максимально допустиму повну вагу автотранспортного засобу 44 т при відстані між його крайніми осями не менше ніж 10 м”.

Як відомо, автомобільна дорога – це лінійний комплекс інженерних споруд...

Одними з таких споруд є підпірні стінки, мости та шляхопроводи. Тут виникає невідповідність між вимогами [1] і, наприклад, між нормами, що регламентують розрахунок підпірних стінок та мостів. Норми на розрахунок підпірних стінок зокрема ВСН 167 [11] і СНиП 2.09.03 [12] вимагають при розрахунках використовувати навантаження АК від автотранспортних засобів, від одиничного колісного навантаження НК і гусеничного навантаження НГ.

ДБН В.1.2–15 [13] (який адаптовано до сучасних європейських норм) чітко регламентує, що однією із моделей навантаження на які потрібно розраховувати сучасні мости – є одиничне навантаженням НК, що являє собою чотиривісний колісний екіпаж.

Прийнято два типи навантаження НК:

- НК-100 з навантаженням на вісь  $P = 245$  кН (25 тс) – на автомобільних дорогах I, II і III категорій, на міських автомагістралях і магістральних вулицях загальноміського значення, а також на мостах завдовжки понад 200 м на дорогах IV і V категорій;
- НК-80 з навантаженням на вісь  $P = 196$  кН (20 тс) – на всіх інших автомобільних дорогах та вулицях населених пунктів.

Виникає ще одне питання: **“Чому мости та шляхопроводи проектують на навантаження повною вагою 100 т, а під’їзди до них на – 44 т ?”**

Ще одним слабким місцем у піднятому питанні, у сучасних розрахунках стійкості укосів насипу, є заміна дії зосередженого зовнішнього навантаження дією еквівалентного шару ґрунту, що є вже “дуже наближеним” підходом.



## Висновок

На сучасному етапі функціонування дорожньої галузі назріла низка питань, що потребують вирішення. А саме:

1) потрібне уточнення розрахункової схеми зовнішнього навантаження при розрахунках стійкості як укосів насипів, так і цих споруд в цілому;

2) необхідно виконати кореляційні розрахунки коефіцієнта стійкості укосів насипу за різними методами з врахуванням досягнень сучасних комп'ютерних технологій, нових підходів, а також з врахуванням різних схем і моделей зовнішнього навантаження;

3) потрібно уточнити розрахунки нормативного коефіцієнта запасу стійкості укосів насипу та включити його величини в основні нормативні документи з проектування автомобільних доріг.

## Література

1. ДБН В.2.3–4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
2. ДСТУ 2735–74. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху.
3. Каськів В.І. Удосконалення показників робочої зони високих насипів з врахуванням інфільтрації атмосферних опадів: Дис... канд. техн. наук: 05.22.11. – К., 1998. – 286 с.
4. Р В.2.3–218–02070915–757:2009. Рекомендації з підвищення стійкості високих насипів автомобільних доріг. – К. : Укравтодор, 2009. – 30 с.
5. ДБН В.2.3–5–2001. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. – К. : Держбуд України, 2001. – 52 с.
6. ВБН В.2.3–218–544:2008. Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві. – К. : Укравтодор, 2008. – 126 с.
7. ДБН В.1.1–3–97. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. – К. : Держбуд України, 1998. – 47 с.
8. СНиП 2.01.15–90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования.– М. : Госстрой СССР. – 56 с.
9. СНиП 2.06.05–84\*. Плотины из грунтовых материалов. – М. : Госстрой СССР, 1991. – 50 с.
10. Справочник сільського дорожника / Заворицкий В.И. и др. / Под ред. В.И.Заворицкого. – К. : Урожай, 1991. – 368 с.
11. ВСН 167–70. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. – М. : Минтрансстрой, 1970. – 30 с.
12. СНиП 2.09.03–85. Сооружения промышленных предприятий. – М. : Госстрой СССР. – 102 с.
13. ДБН В.1.2–15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 22 с.