

І.А. Єрмакова, к.т.н., доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ УКОСІВ НАСИПІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ – «ХВОСТІВ»

Для влаштування земляних споруд запропоновано матеріал, який складається із 70% «хвостів» і 30% середнього суглинку. Показано, як з використанням цього матеріалу розв'язуються екологічні, технічні й економічні проблеми промисловості.

Ключові слова: суглинок, «хвости», насип, стійкість, укіс.

И.А. Ермакова, к.т.н., доцент

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ УКОСОВ НАСЫПЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – «ХВОСТОВ»

Для устройства земляных сооружений предложен материал, который состоит из 70% «хвостов» и 30% среднего суглинка. Показано, как с использованием этого материала решаются экологические, технические и экономические проблемы промышленности.

Ключевые слова: суглинок, «хвосты», насыпь, стойкость, откос.

I.A. Yermakova, candidate of science, associate professor

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

EVALUATION OF STABILITY BANK SLOPE USING WASTE MINING PLANT – THE «TAIL»

Proposed designs for the device ground material, which consists of 70% of the «tails» and 30% loam. Shown how to use this material to address the environmental, technical and economic challenges of industry.

Keywords: loam, «tails», embankment, stability, slope.

Вступ. Значна частина будівель і споруд влаштовується на насипах. Це перш за все автомобільні дороги, а також будівлі та споруди на слабких ґрунтах – ґрунтових подушках. Для утворення насипів і ґрунтових подушок необхідний значний об'єм ґрунтів, які звичайно забирають зі спеціальних кар'єрів. Улаштування кар'єрів призводить до втрати родючих земель, що суперечить вирішенню екологічних питань конкретних територій. У зв'язку із цим постає питання про повну чи часткову заміну ґрунтів насипів іншим матеріалом.

З іншого боку, значні площі родючих земель України знищуються тим, що засипаються відходами гірничозбагачувальної промисловості («хвости», шлам тощо). Доцільним було б знайти спосіб використання таких відходів для влаштування земляних споруд. Таким шляхом можна ефективно розв'язати екологічні проблеми багатьох промислових регіонів.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Значний об'єм видобутку і збагачення залізної руди в Україні призвів до того, що утворилися значні об'єми відходів цієї промисловості, які накопичуються у відвалах, виводять із використання значні площі земельних угідь і створюють небезпечні екологічні обставини внаслідок потрапляння в атмосферу значної кількості пилу. Головним чином, відходи гірничозбагачувальної промисловості («хвости») представлені дрібними частинками ($0,1 \div 0,001$ мм) кварцу та польових шпатів і в природному стані майже не мають питомого зчеплення. У зв'язку із цим безпосереднє використання відходів гірничозбагачувальної промисловості в елементах насипів та зворотних засипок ускладнюється, особливо в межах робочого шару й укосів [1].

Для забезпечення довгострокової міцності та поліпшення будівельних властивостей бажано надати інертним відходам характеристик зв'язного ґрунту, що можна вирішити шляхом додавання дозованої кількості місцевих глинистих ґрунтів.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. У лабораторії кафедри основ і фундаментів під керівництвом професора, д.т.н. М.Л. Зоценка та доцента, к.т.н. В.І. Коваленка проведені дослідження динамічного ущільнення суглинку, суміші «хвостів» Полтавського ГЗК із домішкою 10, 20, 30% за вагою суглинку. Також у лабораторії були проведені пенетраційні, компресійні випробування та дослідження одноплщинного зрушення суглинку та суміші «хвостів» з домішкою 30% суглинку [2, 3].

Тому за **мету роботи** прийнято екологічний підхід при влаштуванні земляних споруд. Основою ефективності є той факт, що суміш суглинку і «хвостів» при оптимальних щільності-вологості має більші механічні характеристики, ніж суглинок, який теж ущільнено до оптимальних параметрів [4 – 6].

Основний матеріал і результати. Розглянемо приклади насипів, виконаних тільки із суглинку та суміші «хвостів» і суглинку. Розрахунок стійкості виконано за допомогою програмного комплексу «Prust-2м», розробленого в ОДАБА під керівництвом проф. О.В. Школи і вдосконаленого на кафедрі геотехніки ПолтНТУ. Програма реалізує алгоритм методу круглоциліндричних поверхонь ковзання. У розрахунках розглядається ґрунтовий масив, обмежений поверхнею довільної форми, враховуються вертикальні рівномірно розподілені навантаження, які діють по його поверхні.

Варіанти положення поверхонь ковзання задаються автоматично шляхом генерування випадкових чисел у трьох інтервалах характерних точок, які розташовані:

- на денній поверхні (точка входу);
- на позначці підошви чи укосу (точка виходу);
- допоміжна точка, що призначається із конструктивних міркувань.

Перший інтервал, що умовно називається «вхід», характеризує зону входу поверхні кривої ковзання. Цей інтервал призначається на умовній

горизонтальній площині з позначкою, яка відповідає рівню найвищої точки описання покрівлі першого шару ґрунтового масиву.

Другий інтервал, що називається умовно «вихід», характеризує зону виходу поверхні ковзання та задається прямолінійним відрізком, розташованим за розрахунковою шириною території, починаючи від підосви укосу ґрунтового масиву, що розглядається.

Положення третього інтервалу – «на допоміжній вертикалі» – приймається, виходячи з особливостей споруди. У розрахункових схемах він задається приблизно посередині укосу та характеризує розвиненість поверхні ковзання по глибині ґрунтового масиву.

Алгоритм програми передбачає виконання розрахунку в три етапи:

– на першому етапі розрахунок виконується до умовної вірогідності $P = 0,7$. При цьому визначаються межі фактичних інтервалів (за отриманими у процесі розрахунку п'ятьма мінімальними коефіцієнтами надійності по стійкості), які після закінчення етапу виводяться на екран для корегування;

– на другому етапі виконується розрахунок у відкоригованих межах інтервалів при тій же кількості поверхонь ковзання, що і на першому етапі;

– на третьому – здійснюється розрахунок у відкоригованих на другому етапі межах інтервалів до отримання необхідної умовної вірогідності розрахунку.

Насип із покривного суглинку. Розрахункову схему наведено на рисунку 1. Насип висотою 7,0 м, висота укосу – 6,0 м. Розподілене навантаження на насип $q = 200$ кПа. Характеристики ущільненого суглинку наведено у таблиці 1.

Насип підстеляють піски середньої крупності з такими характеристиками:

- питома вага $\gamma_1 = 18,8$ кН/м³;
- кут внутрішнього тертя $\varphi_1 = 34^\circ$;
- питоме зчеплення $\tilde{\eta} = 0$.

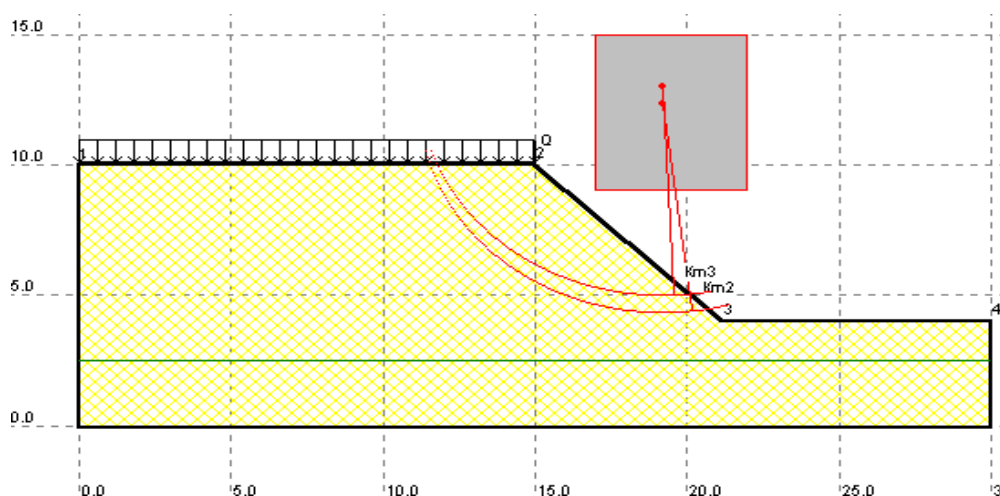


Рис. 1. Насип із суглинку

Таблиця 1. Гранулометричний склад покривного суглинку, «хвостів» та їх сумішей

Діаметр фракцій					Межі й число пластичності		
> 0,1	0,1 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,002	< 0,002	W_p	W_L	I_p
покривний суглинок							
1,8	16,2	50,6	11,6	19,8	22,19	35,94	13,75
«хвости»							
0,6	16,5	26,1	55,4	1,4	19,9	21,1	1,2
суміш «хвостів» та 10% суглинку							
0,72	16,47	28,55	51,02	3,24	19,2	21,6	2,4
суміш «хвостів» та 20% суглинку							
0,84	16,44	30,92	46,72	5,08	19,4	23,1	3,7
суміш «хвостів» та 30% суглинку							
0,96	16,41	33,45	42,26	6,92	19,6	24,40	4,8

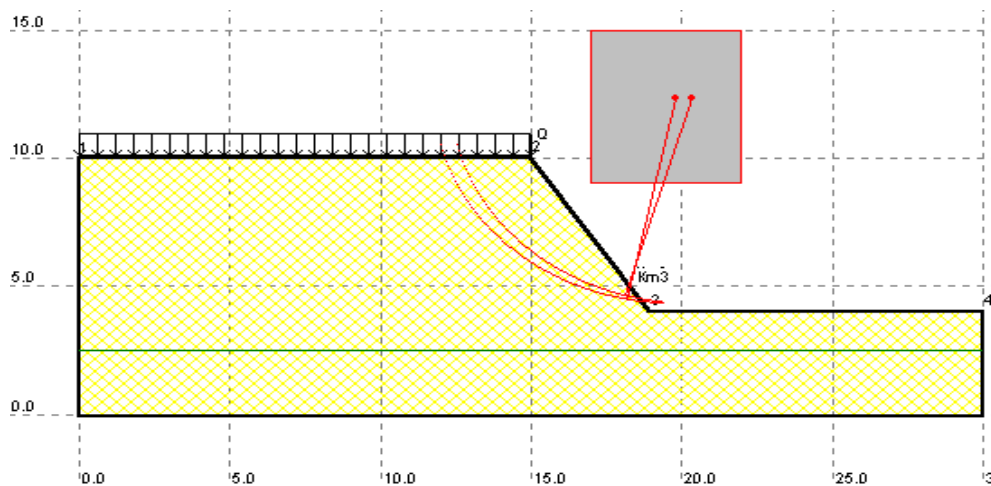


Рис. 2. Насип із суміші

Насип із суміші 70% «хвостів» і 30% покривного лесового суглинку. Розрахункову схему наведено на рисунку 2. Насип висотою 7,0 м, висота укосу – 6,0 м. Розподілене навантаження на насип $q = 200$ кПа. Характеристики ущільненої суміші наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Механічні характеристики ущільнених суглинку і суміші

Матеріал	Щільність твердих частинок ρ_s , т/м ³	Оптимальна вологість W	Максимальна щільність скелета ґрунту ρ_{dmax} , т/м ³	Проектна щільність скелета ґрунту ρ_{ds} , т/м ³	Проектні характеристики			
					питома вага γ_{22} , кН/м ³	модуль деформації E , МПа	кут тертя φ_{22} , град.	питоме зчеплення $\tilde{\eta}_{22}$, кПа
суглинок	2,67	0,25	1,689	1,64	2,03	26	22	60
суміш	2,99	0,182	1,838	1,80	2,13	30	31	31

Насип підстеляють піски середньої крупності.

Задача. Визначити величину залягання укосів обох насипів при значенні коефіцієнта стійкості укосів $k_{\text{нд}} = 1,3$.

У результаті розрахунку при постійному значенні коефіцієнта стійкості $k_{\text{нд}} = 1,3$ отримано величини закладення укосу:

- для насипу із суглинку $x = 6,2$ і ;
- для насипу із суміші 70% «хвостів» і 30% суглинку $x = 3,95$ і .

Унаслідок нескладних розрахунків встановлено, що на кожні 100 м насипу ущільненої суміші витрачається на 673 м³ менше, ніж ущільненого суглинку.

Висновки. Отже, як свідчать механічні характеристики ущільнених суглинку і суміші, насип, виконаний із суміші 70% «хвостів» і 30% покривного суглинку, має механічні характеристики, дещо вищі, ніж подібна споруда, виконана лише з одного суглинку.

Відповідні розрахунки показують, що при використанні суміші замість звичайного суглинку для виготовлення насипу, обмеженого укосом, збільшується крутизна укосу, тим самим зменшуючи об'єми насипу.

Література

1. Єрмакова, І. А. Особливості встановлення взаємозв'язку між результатами динамічного ущільнення і показниками механічних характеристик / І. А. Єрмакова // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, – 2003. – № 12. – С. 91 – 95.
2. Зоценко, М. Л. Використання «хвостів» Полтавського ГЗК при влаштуванні земляних споруд / М. Л. Зоценко // Світ геотехніки. – Київ, 2005. – № 4. – С. 7 – 11.
3. Використання відходів гірничозбагачувальної промисловості для влаштування штучних основ / Ю. Л. Винников, М. О. Харченко, Р. М. Лопан, П. М. Омельченко // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА, 2009. – Вип. 36. – С. 75 – 83.
4. Єрмакова, І. А. Екологічний підхід при будівництві будівель і споруд на насипах / І. А. Єрмакова // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво (науково-технічний збірник) – Київ, 2013. – Вип. 87. – С. 29 – 34.
5. Geomechanical behaviour of Aznalcollar tailings deposits / Alonso, E., Lloret, A., Gens, A., Rodriguez, R. // Proceedings of the XIIIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering Prague. – Prague, 2003. – P. 11 – 16.
6. The problems related to the construction and exploitation of the tailings dams in Albania / Bozo L., Goga K. // Proceedings of the XIIIth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering Prague. – Prague, 2003. – P. 37 – 44.

Надійшла до редакції 30.09.2013

© І. А. Єрмакова