



УДК 625.7/8

Усиченко О.Ю., к.т.н.

ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПІДТОПЛЮВАНИХ НАСИПІВ

Анотація. В статті проаналізовано положення сучасних нормативних документів України щодо методів розрахунку стійкості укосів насипів, що періодично або постійно підтоплюються та вимог до встановлення розрахункових характеристик ґрунтів, що застосовуються в таких насипах.

Ключові слова. Підтоплення, насипи автомобільних доріг, заплава, армовані ґрунти, нормативне забезпечення.

Аннотация. В статье проанализированы положения современных нормативных документов в Украине, касающихся методов расчета устойчивости насыпей, которые периодически, либо постоянно подтапливаются, и требований к установлению расчетных характеристик ґрунтов, используемых в таких насыпях.

Ключевые слова. Подтопление, насыпи автомобильных дорог, пойма, армированные ґрунты, нормативное обеспечение.

Summary. The article analyzes the current situation in Ukraine with normative documents relating to calculating methods of the embankments stability, which are periodically or continuously flooding, and requirements to establish a settlement soil parameters used in the embankments.

Keywords. Flood, road embankments, reinforced soils, regulatory support.

Постановка проблеми. Ґрунти річкових долин займають в нашій країні близько 2,6 території. Більшість рівнинних річок (великих та малих) мають розвинені долини. Заплава — це частина дна річкової долини, що лежить вище меженевого рівня води в річці і періодично затоплюється під час повені. Ділянки заплав поділяються на три області – прируслову, центральну на притерасну. Вони відрізняються за слідом річкових наносів, гідрологічному режиму, рослинності та ґрунтам. Тривалість затоплення у заплаві може тривати від декількох днів до місяця і більше. В прирусловій частині заплави відкладаються, переважно, крупні піщані частинки, в той час як центральна частина заплави складена, переважно, піщаними та глинистими ґрунтами. Притерасна частина пойми, як правило, є перезволоженою і заболоченою, де формуються болотні ґрунти. Для будівництва найкраще вибирати рівні ділянки річкової долини, що не розмиваються і не підтоплюються. Але за умовами прокладення траси автомобільної дороги, особливо на підходах до мостових переходів є необхідність у розміщенні земляного полотна також і на заплавах. Основа насипу в таких випадках складена слабкими болотними або глинистими ґрунтами, є небезпека підтоплення укосів насипу під час проходження паводка та під час інтенсивних опадів влітку та восени.

Діючими нормативними документами в Україні (ДБН В.2.3-4-2007 та ВБН В.2.3-218-171-2002) встановлено лише загальні вимоги щодо необхідності врахування умов підтоплення при проектуванні та будівництві земляного полотна на заплавах ділянках: п.6.4.7 [1] «При слабких основах, використанні зв'язних ґрунтів підвищеної вологості, а також для підтоплених насипів крутизну укосів призначають на основі розрахунків»; п.6.6.9 [1] «Насип на затоплюваних заплавах ділянках, при перетині водойм і на підходах до мостових споруд необхідно проектувати з урахуванням дії хвиль, гідростатичної та ерозійної дії води в період підтоплення»; п.7.3. [1] «Висоту насипів і огорожувальних дамб біля середніх та великих мостів і на підходах до них, а також насипів на заплавах слід призначати з таким розрахунком, щоб брівка земляного полотна підвищувалась не менше ніж на 0,5 м, а брівка незатоплених регуляційних споруд і бERM – не менше ніж на 0,25 м над розрахунковим горизонтом води з урахуванням підпору і висоти набігання хвилі на укіс»; п.7.6 [1] «Підтоплені укоси насипів необхідно захищати від руйнівних дій хвилі відповідними типами укріплень залежно від гідрологічного режиму ріки або водоймища»; п. 1.2.9 [4] «При спорудженні земляного полотна дороги, регуляційних гребель і траверсів в межах річкових заплав і в



місцях можливої акумуляції поверхневих вод, потрібно своєчасно виконувати укріплювальні роботи, щоб захистити насип від розмивання»; у табл. 6.8 [1] регламентуються підвищені коефіцієнти ущільнення для укісної частини насипів, що підтоплюються.

Таким чином, аналізуючи положення основних діючих нормативних документів на проектування та будівництво земляного полотна автомобільних доріг приходимо до висновку, що на теперішній час не встановлені чіткі вимоги щодо врахування дії тимчасового або постійного підтоплення насипів та призначення для таких насипів розрахункових характеристик ґрунтів. В текстах цих нормативних документів даються лише посилання на необхідність врахування можливості підтоплення і необхідність розрахунку стійкості укосів таких насипів.

Аналіз досліджень і публікацій. Розрахунковими характеристиками ґрунту земляного полотна є: вологість W , модуль пружності E , кут внутрішнього тертя φ та питоме зчеплення c . Відомо, що ґрунт, що розташований нижче рівня ґрунтових вод зазнає зважувальної дії води, що проявляється у вигляді зниження величини питомої ваги ґрунту:

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}, \quad (1)$$

де γ_{sb} – питома вага ґрунту з урахуванням зважувальної дії води, кН/м^3 ; γ_w – питома вага води, $\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$; e – коефіцієнт пористості.

Можливими нормативними джерелами щодо призначення розрахункових характеристик ґрунтів насипів, що розглядаються могли б бути ДБН В.1.2-15:2009 та ДБН В.2.1-10-2009. У розділі 6 [3] надаються рекомендації щодо визначення характеристичних значень щільності ґрунту (γ_n) та кута внутрішнього тертя (φ_n) на підставі лабораторних досліджень, а при типовому проектуванні для визначення характеристичного тиску ґрунту припускається приймати $\gamma_n = 17,7 \text{ кН/м}^3$ і $\varphi_n = 25^\circ \dots 35^\circ$. Разом з тим у п.6.4 наголошується, що «розвантажувальну силу води враховують завжди у випадках гарантованої фільтрації ґрунтів основи, або в інших умовах, коли розвантажувальна дія призводить до найбільш несприятливих навантажувальних ефектів». В пункті 11.3.16 [2] регламентується, що при розрахунку фундаментів за деформаціями основи слід враховувати можливість підйому рівня підземних вод та пов'язаних з ними виникненням додаткових ефективних напружень у ґрунті, зниження величин модуля деформації ґрунту при його водо насиченні та змін характеристик ґрунту за рахунок зважувальної дії води.

Викладення основного матеріалу. Можливим варіантом укріплення укосів насипів, що підтоплюються є армування укосів геосинтетичними матеріалами (армований укіс або армоґрунтова підпірна стінка), використання габіонних конструкцій, протиерозійний захист укосів.

Згідно з [5] армування ґрунтів (армовані укоси з крутизною до 70° та армоґрунтові підпірні стінки з крутизною до $70^\circ - 90^\circ$) може застосовуватися на підходах до мостів і в берегових опорах мостів (рис.1). Нормами [5] встановлено вимоги щодо конструювання і розрахунку армованого укосу. В тому числі, є посилання на врахування можливого підтоплення. Розрахунок виконують перевіркою внутрішньої, зовнішньої, комбінованої стійкості та придатності до експлуатації.

При розрахунках внутрішньої стійкості визначають загальне армуюче зусилля, яке компенсує дефіцит утримуючих зусиль:

$$T_s = ([K_R] - K_U) \cdot \frac{M_D}{R}, \quad (2)$$

де T_s – сумарне необхідне армуюче зусилля, яке повинне створюватись геосинтетичними полотнами для стабілізації укосу; M_D – обертаючий момент зсувних сил відносно центра кривої обертання; R – радіус кривої обертання і плече моменту від зусилля T_s відносно центра обертання згідно з рисунком 3.3; $[K_R]$ – мінімально допустимий коефіцієнт стійкості армованого укосу.



Рисунок 1 – Принцип армування і стабілізації укосу насипу (відповідно до [5])

Визначення положення центру обертання, радіусу кривої обертання, утримуючих та зсувних сил рекомендується вести за традиційною методикою круглоциліндричних поверхонь ковзання. Разом з тим ні в яких нормативних документах не закріплені положення цієї методики і не з'ясується які розрахункові характеристики ґрунтів слід приймати. Як наслідок, немає ніяких рекомендацій щодо розрахунку стійкості підтоплюваних укосів.

Наявність рівня ґрунтових вод (згідно з [5]) рекомендується враховувати при визначенні довжини закладення армуючих полотен в ґрунтовий укіс. Анкерування геосинтетичного матеріалу в ґрунтовому масиві забезпечується силами тертя і зчеплення:

$$L_{ei} \geq \frac{T_{Di} \cdot [K_R]}{2 \cdot (c_a + \sigma_{vi} \cdot \text{tg} \delta)} = \frac{T_{Di} \cdot [K_R]}{2 \cdot \alpha \cdot (c + \sigma_{vi} \cdot \text{tg} \varphi_1)}, \quad (3)$$

де L_{ei} – необхідна довжина анкерування i -го полотна (мінімальна величина L_{ei} становить 1 м) згідно з рисунком 3.6; T_{Di} – розрахункова міцність на розтяг i -го полотна; c_a і c – адгезія ґрунту до геосинтетика і зчеплення (когезія) ґрунту; δ – кут тертя між ґрунтом та геосинтетиком; φ_1 – кут внутрішнього тертя ґрунту; α – коефіцієнт взаємодії ґрунту з геосинтетиком; σ_{vi} – ефективний вертикальний тиск на рівні i -го полотна.

Сила тертя залежить від вертикального тиску на рівні закладення прошарку. Для попередження перевищення розрахункових отримуючих зусиль при визначенні вертикального тиску від власної ваги ґрунту рекомендується враховувати зважувальну дію води:

$$\sigma_{vi} = \sigma_q + \gamma_{ci} \cdot H_{ci} + \gamma_{wi} \cdot H_{ВКПi} - \gamma_w \cdot H_{РГВi}, \quad (4)$$

де σ_q – тиск від зовнішнього навантаження; γ_{ci} , γ_{wi} і γ_w – питома вага ґрунту над зоною капілярного підняття і в межах висоти капілярного підняття (ВКП) та питома вага води, відповідно; H_{ci} , $H_{ВКПi}$ і $H_{РГВi}$ – потужність шару ґрунту над ВКП, в межах ВКП і в межах рівня ґрунтових вод (РГВ), відповідно.

Разом з тим, ніяких рекомендацій не надається щодо врахування зміни розрахункових характеристик ґрунту (c , φ_1), та зміни характеристик взаємодії на межі ґрунт-геосинтетик (δ).

В Україні нормами на проектування армоґрунтових підпірних стін є ГБН В.2.3-218-548 : 2010. Цими нормами встановлені загальні вимоги на конструювання, проектування та будівництво підпірних стін з різними варіантами будівництва фасадної частини та з ґрунтовою засипкою, що армована геосинтетичними матеріалами, у звичайних умовах, без урахування можливого підтоплення насипів, а отже, проблема призначення розрахункових характеристик обводнених ґрунтів та характеристик взаємодії цих ґрунтів з армуючи ми матеріалами залишається не вирішеною.

Висновки. Проведеним дослідженням встановлено, що на теперішній час актуальною залишається проблема проектування та будівництва підтоплюваних насипів на автомобільних дорогах. Існуючими нормативними документами лише окреслено проблему і наголошується на необхідності врахування зміни розрахункових характеристик ґрунту в існуючих розрахункових методах стійкості таких насипів, але не встановлені чіткі і послідовні рекомендації та вимоги ні на стадії проектування, ні на стадії будівництва. Нагальним питанням залишається розроблення інженерної розрахункової методики стійкості підтоплюваних насипів, рекомендації щодо можливості застосування певних різновидів ґрунтів в



конструкціях земляного полотна, призначення їх розрахункових характеристик та рекомендацій щодо технології виконання робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.3-4-2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
2. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.
3. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Мости і труби. Навантаження і впливи
4. ВБН В.2.3-218-171-2002 Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг.
5. ВБН В.2.3-218-544:2008 Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві
6. ГБН В.2.3-218-548 : 2010 Армогрунтові підпірні стінки для автомобільних доріг. Проектування та будівництво
7. <http://plastinka.dp.ua/stroitel'naya-geodeziya/stroitelstvo-na-rechnyx-terrasax.html>