

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕРЕГОВОЙ ОТМЕЛИ, ИМЕЮЩЕЙ ПРОФИЛЬ РАВНОВЕСИЯ С САМООТМОСТКОЙ

Одним из способов защиты размываемых берегов является создание берегозащитных пляжей [1]. Вопросы их проектирования и расчета при отсыпке из однородных несвязных грунтов освещены в литературе [1, 2]. При этом не рассматривалась возможность выполнения берегозащиты из естественных материалов, имеющих повышенную неоднородность. Применение последних, например, в условиях гидротехнического строительства на малых водохранилищах, позволит получить (при креплении верховых откосов плотин, дамб, размываемых берегов) значительный эффект. Как показали исследования [2—4], в результате размыва грунтов, имеющих повышенную неоднородность, волновым потоком в береговой зоне на отмели происходит образование самоотмостки из гравелистых и валунных частиц, которая защищает склон и обеспечивает его устойчивость. Таким образом, использование грунтов с повышенной неоднородностью является актуальным вопросом, однако расчетных зависимостей, учитывающих образование на профиле самоотмостки — в настоящее время не получено.

В связи с этим исследовалось влияние крупности и неоднородности материала на процесс переработки, изучался механизм образования самоотмостки и получены зависимости для расчета профиля равновесия береговой отмели.

Опыты проводились в лабораторных условиях [3, 5] с использованием данных натурных наблюдений [3—5].

В результате опытов по моделированию переработки берегов установлено, что в зависимости от содержания крупных частиц в размываемом грунте возможно образование двух типов самоотмостки. В первом случае (тип 1) гравелистые частицы, образующие самоотмостку, укладывались равномерным слоем по ширине отмели с образованием на урезе призмы (рис. 1, а), причем это явление наблюдалось при содержании крупных частиц $25 \leq P_{гр} \leq 50\%$ от объема всего грунта. При образовании самоотмостки второго типа и насыщении $10\% \leq P_{гр} \leq 25\%$ наблюдался вымыв мелких частиц в зоне наката и образование на урезе и примыкающем участке отмели самоотмостки (рис. 1, б).

Необходимо отметить, что с увеличением содержания в грунте крупных включений значительно ускорялся процесс образования самоотмостки, тем самым тормозя (замедляя) процесс переработки и уменьшая величину деформаций профиля.

В общем случае задача определения формы равновесной отмели с самоотмосткой сводится к определению ряда характеристик: ширины самоотмостки ($B_{\text{соотм}}$), мощности самоотмостки ($\delta_{\text{соотм}}$), уклонов надводной (i_1) и подводной (i_2, i_2') частей отмели, верхнего (a_1) и нижнего (a_2, a_2') пределов размывающего действия волнения (ВНР и ННР).

Опыты показали, что соотношения ширины самоотмостки ($B_{\text{соотм}}$) и подводной части отмели ($B_{п}$) изменяются в пределах 0,3—0,7 для первого

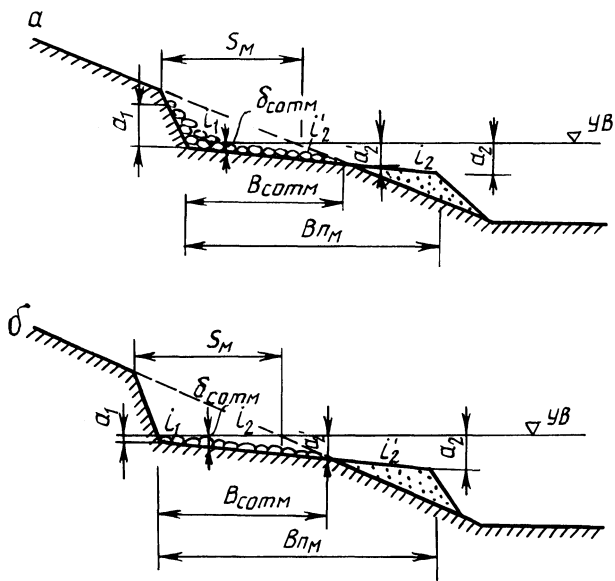


Рис. 1. Типы профиля с самоотстойкой:
 а) тип 1 при $25\% < P_{гр} < 50\%$; б) тип 2 при $10\% < P_{гр} < 25\%$

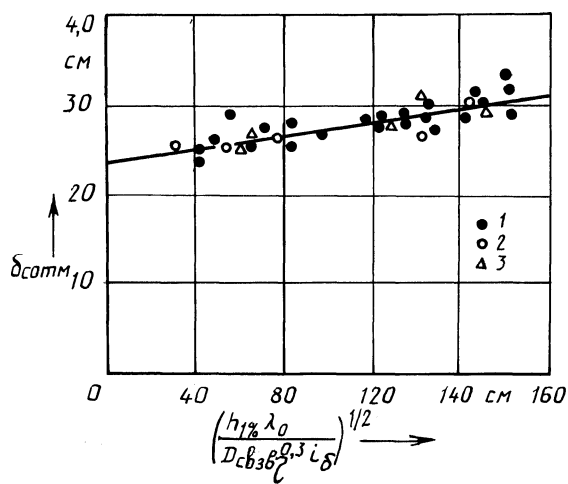


Рис. 2. График зависимости $\delta_{сотм} = f\left[\frac{h^3_{1\%}\lambda_0}{\eta_{0,3}D_{свзв}i\delta}\right]^{1/2}$

и 0,5–0,8 для второго типа профилей равновесия. С увеличением крупности гравелистых включений, а также их неоднородности ширина самоотмостки уменьшается. Мощность ее ($\delta_{\text{сотм}}$) также зависит от крупности и неоднородности гравелистых включений. Средняя толщина отмостки на поверхности отмели, находящейся на стадии равновесия, определяется по зависимостям (1), (2) (рис. 2):

для профиля с самоотмосткой первого типа

$$\delta_{\text{сотм}} = 0,08 \left(\frac{h_{1\%}^3 \lambda_0}{D_{\text{свзв}} \eta^{0,3} i_6} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

для профиля с самоотмосткой второго типа

$$\delta_{\text{сотм}} = 0,03 \left(\frac{h_{1\%}^3 \lambda_0}{D_{\text{свзв}} \eta^{0,5} i_6} \right)^{1/2}, \quad (2)$$

где $h_{1\%}$, λ_0 — соответственно высота и относительная длина волны, м; $D_{\text{свзв}}$ — средневзвешенный диаметр крупнозернистых включений, м; η — коэффициент неоднородности размываемого грунта; i_6 — исходный уклон берега.

В общем случае элементы профиля статического равновесия при образовании самоотмостки являются функцией параметров волнения, характеристик granulометрического состава грунта и начального уклона берегового склона.

Функциональная зависимость уклонов устойчивой отмели от указанных параметров имеет вид

$$i_1 = i_2 = k_{1,2} f_{1,2} (h_{1\%}, \lambda_0, d_{\text{свзв}}, \eta, i_6). \quad (3)$$

При выводе расчетных зависимостей использовался метод размерностей. Решая задачу в общем виде, после подстановки соответствующих размерностей получаем для i_1 и i_2' с учетом самоотмостки, расположенной выше и ниже НПУ, следующие уравнения:

$$i_1 = i_2' = k_{1(2)} \left(\frac{h_{1\%} \sqrt[3]{\lambda_0}}{d_{\text{свзв}}} \right)^z f_{1(2)} (\eta, i_6), \quad (4)$$

$$a_2' = k_3 \left(\frac{h_{1\%} \sqrt[3]{\lambda_0}}{d_{\text{свзв}}^{2z}} \right)^{\frac{1+z}{3}}. \quad (5)$$

Чтобы выражения (4) и (5) привести к виду, доступному для использования, были раскрыты функциональные зависимости $i_{1(2)} = f_{1(2)}(\eta, i_6)$, найдены численные значения коэффициентов пропорциональности k_1, k_2, k_3 и показатели степени z . Значения z и k_1, k_2, k_3 определялись по результатам опытов, проведенных с неоднородным несвязным грунтом на размываемых моделях откосов с последующей корректировкой натурных данных. Для определения коэффициентов и показателей степени в координатах зависимости (4) были построены графики, из которых установлено:

для случая самоотмостки первого типа

$$i'_2 = 0,028 \left(\frac{h_{1\%} \sqrt[3]{\lambda_0}}{d_{\text{СВЗБ}}} \right)^{2/3} + i_6, \quad (6) \quad i_2 = 0,50i'_2, \quad (7)$$

для случая самоотмостки второго типа

$$i'_2 = 0,012 \left(\frac{h_{1\%} \sqrt[3]{\lambda_0}}{d_{\text{СВЗБ}}} \right)^{2/3} + i_6, \quad (8) \quad i_2 = 0,60i'_2. \quad (9)$$

Зависимости (6) и (8) по структуре аналогичны уравнению для расчета каменнонабросного банкета из горной массы, полученному ранее [6]. В нашем случае уклон надводной части отмели над НПУ у профиля равновесия с самоотмосткой первого типа

$$i_1 = 0,032 \left(\frac{h_{1\%} \sqrt[3]{\lambda_0}}{D_{\text{СВЗБ}} \eta^{0,3}} \right)^{2/3} + i_6, \quad (10)$$

второго типа

$$i_1 = i'_2. \quad (11)$$

В приведенных зависимостях (6–9) в качестве характеристики неоднородного грунта была принята крупность $d_{\text{СВЗБ}}$, определяемая по кривой гранулометрического состава. Для более точного расчета параметров профиля равновесия необходимо учитывать как мелкозернистые, так и крупные фракции, которые составляют отмостку и определяют уклон и ширину отмели. Соотношение фракций в исходном грунте $d_{\text{СВЗБ}}$ и самоотмостке $D_{\text{СВЗБ}}$ определяется по зависимости (1) из [4].

Подставляя (1) из [4] в (5) имеем: верхний предел размыва (ВПР) по экспериментальным данным равен для профиля равновесия с самоотмосткой первого типа

$$a_1 = (1,5 - 2,0) \delta_{\text{СОТМ}}, \quad (12)$$

второго типа

$$a_1 = \delta_{\text{СОТМ}}. \quad (13)$$

Нижний предел размыва (НПР) для профиля статического равновесия с самоотмосткой может быть рассчитан по зависимостям (14–17):

для профиля первого типа

$$a_2 = a'_2/0,70, \quad (14) \quad a'_2 = 0,36 \left(\frac{h_{1\%}^2 \lambda_0}{\sqrt{D_{\text{СВЗБ}}} \eta^{0,3}} \right)^{2/3}, \quad (15)$$

для профиля второго типа

$$a_2 = a'_2/0,80, \quad (16) \quad a'_2 = 0,27 \left(\frac{h_{1\%}^2 \lambda_0}{\sqrt{D_{\text{СВЗБ}}} \eta^{0,5}} \right)^{2/3}. \quad (17)$$

Исследования показали, что в натуральных условиях зависимости (1–2) и (6–17) могут использоваться при $h_{1\%} = 0,2–1,0$ м; $\lambda_0 = 10h_{1\%}$; $d_{свзв} = 0,25–1,0$ мм; $D_{свзв} = 35,0–200$ мм; $\eta = 3,5–12,0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пышкин Б.А. Динамика берегов водохранилищ. — Киев, 1973. — 414 с.
2. Сокольников Ю.Н. Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения. — Киев, 1976. — 227 с.
3. Максимчук В.Л., Левкевич В.Е. Экспериментальное исследование образования отмостки в береговой зоне малых водохранилищ // Гидравлика открытых русел. — М., 1985. — С. 45–50.
4. Левкевич В.Е. Учет фактора неоднородности грунта при защите размываемых берегов водохранилищ. 1983. — Вып. 11. — С. 20–23.
5. Левкевич В.Е. Лабораторное исследование деформаций берегов, сложенных грунтами с повышенной степенью неоднородности // Водное хоз-во и гидротехн. стр-во. — 1985. — Вып. 15. — С. 57–61.
6. Хомичкий В.В. Исследование банкетов из горной массы для защиты берега от размыва волнами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Киев, 1973. — 18 с.

УДК 624.131.52

С.В.СОБОЛЕВСКИЙ (БПИ)

РАСЧЕТ НАЧАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И НАПОРНОЙ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ В АНИЗОТРОПНОМ ВОДОНАСЫЩЕННОМ СЛОЕ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

Определение распределения напряжений в основаниях конечной толщины — весьма актуальная задача. В [1] исследовано распределение напряжений и перемещений в изотропном основании конечной толщины.

В настоящей работе рассмотрено напряженное состояние водонасыщенного ортотропного основания конечной толщины при воздействии нормальной нагрузки.

Пусть на ортотропный водонасыщенный слой толщиной $y = h$ с главными направлениями, параллельными и перпендикулярными плоскости $y = h$, лежащий на жестком водоупоре $y < 0$, в начальный период действует нормальная нагрузка $P(x)$ (рис. 1).

Определение начальных напряжений и напорной фильтрационной функции возможно при решении:

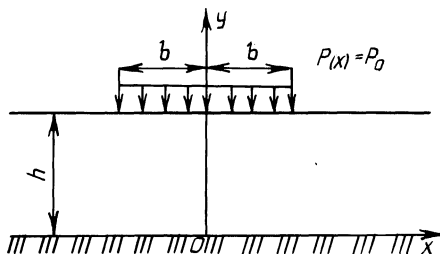


Рис. 1. Схема нагружения основания конечной толщины