

Рис. 3. Конструкция поворотного участка пульпопровода

Литература

1. Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Альтшуль, Л. С. Животовский, Л. П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 414 с.
2. Бердус, В. В. Переработка песчано-гравийных пород для получения нерудных строительных материалов / В. В. Бердус. – М.: Стройиздат, 1975 – 263 с.

УДК 627.824

Расчет резервного водосброса с размываемой вставкой

Богославчик П. М, Евдокимов В. А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

На основе проведенных ранее исследований разработан алгоритм расчета резервного водосброса с размываемой вставкой, в котором все этапы расчетов объединены в одну расчетную схему.

Резервный водосброс с размываемой грунтовой вставкой представляет собой водопропускное отверстие в напорном фронте, перекрытое грунтовой вставкой, отсыпанной из песчаного грунта [1]. Отметка гребня несколько ниже отметки гребня основных подпорных сооружений. При аварийной ситуации, когда уровень верхнего бьефа по каким-то причинам поднимается выше критических отметок, происходит перелив через вставку и ее размыв. В освободившееся отверстие сбрасывается излишний расход. Схема сооружения с ограничивающей размыв одеждой из мягкого полимерного материала, например геотекстиля, представлена на рис. 1. В случае железобетонной одежды отверстие может быть прямоугольным (рис. 2).

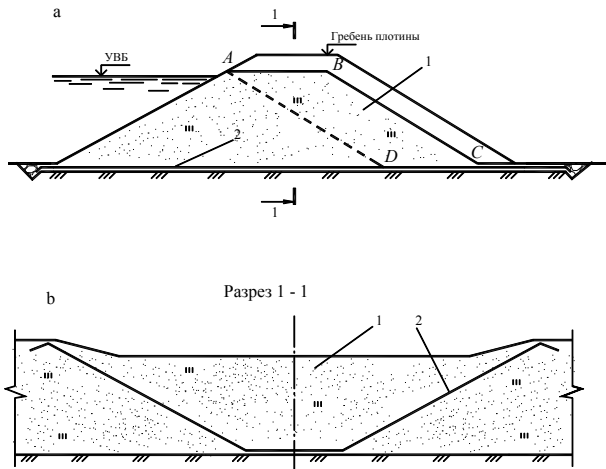


Рис. 1. Водосброс с размываемой грунтовой вставкой:
a – поперечный разрез; *б* – продольный разрез;
 1 – размываемая вставка; 2 – ограничивающая размыв одежда

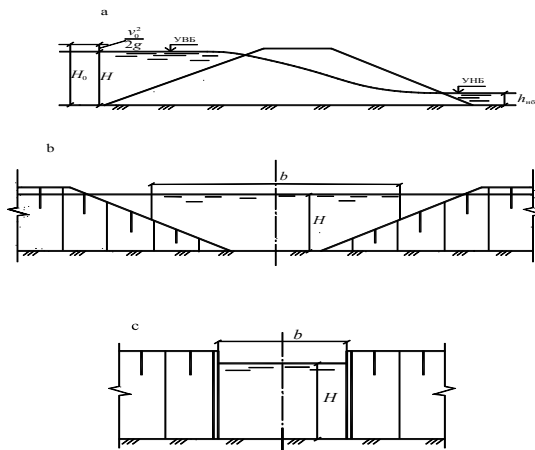


Рис. 2. Расчетная схема к определению размеров водопропускного отверстия:
a – поперечный разрез; *б* – трапециевидное отверстие;
с – прямоугольное отверстие

Цель гидравлических расчетов – определение размеров водопропускного отверстия и времени размыва грунтовой вставки. Алгоритм расчета разработан на основе исследований, результаты которых были опубликованы ранее [2, 3]. В соответствии с характером работы водосброса расчет следует условно разделить на несколько этапов.

На первом этапе определяют размеры водопропускного отверстия. Ширина отверстия может быть определена из условия пропуска расчетного расхода Q_p из следующей формулы (по аналогии с расчетом пропускной способности прорана при пионерном перекрытии русла [4])

$$Q_p = mb\sqrt{2g}H_0^{1,5}, \quad (1)$$

где m – коэффициент расхода;

b – ширина водопропускного отверстия;

H_0 – напор с учетом скорости подхода.

Расчетная схема представлена на рис. 2. Коэффициент расхода при $z/H \leq 0,35$ рекомендуется определять по формуле

$$m = \left(1 - \frac{z}{H_0}\right) \sqrt{\frac{z}{H}}, \quad (2)$$

где z – перепад уровней верхнего и нижнего бьефов.

При $z/H > 0,35$ следует принимать $m = 0,385$ [5].

Ширину водопропускного отверстия b при трапециевидальной форме можно принимать среднюю по высоте.

После определения размеров водопропускного отверстия следует выполнить расчет размыва вставки. Выполненными ранее исследованиями установлено [2], что размыв вставки происходит в две стадии. На первой стадии размывается низовая призма $ABCD$ (рис. 1, a). На второй – оставшая часть размываемого массива с интенсивным снижением гребня вставки. При наличии крепления низового откоса необходимо определить время его разрушения. Ранее была разработана методика такого расчета [3]. Но расчеты показали, что такие типы креплений как одерновка или уплотненный слой гравия разрушаются сразу же с началом перелива. Поэтому этот этап расчетов был опущен, а в соответствии с вышеизложенным выделены еще два этапа расчетов.

На 2-м этапе выполняется расчет размыва призмы $ABCD$. Цель расчета – определить время размыва и предельный уровень верхнего бьефа. Расчет выполняется следующим образом.

1. Определяют M_0 – массу низовой призмы $ABCD$.
2. Задаются интервалом времени Δt .
3. Принимают для начального момента времени $t = 0$ уровень верхнего бьефа равным отметке гребня размываемой вставки, т. е. $z = y$. На первой стадии размыва $y = \text{const}$.
4. На окончание каждого периода времени $t + \Delta t$ определяют, на какую величину изменился уровень верхнего бьефа по формуле

$$\Delta z = \frac{Q_0 - Q}{F(z)} \Delta t, \quad (3)$$

где Q_0 – расход воды в верхнем бьефе, $\text{м}^3/\text{с}$; $F(z)$ – площадь зеркала воды в верхнем бьефе на отметке z , м^2 . Q – расход воды через размываемую вставку, $\text{м}^3/\text{с}$, определяется по формуле

$$Q = \sigma m b \sqrt{2g} (z - y)^{1,5}. \quad (4)$$

Коэффициент расхода m определяется на первой стадии как для водослива с широким порогом.

5. Для каждого интервала Δt определяют количество смытого грунта по формуле

$$\Delta M = \frac{A i^{1,2} (2g)^{0,8}}{2,4} m^{1,6} (z - y)^{2,4} \Delta t, \quad (5)$$

где ΔM – масса размываемого грунта за период Δt , кг; A – параметр, принимаемый для песчаных грунтов равным 0,153; i – уклон дна по низовому откосу; n – коэффициент шероховатости; z – уровень верхнего бьефа, на конец каждого интервала времени $z_i = z_{i-1} + \Delta z$; y – отметка гребня размываемой плотины (для первой стадии $y = \text{const}$).

При $\Sigma \Delta M = M_0$, то есть с окончанием размыва низовой призмы $ABCD$, второй этап расчетов завершается. Но окончание этого этапа имеем время размыва низовой призмы, уровень верхнего бьефа на этот момент и гидрограф расхода на весь этап.

На третьем этапе расчетов выполняется расчет второй стадии размыва. На окончание каждого периода времени $t + \Delta t$ определяют величину сни-

жения отметки гребня размываемого массива Δy и величину изменения уровня верхнего бьефа Δz . Величину Δy определяют по формуле

$$\Delta y = -\sigma \frac{Bm^{0,43} \varepsilon_1}{\rho_1} (z-y)^{0,6} \Delta t, \quad (6)$$

где $B = 6,77(1+\varphi)dg^{2,17} \left(\frac{5,64n\sqrt{2g}}{\varphi w} \right)^{3,33}$; $\varepsilon_1 = \frac{1-1,26m^{2/3}}{\beta} 2g$; σ – коэффициент

подтопления; ρ_0 – плотность грунта тела плотины, кг/м^3 ; d – средний диаметр частиц размываемого грунта, м; φ – параметр турбулентности (отношение расчетной скорости падения частицы в воде к ее действительной гидравлической крупности); β – коэффициент, принимаемый для песчаных грунтов равным 1,5–2,0.

Величину Δz и расход воды через размываемую вставку определяют по формулам (3) и (4), принимая при этом значение коэффициента расхода как для безвакуумного водослива практического профиля. При этом уровень верхнего бьефа, на конец каждого интервала времени $z_i = z_{i-1} + \Delta z$, отметка гребня $y_i = y_{i-1} + \Delta y$. При достижении y отметки дна расчет заканчивается.

Таким образом по приведенным расчетам строятся графики $z = f(t)$, $y = f(t)$ и $Q = f(t)$. Если величина z в какой-то момент превышает отметку, опасную для гидроузла, следует увеличить ширину отверстия и расчеты повторить.

Литература

1. Филиппович, И. В. Водосброс по типу размываемой вставки / И. В. Филиппович, П. М. Богославчик // Республиканский межведомственный сборник научных трудов «Водное хозяйство и гидротехническое строительство», вып. 12. – Мн., Вышэйшая школа, 1982. – С. 96 – 100.
2. Богославчик, П. М. Расчетная модель размыва грунтовых плотин при переливе / П. М. Богославчик // Наука и техника. – 2018. – № 4. – С. 292–296.
3. Богославчик, П. М. Условия разрушения крепления низового откоса грунтовой плотины при переливе воды через гребень / П. М. Богославчик, В. А. Евдокимов, О. В. Немеровец // Вода. Газ. Тепло 2020: Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию Белорусского национального технического университета, 100-летию кафедры «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика», 90-летию кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», 8–10 октября 2020 г. – Минск: БНТУ, 2020. – С. 257–260.

4. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г.Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 313 с.

УДК 627.8.04

Особенности расчета устойчивости откосов дамб шламохранилищ

Богославчик П. М.¹, Шейко А. М.²

¹Белорусский национальный технический университет,

²ОАО Белгорхимпром

Минск, Республика Беларусь

На основе опыта проектирования выделены и проанализированы особенности расчетов устойчивости откосов дамб шламохранилищ. Проведен анализ ряда наиболее популярных формул, реализующих метод «по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения» с разбивкой на отсеки. Приведены особенности фильтрационных расчетов. Дана оценка влияния слоистости профиля на результаты расчетов.

При строительстве и реконструкции шламохранилищ всегда возникает необходимость в решении вопроса устойчивости откосов ограждающих дамб. Кафедра «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика» БНТУ много лет сотрудничает с институтом «Белгорхимпром», выполняя соответствующие расчеты для проектов шламохранилищ ОАО «Беларускалий». Нарботанный опыт позволяет сделать некоторые обобщения.

Метод расчетов устойчивости откосов грунтовых плотин «по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения» с разбивкой на отсеки представлен на рис.1.

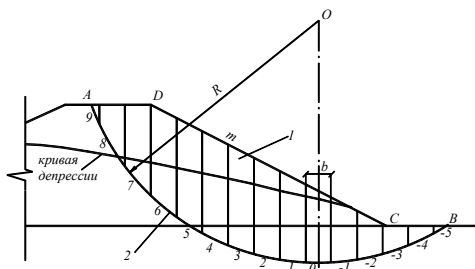


Рис. 1. К расчету устойчивости откоса:

1 – призма обрушения; 2 – кривая скольжения