

Полученные данные и материалы съемок позволили заключить, что:

- регистрация и наблюдение за развитием процесса разрушения естественных берегов водохранилищ и креплений откосов дамб и плотин с помощью БПЛА возможны и рекомендуются для использования в Беларуси;
- возможно получение необходимых и достаточных точных измерений линейных деформаций склонов и откосов дамб и плотин, а также их креплений с помощью БПЛА;
- для оценки влияния водных объектов на прилегающие территории может использоваться комбинированная съемка с интеграцией на основе ГИС-систем: спутниковая высокого разрешения, беспилотными летательными аппаратами и наземная.

Литература

1. Левкевич, В. Е. Гидро-морфодинамика прибрежной зоны водохранилищ ГЭС Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск: Право и экономика, 2018. – 143 с.
2. Левкевич, В. Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск: БНТУ, 2019. – 172 с.

УДК 627.824

Условия разрушения крепления низового откоса грунтовой плотины при переливе воды через гребень

Богославчик П. М., Евдокимов В. А., Немеровец О. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

На основе совместного рассмотрения формулы критических скоростей с гидравлическими параметрами потока разработана расчетная схема определения времени начала разрушения крепления низового откоса грунтовой плотины при переливе воды через гребень. Схема привязана к напору на гребне размываемой плотины, что очень удобно при расчете размыва.

В предложенной ранее методике расчета размыва грунтовой плотины при переливе воды через гребень [1] предполагается, что размыв начинается сразу же с началом перелива. На практике же на низовом откосе всегда имеется крепление, которое разрушается не сразу, а некоторое время сопротивляется размыву. Схема перелива представлена на рис.

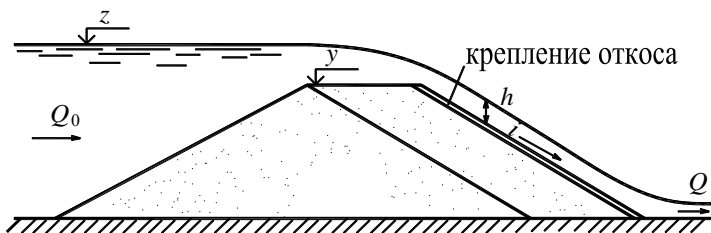


Рис. Схема перелива воды через гребень грунтовой плотины

Для определения времени начала разрушения крепления воспользуемся в качестве исходной формулой критических скоростей [2], которая имеет следующий вид

$$u_{\text{н}} = \sqrt{\frac{2h \cos^2 \gamma \cdot \text{tg} \varphi (1 - m')^2 g}{\lambda}}, \quad (1)$$

где $u_{\text{н}}$ – критическая скорость, т.е. скорость потока, при которой начинается разрушение крепления, м/с; h – глубина потока, м; γ – угол наклона касательной к поверхности откоса относительно горизонта; φ – угол внутреннего трения грунта, подстилающего крепление; m' – пористость крепления; λ – коэффициент гидравлического сопротивления, определяется по формуле

$$\lambda = \frac{8n_{\text{кр}}^2 g}{2,25h^{0,33}}, \quad (2)$$

где $n_{\text{кр}}$ – коэффициент шероховатости крепления по Маннингу, рекомендуется принимать [2] для дерна – 0,03, для кустарниковой растительности – 0,1, для бетона – 0,015.

Подставляя (2) в (1), получаем

$$u_{\text{н}} = A_1 h^{0,67}, \quad (3)$$

где

$$A = \sqrt{\frac{0,5625 \cos^2 \gamma \cdot \text{tg} \varphi (1 - m_{\text{кр}})^2}{n_{\text{кр}}^2}}. \quad (4)$$

Допускаем, что кривая спада на откосе короткая и там устанавливается нормальная глубина. Определим ее из уравнения Шези-Маннинга, которое для условий плоской задачи имеет вид

$$q = hC\sqrt{hi}, \quad (5)$$

где C – коэффициент Шези, $\text{м}^{0,5}/\text{с}$;

$$C = \frac{1}{n} h^{1/6}, \quad (6)$$

где q – удельный расход, м³/с, определяется по формуле водослива с широким порогом

$$q = m \sqrt{2g} (z - y)^{1,5}, \quad (7)$$

где m – коэффициент расхода; z – уровень верхнего бьефа, м; y – отметка гребня плотины, м.

Из уравнения (5) с учетом (6) и (7) получаем

$$h = \frac{m \sqrt{2g} (z - y)^{1,5} n_{кр}}{i^{0,3}}, \quad (8)$$

где i – уклон поверхности откоса, $i = 1/m_n$, m_n – коэффициент заложения низового откоса.

Подставляя (8) в (3), получим следующее выражение для критической скорости

$$u_H = A_1 (z - y), \quad (9)$$

где

$$A_1 = 0,75 m^{0,67} \cos \gamma \sqrt{\operatorname{tg} \varphi (1 - m_{кр})} \cdot \sqrt[3]{\frac{2g}{n_{кр} i}}, \quad (10)$$

Скорость потока на откосе определим по уравнению Шези

$$u = C \sqrt{hi} \quad (11)$$

С учетом (6) и (8) получим следующее выражение:

$$u = A_2 (z - y)^{0,12}, \quad (12)$$

где

$$A_2 = \frac{i^{0,5}}{n_{кр}} \left(\frac{n_{кр} m \sqrt{2g}}{i^{0,3}} \right)^{0,08}. \quad (13)$$

Таким образом, получены выражения для определения критической скорости, при которой начинается разрушение крепления, и скорости на откосе в зависимости от напора на гребне размываемой плотины, то есть $u_H = f(z - y)$ и $u = f(z - y)$. Уравнения движения потока для рассматриваемого случая имеет вид [1]

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Q_0 - Q}{F}, \quad (14)$$

где Q_0 – расход воды в верхнем бьефе, м³/с; Q – расход воды через размываемую плотину, м³/с; F – площадь зеркала воды в верхнем бьефе, м².

Решая совместно уравнения (3), (12) и (14) по методике, изложенной в [1], можно получить время разрушения крепления, то есть время начала размыва плотины с начала перелива.

Литература

1. Богославчик, П. М. Расчетная модель размыва грунтовых плотин при переливе / П. М. Богославчик // Наука и техника. – 2018. – № 4. С. 292–296.
2. Иванов, Н. А. Защита низовых откосов плотин из грунтовых материалов при кратковременном переливе / Н. А. Иванов // Гидравлика и фильтрация: сб. научн. трудов Гидропроекта. – М., 1979. – С. 87–94.

УДК 626.8

Исследование технического состояния шлюза-регулятора на реке Морочь

Круглов Г. Г., Линкевич Н. Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Приведены результаты исследований технического состояния конструктивных элементов шлюза-регулятора на р. Морочь. Выявлено их техническое состояние, наличие различного рода дефектов и разрушений. Даны рекомендации по ремонту и реконструкции.

Важной задачей при эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС), в том числе низконапорных, является обеспечение надежности и безопасности их функционирования. При этом аварийность низконапорных ГТС выше, чем для высоко- и средненапорных. Это объясняется неудовлетворительным уровнем технического обслуживания ГТС, отсутствием или недостаточным штатом эксплуатационного персонала, не выделением необходимых средств для ремонтных работ, а в ряде случаев потерей собственника и эксплуатирующей организации. Под низконапорными ГТС, согласно ТКП 45-3.04-169-2009, понимаются ГТС IV класса с напором до 15 м и объемом водохранилища до 50 млн м³.

Большинство низконапорных ГТС эксплуатируются более 50 лет, что неизбежно сказывается на ухудшении их технического состояния и соответственно надежности и безопасности. Из-за отсутствия должного контроля к безопасности низконапорных ГТС IV класса и, особенно бесхозных ГТС, эффективность работы с этой категорией сооружений остается или недостаточной, или даже низкой. К таким ГТС относятся шлюзы-регуляторы, представляющие определенную опасность для населенных пунктов, хозяйственных объектов и сельскохозяйственных полей, поскольку так же, как и грунтовые плотины, создают напорный фронт. Оценка состояния объектов потенциальной опасности требует наличия объективной информации о техническом состоянии упомянутых сооружений.