

Рис. 3. Суточный график выработки ГЭС после регулирования

Таким же образом получены графики перераспределения суточных графиков нагрузки ГЭС для других месяцев.

УДК 627.824

Местные деформации в нижнем бьефе при работе резервного водосброса

Богославчик П. М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены результаты экспериментальных исследований переформирования русла нижнего бьефа в результате работы резервного водосброса с размываемой грунтовой вставкой. Установлено, что характер переформирования соответствует структуре потока при внезапном плановом его расширении. Изучено влияние на переформирования гасителя в виде водобойной стенки.

В период работы резервного водосброса с размываемой грунтовой вставкой [1] продукты размыва выносятся в нижний бьеф и осаждаются там в виде шлейфа. Одновременно возможны размывы незакрепленного русла. При проектировании таких сооружений необходимо иметь представление о характере и границах переформирования в нижнем бьефе с тем, чтобы при необходимости можно было ограничить их, либо учитывать при компоновке гидроузла.

Исследования ряда авторов [2, 3] показывают, что при внезапном расширении потока, а именно такая картина наблюдается при работе резервного водосброса при береговой его компоновке, имеет место следующая гидравлическая схема (рис. 1). Струя воды вытекает из отверстия шириной b_0 со скоростью u_0 . В потоке выделяется зона интенсивного турбулентного перемешивания I шириной b_T и зона обратных токов II. В зоне I выделяется слабовозмущенное ядро с равномерным в поперечном направлении распределением скоростей шириной $b_я$. При значительной ширине нижнего бьефа зона обратных токов может отсутствовать.

Существуют следующие зависимости для определения основных гидравлических характеристик потока при внезапном его расширении. Распределение скорости по сечению в зоне интенсивного турбулентного перемешивания определяется из формулы

$$\frac{u}{u_{\max}} = \left[1 - \left(\frac{x}{b_T} \right)^{1,5} \right]^2. \quad (1)$$

Максимальная скорость в сечении

$$u_{\max} = u_p \frac{h_p b_0}{0,361 b_m h} \quad (2)$$

где h_p – глубина потока в выходном сечении.

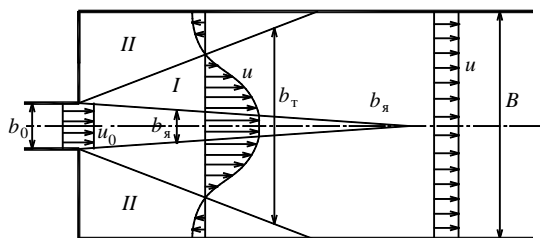


Рис. 1. Схема внезапного планового расширения потока при $B/b_0 > 3$

Ширина зоны интенсивного турбулентного перемешивания и слабовозмущенного ядра определяются по формулам

$$b_T = b_0 + 0,33x \quad (3)$$

$$b_я = b_0 - 0,125x \quad (4)$$

Повышенная шероховатость, сложный рельеф, изменение уклонов и др. вносят коррективы в эти формулы. Определенное влияние на гидравлические параметры потока может оказывать большая насыщенность его наносами на начальном этапе работы водосброса, осаждение которых меняет характер русла. То есть гидравлическая картина потока в нижнем бьефе может отличаться от описанной приведенными выше уравнениями. С целью оценки характера переформирования русла вследствие работы резервного водосброса были проведены экспериментальные исследования.

Исследования проводились на русловой площадке, ширина которой составляла 5,5 м. На всю ширину площадки была отсыпана грунтовая плотина высотой 0,75 м, шириной по верху 0,35 м с заложением откосов 1:2,0. В теле плотины по оси русловой площадки была оставлена прорезь трапециевидного сечения, закрепленная полиэтиленовой пленкой, в которой была устроена размываемая грунтовая вставка.

Опыты были проведены для следующих случаев (рис. 2 и 3).

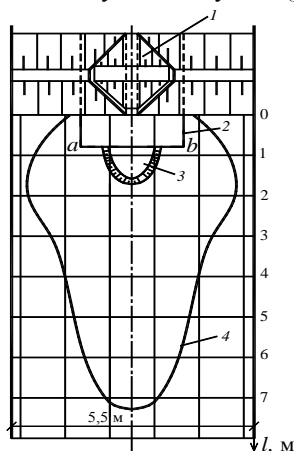


Рис. 2. Деформации в нижнем бьефе при гладком размываемом русле:
 1 – размываемая вставка; 2 – пленочное крепление; 3 – воронка размыва;
 4 – граница шлейфа

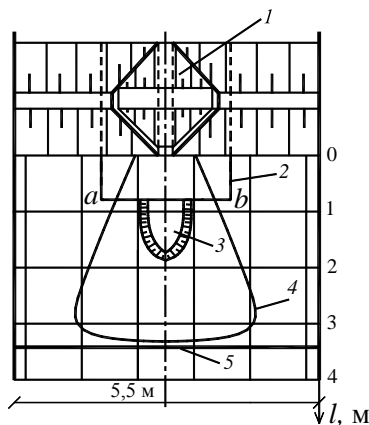


Рис. 3. Деформации в нижнем бьефе при наличии водобойной стенки:
 1 – размываемая вставка; 2 – пленочное крепление; 3 – воронка размыва;
 4 – граница шлейфа; 5 – водобойная стенка

1) Русло в нижнем бьефе горизонтальное, сложенное из того же грунта, что и размываемая вставка (среднезернистый песок). За водопропускным отверстием уложено крепление из полимерной пленки на расстоянии 0,8 м от вставки.

2) То же, что и в п. 1, но на расстоянии 3,4 м от водосбросного отверстия установлена водобойная стенка (максимальная длина гидравлического прыжка в предыдущем опыте составила 3,0 м).

Общая картина наблюдалась следующая. Во время размыва грунтовой вставки поток воды, вытекающий из водопропускного отверстия в нижний бьеф, предельно насыщен продуктами размыва. При расширении потока скорости воды резко снижаются и грунт осаждается в нижнем бьефе в виде шлейфа. На данной начальной стадии работы резервного водосброса переформирование русла происходит преимущественно в виде отложений. Визуальные наблюдения за ходом процесса и характер шлейфа показывают, что осаждение выносимого потоком грунта происходит преимущественно в зоне интенсивного турбулентного перемешивания, границы которой зависят от характера устройств нижнего бьефа. После размыва вставки истечение через освободившееся отверстие продолжается до полного опорожнения водохранилища. Поток воды на данном этапе практически не содержит наносов и обладает наибольшей размывающей способностью. Поэтому переформирование русла происходит преимущественно в виде размывов и перетложений образовавшегося ранее шлейфа.

Исследования показали следующее.

В первом случае (рис. 2) длина шлейфа составила 7,3 м. Непосредственно за границей крепления *ab* образовалась воронка размыва, которая при длительном сбросе воды имеет тенденцию распространяться под свободно уложенный конец плечного крепления в сторону верхнего бьефа. На рисунке показан характер воронки после 30-минутного сброса воды.

Во втором случае (рис. 3) наличие водобойной стенки на расстоянии, несколько превышающем длину гидравлического прыжка первого случая, ограничивает распространение шлейфа. Кроме того, величина воронки размыва в данном случае меньше, чем в предыдущем.

В обоих случаях установлено, что характер переформирований соответствует структуре потока при внезапном его расширении (рис. 1). Воронка размыва образуется в зоне слабо возмущенного ядра. Осаждение наносов в виде шлейфа происходит в основном в зоне интенсивного турбулентного перемешивания. Наличие преграды в виде невысокой водобойной стенки ограничивает величину размыва и длину распространения шлейфа.

Литература

1. Богославчик, П. М. Расчетная модель размыва грунтовых плотин при переливе / П. М. Богославчик // Наука и техника. – 2018, № 4. – С. 292–296.
2. Михалев М. А. Гидравлический расчет потоков с водоворотом / М. А. Михалев. – Л.: Энергия, 1971. – 184 с.
3. Стефанович Г. В. Плановое расширение потока в нижних бьефах, гидросооружений и акваториях / Г. В. Стефанович // Изв. ВНИИ гидротехники. – 1997. – С. 70–87.

УДК 532.59+627.8

К вопросу об интегрировании дифференциальных уравнений неустановившегося движения потока воды в открытом русле в условиях высокогорья

Стриганова М. Ю.¹, Шаталов И. М.², Щербакова М. К.², Бандолик Н. Н.¹,
Дмитриченко А. С.³

¹Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь,

²Белорусский национальный технический университет,

³Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь

В статье предложено использование конечно-разностного метода интегрирования дифференциальных уравнений (метода характеристиче-