

УДК 502/504:627.824

А. СУЛЕЙМАН

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ НИЗОВЫХ СЛИВНЫХ СТУПЕНЧАТЫХ ОТКОСОВ ВОДОСЛИВНЫХ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН, ПОКРЫТЫХ ПЛИТАМИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрены результаты модельных экспериментальных исследований гидравлических условий работы низовых сливных откосов водосливных грунтовых плотин, крепление которых выполнено с помощью бетонных плит различных конструкций.

Водосливная грунтовая плотина, низовой откос, крепление, поверхностный режим сопряжения бьефов, носок-уступ, носок-ковш, коэффициент скорости, коэффициент кинетической энергии, гидравлические сопротивления.

There are considered the results of model experimental investigations of hydraulic conditions of operation of downstream weir stepped slopes of weir earth dams, their fiction is made by means of concrete plates of different constructions.

Weir earth dam, downstream slope, fixing, face regime of downstream conjugation, submerged bucket, scoop, coefficient of speed, coefficient of kinetic energy, hydraulic resistances.

Грунтовая плотина может стать водосливной, если на её низовом откосе разместить быстроток, дно и борта которого защищены от размыва водного потока ступенчатым креплением, деформирующимся при осадках плотины и обеспечивающим пропуск расчетных и паводковых расходов воды и льда. Этим требованиям отвечают крепления из горной массы, сортировального камня или сборных железобетонных плит [1].

Первое предложение конструкций водосливной грунтовой плотины со ступенчатым креплением из плит было разработано П. И. Гордиенко [2] (рис. 1). В дальнейшем эта конструкция водосливной грунтовой плотины была усовершенствована и внедрена в практику Ю. П. Правдивцем [3]. Выполненные им исследования

показали, что устойчивый поверхностный режим сопряжения бьефов может быть обеспечен и на более крутом откосе, если в конце сбросного канала устроить носок-уступ (на скальном основании) или носок-ковш (на мягких грунтах).

Аналогичный путь был избран исследователями, которыми руководил Ю. П. Правдивец [4, 5]. Они проводили свои исследования на модели переливной плотины, имевшей ступенчатый низовой откос (клиновидные плиты), с отношением $l/b = 4...6$ (где l – длина плиты; b – толщина) и заложения этого откоса в диапазоне $i = 0,2...0,8$ (рис. 2).

По полученным в результате опытов данным были построены графики зависимости $q = f(h)$, где h – глубина потока воды в мерном створе, q – расход воды.

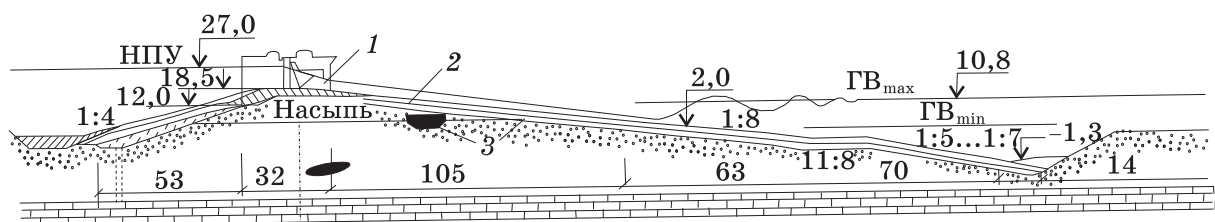


Рис. 1. Водосливная грунтовая плотина, м: 1 – оголовок; 2 – лоток; 3 – дренаж

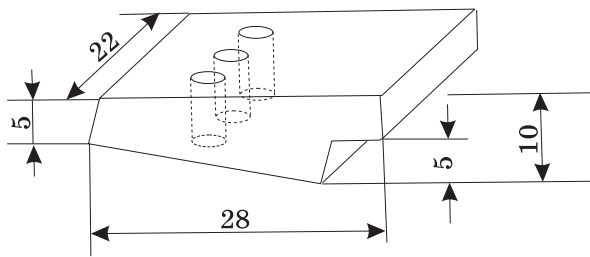


Рис. 2. Формы и размеры клиновидных плит, исследованных в работе Ю. П. Правдивца и Д. Ш. Нгуена, мм

Полученные поля точек обрабатывались затем методом наименьших квадратов с целью получения аппроксимированных кривых вида $q = f(h, i)$ и $q = f(h, l/\Delta)$. При дальнейшей обработке данных находились значения коэффициента скорости φ :

$$\varphi = q / \left[h \sqrt{2g(H + p + h)} \right],$$

где g – ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$); H – глубина потока над гребнем плотины; p – высота плотины.

Интересные данные были получены Д. Ш. Нгуеном [5] и в отношении значений коэффициента кинетической энергии. Осуществленные им замеры полей скоростей на ступенях откоса позволили установить, что величина этого коэффициента растет по мере уменьшения параметра l/Δ , а увеличивается с ростом местных сопротивлений.

Получив графические функциональные зависимости $q = f(h)$, Данг Шон Нгуен осуществил более глубокую обработку своих данных, выявив изменение φ в зависимости от «условного уклона» откоса i , относительной длины ступеней l/Δ и относительной протяженности откоса $l_0/h_{кр}$. Подобный подход позволил ему установить, что именно эти три параметра определяют значение φ . В частности, основное влияние на характер изменения коэффициента скорости, а следовательно и местных сопротивлений, оказывает длина сливной поверхности слива. Влияние уклона и относительной шероховатости носит менее выраженный характер. Тем не менее он отметил, что последние влияют «несколько выраженно при небольших уклонах» ($i \approx 0,1$); а с ростом уклона «это влияние уменьшается». При диапазонах $l/\Delta = 2...8$, $i = 0,1...0,4$ и $h/\Delta = 3...18$ Данг Шон Нгуен не обнаружил «оптимума

гидравлических сопротивлений», сопротивление росло по мере уменьшения l/Δ .

И. С. Румянцев и его аспирант С. Х. Ганем продолжили работу П. И. Гордиенко, Ю. П. Правдивца и Д. Ш. Нгуена. Они изучили изменение значений коэффициента скорости на ступенчатой сливной поверхности низового откоса грунтовых сливных плотин, провели эксперименты на модели масштабом 1:50 при различных уклонах низового откоса: $i = 0,18...0,8$ (т. е. больших, чем у Д. Ш. Нгуена); $l/\Delta = 2...8$. Эти эксперименты показали, что после $l/\Delta \approx 7,5$ коэффициент скорости не изменяется, кроме того, для крепления низового откоса авторы предложили плиты новой конструкции с прорезным уступом (в плане). Укладка таких плит может осуществляться как в «шахматном», так и в «полушахматном» порядке [6] (рис. 3). Проведенные исследования И. С. Румянцева и С. Х. Ганема показали, что плиты с прорезами оказывают большее гидравлическое сопротивление, чем ступенчато уложенные плиты с уступом. Значения коэффициента скорости на откосе, облицованном плитами с плановой прорезью, на 10...12 % меньше, чем в случае с откосом, облицованным плитами традиционной конструкции.

Поиск новых форм управления потоком в этих условиях привел автора статьи к идее использовать предложение С. А. Кузьмина – А. Е. Андреева создать для такого типа крепления плиты с двухступенчатой (в плане) прорезью [7].

Размеры плит показаны на рис. 4. Они выполнены в масштабе 1:50. Их абсолютные и относительные размеры сле-

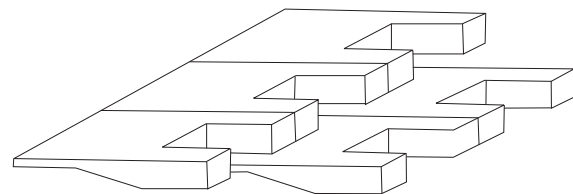


Рис. 3. Варианты конструкций плит ступенчатого крепления сливного откоса, исследованные И. С. Румянцевым и С. Х. Ганемом: плиты И. С. Румянцева и С. Х. Ганема с прорезным уступом, уложенные в «шахматном» и «полушахматном» порядке

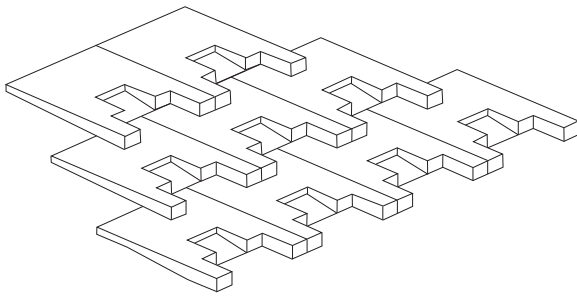


Рис. 4. Вариант конструкций плит ступенчатого крепления сливного откоса (прорезь двухступенчатая, порядок укладки «шахматный»)

дующие: $l = 9$ см, $B = 6$ см, $\Delta = 1,2$ см, $l/\Delta = 7,5$. Плоскости плиты имеют двухступенчатую прорезь, занимающую в глубину $1/2$ длины плиты (это больше, чем у плиты С. Х. Ганема, которая занимала $1/3$), а в ширину $3/4$ впереди и $1/2$ в конце от общей ширины плиты. Укладка плит осуществлялась в «шахматном» порядке.

На экспериментальной установке были осуществлены исследования крепления с традиционными плитами типа прямого уступа, которые ранее подробно изучались П. И. Гордиенко, Ю. П. Правдивцем, Д. Ш. Нгуеном, а также крепления с прорезными плитами, исследованные И. С. Румянцевым и С. Х. Ганемом.

Экспериментальная установка представляет собой модель плотины в масштабе 1:50, имеющей уклон низового откоса $i = 0,18$ (см. рис. 4). Аргументация выбора такого уклона обусловлена тем, что именно с таким заложением низового откоса чаще всего строят переливные плотины.

Исследовали три варианта крепления, характеризующихся оптимальным соотношением длины плиты и высоты получающегося уступа ($l/\Delta = 7,5 = \text{const}$):

крепление плит Ю. П. Правдивца и Д. Ш. Нгуена с прямым уступом;

крепление плит И. С. Румянцева и С. Х. Ганема с прорезным уступом, уложенных в «шахматном» порядке;

крепление плит с двухступенчатой прорезью, уложенных в «шахматном» порядке и имеющих размеры, аналогичные размерам плит Ю. П. Правдивца и И. С. Румянцева (рис. 5).

Выводы

При движении сбросных расходов по низовым крепленным откосам переливных

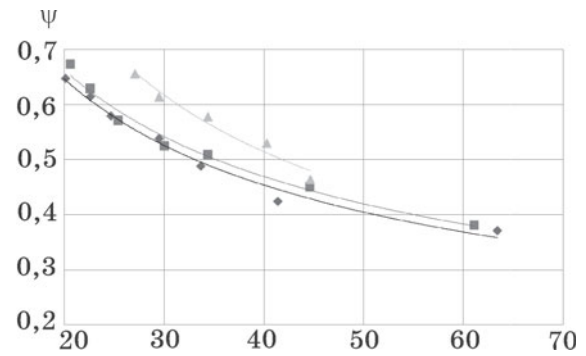


Рис. 5. Результаты сравнительных исследований плит с прямым уступом и плит с двухступенчатой прорезью: \blacklozenge плиты с двухступенчатой в плане прорезью, уложенные в шахматном порядке; \blacksquare плиты с прорезью уступом в шахматном порядке; \blacktriangle клиновидные плоские плиты

плотин главная роль принадлежит относительной длине ступеней сливной ступенчатой поверхности l/Δ и заложению (уклону) откоса.

Использование плит с одиночной прорезью и с двухступенчатой прорезью позволяет существенно интенсифицировать процесс гашения избыточной энергии потока по сравнению с плитами традиционной конструкции, а также увеличить гидравлические сопротивления, т. е. усилить торможение потока.

Значения коэффициента скорости на откосе, облицованном плитами с двухступенчатыми прорезями, на 1,5...2,5 % меньше, чем на откосе, облицованном плитами с одиночной прорезью, т. е., другими словами, использование плиты с двухступенчатой прорезью позволяет уменьшить величину бокового притока воды непосредственно в пределах прорези, за ее уступами валец разбивается на составляющие, развивающиеся независимо друг от друга, что позволяет уменьшить циркуляцию и снизить пульсационные составляющие скорости потока. Кроме того, использование этой конструкции плит позволяет уменьшить объем бетона, необходимого для их изготовления.

1. Гидротехнические сооружения / Л. Н. Рассказов [и др.]. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – Ч. 1. – 635 с.

2. Гордиенко П. И. Железобетонно-земляные плотины / Труды МИСИ им. В.В. Куйбышева. – 1970. – С. 3–17.

3. Правдивец Ю. П. Сопряжение бьёфов поверхностным режимом на многоводных реках // Энергетическое строи-

тельство. – 1978. – № 2. – С. 23–27.

4. **Нгуен Д. Ш.** Исследования устойчивости водосливной грунтовой плотины на размываемом основании: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МИСИ, 1981. – 147 с.

5. **Правдивец Ю. П.** Исследование работы плит крепления грунтовых откосов при переливе воды через сооружение / Повышение надежности гидротехнических сооружений при динамических воздействиях: сборник научных статей МИСИ. – М.: МИСИ, 1976 – С. 57–58.

6. **Ганем С. Х.** Совершенствование конструкций и методов расчетного обоснования грунтовых водосливных плотин: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГУП, 1991. – 130 с.

7. **Андреев А. Е.** Управление потоками за водопропускными сооружениями в составе противопаводковых защитных комплексов: дис. ... д-ра техн. наук. – СПб: ГТУ, 1998. – 398 с.

Материал поступил в редакцию 25.01.11.

Сулейман Ахмад, аспирант

Тел. 8-926-923-03-03

as79scs@hotmail.com

УДК 502/504:626.8

А. МАМЕДОВ

Научно-исследовательский и проектный институт «Суканал», Азербайджанская Республика

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКА ДОННОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

С целью сохранения полезной емкости водохранилища и увеличения срока службы предложена новая конструкция для промывки отложений. Разработаны специальные наносозахватывающие сооружения – затопленные отстойники, которые располагаются перед плотиной внутри водохранилища. Конструкция выполняется в виде прямоугольной камеры с промывными трубами. Камеры «затопленного отстойника» сверху перекрыты дырчатыми плитами. Применение таких сооружений позволяет увеличить концентрацию наносов в промывном потоке в несколько раз по сравнению с поступающими донными наносами. Выведено уравнение динамики изменения мутности донных суспензионных течений по длине наносозахватывающих сооружений.

Водохранилище, заиление, занесение, удаление наносов, промывка, донные водосбросы, полезная емкость, пропуск донных суспензионных течений, затворы, промывные камеры.

For keeping the capacity of the water storage basin useful and lengthening the life time a new construction is proposed. For this purpose special structures which catch sediments are developed – drowned settlers located before the dam inside the basin. The construction is performed in the form of a rectangular chamber with scour pipes. The chambers of «the drowned settler» are covered by holed plates on top. Application of such structures allows increasing concentration of sediments in the wash flow by several times in comparison with the incoming bottom sediments. There is derived an equation of turbidity change dynamics of bottom suspension currents along the sediments catching constructions.

Water storage basin, siltation, removal of sediments, washing, bottom spillway, useful capacity, passage of bottom suspension currents, gates, wash.

С развитием сельского хозяйства, промышленности и ростом численности населения в мире интенсивно увеличивается потребность в пресной воде. Объем водных ресурсов при естественном режиме рек не дает возможности обеспечить все потребности, поэто-

му зарегулирование стоков рек в водохранилищах – актуальная задача [1–3].

Мировой опыт эксплуатации водохранилищ показывает, что многие из них заиляются быстрыми темпами [1, 2, 4]. Интенсивность заиления часто оказыва-