

К ВОПРОСУ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОНАПОРНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН И ДАМБ С ПОЛОГИМИ ВЕРХОВЫМИ ОТКОСАМИ

Вопросы технико-экономической эффективности земляных плотин с пологими верховыми откосами рассматривались в ряде работ [1–6]. Сравнивались при различных условиях затраты на строительство плотин с пологими неукрепленными и крутыми верховыми откосами покрытыми креплениями различных типов. Чаще всего рассматривались крепления железобетонными плитами или из камня. Во всех случаях в качестве критерия технико-экономической эффективности плотин авторами предлагалась стоимость. Считалось, что наиболее экономичен в заданных условиях тип плотины с минимальной стоимостью.

Анализ выполненных работ показал, что имеющиеся рекомендации нуждаются в уточнениях, так как разными авторами в основу расчетов был положен профиль, форма которого, а главным образом заложение элементов верхового откоса, при равных условиях было различным. Профиль же верхового откоса во многом определяет объем работ по устройству плотины и, следовательно, ее стоимость. Кроме того, каждым автором по-разному учитывались местные условия строительства.

Цель выполненной работы заключалась в том, чтобы получить рекомендации по определению экономической эффективности низконапорных водоподъемных плотин и дамб с пологими откосами на малых водохранилищах в условиях БССР.

При исследовании рассматривались вопросы:

- сравнения и выбора метода расчета заложения верхового откоса, обеспечивающего его высокую надежность и экономичность;
- сравнения стоимостей плотин, имеющих пологие неукрепленные откосы, со стоимостью плотин с крутыми верховыми откосами, укрепленными монолитными железобетонными плитами.

Основные принципы проектирования плотин с пологим верховым откосом, которых придерживаются большинство авторов, заключаются в следующем.

Гребень и низовой откос проектируются по тем же нормативам, что и плотины нормального профиля. Верховой откос проектируется ломаного очертания (рис. 1, а): от гребня плотины до верхнего предела размывающего действия волны – крутым (коэффициент откоса m_1'); в зоне волнового воздействия – пологим (коэффициент откоса m_2' и m_2''); ниже зоны волнового воздействия (нижнего предела размывающего действия волны) снова крутым (коэффициент откоса m_3).

Исследования [8] показали, что для условий небольших водоемов профиль верхового откоса можно упростить: пологую часть в зоне волнового воздействия (от верхнего до нижнего пределов размывающего действия волны) принять прямолинейной с одинаковым коэффициентом заложения m_2 (рис. 1,б).

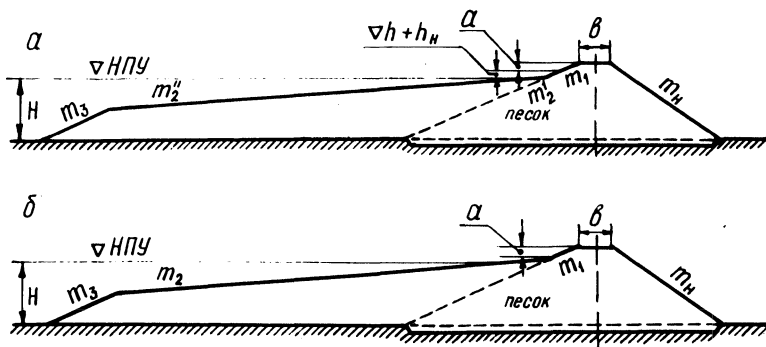


Рис. 1. Схемы профилей земляных плотин и дамб с пологим верховым откосом:

а – наиболее распространенный [1,2,3,6]; б – для низконапорных сооружений [8].

Для проектирования профиля верхового откоса разработан ряд методик [1,2,3,4,5,6]. В большинстве из них сохраняется изложенный выше принцип построения профиля. Различия состоят только в методике расчета параметров его элементов, главным образом заложения откоса пляжного участка.

Для сравнения методов определения заложения пологой части верхового откоса (определяющей основной объем земляных работ при строительстве плотины) по ним были произведены расчеты для средних условий территории Белорусии [10,11]:

длина водоема – до 5,0 км;

средняя глубина водоема – 3,0 м;

расчетная скорость ветра – 26,0 м/с;

грунт тела плотины – песок со средним диаметром частиц $d_{50} = 0,25$ мм.

Расчеты производились по методикам [1,2,3] с учетом рекомендаций [6,7,8,9].

По результатам расчета построен график (рис. 2), из которого следует, что для малых разгонов волны при прочих равных условиях коэффициент заложения устойчивого откоса, рассчитанный по рекомендациям БПИ для условий БССР [8], меньше, чем по другим методикам. Отсюда следует вывод, что плотина с пологим откосом, запроектированная с уче-

том рекомендаций [8], будет дешевле, чем плотина с верховым откосом, рассчитанным по другим методикам.

Для сравнения экономической эффективности плотин распластанного и нормального профилей с монолитным железобетонным креплением верхового откоса были определены их размеры, объемы работ и стоимость для широкого диапазона условий, характерных для Белоруссии [10]:

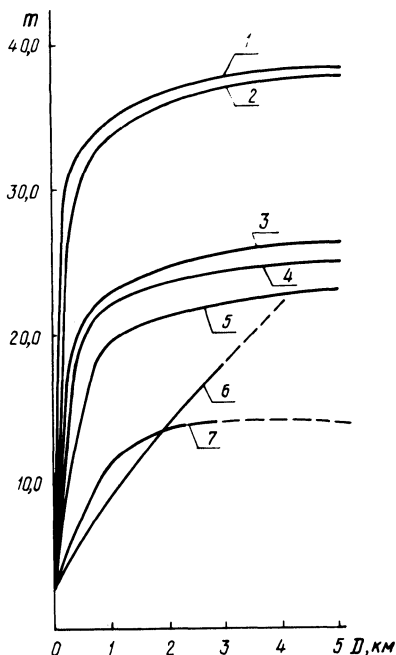


Рис. 2. Графики изменения коэффициента откоса m в зависимости от длины разгона волны D при $W = 26$ м/с, $d_{50} = 0,5$ мм, рассчитанные по рекомендациям:

1 – В.Л. Максимчука [3]; 2 – Я.Э. Гугняева, В.С. Шайтана [7]; 3 – Х.А. Акмурадова [2]; 4 – Е.С. Цайтца [1]; 5 – Б.А. Пышкина [6]; 6 – Е.М. Левковича, В.Н. Юхновца [8]; 7 – Ф.В. Саплюкова [9].

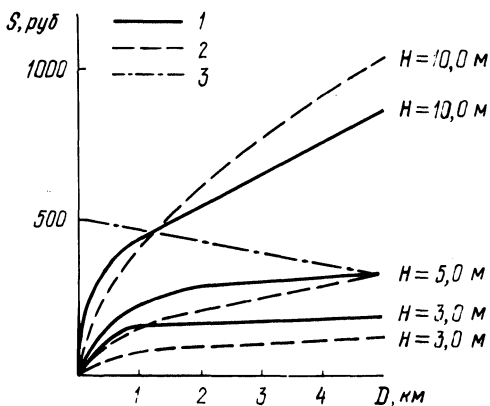


Рис. 3. Стоимость (S) 1 пог. м плотин из песка ($d_{50} = 0,25$ мм):

1 – нормального профиля с железобетонным креплением; 2 – с пологим верховым откосом; 3 – линия равной стоимости.

– глубина водохранилища у плотины – до 10,0 м;

– длина разгона волны – до 5 км;

– расчетная скорость ветра – 26 м/с;

– грунты – пески мелкозернистые и среднезернистые со средними диаметрами частиц $d_{50} = 0,15$; 0,25 и 0,50 мм;

— сооружения отсыпаются из карьерных грунтов, расположенных на расстоянии 1–2 км; с разработкой грунта экскаватором емкостью ковша $0,5 \text{ м}^3$ с перевозкой его автосамосвалами и укаткой катками весом до 18 т.

Определение стоимости 1 пог. м сооружений осуществлялось по [12,13]. Для выявления области экономической целесообразности плотин были построены графики зависимости их стоимости от длины разгона, глубины водохранилища, для средних диаметров частиц грунтов $d_{50} = 0,15; 0,25; 0,50 \text{ мм}$. На рис. 3 приведен график для среднего диаметра частиц грунта — 0,25 мм.

Сравнительные расчеты показали, что при малых глубинах и разгонах волны плотины с пологими откосами всегда экономичнее плотин нормального профиля с креплением железобетонными плитами. По мере возрастания параметров водохранилища, и соответственно параметров сооружений, возрастает и их стоимость. Однако возрастание стоимости плотин с пологим откосом и плотин с креплением происходит по-разному; при определенных параметрах водохранилища стоимость этих плотин выравнивается. Затем стоимость плотин с креплениями становится ниже стоимости плотин распластанного профиля.

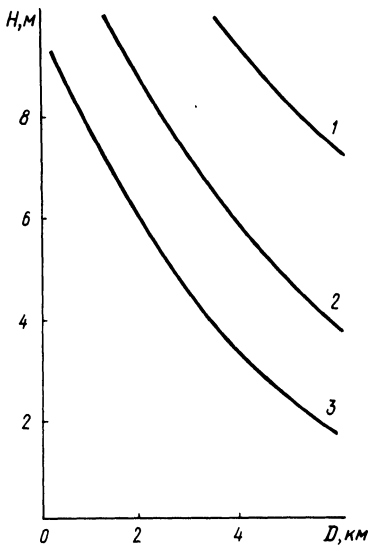


Рис. 4. Графики равных стоимостей плотин с пологими неукрепленными и крутыми укрепленными железобетонными плитами откосами при различных глубинах водоемов (H), d_{50} :
1 — 0,50 мм, 2 — 0,25, 30, 15 мм.

На каждой кривой (см. рис. 3) через точки равной стоимости, получившиеся в результате пересечения кривых стоимости плотин с пологими и крутыми укрепленными откосами, проведены линии, ограничивающие область экономической целесообразности рассматриваемых типов плотин для заданного среднего диаметра частиц грунта.

На рис. 4 представлен обобщенный график равных стоимостей плотин распластанного профиля для грунтов со средними диаметрами частиц 0,15; 0,25; и 0,50 мм, по которому можно ориентировочно определять экономическую целесообразность плотин рассматриваемых типов при сравнении вариантов.

Графики показывают, что с уменьшением среднего диаметра частиц грунта уменьшается и область целесообразного применения плотин с пологим откосом.

Сравнительные расчеты, произведенные для плотин рассмотренных типов, отсыпанных из грунта со средним диаметром частиц $d_{50} = 0,25$ мм, показали, что при глубинах водохранилищ у створа плотины до 5,0 м и разгонах волны до 3,0 км экономия строительных затрат на 1 пог. м длины сооружения может составить до 87,0 руб.

Необходимо иметь в виду, что экономическая эффективность плотин с пологими откосами выражается также и в том, что при их строительстве исключается расход фондовых материалов (металл, цемент), возможен более высокий уровень механизации. Существенным является также и то, что ремонт этих сооружений прост, не требует специальных машин и может производиться при частично заполненном водохранилище.

При решении практических задач по сравнению технико-экономической эффективности различного типа плотин и дамб необходимо учитывать, кроме затрат на их строительство, и другие факторы, например эксплуатационные затраты, изменение запаса воды в водоемах при разных типах верховых откосов, значимость которых в каждом конкретном случае различна и может быть достаточно велика в небольших прудах или водохранилищах.

Л и т е р а т у р а

1. Ц а й т ц Е.С. Действие волн на откос из несвязных грунтов. Автореф. канд. дис. — Киев, 1958.
2. А к м у р а д о в Х.А. Исследование устойчивости неукрепленных откосов земляных гидротехнических сооружений, сложенных из несвязных грунтов, от воздействия волн. Автореф. канд. дис. — Ашхабад, 1961.
3. П ы ш к и н Б.А., Р у с а к о в С.В., М а к с и м ч у к В.Л. Проектирование защитных сооружений на водохранилищах. — Киев, 1962.
4. П о п о в И.Я. Об экономической эффективности земляных гидротехнических сооружений с пологими неукрепленными откосами, устойчивыми против воздействия ветровых волн. Тр. координацион. совещ. по гидротехнике. — Л., 1964, вып. XII.
5. Р о з е н т а л с Г.Э. Деформации откосов прудовых плотин в результате волнового воздействия. Автореф. канд. дис. — Елгава, 1964.
6. П ы ш к и н Б.А. Динамика берегов водохранилищ. — Киев, 1973.
7. Г у г н я е в Я. Э. Проектирование пологих откосов, подверженных действию волн. — М., 1959.
8. Л е в и ч Е.М., Ю х н о в е ц В.Н. Исследование пологих неукрепленных откосов земляных плотин и дамб на водоемах БССР. — В сб.: Водное хо-

зйство Белоруссии. Минск, 1976, вып. 6. 9. Саплюков Ф.В. Заиление и переработка берегов малых водохранилищ. — В сб.: Создание, сохранение и восстановление водоемов. Елгава, 1974. 10. Справочник по климату СССР. Белорусская ССР, — Л., 1966, ч. III, вып. 7. 11. Строительные нормы и правила, ч. II, гл. 57. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) (СНиП II-57-75). М., 1976. 12. Сборник № 37 единых районных единичных расценок на работы в гидротехническом строительстве. — М., 1972. 13. Каталог единичных расценок и строительные работы в БССР. — Минск, 1973.

УДК 627.417.4

Г.П. Сапожников

УЧЕТ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОКРЫТИЙ ОТКОСОВ ПЛОТИН ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЫСОТЫ НАКАТА ВОЛН

Как показывают некоторые исследования [1], для защиты верховых откосов плотин возможно применение плит с отверстиями, что позволяет уменьшить толщину крепления и, следовательно, его стоимость.

Вместе с тем увеличение проницаемости покрытий приводит к снижению высоты наката волн на откосы [1,2]. Это в свою очередь позволяет уменьшить высоту границы крепления, что снижает стоимость защитных покрытий, которая достигает в настоящее время 40% стоимости сооружения.

Однако в литературных источниках отсутствуют данные о способе учета высоты наката на крепления, имеющие разное количество отверстий. Для выяснения этого вопроса была проведена серия опытов. Опыты проводились в волновом лотке на модели откоса, сложенной из песка. В качестве испытываемых образцов были применены плиты размером 14,5 x 14,5 x 2,0 см из бетона с количеством отверстий $n = 0, 20, 45$ и 81 на каждую плиту, что составляло соответственно 0, 4, 5 и 9 отверстий по длине откоса. Проницаемость плит вычислялась по формуле

$$S = \frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{пл}}} 100\%, \quad (1)$$

где $F_{\text{отв}}$ — суммарная площадь отверстий; $F_{\text{пл}}$ — площадь плиты (табл. 1).

Максимальное число отверстий принималось из условия нецелесообразности дальнейшего увеличения их количества при определении устойчивости плит при волновом воздействии.

Для измерения параметров волн и наката использовались емкостные датчики, модернизированные по сравнению с описанными в литературе [3], обладающие постоянными характеристиками при изменении физических свойств воды (температуры, мутности), а также азрированности потока, накатывающегося на откос, что имеет особо важное значение [4].