

3. Татаров И.Я. О пропускной способности водослива с широким порогом, работающим совместно с донными отверстиями// Изв.вузов СССР. Строительство и архитектура. - 1964. - № 2. - С. 22.

4. Сеницын Н.В. О влиянии распределения пстока на подходе к сооружению на пропускную способность двухъярусных водоводов/Матер. респ. научн.-техн. совещ. по изучению, комплексному использованию и охране водных ресурсов. - Вып. 6. - Минск, 1965. - С. 102-105.

5. Палишкин И.А., Русецкий А.П. Исследование совместной работы поверхностных и донных многорядных трубчатых водосбросов.Аннотации законченных в 1963 г. научно-исследовательских работ по гидротехнике. - Л.: Энергия, 1965. - С. 546-548.

6. Слиский С.М. Гидравлика зданий гидроэлектростанций. - М: Энергия, 1970. - 420 с.

7. Будыка С.Х., Вопнярский И.П., Козлов Д.А. Учет влияния распределения потока перед двоянным затвором на параметры донной струи// Доклады АН БССР. Т. ХУП. - 1973. - № 3. - С. 269-271.

8. Кунцевич Н.М. Гидравлические исследования башенных водосбросов рыбоводных прудов// Автореф. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - Минск, 1970. - 25 с.

9. Степанов Н.Н. Экспериментальное определение пропускной способности здания ГЭС с донными водосбросами, совмещенными с отводами отсасывающих труб// Гидравлика и гидротехника, вып. 21. - Киев.- 1975 . - С. 75-79.

УДК 627.41

Е.М.Левкевич (БГПА)

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УСИЛЕННОЙ
ШЕРОХОВАТОСТИ ПЛИТ ПОКРЫТИЙ ВЕРХОВЫХ ОТКОСОВ
ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН НА ВЫСОТУ НАКАТА ВОЛНЫ**

Для защиты верховых откосов земляных плотин, напорных дамб, берегов водохранилищ и морей от размыва используются крепления, различные по капитальности, конструкциям и применяемым материалам.

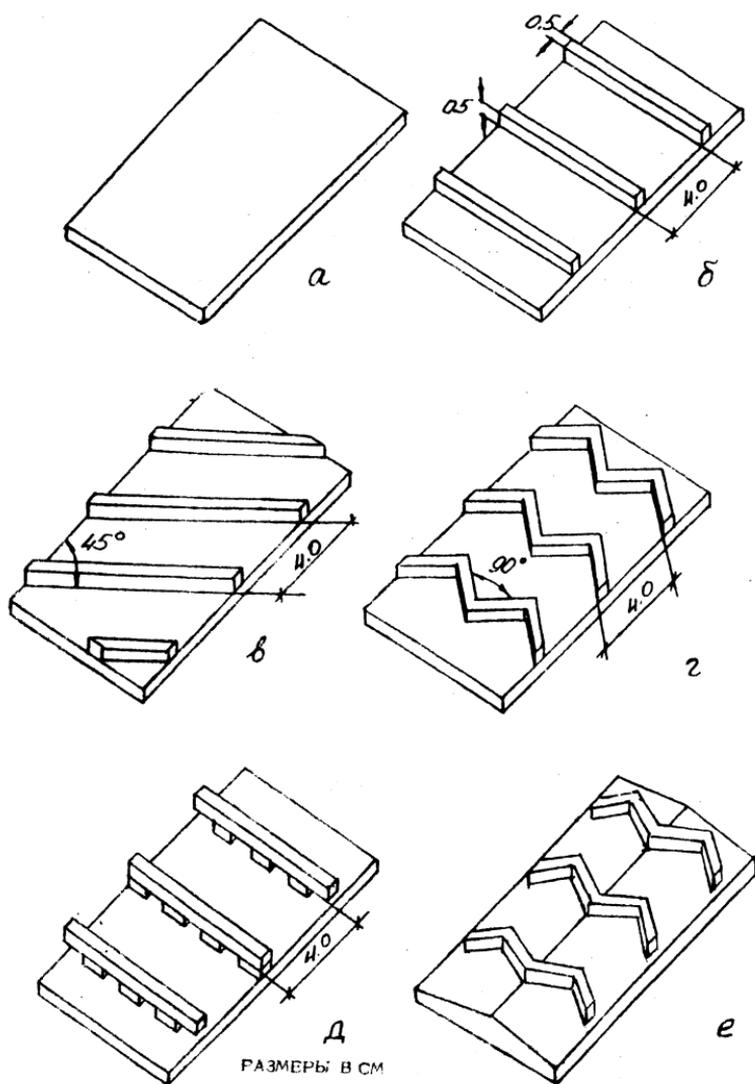


Рис. I. Типы плит покрытия и карнизных элементов: а - гладкие
 б - ребра, параллельные урзу воды; в - ребра, наклонные
 к урзу; г - ребра типа "зигзаг"; д - ребра на стойках
 е - двухскатные плиты с ребрами "зигзаг"

Наиболее широкое распространение получили крепления с покрытиями из железобетонных плит различных типов [1-7]. Покрытия из железобетона отличаются высокой надежностью и относительной простотой изготовления, однако они сравнительно дороги, поэтому ведутся изыскания по их удешевлению.

Одним из путей снижения стоимости является уменьшение площади крепления, которое может быть достигнуто за счет понижения высоты наката волны путем устройства на поверхности плит усиленной шероховатости. Она может быть в виде шашек, пирсов, или ребер различной формы и расположения на поверхности плиты [1-8]. Усиленная шероховатость применяется главным образом на водопроводящих сооружениях для гашения энергии русловых потоков; для этих условий имеются рекомендации по их проектированию [3,4,8], полученные на основании лабораторных исследований и обобщения опыта их эксплуатации. Реже применяется усиленная шероховатость на плитах крепления откосов гидросооружений и берегов, подвергающихся действию волн [5-7] с целью уменьшения высоты наката.

В отечественной литературе приводятся примеры устройства креплений из плит с усиленной шероховатостью [5-7], однако мало публикаций, содержащих сравнительные данные по эффективности различных типов шероховатости в условиях взаимодействия с волновым потоком [7,9]. Кроме того, в последние годы появились предложения по устройству усиленной шероховатости на плитах покрытия откосов, подвергающихся действию волн [10-12], что также требует экспериментальной проверки.

С целью изучения влияния усиленной шероховатости различного типа плит покрытий откосов, подвергающихся воздействию волн, на высоту наката, нами проведены лабораторные исследования в лотке размером 12,0x0,6x0,32 м с волнопроизводящей установкой типа качающегося щита на модели земляной плотины, отсыпанной из песка средней крупности.

Характеристики модели: высота 50 см, ширина гребня 20 см, заложение верхового откоса 1:3, низового - 1:1,5; на низовом откосе уложен наклонный дренаж, на верховой откос последовательно, в соответствии с условиями опыта, укладывались щиты с различными типами шероховатости. Исследовано два типа плит покрытий откосов с 6 видами шероховатости (рис.1):

- 1) плиты с плоской лицевой поверхностью
гладкие, без искусственной шероховатости;

- с ребрами, параллельными урезу воды [4,8] ;
- с ребрами, наклонными к урезу под углом 45° [10] ;
- с ребрами типа "зигзаг" [4,8] ;
- с ребрами на стойках, параллельными урезу воды [11] ;

- 2) плиты с двухскатной лицевой поверхностью
с ребрами типа "зигзаг" [12] .

Характеристики шероховатости для модели были определены по рекомендациям для русловых потоков [4,8] в связи с тем, что для волновых потоков они отсутствуют.

Определение характеристик шероховатости проводилось для условий небольших водохранилищ, высота волн в которых колеблется в пределах 0,5–1,0 м. Для этих высот волн была подсчитана толщина струи потока наката и для нее определены размеры выступа шероховатости, которые для условий натурн составили 5–8 см. Учитывая, что исследования будут производиться с волнами больше и меньше средней высоты, было принято наименьшее значение 5х5 см с расстоянием между ними 40 см. С учетом возможности лотка и условий волнообразования в нем был принят масштаб моделирования 1:10, в соответствии с чем были приняты размеры выступов шероховатости 0,5х0,5 см с расстоянием между ними 4 см. Ребра изготавливались из планок, которые в соответствии с выбранными схемами прикреплялись к щиту.

Для намеченных схем шероховатости при различных условиях волнения измерялись высота исходной волны и высота наката. Высота волны измерялась мерными иглами электросигнальным методом, а накат обеспеченностью I % – мерной линейкой. Опыт проводился при регулярном волнении в следующих условиях: глубина воды – 35 см; длины волн – 80 и 102 см; высоты волн – 3,75–8,0 см.

При анализе опытных данных в первую очередь необходимо было выяснить, в какой степени полученные опытные данные по накату волны на гладкий откос согласуются с рекомендациями и формулами, предложенными различными авторами для сходных условий (при этом не ставилась задача проверить их правильность, так как эта работа проделана рядом авторов [5,7]).

Сравнение экспериментальных и расчетных данных по высоте наката показало, что опытные значения высоты наката хорошо согласуются с результатами других авторов, получивших формулы на основании лабораторных исследований для условий регулярного волнения; при этом наибольшая сходимость опытных значений с расчетными имела при использовании формулы Б.А.Пышкина [5] .

Проведенные сравнения дали основание заключить, что полученные опытные данные по накату достаточно достоверны. На рис.2 а приведены зависимости высоты наката волны h_n от ее высоты h_0 для откоса $m = 3,0$ при разных шероховатостях опытных покрытий. Из графиков видно, что во всех случаях шероховатость оказывает существенное влияние на высоту наката волны. При этом степень гашения потока наката на откос неодинаковая при различных типах шероховатостей.

Для выявления количественных оценок эффективности различных типов шероховатости была подсчитана относительная высота наката $k_n = h_{ni}/h_{nr}$, равная отношению высоты наката для каждого вида шероховатости к накату на гладкий откос. Эта величина изменялась в широких пределах: от 0,46 до 0,93. Средние значения k_n для плит с разной шероховатостью находятся в пределах 0,5-0,7; при этом наименьшее значение его наблюдается для двухскатных плит с шероховатостью типа "зигзаг" на поверхности, что указывает на ее преимущество перед другими плитами.

Анализ опытных данных показал, что степень гашения волны зависит от ее пологости. На рис.2 б приведен график зависимости k_n от пологости волны, из которого видно, что на всех видах покрытий с различной шероховатостью относительная высота наката увеличивается с увеличением пологости волны, т.е. чем короче волны, тем гашение энергии волны более интенсивное.

Опыты показали также, что характер взаимодействия волны с откосом, укрепленным креплением с покрытиями, имеющими различную искусственную шероховатость, примерно одинаков, однако в этом процессе для отдельных типов шероховатостей имеются некоторые особенности. В общем случае (независимо от типа плит и шероховатости) волна, подходя к откосу, на некоторой критической глубине разрушается и движется в виде потока наката вверх по откосу, затем, израсходовав весь запас энергии, содержащийся в ней, скатывается вниз, навстречу набегающей волне. На откосах, укрепленных гладкими плитами или с шероховатостью в виде ребер, параллельных урезу волны (рис.1), при подходе волны по нормали к линии уреза, потоки наката и ската, находясь в бурном состоянии, совершают свое движение по тому же направлению по нормали, при этом иногда наблюдается сбой (когда потоки отклоняются от нормали), который имеет случайный характер.

На откосах с шероховатостью типа "зигзаг" (рис.1 г) общая

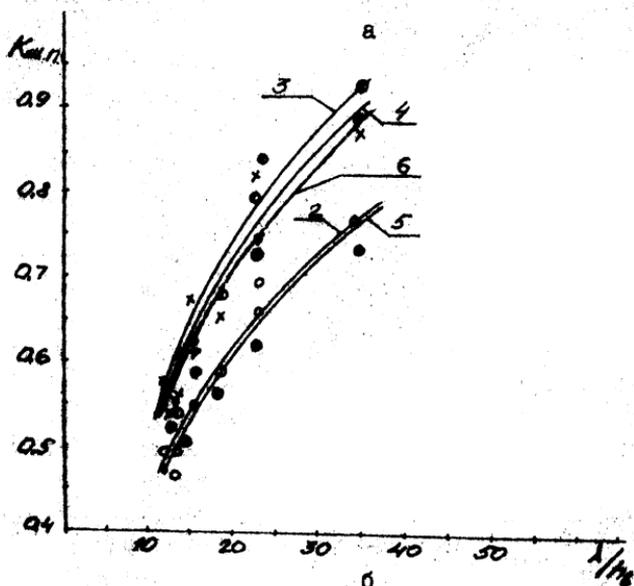
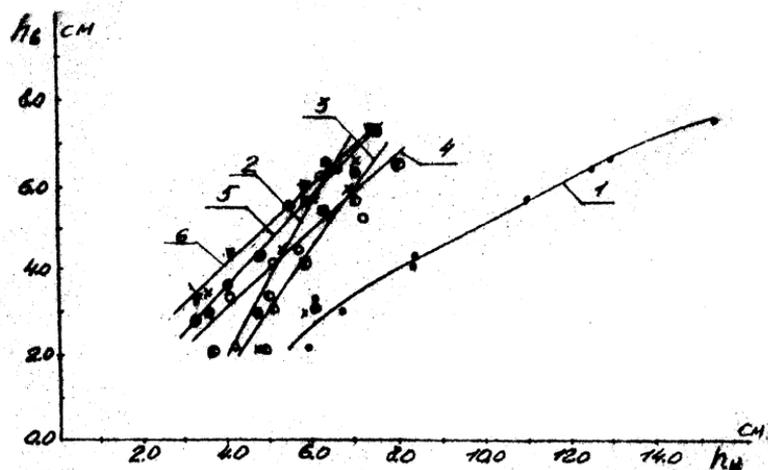


Рис.2. Графики зависимостей: а - высоты наката волны h_n от высоты исходной волны h_g ; б - относительной высоты наката $k_n = h_{н.п.}/h_{н.г.}$ от пологости волны λ/h_g . 1 - гладкие; 2 - ребра, параллельные урезу воды; 3 - ребра, наклонные к урезу; 4 - ребра "зигзаг"; 5 - ребра на стойках; 6 - двухскатные плиты с ребрами "зигзаг"

картина взаимодействия примерно такая же, но собой практически отсутствует.

Что касается покрытия с шероховатостью в виде ребер (рис. I в) с наклоном к урезу воды, то в этом случае поток ската имеет боковой свал, направленный вдоль наклонных ребер, т.е. шероховатость способствует образованию берегового течения.

Отличающийся от всех ранее рассмотренных вариантов характер взаимодействия с волной имеет откос с покрытием из плит с двухскатной поверхностью, на котором расположены ребра типа "зигзаг" (рис. I е). На откосе с таким покрытием поток наката, образовавшийся после разрушения волны, продвигаясь вверх по откосу, теряет часть своей энергии на ребрах, а затем на заключительной стадии наката расчленился на локальные потоки. Ребра, расположенные под углом к урезу и сходящиеся у гребня, заставляют локальные потоки двигаться в межреберной зоне по направлению к гребню плиты, т.е. по уклону большему, чем общий уклон откоса, что также способствует уменьшению высоты наката. При скате волны основной поток движется по углублениям между соседними скатами, поверх ребер, а его остатки — по разрывам между ребрами шероховатости. Свал потоков наката и ската при фронтальном подходе волны практически отсутствует; благодаря двухскатной форме поверхности плиты и, как следствие, наличию понижений в местах стыковки плит, скат волны с откоса в рассматриваемом случае и при косом подходе волны к откосу будет происходить по направлению, близкому к нормали к линии уреза.

Таким образом, покрытие из двухскатных плит с шероховатостью типа "зигзаг" обладает рядом достоинств: более высокой эффективностью гашения волн на откосе; при подходе волны с разных направлений в одинаковой степени уменьшается накат; сокращается время ската волны и обеспечивается его движение по нормали к урезу воды.

Изложенное показывает, что двухскатные плиты с искусственной шероховатостью имеют преимущества перед другими видами покрытий в условиях взаимодействия их с волнением.

Литература

1. Алперин И.Е., Быков Л.С., Гуревич В.Б. Укрепление берегов одуходных каналов, рек и водохранилищ. — М.: Трансиздат, 1973. — 116 с.

2. Гидротехнические сооружения (в двух частях). Учебник для студентов вузов/Под ред. Гришина М.М.—М.: Высшая школа, 1979. — 615 с.

3. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика/Железняков Г.В., Ибад-Заде Ю.А., Иванов П.Л. и др./ Под общей ред. Недриги В.П. - М.: Стройиздат, 1983. - 543 с.
4. Замарин Е.А., Фандеев В.В. Гидротехнические сооружения. 5-е изд. - М.: Колос, 1965. - 623 с.
5. Пышкин Б.А. Динамика берегов водохранилищ. - Киев: Наукова думка, 1973. - 414 с.
6. Смирнов Г.Н., Горюнов Б.Ф., Курлович Е.В. и др. Порты и портовые сооружения. - М.: Стройиздат, 1979. - 608 с.
7. Шайтан В.С. Крепления земляных откосов гидротехнических сооружений. - М.: Стройиздат, 1974. - 352 с.
8. Чертоусов М.Д. Гидравлика. - М-Л.: Энергоиздат, 1957, -640 с.
9. Левкевич Е.М., Самончик Е.Н. Влияние искусственной шероховатости покрытий верховых откосов земляных плотин на высоту наката волны. Тез. докл. XXXII СНТК вузов прибалтийских республик, Республики Беларусь, Республики Молдова, Ч.Ш. - Рига: РПИ, 1988.
10. А.С. № 907147 (СССР). Кл. Е. а2 В 3/12. Защитное покрытие откосов/Чеплашкин А.П., Агалакив С.С., Бельченко И.Г. - Б.И. № 7, 1982.
11. А.С. № 638664 (СССР). Кл. Е 02 В 3/12. Защитное покрытие грунтовых откосов гидротехнических сооружений/ Радченко И.К.-Б.И. № 47, 1978.
12. А.С. № 1625919 (СССР). Кл. Е 02 В 3/12. Защитное покрытие грунтовых откосов гидротехнических сооружений/ Левкевич Е.М., Самончик Е.И. - Б.И. № 5, 1991.

УДК 627.83

П.М.Богославчик
(БГПА)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЗЕРВНЫХ ВОДОСБРОСОВ С РАЗМЫВАЕМЫМИ ВСТАВКАМИ

При проектировании резервного водосброса с размываемой вставкой [1] необходимо учитывать некоторые особенности его работы.

Водосброс с размываемой вставкой включается в работу для сброса паводкового расхода достаточно редко. Большую часть времени, т.е.