

Для расчета ОТМ разработана нормативно-справочная база (НСБ), алгоритмы и программа с использованием ЭВМ "Минск-22".

Резюме. Типовая организационно-технологическая модель (ОТМ) достаточно полно отражает весь комплекс работ строительства гидромелиоративного объекта; многократно может быть использована и в связи с этим значительно снижает трудоемкость подготовки исходных данных [3, 4]. Типовая ОТМ требует незначительных затрат времени для привязки ее к конкретному объекту.

ОТМ и комплекс программ [1] с доработкой авторов могут быть использованы в планировании объема работ мелиоративной организации, в оперативном управлении производством гидромелиоративных работ, а также в создании накопительной информации выполнения плана подрядных работ.

Л и т е р а т у р а

1. Батечко В.В. Сетевое планирование. (Алгоритмы и программы). Минск, 1971. 2. О'Брайн Д.Е. Применение метода критического пути в строительстве. М., 1971. 3. Кулибанов В.С., Бузырев В.В. Опыт разработки плановых нормативов для оптимального планирования в строительных организациях. Л., 1970. 4. Панков П.И. Научные основы управления водохозяйственным строительством. Рига, 1973. 5. Разулихин Б.С. Задача об оптимальном распределении ресурсов. - Автоматика и телемеханика", 1965, №7. 6. Шейнюк Л.Ю., Иванов Ю.А., Хорт Л.П. Автоматизированные методы поточной организации работ (АМ ПОР). М., 1963.

УДК 627.8:41

Е.С. Ленартович

ЗАЩИТА БЕРЕГОВ И ОТКОСОВ ДАМБ НА ВОДОЕМАХ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ*

Для защиты откосов земляных сооружений и берегов от волнового воздействия на крупных водохранилищах используют каменные, бетонные, асфальто-бетонные, цементно-грунтовые,

* Работа выполнена под руководством проф. В.М. Зубец.

биологические и другие крепления. В последнее время широко применяются пологие откосы, обеспечивающие надлежащую устойчивость дамб и берегов.

Целесообразность строительства уположенного или более крутого откоса (с креплением) решается на основании технико-экономического расчета. Опыт проектирования строительства и эксплуатации водохранилищ, входящих в осушительно-увлажнительную систему БССР и используемых полностью рыбнохозяйными, показал, что при строительстве земляных плотин и ограждающих дамб IУ класса капитальности применение дорогостоящих креплений не всегда целесообразно. Поэтому создание устойчивого профиля дамб и земляных плотин без креплений, имеющего лучшие экономические и технические показатели, чем дамбы обычного типового профиля, но с креплением, представляет собой актуальную задачу.

В БССР экспериментальное изучение устойчивости откосов дамб против размыва проводили Е.М.Левкевич и В.Н.Юхновец [9] (исследования выполнены на малых водоемах). В результате исследований установлено, что уклон береговой отмели зависит от длины разгона волны и крупности частиц грунта.

С целью изучения деформаций профиля дамб и переработки берегов водоемов, а также способов их защиты нами были организованы стационарные наблюдения на водохранилищах и в рыбохозах "Красная Слобода", "Любань", на Солигорском водохранилище и на колхозных прудах в Несвижском, Копыльском, Клецком и Солигорском районах Минской области.

На указанных водоемах выбирались характерные участки с промерными створами, закрепленные временными реперами в виде бетонных столбов. На каждом участке проводился отбор проб грунта для определения гранулометрического состава, исследовалась самоотмостка на откосе из крупных фракций грунта. Высота волны определялась емкостным волнографом, рейкой с сантиметровыми делениями и путем расчета по СНиП П-57-75.

Поперечники были пронивелированы, и на каждом из них определялись коэффициенты заложения отмели и верхней части откоса, а также границы размывающего действия волны при уровнях воды в водоемах, близких к нормальным подпорным уровням.

Проведенные исследования существующих дамб позволили установить изменение формы откоса под влиянием волн, фильтрационного потока и дождевых вод. Установлено, что в первый

год, интенсивность разрушения дамб с проектным заложением откоса $m = 3-5$ составляет $2,5-4,0 \text{ м}^3$ на пог. м (КНД-2, РДН-2-4 и другие рыбхоза "Красная Слобода", КД 1-7, РДН 2-3, 3-4 и другие рыбхоза "Любань"). Нормальная эксплуатация таких дамб и плотин значительно затрудняется и становится опасной.

Применение пологих откосов без креплений считается наиболее доступной мерой защиты земляных плотин и ограждающих дамб от разрушения ветровыми волнами и позволяет максимально использовать средства механизации и местные материалы (грунт).

На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана методика построения профиля верхового откоса [3]. В соответствии с ней расчеты заложения откоса рекомендуется выполнять для форсированного (ФПУ), нормального (НПУ) и минимального (МПУ) подпорных уровней, а также для промежуточных уровней, соответствующих нижним пределам размывающего действия волны при расчетных уровнях. Таким образом, в подводной зоне профиль откоса принимает выпуклую форму.

Нижний предел размывающего действия устанавливали исходя из условия равенства донных скоростей орбитального и переносного движения частиц при волнении и допустимый донной скорости на размыв для данного грунта. Скорость переносного движения волны определяется по уравнению Стокса:

$$u = c \left(\frac{\pi h}{\lambda} \right)^2 \frac{\text{ch} \frac{4\pi}{\lambda} (H - z)}{\text{Sh}^2 \frac{2\pi H}{\lambda}}, \quad c = \sqrt{\frac{g \lambda}{2\pi} \left[1 + \left(\frac{\pi h}{\lambda} \right)^2 \right]}, \quad (1)$$

где c - скорость распространения волны; g - ускорение силы тяжести; λ - длина волны; h - высота волны; H - глубина от статического уровня до дна; z - текущая ордината. Орбитальные донные скорости v_d при волнении определяются по известной формуле Буссинеска

$$v_d = \frac{n \pi h}{\sqrt{\frac{\pi \lambda}{g} \text{sh} \frac{4\pi h}{\lambda}}}, \quad (2)$$

где n - коэффициент, зависящий от пологости волны (при $\frac{\lambda}{h} = 10$ $n = 0,7$). Формулы (1) и (2) справедливы для го-

ризонгального дна. Однако их можно использовать и для приближенных расчетов вплоть до зоны разрушения волны [1 2].

Для малых водоемов обычно $\frac{\lambda}{h} = 9,0 + 15$. Принимаем $\frac{\lambda}{h} = 10$. Тогда для донной скорости переносного движения ($z = H$) и орбитальной скорости получим

$$u_d = \frac{0,13\sqrt{gh}}{\text{sh}^2 \frac{2\pi}{10} \frac{H}{h}}, \quad (3)$$

$$v_d = \frac{0,7\pi\sqrt{gh}}{\sqrt{10\pi\text{sh} \frac{4\pi}{10} \frac{H}{h}}}. \quad (4)$$

Полагая $u_d = v_{\text{доп}}$, будем иметь

$$\frac{v_{\text{доп}}}{\sqrt{gh}} = \frac{0,13}{\text{sh}^2 \frac{2\pi}{10} \frac{H}{h}}, \quad (5)$$

$$\frac{v_{\text{доп}}}{\sqrt{gh}} = \frac{0,0392}{\sqrt{\text{sh} 1,26 \frac{H}{h}}}, \quad (6)$$

где $v_{\text{доп}}$ — допустимая на размыв донная скорость для грунта откоса, определяемая по СНиП П-57-75.

Графики уравнений (5) и (6) и экспериментальные точки, нанесенные на эти графики, представлены на рис. 1 в координатах $\frac{v_{\text{доп}}}{\sqrt{gh_{5\%}}}$ и $\frac{H_1}{h_{5\%}}$, где $h_{5\%}$ — высота волны

обеспеченностью 5% (обеспеченность принята в соответствии с указаниями СНиП П-57-75); H_1 — нижний предел размыва. Как видно, по фактическим наблюдениям нижняя граница размывающего действия волны находится между кривыми, построенными по уравнениям (5) и (6). Поэтому при проекти-

ровании пологих откосов предпочтение следует отдавать уравнению (6) (средняя кривая на рис. 1).

Учитывая, что орбитальная и переносная скорости могут совпадать по направлению, для обеспечения устойчивости откоса необходимо соблюдать неравенство $u + v \leq v_{доп}$. С этой точки зрения нижний предел размывающего действия волны следует назначать, пользуясь суммарной кривой (верхняя огибающая на рис. 1).

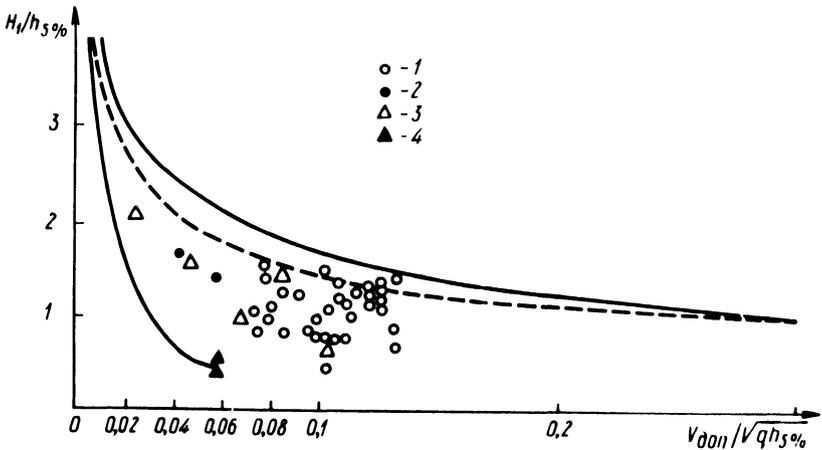


Рис. 1. График для определения нижнего предела размывающего действия волны: 1 — данные БелНИИМих; 2 — данные Л.Б.Иконникова [6]; 3 — данные Г.С.Золотарева [4]; 4 — данные А.С.Судольского [13].

В 1975–1976 гг. были проведены обследования существующих видов креплений плотин и берегов водохранилищ, колхозных и совхозных прудов, а также дамб на территории БССР. Результаты обследований приведены в табл. 1.

Верховые откосы, закрепленные фашиной, торфокрошкой, посевом трав и посадкой ивы, полностью разрушены. На всех обследованных прудах в хорошем состоянии находятся верховые откосы, закрепленные каменным мощением и наброской из неотсортированных крупнозернистых материалов, а также железобетонными плитами. Верховые откосы плотин и дамб обследованных прудов, покрытые одерновкой с размером дернины 0,3x0,4x0,5 м, находятся в удовлетворительном состоянии при длинах разгона до 0,5 км.

В 1976 г. в рыбхозе "Красная Слобода" на пруде Н-2 было устроено крепление откоса контурной дамбы блоками из торфа ненарушенной структуры. Размер блоков в соответствии

Таблица 1

Наименование водоема	Длина разгона волны D, км	Глубина водоема h, м	Заложение откоса m		Виды креплений	Состояние откоса
			проектное	существующее		
Рыбхоз "Красная Слобода"					дальневосточный	
КДН - 1	1,2	1,6	5	6	многолетний дикий рис, посев трав, посадка ивы	хорошее
пк-5	1,0	1,6	5	5	тростник, посев трав, посадка ивы	хорошее
КДН-2	1,3	1,6	5	4,4	моновиты торфа	хорошее
пк-8	1,3	1,6	5	4,4	"-"	"-"
пк-19+40	1,5	1,6	5	2,8	посев трав с высадкой ивы	откос разрушен
Водохранилище Солигорское						
уч.1 у д.Тычины, пак-2	2	3,5	-	9,2	булыжник и крупный гравий	хорошее
уч.2 у д.Листопадичи пак-1	2	3,5	-	4,0	фашина d =0,4м	разрушен
пк-3	2	3,5	-	3,9	песчаный	разрушен
уч.3 у д. Погост	1	3,5	3,0	3	железобетонные плиты	хорошее
Пруд на р.Люшца в г. Минске						
Пруд в г.Смолевичи	0,2	1,6	-	3,8	каменное мощение	хорошее
	0,2	1,8	3,0	3,0	железобетонные плиты	разрушен
Пруд в г.Логойске						
пк-1	0,3	2,6	3,5	3,7	одерновка	удовлетворительное
пк-2	0,3	2,6	3,5	3,5	железобетонные плиты	хорошее
Пруд д. Зубки Клецкого района						
пк-1	0,5	3,1	3,0	3,0	одерновка	удовлетворительное
пк-2	0,5	3,1	3,0	2,9	"-"	откос разрушен
пк-2+10	0,5	3,1	3,0	3,0	железобетонные плиты	хорошее

с расчетом [11] $0,4 \times 0,4 \times 0,3$ м. Объемная масса торфяной залежи $1,14 \text{ т/м}^3$, зольность 45,0%. Летом 1976 г. неоднократно наблюдались ветры ($W = 17 - 20 \text{ м/с}$), вызывающие волны высотой 0,5 - 0,8 м. Заметных деформаций откоса, покрытого торфяными блоками, не обнаружено.

Давно известен такой материал, как цементогрунт, применяемый для стабилизации грунтов. Исследования [1, 2, 8, 14]

посвящены вопросам стабилизации грунтов. Нами были проведены исследования возможности применения цемента-грунта с введением пластифицирующих добавок (грунтополимер) для крепления откосов дамб, малых плотин рыбоводных прудов, а также берегов водохранилищ.

В состав грунтополимера входят следующие составляющие: песок, цемент, латекс СКС-65П, антикоагулятор ОП-7.

Состав грунтополимера устанавливали методом подбора. За-мест бетонной смеси проводили по следующей технологии: а) приготовили раствор антикоагулятора ОП-7 с водой (вода не ниже +40°С, ОП-7 - 5-10% от веса латекса); б) смешали латекс с ОП-7 (с раствором), количество латекса подбирается в процентах от веса цемента; в) смешали песок с цементом М-400 и выше; г) всю жидкость вливали в смесь цемента с песком в один прием.

Образцы хранились над ванной с водой. Нами испытывались образцы на предел прочности на сжатие, предел прочности на растяжение при изгибе и определялся максимальный прогиб (линейный) в момент разрушения образца. Поскольку устойчивость покрытий откоса при волновом воздействии определяется и пределом прочности на растяжение при изгибе и линейным прогибом, то наилучшим составом грунтополимера следует считать состав при 30% латекса и В/Ц = 0,25 ($R_{сж} = 79,25 \text{ кг/см}^2$, $R_{изг} = 74,5 \text{ кг/см}^2$, h прогиба 0,82 мм).

По данным М.Т. Кострико [7], добавка зеленых игл хвой в грунтоцемент снижает количество цемента и увеличивает прочность грунтов вдвое при достаточной их водостойкости. Иглы хвой выполняют роль мелкой арматуры. М.Т. Кострико проводил исследования с цементом М-250. В результате исследований получен пластичный материал с добавкой 3% хвой, который, по нашему мнению, можно использовать для покрытия откосов дамб и плотин на малых водоемах ($R_{сж} = 32,9 \text{ кг/см}^2$).

В настоящее время в мелиоративном строительстве применяют цементы высоких марок (М-400 и выше). В связи с этим возникла необходимость подбора состава грунтополимера с использованием цемента высоких марок с добавлением игл хвой. Методика исследований была такая же, как и при подборе состава грунтополимера.

При введении в грунтобетон добавки 3% хвой от веса грунта (соотношение цемента и песка 1:6) получены следующие прочностные характеристики 66-дневного возраста: $R_{сж} =$

46 кг/см², $R_{изг} = 65 \text{ кг/см}^2$ и прогиб 1,33 мм. Это значит, что материал можно отнести к категории пластичных [5]. Он обладает достаточной прочностью и может быть использован для крепления откосов на малых водоемах. Не менее важным является исследование применения биологических креплений на берегах этих водоемов.

На основании проведенных БелНИИМиВХ экспериментов на объекте "Красная Слобода" установлено [11], что биологическое крепление целесообразно устраивать в виде покрытия верхового откоса блоками из торфа или связного минерального грунта (суглинка, глины) ненарушенной структуры с посадкой влаголюбивой древесно-кустарниковой или водной растительности. Элементы торфяного или грунтового покрытия могут иметь форму куба или параллелепипеда, масса которых определяется по методике, изложенной в работе [11]. По уложенным на откосе элементам высаживают влаголюбивую древесно-кустарниковую растительность или многолетний дальневосточный дикий рис.

На водохранилище "Красная Слобода" многолетний дикий рис высаживали в начале июня в грунт, покрытый водой на глубину 10–15 см. Для посадки использовали молодые побеги (черенки с корневищами) высотой от 50 до 80 см.

На рыбоводных прудах горизонты воды в течение 5–6 месяцев (апрель – сентябрь) изменяются мало и кустарники ивовых пород, высаженные на затопленной части верхового откоса, как правило, не приживаются. Взамен ивовых кустарников рекомендуется высаживать рис в мелководьях с глубиной воды 1,0 – 1,5 м до водосборного канала, прокладываемого обычно параллельно дамбе на расстоянии 5–15 м от подошвы откоса. Рис является защитной волногасящей полосой.

При исследовании водохранилищ было обнаружено, что острова оказывают защитное влияние на переработку берегов. На это же указывает в своей работе В.Л. Максимчук [10]. Однако исследования по этому вопросу немногочисленны и не позволяют еще дать соответствующие рекомендации.

В.Л. Максимчук [10], описывая опытный участок 2 на Оболонских защитных сооружениях (Кременчугское водохранилище), отмечает, что, острова, расположенные в 2,5 км от берега, прикрывают его от действия волн южного направления. Гашение волны островами и растительностью снижает разрушительное действие ветровых волн. Защищенные островами откосы более крутые, чем на участках берегов, не защищенных

островами. На участке, защищенном островом, коэффициент откоса $m = 25$, в то время как на других участках, не защищенных островами, он значительно больше.

С целью изучения влияния островов на переработку берега на водохранилище "Красная Слобода" закреплены створы в районе острова, расположенного в 150 м левее устья водосборного коллектора М-1. На острове и на берегу створы пронивелированы. Расстояние между островом и берегом около 800 м. Глубина водохранилища 2,5 - 3,0 м. Остров вытянут вдоль берега, возвышается над НПУ на 0,3 - 0,5 м, ширина его 20 - 30 м, длина 150 м.

По результатам нивелировки установлено, что откос острова со стороны берега значительно круче, чем со стороны водохранилища ($m = 10,6$ и $m = 16$). Участок берега, защищенный островом, по сравнению с незащищенным участком разрушен меньше.

Измерения крутизны откосов выполнены в рыбхозе "Любань" на дамбе КДН-7 напротив островов размером 150x60 м: коэффициент откоса на участке

пикет	незащищенном	защищенном
1	13,3	
2	12,4	
3		10,0
4		10,0

Как видно, защитный эффект острова при фронтальном подходе волны с разгоном до 2 км выражается в уменьшении коэффициента откоса дамбы на 24 - 33%. Остров расположен вдоль дамбы на расстоянии 200 м от нее. Средневзвешенная крупность частиц грунта на поперечниках равна 0,34 мм.

Резюме. Для защиты берегов и откосов дамб можно при изменять грунтово-биологические крепления из блоков торфа или связного грунта ненарушенной структуры с посадкой многолетнего дикого риса.

Для крепления откосов малых водоемов целесообразно использовать грунтополимер на латексе и армированный грунтополимер с добавкой 3% хвои от веса грунта. Наиболее оптимальным можно считать следующий состав грунтополимерной смеси: цемент-1 часть; песок-5 частей; латекс СКС-65П 30% от веса цемента; антикоагулятор ОП-7 10% от веса латекса; В/Ц - 0,25.

Гашение волны островами и растительностью снижает разрушительное действие ветровых волн.

Л и т е р а т у р а

1. Безрук В.М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. М., 1971.
2. Гончарова Л.В. Ос-новы искусственного улучшения грунтов. М., 1973.
3. Зубец В.М., Саплюков Ф.В., Ленартович Е.С. Расчет неукрепленных верховых откосов земляных плотин и дамб на водоемах осушительно-увлажнительных систем. — В сб.: Мелиорация переувлажненных земель, т.ХХУ. Минск, 1976.
4. Золотарев Г.С. Инженерно-геологическое изучение береговых склонов водохранилищ и оценка их переработки. — "Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф.П.Саверенского", 1955, вып.12.5.
5. Иванов И.Н. и др. Расчет и испытание нежестких дорожных одежд. М., 1971.
6. Иконников Л.Б. Некоторые итоги изучения переформирования берегов Горьковского водохранилища. М., 1960.
7. Кострико М.Т. К вопросу о стабилизации грунтов цементом. — "Труды Военно-транспортной академии", 1950, вып. 26.
8. Левкевич Е.М., Оковитый А.Л. Лабораторные исследования цемента-грунтовых покрытий верховых откосов дамб рыбоводных прудов. — В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 8. Минск, 1971.
9. Левкевич Е.М., Юхновец В.Н. Исследование пологих неукрепленных откосов земляных плотин и дамб на водоемах БССР. — В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 8. Минск, 1976.
10. Пышкин Б.А. Максимчук В.А., Цайтц Е.С. Исследование вдольберегового движения наносов на морях и водохранилищах. Киев, 1967.
11. Саплюков Ф.В., Ленартович Е.С. Защита берегов и дамб на водоемах от разрушения ветровыми волнами. — "Мелиорация и водное хозяйство", 1976, № 6.
12. Сокольников Ю.Н., Цайтц Е.С., Хомицкий В.В. Защита берегов водохранилищ банкетами из горной массы. Киев, 1974.
13. Судольский А.С. Изучение формирования берегов Кайраккумского водохранилища. — Труды ГТИ, 1960, вып. 90.
14. Указания по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами. СН 25-64. М., 1965.