

Рис.2. Устройство постоянных анкеров: а) – схема расположения,  
 б) – разрез  
 1, 2, 3 – плиты анкерные, 4, 5 – анкерные стержни

## Применение пленочных диафрагм в плотинах из грунтовых материалов

Минчукова М.Е.,  
 (БГПА)

Проблема улучшения свойств грунтов является наиболее актуальной и перспективной при строительстве сооружений с использованием дешевых местных строительных материалов, особенно в области гидротехнического и дорожного строительства при возведении насыпей, дамб, плотин, подпорных стенок и т.д.

В настоящее время широкое распространение в зарубежной и отечественной практике строительства получило направление по улучшению свойств грунта с помощью его укрепления различными

видами эластичной, прочной, некорродирующей арматуры (полимерных пленок, сеток, геоткани и др.). Создание новых конструкций земляных сооружений, армируемых такими материалами, обеспечивает высокую их надежность и экономичность, способствует уменьшению трещинообразования и фильтрации. Полимерные пленки способны воспринимать значительные растягивающие напряжения, сохранять прочность даже при больших деформациях. Они достаточно однородны, долговечны, технологичны и эффективны в строительстве, а также способны сохранять противofильтрационную способность во всем диапазоне деформаций конструкции. Способность пленочных противofильтрационных устройств к уменьшению процесса трещинообразования в грунтовых гидросооружениях играет особо важную роль при их устройстве на подрабатываемых горными выработками территориях. Представляется целесообразным использование пленок и при строительстве плотин на слабых основаниях, т.к. они могут испытывать значительные осадки с возникновением трещин в насыпи. С помощью армирования за счет возникновения анизотропии свойств перераспределяется напряженное состояние в сооружении. Сдвиговые напряжения воспринимаются армирующими элементами, а сжимающие – заключенным между ними грунтом. В связи с этим конструкции из армированного грунта хорошо воспринимают действующие на них нагрузки. По свидетельству Глебова В.Д. (Материалы конференций и совещаний по гидротехнике. Состояние и перспективы исследования экранирования грунтовых сооружений пленками) напряжения от общей осадки сооружения не представляют серьезной опасности для пленочных конструкций, поскольку они способны существенно удлиняться, могут релаксировать и не претерпевают резкого разрушения. Отмечено, однако, что повышенная ползучесть является менее благоприятным свойством полимерных материалов. Исходя из развития деформации ползучести, при рассмотрении области применения полимерного материала в армированном грунте необходимо учитывать проектный срок службы конструкции.

Традиционно диафрагмы, являющиеся армирующими конструкциями, должны в пределах всей высоты свободно перемещаться от действия гидростатического давления в сторону нижнего бьефа, следуя деформациям уплотнения грунта низовой призмы и передавая ей всю активную нагрузку. В рассматриваемом нами решении при использовании зигзагообразной диафрагмы с противofильтрационными и армирующими функциями данное условие

не играет важной роли.

Наши исследования были направлены на изучение:

1) влияние конфигурации, планового и высотного положения пленочной диафрагмы в теле песчаной плотины на устойчивость ее откосов;

2) влияние сильно сжимаемой толщи основания на устойчивость откосов плотины;

3) исследование характера обрушения откоса при различных площадях приложения нагрузки.

Различные серии опытов в идентичных песчаных грунтах были проведены на физических моделях плотин различной высоты (масштаба) с целью выявления возможности пересчета параметров устойчивости с модели на натуре. В качестве армирующего элемента была использована полиэтиленовая стабилизированная сажей пленка толщиной 0,2 мм.

Геометрически подобные модели различной высоты (22, 44 и 66 см) устанавливались в непроточный лоток со стеклянными стенками. При этом во всех трех вариантах заложение откоса также изменялось и составляло 1:2; 1:2,5; 1:3. Тело плотины послойно отсыпалось из одного и того же грунта оптимальной влажности. Длина модели вдоль ее оси была одинаковой и равной ширине лотка 24 см. Длина лотка составляла 285 см, что позволяло исследовать модели указанной высоты.

Укладка армирующей диафрагмы в теле плотины выполнялась по верховому клину и центральной ее части в трех вариантах: горизонтально, наклонно к ее середине и наклонно к откосам (рис 1).

Для получения деформации откоса у каждой модели был специально сконструирован и построен рычажный штамп, оборудованный динамометром. Наблюдение за деформацией верхового откоса под действием внешней нагрузки и образованием при этом кривой скольжения производилось через боковые стеклянные стенки лотка, по которым свободно подвешивались вертикальные тонкие нити. Последние присыпались грунтом модели и могли свободно деформироваться по всей высоте обрушающегося на откосе грунтового массива. При достижении грунтом предельного состояния под действием внешней нагрузки часть грунтового массива в гребне плотины совместно с откосом и деформируемыми нитями начинала сползать вниз. Исходя из характера искривления нитей, имели поверхность скольжения четкой цилиндрической формы.

Наступление предельного состояния фиксировалось также по

уменьшению нагрузки, которое отмечалось по показанию динамометра. По искривлению нитей вдоль линии скольжения определялись радиус и центр этой поверхности.

По полученным экспериментальным данным, исходя из зафиксированных круглоцилиндрических поверхностей скольжения, определялся коэффициент устойчивости откоса на сдвиг. При этом наряду с основным сочетанием удерживающих и сдвигающих сил было также учтено сопротивление сдвигу (трению) моделей по контакту грунта с боковыми стеклянными стенками лотка.

Наши опыты подтверждают традиционные данные для неармированных грунтовых плотин: чем положе откос, тем выше устойчивость его против сдвига. У моделей с пленочными зигзагообразными диафрагмами коэффициент устойчивости откоса на сдвиг для плотины с заложением откоса  $m=3$  был на 10-15% больше по сравнению с  $m=2$ .

Было установлено, что критическое напряжение под штампом в армированной модели плотины на 20-35% выше, чем в однородной, а глубина кривой скольжения чаще всего ограничивается первым витком диафрагмы. Это происходит за счет пересечения расчетной поверхности обрушения откоса полиэтиленовой пленкой, что создает дополнительное сопротивление его сдвигу по этой плоскости. В случае высокого расположения первого витка наблюдался разрыв пленки. При выполнении же этой части диафрагмы из 2-х полотнищ, уложенных внахлест, в ряде случаев при обрушении откоса происходило частичное выдергивание полотнища. В связи с этим, с целью сохранения сплошности пленки и предупреждения сосредоточенной фильтрации целесообразно при укладке диафрагмы устраивать складки-компенсаторы.

С целью получения различных плоскостей сдвига опыты выполнялись штампами с различной площадью опирания на гребень:

$$F=11,5 \times 22,5 \text{ см (0,0259 м}^2\text{)},$$

$$F=9,5 \times 22,5 \text{ см (0,0214 м}^2\text{)},$$

$$F=7,5 \times 22,5 \text{ см (0,0168 м}^2\text{)}.$$

Ширина штампа составляет 0,5  $b$ ; 0,4  $b$  и 0,3  $b$  ( $b$  – ширина гребня). Длина штампа оставалась одинаковой для всех опытов и равной 22,5 см.

В случае приложения нагрузки на малой площади происходил сдвиг как верхового, так и низового откоса (рис.2). При этом наблюдалась следующая картина: сначала начинал деформироваться верховой откос под действием обрушающей нагрузки, затем, при

достижении поверхностью скольжения пленочной диафрагмы, происходило резкое смещение грунтового массива в сторону низового откоса по пленке. В результате возникало смещение конца пленочной диафрагмы и выгучивание грунта на низовом откосе. Затем, при дальнейшем надавливании на штамп, обрушение происходило одновременно с преобладающим деформированием в направлении низового откоса. Такая картина обрушения проявлялась чаще всего в опытах с вогнутой диафрагмой, где сдвигу способствует уклон пленки к центру плотины.

Анализ опытных данных показал, что коэффициент устойчивости откоса при нагружении штампов  $F=0,0259 \text{ м}^2$  был на 17-30% выше, чем при нагружении штампов меньшей площади  $F=0,0168 \text{ м}^2$ .

Так как конфигурация диафрагмы в теле плотины влияет на степень общей ее устойчивости, была проведена серия опытов с различной укладкой пленок: наклонной к середине, к откосам и горизонтальной.

Опыты показали, что модель плотины с вогнутой диафрагмой в

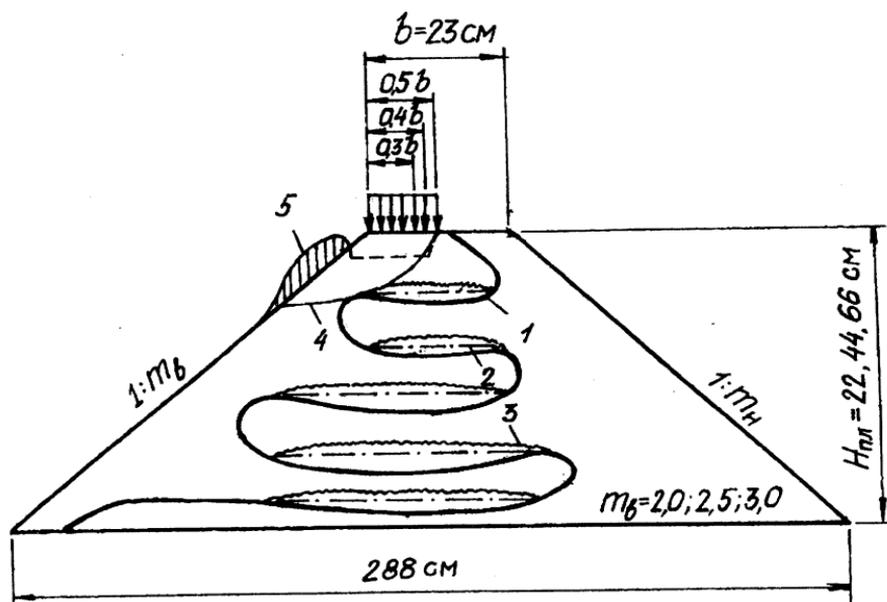
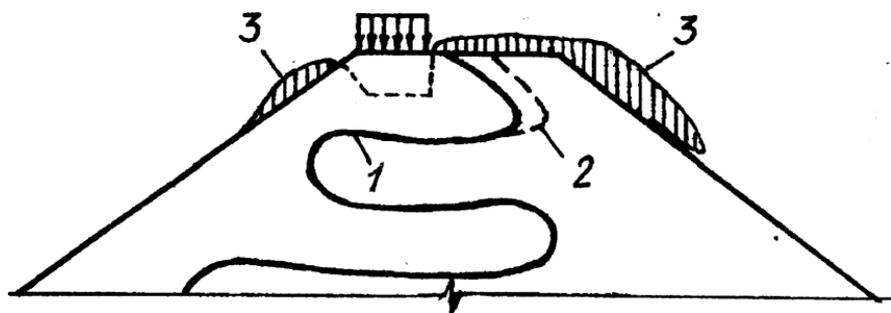


Рис. 1. Расчетная схема плотин с пленочной диафрагмой с различными способами ее укладки: 1 – вогнутая; 2 – горизонтальная; 3 – выпуклая; 4 – круглоцилиндрическая поверхность скольжения; 5 – деформация откоса в результате действия обрушающей нагрузки.

ряде случаев была более устойчивой. Так, коэффициент устойчивости откоса при нагружении плотины с вогнутой диафрагмой оказался на 10-15% выше, чем при горизонтальной либо наклонной к откосам диафрагмах. Следует отметить, что оптимальный эффект «вогнутой» диафрагмы наблюдался при испытаниях штампами малой площади. С увеличением же площади приложения нагрузки до  $F=0,0259 \text{ м}^2$  величины коэффициентов устойчивости выравниваются для всех трех вариантов, а в некоторых случаях с диафрагмой, имеющей наклон к середине плотины, становятся ниже двух других способов ее ориентации (рис.3).

Как известно, чрезвычайно опасной для грунтовых сооружений является осадка основания, которая может вызвать в насыпи образование трещин. Нами были проведены опыты по исследованию влияния деформируемого основания на устойчивость откосов для моделей плотин высотой 22 см, установленных на песчаном основании глубиной 22 и 44 см. Хотя при толщине основания 44 см площадь поверхности призмы обрушения на 20-30% больше по сравнению с толщиной в 22 см, но коэффициент устойчивости на сдвиг оказался на 15-20% ниже. Это может быть связано с различием деформаций уплотнения, а соответственно осадок грунтовой толщи в основании плотины (рис.4).

Анализ теоретических данных и экспериментальных исследований показал, что полимерные армирующие устройства способны значительно повысить общую устойчивость откосных сооружений. Они



**Рис.2.** Картина сложного сдвига: 1 – первоначальное положение пленочной диафрагмы; 2 – конечное положение диафрагмы после обрушения; 3 – очертание откоса после обрушения.

благодаря способности работать на растяжении хорошо воспринимают внешние нагрузки на различной площади их приложения и весьма эффективны при строительстве на слабых основаниях.

Следует отметить, что пленочную зигзагообразную диафрагму целесообразно укладывать на песчаную подготовку свободно, без натяжения, с устройством складок-компенсаторов и наклонно к оси плотины. Это позволяет повысить устойчивость откосов, в особенности фильтрующих.

Выполненные в условиях приближенного моделирования опыты на моделях плотин различного масштаба позволят с учетом поправочного коэффициента определить основные зависимости для перехода от полученных на моделях данных на натурные сооружения.

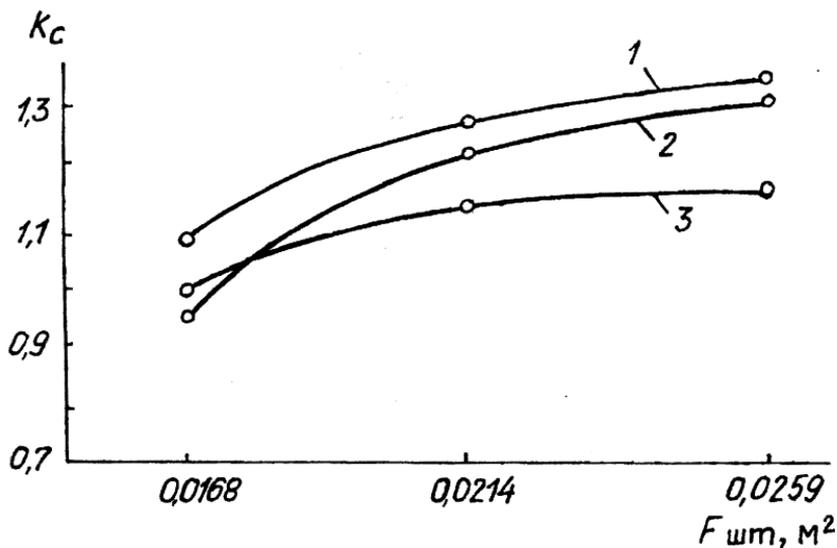


Рис.3. Зависимость коэффициента устойчивости откоса на сдвиг от площади штампа и конфигурации диафрагмы: 1 — вогнутая; 2 — выпуклая; 3 — горизонтальная.

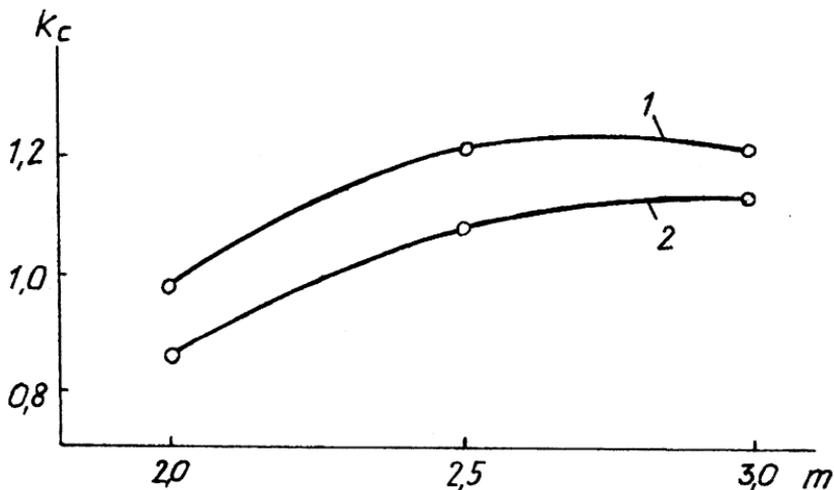


Рис.4. Зависимость коэффициента устойчивости на сдвиг от заложения откоса плотины и глубины сжимаемого основания под плотинами: 1 – основание 22 см; 2 – основание – 44 см.

### Сборные крепления откосов каналов и плотин из местных строительных материалов

Сурма Н.В.  
(БГПА)

Во всех отраслях строительства, вопросы применения сборного железобетона являются весьма актуальными. Особое внимание вопросам сборности уделяется в гидротехническом строительстве. Доля применения сборного железобетона по отношению к монолитному в гидроэнергетическом строительстве составляет до 30%, в гидромелиоративном до 90%. Примеры широкого применения сборного железобетона в гидротехническом строительстве может служить построение Саратовской ГЭС на р.Волге.

Достоинством сборного железобетона является то, что элементы конструкций в основном изготавливаются в заводских условиях или на специальных полигонах недалеко от места их установки. Легко поддаются унификации и технология возведения сооружений обеспечивается применением широкой механизации. Это в свою очередь