

Национальный исследовательский университет  
Московской государственной строительный университет  
г. Москва

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*ABSTRACT. At the moment, there is a wide variety of polymeric materials, the use of which is potentially possible, but in practice is not used in connection with the doubt of experts in the reliability of such structures. The main reasons for the discussion are: properties of materials, such as durability and strength, lack of study of the friction characteristics of polymer anti-filtration elements in the body of the ground dam, the choice of the type of polymer material. Based on the above, we have identified the main ways of research, which in turn determine the essence and content of this work.*

*KEY WORDS: ground dam, anti-filtration elements, polymeric materials, geomembranes, geocomposites, PVC, puncture test, stress-strain state, strength, stretching.*

Полимерные противοфильтрационные изделия применяются в гидротехническом строительстве уже более 60 лет. В современном гидротехническом строительстве диапазон применения данных материалов интенсивно расширяется. К примеру, они применяются как в ремонте бетонных гидротехнических сооружений, так и в создании основных противοфильтрационных элементов грунтовых плотин. Применение полимерных материалов, в грунтовых гидротехнических сооружений имеет значительную экономическую целесообразность по сравнению с традиционными материалами (глина, суглинок и т.д.), в связи с чем по состоянию на 2010 г. было построено более 150 грунтовых плотин по всему миру с применением полимеров. Но стоит отметить, что на практике полимерные материалы применяются на сравнительно не высоких

сооружениях, и максимально высоким сооружением, с основным противофильтрационным элементом из полимеров, является плотина Bovilla (Албания) высотой 91 м. Большая же часть сооружений не превышают в высоту и 40 м и являются временными. Не доверие к данным материалам, вызвано недостаточной изученностью работы современных полимерных материалов в теле грунтовых плотин. [1-2]

На данный момент существует большое разнообразие полимерных материалов, применение которых потенциально возможно, но на практике не используется в связи с сомнением специалистов в надежности подобных конструкций. Основными поводами для дискуссий являются: свойства материалов, такие как долговечность и прочность, недостаточная изученность характеристик трения полимерных противофильтрационных элементов в теле грунтовой плотины, выбор вида полимерного материала. Основываясь на вышеизложенном, мы выделили основные пути исследований, которые в свою очередь определяют суть и содержание данной работы.

Было проведено исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) существующей плотины Bovilla (рис. 1), являющейся на данный момент самой высокой плотиной с противофильтрационным элементом из полимерных материалов (геокомпозит + геотекстиль).

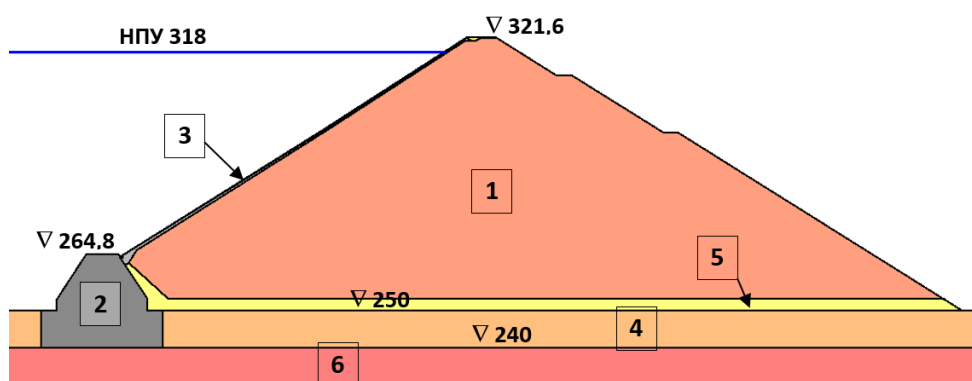


Рисунок 1 – Поперечное сечение плотины Bovilla.

1 – упорная призма из каменной наброски, 2 – бетонное сооружение, 3 – многослойный экран (геокомпозит + геотекстиль), 4 – слой нескальных грунтов основания, 5 – слой фильтра, 6 – скальное основание.

Заложение откосов плотины 1,6. Полимерный экран укладывался на слой грунтоцементной подготовки, с изменяющейся по высоте толщиной, до полуметра. Полимерный экран представляет собой ПВХ геокомпозит, с толщиной геомембраны 3 мм. Геокомпозит в свою очередь уложен на геотекстиль плотностью 2000 гр/м<sup>2</sup>. С верховой стороны, геокомпозит покрыт сборными железобетонными плитами толщиной 20-30 см.

Самым ответственным элементом конструкции является сопряжение геокомпозита с бетонным сооружением у основания верховой грани. Геокомпозит жестко закреплен к бетону, и для лучшего восприятия осадок сделана компенсационная петля.

Расчет напряженно-деформированного состояния показал, что работоспособность противотфильтрационного элемента зависит от надежности сопряжения геокомпозита с бетонным сооружением, т.к. этот узел имеет наиболее неблагоприятные условия. Шов между Геокомпозитом и бетонным сооружением раскрывается (до 2 см) и испытывает сдвиговые смещения (рис. 3).

За счет компенсационной петли, и ее особенностей конструкции, смещения не вызывают нарушения прочности полимерной геомембраны. Продольные растягивающие напряжения в ней не выше 0,5 МПа, что меньше предела прочности геокомпозита.[3-4]

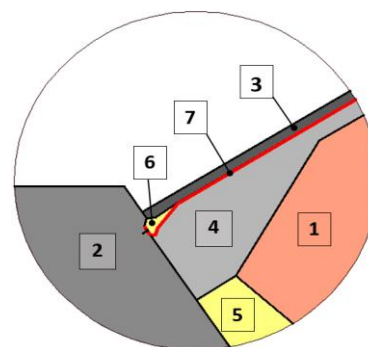


Рисунок 2: Устройство узла сопряжения экрана с бетонным сооружением.

1 – каменная наброска, 2 – бетонное сооружение, 3 – ж/б плиты, 4 – подготовка из грунтоцемента, 5 – слой фильтра, 6 – песчаная подушка, 7 – геомембрана.

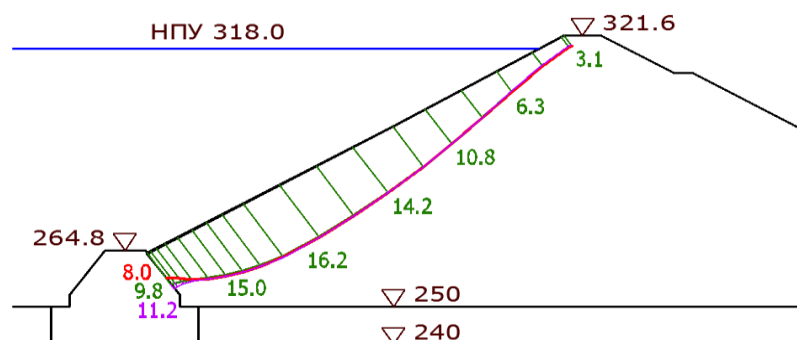


Рисунок 3 - Перемещения напорной грани плотины (см).

Для проведения лабораторных исследований полимерных материалов авторами была создана экспериментальная установка, которая позволяет исследовать материалы высоким давлением (до 3 МПа), при различных условиях укладки. Конструкция установки состоит из сборной рамы (1) состоящей из швеллеров № 22, столешницы, выполненной из металлического листа толщиной 8 мм, (2) с упором (3) для домкрата (4). Стол и рама завязаны между собой швеллерами №10 (5) для создания замкнутого контура, и передачи нагрузки на стойки рамы. Данное решение упростило крепление установки, и позволяет размещать ее без особых требований к полу. Емкость (6) диаметром 432 мм толщиной металла 0,6 см крепится к перекладине (7) шпильками диаметром 24 мм одной монтажной гайкой сверху, и двумя гайками снизу от перекладины. Под емкостью установлен лоток (8) размером 750x850 мм из металла толщиной 6 мм, под лотком находятся стальные прутья толщиной 30 мм, по которым лоток может кататься. Ко дну емкости стальным кольцом крепятся образцы и прижимаются шестнадцать болтами М14 с усиленными шайбами. (рис.4)

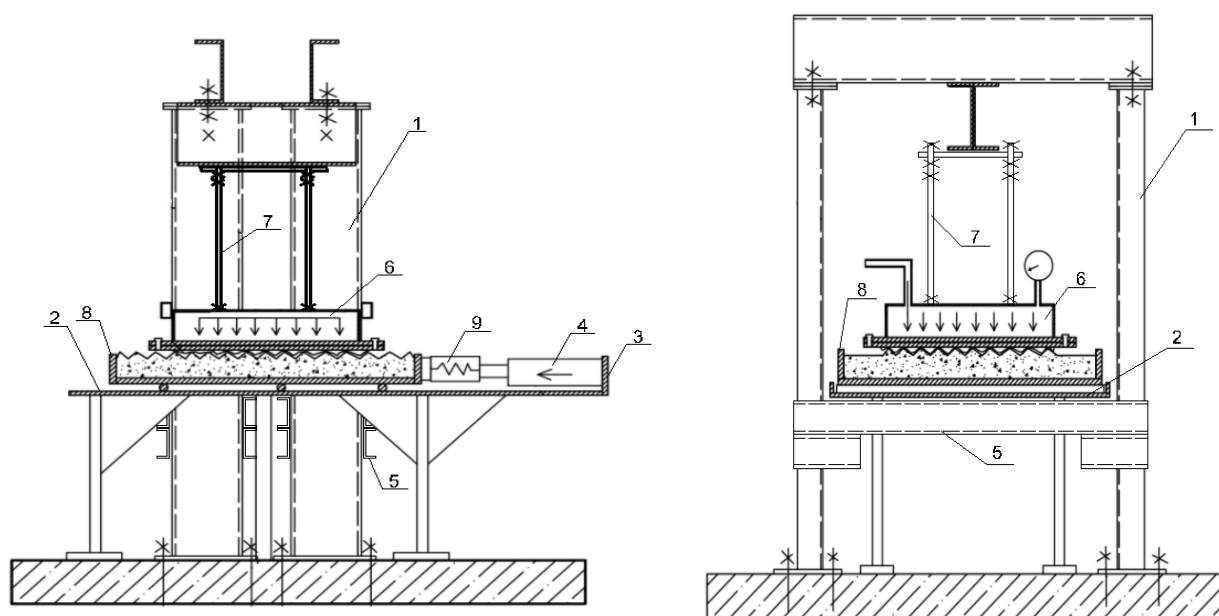


Рисунок 4. Экспериментальная установка. (продольный и поперечный разрезы).

Вода под давлением подается в емкость электрическим насосом опресовщиком, данный насос имеет способность нагнетать давление до 6 МПа. Для установки был установлен специальный гидравлический домкрат горизонтального действия с силой сдвига 50 тонн. Между домкратом (9) и лотком установлен датчик мембранного типа, работающий на сжатие, предел измерений 60 тонн. После набора давления домкратом производится смещение лотка, и датчиком фиксируется сила сдвига, информация от датчика поступает на электронное табло. С помощью фото и видео аппаратуры



фиксируются все производимые работы по исследованию геосинтетических материалов (рис.5

В рамках начального этапа исследований, были проведены эксперименты по сравнению устойчивости проколу ПВХ геомембраны толщиной 2.5 мм и ПВХ геокомпозита (геомембрана толщиной 2.5 мм + плотность геотекстиля 500 г/м<sup>2</sup>). Данные образцы укладывались на бетонную плиту с искусственной неровностью (шероховатость до 1.5 см)

Рисунок 5. Экспериментальная установка. (рис.6), и на образец подавалось давление.

В ходе экспериментов были зафиксированы: а) прорыв геомембраны при давлении 0,8 МПа; б) прорыв геокомпозита при давлении 1,6 МПа. Прорыв произошел в одном и том же месте, что означает равные условия при



Рисунок 6. Бетонная плита с шероховатостью до 1.5 см.

проведении эксперимента. Прорыв происходил в растянутой зоне, в месте перегиба геомембраны. (рис. 7,8). В ходе эксперимента было установлено, что геотекстиль не дает развиваться разрыву геомембраны при ее проколе.

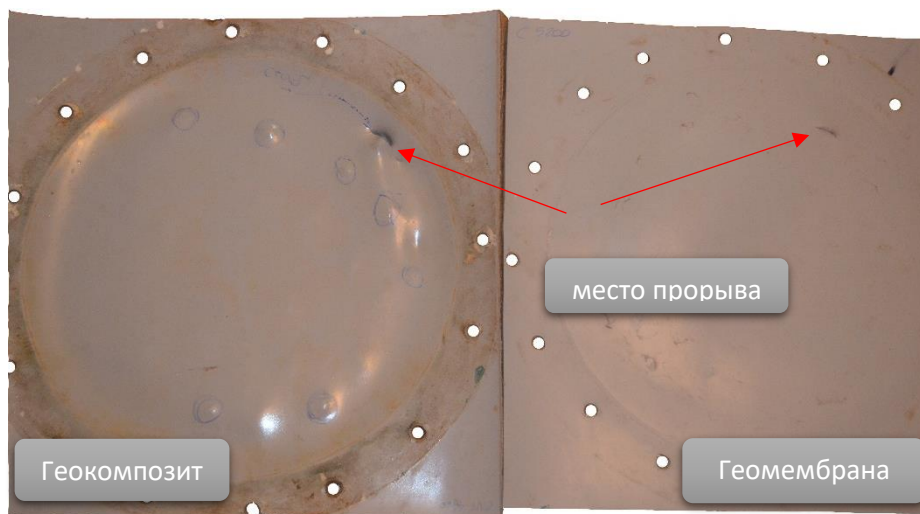


Рисунок 7. Растяжение и прижатие геомембраны к бетонной плите.



Рисунок 8. Разрыв геокомпозита при давлении 1.6 МПа.

Проведенный эксперимент доказывает эффективность применения геотекстиля в качестве армирующего материала геомембран, повышающего ее прочность.



Данная экспериментальная установка имеет ряд особенностей, которые применяются для испытаний геосинтетических материалов впервые в мире. Особенность ее в том, что конструкция позволяет проводить испытания на определение сдвиговых характеристик при воздействии высокого давления. Давление в установке создается водой с максимальным значением в 3 МПа. Размеры используемых образцов 500х500 мм, рабочая часть, т.е. плоскость на

которую создается давление составляет в диаметре 420 мм, что увеличивает точность результатов полученных экспериментальным способом.

#### Выводы:

1. Геомембраны и геокомпозиты – принципиально новый вид полимерных изделий, который обладает бóльшей надёжностью по сравнению с ранее применявшимися полимерными плёнками. Эти толстые композитные листовые изделия хорошо сопротивляются проколам и способны выдерживать значительные растягивающие усилия. Они устойчивы к воздействию температур и света, поэтому могут с успехом применяться в самых разнообразных климатических условиях.

2. На данный момент недостаточно исследованы условия работы полимерных изделий в грунтовых плотинах. Для того, чтобы расширить область их применения в гидротехническом строительстве, требуется провести дополнительные исследования надёжности полимерных противофильтрационных элементов плотин.

#### **Список использованных источников.**

1. Лупачев О.Ю., Телешев В.И. Применение геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве в качестве противофильтрационных элементов плотин дамб// Гидротехника, №1 (14) СПб. 2009. С.71-75.

2. ICOLD, the International Commission on Large Dams, (2010). “Bulletin 135. Geomembrane sealing systems for dams Design principles and return of experience”, Paris, France.

3. Sainov M.P., Zverev A.O. Workability of high rockfill dam with a polymer face. Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 7. Pp. 76–83. doi: 10.18720/MCE.75.7.

4. Саинов М.П., Зверев А.О. Противофильтрационные элементы грунтовых плотин из геосинтетических материалов.// Инновации и инвестиции № 1 2018 г. С. 201-211.