

## СЕЙСМОЗАЩИТА ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ОТХОДОВ

Габиров Ф.Г. <sup>(1)</sup>, Шокбаров Е.М. <sup>(2)</sup>, Габирова Л.Ф. <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Азербайджанский НИИ строительства и архитектуры, г.Баку, Азербайджан, [farchad@yandex.ru](mailto:farchad@yandex.ru)

<sup>(2)</sup> Казахский Научный-Исследовательский Институт Строительства и Архитектуры, г. Алматы, Казахстан, [eshokbarov@kazniisa.kz](mailto:eshokbarov@kazniisa.kz)

<sup>(3)</sup> Компания "HALLI BURTON", Хьюстон, США, [leyli17@yahoo.com](mailto:leyli17@yahoo.com)

**Аннотация:** Разработаны конструкции грунтовых плотин с сейсмоизоляционным слоем, расположенным между телом плотины и ее грунтовым основанием. Сейсмоизоляционный слой формируется с помощью утилизированных металлокордных покрышек, заполненных гумбрином. Также описана новая конструкция сейсмостойкой грунтовой плотины с армирующими элементами. Армирующие элементы изготовлены из бетонных блоков, сформированных в установленных друг над другом двух утилизированных покрышках разного размера, которые заполнены бетоном.

### SEISMIC PROTECTION OF UNDERGROUND DAMS BY USING RECYCLED WASTE

F.G. Gabibov <sup>(1)</sup>, E.M. Shokbarov <sup>(2)</sup>, L.F. Gabibova <sup>(3)</sup>,

<sup>(1)</sup> Azerbaijan Research Institute of Construction and Architecture, Baku, Azerbaijan, [farchad@yandex.ru](mailto:farchad@yandex.ru)

<sup>(2)</sup> Kazakh Scientific Research Institute of Construction and Architecture, Almaty, Kazakhstan, [eshokbarov@kazniisa.kz](mailto:eshokbarov@kazniisa.kz)

<sup>(3)</sup> "HALLI BURTON" company, Houston, USA, [leyli17@yahoo.com](mailto:leyli17@yahoo.com)

**Abstract:** Designs of ground dams with a seismic isolation layer located between the dam body and its ground base have been developed. The seismic insulation layer is formed using recycled metal-cord tires filled with gumbrin. A new construction of a seismic-resistant ground dam with reinforcing elements is also described. The reinforcing elements are made of concrete blocks formed in two recycled tires of different sizes installed on top of each other, which are filled with concrete.

Грунтовые плотины в настоящее время являются основным типом подпорных сооружений, проектируемых и возводимых в районах высокой систематической активности. Поэтому задача обеспечения их системостойкости является особенно актуальной, и для ее успешного решения необходимо использовать все имеющиеся в распоряжении инженеров средства.

Одним из конструктивных мероприятий по повышению сейсмостойкости групповых плотин является решение, основанное на использовании принципа сейсмоизоляции. При этом в теле сооружения (в его нижней части) устраивается горизонтальный слой или несколько слоев из грунта, динамические характеристики которого существенно отличаются от таковых основного грунта плотины. Такое конструктивное решение

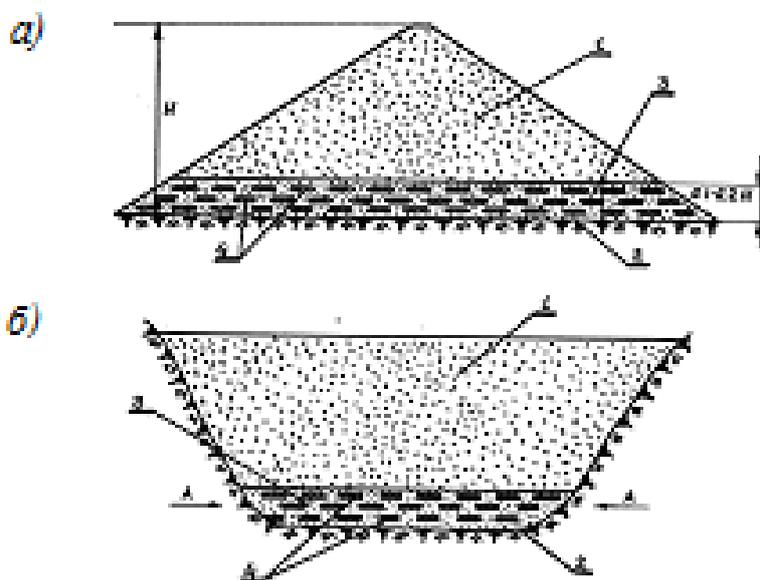
характеризуется активным принципом работы - оно способно регулировать (в сторону уменьшения) уровень сейсмической нагрузки на сооружение без увеличения стоимости плотины [1].

Принципы действия этого конструктивного решения – сейсмоизоляция, сущность которой заключается в помещении между сооружением (плотиной) и источником сейсмических колебаний (основанием) грунтового слоя динамическая жесткость, которого существенно (не менее чем 1,5-2,0 раза) отличается от таковой грунтовой тела плотины.

В определенных условиях, при отсутствии местных грунтов с требуемыми характеристиками динамической жесткости для изолирующего слоя, последний формируется из привозного грунта, что обходится очень дорого.

Авторами разработаны новые конструкции сейсмостойких грунтовых плотин.

Сейсмостойкая грунтовая плотина, возводимая в широких створах (см. рис.1) состоит из верхней основной части 1 тела плотины расположенного между основной частью тела плотины и основанием 2 сейсмоизолирующего слоя 3, который сформирован путем установки в нем включений в виде однотипных утилизированных металлокордных покрышек 4, полости которых заполнены гумбрином 5 [2].



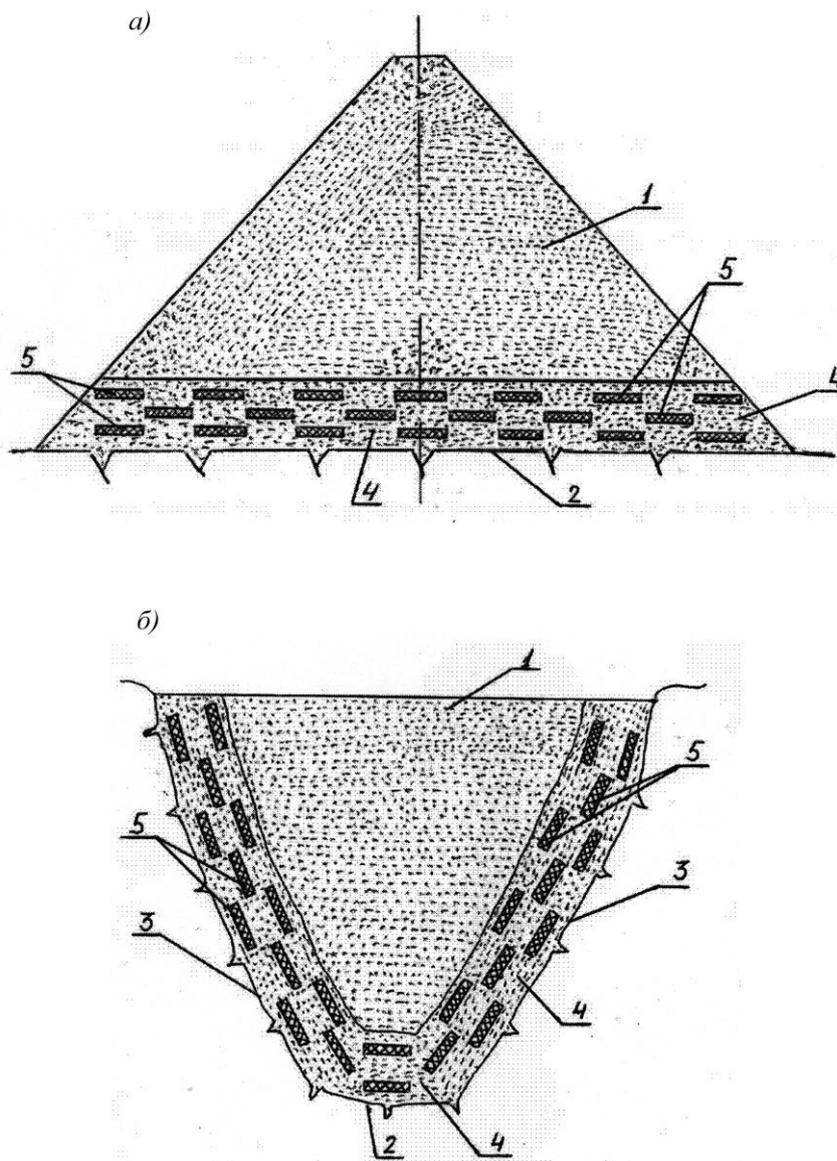
**Рис.1.** Сейсмостойкая грунтовая плотина, возводимая в широких створах: а) поперечный разрез; б) продольный разрез.

Плотина сооружается следующим образом. В начале производится подготовка основания 2 плотины, затем сооружают сейсмоизолирующий слой 3 плотины, например, из кондиционного грунта местных карьеров, состоящей из смеси песка и гравием. В сейсмоизолирующем слое 3, составляющем 0,1-0,2 проектной высоты грунтовой плотины,

устанавливаем включения в виде утилизированных металлокордных покрышек 4 от большегрузных автомобилей, например от БелАЗов, с внешним диаметром 3 м и шириной протекторной части 0,8 м, полости которых заполняем гумбрином 5. Гумбрин является отходом технологии очистки технических масел. Этот отход получается из бентонитовой глины, которую используют для очистки технических масел. Этот отход в больших количествах накапливается в полигонах нефтеперерабатывающих предприятий. Покрышки 4 укладывают горизонтально в шахматном порядке с равным шагом. После укладки покрышек одного ряда их полости заполняют с уплотнением гумбрином 5. Затем в отдельном ряде пространство между покрышками заполняется кондиционным местным грунтом с уплотнением. Над указанным слоем засыпается слой кондиционного местного грунта, толщиной не более 0,8 м. После этого снова укладываются на полученную уплотненную грунтовую поверхность покрышки 4, которые заполняются гумбрином 5 и пространства между покрышками заполняются кондиционным местным грунтом с уплотнением. Причем покрышки в вертикальной плоскости должны располагаться в шахматном порядке. Далее самоизоляционный слой укладывается в указанной выше последовательности. В нашем случае в сейсмоизолирующем слое в вертикальной плоскости укладываются три ряда покрышек, заполненных гумбрином.

Динамическая жесткость полученного сейсмоизолирующего слоя, как минимум на 70 % ниже динамической жесткости местного кондиционного грунта, используемого при укладке верхней основной части грунтовой плотины. Кроме этого, армированные резиновые оболочки включений сейсмоизолирующего слоя придают ему дополнительные демпфирующие свойства.

Для сейсмостойких грунтовых плотин, возводимых в узких створах предложено другое конструктивное решение (см. рис.2). Плотина состоит из основной части 1 тела плотины и расположенного по всему контакту плотины с основанием 2 и бортами 3 створа сейсмоизолирующего слоя 4 который сформирован путем установки в этом слое включений в виде утилизированных металлокордных покрышек 5, полости которых заполнены гумбрином [3].



**Рис.2.** Сейсмостойкая грунтовая плотина, возводимая в узких створах: а) поперечный разрез; б) продольный разрез.

Использование указанных новых конструкций позволяет за счет уникальных технических свойств отходов (покрышки и гумбрин) добиться повышенной демпфируемости и дифракционности.

Армирование грунта является одним из конструктивных мероприятий, применяющихся на плотинах малой и средней высоты для повышения их сейсмостойкости.

Наличие арматуры в грунте придает ему как бы сцепление, превращает несвязный грунт в связный. Постановкой арматуры в зоне растягивающих динамических напряжений

достигается существенное повышение прочности грунтовой плотины при землетрясении [4, 5].

Впервые использование утилизированных металлокордных автопокрышек от большегрузных автомобилей для армирования опорных призм групповых плотин предложено Ф.Г.Габибовым и др. [6].

Ф.Шлоссер и А. Видаль (Франция, 1969) ввели два условия, определяющих поведение армогрунта - как единого массива: - трение  $\tau$  по контуру арматуры и грунта должно удовлетворять условию Кулона, т.е.

$$\tau = \frac{1}{2B} \frac{dE}{dx} < K\sigma, \quad (1)$$

- растягивающие напряжения в сложной арматуре должны быть меньше предела прочности на разрыв  $R$ , т.е.

$$F/S < R, \quad (2)$$

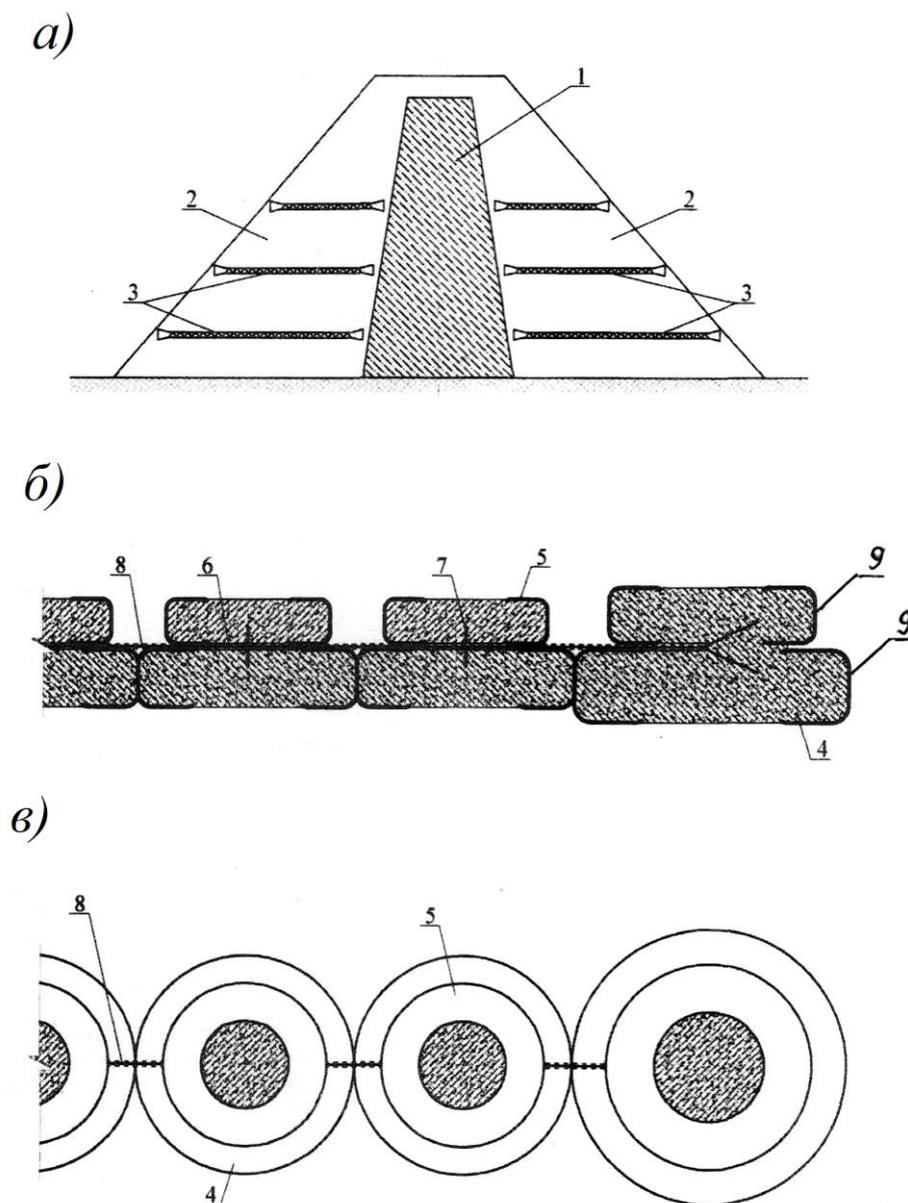
где  $F$  - усилия растяжение арматуры;  $\sigma$  - давление грунта на арматуру;  $K$  - коэффициент трения арматуры о грунт;  $B$  - минимальная ширина полосы сложной арматуры;  $S$  - средняя площадь поперечного сечения сложной арматуры.

Авторами разработана новая конструкция сейсмостойкой групповой плотины (см. рис.3) с армирующими элементами с использованием утилизированных металлокордных покрышек [7, 8].

Плотина включает ядро 1, боковые призмы 2 и армирующие элементы 3. Армирующий элемент состоит из бетонных блоков, выполненных из двух спаренных бетонных дисков. При этом диски большего диаметра 4 расположены ниже дисков меньшего диаметра 5. В бетонных блоках образованы каналы 6 и размещены металлические детали 7. Через каналы 6 проходят гладкие стальные стержни 8, жестко прикрепленные к металлическим деталям. Каналы 6 образуются благодаря покрытию поверхности стержней составом, исключаящим сцепление стержней с бетонным блоком. Бетонные диски 4 и 5 формируются при помощи утилизированных металлокордных покрышек 9, которые выполняют роль несъемной опалубки при изготовлении дисков 4 и 5.

Как показывают натурные наблюдения грунтовые плотины в период строительства испытывают значительные деформации расширения. При этом горизонтальные смещения точек, расположенных в откосах, превышают на 25-30% вертикальные деформации. Вместе с тем вблизи ядра 1 горизонтальные деформации почти отсутствуют. Но осадки достигают

наибольших значений благодаря высоким вертикальным напряжениям от собственного веса призм 2 и передаче на них части веса ядра 1 в процессе его консолидации.



**Рис.3.** Сейсмостойкая грунтовая плотина с армирующими элементами:  
 а) поперечный разрез плотины; б) фрагмент армирующего элемента (продольный разрез);  
 в) фрагмент армирующего элемента, вид с верху

При возведении плотины, а также при сейсмических воздействиях на нее в процессе эксплуатации в армирующих элементах формируются реактивные силы трения, направленные в сторону ядра 1. Таким образом, будут создаваться предварительные напряжения, обжимающие боковые призмы плотины и препятствующие образованию внутренних поверхностей скольжения.

Резиноармированное покрытие (покрышки) 3 бетонных блоков позволяет создать естественный слой гидроизоляции самих бетонных блоков и за счет демпфирующих свойств армированной резины достигнуть заметного увеличения сейсмоизоляции плотины.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Натариус Я.И. *Повышение сейсмостойкости плотин из грунтовых материалов*. М.: Энергоатомиздат, 1984, 88 с.
2. Габибов Ф.Г., Габибова Л.Ф. и др. *Сейсмостойкая грунтовая плотина, возводимая в широких створах*. Патент Российской Федерации на изобретение №2556896, 2015.
3. Габибов Ф.Г., Габибова Л.Ф. и др. *Сейсмостойкая плотина, возводимая в узких створах*. Патент Российской Федерации на изобретение №2558280, 2015.
4. Джоунс К.Д. *Сооружения из армированного грунта*. М.: Стройиздат, 1989, 280 с.
5. Лятхер В.М., Иващенко И.Н. *Сейсмостойкость грунтовых плотин*. М.: Наука, 1986, 280 с.
6. Габибов Ф.Г. и др. *Сейсмоустойчивая грунтовая плотина*. Патент Азербайджанской Республики на изобретения № I 20130038, 2013.
7. Шокбаров Е.М., Габибов Ф.Г., Габибова Л.Ф. *Способ изготовления бетонных блоков армирующих элементов плотины из местных материалов*. Патент Республики Казахстан на изобретение № 33961, 2019.
8. Шокбаров Е.М., Габибов Ф.Г., Габибова Л.Ф. *Плотина из местных материалов*. Патент Республики Казахстан на изобретение № 33971, 2019.