

УДК 624.042

DOI [10.37153/2618-9283-2021-3-28-40](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-3-28-40)

## ***Сейсмозащита и сейсмоизоляция зданий и сооружений***

### **Использование утилизированных покрышек для сейсмозащиты сооружений**

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

<sup>1</sup> Азербайджанский научно-исследовательский институт строительства и архитектуры.  
Баку, Республика Азербайджан

<sup>2</sup> Казахский научно-исследовательский институт строительства и архитектуры.  
Алматы, Республика Казахстан

<sup>3</sup> Компания «HALLIBURTON». США

**Аннотация:** В статье приведены примеры конструкций сейсмостойких фундаментов, разработанных как авторами данной статьи, так и другими инженерами за более чем 30 лет, в которых использованы утилизированные металлокордные покрышки. Приводятся конструкции динамических гасителей динамических колебаний, в которых емкости для сыпучих наполнителей выполнены из утилизированных покрышек. Утилизированные покрышки также эффективно используются при создании сейсмозащитных экранов, а также армирующих элементов и сейсмоизоляционных слоев сейсмостойких грунтовых плотин. Во всех вышеуказанных технических решениях сейсмостойкость зданий и сооружений достигается за счет уникальных геометрических и физико-химико-механических свойств утилизированных резиновых покрышек с металлическим кордом.

**Ключевые слова:** фундамент, экран, грунтовая плотина, покрышка, амортизатор, армирующий элемент, сейсмостойкая конструкция, гаситель колебаний

**Для цитирования:** Габиров Ф.Г., Шокбаров Е.М., Габирова Л.Ф. Использование утилизированных покрышек для сейсмозащиты сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2021. № 3. С. 28-40.

DOI: [10.37153/2618-9283-2021-3-28-40](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-3-28-40)

## ***Seismic protection and seismic isolation of buildings and structures***

### **Use of recycled tires for earthquake protection of structures**

**Gabibov F.G.<sup>1</sup>, Shokbarov E.M.<sup>2</sup>, Habibova L.F.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Azerbaijan Research Institute of Construction and Architecture. Baku, Republic of Azerbaijan

<sup>2</sup> Kazakh Scientific Research Institute of Construction and Architecture. Almaty, Republic of Kazakhstan

<sup>3</sup> HALLIBURTON Company. USA

**Abstract:** The article presents numerous structures of earthquake-resistant foundations that have been developed by the authors and other engineers over the past more than 30 years, in which recycled metal-cord tires are used. The designs of dynamic dampers of dynamic vibrations, in which the containers for bulk fillers are made of recycled tires, are presented. Recycled tires are @ Ф.Г. Габиров, Е.М. Шокбаров, Л.Ф. Габирова, 2021

also effectively used in the creation of earthquake shields, as well as reinforcing elements and seismic insulation

layers of earthquake-resistant ground dams. In all the above-mentioned technical solutions, the earthquake resistance of buildings and structures is achieved due to the unique geometric and physico-chemical-mechanical properties of recycled rubber tires with a metal cord.

**Keywords:** foundation, screen, ground dam, tire, shock absorber, reinforcing element, earthquake-resistant structure, vibration dampener

**For citation:** Gabibov F.G., Shokbarov E.M., Habibova L.F. Use of recycled tires for earthquake protection of structures. *Seismostoiikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* = *Earthquake engineering. Constructions safety*. 2021, no. 3, pp. 28-40. (In Russian)

DOI: [10.37153/2618-9283-2021-3-28-18](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-3-28-18)

## 1. Введение

В настоящее время весьма актуальной является проблема повторного использования разнообразных промышленных и бытовых отходов при разработке различных конструкций инженерной защиты сооружений от опасных сейсмических воздействий. Такой подход позволяет решать не только инженерные проблемы в сейсмоопасных районах, но и насущные инженерно-экологические задачи.

Основным, наиболее массовым видом отходов общественного потребления являются утилизированные автомобильные покрышки. В мире на производство автомобильных покрышек расходуется половина производимых синтетических и натуральных каучуков (более 15 млн. тонн в год), и в конечном итоге все производимые покрышки через определенное время попадают в отходы. Время эксплуатации автомобильных шин меньше, чем время эксплуатации большинства резиновых изделий.

Объем образования утилизированных автомобильных покрышек огромен, например, в США их образуется до 18 млн. тонн, в Японии 750 тыс. тонн в год. Доля утилизированных покрышек с металлокордом в настоящее время превышает 50% от их общего количества.

Очень интересны разработки, связанные с использованием утилизированных покрышек при проектировании сейсмозащиты сооружений и территорий. В этих случаях используются трудно перерабатываемые утилизированные покрышки с металлокордом.

## 2. Первые известные конструкции фундаментов, выполненных с использованием утилизированных покрышек, с вибро- и сейсмоизоляционными характеристиками

Первые конструкции сейсмо- и вибростойких фундаментов из утилизированных покрышек были разработаны более 30 лет назад в Азербайджанском научно-исследовательском институте строительства и архитектуры инженером Ф.Г. Габибовым.

Конструкция сейсмостойкого фундамента (1989 г.) для зданий жесткой конструкционной схемы, состоит из основных свай, объединенных поверху высоким ростверком с помощью шарниров, и дополнительных свай, выполняющих роль упругих ограничителей колебаний. Оголовки свай располагаются в полости жестко прикрепленных одной из торцевых сторон к нижней части ростверка утилизированных металлокордных покрышек.

При попадании конструкции здания в зону резонансных колебаний возрастает амплитуда и в работу включаются дополнительные сваи. Конструкция за короткий промежуток времени за счет наличия прочных резиноармированных стаканов и отсутствия зазора между элементами ограничителей амортизационно меняет свою жесткость и автоматически выходит из резонансного режима [1].

Конструкция вибросейсмоизолированного фундамента с использованием утилизированных покрышек (1992 г.) включает заполненную сыпучим материалом оболочку и башмак, размещенный в оболочке с зазором относительно ее боковых стенок и частично заглубленный в сыпучий материал. Боковая поверхность башмака в зоне его заглубления в сыпучий материал выполнена скошенной под углом, не превышающим угла внутреннего трения сыпучего материала. Оболочка выполнена из утилизированной покрышки, имеющей на внутренней поверхности щель, причем диаметр башмака равен внутреннему диаметру оболочки [2].

Передаваемая от башмака нагрузка, благодаря его скошенной боковой поверхности, через сыпучий материал передается на фланцы и на боковую поверхность оболочки-покрышки, что приводит к гашению динамических нагрузок.

В способе возведения арочного фундамента (1989 г.) в траншею 1 с полукруглой поверхностью устанавливается кондуктор 2, выполненный из распиленной пополам утилизированной покрышки от большегрузных автомобилей (см. рис.1). Сверху кондуктор 2 покрывается гибким полотнищем 4, выполненным из протекторной обрезки утилизированной покрышки. Полотнище 4 закрепляется на упорах 3, роль которых выполняют концы кондуктора 2. Грунт 5 обратно засыпается на гибкое полотнище 4 с уплотнением, а образовавшаяся полость внутри кондуктора 2 заполняется бетоном.

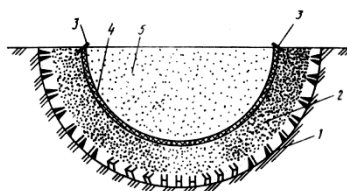


Рисунок 1 – Арочный фундамент

Figure 1 – Arched foundation

Эффективность указанного способа заключается в удешевлении и упрощении производства работ путем выполнения несъемного кондуктора из отходов, специфические свойства которых также обеспечивают гидроизоляцию и сейсмоизоляцию арочного фундамента [3].

Монолитный ленточный фундамент повышенной гибкости (1992 г.) состоит из укладываемых в предварительно подготовленную полуцилиндрическую траншею утилизированных покрышек, разрезанных пополам, в которые установлена арматура и заливается бетон. Боковины полупокрышек образуют разрезы в теле фундамента, которые заполнены прокладками из резиноармированного упругого материала.

Полученный ленточный фундамент обладает повышенной упругой гибкостью при сейсмических воздействиях. Также достигается гидроизоляция фундамента [4].

Контактное взаимодействие фундамента с полукруглой поверхностью с упругим основанием можно описать двумя наиболее употребляемыми моделями Э. Винклера и В.З. Власова.

Пусть известно дифференциальное уравнение для описания деформирования упругой системы

$$DL_1w = L_2F, \quad (1)$$

где  $D$  – параметр жесткости;  $L_1$  и  $L_2$  – линейные дифференциальные операторы, вид которых определяется принимаемой теорией расчета упругой системы;  $w(\alpha_1, \alpha_2)$  – компонента

перемещения срединной поверхности или нейтральной оси;  $F(\alpha_1, \alpha_2)$  – внешняя нагрузка;  $\alpha_1, \alpha_2$  – безмерные координаты.

При взаимодействии системы с упругим основанием внешняя нагрузка  $F$  в  $i$ -й области контакта  $\Omega$  определяется формулой

$$F = Q - \bar{p}, \quad (2)$$

где  $Q$  – заданная внешняя нагрузка;  $\bar{p}$  – реактивная нагрузка в  $i$ -ой области  $\Omega_i$ , выражение для которой зависит от модели основания

$$p = L_3 w; \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

$N$  – число областей контакта, вне зоны контакта  $F = Q$ .

Для упругих оснований, описываемых моделями Э. Винклера и В.З. Власова, соответственно имеем

$$\bar{p} = C_i w_1, \quad (4)$$

$$L_3 = C_{li} - C_{2i} \frac{\partial^2}{\partial \alpha_2^2}. \quad (5)$$

Здесь  $C_{ki}$  – коэффициент постели упругого основания.

Общее решение уравнения (1) ищем в виде

$$w = w_1 + w_2, \quad (6)$$

где  $w_1$  – известное решение однородного уравнения,

$$DL_1 w_1 = 0 \quad (7)$$

для свободной от нагрузки упругой системы, а  $w_2$  – решение неоднородного уравнения

$$DL_1 w_2 = L_1, \quad (8)$$

определяемое характером нагружения системы и моделью для описания контактного взаимодействия.

В 1992 г. В.Г. Соколовым и И.В. Соколовым был предложен амортизатор сейсмических воздействий, включающий упругий элемент, выполненный из утилизированной автопокрышки, заполненной упругим наполнителем (резиновая крошка, каучук и другие упругие материалы, связанные клеем), закрепленной на ободе колеса [5].

В 1992 г. А.И. Коваленко и др. предложили конструкцию сейсмостойкого фундамента, содержащего верхний и нижний опорные пояса, опорный скользящий элемент и упругий ограничитель перемещений. Фундамент снабжен упругими амортизаторами из половинчатых утилизированных автопокрышек, заполненных галькой. Опорный скользящий элемент снабжен стальными пластинками, опирающимися на упругие амортизаторы. Упругие ограничители перемещений выполнены из утилизированных покрышек, заполненных промытой в отработанном техническом масле галькой. Зазор между поясами заполнен раствором. Нижний опорный пояс может быть расположен на цокольном фундаменте из бутобетонной кладки. Деформационная щель под верхним опорным поясом заполнена прокладками «туфобетонным изолятором» [6].

А.В. Черкунова и др. в 1990 г. предложили конструкцию сейсмостойкого здания, содержащего нижний этаж, фундаментную и опорную плиты, установленные с зазором, в котором размещено сейсмоизолирующее устройство. Плита установлена на грунтовое основание. Сейсмоизолирующее устройство выполнено из утилизированных покрышек с наполнителем, установленных рядами друг к другу, соединенных по длине каждого ряда посредством стяжек и между собой в смежных рядах посредством горизонтальных соединительных элементов. В качестве заполнителя используются обрезки утилизированных покрышек в виде бортовых колец и протекторных частей [7].

### 3. Дальнейшее развитие конструкций сейсмостойких фундаментов и устройств с использованием утилизированных покрышек

Ю.И. Безруков и О.Ю. Безруков в 1994 г. предложили конструкцию фундамента для сейсмостойкого здания, включающего верхний и нижний элементы, разделенные горизонтальным швом, заполненным сыпучим материалом, который помещен с уплотнением в емкости из одинаковых утилизированных покрышек, имеющих вырезы на внутренней стороне, края которых скреплены кольцевым бандажом. Покрышки помещены в стакан фундамента с зазором, который заполнен сыпучим материалом без уплотнения. Такое конструктивное решение позволяет вязко погасить сейсмические силы, возвратить здание в исходное положение по окончании землетрясения и исключить жесткое соударение отдельных элементов конструкций [8].

М.Е. Семькин в 2000 г. сконструировал сейсмостойкий фундамент, содержащий монолитную плиту, уложенную на утилизированные автомобильные или тракторные утилизированные покрышки, заполненные грунтом на 50-80%, на которые в один или два ряда уложен слой линолеума или рубероида. Если требуется устройство подполья, то в указанной зоне покрышки не укладываются [9].

В.М. Левагин в 2002 г. предложил противоударное сейсмическое устройство, которое содержит цилиндр, прикрепленный к опорному фланцу. В цилиндре установлен поршень, имеющий нижнюю и верхнюю заглушки из толстой листовой стали. Внутри поршень усилен ребрами жесткости из стальных пластин. Верхняя заглушка расположена в полости поршня ниже его верхнего края, а по периметру и в центре заглушки размещены стальные шары. Глубина расположения заглушки относительно верхнего края поршня составляет, например,  $\frac{3}{4}$  диаметра шаров. Между нижней заглушкой поршня и опорным фланцем установлены пружины, смазанные графитовой мастикой, а пространство между ними заполнено синтетическим материалом, например, пенополиуретаном или густой незамерзающей смазкой. На шарах установлен опорный фланец, к которому прикреплен цилиндр, имеющий диаметр, больший диаметра цилиндра. Устройство содержит дополнительные демпфирующие элементы снаружи цилиндра, на его опорном фланце могут быть размещены установленные в вертикальный ряд утилизированные покрышки, наружный диаметр которых не превышает внутренний диаметр верхнего цилиндра. Полости утилизированных покрышек заполнены пенополиуретаном.

Для соединения устройства в единую конструкцию цилиндр кинематически связан с опорным фланцем посредством стальных тяг, имеющих шарнирное соединение с цилиндром через косынки и с натяжным пружинным устройством на опорном фланце. На опорном фланце размещается опорная подушка несущей конструкции. Опорный фланец устройства приваривается к закладному элементу сваи или фундамента [10].

Испанские инженеры Сигнес Оровай В. и Сигнес Оровай С.Х. в 2000 г. сконструировали модульное антисейсмическое защитное устройство для зданий и сооружений, которое устанавливается между грунтовым основанием и фундаментом. Оно состоит из множества модулей, лежащих в одной и той же плоскости в соприкосновении друг с другом, каждый из которых состоит из двух идентичных деталей из жесткого пластика, соединенных сайлент-блоком, который удерживается двумя крепежными элементами. Перед сборкой модуля там устанавливается утилизированная автопокрышка. Образованная полость через отверстие заполняют гранулированными пластиковыми элементами, способными перемещаться при сейсмических воздействиях [11].

Множество модулей расположены на одной плоскости, лежащей на земле под зданием, а шестиугольные пластмассовые детали способствуют плотной подгонке смежных модулей друг к другу. На полученную таким образом упруго-демпферную поверхность можно установить фундаментные плиты.



Утилизированные автопокрышки, наполовину заполненные *упругими* гранулами и закрытые сверху резиновой заглушкой, предохраняют воздушную полость автопокрышки от проникновения туда песка песчаной линзы, располагаемой под защищаемым сооружением, являются демпферным элементом, способствуют сейсмоизоляции конструкции сейсмостойкого здания, предложенного С.К.Саркисовым и др. [12].

В способе прокладки трубопроводов в сейсмических районах, предложенном Ф.М. Мустафиным и др. [13], в случаях прокладки трубопровода на склоновых участках с уклоном более 5° упругопластические элементы укладывают только под трубопровод в полости утилизированных покрышек. При этом для исключения повреждений стенок трубы и изоляции трубы от крупнозернистого грунта засыпки дополнительно предусматривается устанавливать в зонах сейсмоизоляции на внешнюю поверхность трубопровода стальной лист. Далее производят засыпку траншеи щебнем. Величины ширины дна траншеи, угла наклона дна траншеи и угла откосов боковых стенок траншеи определяются в зависимости от геометрических и прочностных характеристик трубопроводов и конкретных условий их прокладки.

#### 4. Конструкция круглого монолитного фундамента с несъемной опалубкой из утилизированных покрышек

В строительстве зданий широкое применение находят монолитные железобетонные фундаменты под колонны. Эти фундаменты в плане в основном имеют квадратную и прямоугольную форму. Фундаменты, имеющие в плане круглую форму на практике применяются редко, так как это связано с трудностями изготовления круглой в плане опалубки.

В Азербайджанском НИИ строительства и архитектуры разработана конструкция круглого монолитного фундамента под колонны.

Несъемная опалубка (см. рис.2) для бетонирования ступенчатых круглых фундаментов под колонны состоит из утилизированных металлокордных покрышек 1 и 2 башмачной части и утилизированной металлокордной покрышки 3 подколонника 5. Блоки, выполненные из утилизированных покрышек различного диаметра, фиксируются при помощи штырей 4, которые установлены на поверхности нижележащей покрышки через 120° по окружности на линии соприкосновения с вышележащей покрышкой [14].

В полость образованной опалубки устанавливается и фиксируется арматура. Сверху опалубки крепят пустотообразователь 5, после этого полость опалубки заполняется бетонной смесью. Когда бетон затвердевает, пустотообразователь 5 снимается и фундамент готов для дальнейшего монтажа конструкций.

При подборе утилизированных покрышек площадь, занимаемая самой нижней покрышкой, которая формирует нижнюю ступень фундамента, должна соответствовать расчетному условию:

$$F_{н.п.} \geq F_p = \frac{N_{II}}{H_{cp} (R^H - \gamma_{cp} H)}, \quad (9)$$

где  $F_{н.п.}$  – площадь, занимаемая нижней покрышкой;  $F_p$  – расчетная площадь подошвы фундамента;  $R^H$  – нормальное давление на грунт основания;  $N_{II}$  – приведенная продольная расчетная сила;  $\gamma_{cp}$  – средний объемный вес грунта;  $H$  – глубина заложения фундамента от поверхности пола.

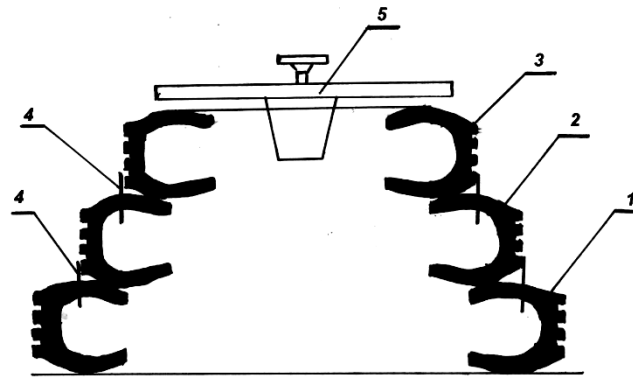


Рисунок 2 – Несъемная опалубка круглого монолитного фундамента

Figure 2 – Fixed formwork of a round monolithic foundation

Несъемные опалубочные блоки из утилизированных покрышек в готовом фундаменте выполняют роль гидроизоляции и сейсмоизоляции.

Особенно хочется отметить то техническое свойство, которое приобретает круглый фундамент мелкого заложения, которое заключается в том, что использование утилизированной резиновой металлокордной автопокрышки в нижней секции предложенной оболочки позволяет получить круглую контурную контактную прослойку, которая позволяет позитивно трансформировать контактные давления по подошве фундамента. В фундаменте естественным образом появляется кольцевая штраба, заполненная упруго-сжимаемым материалом (армированной резиной). Сжимаемость этого материала (вставки) при начальном давлении определяется по формуле, предложенной П.П. Заболотным и В.Л. Яструбенецким [15]:

$$S = \frac{(1 - \nu_0^2) P_{1кр} \sqrt{A'}}{1,128 E_0}, \quad (10)$$

где  $S$  – сжимаемость легкодеформируемого резинометаллического контактного материала (в нашем случае армированной резины бокового фланца утилизированной покрышки);  $\nu_0$  – коэффициент Пуассона;  $P_{1кр}$  – начальное критическое давление на грунт основания;  $A'$  – площадь подошвы фундамента за вычетом площади штраб, заполненных армированной резиной;  $E_0$  – модуль общей деформации грунта основания.

## 5. Конструкции динамических гасителей с использованием утилизированных покрышек

Утилизированные покрышки используются Ю.П. Бусаровым и В.Б. Черкуновым в качестве упругих сильфонов динамического гасителя колебаний [16]. Данное устройство содержит массу в виде заполненных сыпучей средой и гибкими стержнями упругих сильфонов усеченной конической или цилиндрической формы, контактирующих между собой выпуклыми частями гофр, с усилительными кольцами, установленными во впадинах гофр и расположенных в основаниях сильфонов дисков с центральными отверстиями, и трос, пропущенный через последние.

Частота собственных колебаний гасителя подбирается близкой к частоте колебаний сооружения. Гаситель, испытывая колебания в режиме антирезонанса, подавляет сейсмические колебания сооружения.

## **6. Конструкции экранов для гашения сейсмических волн с использованием утилизированных покрышек**

В 1988 г. инженеры Ф.Г. Габибов и А.В. Туркия предложили конструкцию экрана для снижения сейсмических воздействий, который выполнен в виде демпфирующей подушки, размещенной в котловине под фундаментной плитой взрывной установки. Демпфирующая подушка состоит из горизонтальных рядов резиноармированных П-образных элементов, образованных при разрезке утилизированных автопокрышек на восемь секторов [17].

Ф.Г. Габибов также предложил экран для гашения сейсмических волн в грунте, созданный из пачек утилизированных покрышек, уложенных вокруг защищаемых сооружений в глубокие траншеи или ряды скважин [18].

Также можно отметить конструкцию экрана для защиты сооружений от сейсмических колебаний, предложенную Ж.Б. Байнатовым, которая выполнена в виде скважин, пробуренных глубиной не менее двойной высоты фундамента, расположенных в шахматном порядке вдоль двух замкнутых линий, равноудаленных от фундамента сооружения. При этом дальние скважины выполнены более глубокими, чем скважины ближние к сооружению и заполнены стопками утилизированных автопокрышек. Ближние к сооружению скважины заполнены утилизированными пластиковыми бутылками с закрытыми крышками. Сверху скважины заполнены слоем грунта 50-60 см [19].

## **7. Сейсмостойкие плотины, в конструкциях которых использованы утилизированные покрышки**

Утилизированные металлокордные покрышки от большегрузных автомобилей эффективно используются в качестве армирующих элементов сейсмостойких грунтовых плотин.

Сейсмостойкая грунтовая плотина, разработанная Ф.Г. Габибовым и др. в 2010 г. включает упорные призмы из песчано-гравийной смеси, ядро из глинистого грунта и антисейсмические армирующие пояса, укладываемые в упорных призмах горизонтально в виде ячеек заполненных дренажным материалом. Пояса состоят из поперечных железобетонных балок, располагаемых у откоса плотины, поперечных железобетонных балок, располагаемых в теле плотины. Замыкающие ячейки армирующего элемента выполнены из утилизированных металлокордных покрышек, которые соединены между собой арматурной связью в виде трубчатых элементов с анкерами, фиксируемыми на внутренней поверхности покрышек от большегрузных автомобилей [20].

При воздействии на плотину сейсмических сил армирующие элементы принимают на себя избыточные растягивающие усилия за счет сцепления с грунтом плотины. Деформируемость грунта ограничивается и регулируется за счет упругих покрышек и железобетонных балок в армирующих элементах, которые при помощи трубчатых соединений работают как одна целая система.

Е.М. Шокбаровым, Ф.Г. Габибовым и Л.Ф. Габибовой разработана конструкция сейсмостойкой грунтовой плотины [21] и технология изготовления ее армирующих элементов [22]. В плотине (рис.3) с ядром 1, боковыми призмами 2 и армирующими элементами 3, каждый из которых состоит из бетонных блоков, выполненных из соосно спаренных бетонных блинов. При этом блины большего диаметра 4 расположены ниже блинов меньшего диаметра 5. В бетонных блоках образованы каналы 6 и размещены металлические закладные детали 7. Через каналы 6 проходят гладкие стальные стержни 8,



приваренные к закладным деталям 7. Каналы 6 образуются благодаря покрытию поверхности стержней 8 до бетонирования блоков антикоррозионным смоляным составом, исключая сцепление стержней 8 с бетоном блоков после твердения бетона.

Боковая поверхность бетонных блоков имеет резиноармированное покрытие 9, образованное из двух утилизированных металлокордных покрышек разного диаметра, которые при изготовлении блоков используются как несъемная опалубка. При сложных деформациях, вызванных сейсмическими силами, армирующие элементы препятствуют образованию внутренних поверхностей скольжения, способствуя сохранению заданной устойчивости грунтовой плотины.

Ф.Г. Габиров и др. разработали конструкции сейсмостойких грунтовых плотин, возводимых в широких створах [23] и узких створах [24]. Сейсмостойкая плотина, возводимая в широких створах (см. рис.4), состоит из верхней основной части 1 тела плотины и расположенного между основной частью тела плотины и основанием 2 сейсмоизолирующего слоя (экрана) 3, который сформирован путем установки в нем включений в виде однотипных утилизированных металлокордных покрышек 4, полости которых заполнены гумбрином 5.

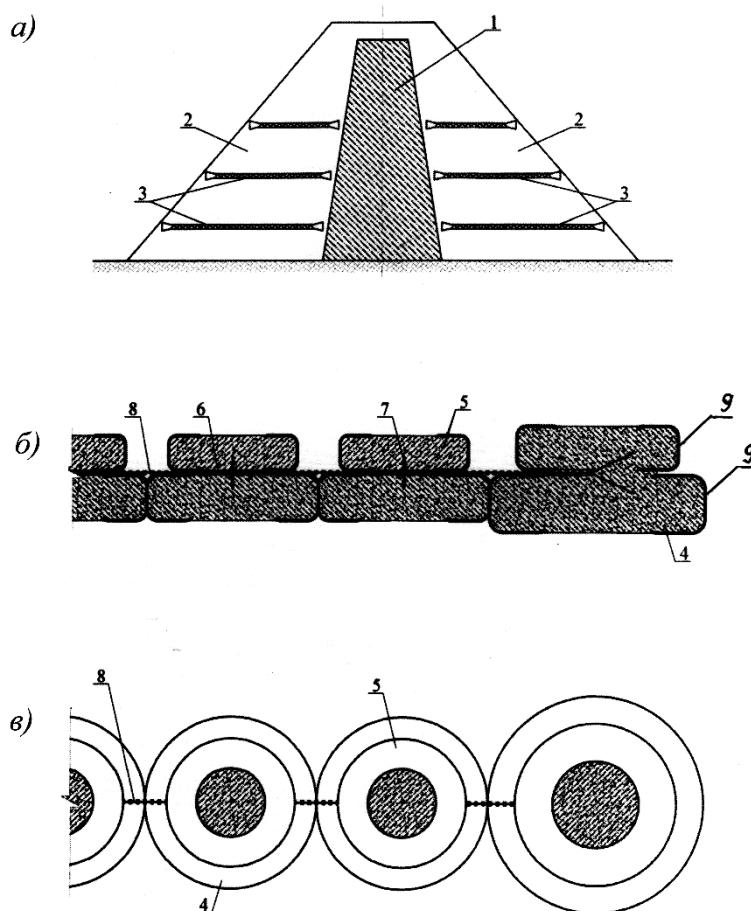


Рисунок 3 – Плотина из местных грунтовых материалов с армирующими элементами:  
*a* – поперечный разрез; *b* – фрагмент армирующего элемента, продольный разрез;  
*c* – фрагмент армирующего элемента, вид сверху

Figure 3 – Dam made of local soil materials with reinforcing elements:  
*a* – cross section; *b* – fragment of the reinforcing element, longitudinal section;  
*c* – fragment of the reinforcing element, top view

Сейсмостойкая плотина, возводимая в узких створах, состоит из основной части тела плотины и расположенного по всему контакту плотины с основанием и бортами створа сейсмоизолирующего слоя 4, который сформирован путем установки в этом слое включений в виде металлокордных покрышек, полости которых заполнены гумбрином.

Гумбрин является отходом технологии очистки технических масел. Этот отход в больших количествах накапливается на полигонах нефтеперерабатывающих предприятий.

Динамическая жесткость полученного сейсмоизолирующего экрана в обеих вышеуказанных конструкциях плотин как минимум на 70% ниже динамической жесткости местного кондиционного грунта, используемого при укладке основной части грунтовой плотины. Кроме этого металлокордные утилизированные покрышки сейсмоизолирующего экрана придают ему дополнительные демпфирующие свойства. Дисперсное расположение включений в сейсмоизоляционных экранах позволяет достигнуть дифракционного ослабления сейсмической волны.

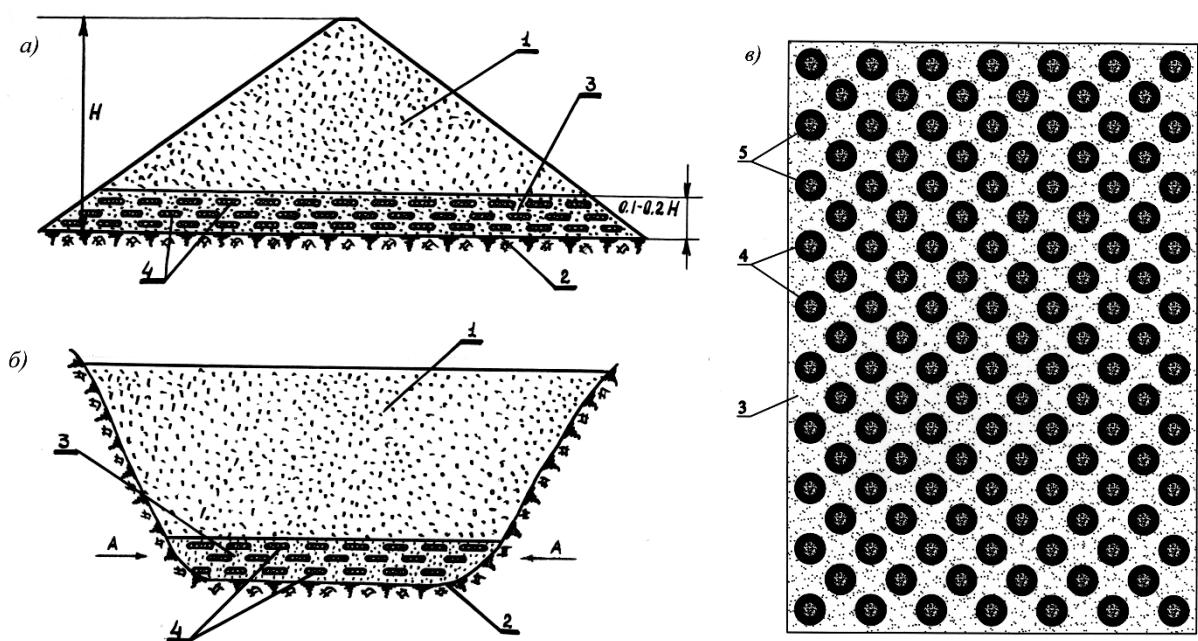


Рисунок 4 – Сейсмостойкая грунтовая плотина, возводимая в широких створах:  
 а – поперечный разрез; б – продольный разрез; в – сечение А-А

Figure 4 – Earthquake-resistant earth dam, built in wide sections:  
 a – cross section; b – longitudinal section; c – section A-A

#### Выводы:

1. На многочисленных примерах различных известных конструкций фундаментов и амортизаторов сооружений с использованием утилизированных металлокордных покрышек показана их реальная эффективность, связанная с повышенной сейсмо-, виброгасительной и демпферной способностью. Данная эффективность заложена в специфических геометрических и механических характеристиках отслуживших свой срок покрышек.
2. Отмечена возможность использования утилизированных покрышек для конструирования динамических гасителей сейсмических колебаний.

3. Приводятся реальные примеры использования утилизированных покрышек при создании сейсмозащитных экранов территорий, на которых расположены ответственные сооружения.
4. Показана эффективность использования утилизированных покрышек от большегрузных автомобилей при конструировании армирующих элементов и сейсмоизоляционных слоев грунтовых плотин.
5. Уникальные геометрические и физико-химико-механические свойства утилизированных металлокордных покрышек, а также их широкий размерный сортамент, создает для инженеров и конструкторов широкие возможности для проектирования и создания инноваций в области сейсмозащиты сооружений.

## Литература

1. Габибов Ф.Г. Сейсмостойкий фундамент. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1486573, 1989.
2. Габибов Ф.Г. Фундамент. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1730364, 1992.
3. Габибов Ф.Г., Туркия А.В. Способ возведения арочного фундамента. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1735498, 1992.
4. Габибов Ф.Г., Туркия А.В., Кулиев Д.А. Фундамент. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1744200, 1992.
5. Соколов В.Г., Соколов И.В. Амортизатор сейсмических воздействий. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1728387, 1992.
6. Коваленко А.И., Алексеев В.Н., Акимов Е.А. Сейсмостойкий фундамент. Авторское свидетельство СССР №1760020, 1992.
7. Черкунова А.В., Черкунова В.Б., Черкунов Б.В. Сейсмостойкое здание. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1761930, 1992.
8. Безруков Ю.И., Безруков О.Ю. Фундамент для сейсмостойкого здания. Патент РФ на изобретение №2119012, 1998.
9. Семькин М.Е. Фундамент. Патент РФ на изобретение №2184189, 2002.
10. Левагин В.М. Противоударное сейсмическое устройство. Патент РФ на изобретение №2217559, 2003.
11. Сигнес Оровай В., Сигнес Оровай С.Х. Модульное антисейсмическое защитное устройство для использования в зданиях и аналогичных сооружениях. Патент РФ на изобретение №2250308, 2004.
12. Саркисов С.К., Ефимов А.В., Зайцев И.Д. Сейсмостойкое здание. Патент РФ на изобретение №2388887, 2010.
13. Мустафин Ф.М. и др. Способ прокладки трубопроводов в сейсмических районах. Патент РФ на изобретение №2447348, 2011.
14. Габибов Ф.Г. Опалубка для бетонирования ступенчатых фундаментов под колонны. Патент Азербайджанской Республики на изобретение № i 2012 0058, 2012.
15. Заболотный П.П., Яструбенецкий В.Л. Фундаменты с легкодеформируемыми вставками. // Промышленное строительство и инженерные сооружения. 1990. №2. С.32-33.
16. Бусаров Ю.П., Черкунов В.Б. Динамический гаситель колебаний. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1413328, 1988.
17. Габибов Ф.Г., Туркия А.В. Экран для снижения сейсмических воздействий взрыва от стационарной взрывной установки. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1550960, 1988.
18. Габибов Ф.Г. Экран для гашения сейсмических волн в грунте // Информационный листок АзНИИНТИ. Баку. 1992. №87. 4 с.

19. Байнатов Ж.Б. Экран для защиты фундаментов зданий и сооружений от сейсмоколебаний грунта. Патент Республики Казахстан на изобретение №20744, 2003.

20. Габибов Ф.Г. Сейсмостойкая плотина. Патент Азербайджанской Республики на изобретение №i 2013 0038, 2010.

21. Шокбаров Е.М., Габибов Ф.Г., Габибова Л.Ф. Плотина из местных материалов. Патент Республики Казахстан на изобретение №33971, 2019.

22. 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.

23. Габибов Ф.Г. и др. Сейсмостойкая грунтовая плотина, возводимая в широких створах. Патент РФ на изобретение №2556896, 2015.

24. Габибов Ф.Г. и др. Сейсмостойкая грунтовая плотина, возводимая в узких створах. Патент РФ на изобретение №2558280, 2015.

### References

1. Gabibov F.G. Seismostoykii fundament. Avtorskoe svidetelstvo SSSR na izobretenie № 1486573, 1989. (In Russian)

2. Gabibov F.G. Fundament. Avtorskoe svidetelstvo SSSR na izobretenie № 1730364, 1992. (In Russian)

3. Gabibov F.G., Turkiia A.V. Sposob vozvedeniia arochnogo fundamenta. Avtorskoe svidetelstvo SSSR na izobretenie № 1735498, 1992. (In Russian)

4. Gabibov F.G., Turkiia A.V., Kuliiev D.A. Fundament. Avtorskoe svidetelstvo SSSR na izobretenie № 1744200, 1992. (In Russian)

5. Sokolov V.G., Sokolov I.V. Amortizator seismicheskikh vozdeystvii. Avtorskoe svidetelstvo SSSR na izobretenie № 1728387, 1992. (In Russian)

6. Kovalenko A.I., Alekseyev V.N., Akimov Y.A. Seismostoikii fundament. Avtoskoe svidetelstvo SSSR № 1760020, 1992. (In Russian)

7. Cherkunova A.V., Cherkunova V.B., Cherkunov B.V. Seismostoikoe zdanie. Avtorskoe svidetelstvo SSSR na izobretenie № 1761930, 1992. (In Russian)

8. Bezrukov Y.I., Bezrukov O.Y. Fundament dlia seismostoikogo zdaniia. Patent RF na izobretenie № 2119012, 1998. (In Russian)

9. Semykin M.Y. Fundament. Patent RF na izobretenie № 2184189, 2002. (In Russian)

10. Levagin V.M. Protivoudarnoe seismicheskoe ustroistvo. Patent RF na izobretenie № 2217559, 2003. (In Russian)

11. Signes Orovai V., Signes Orovai S.H. Modulnoe antiseismicheskoe zashchitnoe ustroistvo dlia ispolzovaniia v zdaniiah i analogichnih sooruzheniiah. Patent RF na izobretenie № 2250308, 2004. (In Russian)

12. Sarkisov S.K., Yefimov A.V., Zaytsev I.D. Seismostoikoe zdanie. Patent RF na izobretenie № 2388887, 2010. (In Russian)

13. Mustafin F.M. i dr. Sposob prokladki truboprovodov v seismicheskikh raionah. Patent RF na izobretenie № 2447348, 2011. (In Russian)

14. Gabibov F.G. Opalubka dlia betonirovaniia stupenchatykh fundamentov pod kolonny. Patent Azerbaidjanskoi Respubliki na izobretenie № i 2012 0058, 2012. (In Russian)

15. Zabolotnyi P.P., Yastrubenetskii V.L. Fundamenty s legkodeformiruemymi vstavkami. Promyshlennoe stroitel'stvo i inzhenernye sooruzheniia, 1990, no.2, pp.32-33. (In Russian)

16. Busarov Y.P., Cherkunov V.B. Dinamicheskii gasitel' kolebanii. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR na izobretenie № 1413328, 1988. (In Russian)

17. Gabibov F.G., Turkiya A.V. Ekran dlia snizheniia seismicheskikh vozdeistvii vzryva ot statsionarnoi vzryvnoi ustanovki. Avtorskoe svidetelstvo SSSR na izobretenie № 1550960, 1988. (In Russian)
18. Gabibov F.G. Ekran dlia gasheniia seismicheskikh voln v grunte. Informatsionnyi listok AzNIINTI. Baku. 1992, no.87, 4 p. (In Russian)
19. Baynatov J.B. Ekran dlia zashchity fundamentov zdanii i sooruzhenii ot seismokolebanii grunta. Patent Respubliki Kazakhstan na izobretenie № 20744, 2003. (In Russian)
20. Gabibov F.G. Seismostoikaia plotina. Patent Azerbaidjanskoi Respubliki na izobretenie № i 2013 0038, 2010. (In Russian)
21. Shokbarov E.M., Gabibov F.G., Habibova L.F. Plotina iz mestnykh materialov. Patent Respubliki Kazakhstan na izobreteniye №33971, 2019. (In Russian)
22. Shokbarov E.M., Gabibov F.G., Habibova L.F. Sposob izgotovleniia betonnykh blokov armiruiushchih elementov plotiny iz mestnykh materilov. Patent Respubliki Kazakhstan na izobretenie № 33961, 2019. (In Russian)
23. Gabibov F.G. i dr. Seismostoikaia gruntovaia plotina, vozvodimaia v shirokikh stvorah. Patent RF na izobretenie № 2556896, 2015. (In Russian)
24. Gabibov F.G. i dr. Seismostoikaia gruntovaia plotina, vozvodimaia v uzkih stvorah. Patent RF na izobretenie № 2558280, 2015. (In Russian)

### **Информация об авторах/ Information about authors**

**Габиров Фахрадин Гасан оглы**, доктор технических наук, Азербайджанский научно-исследовательский институт строительства и архитектуры. Баку, Республика Азербайджан [farchad@yandex.ru](mailto:farchad@yandex.ru)

**Шокбаров Ералы Мейрамбекович**, кандидат технических наук, управляющий директор по производству АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан [eralykarakat@mail.ru](mailto:eralykarakat@mail.ru)

**Габирова Лейли Фахрадин кызы**, инженер, HALLIBURTON Company. USA

**Gabibov Fahraddin G.**, Doctor of Technical Sciences, Azerbaijan Research Institute of Construction and Architecture. Baku, Republic of Azerbaijan [farchad@yandex.ru](mailto:farchad@yandex.ru)

**Shokbarov Eraly M.**, candidate of technical sciences, Kazakh Scientific Research Institute of Construction and Architecture. Almaty, Republic of Kazakhstan [eralykarakat@mail.ru](mailto:eralykarakat@mail.ru)

**Habibova Leila F.**, engineer, HALLIBURTON Company. USA

**Поступила в редакцию / Received – 15.04.2021**

**Поступила после рецензирования и доработки / Revised – 20.05.2021**

**Принята к публикации / Accepted – 11.06.2021**