

*Ф.Г. Габиров, канд. техн. наук, с.н.с., Хусейн Баят, аспирант  
Азербайджанский НИИ строительства и архитектуры, г. Баку  
Азербайджанский архитектурно-строительный университет, г. Баку*

## **СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ФУНДАМЕНТОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ РЕЗИНОАРМИРОВАННЫМИ МАТАМИ**

*Розроблена конструкція та технологія виготовлення сейсмоізоляційного мата, який встановлюють у контактній частині фундаменту та ґрунтової основи або в самому фундаменті. Наведені теоретичні основи розрахунку сейсмоізоляційного мата.*

*Разработана конструкция и технология изготовления сейсмоизоляционного мата, который устанавливается в контактной части фундамента и грунтового основания или в самом фундаменте. Приводятся теоретические основы расчета сейсмоизолирующего мата.*

*They worked out the construction and technology of seismo-isolating mat, which is installed in the contact part of the foundation and ground bed or in the foundation itself. They showed the theoretical basis of the calculation of the seismo-isolating mat.*

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами.** Самым старым и одним из наиболее перспективных методов активной сейсмозащиты является сейсмоизоляция.

Весьма перспективным направлением при разработке эффективных и недорогих конструкций сейсмоизоляции является использование утилизированных металлокордных покрышек.

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы.** Уже разработаны специальные конструкции фундаментов, в которых используются утилизированные автопокрышки в естественном виде [1] и распиленные пополам [2, 3], выполняющие в различных формах сейсмоизолирующие функции.

**Выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена данная статья.** Однако для обоснования конструкции сейсмоизоляции фундаментов из утилизированных металлокордных покрышек отсутствует соответствующая инженерная методика ее расчета.

Поэтому **целью** настоящей работы является разработка теоретических основ расчета так называемого сейсмоизолирующего мата.

**Изложение основного материала исследования.** Нами разработаны различные варианты сейсмоизоляционных матов, сделанных из полных протекторных обрезков утилизированных металлокордных автопокрышек (см. рис. 1). Надо отметить, что предлагаемые сейсмоизоляционные маты устанавливаются между фундаментом 2 здания (сооружения) и грунтовым

основанием 3 (см. рис. 1, а), а также в виде прослойки в конструкции фундамента 2 (см. рис. 1, б).

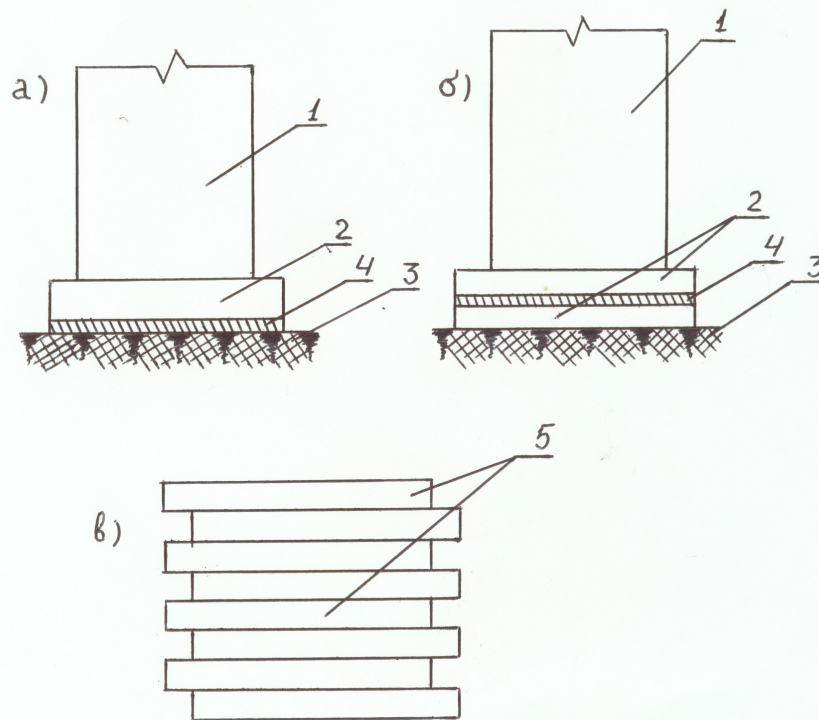


Рисунок 1 – Сейсмоизоляционные маты из протекторных обрезков утилизированных металлокордных покрышек: а) расположение сейсмоизоляционного мата между фундаментом и основанием здания; б) расположение сейсмоизоляционного мата внутри фундамента здания; в) собранный элемент мата; 1 – здание; 2 – фундамент; 3 – грунтовое основание; 4 – сейсмоизоляционный мат; 5 – протекторные полосы, соединенные в отдельный элемент мата

Полные протекторные обрезки 5 из утилизированных металлокордных автопокрышек одинакового типоразмера скрепляются между собой по боковинам резиновым клеем или металлическими скобами в отдельные элементы, один из которых показан на рис.1, в. При сборке отдельного элемента мата каждая соседняя лента протекторной обрезки поворачивается обратной стороной. Таким образом, после соединения соседние протекторные обрезки взаимно гасят естественные упругие кольцевые изгибы, придавая элементу мата плоскую форму.

Из отдельных элементов (рис. 1, в) собирается мат на необходимой площади контактной поверхности фундамента 2 с грунтовым основанием 3 (рис. 1, а) или между слоями в сложном фундаменте (рис. 1, б).

Количество слоев в сейсмоизоляционном мате определяется специальным расчетом. Согласно нашим более ранним исследованиям [4] объемное напряженно-деформированное состояние резиновой составляющей мата складывается из трех линейных и трех сдвиговых. При малых деформациях объем изменяется только при линейных деформациях и не меняется при сдвиговых. Относительное изменение объема

$$\Delta = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z. \quad (1)$$

Учитывая то, что изменение объема определяется только средним значением нормальных напряжений  $\bar{\sigma}$ , после преобразования получим

$$\sigma_x = 2G\varepsilon_x = \frac{3\mu}{1+\mu} \bar{\sigma}. \quad (2)$$

В узком интервале деформаций характеристику растяжения металлической кордовой нити можно считать линейной.

Величину

$$E_k = \frac{dN}{d\varepsilon}, \quad (3)$$

где  $N$  – усилие в металлической кордовой нити, назовем модулем растяжения корда сейсмоизоляционного мата.

Динамические характеристики материала резиноармированного мата полностью определяются комплексным динамическим модулем  $E^*$ . Действительная  $E'$  и мнимая  $E''$  части комплексного динамического модуля

$$E^* = E' + iE'' \quad (4)$$

называются соответственно модулем упругости (модулем накопления) и модулем потерь.

Работа, затрачиваемая на деформацию единицы объема резиноармированного мата за цикл деформации, т.е. величина механической энергии, перешедшей в тепло за цикл деформации, вычисляется как

$$A = \int_0^T \sigma d\varepsilon = \int_0^T \sigma \varepsilon^* dt. \quad (5)$$

Динамические характеристики сейсмоизоляционного мата должны рассчитываться по тому же принципу, что и статические, т.е. по характеристикам металлокорда и резины. Реальный режим нагружения сейсмоизолирующего резиноармированного мата не бывает гармоническим. Всестороннее экспериментальное их изучение без наличия теории, позволяющей ограничиться экспериментальным изучением лишь небольшого числа временных режимов нагружения, необходимо.

Линейная теория вязкоупругости решает эту задачу, используя принцип суперпозиции, путем разложения произвольного циклического режима нагружения в бесконечную сумму гармонических режимов – ряд Фурье.

Для негармонического режима, также как для гармонического, следует ввести определения динамических модулей – модуля упругости  $E'_d$  и модуля потерь  $E''_d$ , конечно, как эффективных величин.

Минимизируя среднюю величину квадрата разности решений, получим

$$E'_3 = \frac{\int_0^T \sigma(t)\varepsilon(t)dt}{\int_0^T [\varepsilon(t)]^2 dt}. \quad (6)$$

Модуль потерь при его независимости от частоты определяется по формуле

$$E''_3 = E''\varepsilon_w^{-2} \sum_{n=1}^{\infty} n(a_n^2 + b_n^2). \quad (7)$$

А потери механической энергии в негармоническом режиме могут быть определены через потери в гармоническом  $A_\Gamma$  с тем же размахом по формуле

$$A = A_\Gamma \varepsilon_w^{-2} \sum_{n=1}^{\infty} n(a_n^2 + b_n^2). \quad (8)$$

Для нелинейного резиноармированного сейсмоизоляционного мата задача значительно усложняется. Так как модуль потерь существенно зависит от размаха деформации, то при его определении необходимо введение эмпирического параметра, определяемого экспериментальным путем.

**Вывод.** Таким образом, теоретически обоснованы конструкция и технология изготовления сейсмоизоляционного мата, который устанавливается в контактной части фундамента и грунтового основания или в самом фундаменте.

### *Литература*

1. А.с. 1730364. Фундамент/ Ф.Г. Габибов (СССР). – № 1730364; 1992.
2. А.с. 1735498. Способ возведения арочного фундамента/ Ф.Г. Габибов, А.В. Туркия (СССЗ). – № 1735498; 1992.
3. А.с. 1730364. Фундамент/ Ф.Г. Габибов, А.В. Туркия, Д.А. Кулиев (СССР). – № 1730364; 1992.
4. Габибов Ф.Г. Теоретические основы сейсмоизоляции сооружений при помощи резиноармированных матов, изготовленных из утилизированного сырья / Ф.Г. Габибов, А.Т. Амрахов // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2006. – Вип. 64. – С. 452–457.