

техн. наук: 05.23.05 / К. М. Страчков; ГОУ ВПО Волгоградский гос. архитектурно-строительный ун-т. – Волгоград, 2008. – 20 с.

3. ВУ 24047, МПК С 08G 63/183, С 08J 11/08 (2006.01), 2023.

УДК 691

**Ю.В. Юркин¹, Н. Ponce-Parra², Р.С. Рогожкин¹,
Д.А. Варанкина¹**

¹Вятский государственный университет
Киров, Россия

²Мадридский политехнический университет
Мадрид, Испания

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОРАСШИРЯЮЩЕГОСЯ ВЯЗКОУПРУГОГО МАТЕРИАЛА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ЧАСТОТЕ И ТЕМПЕРАТУРЕ

Аннотация. Вязкоупругие материалы являются эффективными при борьбе с вибрациями, в том числе колебаниями, возникающими при землетрясениях. В данной статье проводятся испытания терморасширяющегося вязкоупругого материала на основе каучуков при различной частоте и температуре.

**Yu.V. Yurkin¹, Н. Ponce-Parra², R.S. Rogozhkin¹,
D.A. Varankina¹**

¹Vyatka State University
Kirov, Russia

²Polytechnic University of Madrid
Madrid, Spain

INVESTIGATION OF DYNAMIC MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THERMALLY EXPANDING VISCOELASTIC MATERIAL AT DIFFERENT FREQUENCY AND TEMPERATURE

Abstract. Viscoelastic materials are effective in combating vibrations, including vibrations that occur during earthquakes. This article tests a thermally expanding viscoelastic material based on rubbers at different frequencies and temperatures.

Введение

Землетрясения - это естественные геологические явления, в

результате которых возникают колебания земной поверхности. Они являются одними из наиболее разрушительных природных катаклизмов, которые способны причинить значительный ущерб человеческому обществу и окружающей среде [1].

Для защиты зданий применяются различные методы, одним из которых является новый тип сейсмического демпфера скобового типа, разработанного в Испании [2]. Для более эффективного гашения вибраций в данное устройство помещается вязкоупругий материал, воспринимающий на себя толчки землетрясений, на которые не откликается металлическая часть демпфера. Тем самым, устройство начинает воспринимать более широкий спектр магнитуд.

Целью данной работы является исследование динамических механических характеристик терморасширяющихся вязкоупругих материалов на основе каучука при различной температуре и частоте колебаний.

Материалы и методы

1. Материалы

Объектом исследования является вязкоупругий материал, состоящий из хлорбутилкаучука марки ХБК-139 ТУ 2294-096-05766801-2000 (ПАО «НИЖНЕКАМСКНЕФТЕХИМ», Россия), Вулкатива С-1 ТУ 2294 001-31273447-2010, индустриального масла И-40 ГОСТ 20799-88 (РуссНефть, Россия), мела МИКАРБ ТУ 5743-020-05346453-2008 (Геоком, Россия), технического углерода марки П-803 ГОСТ 7885-86 (АО Нижнекамсктехуглерод, Россия), вулканизующих агентов – тиурама ГОСТ 740-76 и серы молотой ГОСТ 127.5-93 и микросфер Expancel 950 DU 120 ТУ 2291-012-25665344-2013 [3].

2. Метод приготовления смеси

Смешение компонентов происходило в микросмесителе при температуре 110 °С, время смешивания – 20 минут. Для проведения испытаний подготавливались образцы с размерами 550 x 80 x 2 мм. Состав образца представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав образца

Навеска ингредиентов, г.							
ХБК-139	Вулкатив С-1	И-40	Тиурам	Мел МИКАРБ	ТУ П-803	Expancel 950DU 120	Сера
26	1,3	8	1,3	60	10	2,6	0,4

3. Измерения

Подготовленные образцы устанавливались в металлическую конструкцию (рис. 1), затем при температуре 160°С в течение 15 минут производилась вулканизация в термощкафу, при которой материал

расширился и сцепил части конструкции между собой.



Рис. 1 – Металлическая конструкция для проведения испытаний

Последовательность проведённого исследования:

- Подготовленная конструкция была заморожена до -12°C с целью охвата большего диапазона температур.
- Проводилась серия из 6 испытаний, в которых варьировалась частота синусоидального сигнала от 1 Гц до 6 Гц с постоянной амплитудой – 8% деформации. При каждой частоте исследовалось 10 циклов.
- Испытания проводились последовательно, так как температура материала, как правило, довольно быстро достигала комнатной температуры.
- Всего проводилось 66 испытаний, разделенных на 11 партий, охватывающих диапазон температур от $6,7^{\circ}\text{C}$ до $26,7^{\circ}\text{C}$.

Известно, что вязкоупругие материалы накапливают и рассеивают энергию одновременно. Исследуемые характеристики: модуль накопления ($G_e = G'$), модуль потерь ($G_L = G''$) и взаимосвязь между ними – коэффициент потерь (η).

Коэффициент потерь определялся по формуле:

$$\eta = G'' / G' \quad (1)$$

Результаты и обсуждение

Результаты исследований обработаны в ПО Matlab. Замечено, что с повышением температуры материал теряет жесткость, то есть наклон петли гистерезиса становится все меньше и меньше (рис. 2).

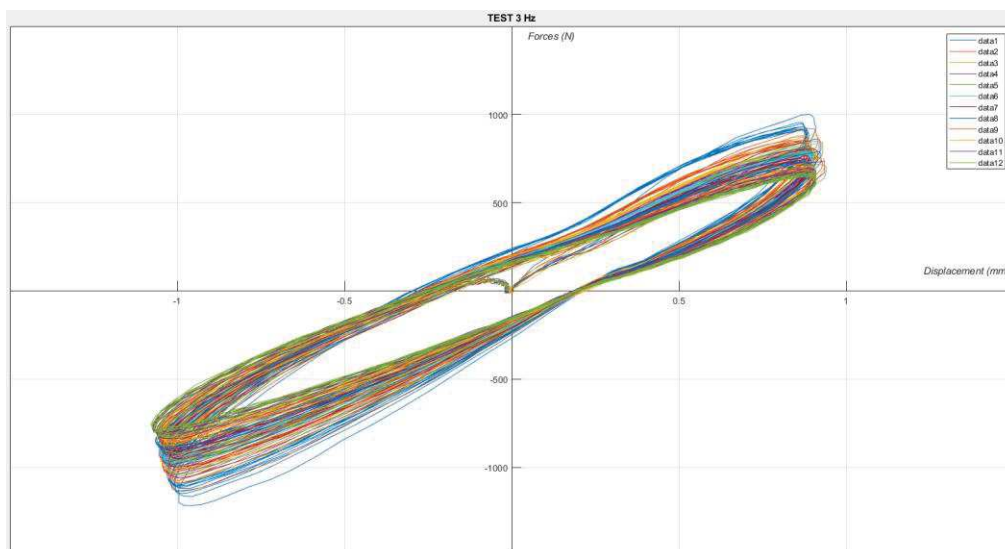


Рис. 2 – Петли гистерезиса для всего температурного диапазона для испытания, проведенного при частоте 3 Гц.

При построении кривых регрессии видно, что значения уменьшаются с повышением температуры и увеличиваются с частотой (рис. 3).

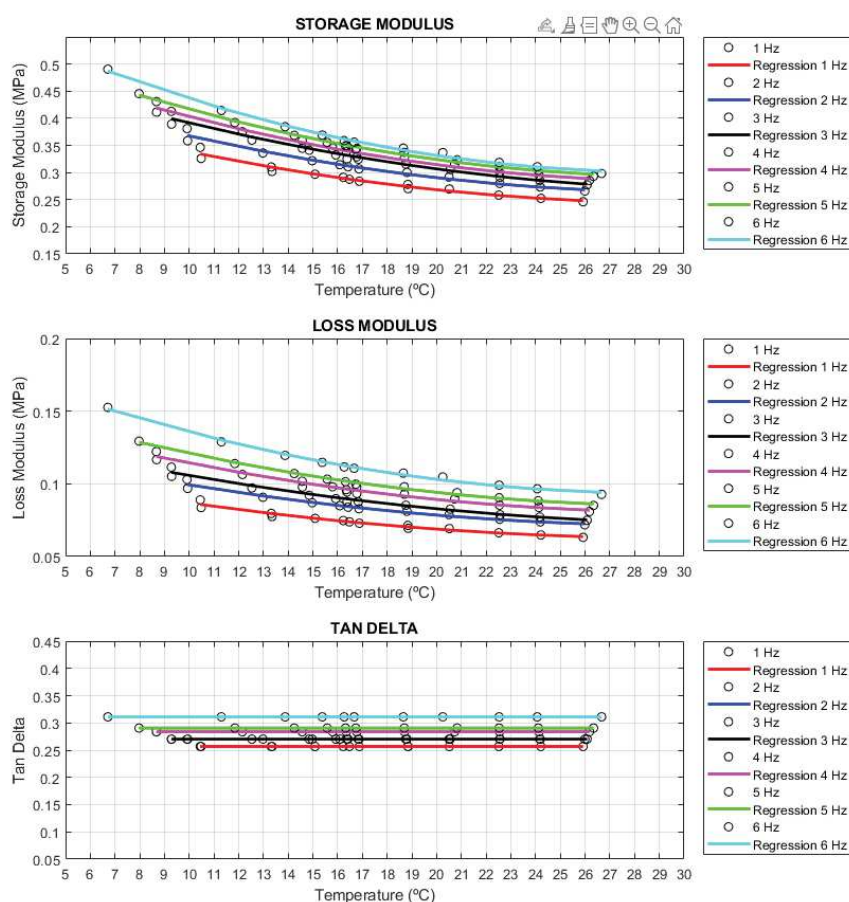


Рис. 3 – Модуль накопления, модуль потерь и коэффициент потерь для всего температурного диапазона в зависимости от частоты.

Поскольку и модуль накопления, и модуль потерь уменьшаются с одинаковой скоростью, дельта-тангенс остается постоянным, хотя и минимально увеличивается с повышением частоты, что является хорошим показателем в соответствии с литературой, упомянутой выше, касающейся вязкоупругих материалов.

Заключение

В результате проведенного исследования выявлено, что повышение температуры уменьшает динамическую реакцию материала, а увеличение частоты способствует лучшему динамическому отклику.

Благодарности

This publication is part of the research project PID2020-120135RB-100 funded by MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ and FEDER (Fonds Européen de Développement Régional).

The research leading to these results has received funding from the Erasmus+ Programme under the grant agreement no. 2019-1-ES01-KA107-063778.

Список использованных источников

1. Каррыев Б. Катастрофы в природе: Землетрясения. – Litres, 2022.
2. Benavent-Climent A, Escolano-Margarit D, Yurkin Y, Ponce-Parra H, Arcos-Espada J. Shake table tests on a reinforced concrete waffle-flat plate structure with new hybrid energy dissipation devices. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. 2022.
3. Патент № 2789129 С1 Российская Федерация, МПК С08L 15/02, С08L 23/22, С08L 23/28. Терморасширяющаяся вязкоупругая смесь : № 2021139754 : заявл. 29.12.2021 : опубл. 30.01.2023 / Ю. В. Юркин, А. Бенавент-Климент, И. Б. Шилов [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Вятский государственный университет".