

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
НИИ МЕХАНИКИ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

---

**МАТЕРИАЛЫ XXVIII МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА  
«ДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
МЕХАНИКИ КОНСТРУКЦИЙ И СПЛОШНЫХ СРЕД»  
имени А.Г. Горшкова**

Кремёнки, 16 – 20 мая 2022 г.

Том 1

**XXVIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM «DYNAMIC  
AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF A MECHANICS  
OF CONSTRUCTIONS AND CONTINUOUS MEDIUMS»  
Dedicated to A.G. Gorshkov**

Kremyonki, 16 – 20 May 2022

Vol. 1

Москва 2022

стве ядра релаксации в уравнении наследственной вязкоупругости необходимо установить определенные взаимосвязи между функциями релаксации, получаемыми в статических режимах и функциями релаксации, получаемыми в динамических режимах. Функции релаксации, получаемые в динамических режимах, могут быть определены по аналитическому виду температурной зависимости дефекта модуля сдвига. Установлено, что качественно временная зависимость функции релаксации для статического режима аналогична температурной зависимости дефекта модуля сдвига для того или иного локального релаксационного процесса в динамическом режиме. Для применения функций релаксации, например функции Максвелла, Кольрауша, Работного и т. п. проведено их исследование в частотных преобразованиях Лапласа. Установлено, что в общем случае возможно использование данных функций в качестве ядер релаксации при описании релаксационной микронеоднородности диссипативного процесса, протяженного не во времени, а по температуре. Евтух

#### **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ МЕТОДАМИ ФУРЬЕ И ГИЛЬБЕРТА – ХУАНГА**

*Дакинова М.В.<sup>1</sup>, Тагирова И.С.<sup>1</sup>, Бикчентаева Л.М.<sup>1</sup>, Яфарова Г.Г.<sup>1</sup>,  
Балтина Т.В.<sup>1</sup>, Саченков О.А.<sup>1,2</sup>*

(<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, <sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева—КАИ)

На данный момент анализ стабิโลграмм базируется на классическом методе преобразования Фурье. Однако существуют некоторые значительные ограничения спектрального Фурье-анализа: исследуемая система должна быть линейной, а анализируемые данные – стационарными. Для точного определения характеристик стабילוграммы, воспользуемся преобразованием Гильберта – Хуанга. Данный метод основан на построении спектра Гильберта с использованием эмпирической модовой декомпозиции (ЭМД). ЭМД представляет собой разложение сложно структурных сигналов на эмпирические моды (ЭМ). Ключевая идея метода состоит в построении базисных функций сигнала, формирующихся адаптивно из входных данных. Главным свойством ЭМД является его применимость для любых исходных данных.

Чтобы провести частотно – временной анализ стабילוграммы, строится спектр Гильберта, примененный к ЭМ. Для его построения необходимо знать мгновенную энергию и частоту. Суть ЭМД состоит в том, чтобы представить исходный сигнал суммой компонент, каждая из которых характеризуется колебательным процессом с определенной частотой, присущей исходным данным, и остатком, который показывает тренд, содержащийся в исходных данных.

К механизмам же поддержания равновесия у человека относятся: вестибулярная, зрительная и сенсорные системы. В процессе удержания человеком равновесия и поддержания вертикального положения возникают микро колебательные движения, которые фактически незаметны визуально. Эти колебательные движения отражены на стабиллограмме и имеют характерные физические свойства. Для реализации, поставленной задачи, были обработаны данные стабиллограммы, когда человек стоит в течение минуты без дополнительных условий, и рассматриваются следующие диапазоны спектров: 0 – 0.1 Гц, 0.1 – 0.5 Гц, 0.5 – 2 Гц, 2 – 4 Гц.

Был построен гильбертов спектр. Наиболее высокие частоты с выраженной энергией приходится на первые секунды, что объясняется установлением равновесия на старте эксперимента. Заметно, что с середины эксперимента снова начинает возрастать значение энергии. Со временем баланс начинает нарушаться, так как возникает незначительное утомление, и амплитуда колебаний увеличивается. Для балансировки тела начинает использоваться голеностопная стратегия, помогающая восстановить общий центр масс движениями в голеностопных суставах, которые активируют лодыжки, колени, бедра и их мышцы. Для сравнительного анализа спектров частотно-временные спектры были преобразованы в облака точек. Для каждого облака точек строились диаграммы устойчивых гомологий и дальнейшее сравнение производилось в терминах этих диаграмм.

Работа выполнена в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 20-01-00535.

#### **ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ТАНТАЛА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ $ZrB_2-SiC$**

*Диденко А.А., Матуляк А.И., Окорокова Н.С., Терентьева В.С.*

(Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва)

Ультравысокотемпературные керамики (УВТК) представляют собой класс материалов для высокотемпературного применения в окислительной атмосфере. УВТК на основе  $ZrB_2-SiC$  являются одними из наиболее изучаемых в настоящее время, поскольку характеризуются улучшенной стойкостью к окислению, обусловленной наличием оксидного слоя, включающего  $ZrO_2$ -каркас и боросиликатное стекло [1]. По сравнению с жидким  $V_2O_5$ , образующимся в ходе окисления чистого  $ZrB_2$ , боросиликатное стекло имеет более высокие температуру плавления и вязкость, а также меньшую диффузию кислорода, что обеспечивает