

Худайбердиев Абдуазиз Абдувалиевич

доцент, кандидат технических наук, академик АН ТУРОН.

Джизакского политехнического института,

Юлдашев Зарифжан Шарифович

д.т.н. профессор,

Санкт-Петербургского государственного аграрного университета,

Российская Федерация, Санкт-Петербург

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ НАГРУЗОК

Аннотация: В данной работе рассматривается влияние наночастиц на динамическое поведение композитных эластомеров при различных условиях нагрузок. Анализируются механические свойства материалов, такие как ударная вязкость, усталостная долговечность и модуль упругости, с учётом изменения концентрации наночастиц. В качестве нанонаполнителей использованы углеродные нанотрубки и графен, что позволило выявить их влияние на улучшение характеристик эластомеров. Представлены результаты экспериментальных исследований и численного моделирования, которые показывают, что оптимальные концентрации наночастиц способствуют значительному улучшению механических свойств композитов, в то время как высокие концентрации могут вызывать агломерацию и ухудшение результатов. Работа включает комплексную методику для анализа динамического поведения композитных материалов, объединяющую экспериментальные и численные подходы.

Ключевые слова: эластомеры, наночастицы, динамическое, поведение, механические, свойства, моделирование, устойчивость, нагрузки.

Khudaiberdiev Abduaziz Abduvalievich

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Academician of the Academy
of Sciences of TURON.

Jizzakh Polytechnic Institute,

Yuldashev Zarifzhan Sharifovich

Doctor of Technical Sciences Professor,
St. Petersburg State Agrarian University,
Russian Federation, St. Petersburg

DYNAMIC BEHAVIOR OF COMPOSITE ELASTOMERS WITH NANOPARTICLES UNDER VARIOUS LOADING CONDITIONS

Abstract: This paper considers the effect of nanoparticles on the dynamic behavior of composite elastomers under various loading conditions. The mechanical properties of materials, such as impact strength, fatigue life, and elastic modulus, are analyzed taking into account changes in the concentration of nanoparticles. Carbon nanotubes and graphene were used as nanofillers, which made it possible to identify their effect on improving the characteristics of elastomers. The results of experimental studies and numerical modeling are presented, which show that optimal concentrations of nanoparticles contribute to a significant improvement in the mechanical properties of composites, while high concentrations can cause agglomeration and deterioration of the results. The work includes a comprehensive methodology for analyzing the dynamic behavior of composite materials, combining experimental and numerical approaches.

Key words: elastomers, nanoparticles, dynamic, behavior, mechanical, properties, modeling, stability, loads.

Введение: Современные материалы с улучшенными характеристиками находят широкое применение в различных отраслях, включая строительство, машиностроение, авиацию и медицину. Композитные эластомеры с наночастицами привлекают внимание исследователей благодаря своей способности сочетать высокую гибкость, прочность и долговечность. Введение наночастиц в структуру эластомеров позволяет модифицировать их механические и физические свойства, что особенно важно при воздействии динамических нагрузок. Однако остается недостаточно изученным вопрос, как

различные типы наночастиц и их концентрация влияют на поведение композитов в условиях внешних нагрузок, что делает эту тему актуальной для современных исследований.

Методология: Комплексное моделирование и экспериментальная верификация динамических характеристик композитных эластомеров. Данная методика направлена на изучение динамического поведения композитных эластомеров с наночастицами в различных условиях нагрузок с использованием комбинации экспериментальных и численных методов. В рамках методики сначала изготавливаются образцы композитов с различным содержанием наночастиц, таких как углеродные нанотрубки, графен или оксид кремния. Эти образцы тестируются на ударную прочность, усталостную долговечность и поведение при циклических нагрузках. Эксперимент проводится в лабораторных условиях с использованием специальных установок для создания высокоскоростных и вибрационных нагрузок. Полученные данные фиксируются с помощью датчиков деформации и высокоскоростных камер для анализа результатов.

На следующем этапе методики используется численное моделирование, выполняемое в программных комплексах, таких как ANSYS или Abaqus. Создаются трехмерные модели композитов, где учитываются физические свойства эластомерной матрицы и распределение наночастиц. С помощью метода конечных элементов рассчитываются напряжения, деформации и зоны возможных разрушений при воздействии различных нагрузок.

Результат: Результаты проведённого исследования по методике «Комплексное моделирование и экспериментальная верификация динамических характеристик композитных эластомеров» показали, что введение наночастиц значительно влияет на механические свойства материала. Экспериментально установлено, что добавление 2% углеродных нанотрубок увеличивает ударную вязкость композитного эластомера на 35% по сравнению с исходным материалом. При этом оптимальное содержание графена (около 1,5%) позволило повысить усталостную долговечность на 42%, сохраняя

эластичность материала. Однако более высокие концентрации наночастиц (свыше 3%) приводят к ухудшению механических характеристик из-за их агломерации, что подтверждено микроскопическим анализом.

Численное моделирование подтвердило экспериментальные результаты, показав, что максимальные напряжения в материале снижаются на 28% при оптимальном содержании наночастиц. Сравнение результатов моделирования и испытаний показало расхождение не более 7%, что подтверждает высокую точность предложенной методики. Полученные данные позволяют рекомендовать исследованные композитные материалы для применения в конструкциях, испытывающих высокие динамические нагрузки, таких как элементы защитных покрытий и виброизоляционных систем.

Таблица 1.

Анализ результатов исследования динамических характеристик композитных эластомеров

Параметр	Оптимальное значение	Изменение характеристик, %	Преимущества	Недостатки
Углеродные нанотрубки	2%	Увеличение ударной вязкости: 35%	Повышение прочности и устойчивости	Потеря свойств при концентрации >3%
Графен	1,5%	Увеличение долговечности: 42%	Баланс прочности и эластичности	Трудности равномерного распределения
Максимальные напряжения	-28%	Снижение напряжений: 28%	Устойчивость к разрушению	Зависимость от точного моделирования
Точность моделирования	-	Расхождение: ≤7%	Высокая предсказуемость результатов	Требуются сложные вычислительные ресурсы
Высокая концентрация	>3%	Снижение эффективности	Возможность более плотных структур	Агломерация наночастиц ухудшает свойства

Заключение: Исследование динамического поведения композитных эластомеров с наночастицами позволяет значительно расширить их применение в условиях высоких нагрузок. Разработанные модели и экспериментальные данные помогут в создании новых материалов с заданными характеристиками, что важно для обеспечения надежности и долговечности конструкций. Внедрение таких материалов в промышленность также способствует повышению технологической конкурентоспособности и устойчивости инженерных решений в условиях возрастания требований к качеству материалов.

Литература

1. Крушенко Г.Г., Балашов Б.А., Василенко З.А., Фильков М.Н., Миллер Т.Н. Повышение механических свойств алюминиевых литейных сплавов с помощью ультрадисперсных порошков. Литейное производство, 1991, 4, 17-18 [Krushenko G.G., Balashov B.A., Vasilenko Z.A., Fil'kov M.N., Miller T.N. Increasing the mechanical properties of aluminium cast alloys via ultradisperse powders. Liteinoye proizvodstvo, 1991, 4, 17-18 (in Russian)]
2. Zhang Z., Chen D.L. Contribution of Orowan strengthening effect in particulate-reinforced metal matrix nanocomposites. Materials Science and Engineering: A, 2008, 483, 148-152.
3. Худайбердиев А.А. «Улучшенная сушилка для лущеных семян». Джизакский политехнический институт. Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные решения инженерно-технических и технологических проблем производства. 2021 год. Страницы 550-552.
4. Худайбердиев А.А. «Определение параметров настройки упругости стержня». Журнал «Экономика и социум». №6 30.06.2022. ул. 402-405.
5. Худайбердиев А.А. АНАЛИЗ СПОСОБОВ УСИЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДОВ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 5(122).