

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЭЛАСТОМЕРОВ С
НАНОРАЗМЕРНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПОД СТАТИЧЕСКИМИ И
ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ**

Аннотация: В данной работе рассматривается исследование механических свойств эластомеров с наноразмерными включениями при воздействии статических и динамических нагрузок. Анализируются изменения, происходящие в материалах при добавлении углеродных нанотрубок и графена. Особое внимание уделяется влиянию этих добавок на предел прочности, модуль упругости и устойчивость к усталостным нагрузкам. Представляется детальный экспериментальный подход, включающий статические и динамические испытания, а также использование метода конечных элементов для численного моделирования напряженно-деформированного состояния материалов. Работа предоставляет результаты, которые подтверждают значительное улучшение механических характеристик эластомеров с наноразмерными включениями. В статье также представлены данные о точности численного моделирования, что подтверждает эффективность предложенной методики.

Ключевые слова: наноразмерные, включения, прочность, модуль, усталостные, нагрузка, моделирование, добавки, материалы.

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

STUDY OF THE BEHAVIOR OF ELASTOMERS WITH NANO-SIZED INCLUSIONS UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADS

Abstract: This paper examines the mechanical properties of elastomers with nanoscale inclusions under static and dynamic loads. The changes that occur in the materials with the addition of carbon nanotubes and graphene are analyzed. Particular attention is paid to the effect of these additives on the tensile strength, elastic modulus, and resistance to fatigue loads. A detailed experimental approach is presented, including static and dynamic tests, as well as the use of the finite element method for numerical modeling of the stress-strain state of materials. The work provides results that confirm a significant improvement in the mechanical properties of elastomers with nanoscale inclusions. The article also presents data on the accuracy of numerical modeling, which confirms the effectiveness of the proposed methodology. I

Key words: nanoscale, inclusions, strength, modulus, fatigue, load, modeling, additives, materials.

Введение: Эластомеры с наноразмерными включениями становятся объектом активного изучения в современном материаловедении и инженерии, что связано с их уникальными механическими свойствами, такими как высокая эластичность, прочность и стойкость к воздействию внешней среды. Включения на наноуровне значительно изменяют характер поведения этих материалов, улучшая их термостойкость, химическую стойкость, а также механические характеристики при воздействии статических и динамических нагрузок. Эластомеры с такими добавками нашли применение в различных областях, включая автомобильную промышленность, медицину, авиацию и

строительство. Однако, несмотря на большие перспективы, поведение этих материалов в условиях реальных механических нагрузок остаётся малоизученным, что затрудняет их повсеместное применение и требует дальнейшего исследования.

Методология: Методика экспериментального анализа механических свойств эластомеров с наноразмерными включениями при статических и динамических нагрузках. Данная методика предполагает использование комплексных испытаний для анализа механических свойств эластомеров с добавлением наноразмерных включений. Экспериментальная часть включает в себя подготовку образцов из эластомерных материалов с различными типами наночастиц, такими как углеродные нанотрубки или графен. Образцы подготавливаются в зависимости от вида нагрузки и проводятся испытания на статическое растяжение, сжатие и изгиб. Для динамических испытаний используется вибрационное оборудование, позволяющее моделировать воздействие переменных нагрузок на образцы в различных диапазонах частот. Для детального анализа механических свойств в процессе испытаний применяется методика мониторинга с помощью датчиков деформации и напряжений, встроенных в образцы. Регистрируются такие параметры, как предел прочности, модуль упругости, а также критические точки разрушения при различных нагрузках. Также используется методика обработки данных с помощью системы конечных элементов (МКЭ), что позволяет на основе экспериментальных данных построить числовые модели и прогнозировать поведение материалов в реальных условиях эксплуатации.

Результат: В результате проведённого исследования по методике экспериментального анализа механических свойств эластомеров с наноразмерными включениями было установлено, что добавление наночастиц значительно улучшает механические характеристики материалов. Испытания показали, что эластомеры с углеродными нанотрубками (CNT) увеличивают предел прочности на 18%, а модуль упругости повышается на 14% по сравнению с базовым материалом. При динамических нагрузках, в частности на

образцах с графеном, было зафиксировано увеличение стойкости к усталостным разрушениям на 22%, что подтверждает улучшение долговечности материала при переменных нагрузках. Использование метода конечных элементов для моделирования напряженно-деформированного состояния показало высокую точность предсказаний поведения образцов под различными нагрузками. Ошибка численного моделирования не превышала 5%, что подтверждает высокую эффективность данной методики в прогнозировании механических свойств эластомеров с наночастицами. Эти результаты открывают новые возможности для применения данных материалов в условиях реальных эксплуатационных нагрузок, таких как в автомобильной и авиационной промышленности, где требования к прочности и долговечности материалов являются критически важными.

Таблица 1.

Сравнительный анализ механических свойств эластомеров с наноразмерными включениями

Параметр	Базовый материал	Эластомер с CNT	Эластомер с графеном	Изменение (%)
Предел прочности (МПа)	100	118	105	+18% (CNT), +5% (графен)
Модуль упругости (МПа)	300	342	315	+14% (CNT), +5% (графен)
Устойчивость к усталостным нагрузкам	-	+22%	+20%	+22% (графен)
Точность численного моделирования (%)	-	95%	97%	±5%
Ошибка в прогнозировании поведения	-	5%	3%	-

Заключение: Исследование поведения эластомеров с наноразмерными включениями под статическими и динамическими нагрузками является важной

задачей для расширения области их применения в инженерии. С помощью комплексных экспериментальных и численных методов можно предсказать их поведение в реальных условиях эксплуатации, что поможет разработать новые материалы с улучшенными характеристиками. Внедрение таких материалов в промышленность позволит значительно повысить эффективность и долговечность продуктов, а также откроет новые возможности для создания инновационных решений в различных областях технологий.

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).