

## Список литературы

1. Журков С.Н., Куксенко В.С., Махмудов Х.Ф., Панамарев А.В. // ДАН. 1997. т.35. в.4. С. 470-472.
2. Махмудов Х.Ф., Куксенко В.С. // ФТТ. 2005. т.47. в.5. С. 856-859.
3. Николаев В.И., Перцев Н.А., Смирнов Б.И. // Электропластический эффект в поляризованных сегнетоэлектрических кристаллах. ФТТ. 1991. т.33. в.1. С. 93-95.
4. Балакишиев Ш.А., Пархомко Э.И. и др. // Электропроводность горных пород при высоких температурах и давлениях, и факторы определяющие ее вариации. Наука, 1999. С. 167-174.
5. Дортман Н.Б. // Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. М.: Недра, 1984.
6. Пархоменко Э.И., Бондаренко А.Т. // Электропроводность горных пород при высоких давлениях и температурах. М.: Наука, 1972. 272с.
7. Махмудов Х.Ф. Автореферат. Санкт-Петербург, 1997. 22 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Низина Т. А., Кисляков П. А.

*Мордовский государственный университет, Россия,*  
[nizinata@yandex.ru](mailto:nizinata@yandex.ru)

Техника и технологии не стоят на месте, и развивающаяся быстрыми темпами промышленность требует от науки всё новых разработок и передовых идей. Наибольшую активность в последние годы приобрели исследования, связанные с внедрением наносистем. Активное внедрение «наноидей» не обошло своим вниманием и строительную отрасль, особенно в области модификации традиционных строительных материалов (бетонов, цементных растворов, полимерных композиционных материалов, лакокрасочной продукции и т.д.) наночастицами различного вида.

Фуллерены, углеродные нанотрубки, алмазоподобные и фуллереноподобные структуры обладают уникальными и существенно различными физико-химическими свойствами, что позволяет получать композиционные материалы с широкими диапазонами значений различных свойств. На сегодняшний день экспериментально доказано, что введение наночастиц даже в гомеопатических дозах позволяет получать промышленно значимые макроэффекты [1 – 3].

Данная работа посвящена исследованию наномодифицированных эпоксидных композиционных материалов, широко используемых в строительной отрасли в качестве защитных пропиток и покрытий, повышающих несущую способность, химическую стойкость и долговечность бетонных элементов строительных конструкций. Их эффективное использование обусловлено положительными свойствами эпоксидного полимера, отличительными качествами которого являются высокая ударная прочность и стойкость к истиранию, повышенная прочность при изгибе, низкая деформативность, хорошая химическая и водостойкость. Высокие характеристики данных композитов нашли своё применение в разработке наливных полов, различных пропиток, клеевых составов и разнообразных декоративных штукатурок.

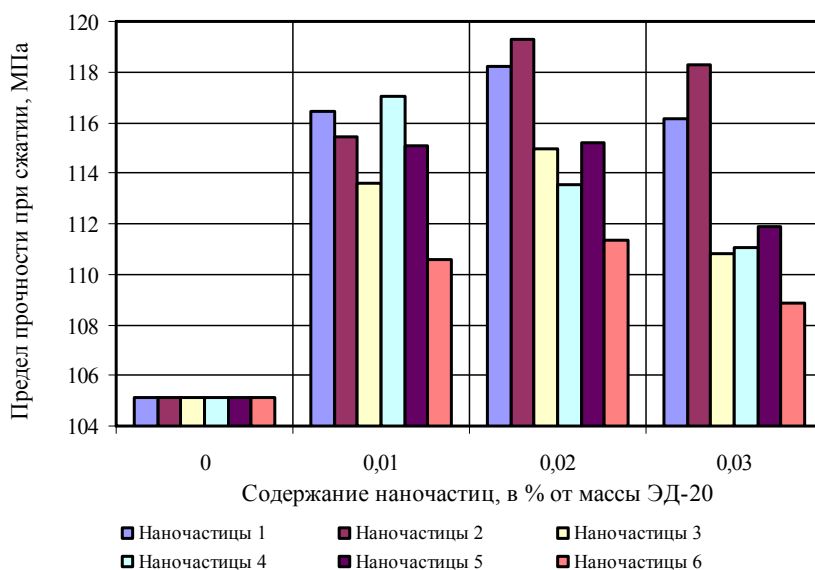
Однако эпоксидные композиции обладают низкой вязкостью, что приводит к необходимости их модификации путем введения пластификаторов и растворителей, как правило, снижающих прочностные параметры. Как показали результаты проведенных исследований [1, 3], дополнительные эффекты пластификации без потери упругопрочностных характеристик могут быть достигнуты за счет введения наночастиц. Однако в подобных случаях возникает необходимость в разбивании агрегатов наночастиц

и равномерном их распределении по объему полимерного композита, достигаемом, как правило, за счет применения дополнительной ультразвуковой обработки. В подобных случаях возникает масса вопросов, связанных с оптимизацией объема, длительности воздействия, интенсивности и частоты УЗ колебаний.

Дальнейшее развитие направления наномодификации строительных материалов может быть получено за счет использования принципиально новых наномодифицирующих добавок, производимых ООО «НТЦ Прикладных Нанотехнологий». Исследуемые добавки относятся к группе растворимых аддуктов нанокластеров углерода (АНКУ), что значительно упрощает их использование, позволяя отказаться от применения дополнительной ультразвуковой обработки.

Целью данного исследования являлось изучение влияния 6 видов наномодифицирующих добавок на упруго-прочностные характеристики эпоксидного полимера. Исследования проводились на эпоксидном связующем ЭД-20; в качестве отвердителей использовались отвердители аминного и аминифенольного типа - ПЭПА и АФ-2. В качестве растворителя для введения в состав композитов наномодифицирующих добавок использовался пищевой этиловый спирт. Концентрация нанодобавок составляла 0.01, 0.02 и 0.03% от массы связующего.

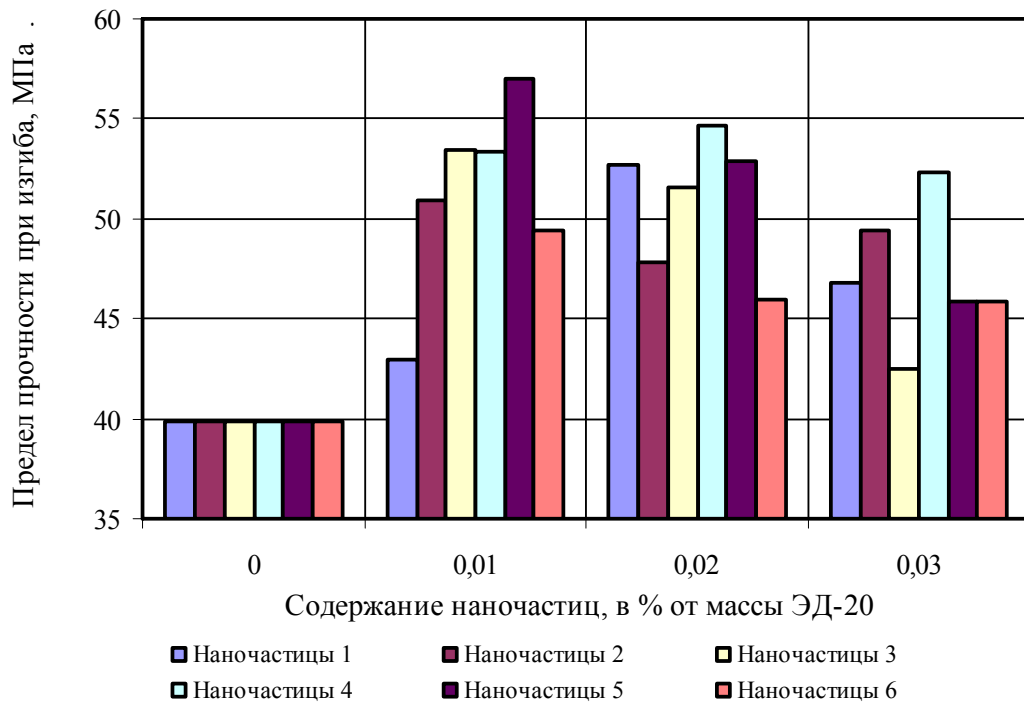
Как показали проведенные экспериментальные исследования, введение в состав композита наночастиц способствует увеличению предела прочности при сжатии и изгибе. Наибольшие значения предела прочности при сжатии достигаются при введении 0.02 – 0.03 % от массы связующего для наночастиц 2-го и 0.02% – 1-го видов (рис. 1). Увеличение концентрации наночастиц 3 – 6 видов до 0.03% приводит к снижению эффекта наномодификации. Наибольший прирост предела прочности при сжатии составляет 13.5%.



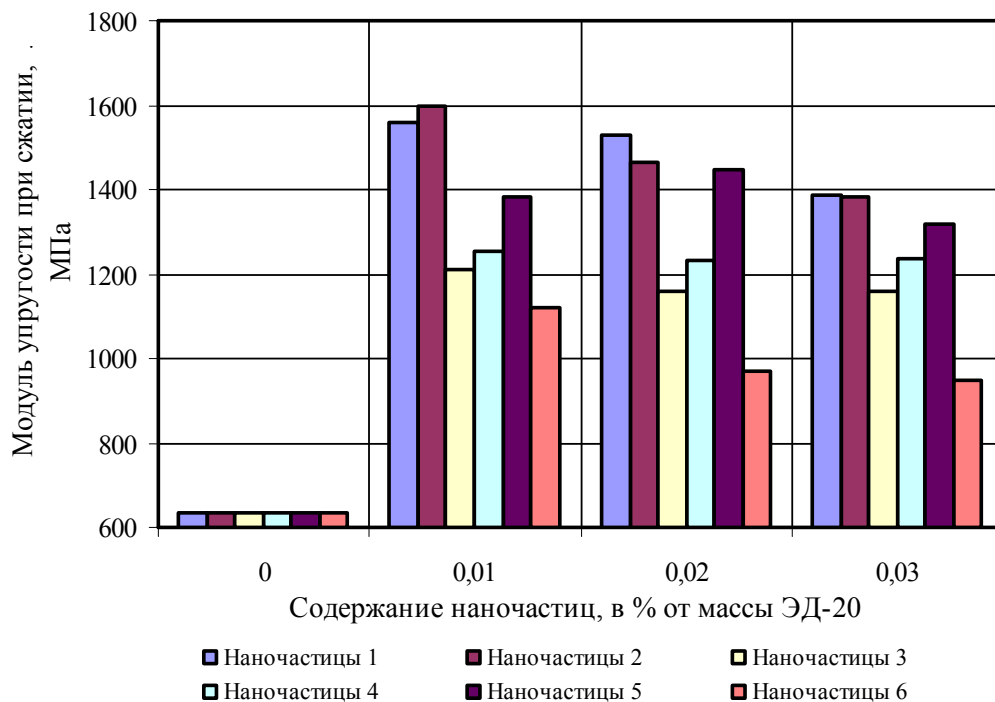
**Рис.1.** Изменение предела прочности при сжатии эпоксидных композитов от содержания наночастиц

Наномодификация эпоксидных композитов наночастицами в интервале 0.01–0.02% от массы связующего позволяет повысить предел прочности при изгибе от 12 до 42% (рис. 2). Максимальный результат зафиксирован при введении наночастиц 5 и 4 видов, достигая в первом случае 57 МПа.

Как показал анализ результатов эксперимента, введение наночастиц приводит к значительному повышению модуля упругости при сжатии, превышающему при концентрации 0.01% наночастиц 1 и 2-го вводов немодифицированный состав в 2.5 раза (рис. 3).



**Рис.2.** Изменение предела прочности при изгибе эпоксидных композитов от содержания наночастиц



**Рис.3.** Изменение модуля упругости при сжатии эпоксидных композитов от содержания наночастиц

Комплексный анализ влияния 6 видов принципиально новых нанодобавок позволил выявить наиболее оптимальные концентрации наночастиц, позволяющие достигать значительного повышения упруго-прочностных характеристик эпоксидных композитов при введении их в микродозах. Наилучшими показателями по совокупности трех исследуемых параметров являются композиты с содержанием 0.02% наночастиц 1-го и 0.01% – 2-го и 5-го видов.

## Список литературы

1. Пономарев А.Н. Технологии микромодификации полимерных и неорганических композиционных материалов с использованием наномодификаторов фуллероидного типа // Труды международной конференции ТПКММ, Москва, 27 – 30 августа 2003 г. С. 508 – 518.
2. Королев Е. В. Модифицирование строительных материалов нанокремнеземными трубками и фуллеренами / К. В. Королев, Ю. М. Бажанов, В. А. Береговой // Строит. материалы. 2006. № 9. / Наука. № 8. – С. 2–4.
3. Низина Т. А. Оптимизация свойств эпоксидных композитов, модифицированных наночастицами / Т.А. Низина, П.А. Кисляков // Строит. материалы. 2009. №9. – С. 78–80.

## ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРОВАННАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ

Алиев М. А. Чартаев Х. Ш.

Махачкалинский филиал МАДИ, Махачкала  
[Bukilal@mail.ru](mailto:Bukilal@mail.ru)

Изучение диффузионных, деформационных и дислокационных процессов как самостоятельных разделов физики не дали ответа на многие вопросы, возникшие при анализе структурно - чувствительных свойств кристаллов. В последние годы, благодаря предложенному новому методико-технологическому подходу, удалось объединить и изучить все три физических процесса в одном эксперименте, одновременно реализуя их и на одной установке и на одном образце.

Экспериментальные исследования, проведённые нами по новой вышеназванной технологии формирования взаимосвязи "структура-состав-свойство" позволили за счет наличия высоких деформационно-диффузионных потоков и сил, обусловленных ими, обеспечить их взаимодействие в динамическом режиме и получить новые качественные изменения физико-механических свойств кристаллов кремния.

Деформацию производили двумя способами: в условиях внешнего нагрева образца (термопластическая деформация - ТПД), в условиях прохождения электрического тока через образец (Электропластическая деформация – ЭПД). Объектами исследования были монокристаллы кремния n-типа проводимости (низкоомные) в виде параллелепипедов с разными типоразмерами, сдвиговыми усилиями, интенсивностью нагружения.

Деформация осуществлялась вдоль направлений [110], одноосным сжатием в вакууме, в основном режиме динамического нагружения, с переходом в статический режим для выявления запаса прочности.

На рис.1 (кривые 1,2,3) приведены зависимости напряжение-деформация  $\sigma(\epsilon)$  для трех образцов монокристаллического кремния n-типа проводимости, при двух различных режимах их реализации интенсивности нагружения  $V_n$  и геометрическом размерном коэффициенте  $\phi$ . Как видно по ходу кр.(1-3) на рис.1, наблюдаются заметные изменения таких, казалось бы грубых параметров кристаллической решетки как прочность и пластичность, в зависимости от вариации величины параметров внешних деформационных воздействий. Изменяется и величина упругой области с изменениями интенсивности нагружения  $I_n$  и геометрического коэффициента  $\phi$ . Для образца №1 с  $\phi=0,9$  упругая область доходит до  $\sigma_y = 1,8 \text{ кг/мм}^2$ , тогда как при  $\phi=0,7$  величина упругой области составляет величину  $\sigma_y = 0,4 \text{ кг/мм}^2$ . С увеличением интенсивности нагружения  $V_n$  можно уменьшить и величину  $\sigma_y$ .