

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Виноградова Романа Евгеньевича  
**«Термомеханическое поведение функциональных металл-полимерных композиционных материалов, армированных никелидом титана»**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.17. «Материаловедение»

Актуальность диссертационной работы обусловлена возможностью снижения стоимости изделий из материалов, обладающих эффектами памяти формы и сверхупругости, путем создания функциональных композиционных материалов (ФКМ) с полимерной матрицей и армирующим наполнителем из сплавов на основе никелида титана. Такое сочетание обеспечивает легкость конструкции, высокие функциональные свойства и необходимую форму. Однако широкому применению конструкций из ФКМ препятствует сложность прогнозирования и управления их функциональными свойствами. На решение данной проблемы и направлена работа соискателя ученой степени.

В ходе ее выполнения автором получены новые научные результаты:

- установлены закономерности влияния химического состава и структуры армирующих элементов из никелида титана, а также архитектуры ФКМ «силиконовая резина – никелид титана» на условия проявления различных видов эффектов запоминания формы (ЭЗФ) и их характеристики;

- сформулирован и обоснован новый принцип реализации обратимого ЭЗФ и способ создания ФКМ «силиконовая резина – никелид титана», который включает в себя этапы придания требуемой формы армирующим элементам, их последующей деформации в пределах критической степени деформации при температурах ниже  $A_n$ , а также формообразования ФКМ с полимеризацией силиконовой матрицы при этих температурах;

- разработана математическая модель расчёта обратимой деформации ФКМ «силиконовая резина – никелид титана» в зависимости от его архитектуры и критических деформаций армирующего наполнителя; установлено, что при термоциклировании обратимая деформация в ФКМ может достигать 10%;

- экспериментально установлено, что в зависимости от архитектуры армирования проволокой из никелида титана и количества слоев углеволокна жёсткость гибридных ФКМ с матрицей из углепластика в 2-20 раз больше, чем у неармированного углепластика;

- предложен новый способ изготовления ортопедических изделий (стоподержателей) с регламентированной жесткостью и высокой циклической деформационной долговечностью из углепластика, армированного проволокой из никелида титана;

- разработан функционально-косметический протез кисти с высокой деформационной циклостойкостью из ФКМ «силиконовая резина – никелид титана» с однократным ЭЗФ.

Новизна полученных результатов подтверждена патентами. При этом следует отметить, что работа носит выраженный практический характер – в результате ее выполнения разработаны рекомендации по изготовлению композиционных конструкций с заданным уровнем характеристик работоспособности, предложены макеты протезно-ортопедических изделий повышенной функциональности. Их долговечность подтверждена клиническими испытаниями.

Существенных замечаний, влияющих на научную значимость работы, не выявлено. Допущены некоторые неточности (на рис.3 кривые 3 построены по двум точкам; в табл. 5 в столбце «Эксперимент» дважды приведено обозначение «АЭ»), которые не снижают общей положительной оценки автореферата.

Считаем, что диссертация «Термомеханическое поведение функциональных металл-полимерных композиционных материалов, армированных никелидом титана» является завершенной научно-квалификационной работой, полностью соответствующей требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Виноградов Роман Евгеньевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение».

На обработку персональных данных согласны.

Член-корреспондент НАН Беларуси,  
доктор технических наук,  
заведующий лабораторией физики металлов  
государственного научного учреждения  
«Институт технической акустики  
Национальной академии наук Беларуси»



В.В. Рубаник

Кандидат технических наук,  
научный сотрудник лаборатории физики металлов  
государственного научного учреждения  
«Институт технической акустики  
Национальной академии наук Беларуси»



Д.А. Багрец

210009, г. Витебск, пр-т Генерала Людникова, 13  
Государственное научное учреждение «Институт технической акустики  
Национальной академии наук Беларуси»  
Тел.: 8 (0212) 331934, e-mail: [v.v.rubanik@tut.by](mailto:v.v.rubanik@tut.by), [bagurets@gmail.com](mailto:bagurets@gmail.com)

21.11.2022

Подпись  В.В. удостоверяю  
Ведущий юристконсульт



Подпись  Д.А. удостоверяю  
Ведущий юристконсульт