

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Львова Владислава Александровича  
«Структура и физико-механические свойства биомедицинских метаматериалов с отрицательным коэффициентом Пуассона», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности

### 1.3.8. «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа Львова В.А. посвящена выявлению взаимосвязи между механическими и размерными характеристиками ячеек ауксетического метаматериала и сотовой структуры, предназначенных для изготовления спинальных межтеловых кейджей методом 3D-печати, с целью повышения их функциональных свойств.

Спинальные межтеловые кейджи, изготовленные из металлических или полимерных материалов, в настоящее время достаточно широко применяются для возмещения дефектов позвоночного столба у пациентов с развивающимися опухолевыми процессами, дегенеративными изменениями и разрушением костной ткани и межпозвоночных дисков, возникающих как вследствие полученной травмы, так и в следствие старения организма в целом, значительно снижают возникающую нежелательную компрессию соседних позвонков и спинномозговых нервов, вызывающую сильные болевые ощущения, и существенно повышают качество жизни. Однако в клинической практике нередко встречаются случаи миграции и даже полного разрушения кейджей вследствие возникновения так называемого эффекта экранирования напряжений.

Одним из вариантов снижения данного эффекта является применение для производства кейджей ауксетических метаматериалов с оптимальным сочетанием механических характеристик, достигаемым, прежде всего, за счет создания элементарной ячейки с наилучшей геометрией. В связи с этим, поставленная в работе цель, несомненно, является актуальной.

К наиболее значимым результатам диссертационной работы стоит отнести разработанные автором методику проектирования трехмерных ауксетических метаматериалов и сотовых структур с применением методов компьютерного моделирования, расчетную модель для трехмерной элементарной ячейки ауксетического метаматериала и сотовой структуры для определения смещений ячеек с произвольными геометрическими параметрами при одноосном нагружении и экспериментальный прототип спинального межтелового кейджа, изготовленный методом 3D-печати и термопрессования на основе титанового сплава Ti-6Al-4V и сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Достоверность результатов работы подтверждена использованием современных методов исследования и высокоточного экспериментального и аналитического оборудования.

Автореферат полностью отражает суть и объем диссертационной работы. Положения, выносимые на защиту, четко сформулированы. Выводы соответствуют поставленным цели и задачам, обоснованы и аргументированы полученными в ходе исследования результатами. Результаты работы опубликованы в рецензируемых журналах и представлены на научных конференциях различного уровня.

В качестве замечания следует отметить, что в главе 2 автореферата представлены результаты разработки элементарной конфигурации с взаимосвязанными размерами для ячеек ауксетического метаматериала (сотовой структуры) в конфигурации A-90 (C-90). Кроме того, в главах 2 и 7 автореферата представлены результаты исследования механических характеристик прототипов кейджей, спроектированных исключительно на основе структур типа A-90 (C-90). При этом в главе 2 указано, что повышенными механическими характеристиками обладают структуры A-45 (C-45), специально спроектированные для FDM-, SLM- и SLS-методов 3D-печати. Однако, результаты разработки элементарной конфигурации сотовой структуры A-45 (C-45), а также результаты определения механических свойств прототипов кейджей, спроектированных на основе такой сотовой структуры, в автореферате отсутствуют.

Сделанное замечание не снижает общей высокой оценки работы.

Представленная диссертация «Структура и физико-механические свойства биомедицинских метаматериалов с отрицательным коэффициентом Пуассона» является законченной научно-квалификационной работой. По своей актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям Положения

о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор – Львов Владислав Александрович – заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Начальник лаборатории  
измерений и испытаний  
ФГУП «ЦИТО»  
кандидат технических  
наук (05.16.01), доцент



/ Д.А. Дзунович

22.12.2022

Подпись начальника лаборатории измерений и испытаний, кандидата технических наук, доцента Дзуновича Д.А. заверяю.

Начальник отдела кадров

/ Е.О. Костяницына

Федеральное государственное унитарное предприятие «ЦИТО»  
127299, Россия, г. Москва, ул. Приорова, д. 10, с. 7  
Тел.: (495) 450-28-52  
e-mail: info@cito-pro.ru