

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Владислава Александровича Львова «Структура и свойства метаматериалов с отрицательным коэффициентом Пуассона для спинальной хирургии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния» и состоявшейся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС») 26 декабря 2022 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 17.10.2022 г, протокол № 5.

Диссертация выполнена на кафедре физической химии НИТУ «МИСиС».

Научный руководитель - Сенатов Фёдор Святославович, к.ф.-м.н. (01.04.07 – «Физика конденсированного состояния», директор НОЦ БиоИнж НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 5 от 17.10.2022 г) в составе:

1. Прокошкин Сергей Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением в НИТУ «МИСиС» - председатель комиссии;
2. Страумал Борис Борисович, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна Российской академии наук»;
3. Конюхов Юрий Владимирович, доктор технических наук, заместитель заведующего кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов в НИТУ «МИСиС»;
4. Панин Сергей Викторович, доктор технических наук, заведующий лабораторией механики полимерных композиционных материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук»;
5. Бурмистров Игорь Николаевич, доктор технических наук, директор инжинирингового центра федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова».

В качестве ведущей организации утверждена Автономная некоммерческая образовательная организация высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Предложена методика создания элементарной конфигурации с взаимосвязанными размерами для проектирования ячеек ауксетического метаматериала и сотовой структуры сложной геометрической конфигурации.
- Предложена расчетная модель для трехмерной элементарной ячейки ауксетического метаматериала и сотовой структуры, разработанная с помощью метода конечных элементов и алгоритма машинного обучения DEPS и предназначенная для определения смещений в образцах ауксетического метаматериала и сотовой структуры при одноосных сжимающих нагрузках.
- Установлено влияние угла наклона между ребрами ячейки ауксетического метаматериала и сотовой структуры на их механические свойства. На примерах эластомера, высокомолекулярного полимера и металлических сплавов показано, что структуры с углом наклона между ребрами ячейки меньше 90° демонстрируют повышенные прочностные характеристики при статическом сжатии и усталостном нагружении.
- Показана возможность применения разработанных ауксетических метаматериалов для создания межтеловых кейджей при лечении заболеваний, обусловленных дегенерацией межпозвоночного диска.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Разработаны принципы проектирования трехмерных ячеек ауксетических метаматериалов и сотовых структур методами компьютерного моделирования с использованием параметрической системы элементарной конфигурации с взаимосвязанными размерами. Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс численных методов для создания параметрической системы элементарной конфигурации ячейки с взаимосвязанными размерами геометрических параметров и разработки расчетных моделей ауксетического метаматериала и сотовой структуры. Используемый в алгоритме подбирающий интерполятор функции, описывающих конкретный процесс, можно адаптировать для определения других физических величин в зависимости от задачи, используя постоянно пополняемую статистическую базу экспериментов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Разработаны принципы моделирования для оптимизации межтелового кейджа под ауксетический метаматериал с использованием параметрического твердотельного моделирования в САПР и элементарной конфигурации с взаимосвязанными размерами.
- Создан прототип межтелового кейджа на основе ячеек ауксетического метаматериала и сотовой структуры, полученного по технологии 3D-печати методом SLM (*Selective Laser Melting*) из сплава Ti-6Al-4V. Исследования его механических характеристик показали, что модуль Юнга ауксетического каркаса межтелового кейджа лежит в области модуля упругости костной ткани взрослого человека, что позволяет уменьшить или устранить эффект экранирования напряжений. Подана заявка на патент РФ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- Результаты исследований получены на высокоточном сертифицированном аналитическом оборудовании, показана хорошая воспроизводимость результатов.
- Результаты и выводы не содержат принципиальных противоречий известным литературным данным в исследуемой области.

Личный вклад автора состоит в

- анализе литературных данных;
- моделировании в САПР, в том числе создании элементарной конфигурации с взаимосвязанными размерами;
- проведении компьютерной симуляции статических механических испытаний;
- проведении механических испытаний и статистической обработки полученных результатов.

Соискатель опубликовал 4 статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня Минобрнауки РФ, 3 в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук в НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Львова В.А. «Структура и свойства метаматериалов с отрицательным коэффициентом Пуассона для спинальной хирургии» соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований предложена расчетная модель для определения смещений в образцах ауксетического метаматериала и сотовой структуры с

произвольными геометрическими параметрами при одноосных сжимающих нагрузках. Разработаны принципы моделирования для оптимизации межтелового кейджа под ауксетический метаматериал с использованием параметрического твердотельного моделирования в САПР и элементарной конфигурации с взаимосвязанными размерами. Создан прототип межтелового кейджа на основе ячеек ауксетического метаматериала и сотовой структуры, полученного по технологии селективного лазерного плавления.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Львову Владиславу Александровичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии



С.Д. Прокошкин

26.12.2022