

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации  
**Килиной Полины Николаевны**

**«Формирование периодической структуры армирующего каркаса костной ткани на основе порошкового титанового сплава селективным лазерным плавлением»**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.16.06 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

В диссертационной работе П.Н. Килиной представлены результаты моделирования, экспериментального и численного исследования ячеистых металлических высокопористых материалов с регулируемой структурой и определения их физико-механических свойств с целью обеспечить соответствие с образцами костной челюстно-лицевой ткани животных и человека и последующего использования в качестве имплантатов.

Исследования этого круга задач являются несомненно актуальными с точки зрения практической важности разработки материалов, пригодных для полноценной замены естественной костной ткани, понимания принципов и механизмов их получения и определения физико-механических свойств, обеспечивающих их биологическую совместимость, механическую прочность и коррозионную стойкость.

Автору удалось в рамках нескольких последовательных этапов единого комплексного исследования найти исходный материал для реализации поставленной цели (порошковый титановый сплав), разработать трёхмерную ячеистую макроструктуру каркаса имплантата с регулируемыми параметрами геометрии и размерами пор, близкими к имеющимся в реальной костной ткани, реализовать изготовление такого каркаса с использованием современных технологий трёхмерной печати, в частности, селективного лазерного плавления, проанализировать микроструктуру и физико-механические свойства полученных образцов (прочность и модуль упругости) на основании численных расчётов и натуральных экспериментов, получить зависимости этих характеристик от параметров лазерного воздействия и определить оптимальные значения этих параметров. Кроме того, работа была доведена до практического применения путём вживления полученных имплантатов лабораторным животным и демонстрации их успешной фиксации и обеспечения процессов регенерации костной ткани.

Всё это безусловно свидетельствует о научной новизне, высокой научной ценности и практической значимости результатов, полученных в диссертации П.Н. Килиной, которые могут служить основой дальнейших исследований и практических приложений в биологии и медицине. При чтении автореферата диссертации П.Н. Килиной возникли вопросы и замечания, связанные с наличием ряда неясностей в терминах, формулировках задач и результатов.

1. Неясно, на чём основан выбор конкретной периодической 3D структуры каркаса и какова была его симметрия, которая не сформулирована в тексте, а только проиллюстрирована рис. 1. Кроме этого, название «ячейка Вигнера-Зейтца» по-видимому нуждается в уточнении, поскольку исходно применяется к структуре кристаллической решётки, а не пористой среды.
2. Непонятно, как были получены регрессионные зависимости (формулы 1-6). Если из обработки экспериментов, это желательно явно упомянуть, и указать количество измерений по каждому из аргументов и интервалы, в которых справедлива полученная линейная интерполяция.
3. Ряд используемых в автореферате терминов, обозначений и сокращений на мой взгляд не являются общеупотребительными и нуждаются в расшифровке. В частности:  $d_{10}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{90}$  (с.8); СЭМ-изображения (с.8,10,11,12); видманштеттенова структура (с. 10, 17).

Сделанные замечания относятся к частным недостаткам изложения в автореферате и не влияют на общую положительную оценку работы. В целом по автореферату можно сделать вывод, что диссертация выполнена на высоком научном уровне, в ней получены важные в научном и

практическом отношении результаты, её материалы опубликованы в научной печати и известны специалистам. На мой взгляд, диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, соответствующее требованиям п.9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакциях от 21.04.2016 № 335 и 12.10.18 № 1168), а её автор Килина Полина Николаевна заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Я, Вертгейм Игорь Иосифович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

"Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук" - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ("ИМСС УрО РАН").

Научный сотрудник  
Института механики сплошных сред УрО РАН,  
кандидат физико-математических наук, доцент

И.И. Вертгейм

20 ноября 2020 г.

Адрес: 614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика К  
Телефон: +7 (342) 237-83-23  
e-mail: wertg@icmm.ru

Личную подпись \_\_\_\_\_  
удостоверяю \_\_\_\_\_  
Специалист по кадрам \_\_\_\_\_

