

## **АННОТАЦИЯ**

диссертации на соискание степени «доктора философии» (PhD) по специальности 6D070300 – «Информационные системы (по отраслям)»

### **КАРЫМСАКОВА ИНДИРА**

#### **Информационная система моделирования траекторий для построения роботизированных систем плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры**

**Общая характеристика работы:** диссертационная работа посвящена разработке информационной системы моделирования траекторий для построения роботизированных систем плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры. На основе параметрического метода выполнена классификация имплантов; смоделированы траектории движения манипулятора на основе полиномов Эрмита третьего и четвертого порядков, разработана симуляционная программа движения робота по заданным координатам с определенной скоростью для напыления поверхности импланта.

**Ключевые слова:** параметрическая классификация имплантов, моделирование траекторий движения, сплайн Эрмита, плазменное напыление, виртуальный симулятор, роботизированные системы.

**Актуальность исследования.** Выпуск титановой продукции медицинского назначения является более высоким производственным пределом, т.е. разработка технологий производства изделий медицинского назначения (импланты для ортопедии и травматологии) из титана и его сплавов из отечественного сырья. Изыскания по изготовлению имплантов с использованием новейших систем аддитивного производства металлических изделий методом селективного лазерного плавления и имплантов с использованием современных станков ЧПУ на сегодня является актуальной и востребованной задачей.

Проектирование и изготовление имплантов является сложным и трудозатратным процессом, кроме того, для биосовместимости имплантов требуется нанесение биоактивных покрытий, что обеспечивает повышение процента вживляемости с тканями человека. Для точности нанесения покрытия использование роботов является оптимальным решением.

Актуальность данной проблемы обусловлена действием Кодекса Республики Казахстан «О здоровье народа и системе

здравоохранения» (от 7 июля 2020 года № 360-VI ЗРК), который определяет стандарты производства медицинских изделий, в том числе имплантов и эндопротезов.

**Основная идея данной работы** заключается в разработке информационной системы моделирования траекторий для построения роботизированных систем плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры. Отличительной чертой данной системы является предварительная классификация имплантов на основе определенных параметров, построение траектории движения с учетом расстояния и скорости, симуляция движений в виртуальном симуляторе для робота Fanuc.

**Объектом исследования** являются роботизированные системы плазменного напыления.

**Предметом исследования** являются информационное и математическое обеспечение системы управления процессом плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры.

**Цель исследования:** моделирование траекторий плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры для роботизированных систем.

**Задачи исследования:**

1. Выполнить классификацию имплантов и сформировать хранилище данных;
2. Создать 3d модели имплантов разных классов;
3. Адаптировать метод интерполяции на основе сплайна Эрмита для формирования траектории напыления;
4. Разработать программные модули траекторий напыления для манипуляционного робота.

**Методы исследования:** основу методов исследования составляет использование средств математического моделирования, трехмерного моделирования, имитационного моделирования, робототехники. Разработка программных средств велась методами web-программирования, применялись технологии объектно-ориентированного программирования.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Параметрическая классификация имплантов сложной геометро-топологической структуры;
2. Модель траектории напыления имплантов сложной геометро-топологической структуры на основе сплайнов Эрмита третьего и четвертого порядков;
3. Архитектура системы и программные модули управления процессом напыления для роботизированных систем плазменного напыления.

### **Научная новизна исследования:**

Предложена модель классификации имплантов сложной геометро- топологической структуры на основе параметрического метода и для каждого класса имплантов создана траектория напыления на основе сплайнов Эрмита третьего и четвертого порядков.

### **Научная и практическая значимость работы**

Совокупность полученных в работе результатов позволила создать научные основы информационной системы моделирования траекторий для построения роботизированных систем плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры. Основные научные и практические результаты диссертационной работы получены в ходе выполнения исследований в рамках проекта программно-целевого финансирования «0006/ПЦФ-2017 «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине». Зарегистрированы программы для ЭВМ: «Программа для ЭВМ «Информационная подсистема для работы с базой данных имплантов» от 19 августа 2020г. №11699», «Информационная система моделирования траекторий для построения роботизированных систем плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры» (программа для ЭВМ) от 16 февраля 2021 г. № 15189. Результаты диссертации перспективны для создания наукоемкого производства, внедрение в производство информационной системы формирования траекторий плазменного напыления для роботизированных систем, что позволит оптимизировать процесс плазменного напыления, экономически эффективно производить процесс плазменного напыления.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования изложены на конференциях:

1. Международная научная конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2017)». 22–26 мая 2017, г.Зализный порт, Украина;
2. XIV международная научно-практическая конференция „Математическое и программное обеспечение интеллектуальных систем (MPZIS-2017)”. 21-22 ноября 2017г., г. Днепр, Украина;
3. Winter InfoCom 2017: V Международная научно-практическая конференция, 1-2 декабря 2017 г., г.Киев, Украина;
4. Международная научная конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2018)». 21–27 мая 2018 г, г.Зализный порт. Украина;

5. Proceedings of International Educational Forum "The Didactic Hub: Europe-Asia", 26.04.2018г., г.Семей, Казахстан;

6. Международная научно-практическая конференция «XVIII международный научный семинар «Современные проблемы информатики в экономике, управлении и образовании и преодоления последствий Чернобыльской катастрофы», 2-8 июля 2018, г.Свитязь, Украина;

7. Международная научно-практическая конференция "Творчество молодых ученых инновационному развитию Казахстана", 11-12 апреля 2019г, г.Усть-Каменогорск, Казахстан.

### **Публикации**

По материалам исследования имеются 13 публикаций, из них 5 в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки, 1 статья в журнале, входящего в базу данных Scopus и 2 авторских свидетельства «Программа для ЭВМ «Информационная подсистема для работы с базой данных имплантов» от 19 августа 2020г. №11699», «Информационная система моделирования траекторий для построения роботизированных систем плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры» (программа для ЭВМ) от 16 февраля № 15189. Диссертационные исследования выполнены в рамках проекта «0006/ПЦФ-2017 «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине».

### **Структура и содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа изложена на 96 страницах компьютерного набора, состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографии и приложений. Текст иллюстрирован 29 таблицами, 88 рисунками. Список использованных источников -100.

В первом разделе диссертации представлены результаты анализа современного состояния и развития технологий создания имплантов для восстановления потерянных или разрушенных частей скелета человека. Представлены основные технические характеристики разрабатываемых технологий, отличие их потребительских свойств от существующих аналогов. Обосновано использование технологии микроплазменного напыления.

Во втором разделе диссертации в результате параметрического метода классификации была разработана система классификации имплантов по соответствию необходимым условиям для последующего плазменного напыления.

Для реализации параметрического метода классификации были определены 11 параметров. Определено 3 класса имплантов. Было отобрано по 3 импланта с первых двух классов имплантов,

которые удовлетворяют предельным параметрам, допустимым при напылении роботом.

В третьем разделе диссертации были созданы 3d модели имплантов, процесс напыления имплантов при помощи роботизированного комплекса был условно разделен на пять этапов.

Для моделирования траектории движения с заданными координатами и скоростями были использованы сплайн третьего и четвертого порядков. Смоделировано решение этой задачи в среде Matlab.

В четвертом разделе диссертации описывается разработанное приложение «Информационная система моделирования траекторий для построения роботизированных систем плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической структуры» для работы с базой данных имплантов.

Была разработана имитационная модель движения робота по заданным координатам и скоростям для напыления поверхности импланта.

В заключительном разделе диссертации приводится перечень основных результатов и выводов диссертационного исследования, исходя из которых, положения, выносимые на защиту, были подтверждены, дается оценка научной новизны и практической значимости исследования. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ приводятся в приложениях.