



Санкт-Петербургский
государственный
университет
www.spbu.ru

МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРУЕМОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

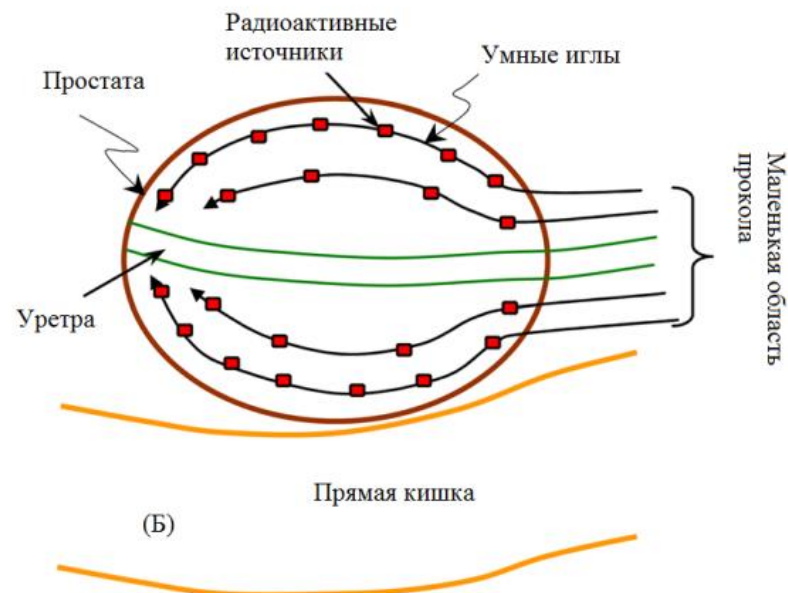
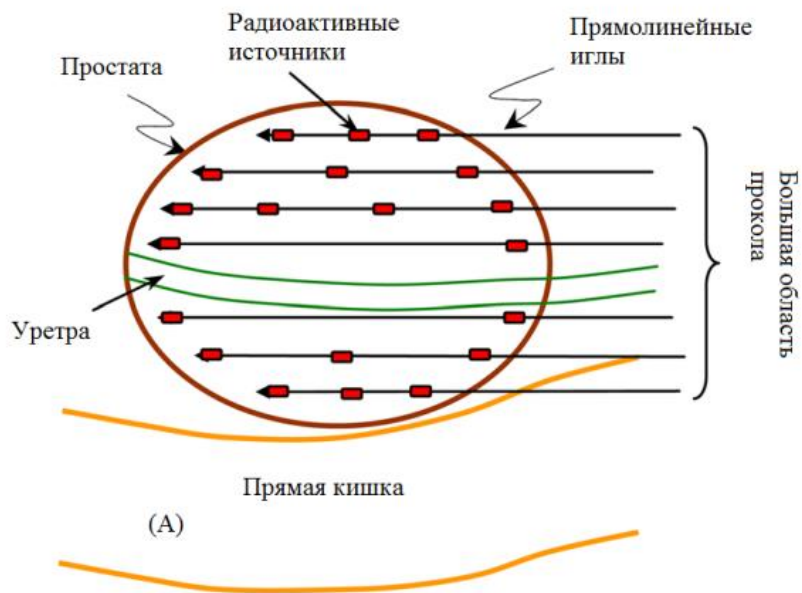
Дружинин В. Г.

Научный руководитель:
д.ф-м.н Морозов В.А.

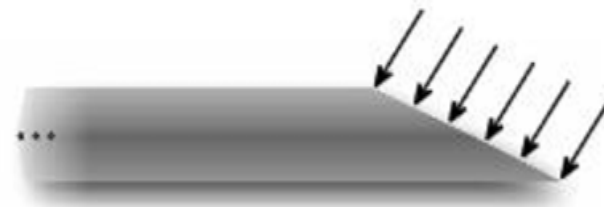


РОБОТОТЕХНИКА В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ





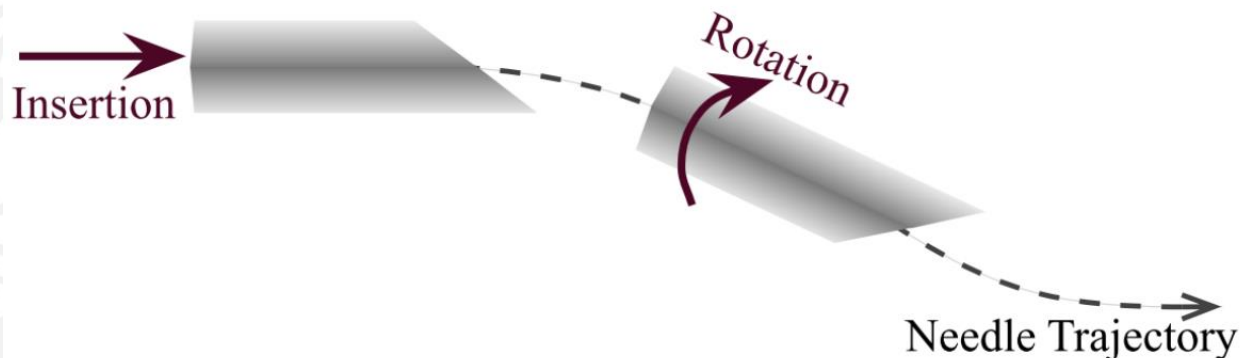
Из-за несимметричности кончика иглы, при ее движении в тканях человека она будет отклоняться от прямолинейного движения





ЦЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ

Цель: расчёт и прогнозирование отклонения иглы от прямолинейного движения при перемещении иглы в мягких тканях пациента в режиме реального времени.



Поступательное движение,
Вращательное движение

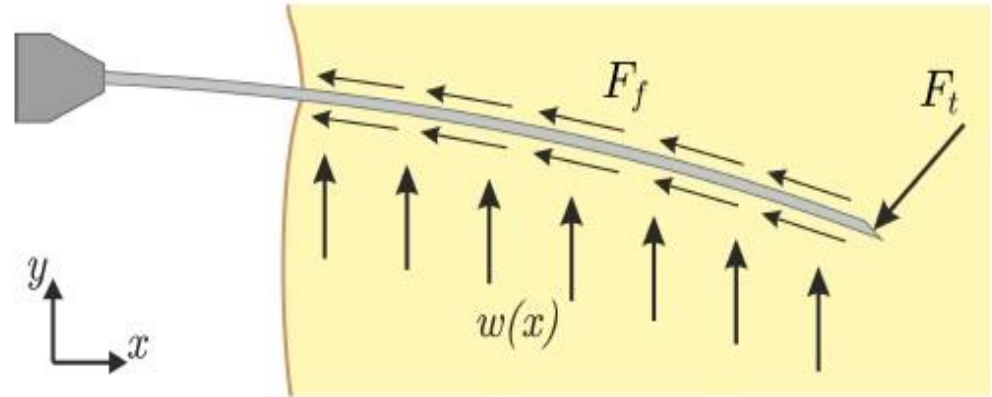
Движение по
заданной траектории

Заданная траектория

Поступательное движение
Вращательное движение

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

- F_t – сила, действующая на кончик иглы;
- F_f - сила трения, возникающая при движении иглы внутри ткани;
- $w(x)$ – распределенная нагрузка (сила, которую оказывает ткань на поверхность иглы).
- F_{needle} - сила с которой внедряется игла.



$$\vec{F}_{needle} = \vec{F}_t + \vec{F}_f + \vec{w}(x)$$

- Расчет движения иглы в плоскости Oxy , деформация иглы в зависимости от поступательного движения;
- Расчет движения иглы в трехмерном пространстве в зависимости от вращательного и поступательного движения;



ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Дополнительные подзадачи, повышающие точность решения:

- Моделирование процесса прокола, получение изгиба иглы перед внедрением ее в ткани (нагрузка и разгрузка иглы в процессе прокола);
- Моделирование движение иглы через материалы различной плотности различной (кожа, мышцы, орган);
- Моделирование влияние сил, создаваемых тканью при деформации на поверхность иглы;
- Моделирование силы трения при внедрении иглы в ткань;
- Моделирование деформации ткани человека.



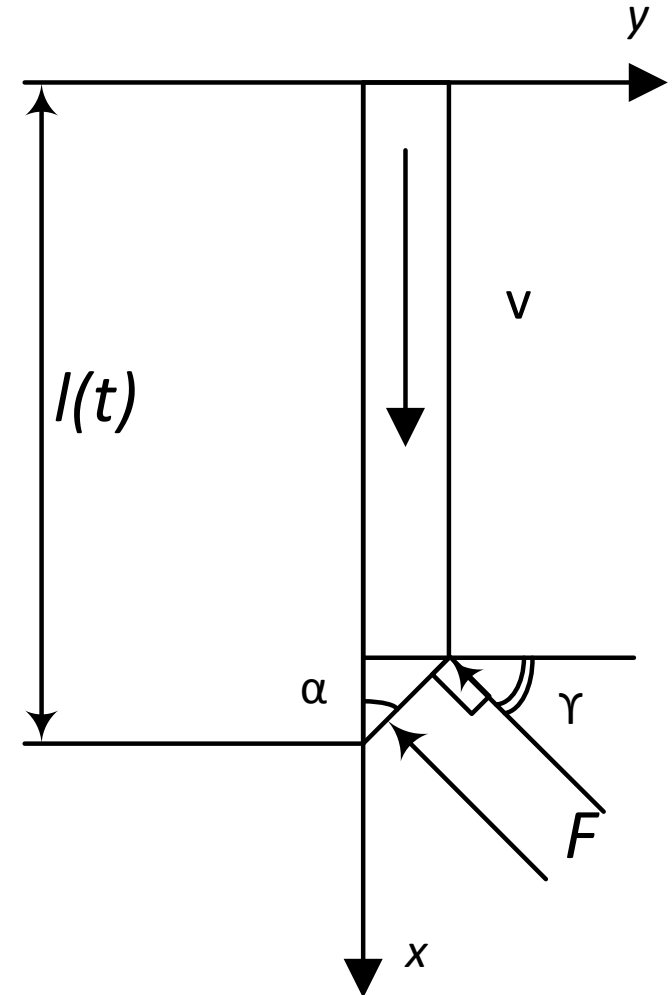
ПОСТАНОВКА РЕШАЕМОЙ ЗАДАЧИ

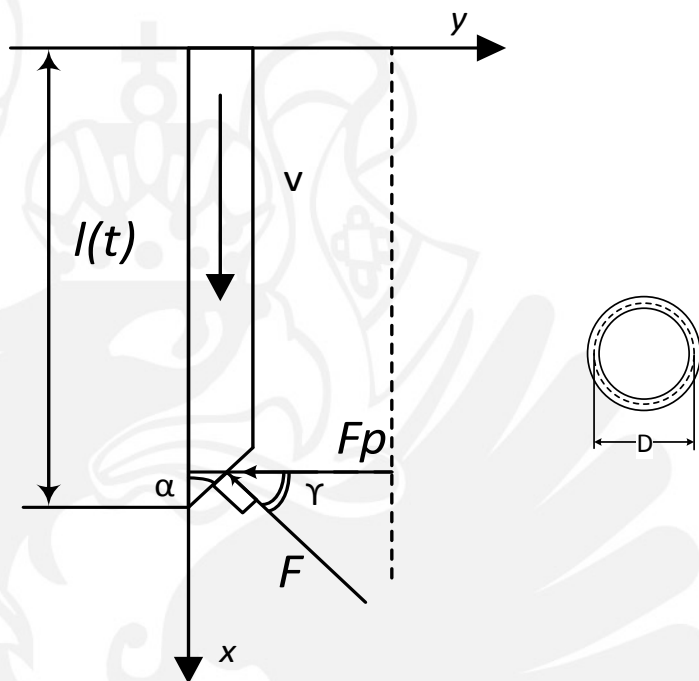
- F – сила, действующая на кончик иглы;
- v – скорость движения иглы в тканях человека;
- α – угол наклона острия иглы;
- γ – угол под которым действует сила.
- F_{needle} – сила с которой внедряется игла.

$$\vec{F}_{needle} = \vec{F}_t$$

Постановка задачи:

Расчет движения иглы в плоскости Oxy , отклонение иглы в зависимости от движения (увеличения $l(t)$);





Расчет отклонения	Воздействие внешней среды
$y_n = \frac{Fl(t)^3}{2EJ_x} \quad (1)$	$F = C \frac{\rho v^2}{2} S \quad (4)$
$J_x = \frac{\pi D^3 s}{12} \quad (2)$	$F_p = F \cdot \cos \gamma \quad (5)$
$y_{all} = \sum_1^{n-1} y_n + y_n \quad (3)$	

Параметры
<p>n – текущая итерация моделирования ρ – плотность – 1500 кг/м³ v – скорость движения иглы - от 3 до 30 мм/с $S = V^{2/3}$, где V – объем тела l – длина иглы от 0 до 100 мм – изменяется с определённым шагом времени E – модуль Юнга - 2.0·10¹¹ н/м² s – модуль толщина стенки иглы – 0.1 мм D – диаметр среднего сечения иглы – 0.9 мм</p>

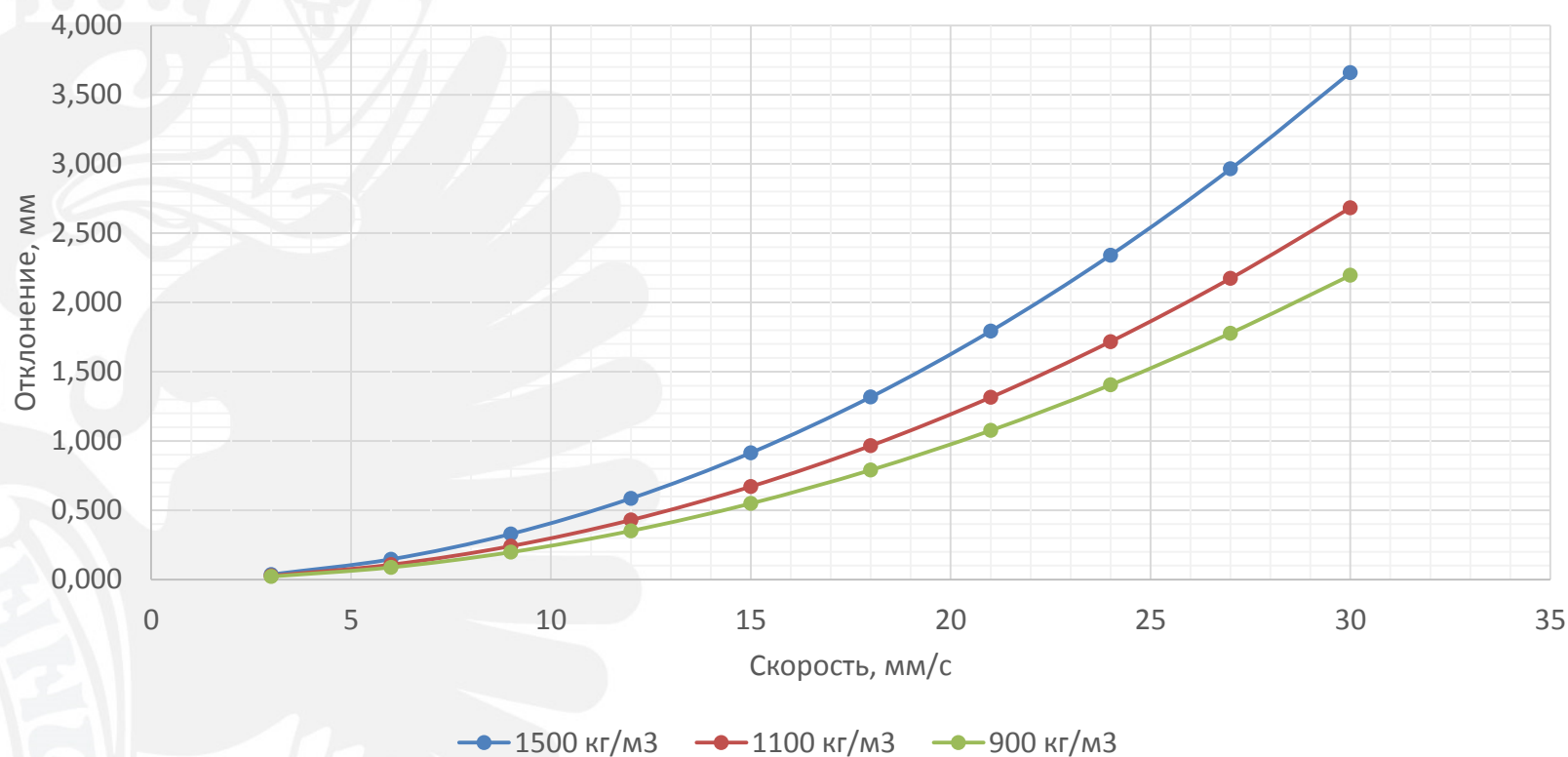
Линейная скорость, мм/с	Шаг времени, с
3	3,33·10 ⁻⁶
15	6,67·10 ⁻⁷
24	4,17·10 ⁻⁷
30	3,34·10 ⁻⁷



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛА

Угол острия 45 градусов

Отклонение иглы в зависимости от скорости при различной
плотности материала

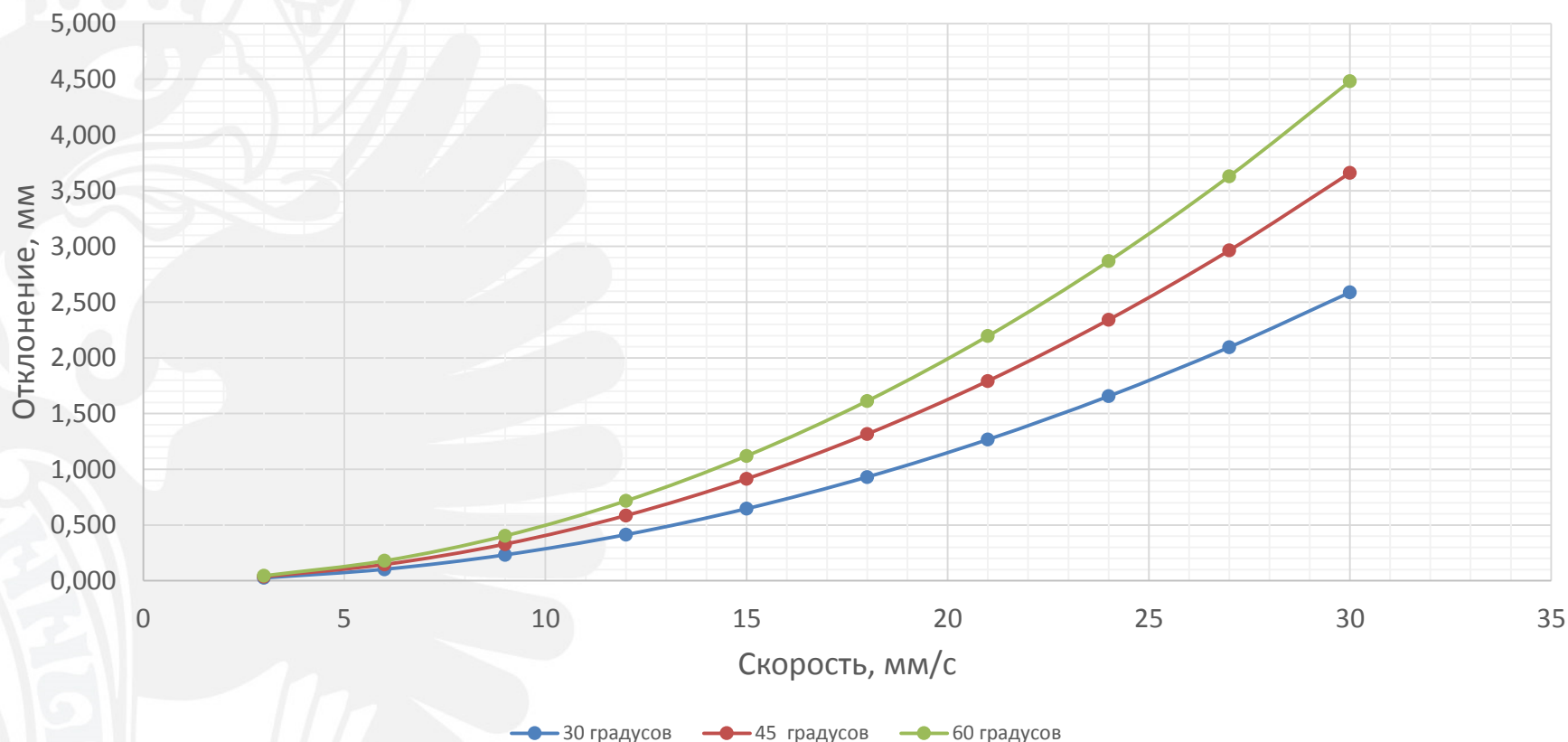




РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗНОМ УГЛЕ ОСТРИЯ

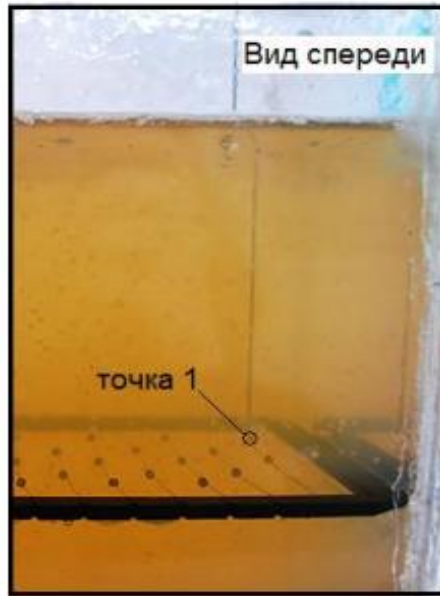
Плотность материала – 1500 кг/м^3

Отклонение иглы в зависимости от скорости при различных углах
острия





ЭКСПЕРИМЕНТ



УПИ – устройство перемещения игл

Угол острия иглы - 45 градусов

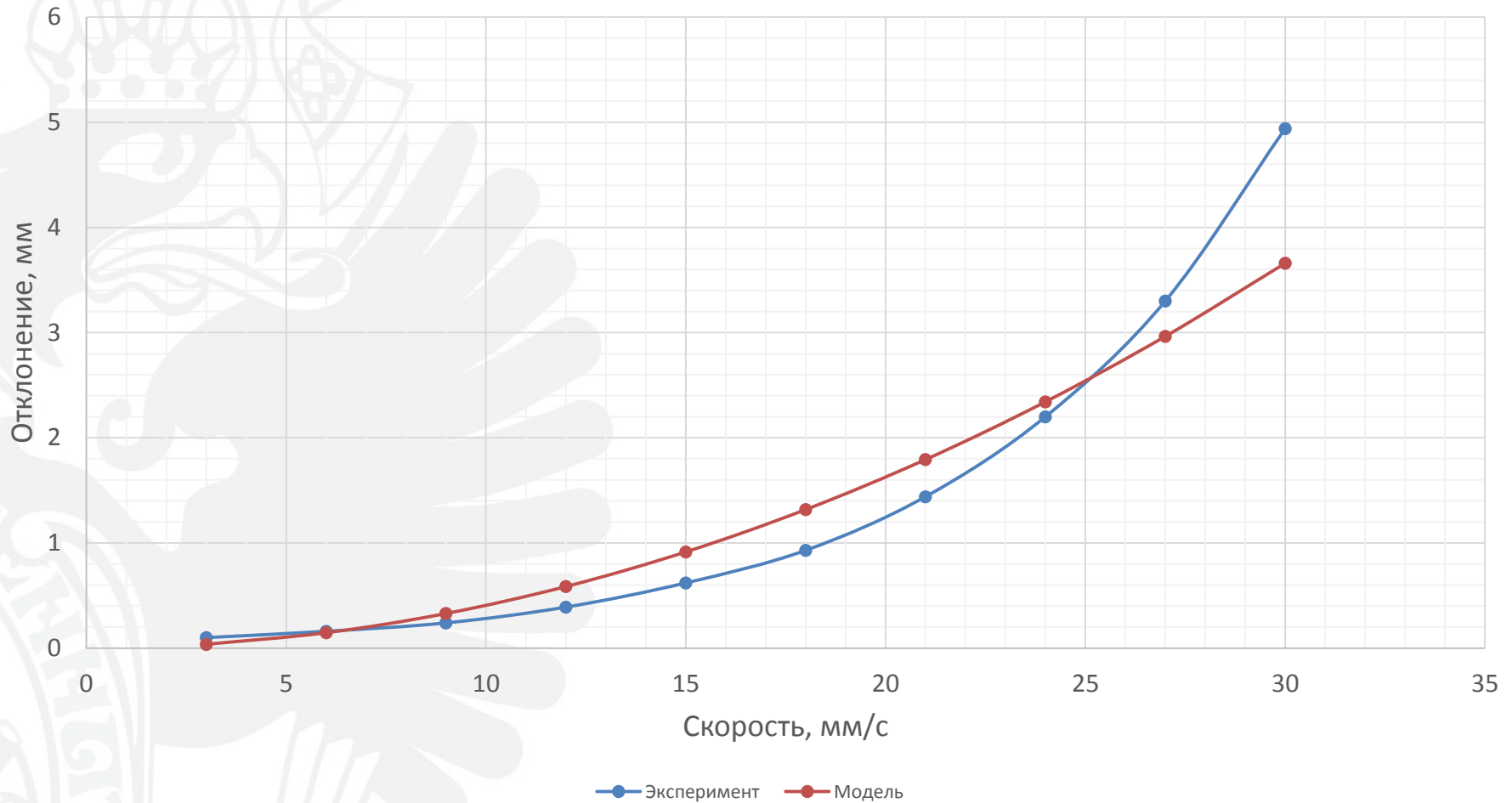
Плотность материала 1500 кг/м^3



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СРАВНЕНИЕ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ

Плотность материала – 1500 кг/м^3

Угол острия 45 градусов





- Разработана модель, описывающая отклонение иглы при движении в тканях человека в реальном времени;
- С помощью разработанной модели проведено моделирование движения иглы при различных начальных параметрах;
- В результате сравнения экспериментальных данных и результатов моделирования было показано, что данная модель после доработки, может быть использована для корректировки робототехнического комплекса

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!

Дружинин В. Г.

Научный руководитель:
д.ф-м.н. Морозов В.А.

Санкт-Петербургский
государственный университет
spbu.ru

