

Белорусский государственный университет  
Механико-математический факультет  
Кафедра теоретической и прикладной механики

Славашевич Ирина Леонидовна

# Напряженно-деформированное состояние реконструированного среднего уха, подвергнутого тимпаностапедопластике

Руководитель: доктор  
физ.-мат. наук, профессор кафедры  
Теоретической и прикладной механики  
Михасев Геннадий Иванович

Магистерская диссертация

Минск 2009

# Содержание

1. Актуальность.
2. Поставленные цели и задачи.
3. Объект и предмет исследования.
4. Научная гипотеза.
5. Основные результаты.
6. Научная новизна.
7. Положения, выносимые на защиту.



# Актуальность

- Проблема восстановления слуха волнует человечество на протяжении всех тысячелетий. Заболевания уха являются наиболее частой причиной снижения слуха. Именно поэтому данная работа посвящена разработке новой биомеханической модели реконструированного среднего уха, которая позволит расширить возможности в микрохирургии уха.



# Поставленные цели и задачи

- изучение геометрических и механических характеристик составляющих элементов среднего уха;
- моделирование напряженно-деформированного состояния реконструированного среднего уха при тимпаностапедопластике после установки протеза;
- исследование зависимости напряженно-деформированного состояния реконструированного среднего уха от приращения длины вводимого протеза, и при различных значениях силы натяжения мембраны круглого окна.



# Объект и предмет исследования

- Объектом исследования является напряженно-деформированное состояние реконструированного среднего уха, подвергнутого тимпаностапедопластике.

# Научная гипотеза

- восстановленная колебательная система среднего уха состоит из круглой пластинки, изготовленной из хрящевого имплантата, и сопряженного с ней твердого тела, моделирующего протез типа TORP.
- центры восстановленной ТМ и основания протеза совпадают.



# Основные результаты

- В качестве уравнений равновесия восстановленной ТМ, рассмотрим уравнение равновесия кольцевой пластинки в полярной системе координат  $Or\varphi$  :

$$D\Delta^2 w = P_s \quad r \frac{\partial T_1}{\partial r} + T_1 - T_2 + \frac{\partial S}{\partial \varphi} = 0 \quad r \frac{\partial S}{\partial r} + 2S + \frac{\partial T_2}{\partial \varphi} = 0$$

где  $T_1, T_2, S$  - мембранные усилия,  $P_s$  - разность статического атмосферного давления и давления в полости среднего уха.

# Основные результаты

## □ Граничные условия

На контуре сопряжения восстановленной ТМ с основанием протеза:

$$w|_{r=b} = w_p, \quad \left. \frac{\partial w}{\partial r} \right|_{r=b} = 0, \quad u|_{r=b} = -u_p \cos \varphi, \quad v|_{r=b} = u_p \sin \varphi.$$

На внешнем контуре восстановленной ТМ:

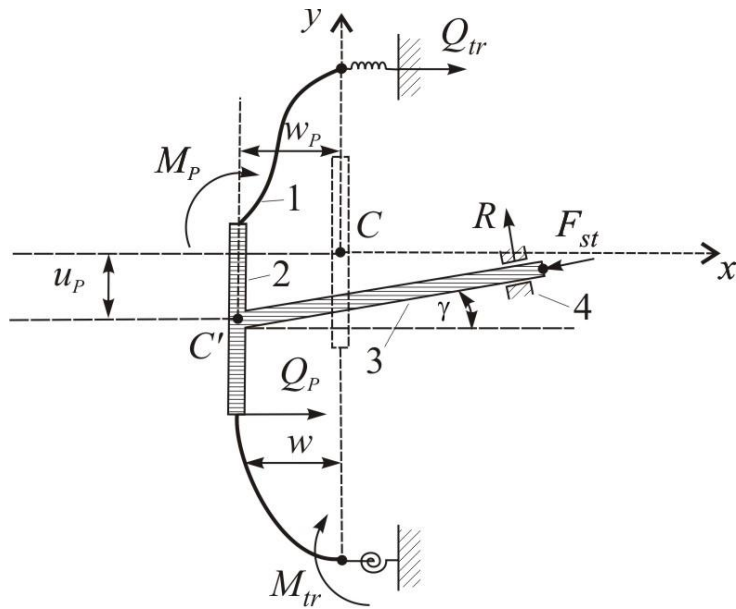
$$(k_l w + Q)|_{r=a} = 0, \quad \left( k_t \frac{\partial w}{\partial r} + M_1 \right) \Big|_{r=a} = 0, \quad u|_{r=a} = 0, \quad v|_{r=a} = 0.$$





# Основные результаты

- Уравнения равновесия протеза запишутся в виде:



$$Q_p - F_{st} \cos \gamma - R \sin \gamma = 0,$$

$$T_p - F_{st} \sin \gamma + R \cos \gamma = 0,$$

$$M_p - R l_0 = 0.$$

# Основные результаты

## Построение математической модели в системе Mathematica

- При построении математической модели были составлены уравнения, описывающие механические свойства системы. Данные уравнения были запрограммированы в пакете *Mathematica*.

# Основные результаты

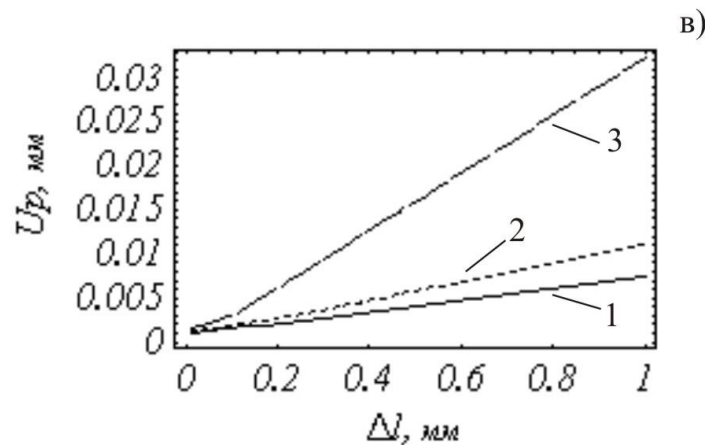
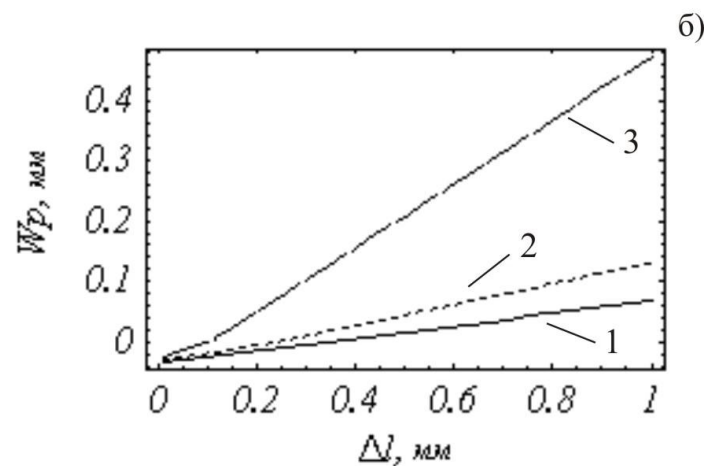
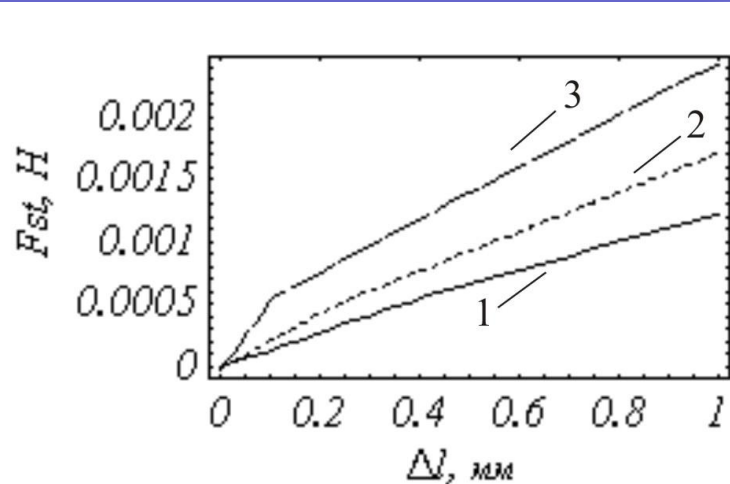
## Построение математической модели в системе Mathematica

- Построение графика зависимости величины усилия от приращения длины протеза.

```
Show[Plot[Evaluate[Force[x], {x, 0, 1}], {x, 0, 1}, DisplayFunction -> Identity,  
PlotStyle -> {Red}, PlotRange -> All, Frame -> True,  
Dashing -> {5, 5}, PlotLegends -> {"Force"}, DisplayFunction -> Identity,  
Plot[Evaluate[Length[x], {x, 0, 1}], {x, 0, 1}, DisplayFunction -> Identity,  
PlotStyle -> {Blue}, PlotRange -> All, Frame -> True,  
Dashing -> {5, 5}, PlotLegends -> {"Length"}, DisplayFunction -> Identity,  
DisplayFunction -> $DisplayFunction, Frame -> True,  
Axes -> False, PlotStyle -> {Red, Blue}, FontFamily -> "Times",  
FontSize -> 12, FontSlant -> Italic, PlotRange -> All,  
FrameLabel -> {"x", "Fst, H"}, RotateLabel -> False]
```



# Характеристики напряженно-деформированного состояния



# Научная новизна

- Разработана новая биомеханическая модель реконструированного среднего уха, предназначенная для расчета напряженно-деформированного состояния в случае использования технологии тимпаностапедопластики.



# Основные положения, выносимые на защиту

- напряженно-деформированное состояние реконструированного среднего уха, подвергнутого тимпаностапедопластике;
- построение математической и механической моделей среднего уха;
- моделирование напряженно-деформированного состояния реконструированного среднего уха при тимпаностапедопластике после установки протеза
- исследование зависимости напряженно-деформированного состояния реконструированного среднего уха от приращения длины вводимого протеза, и при различных значениях силы натяжения мембраны круглого окна



# Спасибо за внимание!!!!



[Содержание](#)