

***Обоснование параметров  
безжигкового прицепного  
устройства клетки ШПМ  
с головными РТК***

---

---

## Цель дипломной работы

**состоит в разработке рекомендаций  
на проектирование безжимкового  
прицепного устройства  
для резиновых канатов**

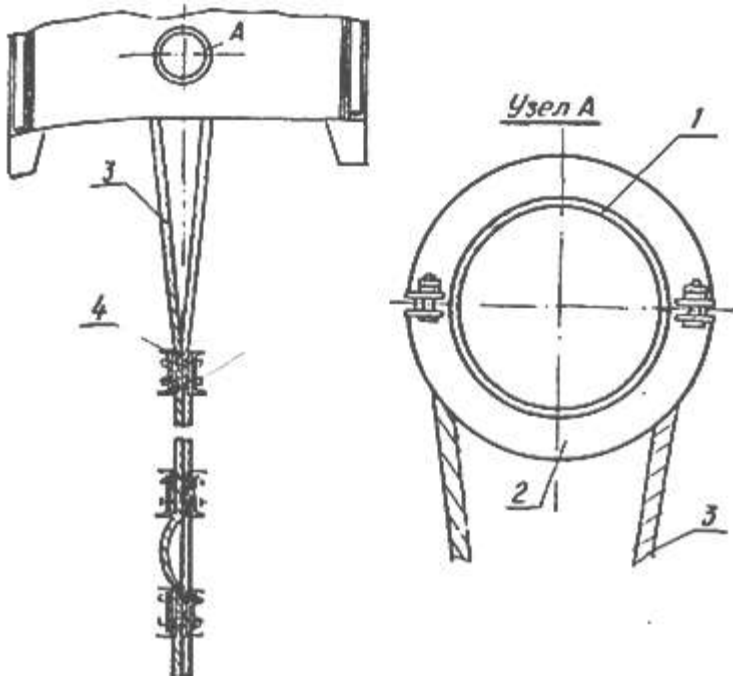
---

**Идея работы: Используя методы математического компьютерного моделирования обосновать параметры и разработать рекомендации на проектирование безжимкового прицепного устройства**

# Аналог

## Недостатки жимковых коушей

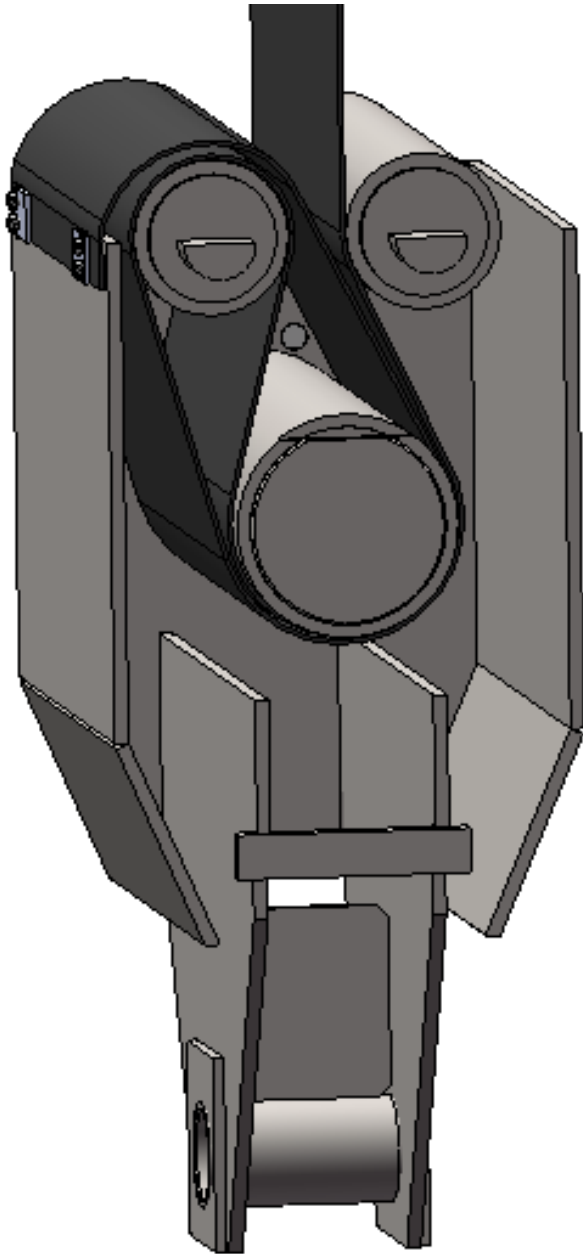
- Сложность перепанцировки канатов в процессе эксплуатации
- Большая длина участка запанцировки
- Разрушение каната, связанное с накоплением усталостных повреждений
- Использование для крепления головных резиновых канатов приводит к их разрушению



**Жимковое подвесное устройство**

**Прототип: безжимковое прицепное устройство для крепления РТК (БПУ) - конструкция НГУ (Колосов Л.В., Безпалько В.В.)**

---

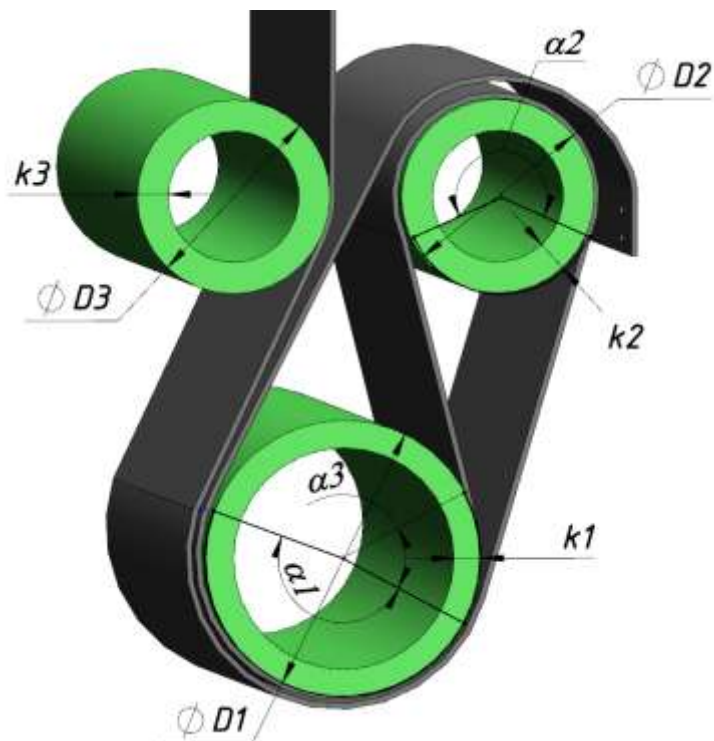


Отличается тем, что с целью самозажатия канат на один из барабанов укладывается в два слоя, причем верхний канат находится под большим натяжением

**Преимущества:**

- Отсутствие прорезания тросами резиновой оболочки.
- Отсутствие проскальзывания канатов.
- Разрушение РТК происходит вне зоны запанцировки.

# Постановка научной задачи

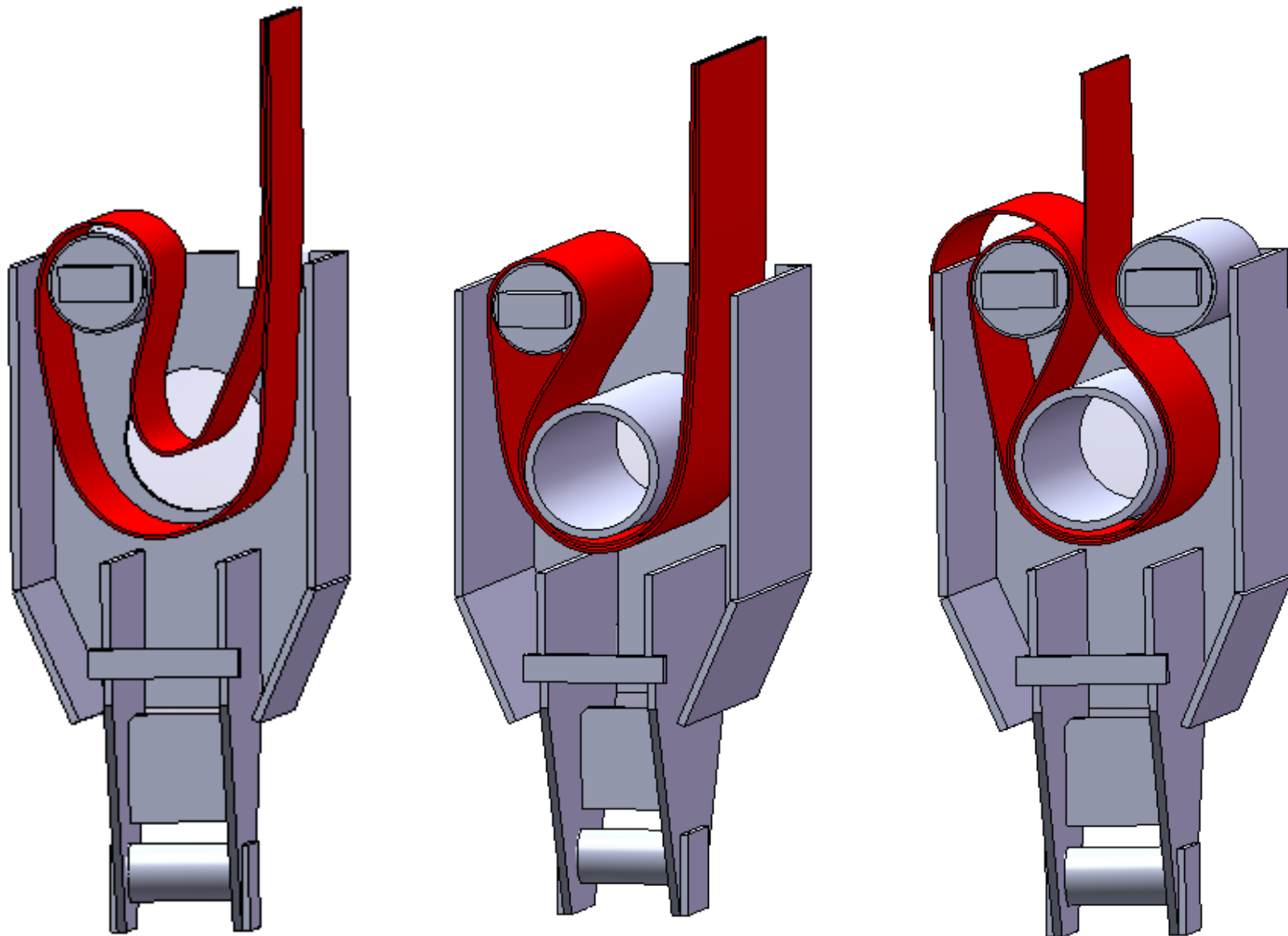


В настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по выбору параметров БПУ:

- углы обхвата  $\alpha_1$ - $\alpha_3$ ,
  - диаметры барабанов  $D_1$ - $D_3$ ,
  - толщины стенок барабанов  $k_1$ - $k_3$
- и т.д.

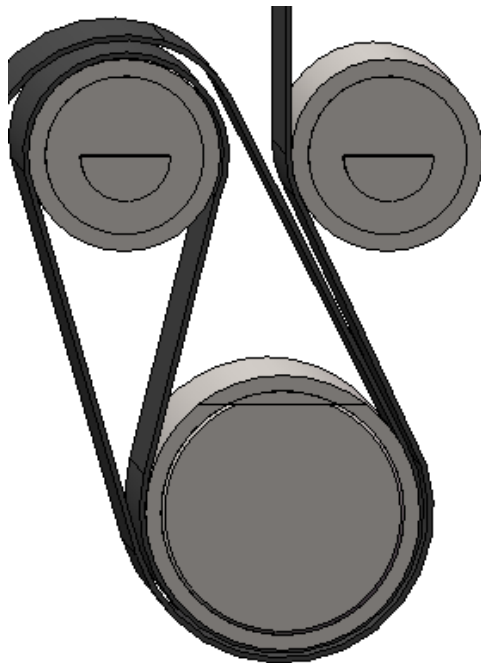
Поэтому обоснование параметров БПУ является актуальной научной задачей

# Схема запасовки РТК в БПУ



# Постановка научной задачи

---



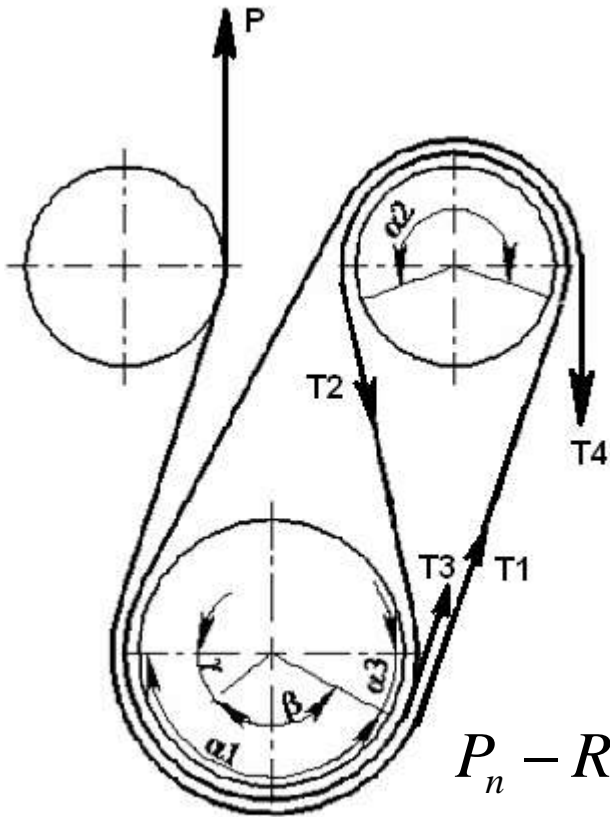
В настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по выбору параметров БПУ (углы обхвата, диаметры барабанов и т.д.)

Поэтому обоснование параметров БПУ является актуальной научной задачей



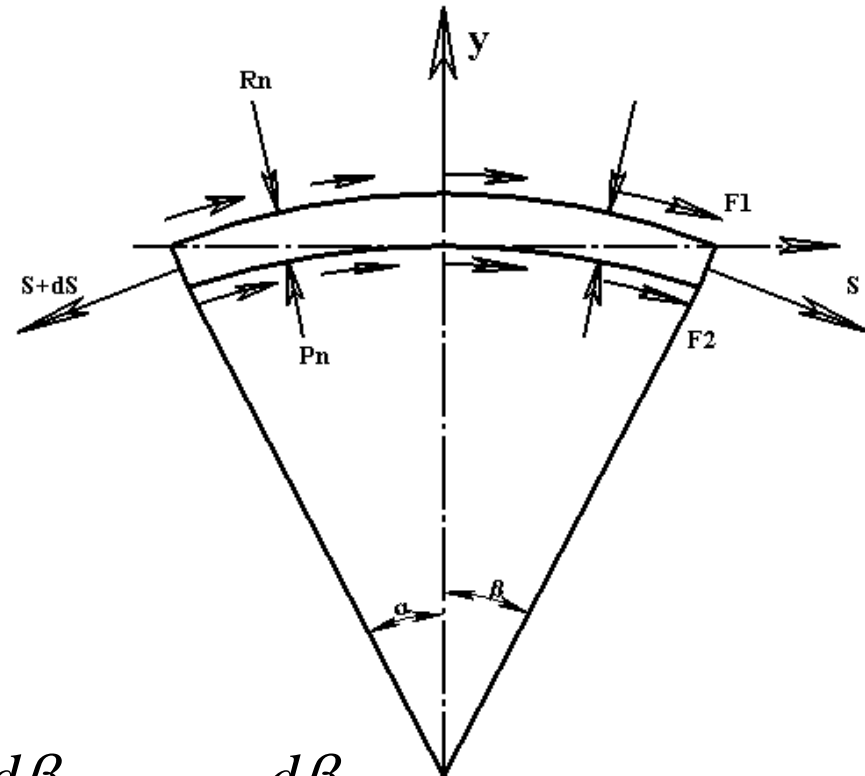
# Задача 1. Определение геометрических параметров БПУ, влияющих на область саможатия каната

Схема  
натяжения  
каната в БПУ



Расчетная схема

Элементарный участок  
каната нижней ветви



$$P_n - R_n - (S + dS) \sin \frac{d\beta}{2} - S \sin \frac{d\beta}{2} = 0$$

$$F_1 + F_2 + S \cos \frac{d\beta}{2} - (S + dS) \cos \frac{d\beta}{2} = 0$$

Используя критерий Эйлера и пренебрегая малыми величинами получим:

$$\frac{dS}{d\beta} - f_2 S = \frac{P(f_1 + f_2)}{e^\gamma f_1} e^{-f_1 \beta}$$

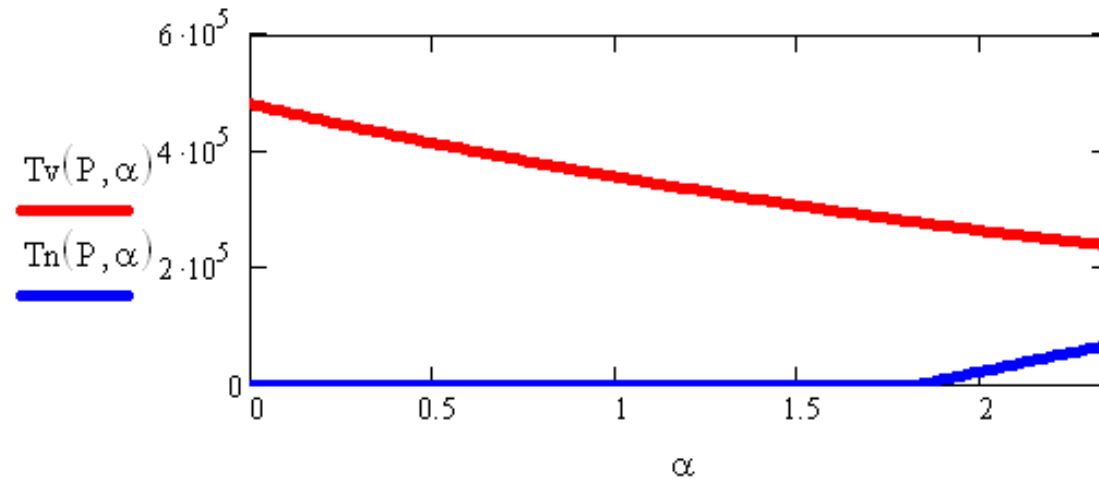
Решение получено в виде:

$$S(\beta) = e^{f_2 \cdot \beta} \cdot P \cdot \left[ e^{-(f_1 \cdot \alpha_1 + f_2 \cdot \alpha_2 + f_2 \cdot \alpha_3 + f_2 \cdot \alpha_1)} + e^{-\alpha_1 \cdot (f_1 + f_2)} - e^{-f_1 \cdot \alpha_1 - \beta \cdot f_2} \right]$$

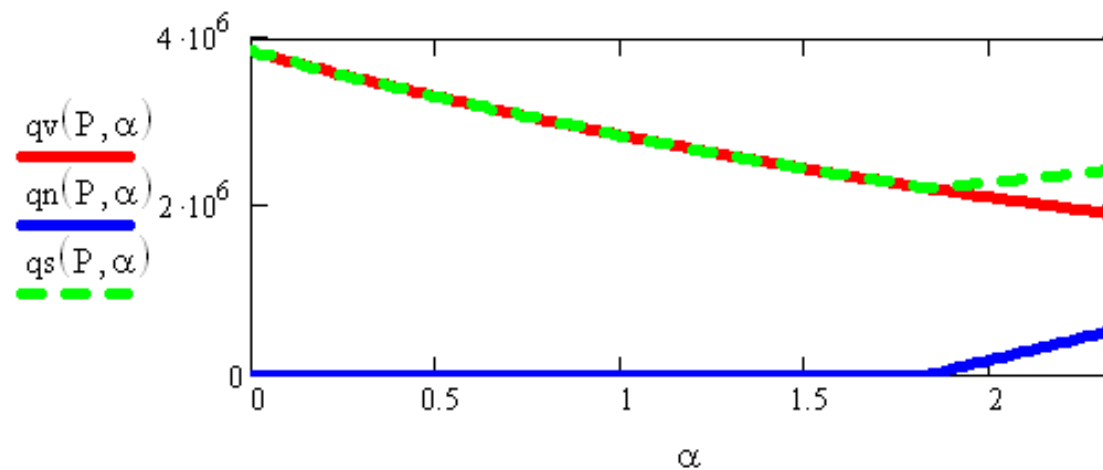
Для  $S(\gamma)=0$  получаем:

$$1 \geq e^{f_2 \cdot (\alpha_1 - \gamma)} - e^{-(f_2 \cdot \alpha_2 + f_2 \cdot \alpha_3)} \quad \text{- условие samozажатия каната в БПУ}$$

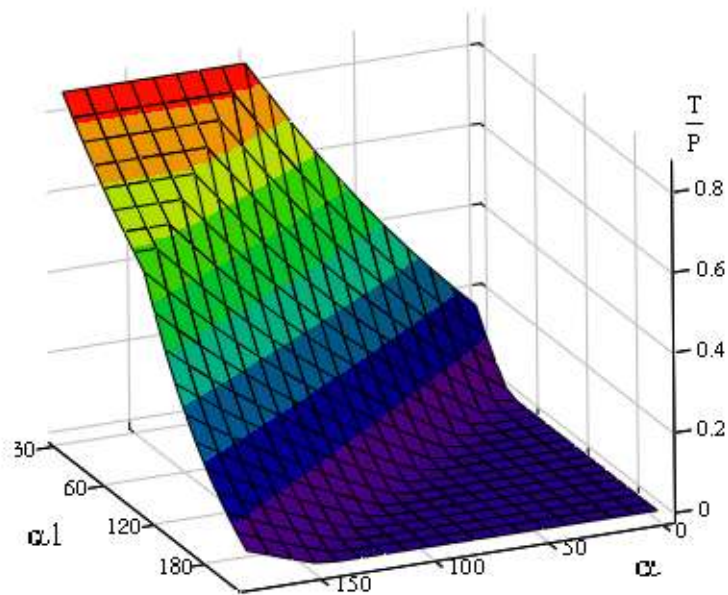
## Зависимость натяжения каната в БПУ от угла обхвата



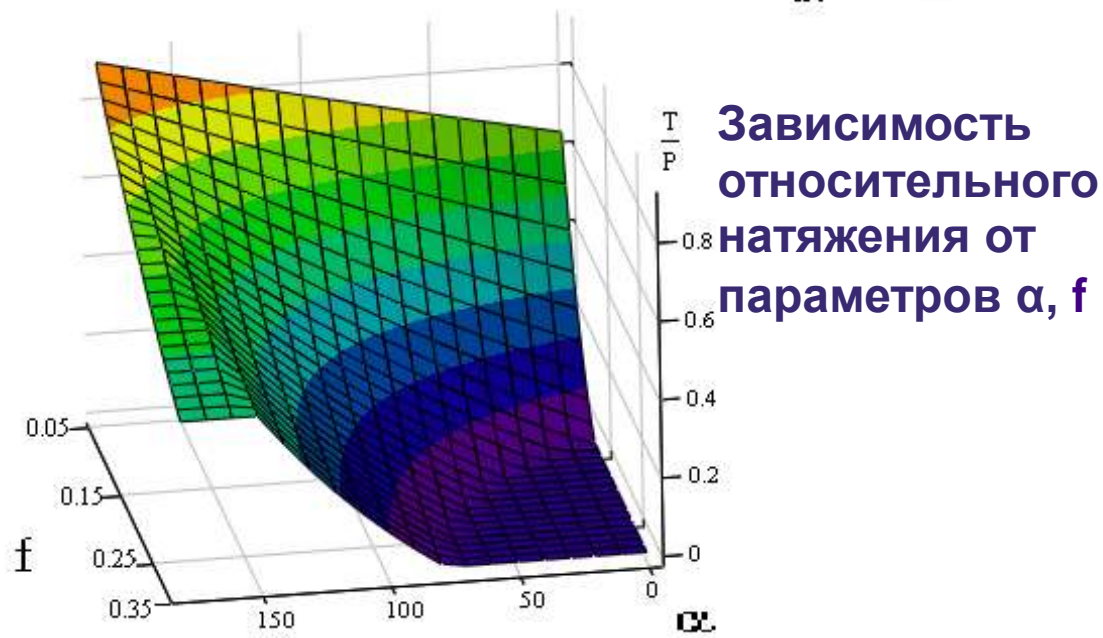
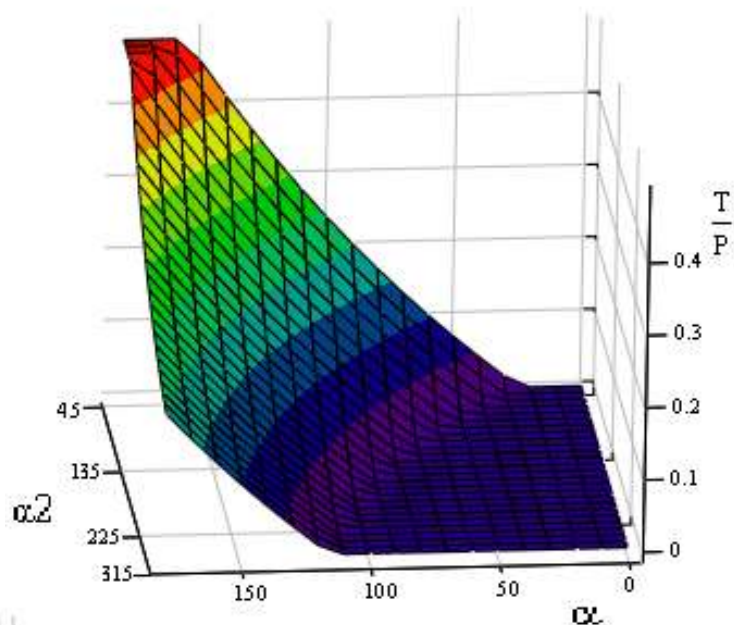
## Зависимость удельного давления каната на барабан от угла обхвата



## Зависимость относительного натяжения от параметров $\alpha_1, \alpha$



## Зависимость относительного натяжения от параметров $\alpha_2, \alpha$



## Задача 2. Расчет силовых факторов в канате БПУ

---

### Допущения

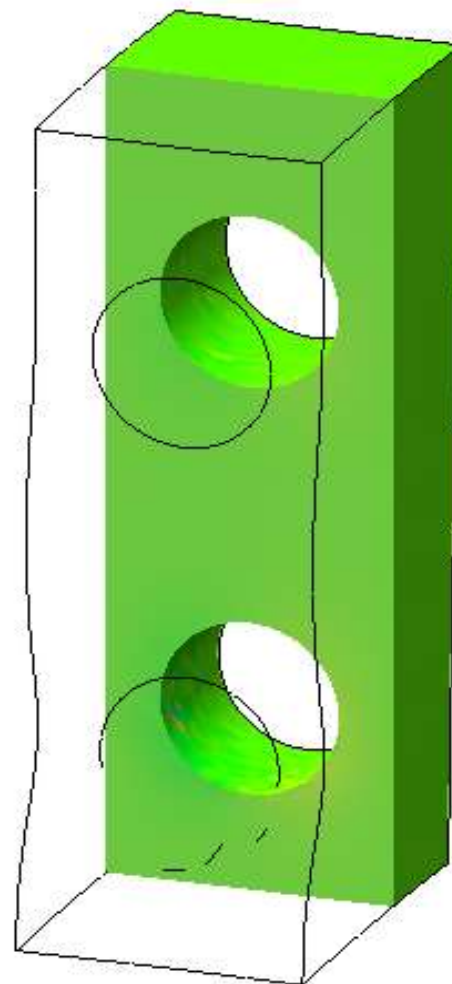
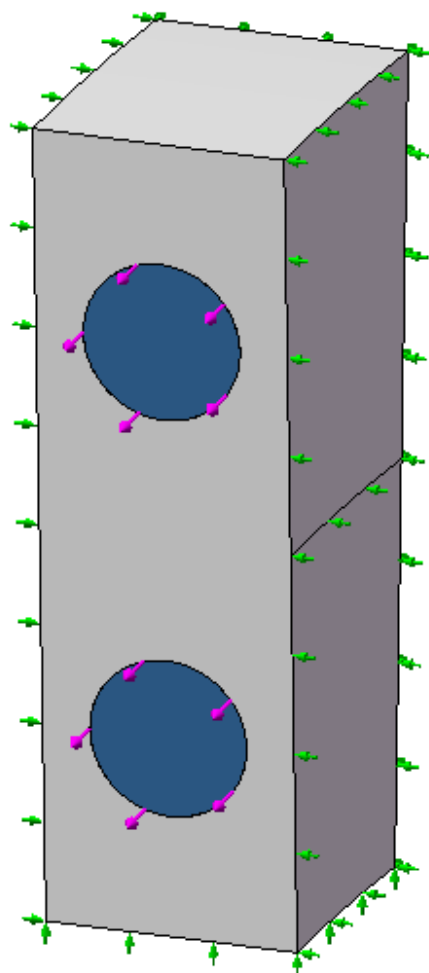
- Канат моделируется сплошным цилиндром.
- Жесткость троса не зависит от натяжения.

### Постановка задачи

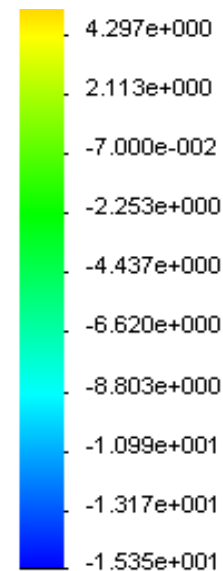
Используя МКЭ модель определить зависимость  $\tau(KDb, Tn)$  с параметрами:

- $\tau$  – максимальное значение касательных напряжений в РТЛ-5000,
- $10 < kDb = (Db/d) \leq 70$  – отношение диаметра барабана к диаметру троса,
- $0 < Tn \leq (Pв/nз)$  – натяжение верхнего каната, натяжения верхнего и нижнего каната равны.

# Компьютерная модель РТК в COSMOSWorks



TauXZ (N/mm<sup>2</sup> (MPa))



# Аппроксимация вычислительного эксперимента получена в виде

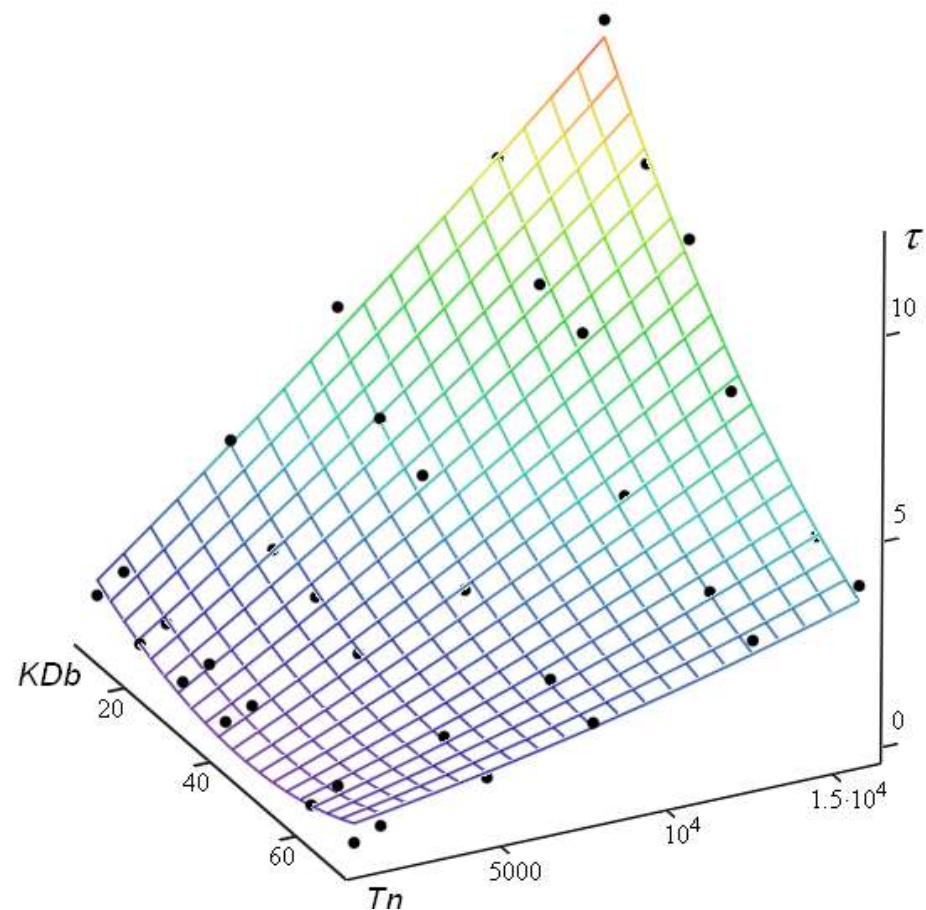
$$\tau(KDb, Tn) = a_0 + a_1 \cdot KDb + a_2 \cdot KDb^2 + a_3 \cdot Tn + a_4 \cdot Tn^2 + a_5 \cdot KDb \cdot Tn$$

где коэффициенты

- $a_0 = 1,543$ ;
- $a_1 = - 0,091$ ;
- $a_2 = 1,119 \cdot 10^{-3}$ ;
- $a_3 = 7,121 \cdot 10^{-4}$ ;
- $a_4 = 3,909 \cdot 10^{-9}$ ;
- $a_5 = - 8,545 \cdot 10^{-6}$ .

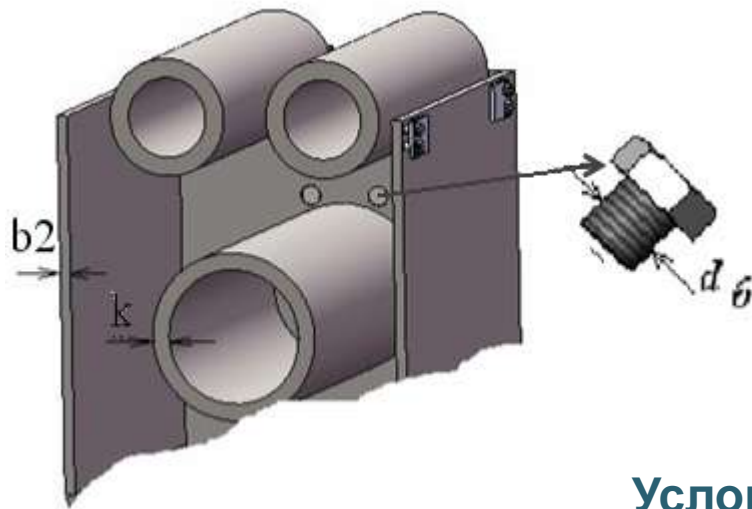
(погрешность аппроксимации до 12%)

$\tau < \tau_c = 3.3$  МПа – по Колосову Л.В.

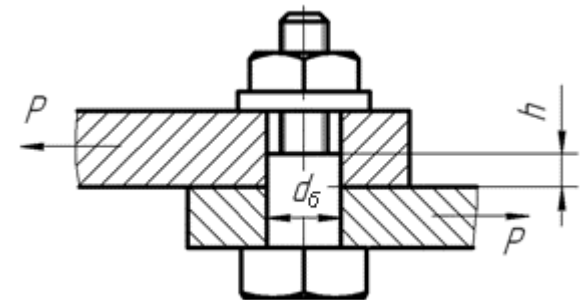


# Задача 3. Искомые параметры, поверочные расчеты, компьютерное моделирование БПУ

## Определение диаметра болта $d_b$



## Расчетная схема



## Условия прочности

$$\tau_{\bar{n}\delta} \leq [\tau_{\bar{n}\delta}] \text{ при срезе}$$

$$\delta_{\bar{n}i} \leq [\delta_{\bar{n}i}] \text{ при смятии}$$

## Выбор диаметра болта

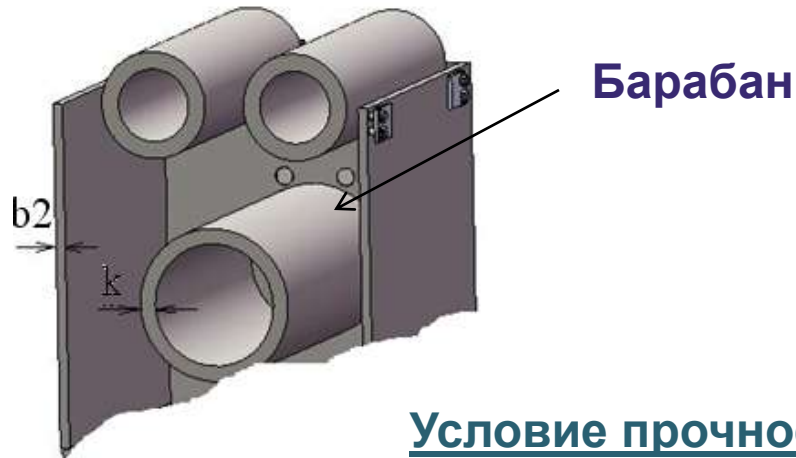
$$d_a = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\tau_{\bar{n}\delta}]} } = 36,5 \text{ мм} \text{ при срезе}$$

$$h \geq \frac{P}{[\delta_{\bar{n}i}] \cdot d_a} = 11 \text{ мм} \text{ при смятии}$$

Принимаем диаметр болта  $d_b=42\text{мм}$



# Определение толщины стенки барабана



## Условие прочности при изгибе

$$\delta_{\epsilon\zeta} \leq [\delta_{\epsilon\zeta}]$$

$$[\delta_{\epsilon\zeta}] = 140 \text{ мм} \quad - \text{ для стали 30 ГОСТ 1050-88}$$

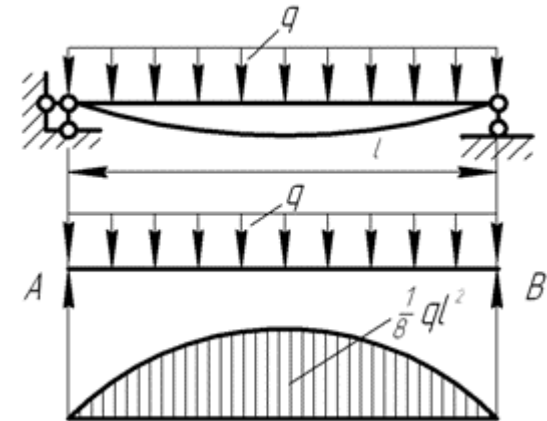
## Выбор диаметров барабана

наружный диаметр барабана  $d = 400 \text{ мм}$  принимаем из задачи 2

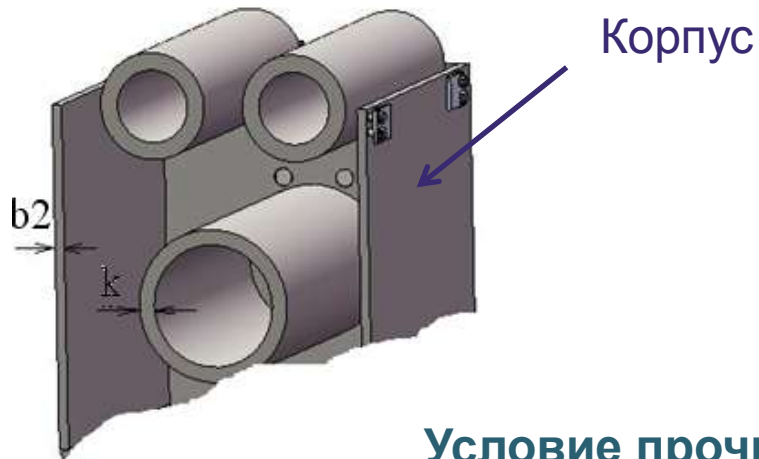
$$d_l = \sqrt[4]{d^4 - \frac{32 \cdot I_{\text{вд}} \cdot d}{\pi \cdot [\delta_{\epsilon\zeta}]}} = 342 \text{ мм} \quad - \text{ внутренний диаметр барабана принимаем } d_l = 340 \text{ мм}$$

**Толщина стенки барабана  $k = 30 \text{ мм}$**

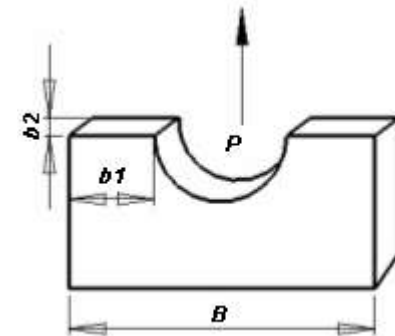
## Расчетная схема



# Определение толщины стенки корпуса



Расчетная схема



## Условие прочности при растяжении

$$\delta_{\delta} \leq [\delta_D]$$

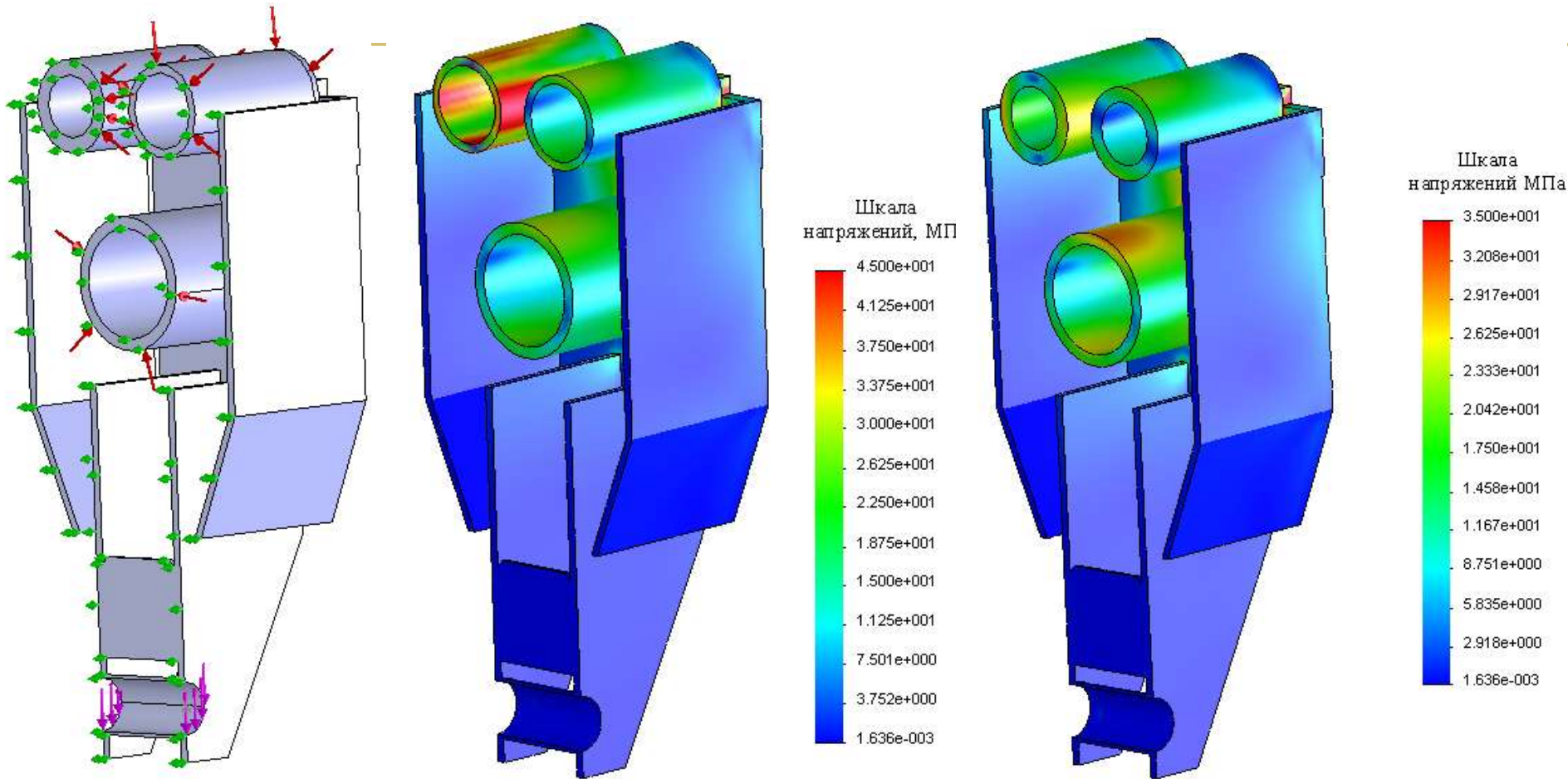
$$[\delta_D] = 190 \text{ МПа} \quad - \text{ для Ст 3 ГОСТ 535-88}$$

## Выбор толщины стенки корпуса с учетом отверстий

$$b2 = \frac{P}{4 \cdot b1 \cdot \delta_{\delta}} = 25 \text{ мм}$$

Толщину стенки корпуса принимаем  $b2 = 25 \text{ мм}$

# Расчет НДС с использованием пакета CosmosWorks

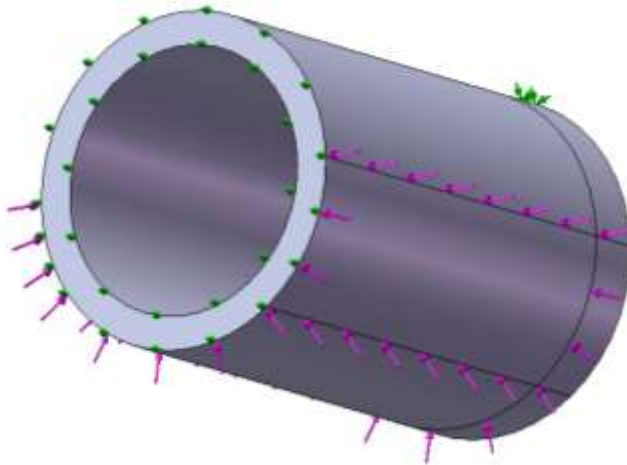


Вычисления проведены методом конечных элементов.

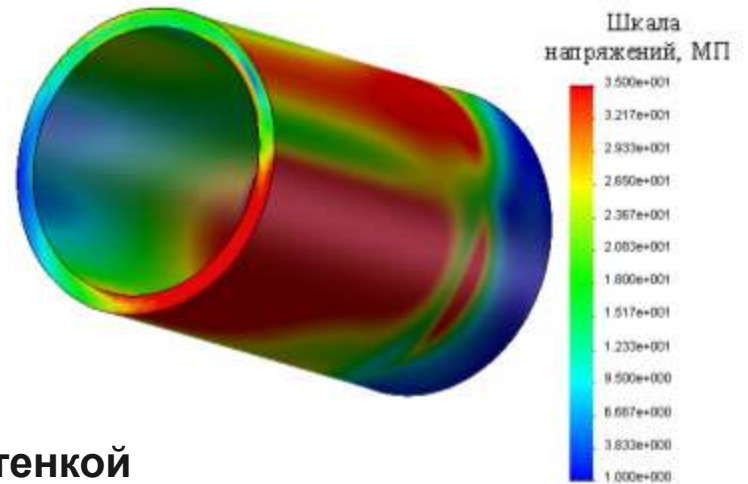
После увеличения толщины стенки отклоняющего барабана значения напряжений не превышают предельно-допустимых с учетом 10-и кратного запаса прочности

# Уточненный расчет центрального барабана

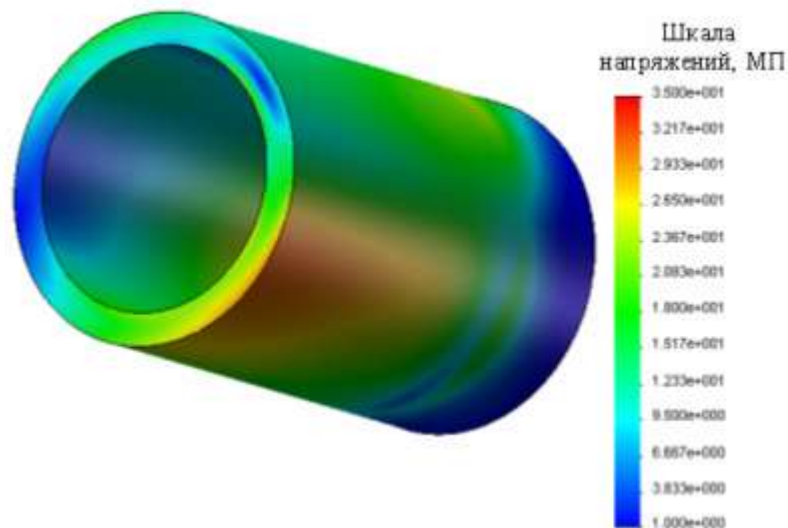
Граничные условия



Исходный вариант



Барабан с утолщенной стенкой



# Клеть двухэтажная

прицепное  
устройство  
головных  
канатов

ограждение  
площадки  
для осмотра  
канатов

рама

двухроликовая  
направляющая

кузов  
клетки

кабина клетки

прицепное  
устройство  
хвостовых  
канатов

