

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ивановский государственный энергетический университет  
имени В. И. Ленина»

Кафедра теоретической и прикладной механики

**Исследование  
напряженно – деформированного  
состояния объемной тканой структуры**

Выполнила:  
студентка гр. 4-33  
Евграфова К.И.  
Научный руководитель:  
ст.преп. Пирогов Д.А.

Иваново 2016

## Введение

**Композиционный материал (КМ)** — искусственно созданный гетерогенный (неоднородный) сплошной материал, состоящий из двух или более фаз - компонентов с чёткой границей раздела между ними. Каждый из компонентов сохраняет свои свойства. В большинстве композитов компоненты можно разделить на матрицу (или связующее) - создает целостность материала и включённые в неё армирующие элементы (или наполнители), отвечающие за механические характеристики материала.

**Ткань** — текстильное полотно, изготовленное на ткацком станке переплетением взаимно перпендикулярных систем нитей. Систему нитей, идущих вдоль ткани, называют основой, а систему нитей, расположенных поперек ткани— утком.

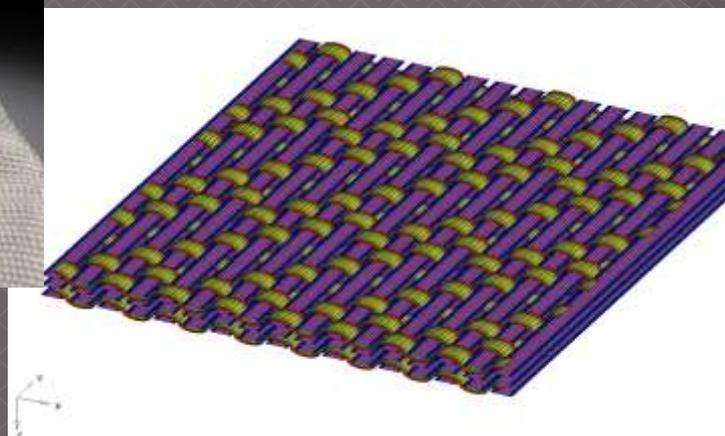
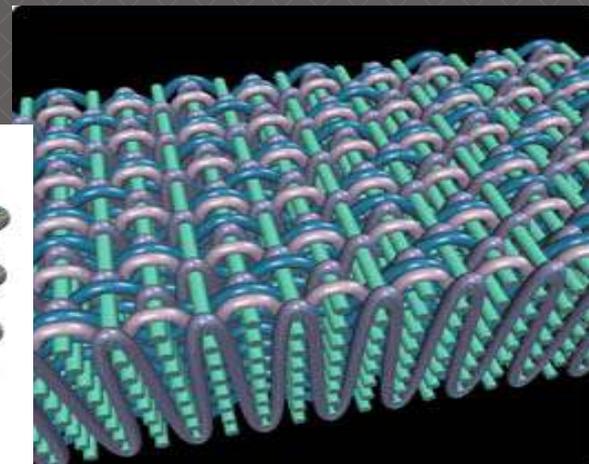
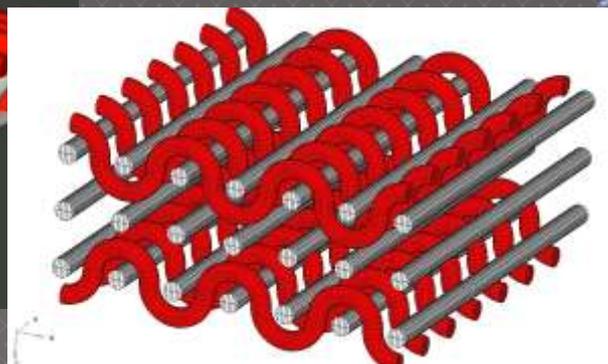
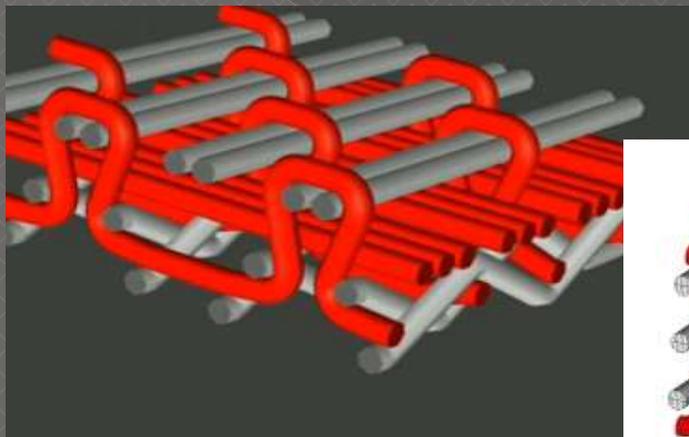
## Цель работы:

Разработка методики определения и проектирования физико-механических характеристик объемной тканой структуры.

## Задачи:

1. Провести обзор литературных источников по напряженно-деформированному состоянию тканых структур. Обоснование актуальности исследования, постановка цели и основных задач работы.
2. Разработать математические модели статики элемента утка и элемента основы объемного тканого переплетения.
3. Разработать методику определения физико-механических характеристик объемного тканого элемента.
4. Определить основные параметры влияющие на физико - механические характеристики тканой структуры.
5. Разработать алгоритм автоматизированного расчета характеристик напряженно-деформированного состояния объемного тканого элемента.

# Многообразие 3D переплетений и тканей



# Геометрическая модель объемного тканого элемента

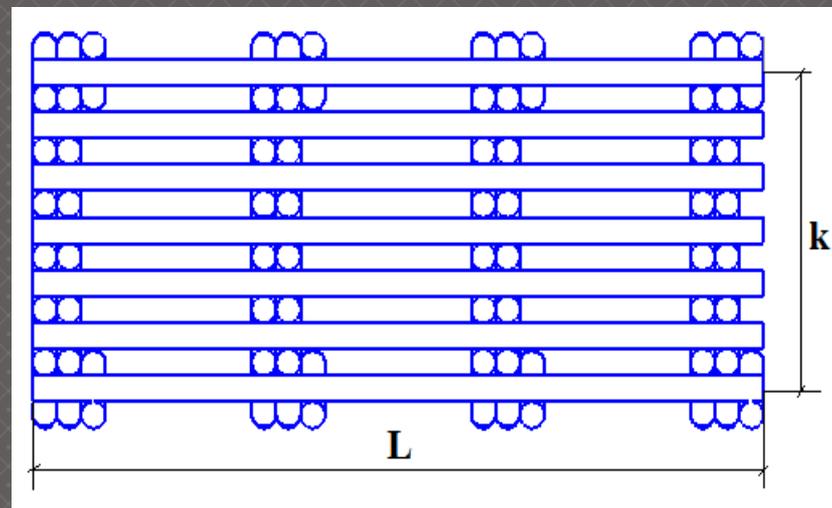
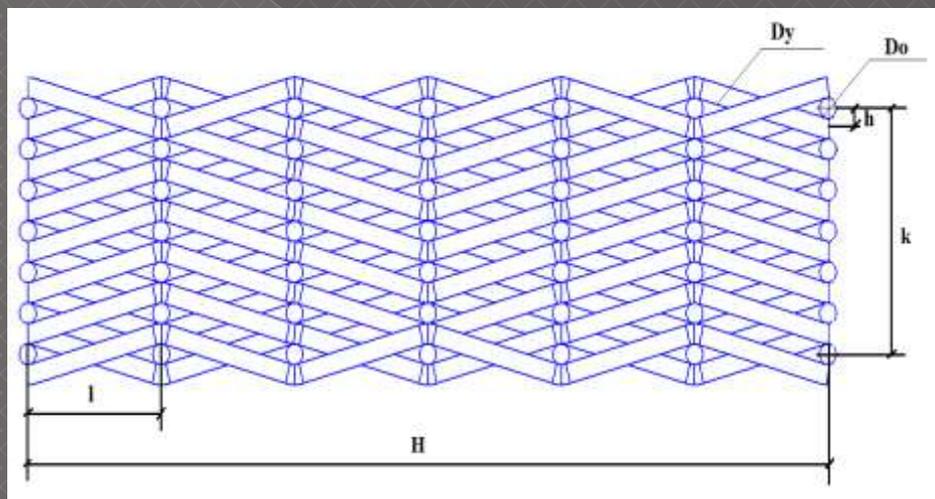


Рисунок 1 – Геометрическая модель тканой структуры

где  $D_y$  - диаметр нити утка;  $D_o$  - диаметр нити основы;  
 $h$  - высота волны осевой линии нити утка;  $k$  – высота рассчитываемой сетки;  
 $l$  - геометрическая плотность по основе;  $H$  - ширина рассчитываемой сетки;  
 $L$  - длина рассчитываемой сетки.

# Модель объемного тканого элемента

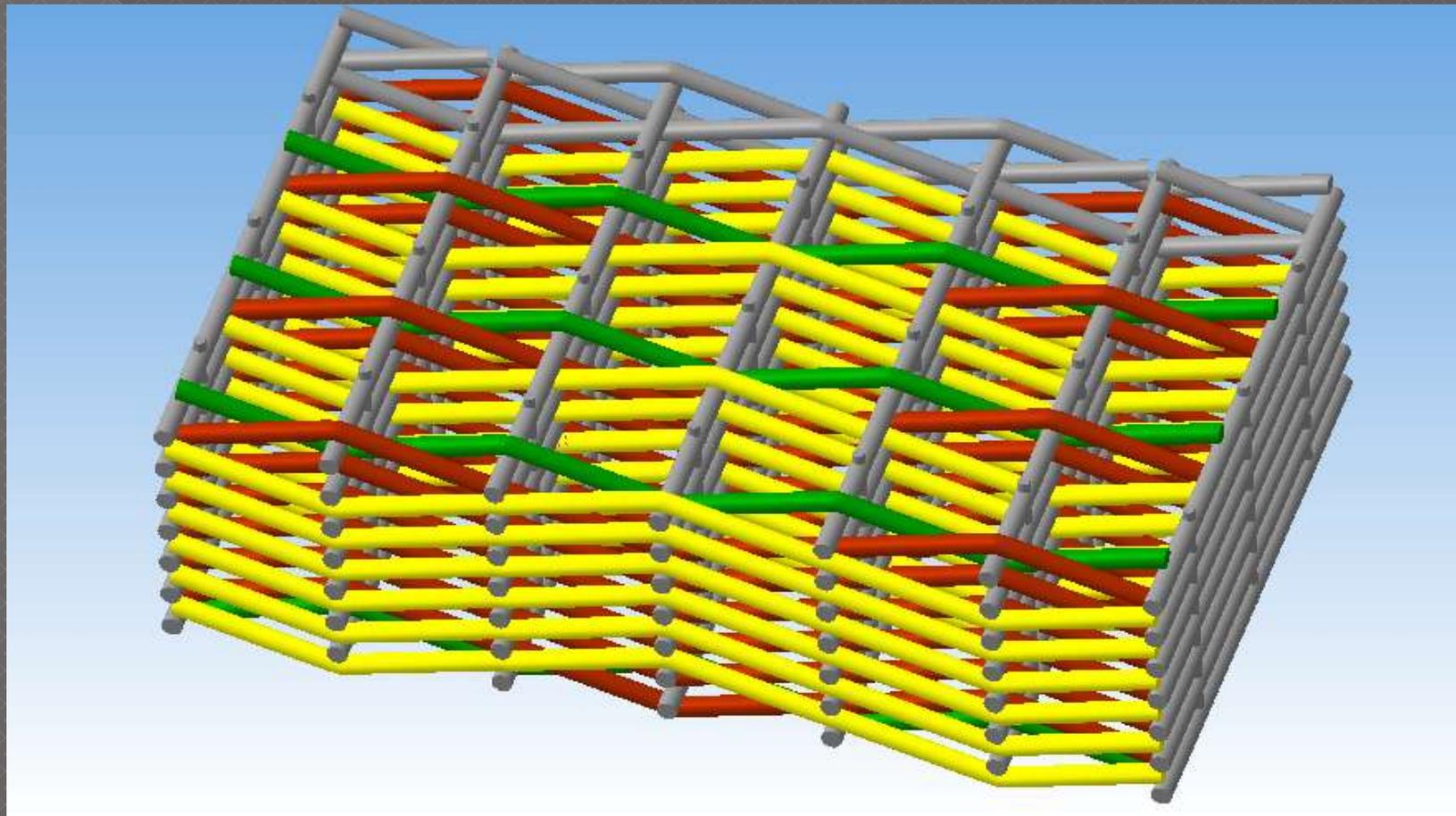


Рисунок 2 – Модель объемного тканого элемента

# Геометрическая модель объемного тканого элемента

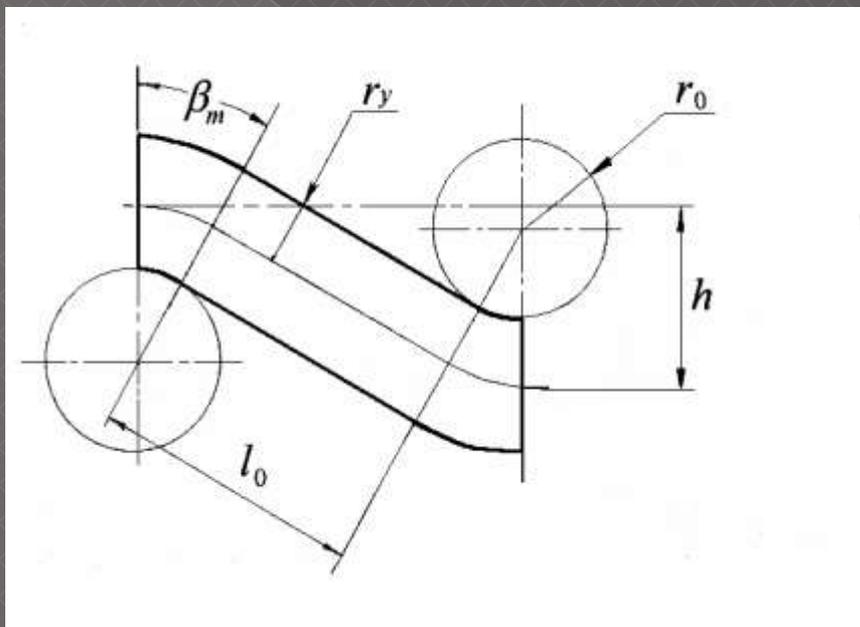


Рисунок 3- Геометрическая модель элемента утка

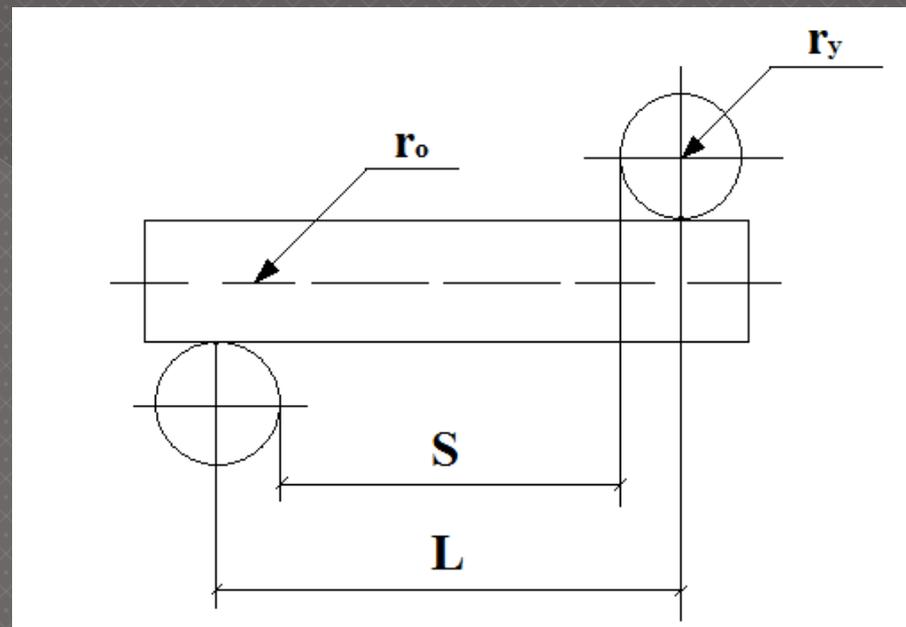


Рисунок 4 - Геометрическая модель элемента основы

# Экспериментальное определение прочностных характеристик стальной проволоки

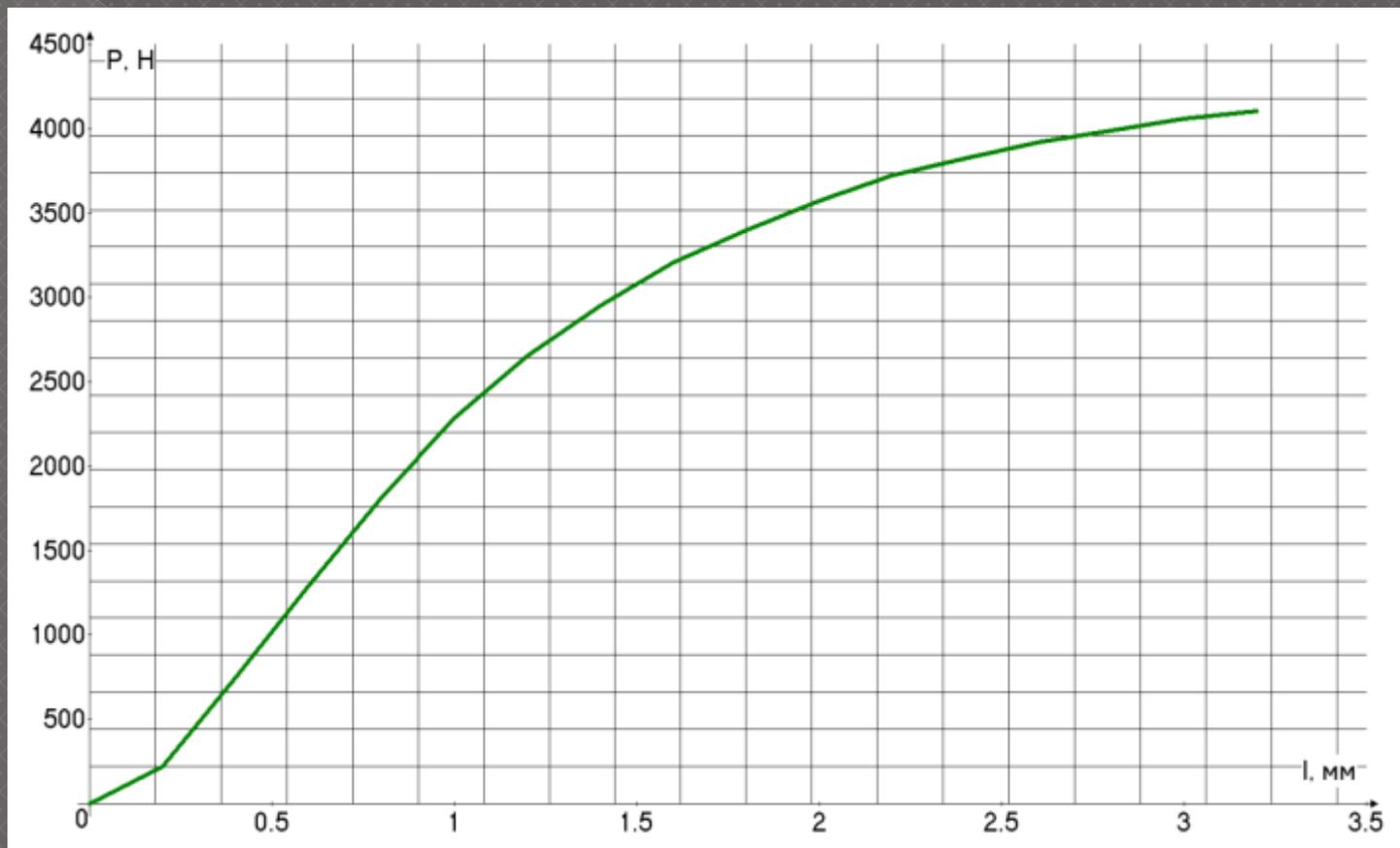


Рисунок 5 - Зависимость растягивающего усилия от абсолютного удлинения образца

# Экспериментальное определение прочностных характеристик стальной проволоки

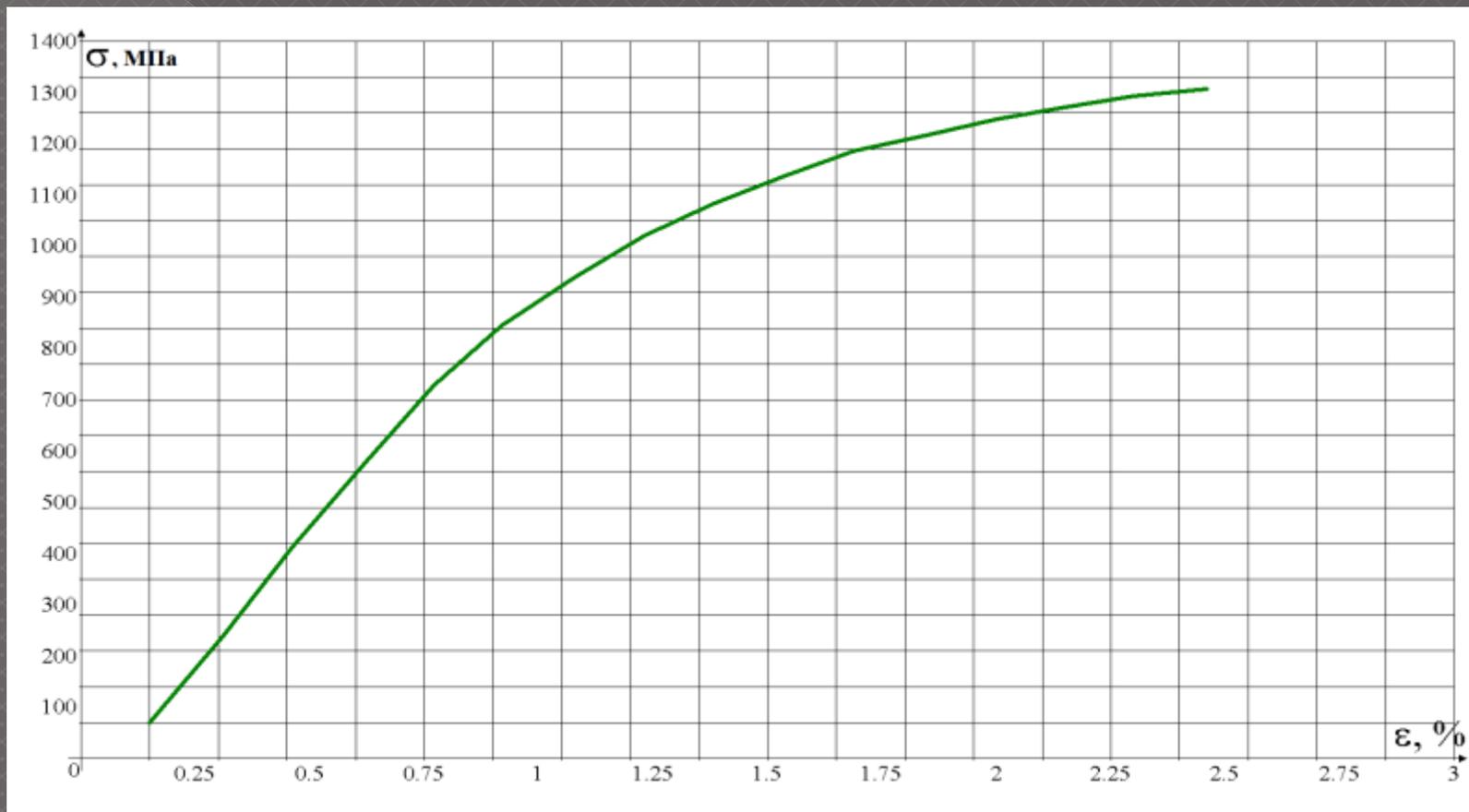


Рисунок 6- Условная диаграмма напряжений при растяжении

# Экспериментальное определение прочностных характеристик стальной проволоки

Полином второй степени для аппроксимации функции:

$$\sigma(\varepsilon) := -96.232 + 1245\varepsilon - 280.591\varepsilon^2$$

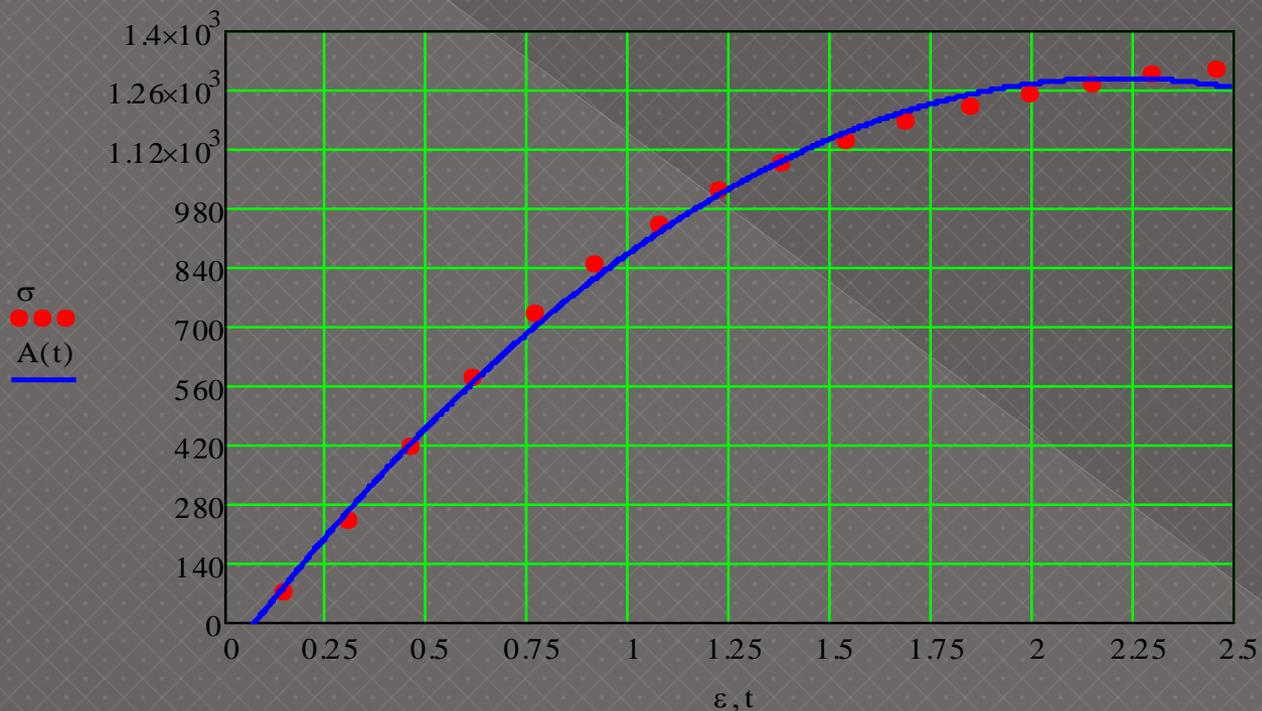


Рисунок 7 – Аппроксимированная функция

# Математическая модель статике элемента утка

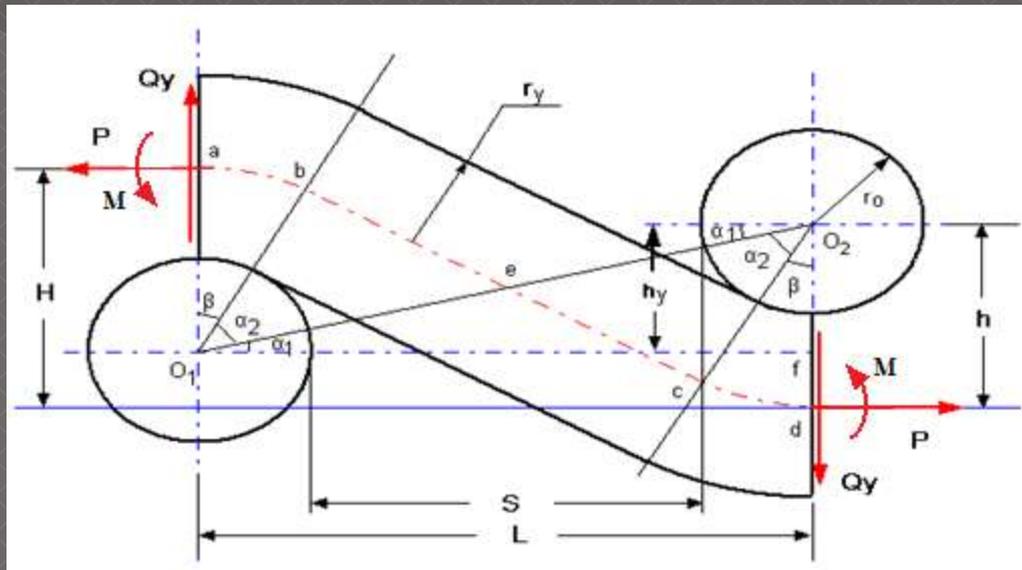


Рисунок 8- Статика элемента деформированной уточины: расчетные схемы по определению геометрических и силовых характеристик

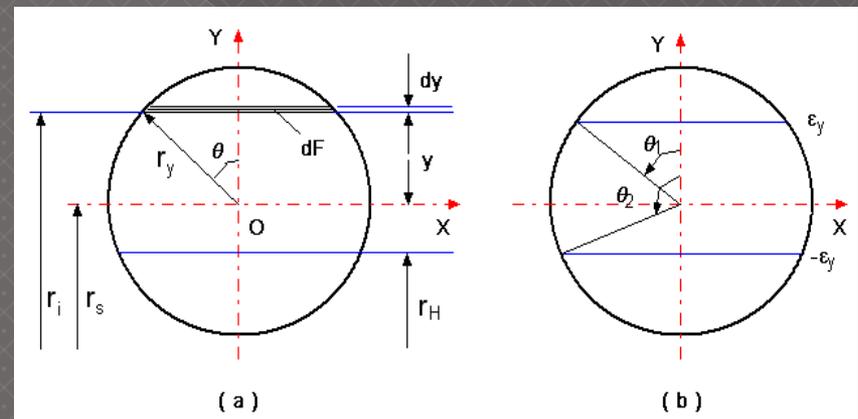


Рисунок 9 - Поперечное сечение утка

# Математическая модель статики элемента утка

$$P = 2r_y^2 \int_0^{\pi} \sigma(r_s, r_h, \varphi) \sin^2 \varphi d\varphi$$

- нормальная сила

$$M = 2r_y^3 \int_0^{\pi} \sigma(r_s, r_h, \varphi) \sin^2 \varphi \cos \varphi d\varphi$$

- изгибающий момент

$$Q = (Ph + 2M) / l$$

- поперечная сила

# Определение коэффициента жесткости при растяжении-сжатии

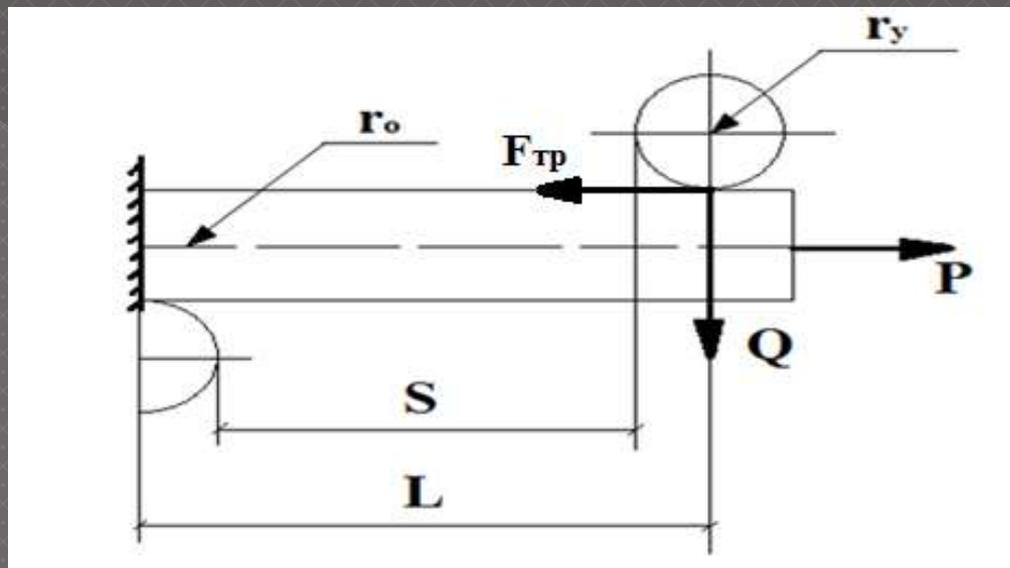


Рисунок 10-Расчетная схема к приближенному определению жесткости металлосетки на растяжение – сжатие

$$c = \frac{dP + F_{трp}}{dL}$$

- жесткость элемента основы

$$C_m = c \frac{H \cdot S_o}{L \cdot S_y} \cdot k$$

- жесткость объемной ткано структуры

# Определение коэффициента жесткости при изгибе

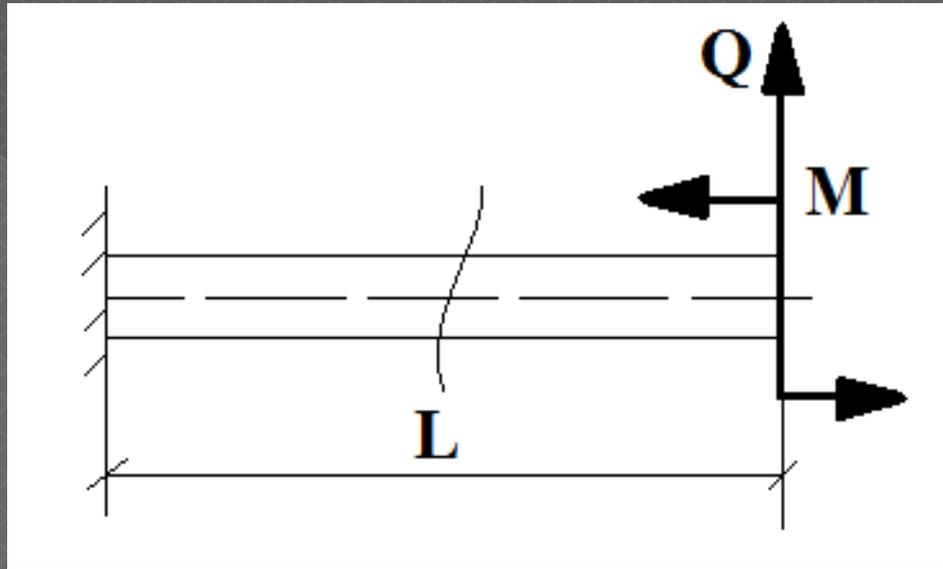


Рисунок 11- Расчетная схема к приближенному определению коэффициента жесткости

$$c = \frac{dM}{d\rho} \quad \text{- жесткость элемента основы}$$

$$C_m = \left( c \cdot \frac{H \cdot S_0}{L_c \cdot S_y} \right) \cdot k \quad \text{- жесткость объемной тканой структуры}$$

# Анализ влияния геометрических параметров объемного тканого элемента на его упругие свойства

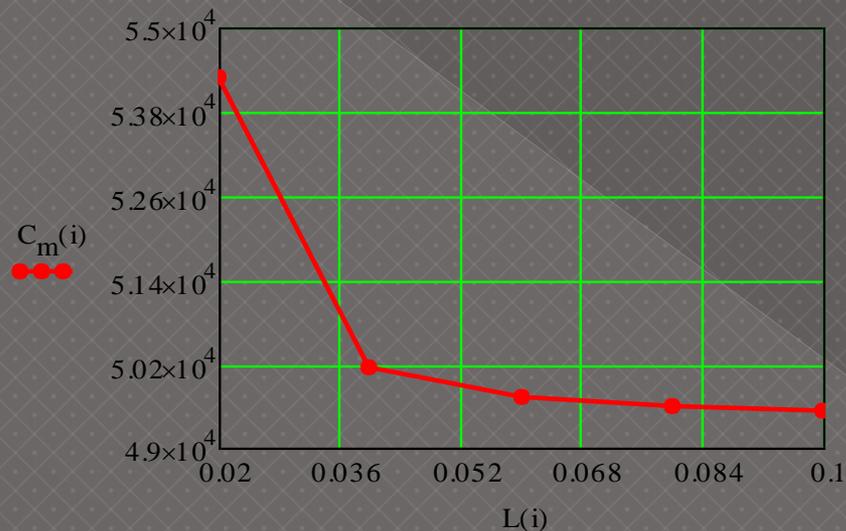


Рисунок 12 - График зависимости жесткости тканой структуры при растяжении от геометрической плотности по основе

$|C_m(i)|$

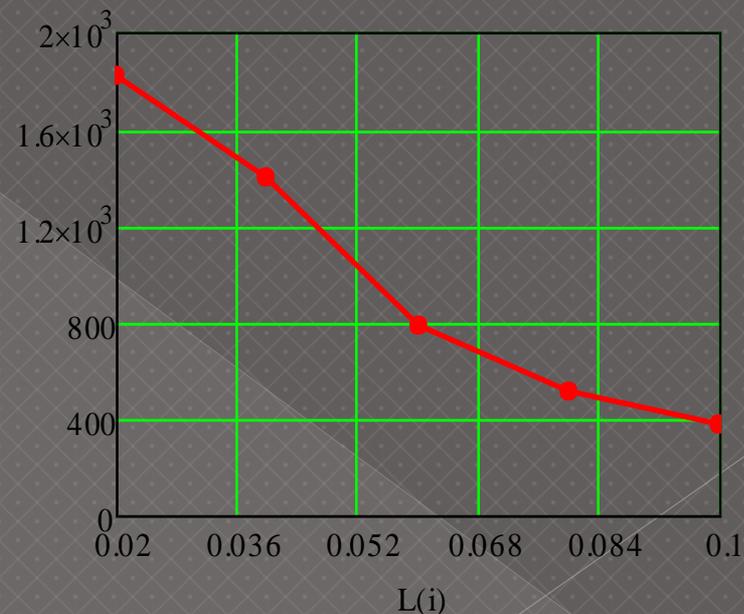


Рисунок 13-График зависимости жесткости тканой структуры при изгибе от геометрической плотности по основе

# Анализ влияния геометрических параметров объемного тканого элемента на его упругие свойства

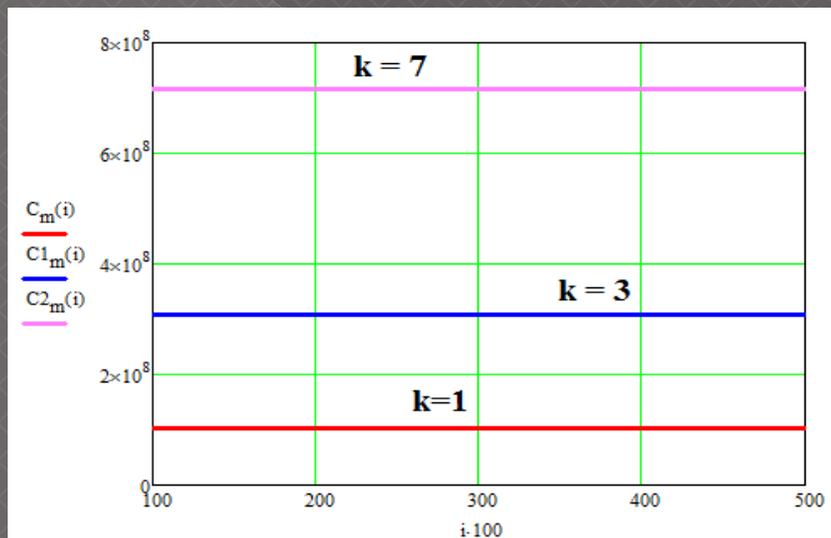


Рисунок 14- График зависимости жесткости тканой структуры при растяжении от количества слоев в объеме

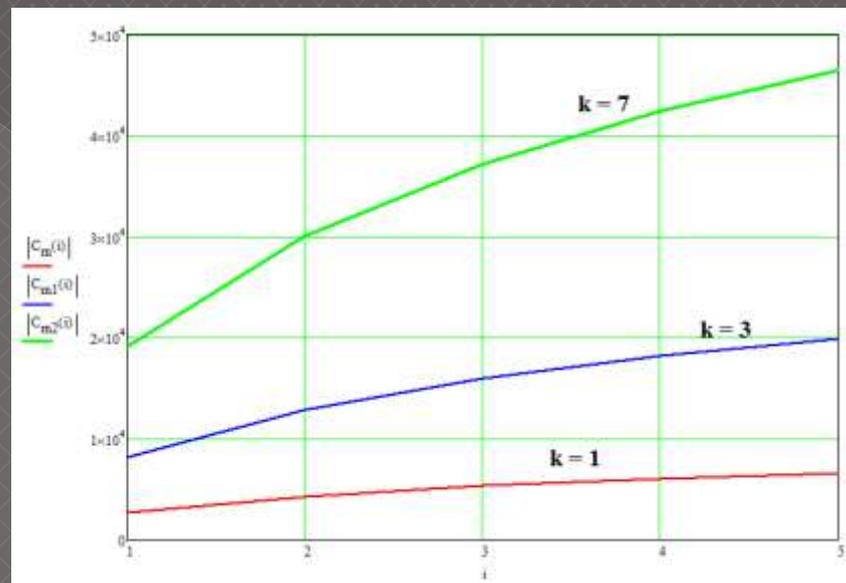


Рисунок 15- График зависимости жесткости тканой структуры при растяжении от количества слоев в объеме

## Заключение

В результате работы определены некоторые физико-механические характеристики объемной тканой структуры, которые показывают, что рассчитанный нами трехмерный тканый объект может служить основой для проектирования композиционных материалов. Напряженно-деформированное состояние композиционного материала напрямую зависит от свойств используемых материалов и геометрических характеристик тканого элемента, рационально проектируя которые, можно управлять напряженно-деформированным состоянием композита.