



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

Выпускная квалификационная работа на тему :

**Моделирование квазистатического процесса формирования
объёмной тканной структуры и исследование ее напряжённо-
деформированного состояния**

Выполнил: студент гр.4-33
Маньшин С.А.

Руководитель: Пирогов Д.А.

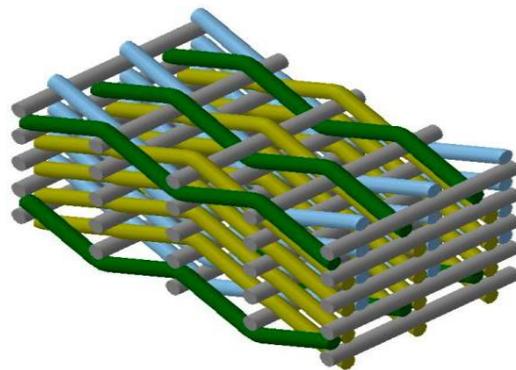
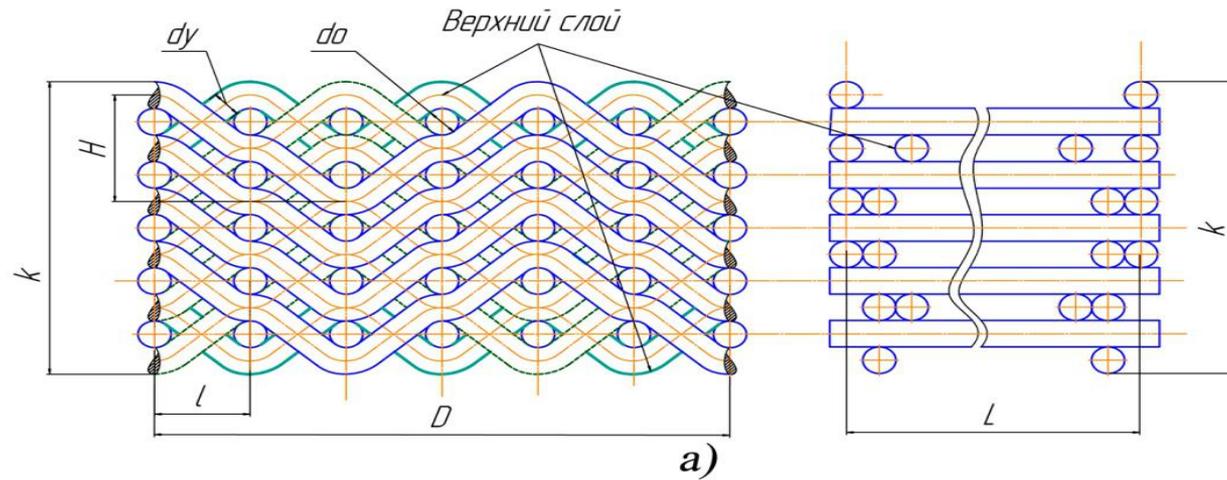
- Цель работы – исследование НДС объемной тканой структуры (ОТС) и определение ее физико-механических характеристик.

Задача анализа НДС заключается в исследовании напряжений и деформаций в нитях утка, сил взаимодействия нитей утка и основы, а так же в определении эффективных модулей упругости объемной тканой структуры при деформации растяжения, и изгиба в направлении нитей основы.

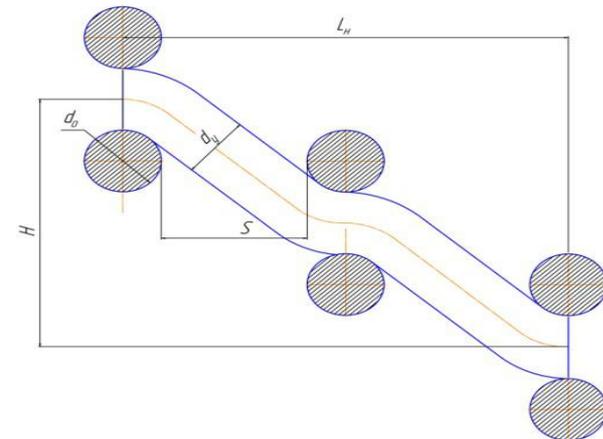
Основные задачи работы:

- Разработка геометрии модели
- Выбор закона пластической деформации для материала точной проволоки.
- Аналитическое исследование процесса деформирования нити утка.
- Компьютерное моделирование процесса деформирования одиночной нити утка.
- Аналитическое исследование НДС объемной тканой структуры и определение ее физико-механических характеристик.
- Компьютерное моделирование физико-механических характеристик объемной тканой структуры.

Параметры объемной тканной структуры и ее элементов



б)



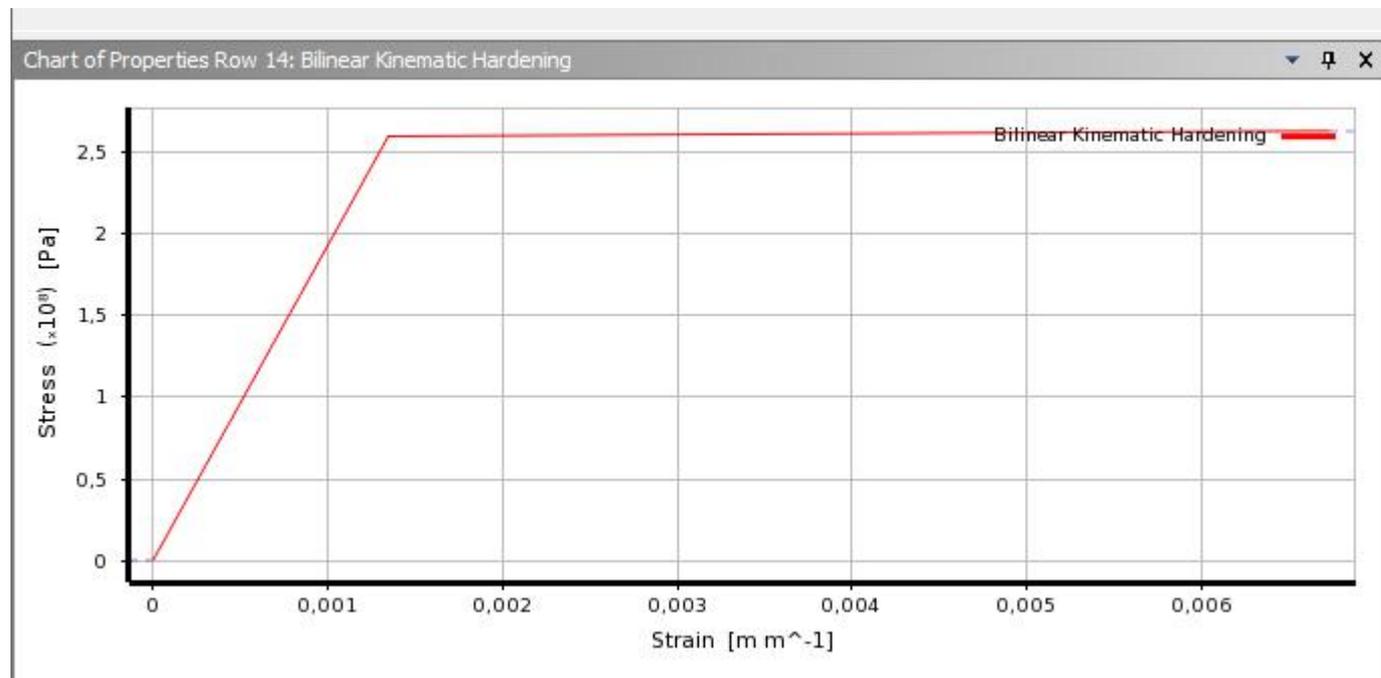
в)

Модель поведения материала

Закон билинейного кинематического упрочнения

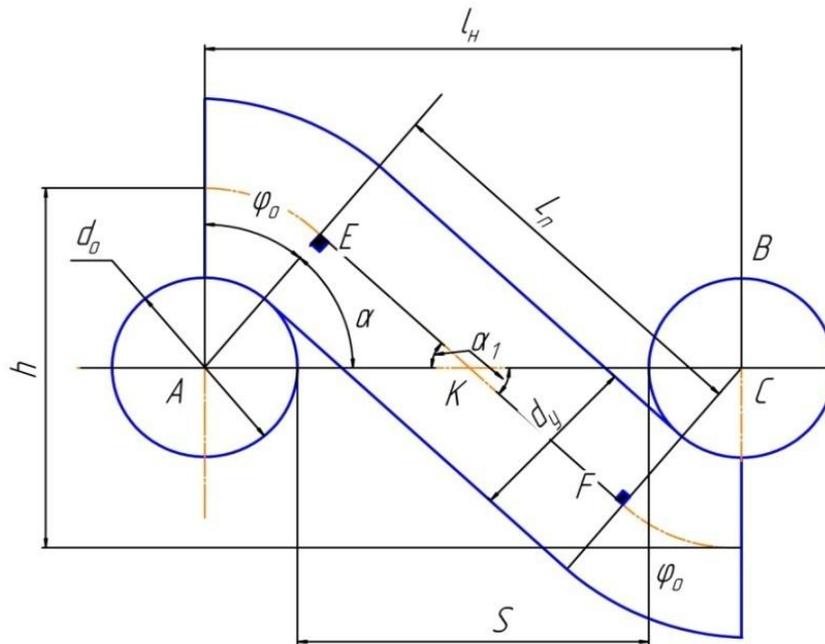
$$\sigma(i) = \sigma_t + H_t * \frac{\varepsilon_u(i)}{(1 - 2\mu)}$$

H_t – модуль объемного упрочнения материала
 σ_t – предел текучести материала проволоки
 μ – коэффициент Пуассона
 ε – упругая деформация



Расчёт сил действующих в сечении нити

Общие формулы для расчёта продольной силы и изгибающего момента:



l_n – расстояние между центрами соседних нитей

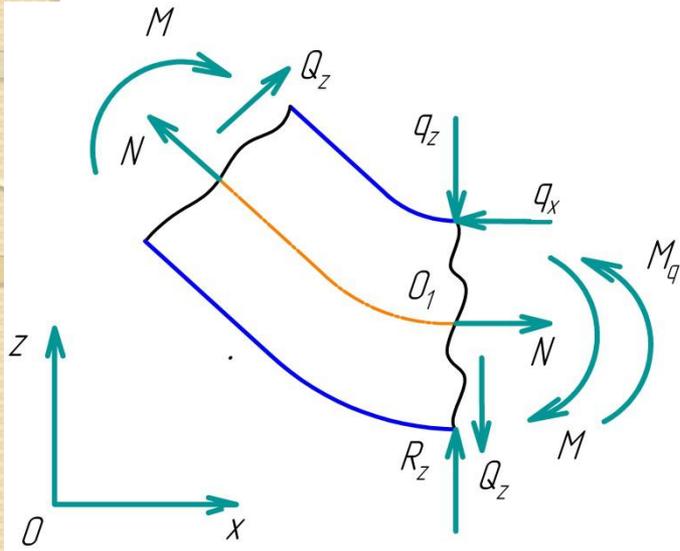
d_y – диаметр нити утка

d_o – диаметр нити основы

h – смещение средней линии нити утка по оси z

$$N = \int \sigma(\varepsilon) dF, \quad M = \int \sigma(\varepsilon) z dF$$

Формула для расчёта Изгибающего момента:



Уравнение суммы проекций всех сил на ось z

$$R_z - Q_z + Q_z \cos(\varphi_0) - q_z + N \sin(\varphi_0) = 0$$

M_q – Изгибающий момент на торцах стержня

Q_z – Поперечная сила, действующая на краях стержня

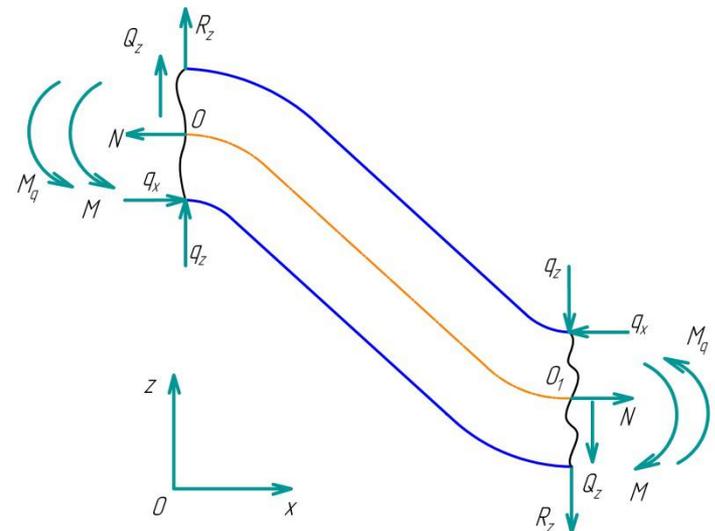
R_z – Реакция возникающая в места контакта стержней основы и утка

$$2M_q - Q_z l_n + R_z l_n - q_z l_n - q_x (h - r_y) + N h + q_x r_y = 0$$

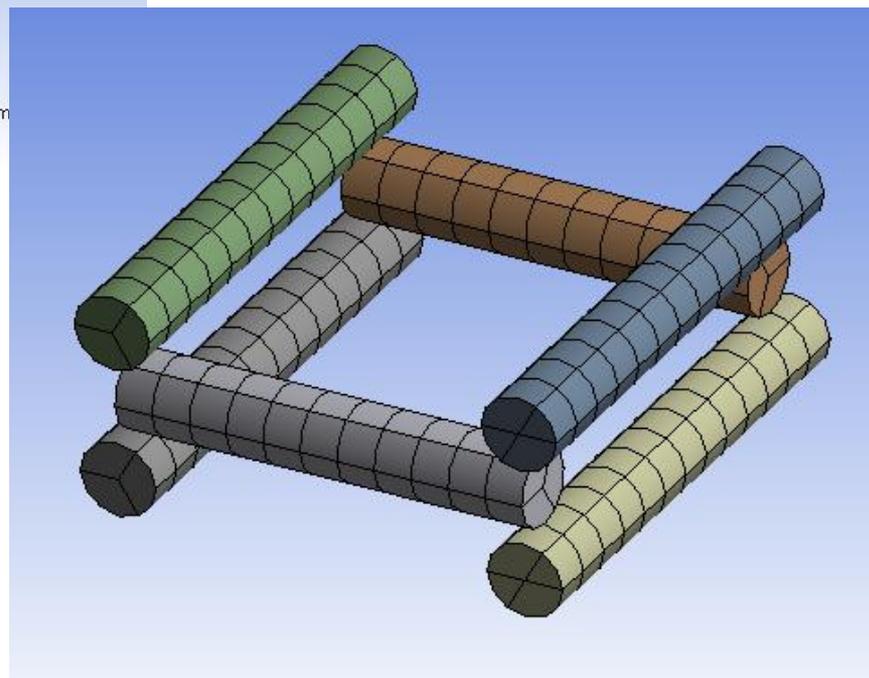
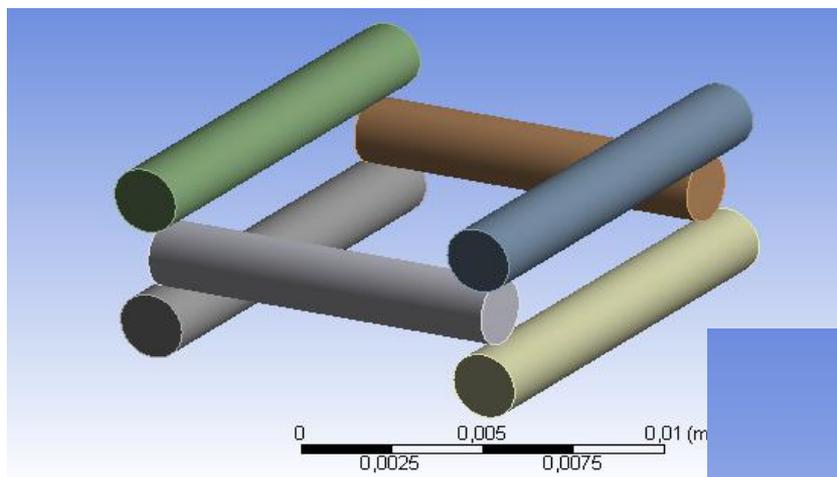
r_y – радиус нитей утка

q_z – распределённая нагрузка в местах контакта нитей в проекции на ось z

q_x – распределённая нагрузка в местах контакта нитей в проекции на ось x



Компьютерное моделирование процесса деформирования одиночной нити утка



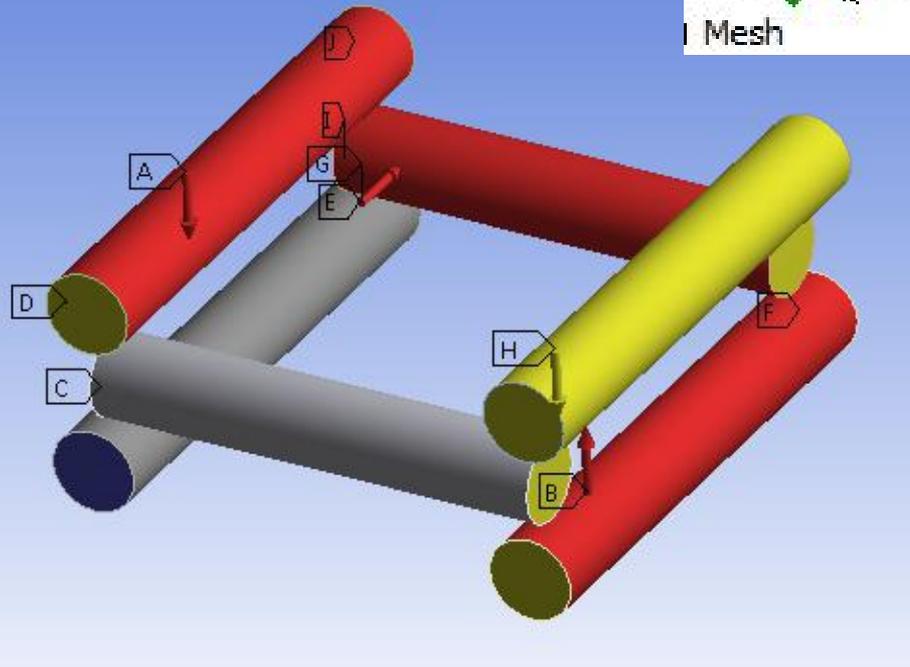
Граничные условия

- Contacts
- Bonded - Деталь To Деталь
 - Frictional - Деталь To Деталь
 - Frictional - Деталь To Деталь
 - Bonded - Деталь To Деталь
 - Bonded - Деталь To Деталь
 - Frictional - Деталь To Деталь
 - Bonded - Деталь To Деталь
 - Frictional - Деталь To Деталь

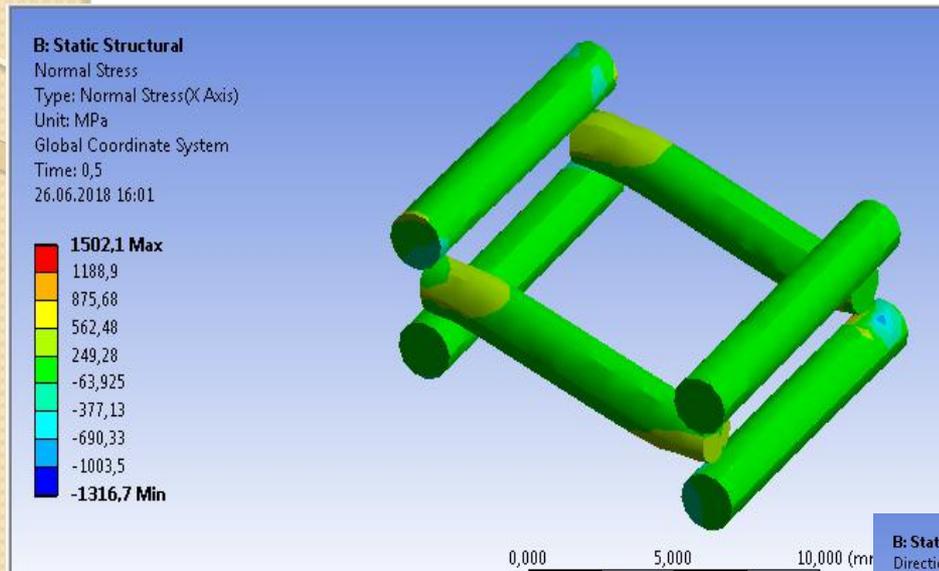
B: Static Structural

Static Structural
Time: 1,5 s
26.06.2018 19:10

- A** Force: 300, N
- B** Force 2: 300, N
- C** Fixed Support
- D** Displacement
- E** Displacement 2
- F** Displacement 3
- G** Force 3: 50, N
- H** Displacement 4
- I** Displacement 5
- J** Displacement 6

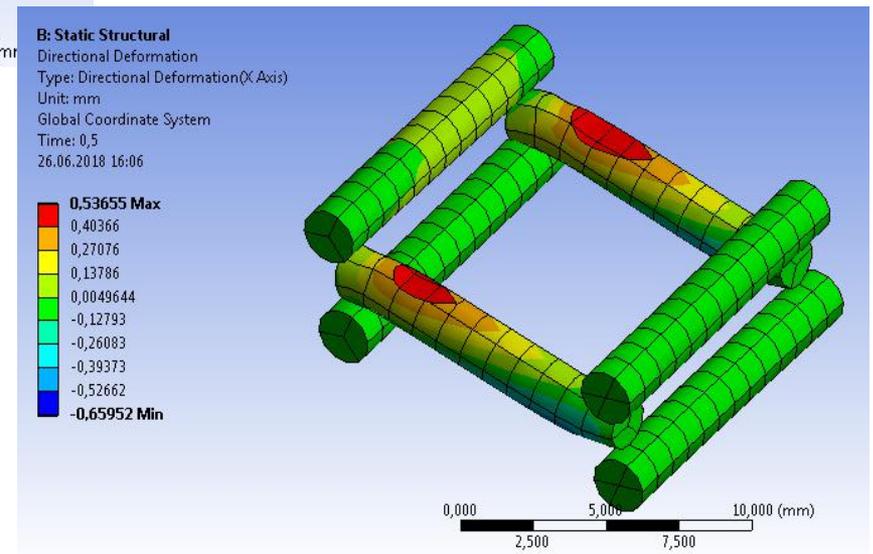


Результаты моделирования

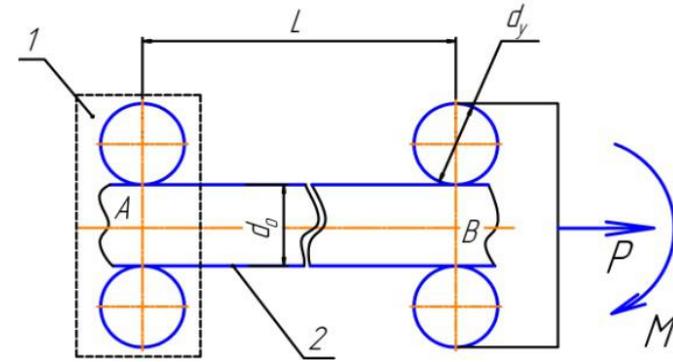
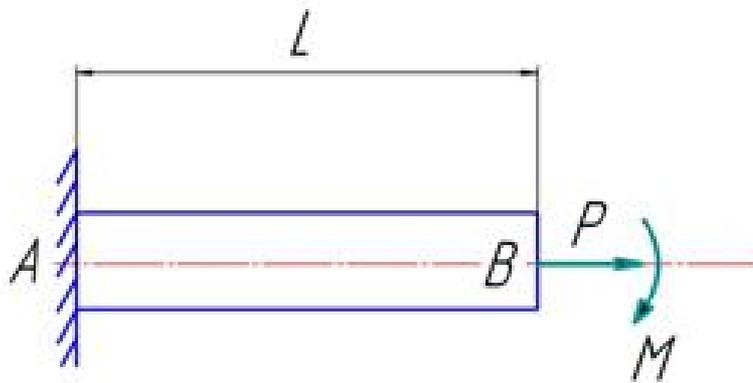


Нормальные напряжения

Деформация вдоль оси X

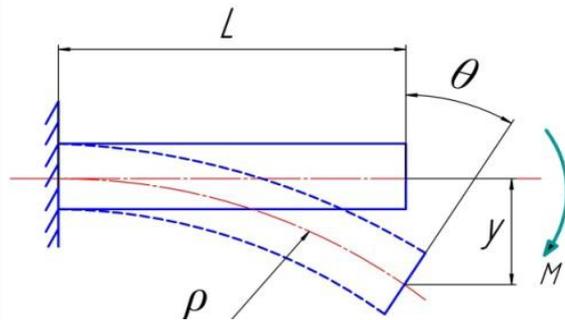


Расчёт эффективных коэффициентов жёсткости на растяжение и изгиб вдоль нитей основы



$$c_N = \frac{dP}{dL}$$

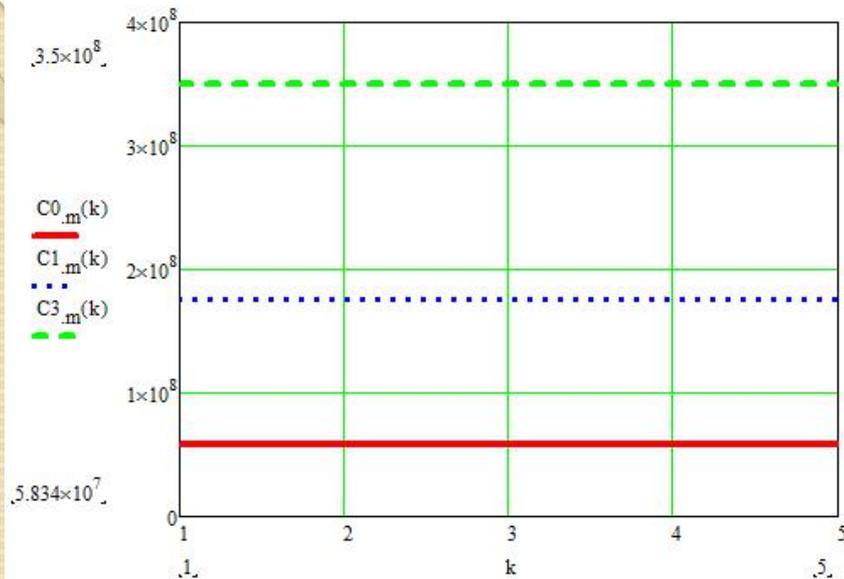
$$c_N = c_N \frac{n_H}{n_L} \cdot k$$



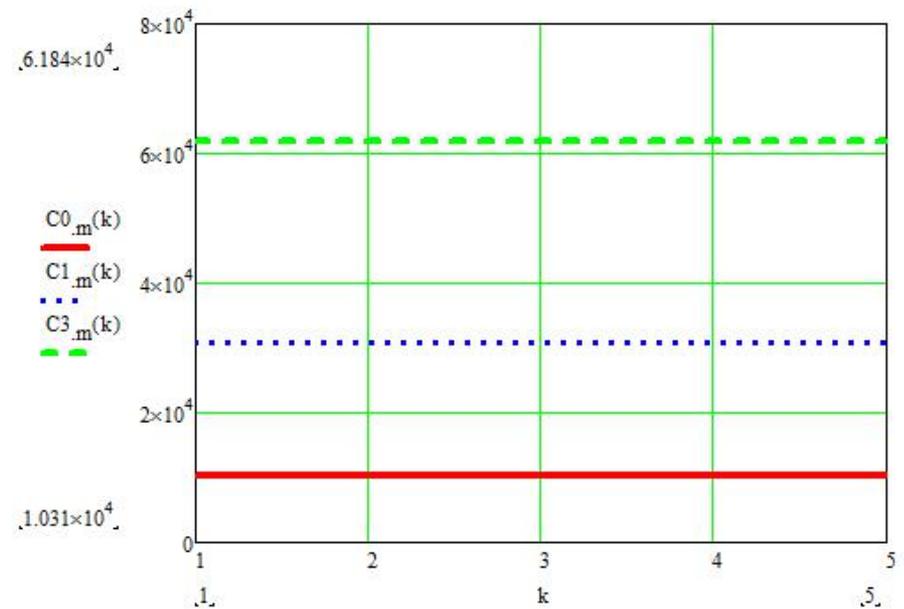
$$\rho = \frac{dy}{d\theta}$$

$$c_M = c_M \frac{n_H}{n_L} \cdot k$$

Результаты аналитических расчётов



Коэффициент жёсткости при
растяжении для 1,3 и 6 слоёв

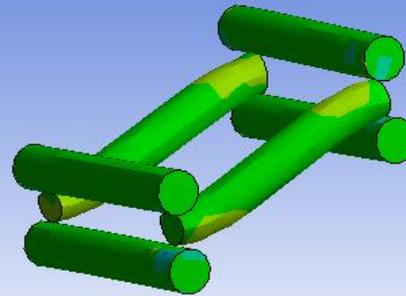
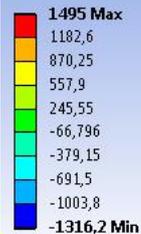


Коэффициент жёсткости при
изгибе для 1,3 и 6 слоёв

Компьютерное моделирование физико-механических характеристик объемной тканой структуры.

B: Static Structural

Normal Stress
 Type: Normal Stress(X Axis)
 Unit: MPa
 Global Coordinate System
 Time: 0,78373
 26.06.2018 19:31



Tabular Data

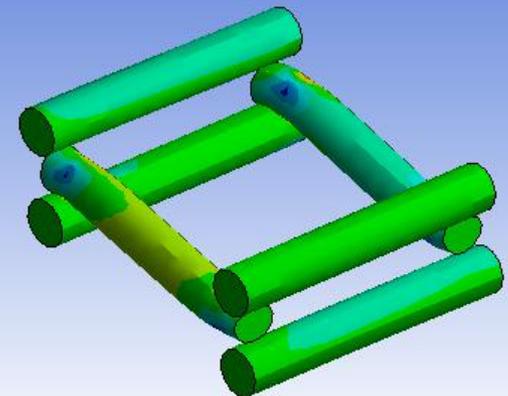
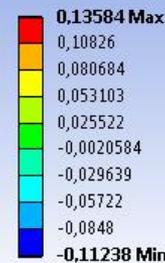
	Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
1	3,5e-002	-388,03	352,57
2	7,e-002	-432,63	374,2
3	0,105	-446,9	354,55
4	0,1575	-409,25	364,24
5	0,21	-406,24	395,88
6	0,2625	-455,21	431,9
7	0,315	-547,65	604,34
8	0,3675	-760,82	877,66
9	0,42	-987,27	1144,4
10	0,4725	-1204,7	1386,1
11	0,5	-1315,4	1502,1
12	0,7	-1316,	1495,9
13	0,9	-1316,5	1493,7
14	1,2	-1316,7	1493,2
15	1,5	-1316,4	1477,8

Tabular Data

	Time [s]	Minimum [mm]	Maximum [mm]
1	3,5e-002	-9,0375e-003	6,5241e-003
2	7,e-002	-9,3088e-003	1,1852e-002
3	0,105	-1,7863e-002	2,1229e-002
4	0,1575	-2,9646e-002	3,4808e-002
5	0,21	-3,8356e-002	4,9278e-002
6	0,2625	-5,1551e-002	6,0788e-002
7	0,315	-6,5827e-002	7,4511e-002
8	0,3675	-7,9912e-002	9,1273e-002
9	0,42	-9,3479e-002	0,10876
10	0,4725	-0,10619	0,12671
11	0,5	-0,11238	0,13584
12	0,7	-0,11238	0,13584
13	0,9	-0,11238	0,13584
14	1,2	-0,11237	0,13584
15	1,5	-0,11236	0,13585

B: Static Structural

Directional Deformation
 Type: Directional Deformation(Z Axis)
 Unit: mm
 Global Coordinate System
 Time: 0,5
 26.06.2018 19:29



Заключение

- Поставленные в работе задачи решены двумя методами: аналитически и численно в программном комплексе ANSYS.
- Разработаны математические и физические модели деформирования нити утка и элементарного элемента объемной тканной структуры.
- Определены эффективные коэффициенты жёсткости объемной тканной структуры на растяжение и изгиб.