

Конечно - элементный анализ авиационных конструкций на основе сетчатых композитов

Выполнил: Шильцев Е.С.
Руководитель: д. ф.- м. н., доц.
Маслов Л.Б.

Цели и задачи

Цель работы:

Разработка модели натурального отсека фюзеляжа самолета перспективной формы с использованием сетчатых композитов.

Цели и задачи

Задачи:

- Изучение поведения сетчатых композитных конструкций при осевом сжатии.
- Параметрические исследования характеристик сетчатой конструкции оболочки отсека.
- Изучение конструкторской документации на натуральный отсек фюзеляжа овального сечения.
- Разработка модели натурального отсека фюзеляжа с поперечным сечением в виде двух пересекающихся окружностей.
- Создание конечно- элементной модели натурального отсека.
- Изучение напряженно – деформированного состояния.

Сетчатые конструкции.

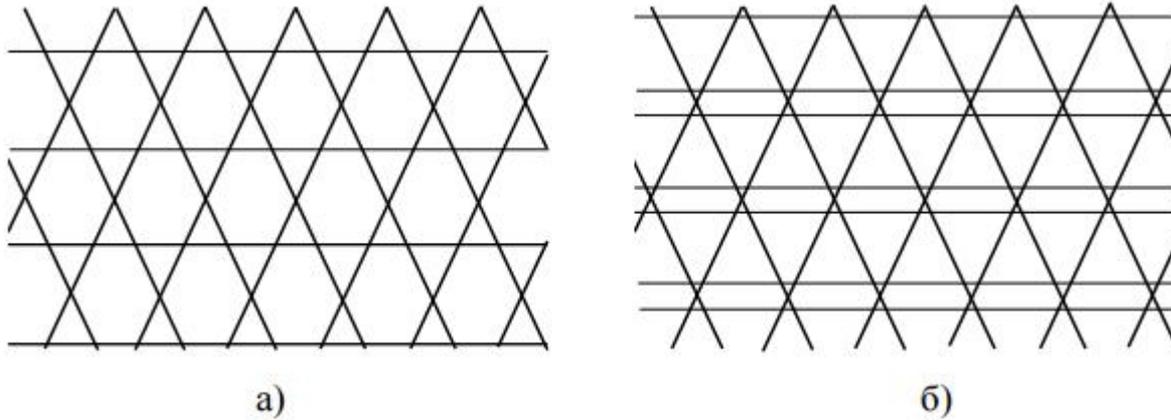


Рис.1. Схема расположения кольцевых ребер в сетчатой структуре

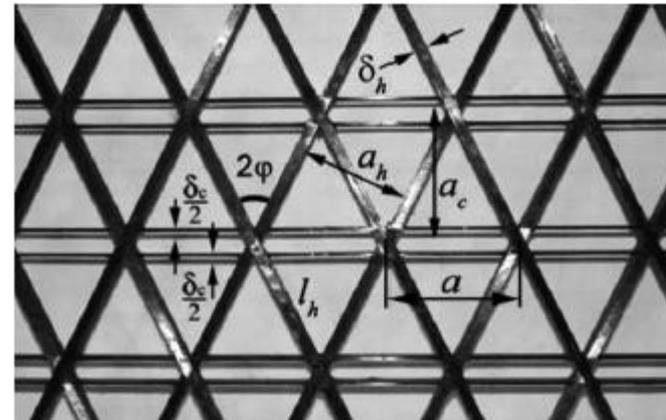
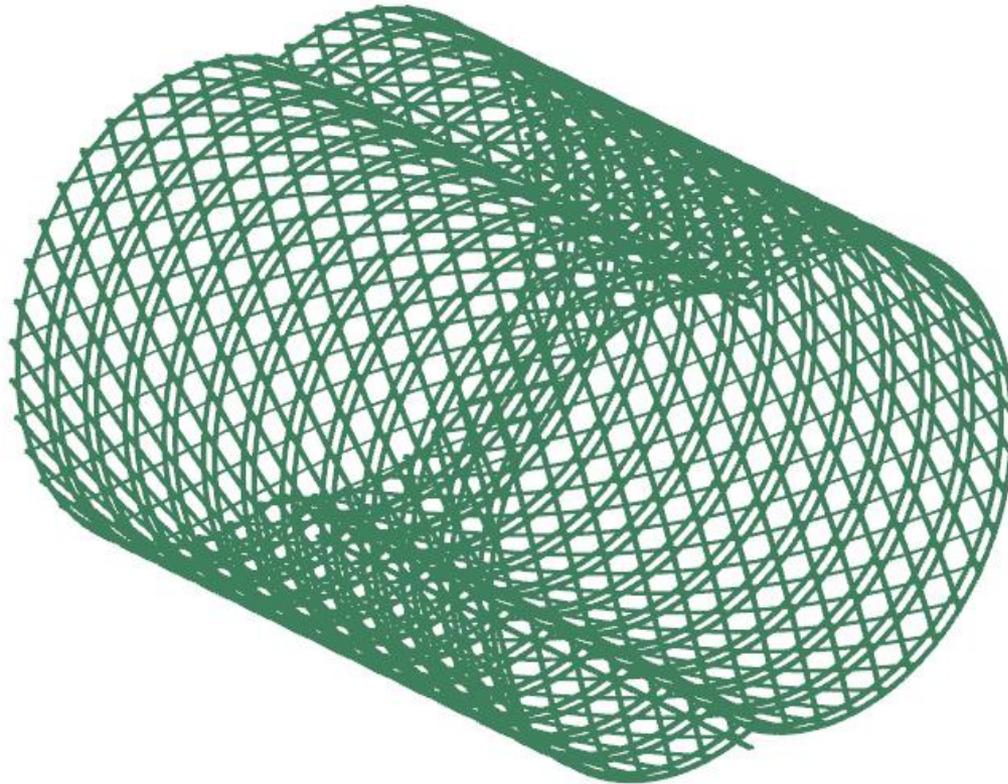


Рис.2. Геометрические параметры сетчатой оболочки

Конечно – элементный анализ сетчатых
КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.



Типы элементов в ANSYS

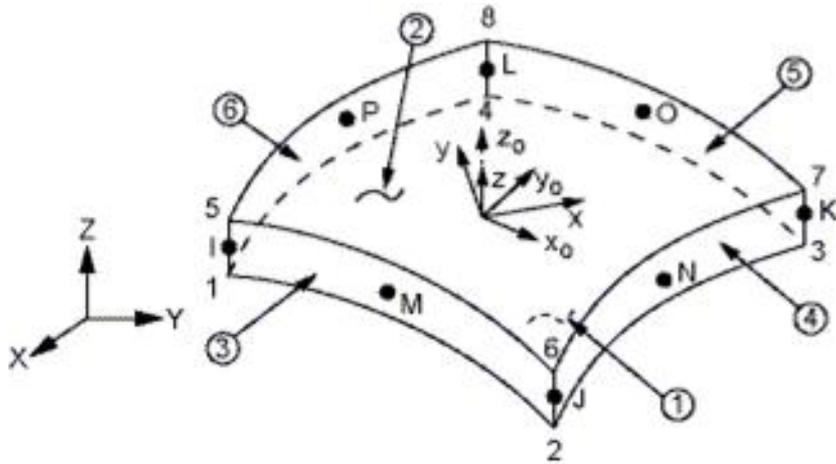


Рис.3. Геометрия элемента SHELL281.

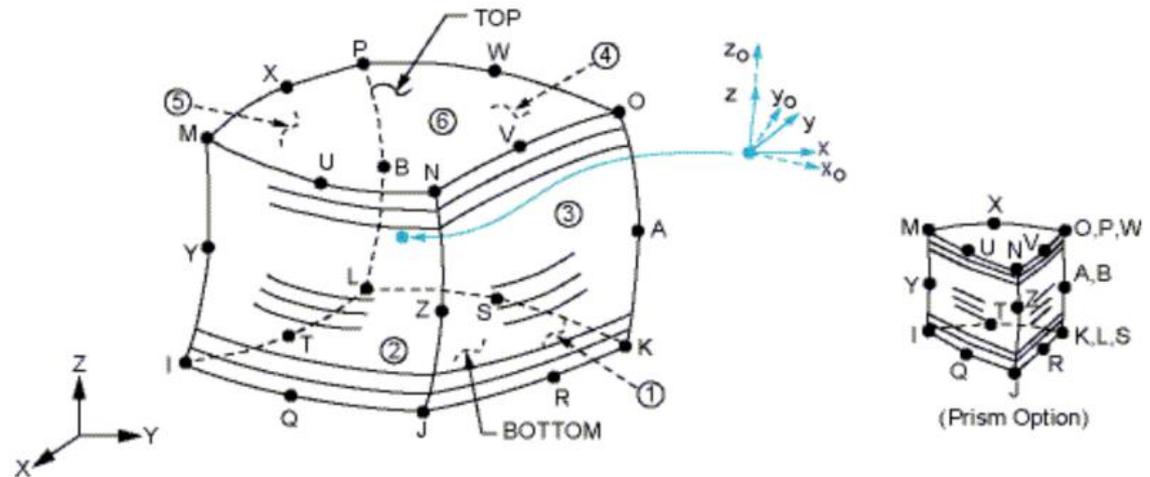


Рис.4. Геометрия элемента SOLID186.

Типы элементов в Siemens NX

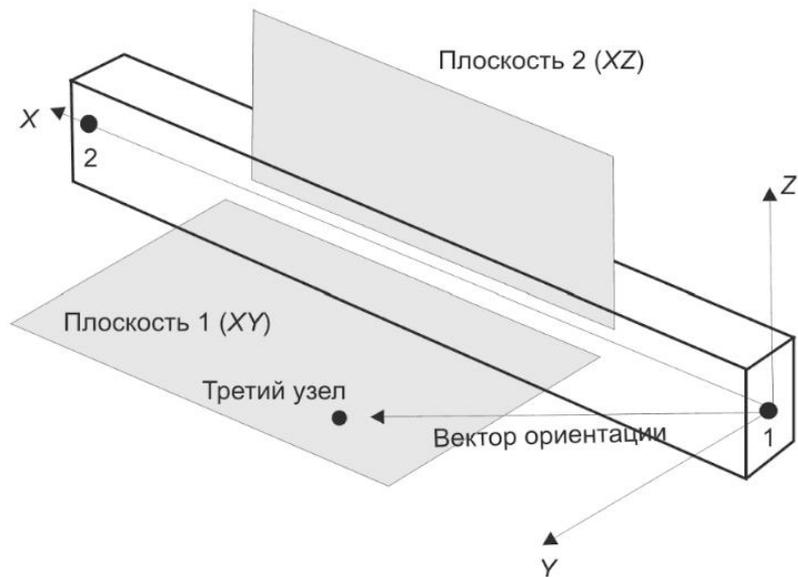


Рис.5. Элемент типа Beam.

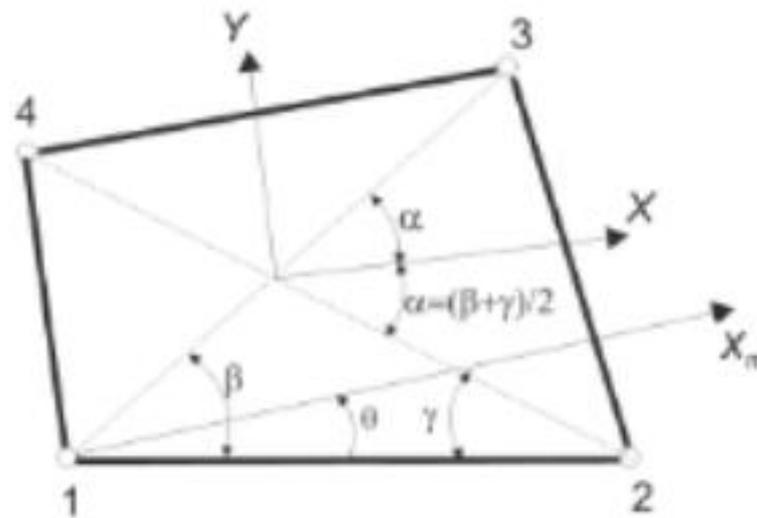


Рис.6. Система координат элемента Plate.

Расчет фрагмента сетчатой композитной конструкции при статическом осевом нагружении.

```

ELEM   = 317
SECT   = 1
LAYERS :
TOTAL  = 4
SHOWN  :
FROM   1 TO 4
  
```

Параметры модели:

- Шаг спиральной намотки $a_c = 62.8$ мм
- Шаг кольцевой намотки $a_k = 45$ мм
- Угол спиральной намотки $\varphi = 36^\circ 30'$
- Толщина волокна спиральной намотки $\delta_c = 2$ мм
- Толщина волокна кольцевой намотки $\delta_k = 2$ мм

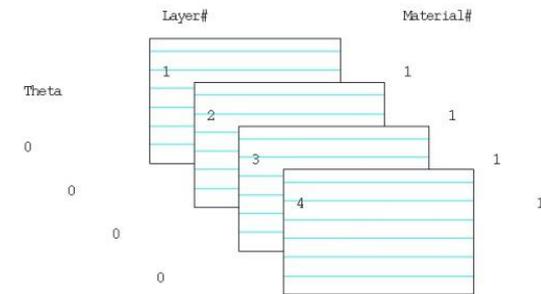


Рис.7. Ориентация слоев композита.

Таблица 1. Свойства материала.

EX,Па	EY,Па	EZ,Па	PRXY	PRYZ	PRXZ	GXY,Па	GYZ,Па	GXZ,Па
$1.6 \cdot 10^{11}$	$8 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^9$	0.25	0.3	0.25	$4.8 \cdot 10^9$	$3.08 \cdot 10^9$	$4.8 \cdot 10^9$

Конечно- элементная модель конструкции.

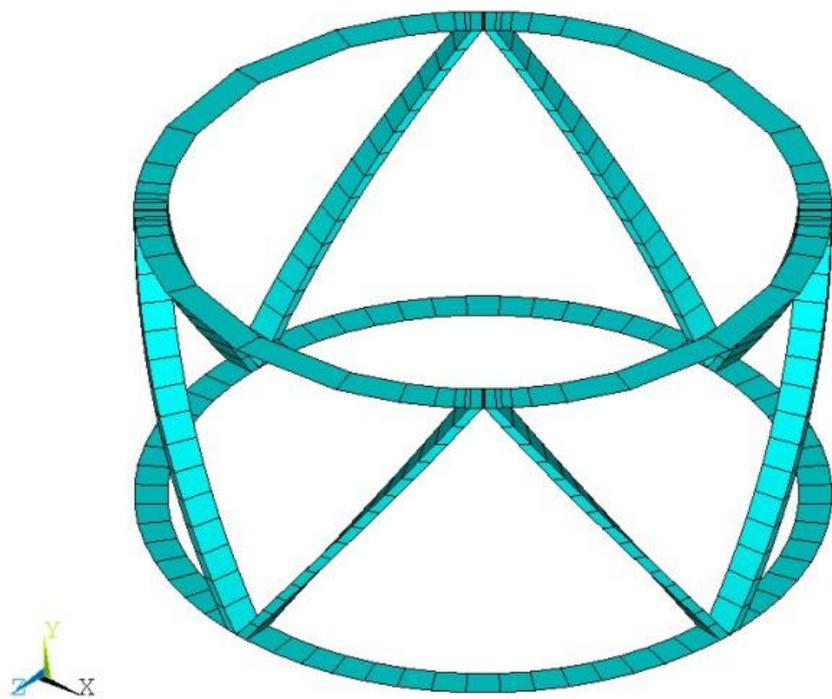


Рис.8. Конечно – элементная модель расчетной конструкции.

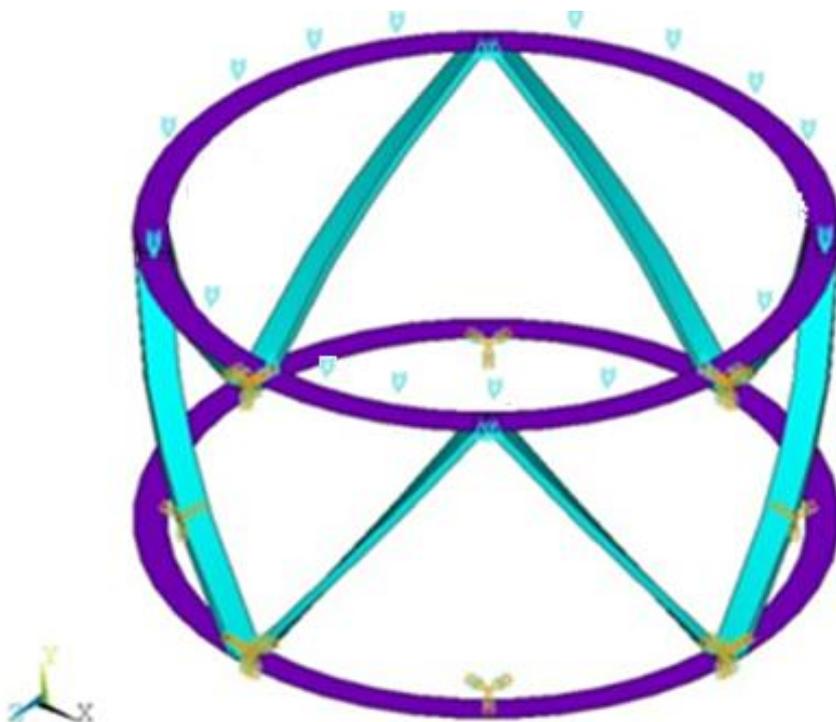


Рис.9. наложенные граничные условия.

Напряженно- деформированное состояние.

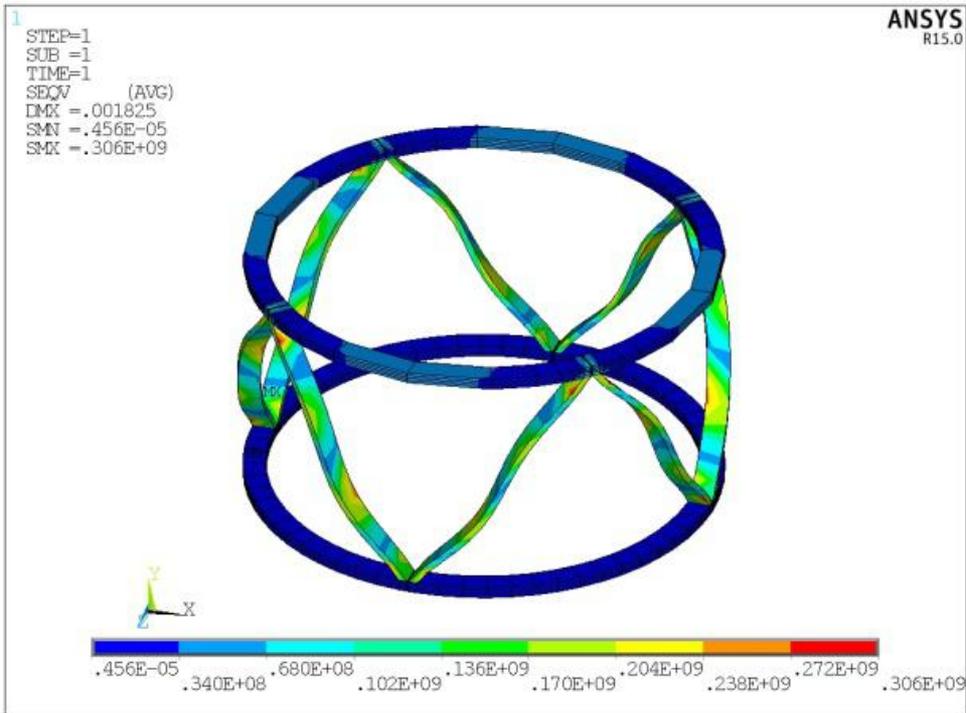


Рис.10. Картина распределения напряжений

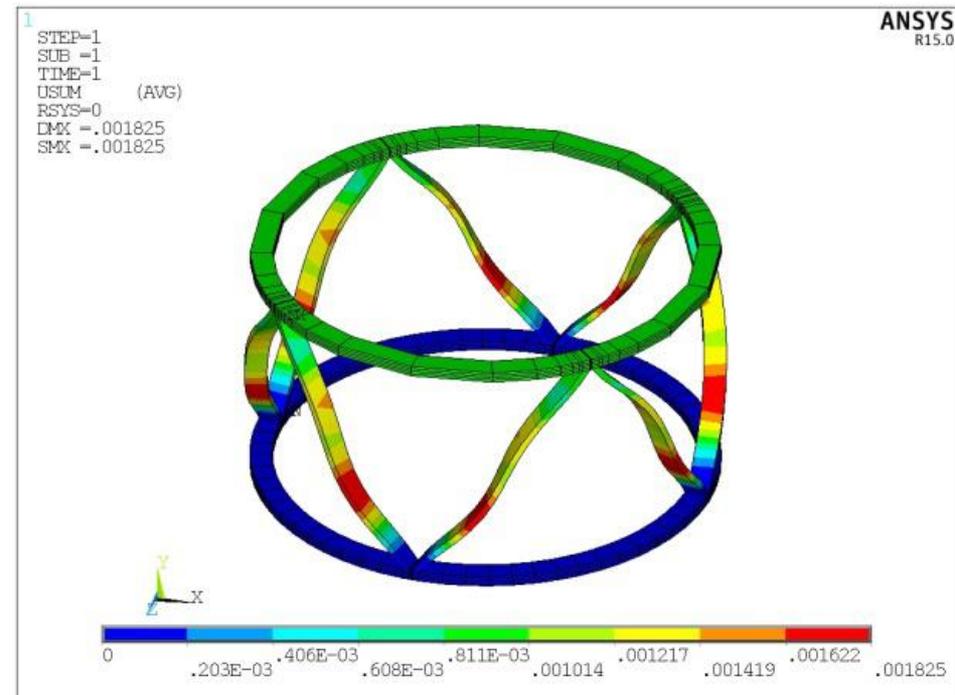


Рис.11. Картина распределения деформаций

Параметрические исследования жесткостных характеристик сетчатой конструкции.

$$\Delta = 0.85 \frac{\Delta p^p \cdot R^2}{E \cdot \delta} = 0.85 \frac{0,12 \cdot 1820^2}{7.2 \cdot 10^4 \cdot 1} = 4,7 \text{ мм} \quad (1)$$

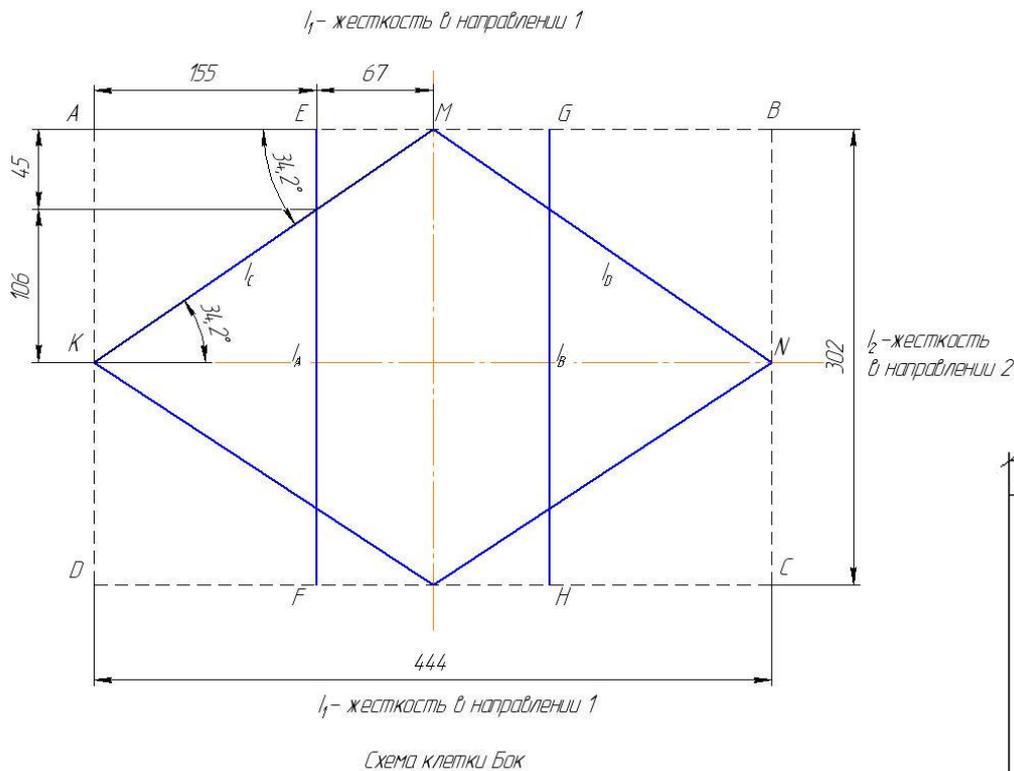


Рис.12. Схема клетки (444x302 мм)
боковых панелей

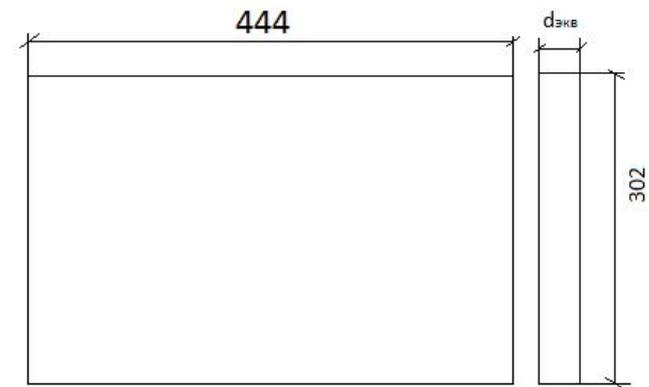
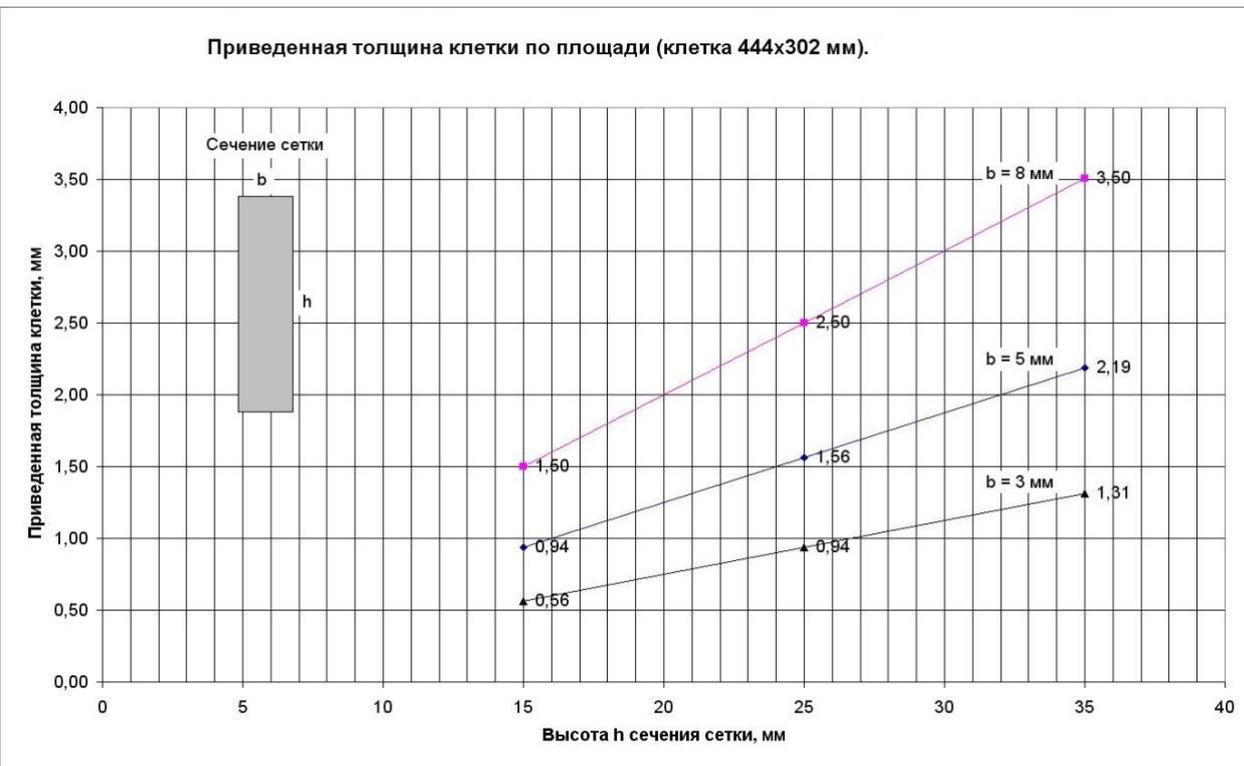


Рис.13. Эквивалентная пластина.

Приведенная толщина по объему.



$$L = 2EF + 4KM \quad (2)$$

$$V = F_0 * L \quad (3)$$

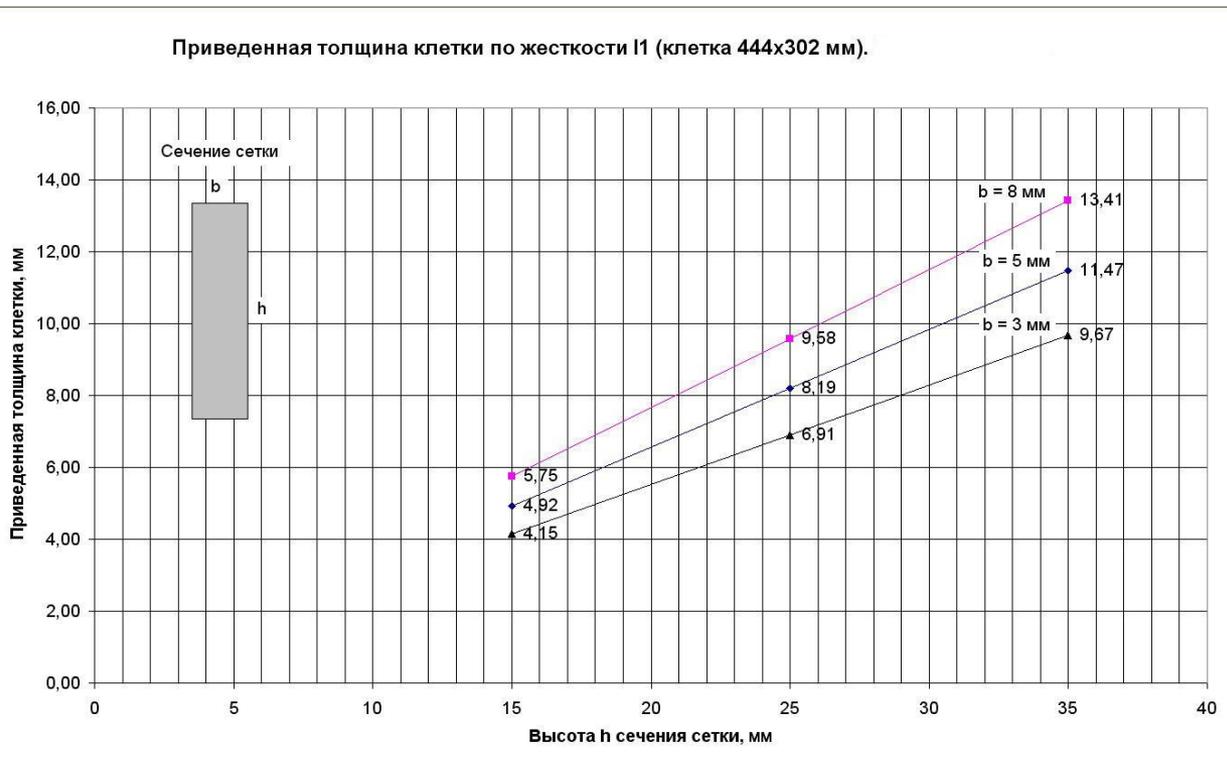
$$F_{ABCD} = AD * AB \quad (4)$$

$$\Delta_{\text{пр по площ}} = \frac{V}{F_{ABCD}} \quad (5)$$

Рис. 14. Зависимость приведенной толщины по площади от высоты сечения сетки.

Приведенная толщина по жесткости вдоль кольцевых ребер.

$$I_1 = I_{об1} + I_A + I_B + (I_C + I_D) * \sin 34,2^\circ \quad (6)$$



$$I_1 = \frac{AB * \delta_{\text{пр по жестк 1}}^3}{12} \quad (7)$$

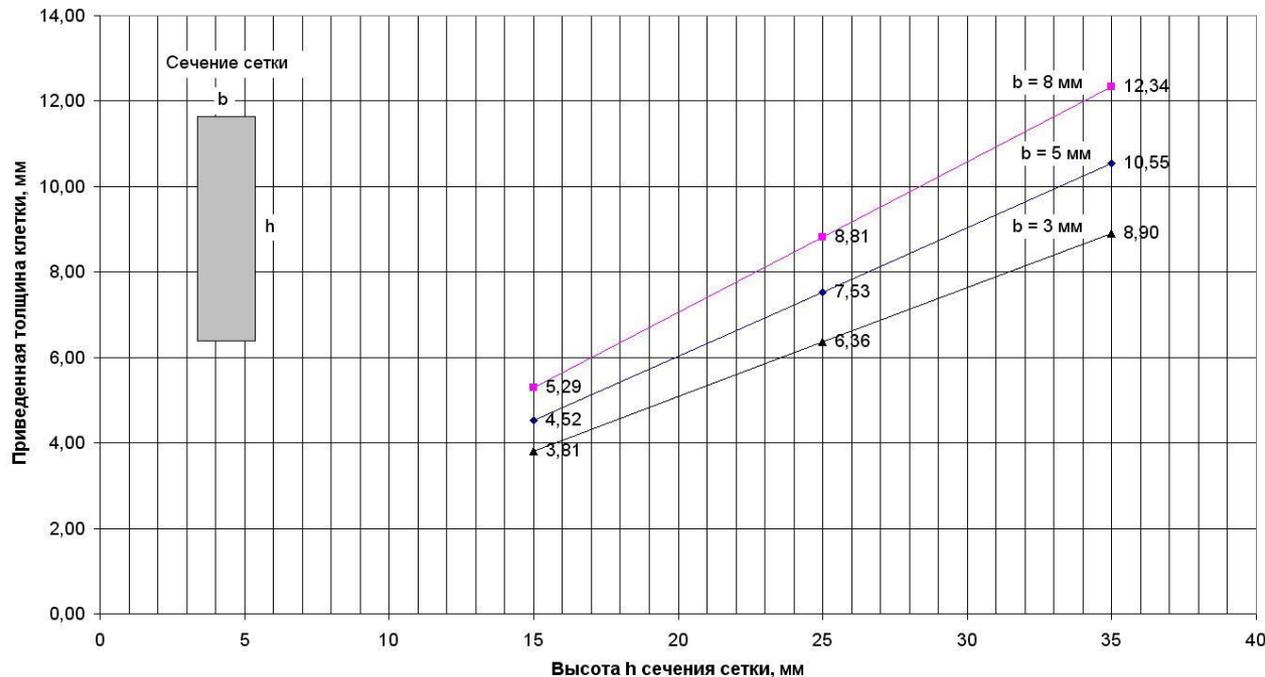
$$\Delta_{\text{пр по жестк 1}} = \sqrt[3]{\frac{12 * I_1}{AB}} \quad (8)$$

Рис. 15. Зависимость приведенной толщины по жесткости I1 от высоты сечения сетки

Приведенная толщина по жесткости поперек кольцевых ребер.

$$I_2 = I_{o61} + (I_C + I_D) * \cos 34,2^\circ \quad (9)$$

Приведенная толщина клетки по жесткости I_2 (клетка 444x302 мм).



$$I_2 = \frac{AD * \delta_{\text{пр по жестк 2}}^3}{12} \quad (10)$$

$$\Delta_{\text{пр по жестк 2}} = \sqrt[3]{\frac{12 * I_2}{AD}} \quad (11)$$

Рис. 16. Зависимость приведенной толщины по жесткости I_2 от высоты сечения сетки.

Разработка модели натурального отсека фюзеляжа самолета.

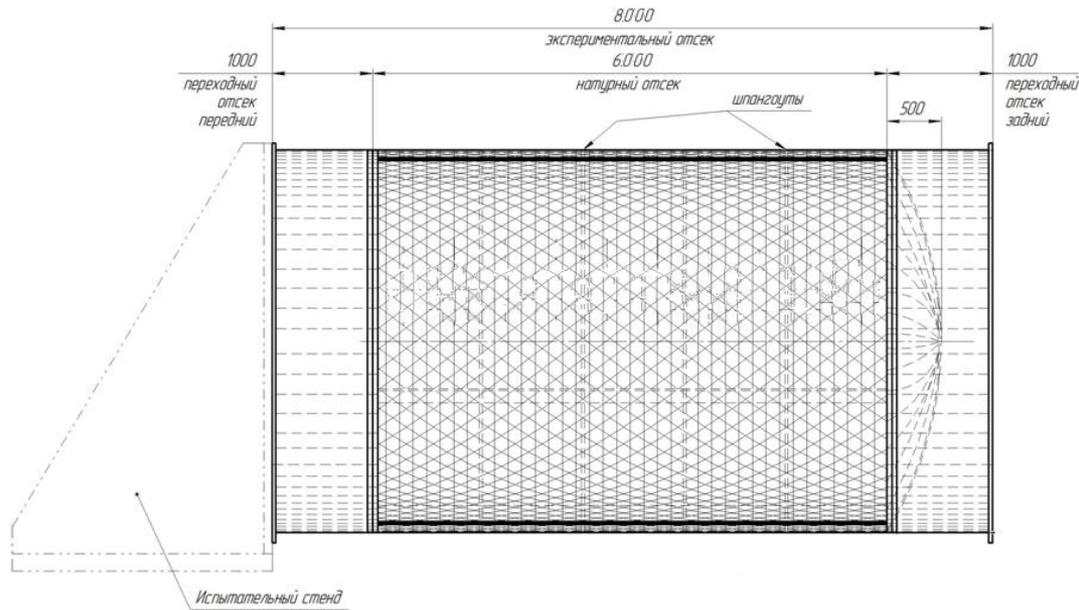


Рис.17. Общий вид экспериментального стенда

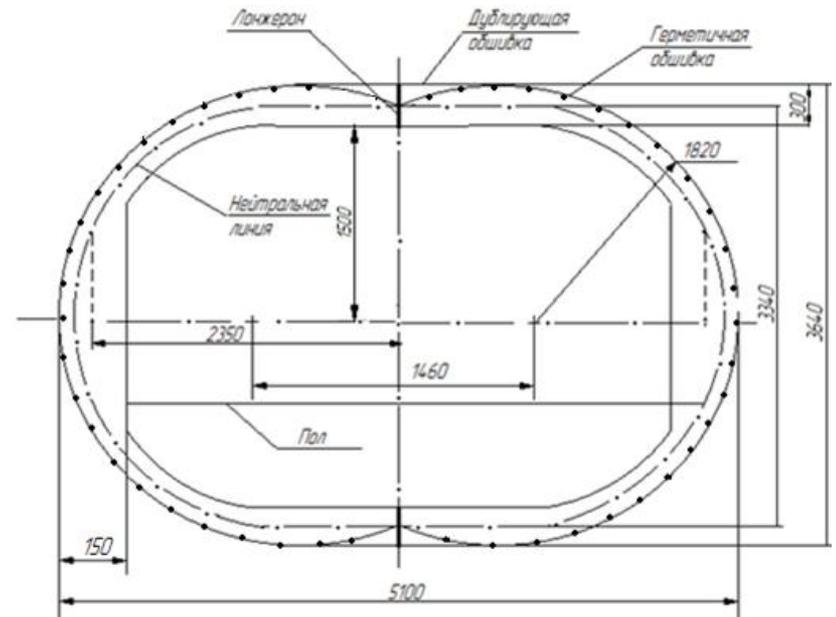


Рис.18. Поперечное сечение натурального отсека в плоскости шпангоута

Поперечные сечения силовых элементов конструкции.

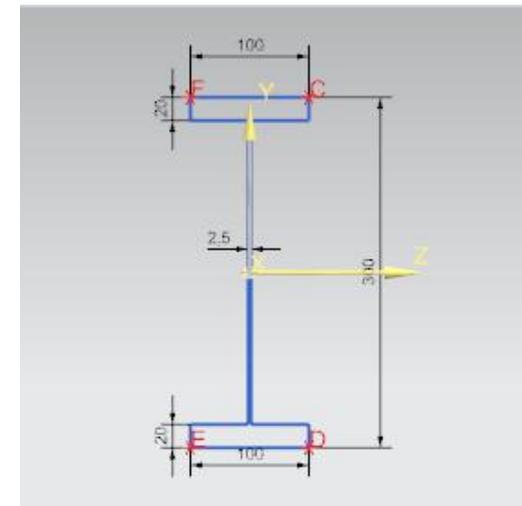
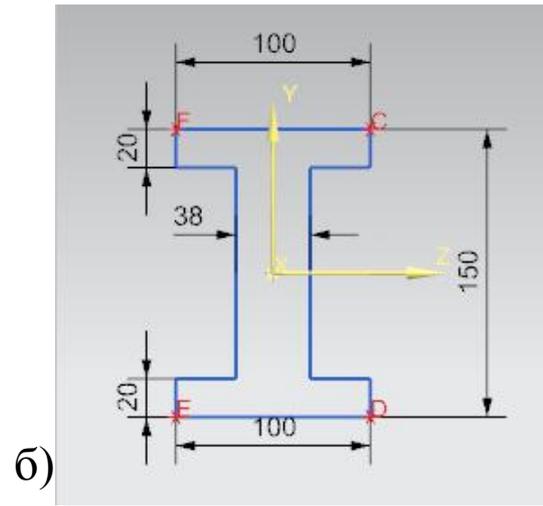
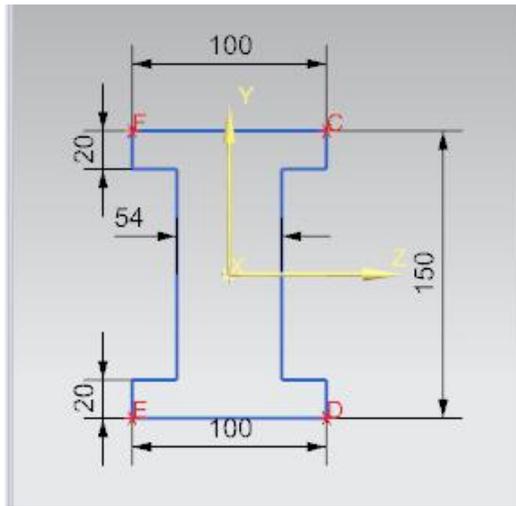


Рис.19. Поперечные сечения шангоутов.

Рис. 20. Поперечное сечение лонжерона

Поперечные сечения силовых элементов конструкции.

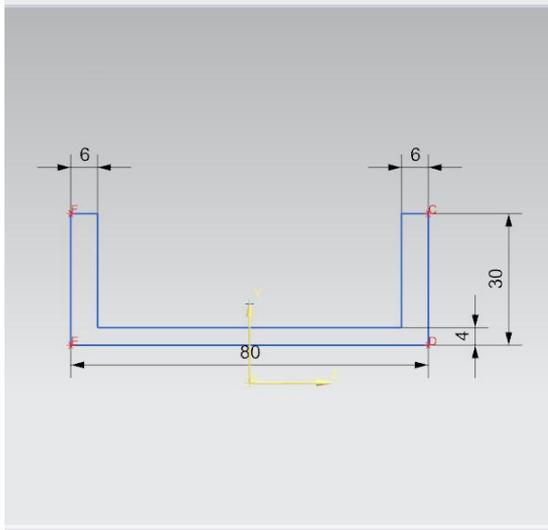


Рис. 21. Поперечное сечение балок пола.

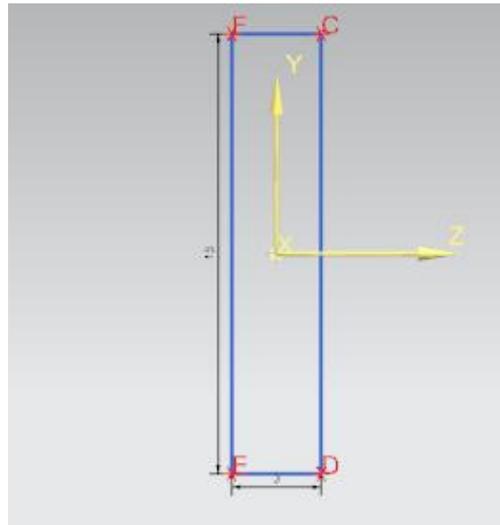


Рис. 23. Поперечное сечение спиральных и кольцевых ребер.

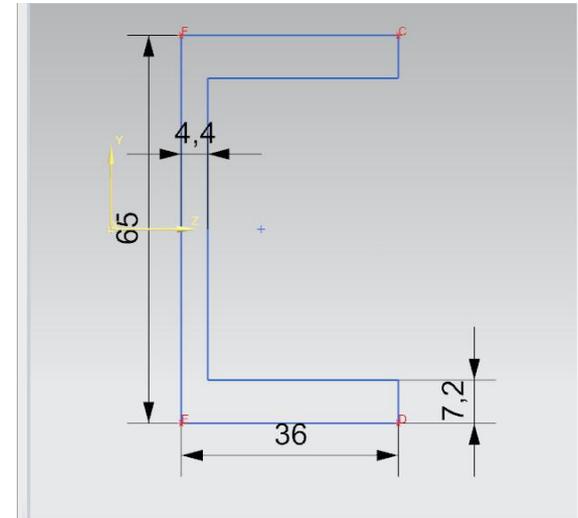


Рис. 22. Поперечное сечение стрингеров в проставках.

Создание конечно-элементной модели натурального отсека.¹⁸

отсека.

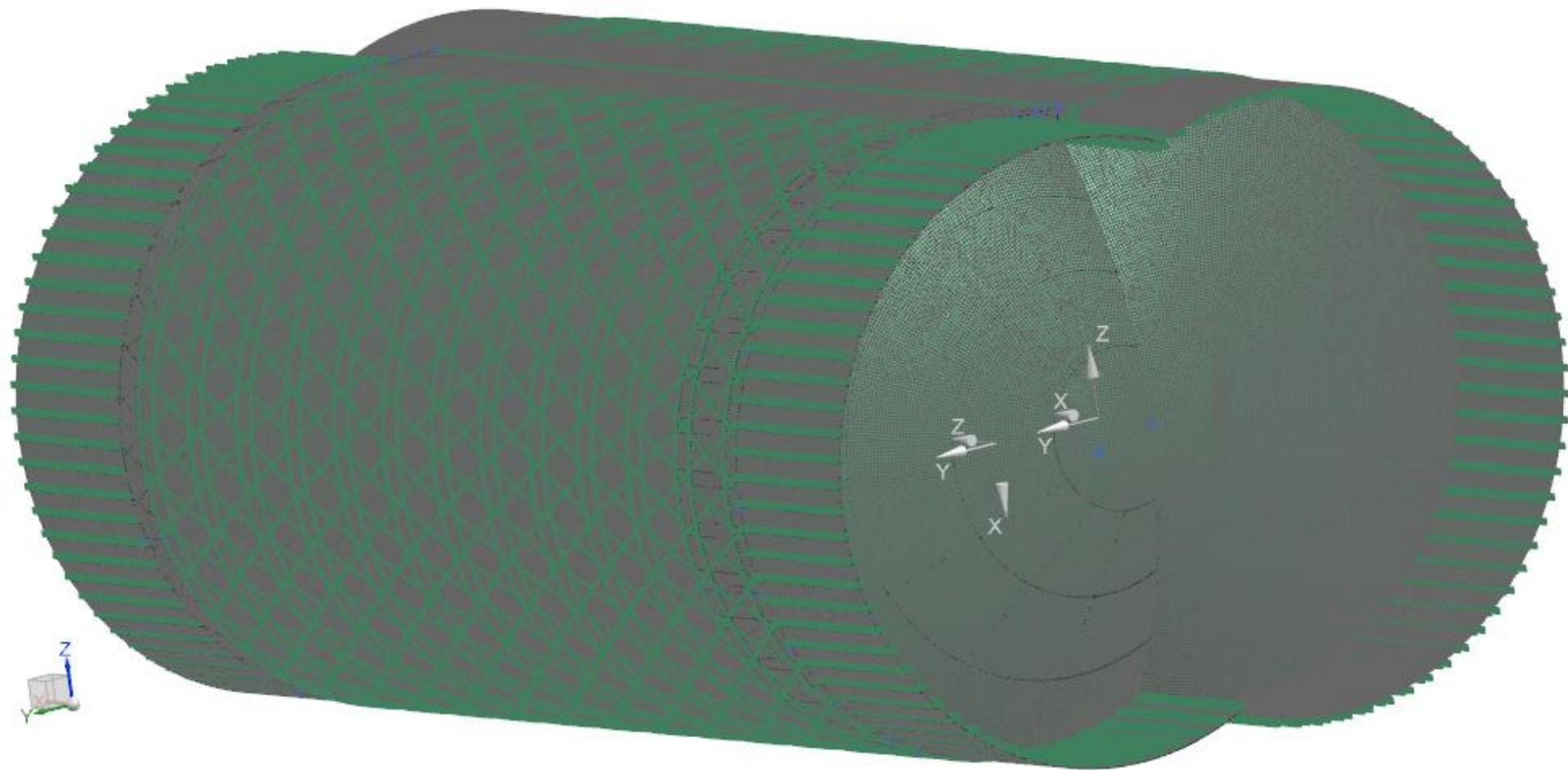
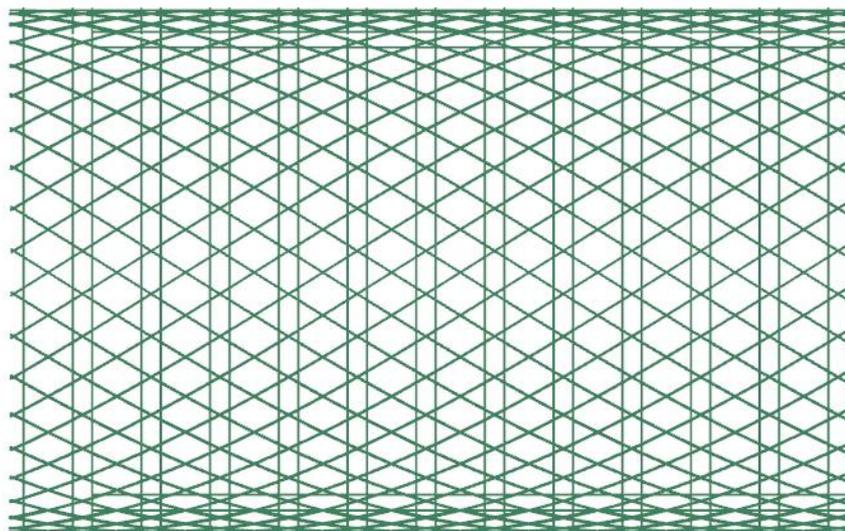


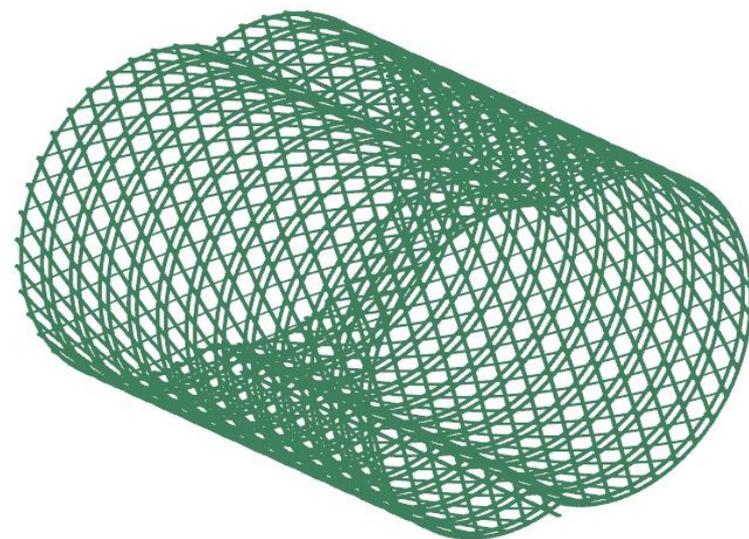
Рис.24. Конечно-элементная модель конструкции.

Конечно- элементная модель.



а)

Рис.25.Сетчатая конструкция отсека.



б)

Граничные условия.

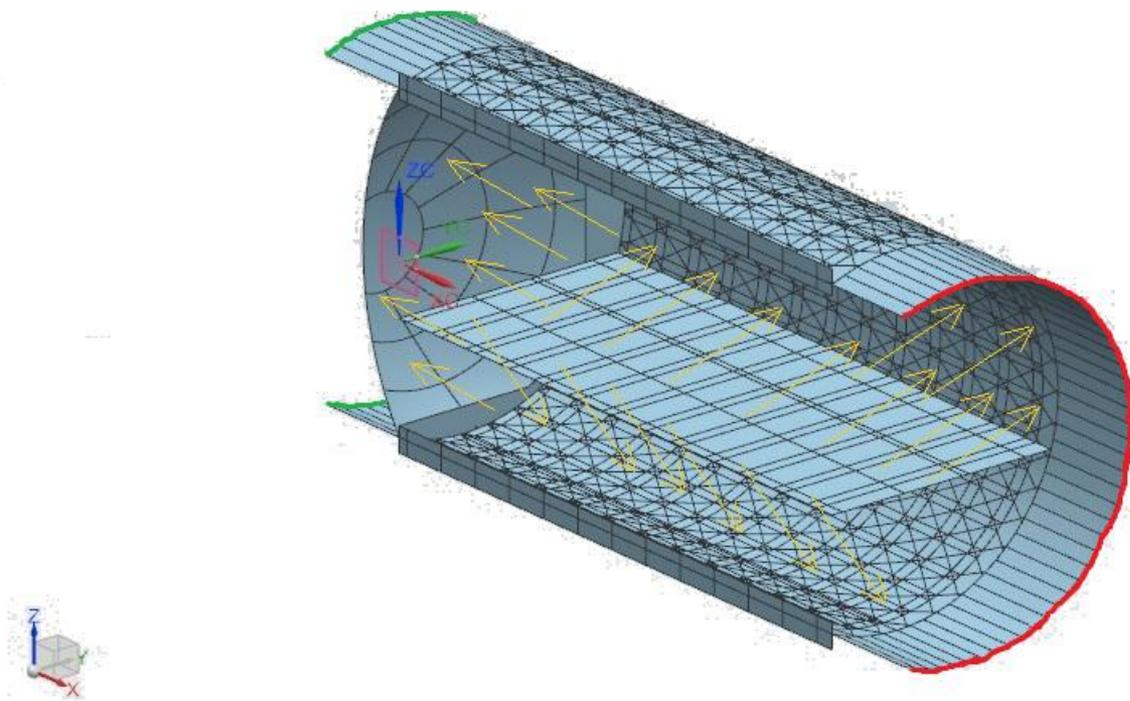


Рис.26.Граничные и силовые условия.

Напряженно- деформированное состояние.

Escho Odin Razok : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Перемещение - По узлам, Величина
Мин. : 0.000, Макс. : 3.780, Единицы = мм
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

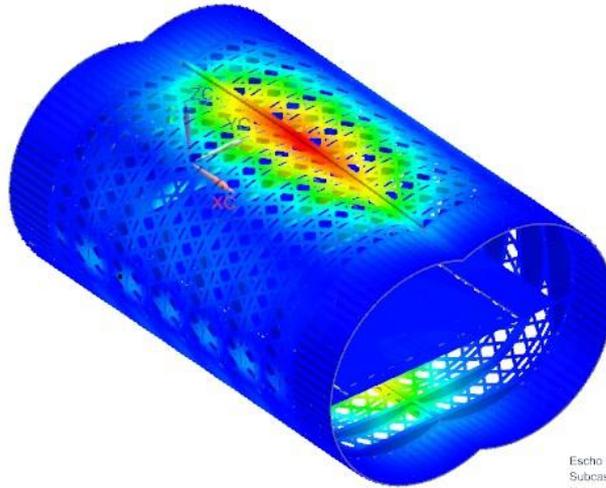
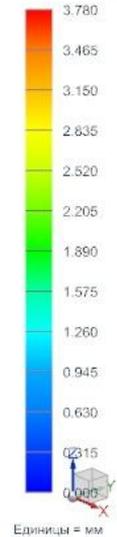


Рис.27. Деформации модели (мм).

Escho Odin Razok : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Напряжение - По элементам, Von-Mises
Сечение оболочки : Сверху
Мин. : 0.00, Макс. : 245.38, Единицы = Нмм*2(МПа)
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

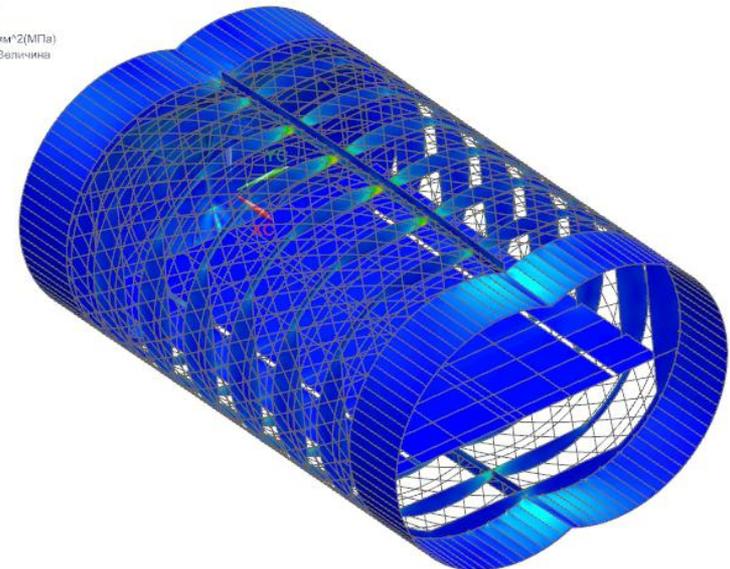


Рис.28. Распределение напряжений (МПа).

Напряженно- деформированное состояние.

Escho Odin Razok : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Напряжение - По элементам, Von-Mises
Сечение оболочки : Сверху
Мин. : 0.00, Макс. : 245.38, Единицы = Н/мм²(МПа)
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

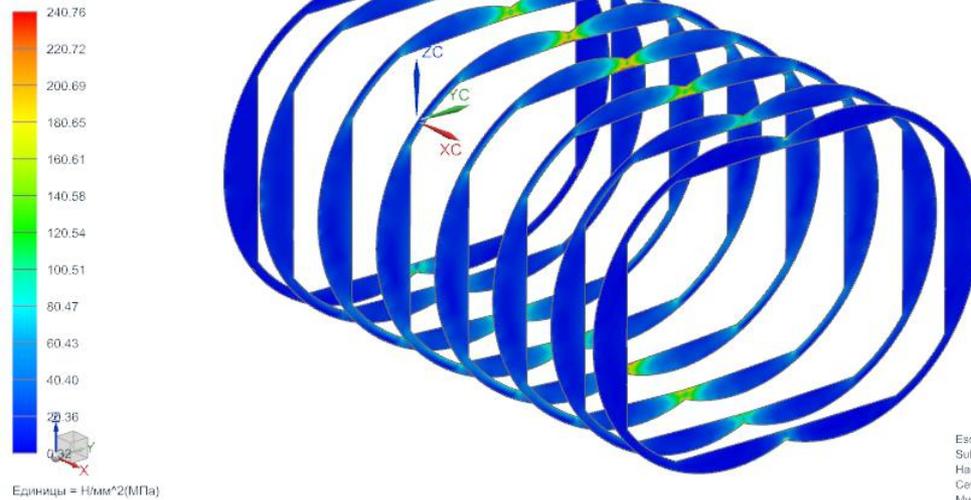


Рис.29. Напряжения в шпангоутах.(МПа)

Escho Odin Razok : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Напряжение - По элементам, Von-Mises
Сечение оболочки : Сверху
Мин. : 0.00, Макс. : 245.38, Единицы = Н/мм²(МПа)
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

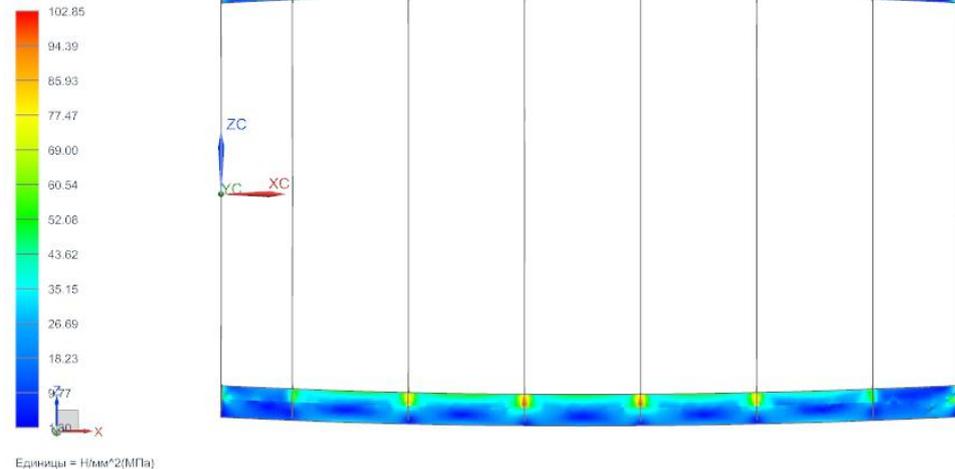


Рис.30. Напряжения в лонжеронах.(МПа)

Анализ результатов.

Таблица 2. Итоговые результаты.

σ_B , МПа	σ_{Max} , МПа	$\sigma_{\text{MaxЛонж}}$, МПа	$\sigma_{\text{MaxШп.}}$, МПа	$\Delta_{\text{доп.}}$, мм	Δ , мм	η	$\eta_{\text{Лонж}}$	$\eta_{\text{Шп.}}$
450	245	103	241	4,7	3,78	1,84	4,37	1,87