

# ОТЧЕТ ПО ПРЕДДИПЛОМНОЙ ПРАКТИКЕ

г. Дубна, Московская область  
ООО «Прогрестех»

Выполнили: ст. гр. 5-33 Фирсов Е.Н. , Долотова О.А.

Руководитель со стороны ООО «Прогрестех»:

К.т.н. Шептунов Б.В.

Руководители со стороны ИГЭУ:

д.ф.м.н., доц. Маслов Л.Б.

Прогрестех-Дубна - центр консалтинга и инжиниринга в области авиастроения. Компания получила статус резидента особой экономической зоны технико-внедренческого типа «Дубна» в октябре 2007 года.

Деятельность ООО «Прогрестех-Дубна»:

- комплекс консультационных услуг по подготовке и обеспечению выполнения инжиниринговых проектов разработчиков и производителей авиационной техники, включая анализ прочности, проектирование элементов конструкций и технологическую поддержку производства.
- разработка полного пакета проектной документации для строительства и реконструкции объектов наземной инфраструктуры гражданской авиации и других зданий и сооружений.

В период прохождения преддипломной практики поставлена задача – *спроектировать корпус высоконагруженной авиационной конструкции и произвести сравнительный анализ НДС с подробной конечно- элементной моделью расчетной конструкции.*

Выполняется разработка программного продукта подбора оптимальных сечений подкрепляющего набора корпуса. На первом этапе производится расчет набора сечений при помощи плоской балочной КЭ (конечно - элементной) модели с учетом аналитической модели устойчивости. На втором этапе производится расчет при помощи общей КЭ модели.

Расчет методом конечных элементов реализован в среде MSC.Patran, дальнейший расчет проводится в комплексе Microsoft Excel.

В среде MSC Patran строится модель корпуса авиационной конструкции и разбивается заданными плоскостями на участки, зависимые от шага шпангоута (Рис.1.):

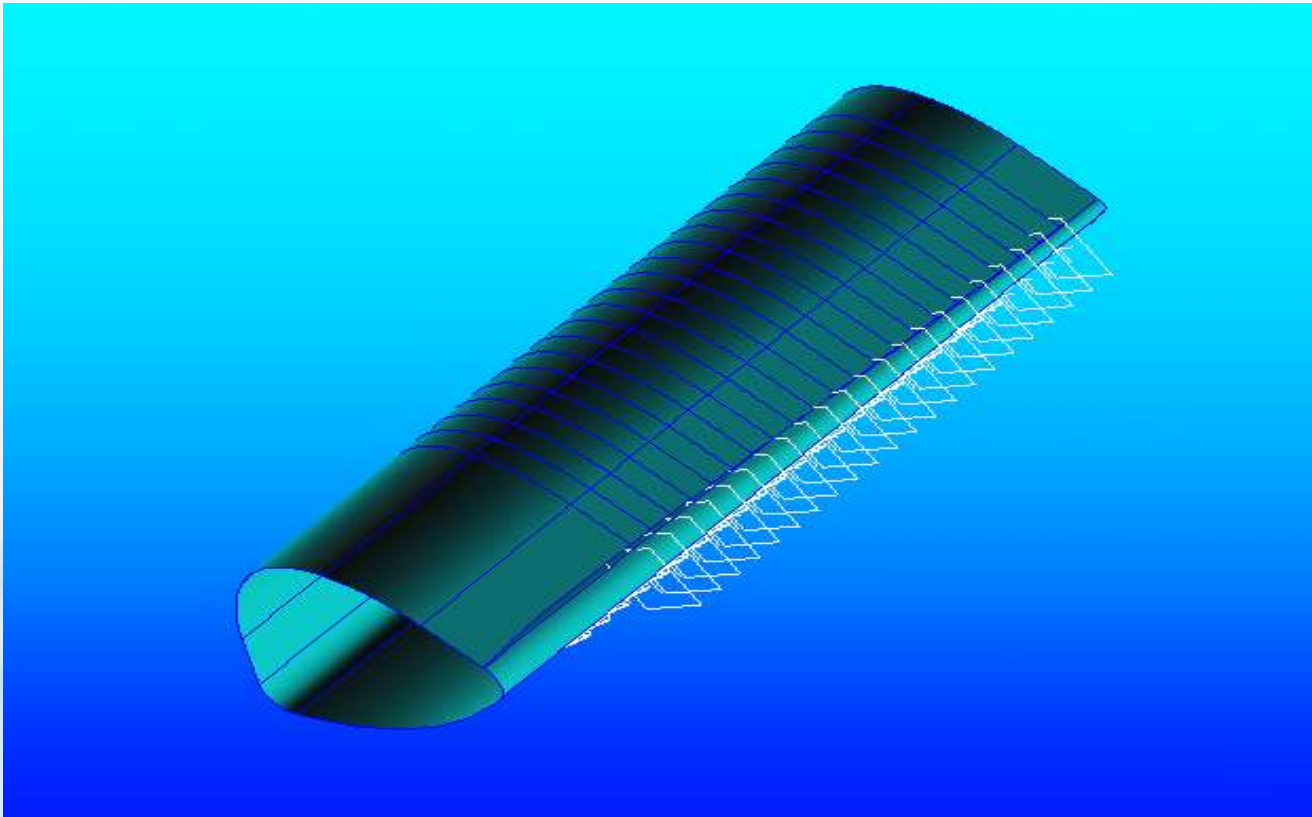


Рис.1. Модель корпуса, разбитая на участки в среде MSC Patran.

Построенная и разбитая на участки модель авиационной конструкции разбивается на узлы.

Координаты точек теоретического контура корпуса переносятся в комплекс Microsoft Excel, где и производится расчет перемещений, напряжений, прочности:

- *перемещения определяются с помощью решения балочной конечно-элементной задачи в плоской постановке;*
- *напряжения определяются по гипотезе плоских сечений исходя из нагрузок и геометрических характеристик сечений;*
- *прочность рассчитывается исходя из характеристик материала и статической устойчивости элементов конструкции;*

**В качестве исходных данных используются:**

- *координаты точек теоретического контура;*
- *геометрические характеристики поперечных сечений шпангоутов;*
- *характеристики материала для различных температур.*

Материал конструкции – титановый сплав.

Температура до 700 град. С.

**Нагрузки:**

- *давление порядка 6-8 атм.;*
- *перегрузки до 30g по продольной оси, поперечные значительно меньше.*



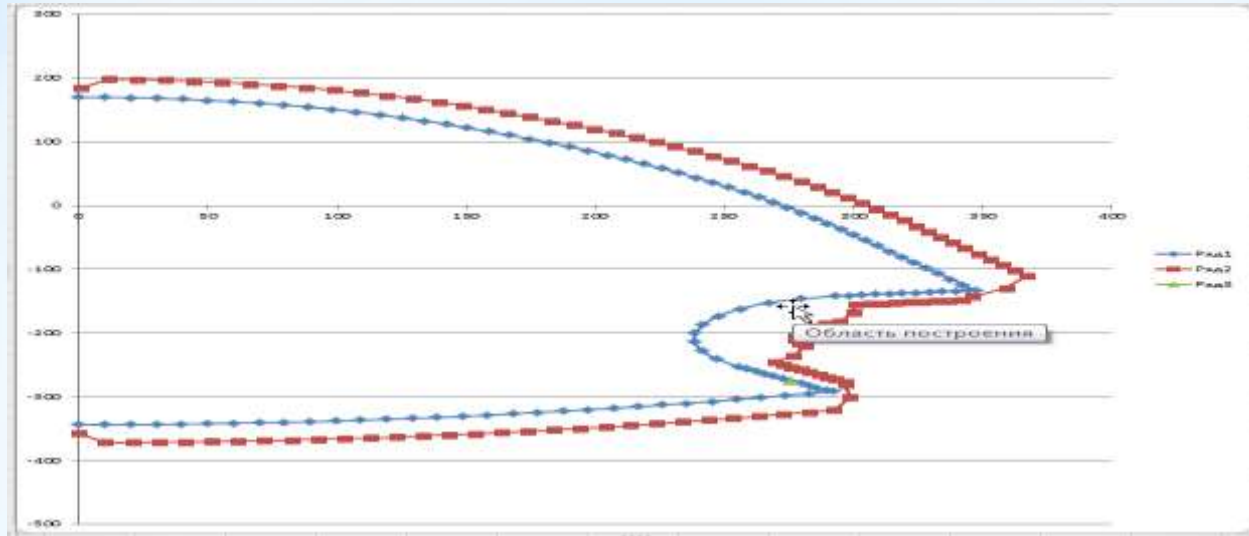


Рис.2. Теоретический контур корпуса и нагрузки, действующие на корпус, построенные в Microsoft Excel.

На рис.2. «ряд 1» (синий цвет) представляет собой узлы контура корпуса авиационной конструкции, «ряд 2» (красный цвет) представляет нагрузки, действующие на корпус. Перемещения определяются с помощью решения балочной конечно-элементной задачи в плоской постановке. Они вызываются нагрузками, действующими на теоретические контур корпуса.

С помощью программной процедуры VBA считается площадь сечения, запасы прочности, момент инерции, расположение центров тяжести поперечных сечений подкрепляющих элементов шпангоутов.

Вариацией геометрических характеристик определяется оптимальный набор сечений, удовлетворяющий критериям прочности и жесткости конструкции.

Требования прочности и жесткости конструкции:

- минимальный коэффициент запаса прочности превышал 1,00;
- приведенная толщина обшивки шпангоута не превышала 4 мм;
- максимальное перемещение не более 2.5 мм;
- отношение изменения площади поперечного сечения шпангоута в деформированном состоянии к длине контура поперечного сечения не превышало 1 мм.



Эпюра продольных сил приведена на рис.3. Эпюра моментов представлена на рис.4:

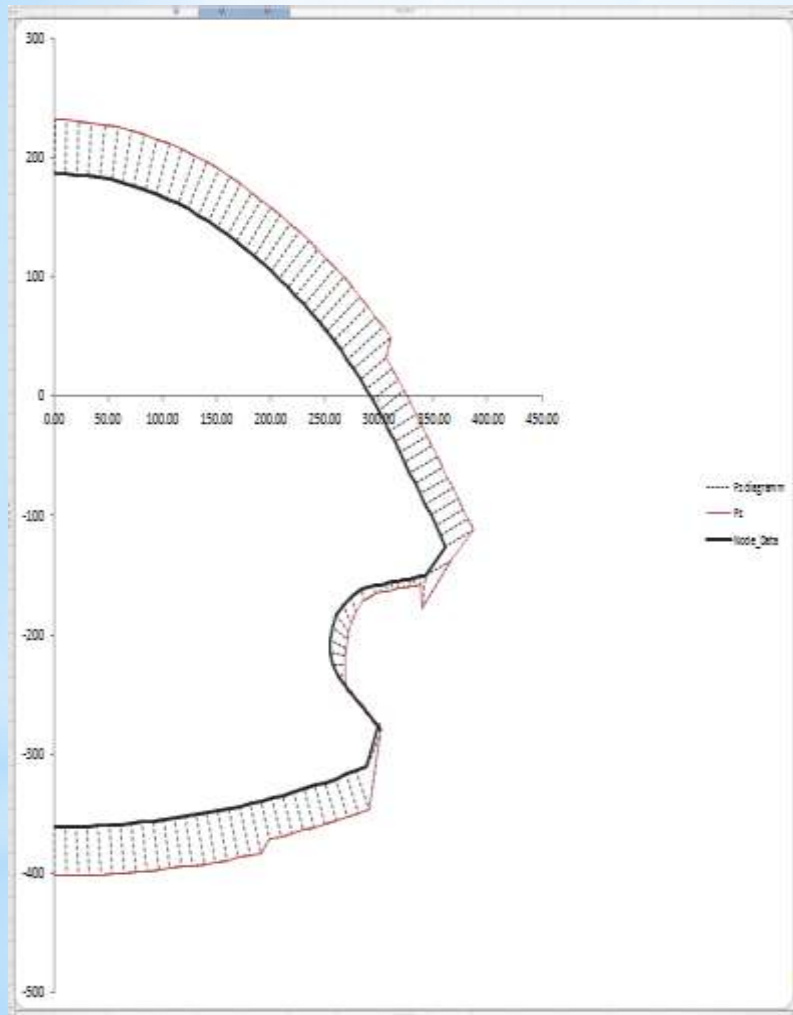


Рис.3. Эпюра продольных сил

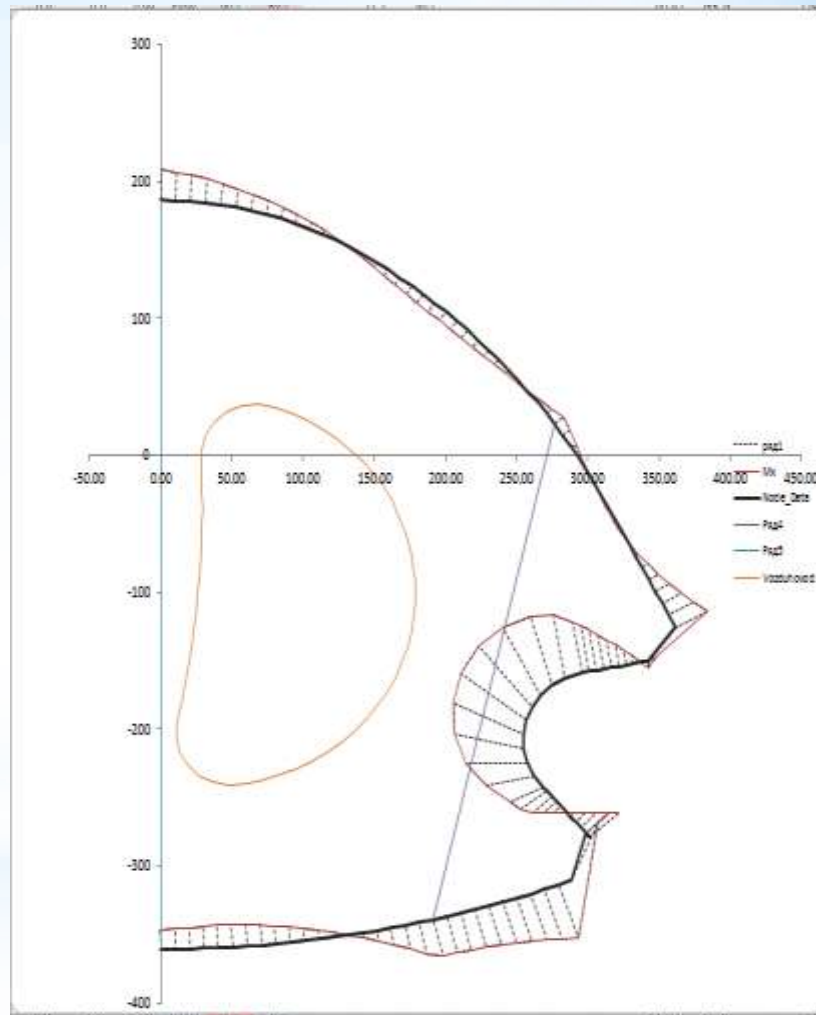


Рис.4. Эпюра Моментов

С целью уменьшения веса всей конструкции выполняется программная оптимизация поперечных сечений силового набора и расположения стяжек шпангоутов. В качестве целевой функции используется толщина обшивки. На рис.4, представленном выше, с помощью «ряд 4» показана стяжка.

На рис. 5 показаны напряжения и коэффициенты запаса прочности. В качестве предельно-допустимого напряжения принималось значение в зеленой ячейке на рис.5:

	y1 =	17.08947	
	y2 =	-23.9105	
	$s1 = -Mx*y1/lx+Px/A =$	20.6	kgs/mm <sup>2</sup>
	$s2 = -Mx*y2/lx+Px/A =$	-3.5	kgs/mm <sup>2</sup>
	sd =	31	kgs/mm <sup>2</sup>
		1.51	
		8.82	

Рис.5. Напряжения и коэффициенты запаса прочности.

## **Заключение**

Проведенные расчеты корпуса высоконагруженной авиационной конструкции показали сходства полученных результатах между аналитическим расчетом по балочной теории, и методом конечных элементов.

Главным недостатком аналитического расчета является то, что он не учитывает некоторых особенностей геометрии рассчитываемой детали и локальных перераспределений напряжений в местах влияния граничных условий. При расчете методом конечных элементов получаемые данные отличаются большей точностью.