



Российские САЕ-системы на службе промышленности²⁰²⁰

АО "Военно-промышленная корпорация "Научно-производственное объединение машиностроения"

Расчет на прочность корпуса адаптера летательного аппарата в САПР АРМ WinMachine

Авторы: Налиткин О.Н., Каверин В.А., Елчев А.В., Коган Е.И., Рожков Д.А.



Докладчик: Сергей Розинский



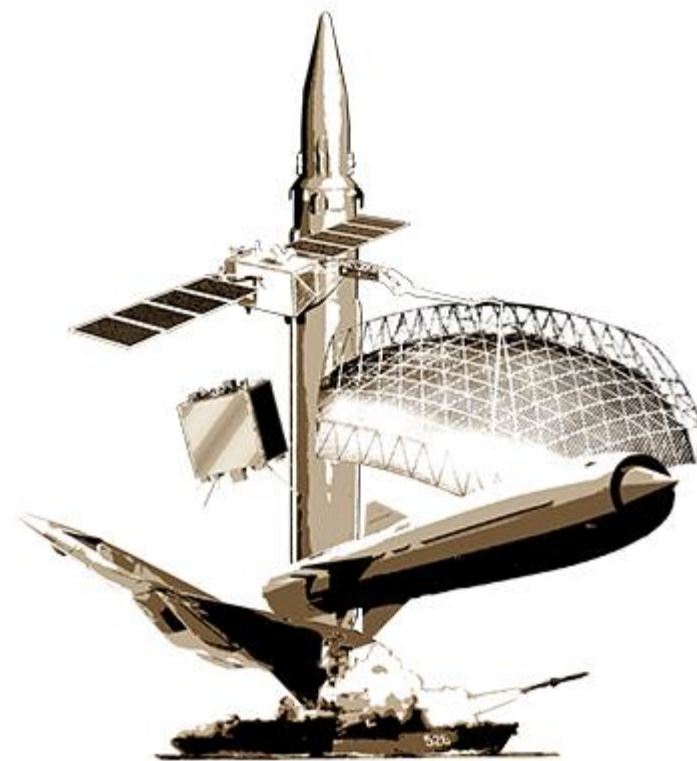
Акционерное общество "Военно-промышленная корпорация "Научно-производственное объединение машиностроения" является одним из ведущих ракетно-космических предприятий России. Как головное предприятие в многопрофильной кооперации обеспечивает Вооруженные Силы страны новейшими видами военной техники.

О предприятии



Основные направления деятельности

- Боевые комплексы с крылатыми ракетами
- Стратегические ракетные комплексы и ракеты-носители
- Космические комплексы, системы и аппараты
- Информационные технологии, возобновляемая энергетика и интегрированные инновационные продукты технологий двойного применения



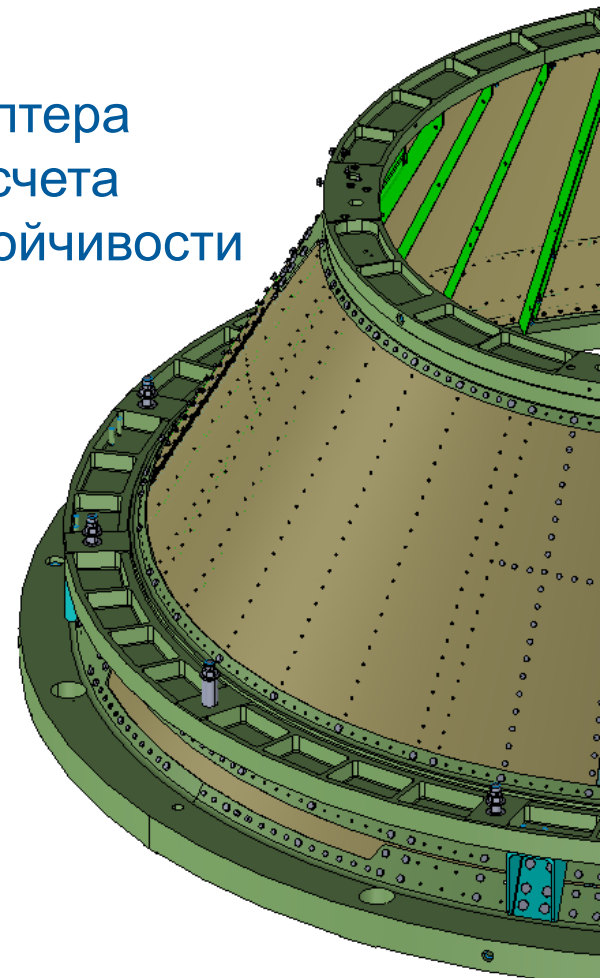
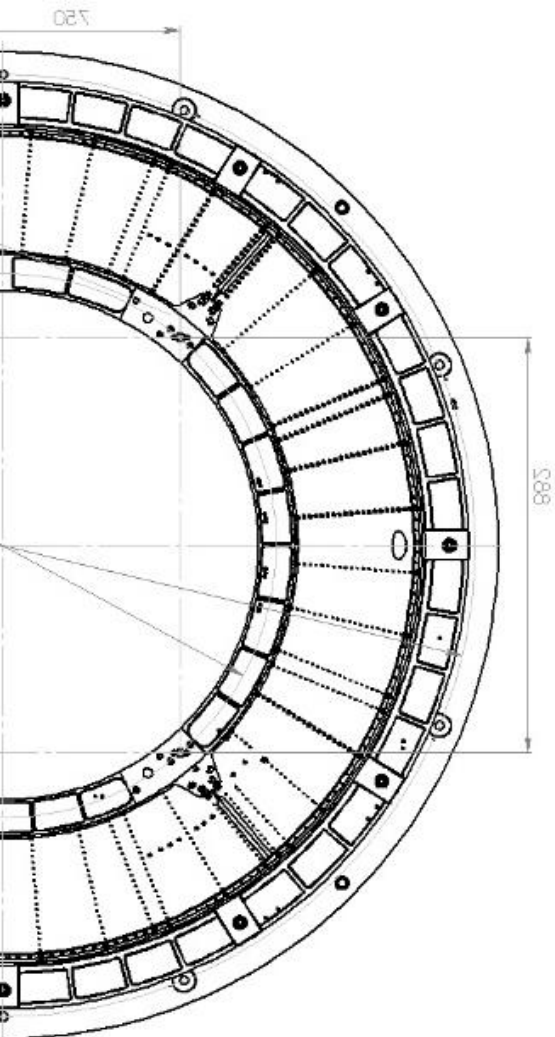
<http://www.npomash.ru/activities/ru/nprav1.htm>



Цель работы

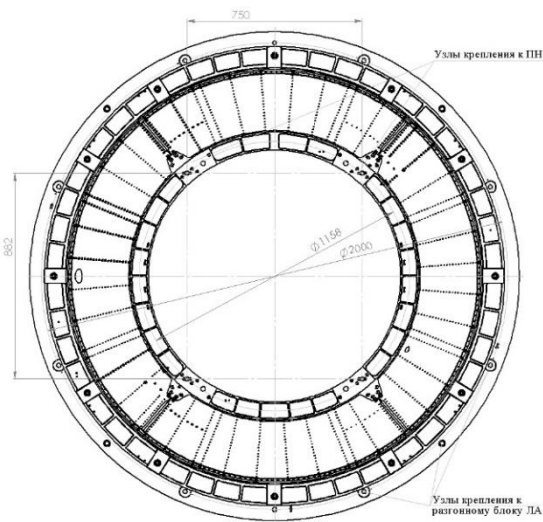
Цель работы - моделирование конструкции корпуса адаптера летательного аппарата (ЛА), выполнение проектного расчета напряженно-деформированного состояния и потери устойчивости в линейной постановке.

Кроме того, **необходимо** провести оценку правильности **выбранной конструктивно-силовой схемы адаптера** и геометрических параметров шпангоутов и силового набора подкрепления обшивки.

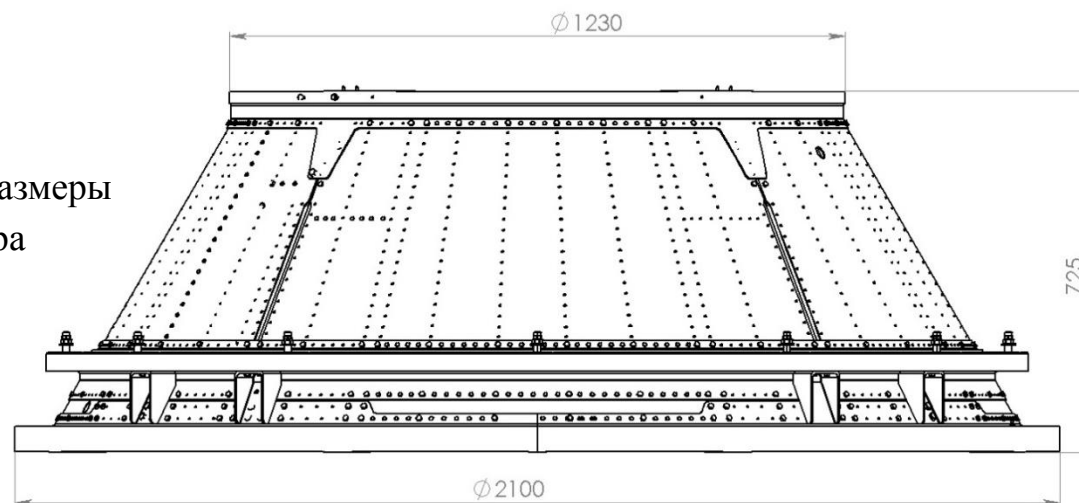


Конструкция адаптера

Корпус адаптера предназначен для присоединения полезной нагрузки (ПН) к ЛА. Он является несущей конструкцией, обеспечивающей силовую, механическую и электрическую связи ПН с разгонным блоком ЛА.



Общие габаритные размеры
корпуса адаптера

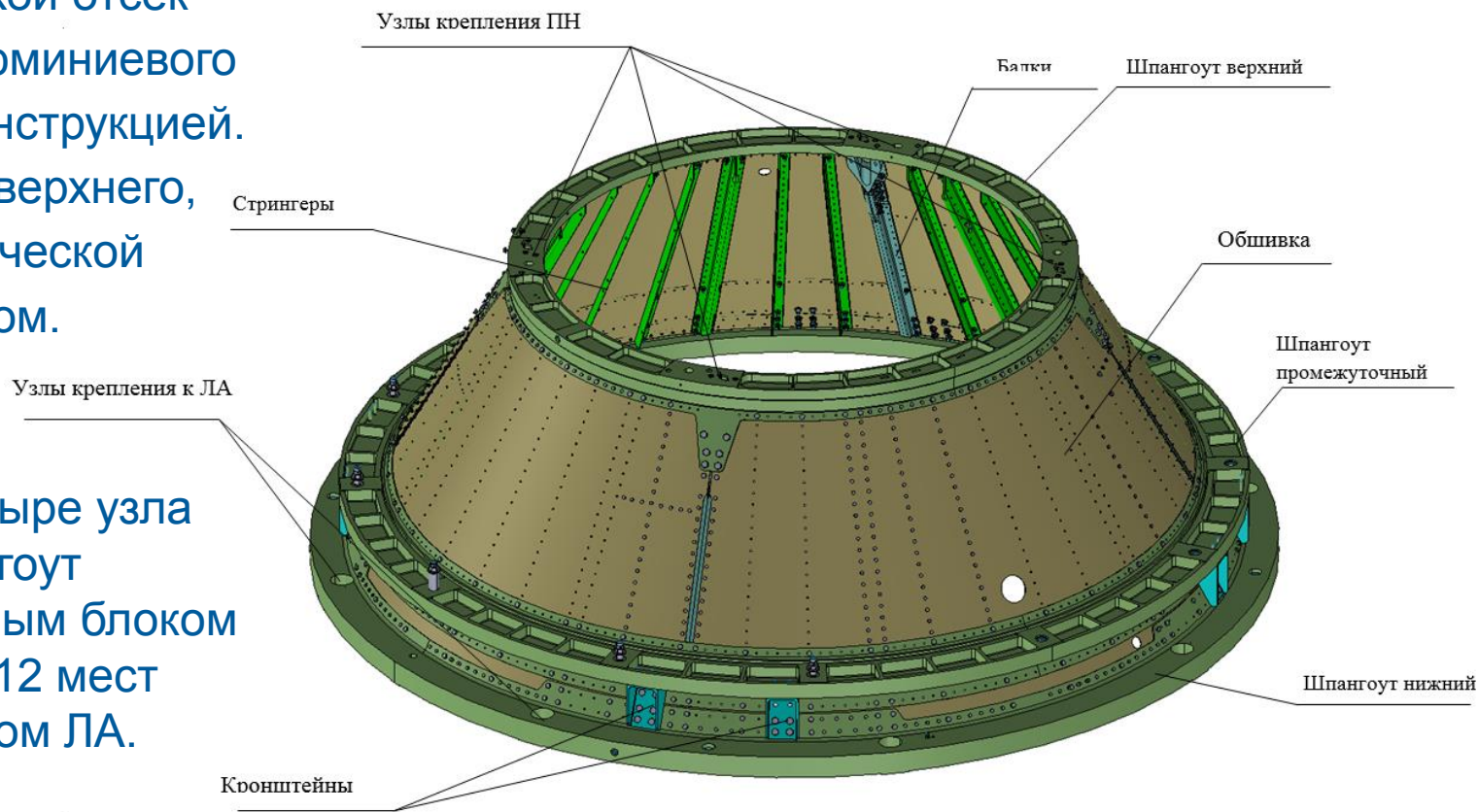


Корпус адаптера соединяется с ПН с помощью системы разделения, а с разгонным блоком ЛА при помощи болтового соединения. Боковая поверхность корпуса адаптера позволяет установить на неё различное навесное оборудование.

Конструкция адаптера

Корпус адаптера представляет собой сухой отсек конической формы, выполненный из алюминиевого сплава, и является клепано-болтовой конструкцией. Каркас адаптера состоит из шпангоутов верхнего, нижнего, промежуточного и гладкой конической оболочки с силовым стрингерным набором.

На верхнем шпангоуте расположены четыре узла крепления ПН. Нижний (по полету) шпангоут обеспечивает фланцевый стык с разгонным блоком ЛА. На нижнем шпангоуте расположено 12 мест болтового соединения с разгонным блоком ЛА.

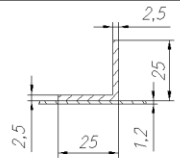
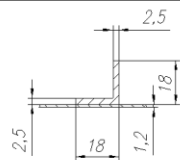
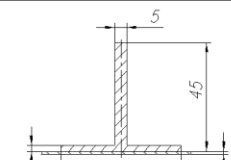
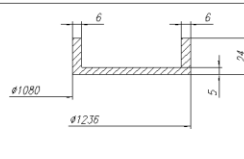
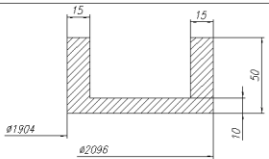
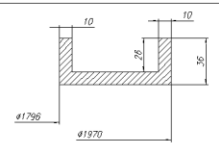


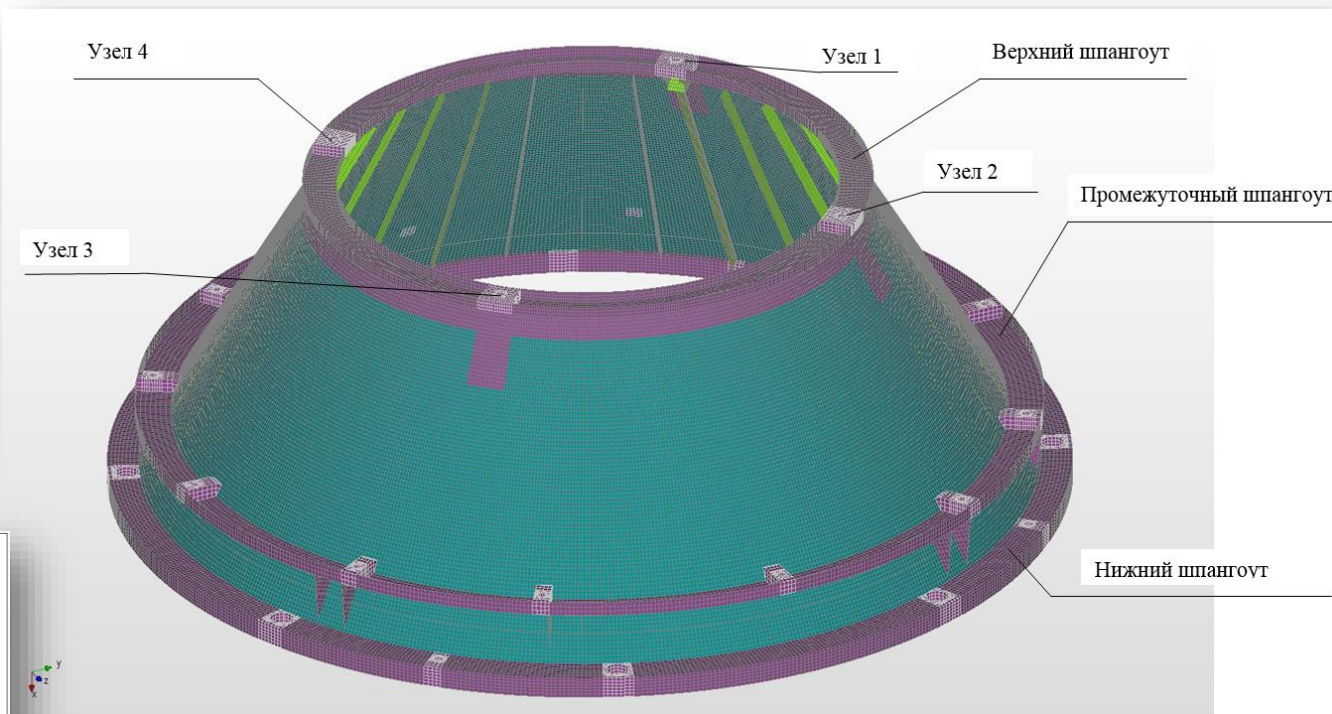


Расчетная конечно-элементная модель в APM Structure3D

Проектный расчет прочности конструкции корпуса адаптера произведен в САПР APM WinMachine компании НТЦ «АПМ».

Расчетная модель состоит из: шпангоутов верхнего, нижнего и промежуточного, а также обшивки подкрепленной силовыми элементами, балками и стрингерами.

		
<p>Стрингер №1</p>  <p>Шпангоут верхний</p>	<p>Стрингер №2</p>  <p>Шпангоут нижний</p>	<p>Балка</p>  <p>Шпангоут промежуточный</p>



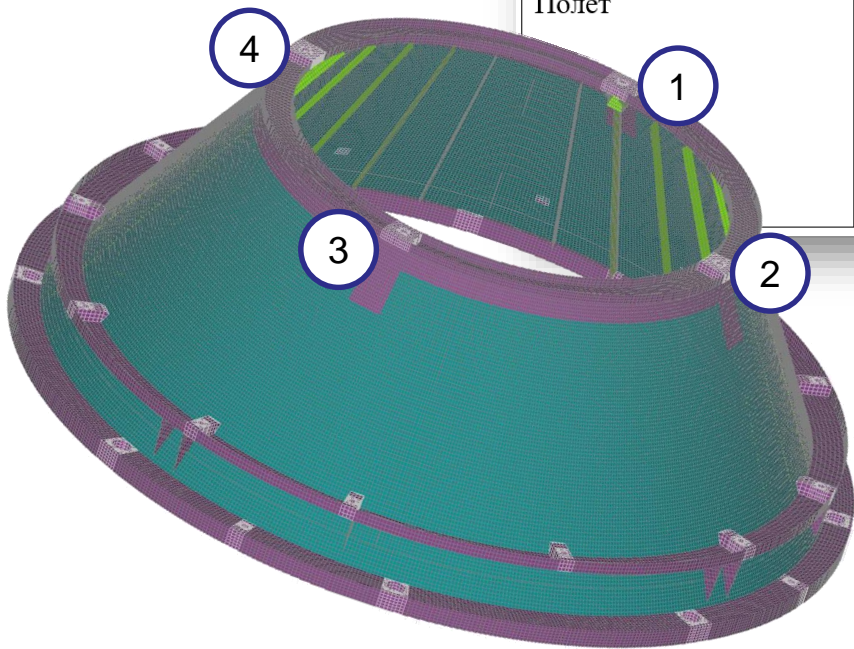
Обшивка, стрингеры, балки, шпангоуты моделировались **пластинчатыми элементами**.

Локальные места креплений и приложения точечных сил моделировались **объемными элементами**.



Варианты нагружения и свойства применяемых материалов

Вариант нагружения	Номер узла	F_x, H	F_y, H	F_z, H	Коэффициент безопасности, f
Автотранспортирование	1	9440	7130	4120	1,5
	2	16710	7000	2000	
	3	9020	-450	2090	
	4	3620	890	790	
Полет	1	5860	710	-1160	1,3
	2	13090	1620	4220	
	3	17690	-4150	4630	
	4	10890	-2890	-2000	

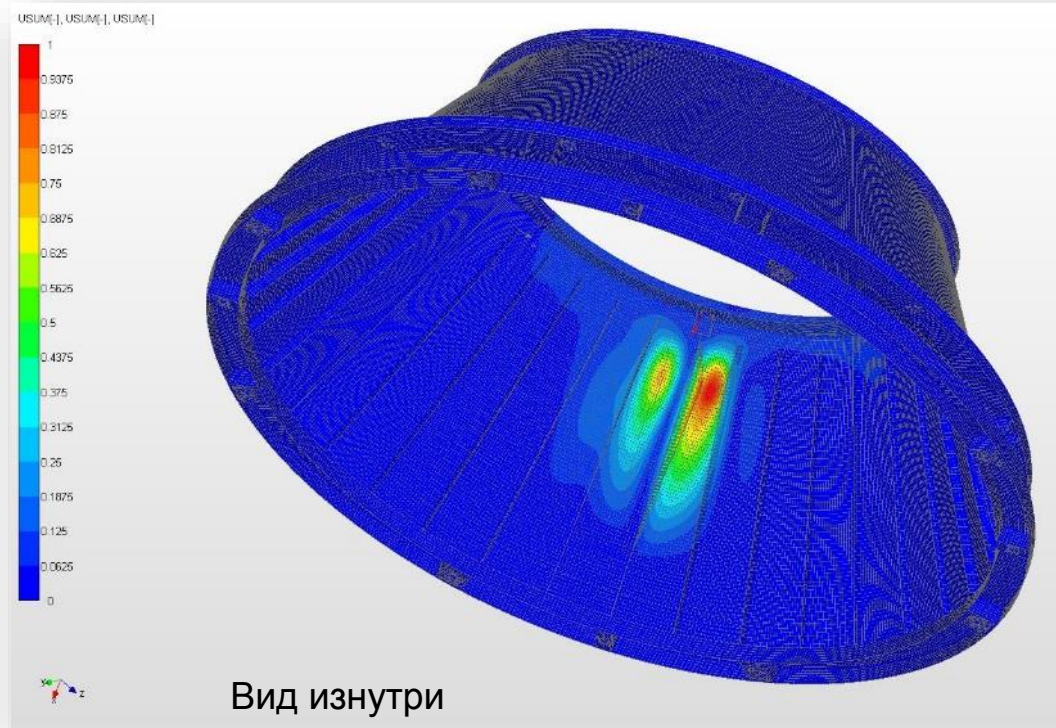
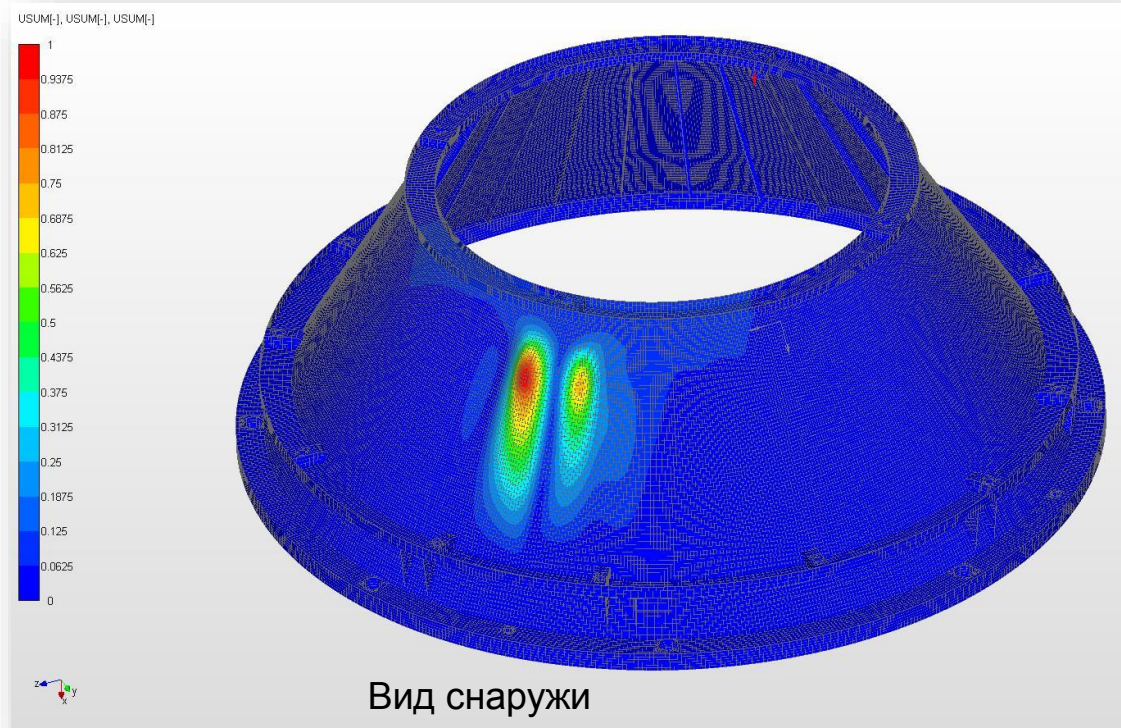


Элемент конструкции	Материал	E МПа	σ_B МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	τ_B МПа
Шпангоут верхний, нижний и промежуточный	Сплав алюминиевый АК4-1Т1	72000	370	260	228
Балки и стрингеры корпуса адаптера	Сплав алюминиевый Д16.М	72000	250	-----	150
Обшивка корпуса адаптера	Сплав алюминиевый Д19А.Т	68000	400	255	240
Кронштейны	Сплав алюминиевый АМг6	68000	310	150	180



Результаты расчета

Вариант 1. Автотранспортирование корпуса адаптера в составе ЛА.
Расчет на устойчивость



Коэффициент запаса по устойчивости, в результате расчета, получился равным $\eta = 1,43$. Потеря устойчивости происходит в районе узла №2 крепления ПН, в зоне действия максимальной нагрузки. Устойчивость теряет обшивка и балка под узлом.

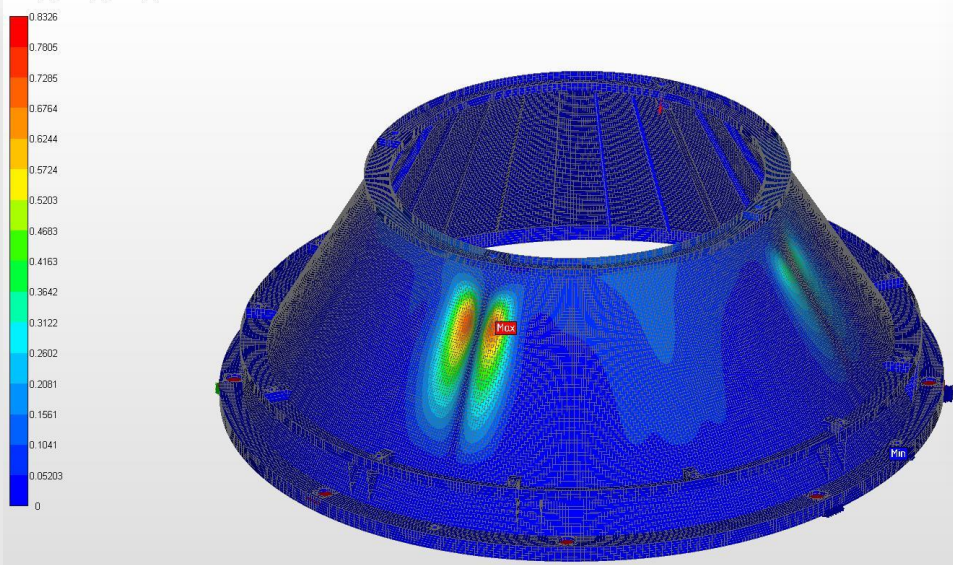


Результаты расчета

Вариант 1. Автотранспортирование корпуса адаптера в составе ЛА.
Статический расчет

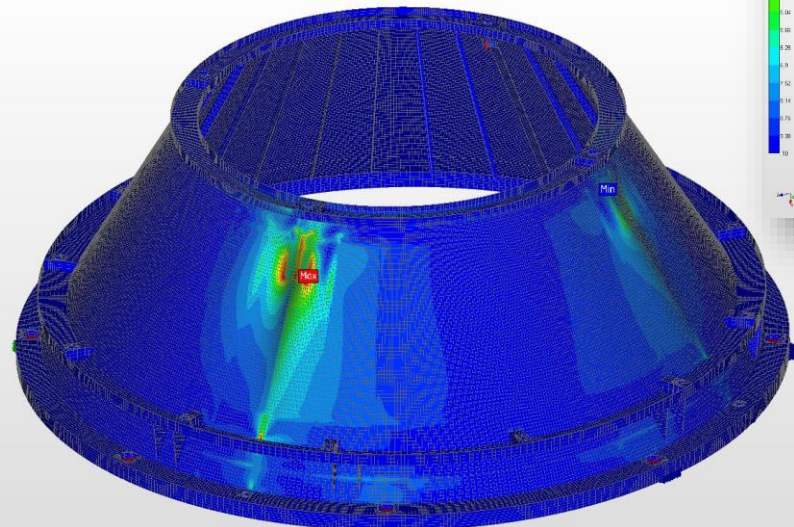
Максимальные перемещения составляют $\sim 0,8$ мм

USUM[мм], USUM[мм], USUM[мм]



SVM[N/mm²], SVM[N/mm²], SVM[N/mm²]

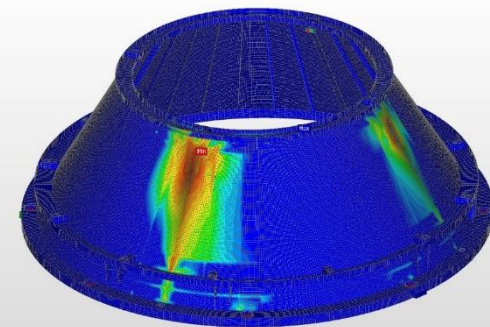
350
328.1
306.3
284.4
262.5
240.6
218.8
196.9
175
153.1
131.3
109.4
87.5
65.63
43.75
21.88
1.682e-05



Максимальные эквивалентные напряжения реализуются в зоне узла № 2

Коэф. запаса по прочности (Safety Factor) [1], Коэф. запаса по прочности (Safety Factor) [1], Коэф. запаса по прочности (Safety Factor) [1]

1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000
1.000

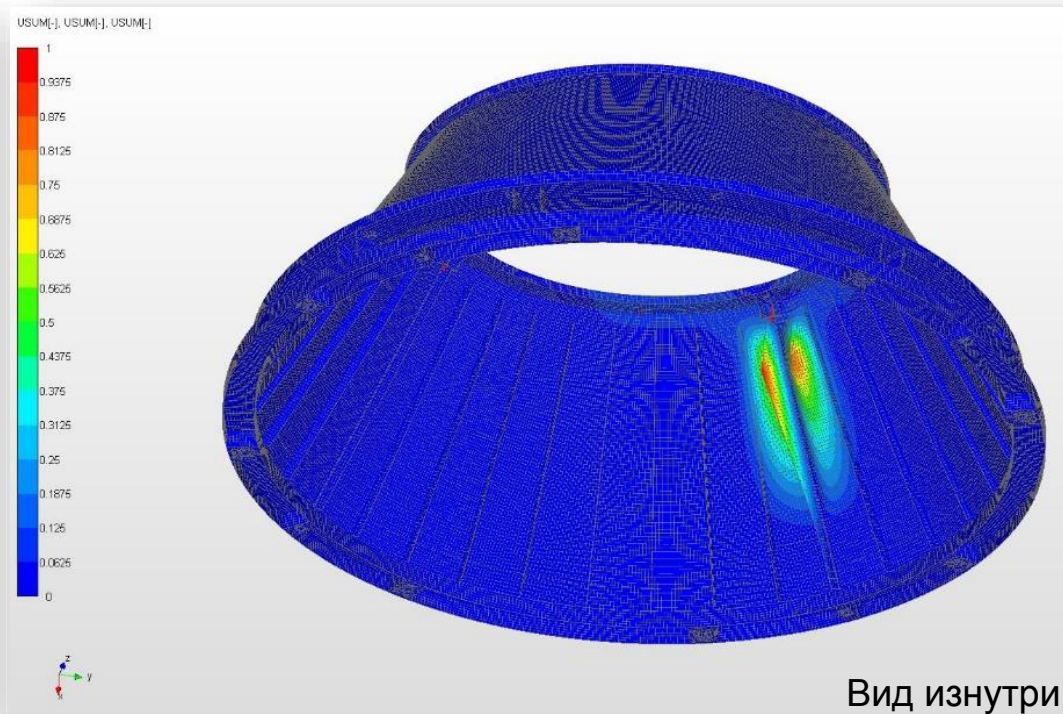
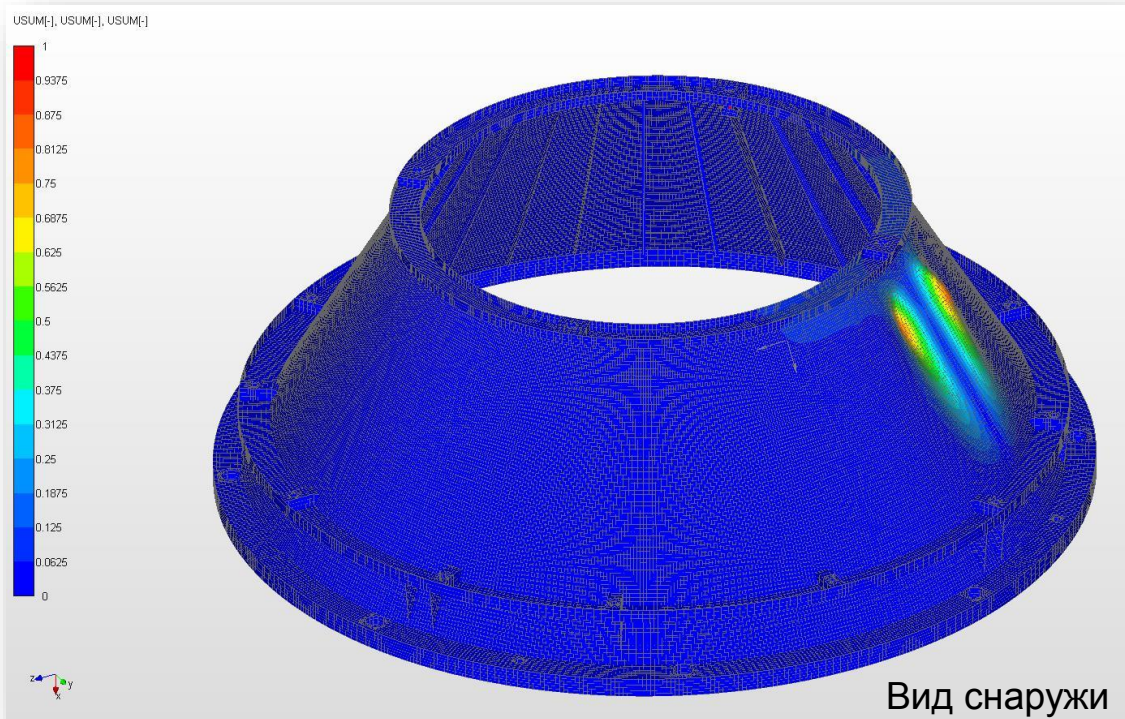


Минимальные коэф. запаса реализуются в зонах крепления ПН к корпусу адаптеру



Результаты расчета

Вариант 2. Полетный случай, при выведении на ЛА при максимальных продольных перегрузках.
Расчет на устойчивость



Коэффициент запаса по устойчивости, в результате расчета, получился равным $\eta = 4,3$.

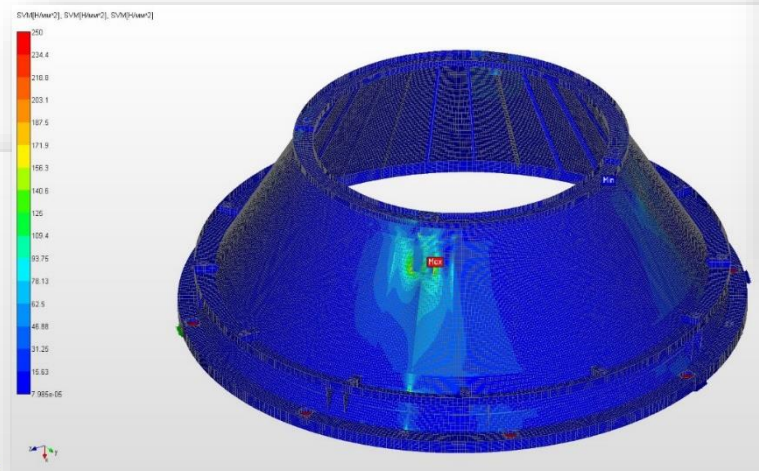
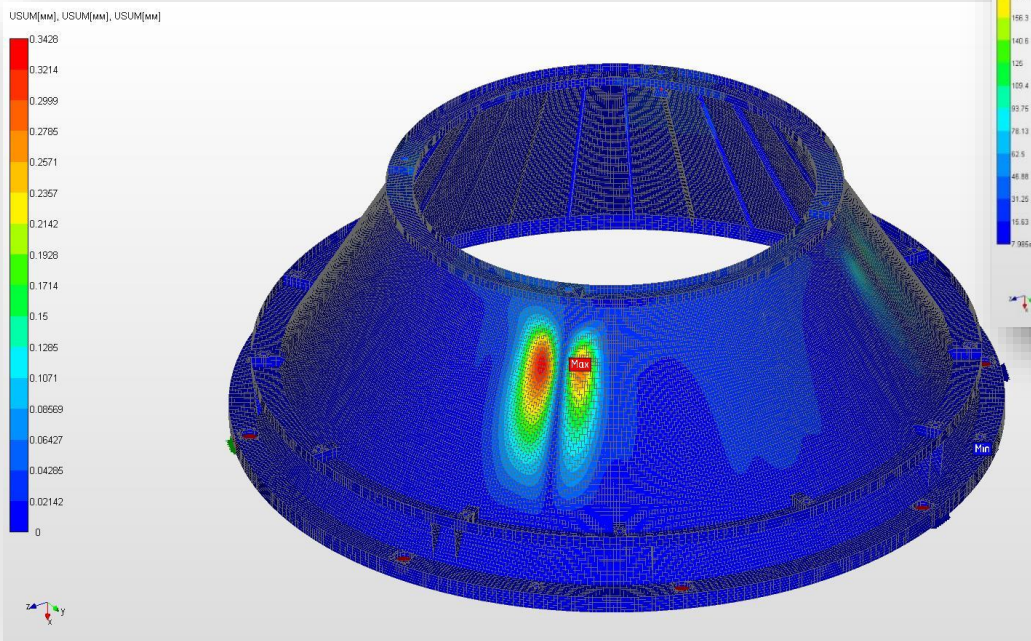
Потеря устойчивости происходит в районе узла №1 крепления ПН. Устойчивость теряет обшивка и балка под узлом.



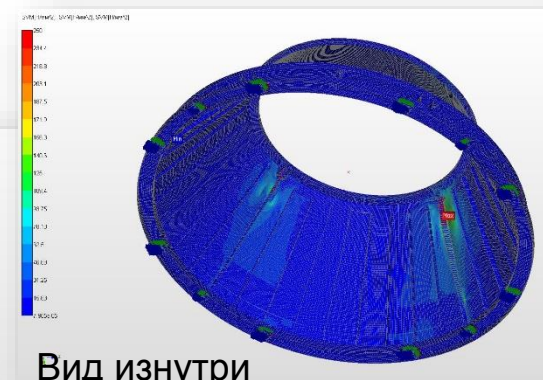
Результаты расчета

Вариант 2. Полетный случай, при выведении на ЛА при максимальных продольных перегрузках.
Статический расчет

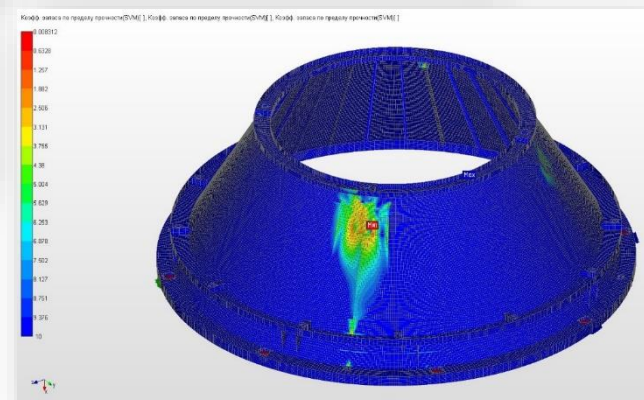
Максимальные перемещения составляют $\sim 0,3\text{мм}$



Максимальные напряжения реализуются в месте крепления ПН и в стенке балки под узлом



Вид изнутри



Минимальные коэф. запаса реализуются в зонах крепления ПН к корпусу адаптера



Выводы

В целом конструктивно-силовая схема выбрана правильно. Однако есть возможность её оптимизации!

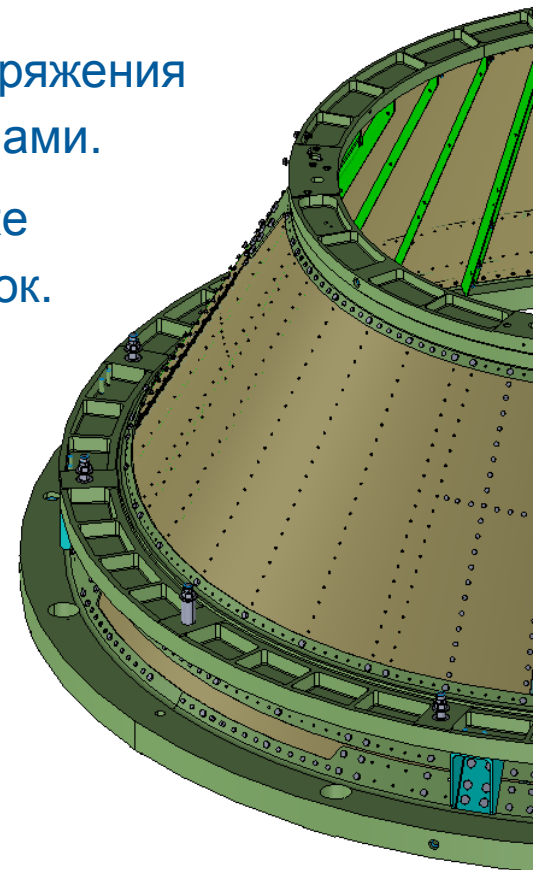
В случае автотранспортирования корпуса адаптера в составе ЛА и полетном случае, при выведении на ЛА при максимальных продольных перегрузках, максимальные напряжения реализуются в локальных местах, в узлах крепления ПН и продольных балках под узлами.

Для снижения напряжений в балках и узлах крепления ПН необходимо, при разработке конструкции изменить их геометрические параметры, увеличив толщину и высоту балок.

С целью повышения устойчивости корпуса адаптера и снижения его массы возможно изменение конструктивно-силовой схемы размещения балок и стрингеров под узлами присоединения ПН.

Эквивалентные напряжения в обшивке, стрингерах и шпангоутах, вне зон действия локальных сил от ПН, не превышают 100 МПа. Запас прочности превышает $\eta > 2,5$.

С целью уменьшения массы конструкции, геометрические параметры шпангоутов, стрингеров могут быть оптимизированы.





Спасибо за внимание!

