

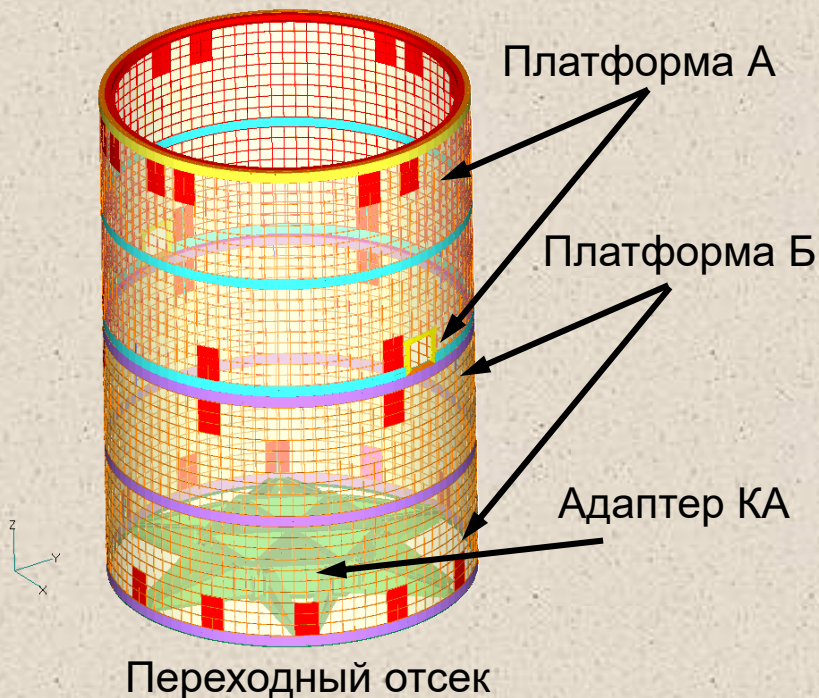
**АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ОТСЕКОВ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ,
ПОЛУЧЕННЫХ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ
НАЗЕМНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ОТРАБОТКИ**

В настоящее время особый интерес представляет задача обоснования возможности использования в летных изделиях материальной части, прошедшей наземную экспериментальную отработку. В работе рассмотрена актуальная тема определения и анализа напряженно-деформированного состояния элементов ракеты-носителя (РН), полученных в ходе проведения наземной экспериментальной отработки (НЭО). Конечной целью работы являлось принятие обоснованного технического решения о допуске отсеков и составных частей РН, прошедших НЭО, в состав летного изделия.

Предмет анализа

Рассмотрим решение данной задачи на примере переходного отсека и адаптера космического аппарата (КА) головной части РН.

Переходный отсек - цилиндрический отсек, состоящий из платформ А и Б. Корпуса платформ А и Б - цилиндрические отсеки, состоящие из торцевых шпангоутов и вафельной оболочки. Адаптер КА представляет собой звездообразную раму клепаной конструкции, состоящую из центрального силового шестиугольника швеллерного сечения и отходящих от его углов стрингеров двутаврового сечения переменной высоты, образующих лучи звезды. Вершины лучей с помощью фитингов закрепляются на торцевом шпангоуте платформы Б переходного отсека. Материал переходного отсека и адаптера КА – алюминиевый сплав. Общий вид переходного отсека и адаптера КА приведен на рисунке.

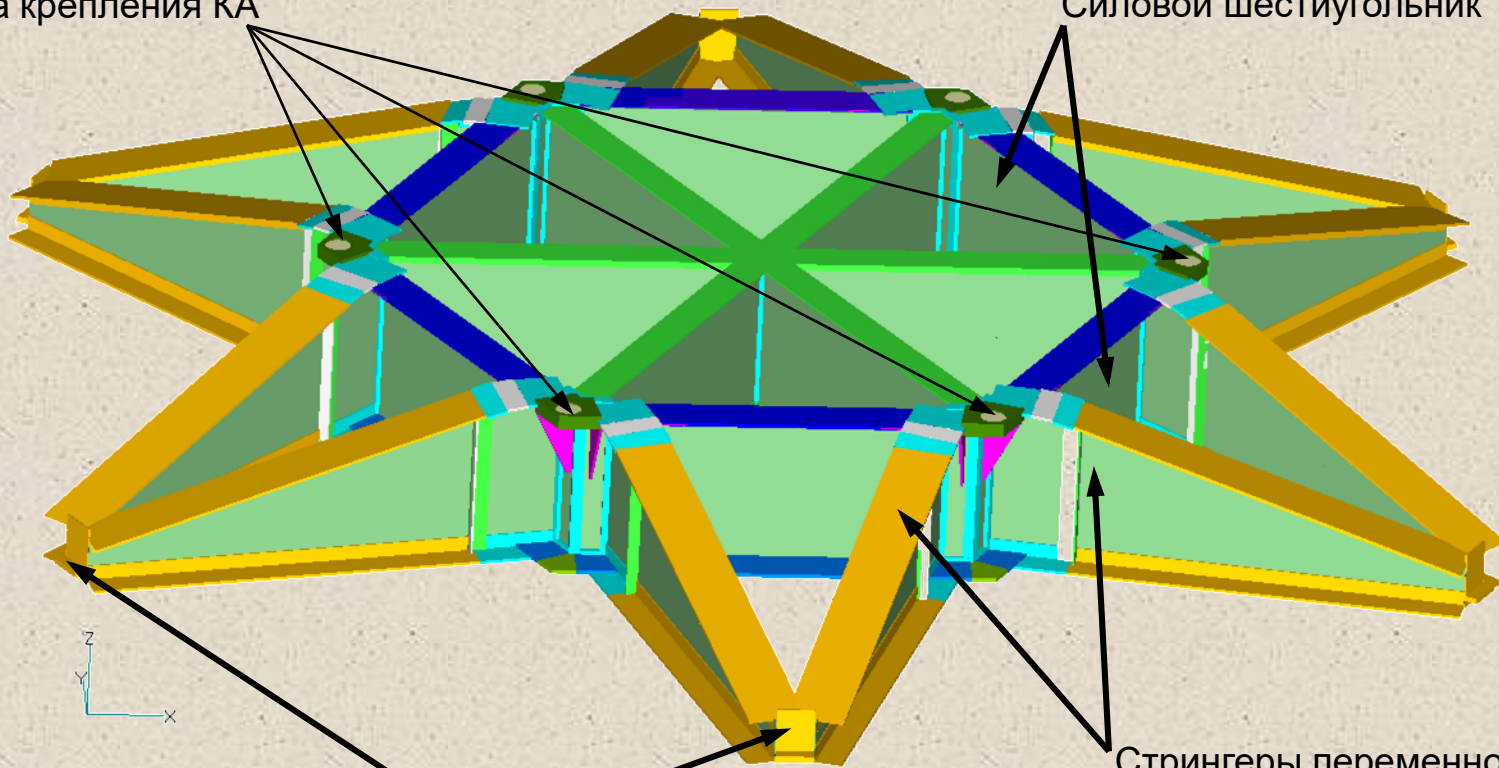


Конструкция переходного отсека с адаптером КА прошла статические испытания, в ходе которых нагружалась системой осевых и поперечных сил на расчетные случаи нагружения: «Транспортировка» и «Полет». В процессе испытаний были проведены измерения относительных деформаций в элементах конструкции вафельных обечаек и адаптера КА, а также измерения перемещений контрольных сечений головной части.

Адаптер КА

Места крепления КА

Силовой шестиугольник



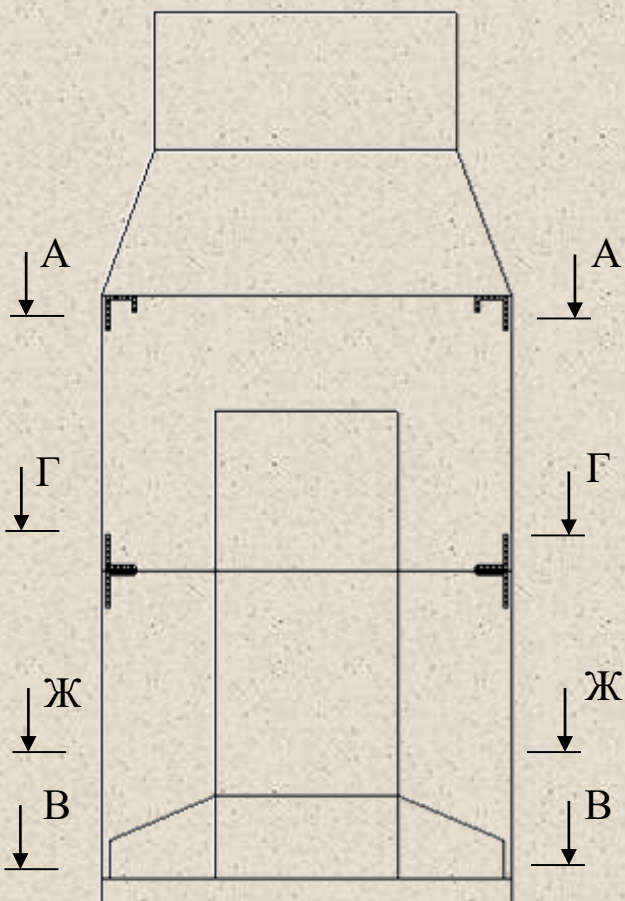
Стрингеры переменной высоты

Места крепления адаптера КА на торцевом шпангоуте КГЧ

Проведение испытаний

Конструкция КГЧ испытывалась системой осевых и поперечных сил на расчетные случаи нагружения: «Транспортировка» и «Полет».

Нагружение проводилось этапами по 25% эксплуатационной нагрузки. Всего 8 этапов для случая «Транспортировка» и 6 этапов для случая «Полет». На каждом этапе нагружения производились измерения деформаций и перемещений. Ниже приведены схемы расстановки тензорезисторов и датчиков перемещений на платформах А и Б.



Проведение испытаний



Датчики перемещения.
Транспортировка.

Датчики перемещения.
Полет.

Тензорезисторы.
Транспортировка и Полет.

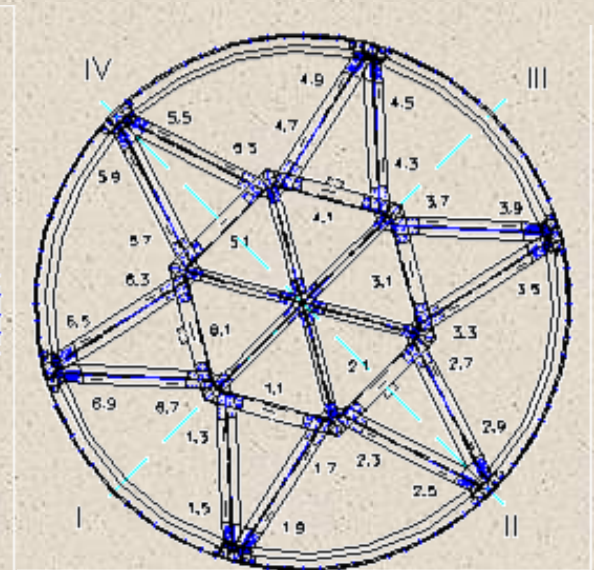
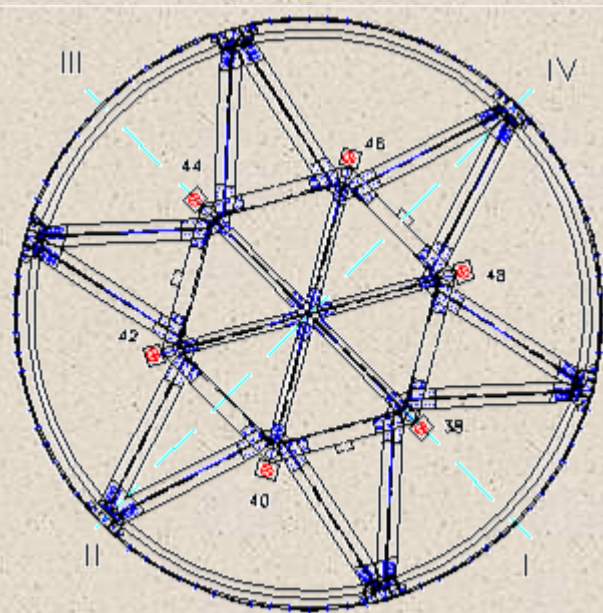
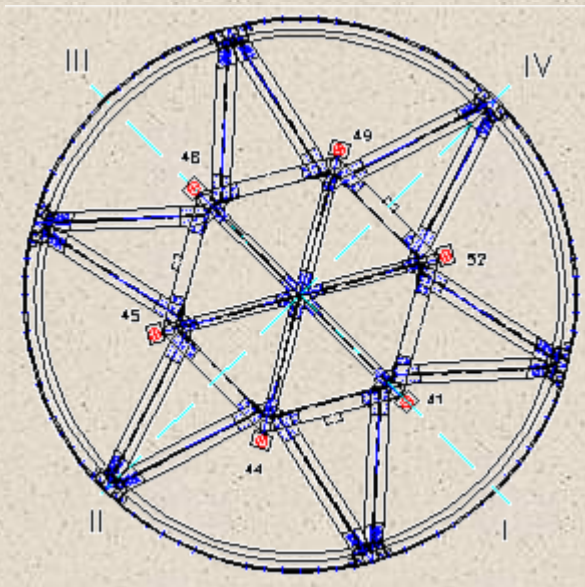
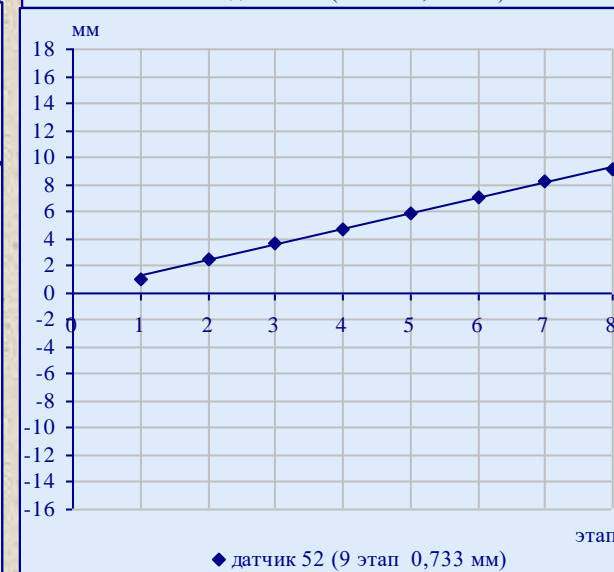
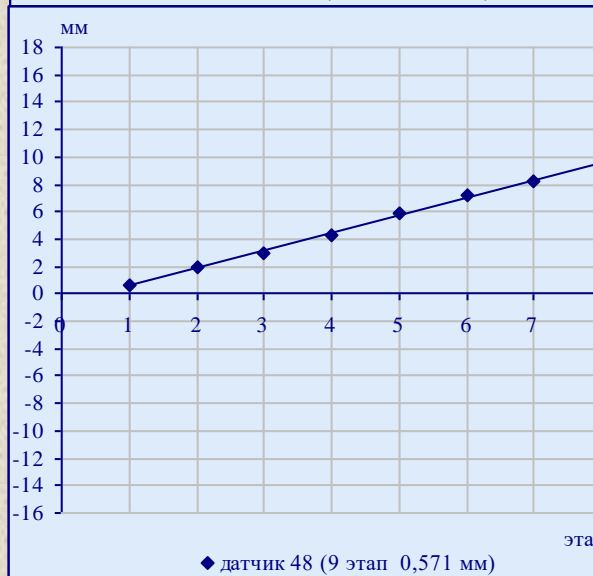
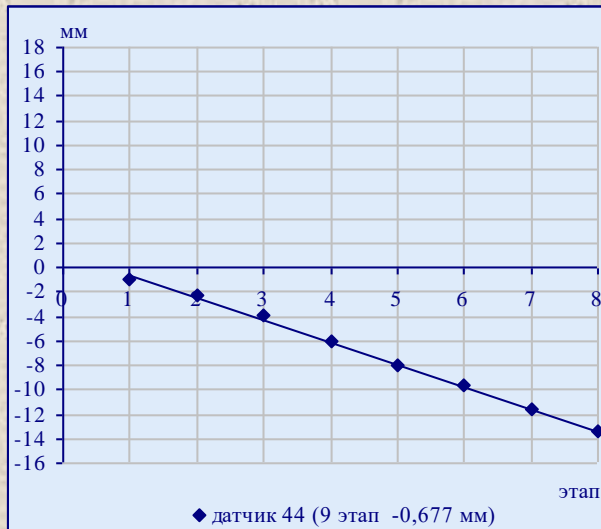
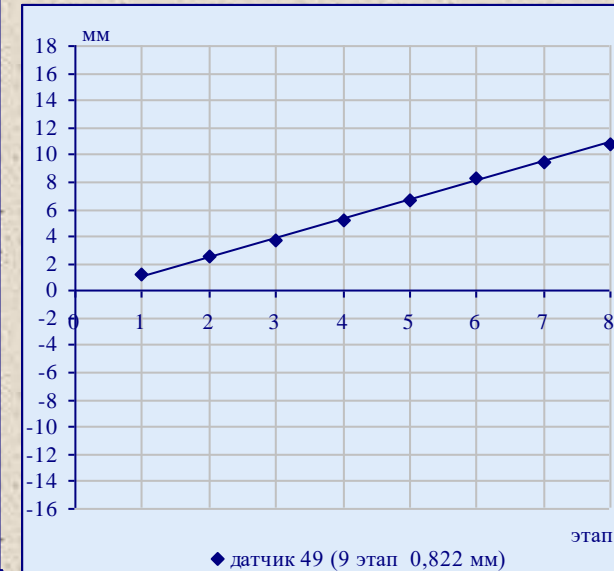
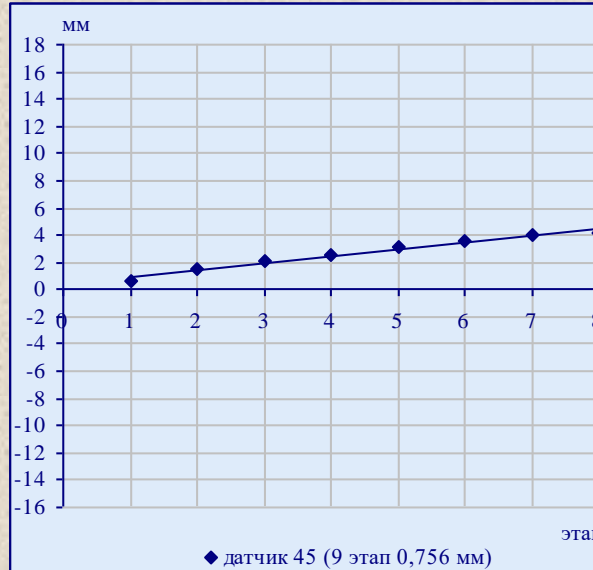
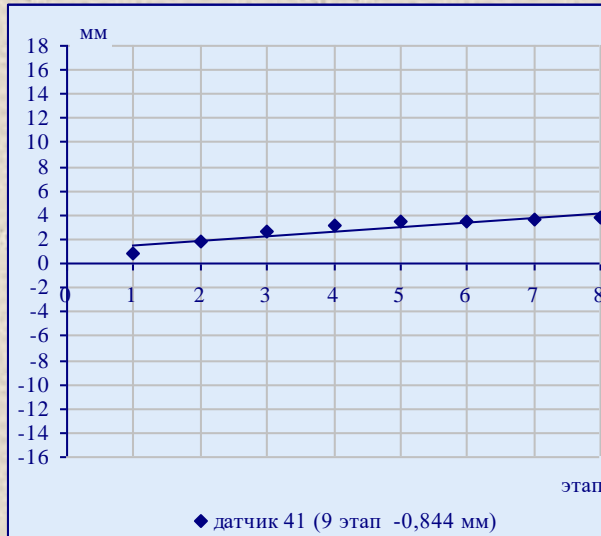


Схема расстановки и нумерация датчиков перемещений и деформаций на адаптере при проведении испытаний

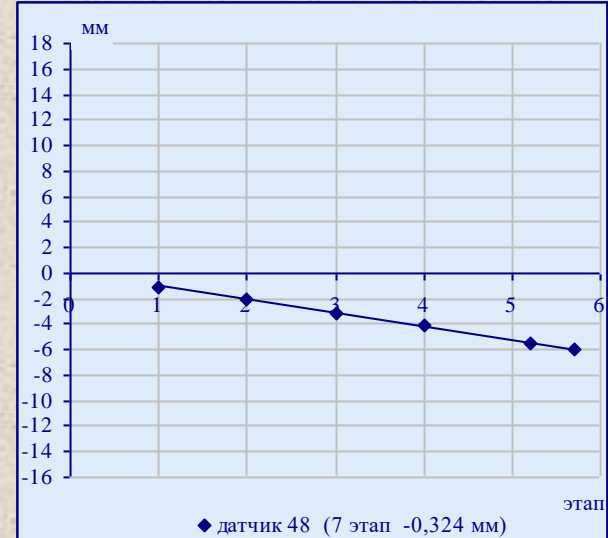
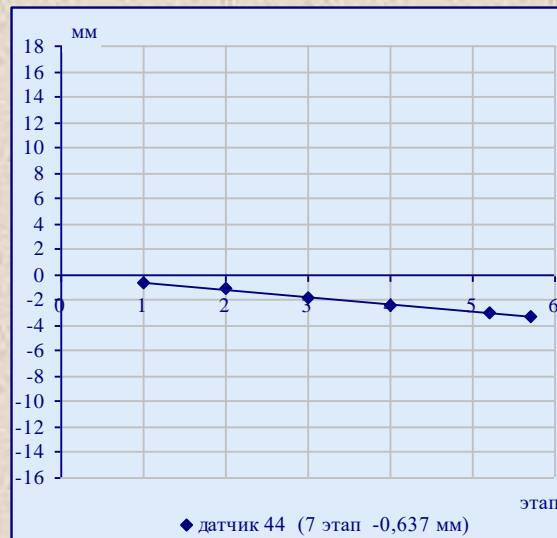
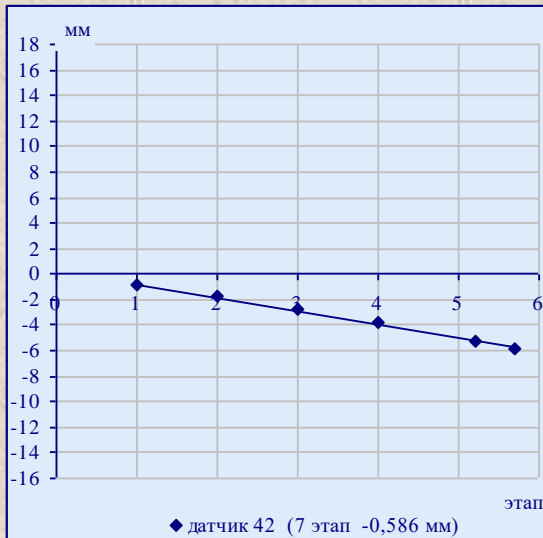
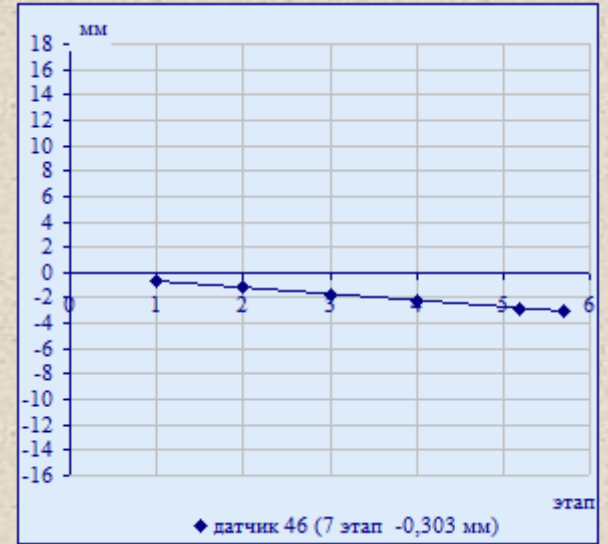
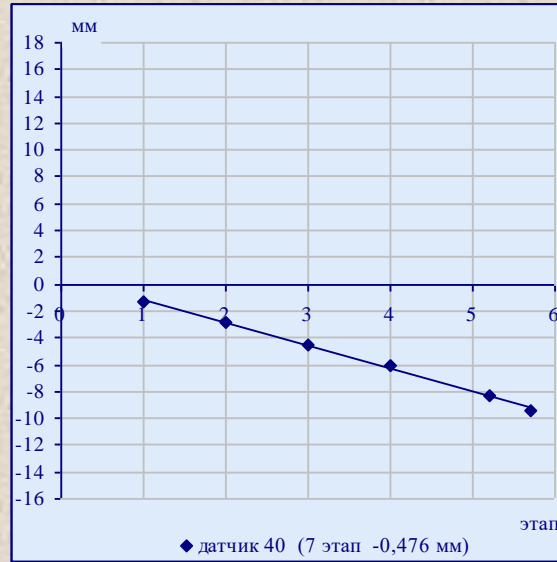
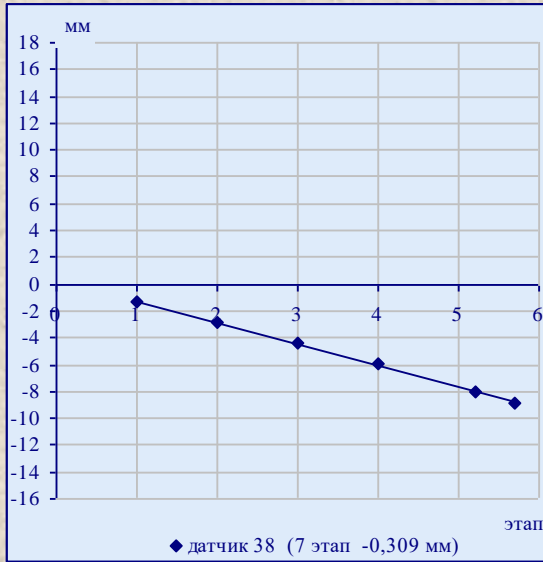
Результаты измерения перемещений

Транспортировка.



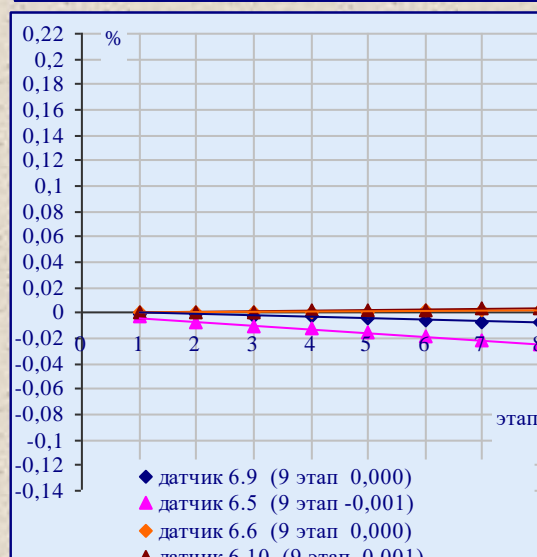
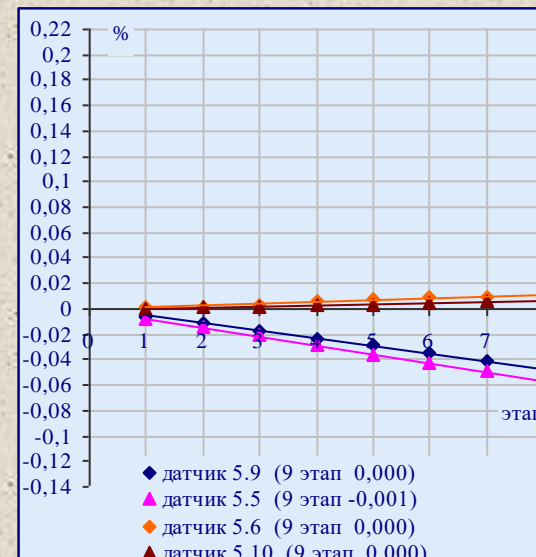
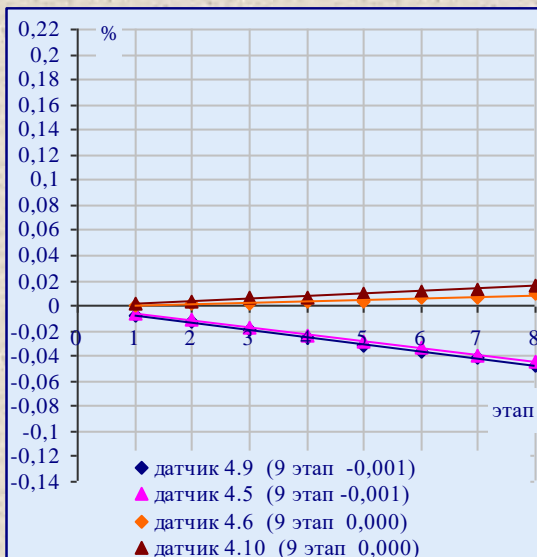
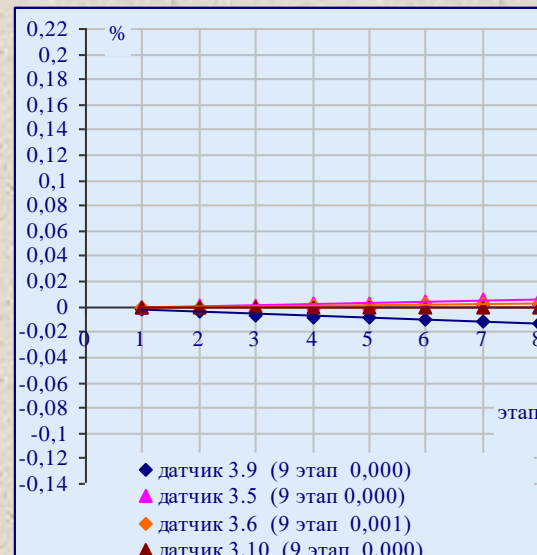
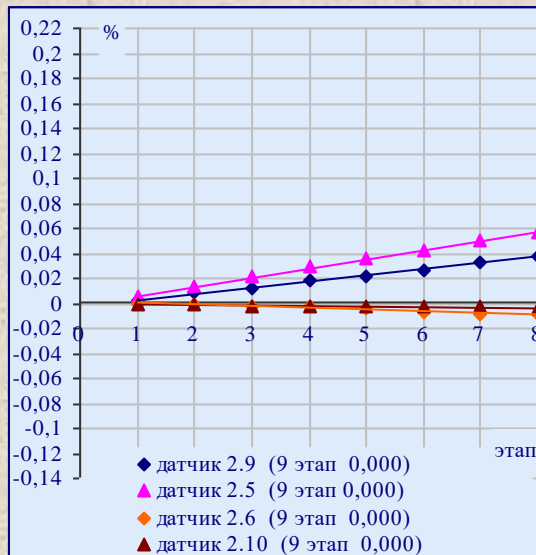
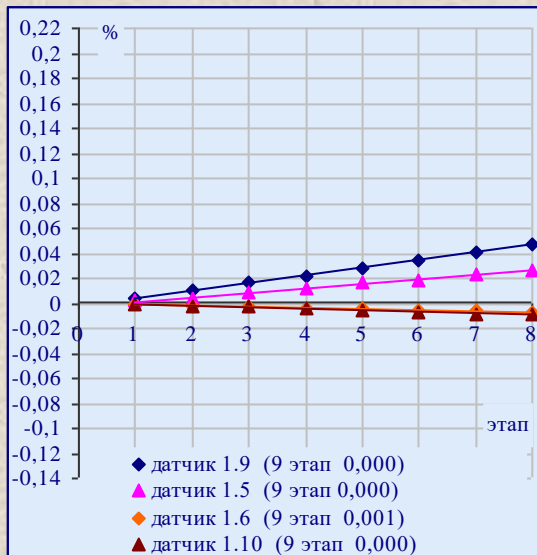
Результаты измерения перемещений

Полет.



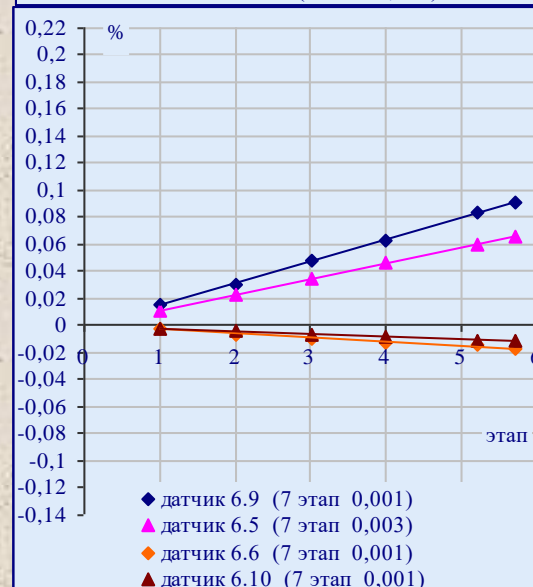
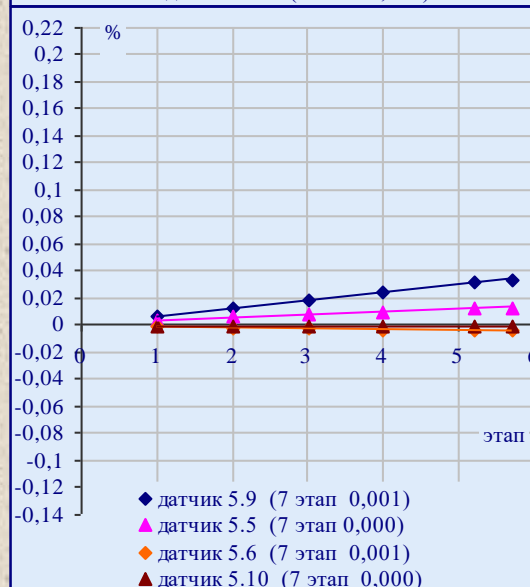
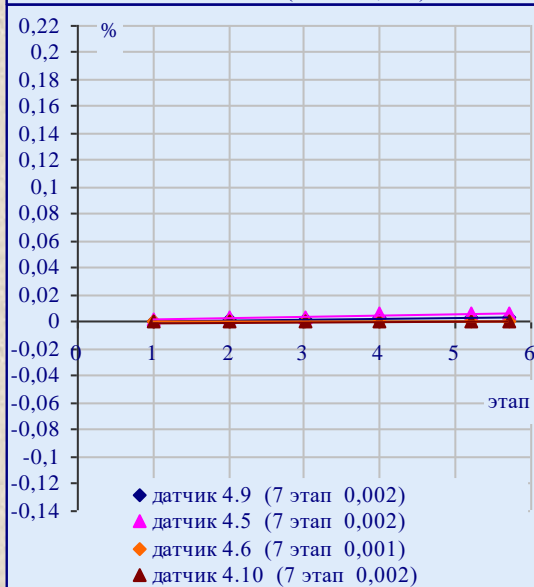
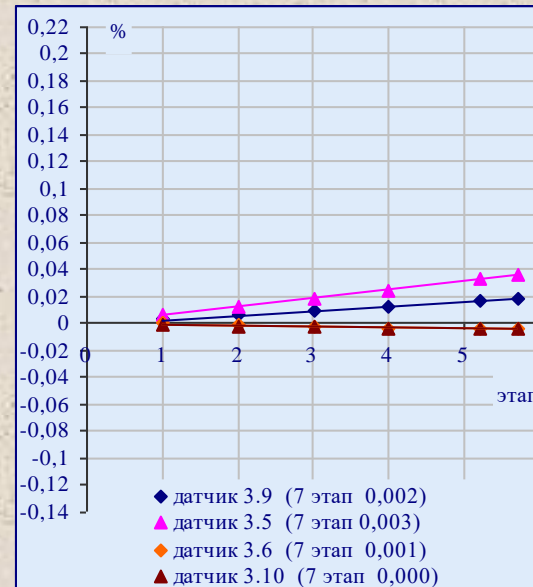
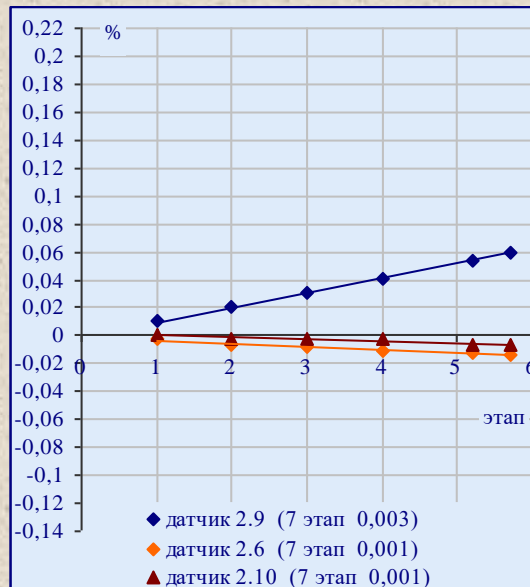
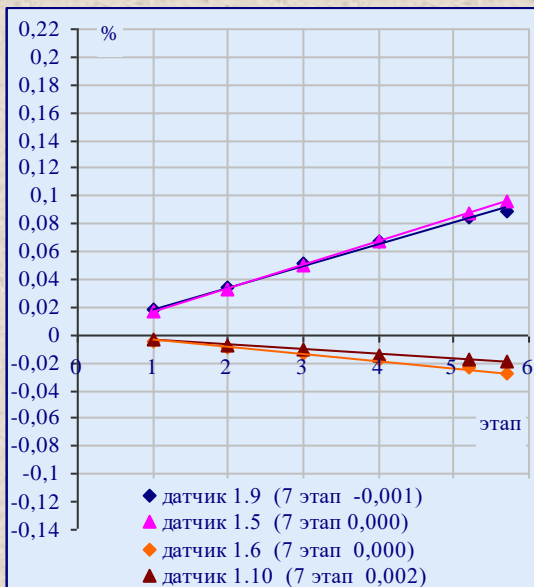
Результаты измерения деформаций

Транспортировка.



Результаты измерения деформаций

Полет.



Остаточные перемещения

Остаточные перемещения сборки
вдоль продольной оси (мм)

Расчетный случай	датчик № 23	датчик № 26	датчик № 29	датчик № 32	датчик № 35	датчик № 38
Короткая транспортировка	3,143	2,863	2,972	3,015	3,108	3,140
транспортировка в агрегате 15Т264, «+Т, +α»	0,666	0,760	0,776	0,670	0,675	0,886
транспортировка в агрегате 15Т264, «+Т, -α»	1,020	1,098	1,100	0,929	1,064	1,391

Остаточные перемещения нижнего шпангоута
относительно общей базы – силового пола (мм)

Расчетный случай	датчик № 25	датчик № 28	датчик № 29	датчик № 32	датчик № 33	датчик № 36
полет РН на АУТ (nх)max, α=0°	0,122	0,108	0,079	0,239	0,000	1,084
полет РН на АУТ (nх)max, α=30°	0,046	0,108	0,000	0,000	0,030	0,164

Анализ результатов измерений относительных деформаций и перемещений переходного отсека и адаптера КА показал:

1. Зависимость относительных деформаций во всех измеренных точках от уровня нагружения практически линейная на всем диапазоне изменения нагрузки;
2. Величины остаточных деформаций, зарегистрированные после сброса нагрузки малы, их максимальная величина не превышает 0,002%, что находится в пределах погрешности измерений;
3. Зависимость интегральных характеристик (то есть перемещений) от уровня нагружения также практически линейная. Отмечается слабая нелинейность на первом этапе нагружения за счет малых сдвижек крепежа (болтов, винтов, заклепок) в пределах имеющихся зазоров в крепежных отверстиях, что характерно для таких конструкций;
4. Величины остаточных перемещений в контрольных сечениях совпадают (в пределах погрешностей измерений) с величинами остаточных перемещений в точках конструкции, регистрирующих смещение относительно испытательной оснастки головной части в целом.

Результаты проведенного анализа относительных деформаций и перемещений показали, что конструкция переходного отсека и адаптера КА на всех режимах нагружения упруго деформируется и после сброса нагрузки полностью восстанавливает свою форму.

Проведенный анализ позволил принять обоснованное техническое решение о допуске отсеков и составных частей РН, прошедших НЭО, в состав летного изделия.

Спасибо за внимание!