

Исследования процесса ввода в действие экспериментальной парашютной системы с упругим звеном

С.В.Журин

ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П.Королёва»

Введение

Теоретические и экспериментальные исследования парашютных систем (ПС) с упругим звеном показали их работоспособность и реализуемость [1-5]. Такие ПС позволяют значительно снизить перегрузки при наполнении купола и реализовать мягкую посадку груза.

Для исследования динамических процессов при вводе в действие элементов ПС был изготовлен лётный экземпляр полётной массой 35 кг. Эксперимент поставлен 25 сентября 2016 года на аэродроме в г. Киржач Владимирской области.

Краткое описание ПС

На рис. 1 показана схема экспериментальной ПС с упругим звеном.

Фактическая полётная масса ПС перед испытанием - 32,5 кг. Масса $m_1 = 15,3$ кг, $m_2 = 15,5$ кг.

На рис. 2 показана диаграмма растяжения резинового сердечника упругого звена (без оплётки).

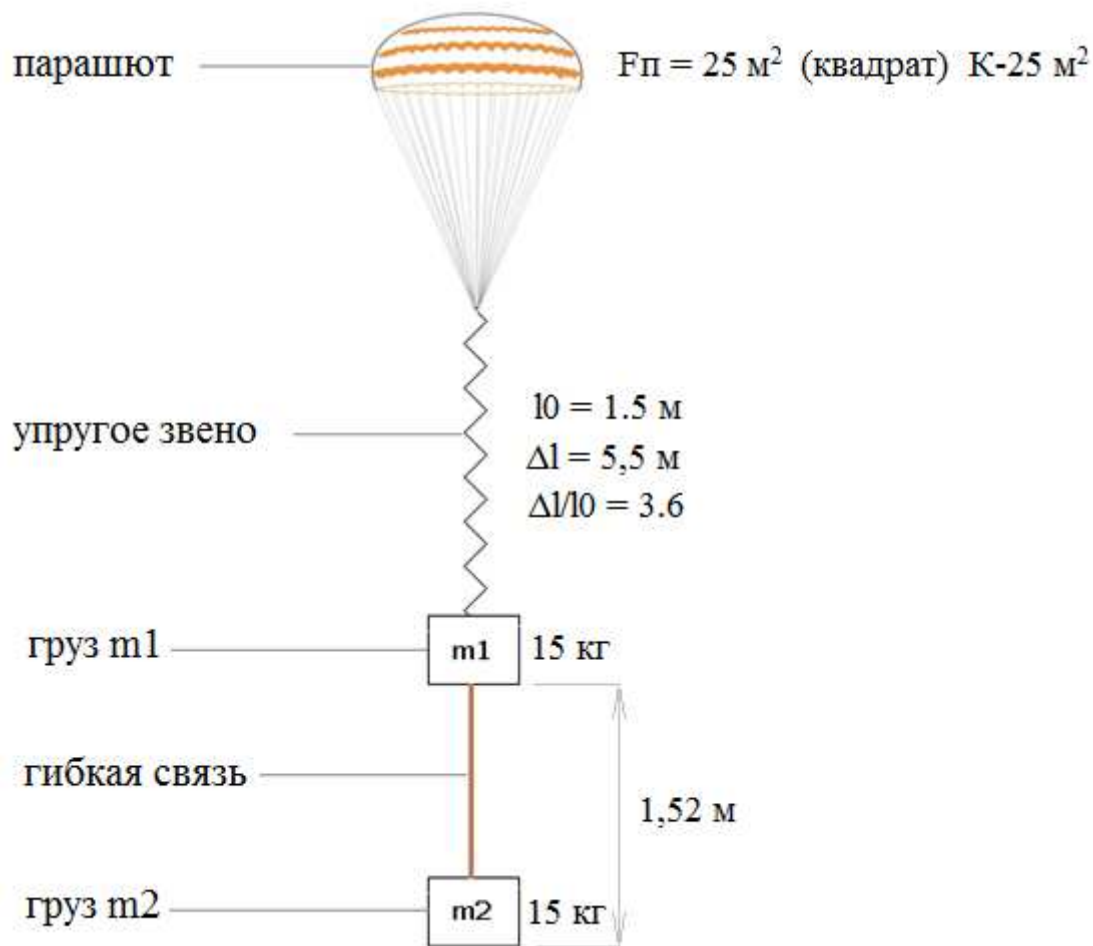


Рис. 1. Схема ПС с упругим звеном.

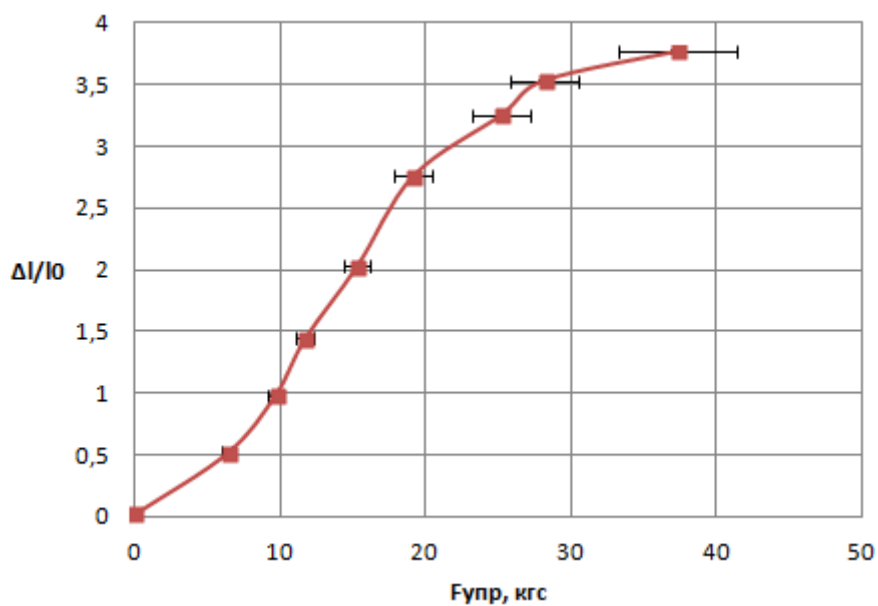


Рис. 2. Диаграмма растяжения упругого звена.

Системы фиксации информации

Для сбора экспериментальных данных использовалась следующая аппаратура:

1. Устройства установленные непосредственно на ПС:

- Коммуникатор Huawei Ascend D1 U9500 с встроенными датчиками измерения угловой скорости и линейных ускорений, а также видеокамерой.
- Система сбора кинематических параметров (ССКП) (рис. 3).

2. Камеры видео-фиксации, расположенные на земле.

- Samsung HMX-H100N,
- FUJIFILM FinePix S7000.

Коммуникатор Huawei Ascend D1 U 9500 использовался для фиксации и записи ускорений встроенными акселерометрами и видеозаписи работы купола парашюта фронтальной камерой.

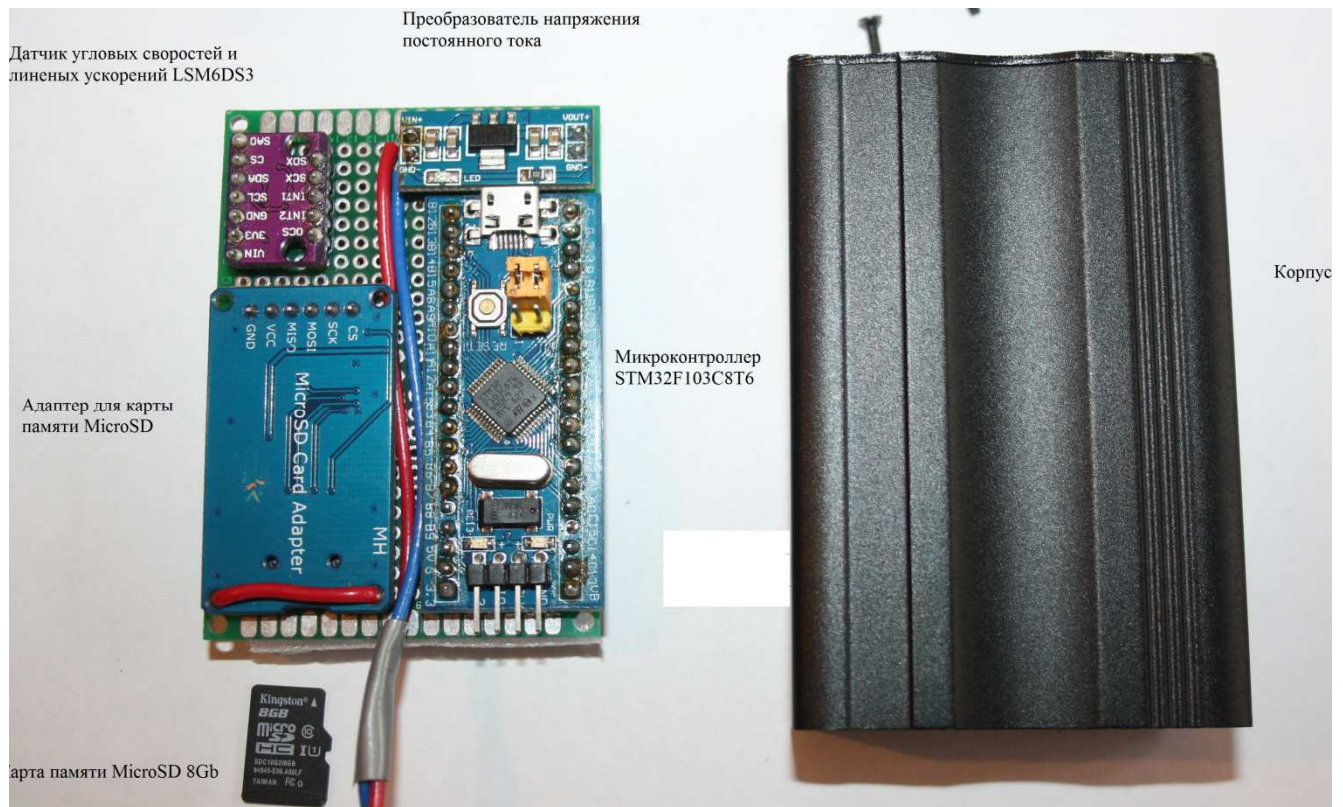


Рис. 3. Система сбора кинематических параметров (ССКП).

Специально для такого типа лётных испытаний была изготовлена система сбора кинематических параметров (ССКП). Она включает в себя модуль LSM3DS6 с датчиками измерений ускорений и угловых скоростей, микроконтроллер STM32F103C8T6 для организации обмена по внутренним шинам SPI, карту памяти MicroSD 8Гб, корпус, блок питания 6V (4 батареи АА по 1,5V) (рис. 3). ССКП укладывается в карман на грузе m1.

Выбраны следующие диапазоны измерений:

1. ± 16 g для датчика ускорений, точность измерений 0.488 mg/LSB
2. ± 2000 град/сек. для датчика угловых скоростей, точность измерений 0.07 град/сек/LSB.

Работа ПС

Сброс ПС осуществлялся с самолета АН-2, с высоты ≈ 600 метров.

На рис. 4 в виде графиков приведены показания трёхосных акселерометров ССКП во время введения в действие экспериментальной ПС. Проведена синхронизация видеозаписи и кинематических параметров. Каждому кадру сопоставлено время на оси абсцисс (показано голубыми точками).

Совместный анализ видеоданных и показаний акселерометров приводит к следующей интерпретации динамических процессов.

Кадры 0-6. Раскачка ПС на руках, перегрузки 1.5.

Кадры 6-10. Выход ПС из створа двери.

Кадры 10-13. Воздействие на ПС набегающего потока, возрастает поперечная перегрузка до 2. Переориентация ПС в полёте.

Кадры 13-18. Свободное движение ПС, набор дополнительной горизонтальной скорости.

Кадры 19-20. Натяжение тарированного шнура в люверсах контейнера, переориентация, разрыв тарированного шнура. Перегрузка до 5.

Кадры 20-29. Свободное падение, выбор оставшегося вводного звена.

Кадры 29 – 32. Выход из укладки камеры парашюта с уложенным куполом. Перегрузка до 3.

Кадры 32-39. Выбор строп из резинок камеры. Набегающий поток поднимает камеру купола на вводном звене к борту самолёта. Вводное звено в положении близком к горизонтальному.

Кадры 40-41. Натяжение строп. Камера купола расположена по направлению потока. Чтобы начать вытягивать купол, необходимо переориентировать камеру выходным отверстием вниз. При этом на стропы действуют значительные нагрузки. Перегрузка до 8. В этот момент происходит натяжение свободных концов и преждевременная расчеховка трёхкольцевого замка.

Кадры 42. Выход упругого звена из укладки. Начало выхода купола из камеры. Перегрузка 3.

Кадры 43-45. Практически свободное падение груза. Постепенное натяжение упругого звена.

Кадры 46. Натяжение упругого звена. Разрыв тарированного шнура полюса купола.

Кадры 47-48. Отделение полюсной части купола от камеры. Перегрузка 2,5.

Кадры 48-53. Расправление полюсной части купола по потоку.

Кадры 52-55. Выход m_1 из контейнера. Разгон m_1 . Перегрузка до 7. Сжатие упругого звена.

Кадры 55-60. Полёт m_1 без m_2 . Перегрузка около 3.

Кадры 60-62. Натяжение гибкой связи между m_1 и m_2 . Перегрузка в обратную сторону больше 16.

Кадры 62-63. Ослабление гибкой связи. Натяжение упругого звена. Перегрузка до 11.

Кадры 63-66. Продолжение действия упругого звена на m_1 . Перегрузка до 7.

Кадры 66-68. Повторное натяжение гибкой связи. Понижение суммарной перегрузки до 2.

Кадры 68-71. Ослабление гибкой связи. Перегрузка до 5.

Кадры 71-72. Натяжение гибкой связи. Перегрузка падает до 1.

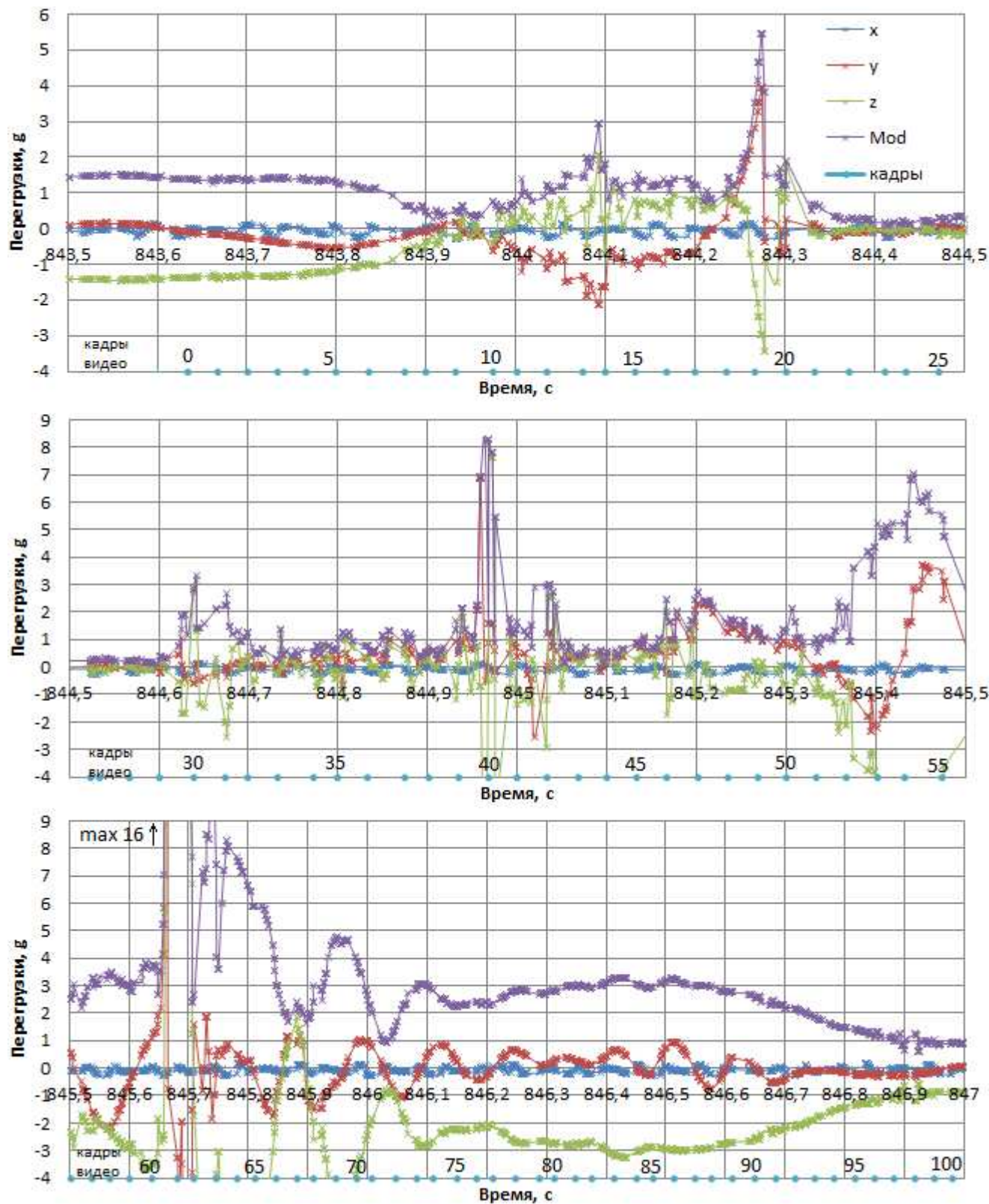


Рис. 4. Показания акселерометров во время введения в действие экспериментальной парашютной системы.

Кадры 73-84. Продолжение наполнения купола. Максимальные перегрузки около 3, в этот момент площадь миделя купола примерно $1/3$ от площади миделя полностью наполненного.

Кадры 84 – 100. Продолжение наполнения купола. Перегрузки падают ниже 1.

На рис. 5-6 приведены два кадра видеосъемки. Кадр 55 примерно соответствует моменту разделения грузов m_1 и m_2 . Кадр 80 демонстрирует момент наполнения купола, когда перегрузки при этом близки к максимальным.



Рис. 5-6. Два кадра видеосъемки.

Выводы

Эксперимент поставлен успешно. Получена ценная информация о динамических процессах, происходящих при введении в действие ПС с упругим звеном. Для уменьшения ударных перегрузок необходимо производить наполнение купола, ввод упругого звена и разделение грузов в различные промежутки времени, а не одновременно.

Литература

1. Журин С.В. Использование потенциальной энергии упругого подвеса для обеспечения мягкой парашютной посадки. // Тезисы докладов XX научно-технической конференции молодых учёных и специалистов 10-14 ноября 2014 г. Ракетно-космическая корпорация “Энергия” имени С.П. Королёва. – 2014. – С.46-47.
2. Журин С.В. Парашютно-реактивная система мягкой посадки с упругим звеном. // 7-й Межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики» Аннотации работ. Московский авиационный институт. – 2015. – С.306.
3. Царёва Д.Ю., Журин С.В. Исследование механических свойств упругого звена из резины // Труды 58-ой научной конференции МФТИ. Аэрофизика и космические исследования. 23-28 ноября 2015 года. – М. :МФТИ, 2015. – С. 114-115.
4. Журин С.В. Мягкая посадка на планеты с атмосферой при помощи парашютной системы с упругим звеном. // Сборник тезисов докладов XL Академических чтений по космонавтике памяти академика С.П. Королёва. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2016. – С.26.
5. Журин С.В. Парашютно-реактивная система мягкой посадки с упругим звеном.// Вестник Московского авиационного института. – 2016.- Т. 23, №1 – С.107-114.