

Итак, анализ второго старта: «Что не так с Сосиской?»



Рис1 Сосиска на старте

На этот раз материала для исследования побольше, потому что, ко второму старту был устранен косяк сохранения записей на бортовой самописец, и видео полета стало более информативным.

Тайминг

Данные с ракеты

Для начала возьмем данные с ракеты и совместим их с кадрами хроники см.рис2.

№	t-запал	h-запал	t-разд.	h-разд.	t-макс.	h-макс.	t0
[0]	301	7	338	10	659	97	399407

Рис2 данные БЭРО

Поясню, что нам говорят числа из таблицы?

1. Старт ракеты произошел через 399407мс (~6мин 39,407с) после включения БЭРО.
2. Команда на зажигание запала прошла на высоте 7 метров через 0,301с после начала полета.
3. Разделение ступеней произошло через 0,338с на высоте 10м. Здесь я несколько удивился, так как время $0,338 - 0,301 = 0,037с$ слишком маленькое для выхода двигателя на режим.
4. Максимальную высоту в 97м ракета достигла за 0,659с. Тут время у меня сомнений не вызвало, а вот апогей был аномально высокий. На глаз выше двадчатки я бы не дал.

Раскадровка

Теперь совместим данные с картинкой. Одна секунда видео, это 30 кадров. Соответственно один кадр по времени равен $1с/30к = 0,033с$

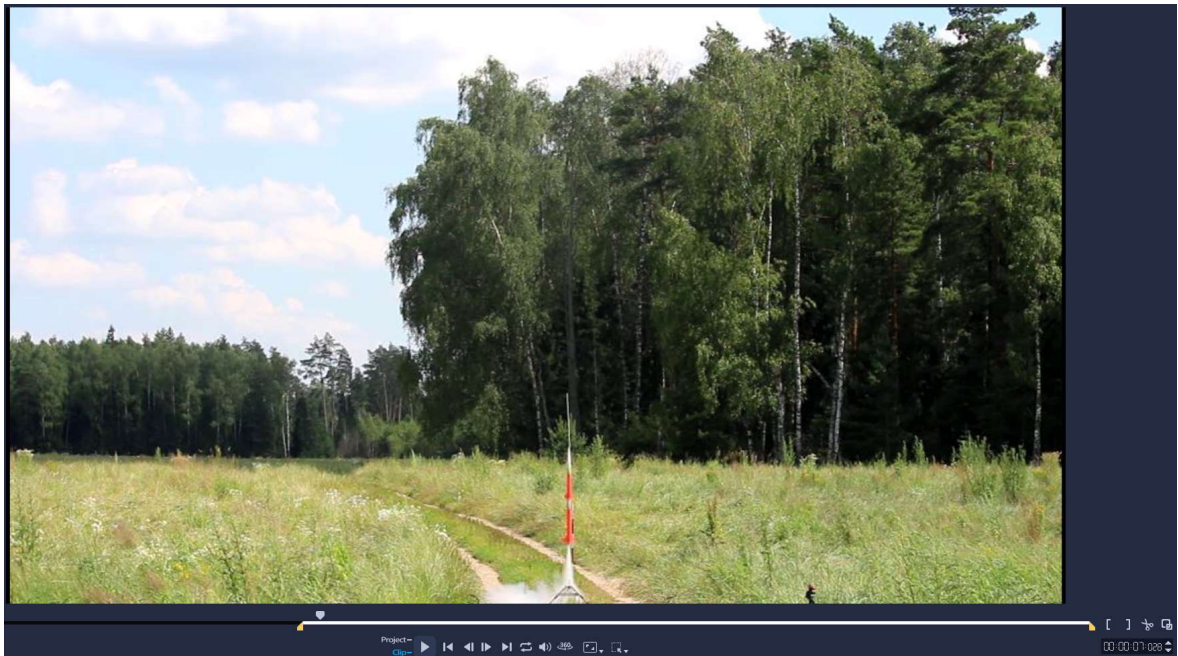


Рис3 Момент старта (нулевое время) 7с:28к

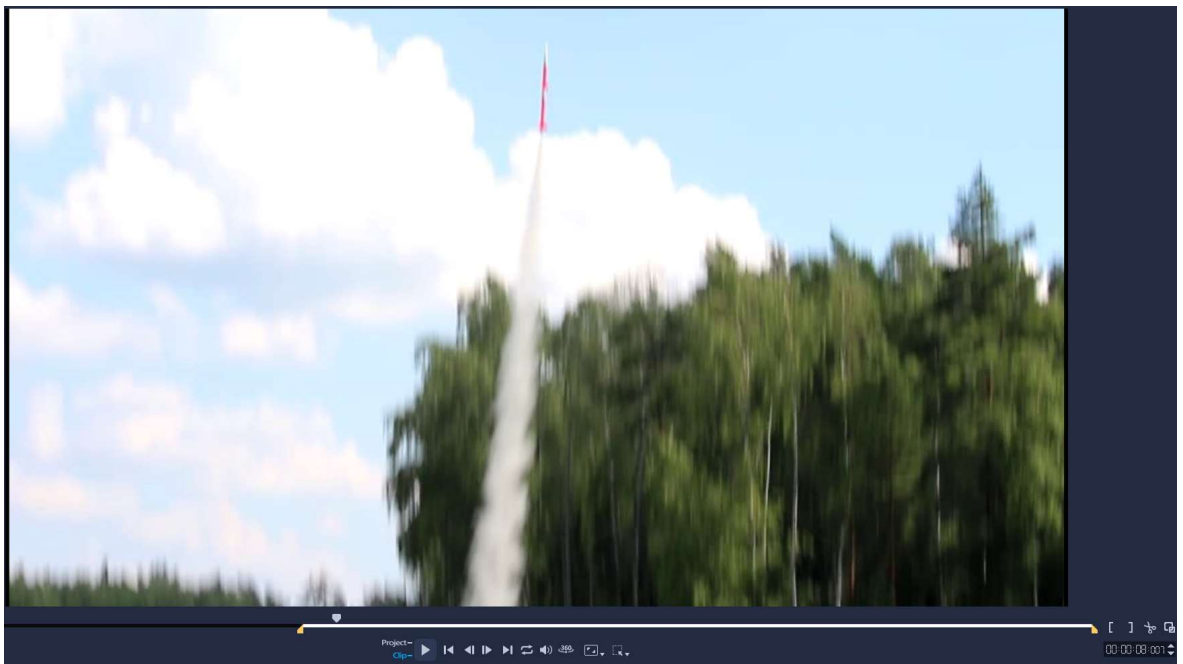


Рис4 Момент включения запала (0,301с) 8с:07к

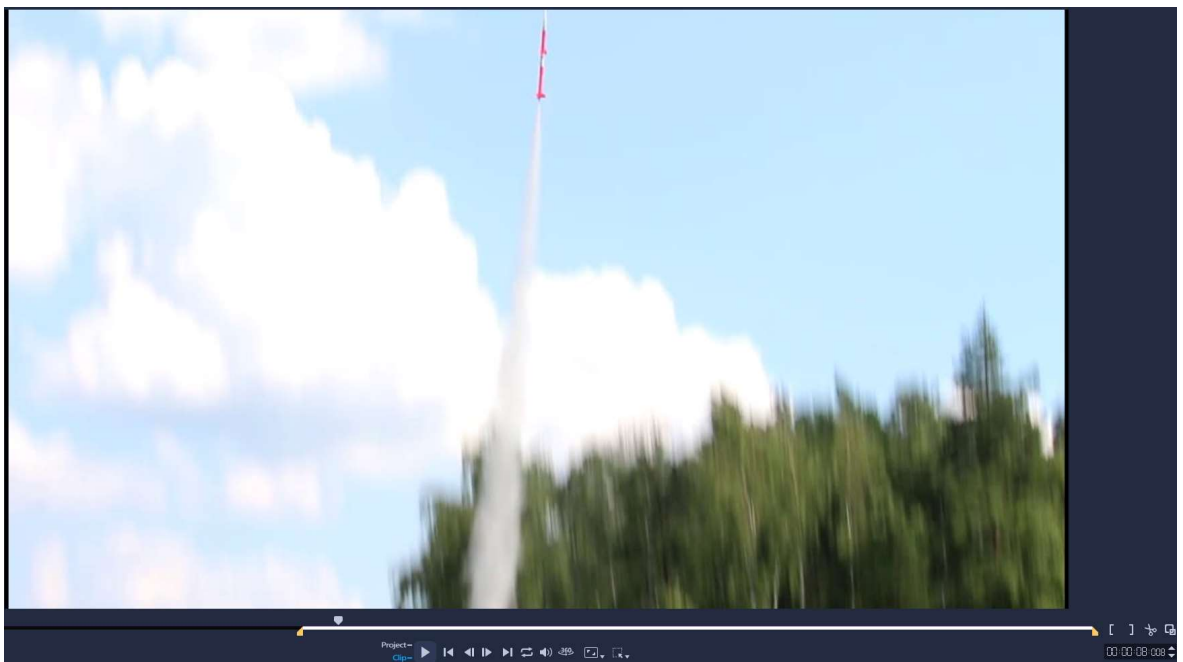


Рис5 Момент разделения ступеней по данным с ракеты (0,338с) 8с:10к

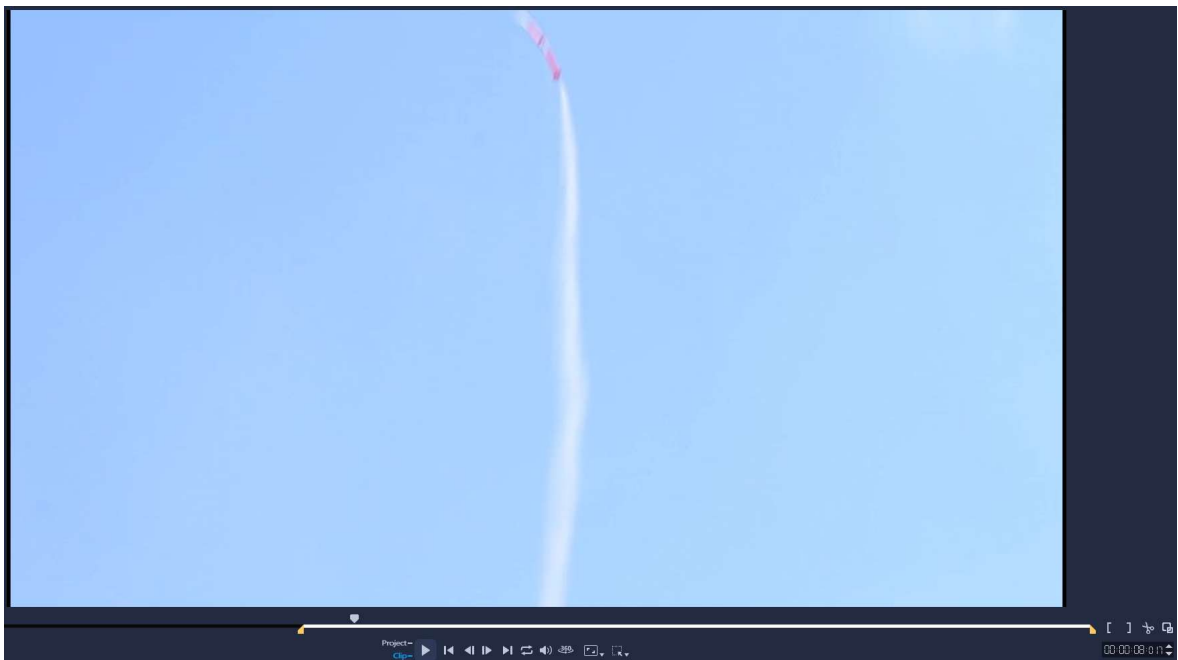


Рис6 Момент регистрации апогея по данным с ракеты (0,338с) 8с:17к

Как мы видим, на рис5 нет никакого разделения ступеней, а на рис6 нет никакого апогея, вместо нее красная кривая загогулина.

Далее чудеса не заканчиваются. Реально ступени разделяются через 1,3с после старта, и время разделения согласуется с теоретическим 0,9 сек рис7.



Рис7 Момент реального разделения ступеней (1,3с) 9с:08к



Рис8 Ракета крутит зигзаги.



Рис8 Тем не менее, мягкое приземление.

Внешний осмотр

Никаких видимых повреждений ракета не понесла кроме стыковочного узла рис9. Основу узла представляет собой алюминиевый стаканчик с тремя отверстиями в корпусе. Они служат для стравливания излишков газа на этапе выхода движка второй ступени в рабочий режим и для

подводки провода электрозапала. На фото рис9 видно, что основной поток газов шел через третье отверстие. И термическая побежалость над отверстием, говорит о том, что газы шли не в бок и вниз, а в бок и вверх. Во всяком случае, какое-то время.



Рис9 Три проекции стыковочного стакана. Виден прожиг на третьей проекции.

Возможно, это произошло из-за того, что провод запала при активации был выдавлен из канала движка в стакан и поспособствовал неравномерному выходу газов второй ступени по объему узла см рис.10.



Рис10 Стакан. Вид изнутри. Виден смятый в гармошку провод электрозапала

Анализ

Реконструкция полета

До включения электрозапала на второй ступени полет проходил штатно. Затем по прошествии 0.3с был подан ток на воспламенитель. Фабричный электрозапал сдетонировал. Взрывной избыток газов частично вытолкнул вторую ступень из стакана первой (не меньше чем на $\frac{1}{2}$ от общей длины крепления), что и зафиксировал бортовой самописец. Постепенно увеличивающаяся тяга мотора выдавила провод запала из сопла в стакан. После чего смятый провод направил поток газов преимущественно в одно отверстие. Боковой импульс согнул ракету в районе ослабленного соединения ступеней и исказил направление полета.

Набегающий поток воздуха, до этого идущий параллельно движению ракеты, стал поперек и исказил показания высотомера. Отсюда показания апогея не верные, сильно завышенные.

В момент реального разделения ступеней маршевая скорость сцепки уже была потеряна, а мощность движка второй ступени без необходимой начальной скорости полученной от двигателя первой ступени, не позволила разогнать ракету до момента, когда заработали бы стабилизаторы. Отсюда полет юзом.

Выводы

Узкое место конструкции - стыковочный отсек ступеней. Его придется переделать.

Чтобы избежать ложное разделение ступеней, фабричный запал на двигателе второй ступени будет заменен на более спокойный воспламенитель собственного изготовления из нихрома и спичечной серы.

Нужно будет найти способ крепления провода, чтобы он не влиял на потоки газов при выходе двигателя на режим.

Продумать возможность улучшения стабильности полета второй ступени (увеличить площадь стабилизаторов, нагрузить нос, облегчить корму и т.п.).

Уточнения

Момент разделения ступеней

Время реального разделения $P_{ис7}$ 1,3с не согласуется с теоретическими данными (0,9с). Реально показатели такие $1,3 - 0,3 = 1с$, это время разделения после включения запала. А, согласно накопленным данным, это должно происходить в интервале 0,5-0,7с.

Анализ

Предположительно после смещения отсеков в результате детонации запала, сам запал переместился по каналу двигателя вниз, и включение двигателя прошло не оптимально. В результате чего мотор дольше разгонялся, и после, работал не на максимально возможной мощности.

Выводы

Исключить случайные перемещения запала во время его работы.

