Полёт C.400 P.2 и сравнение с Roadster Rocket

Полная заправка и посадочный резерв R6E5 по методике LLTV

С полной заправкой 500 кг обе сборки R6E5 прошли в расчёте 4,51 км за 6 мин 55 с в воздухе. На опорах осталось около 65 кг при заданном пригодном резерве 50 кг. Баланс сжатого воздуха Roadster R5/C6I даёт верхнюю оценку 2,98 с при резерве 10%.



C.400 P.2 · R6E5



Roadster · R07

Три записи для сравнения

Запись	Смысл чисел
Исторический полёт C.400 P.2	Опубликованный первый свободный вылет длился 255 с. Телеметрия отдельных фаз остаётся открытой.
Расчёты C.400 P.2	Полная миссия P1 и короткий контрольный полёт P0 для диагоналей 4100 и 5250 мм.
Roadster Rocket	Клипы Tesla дают границы длительности по шкале записи. Локальные CAD R07 и расчёты DEV25 имеют собственные условия.

AAMS, p. 22 · Musée de l’Air et de l’Espace

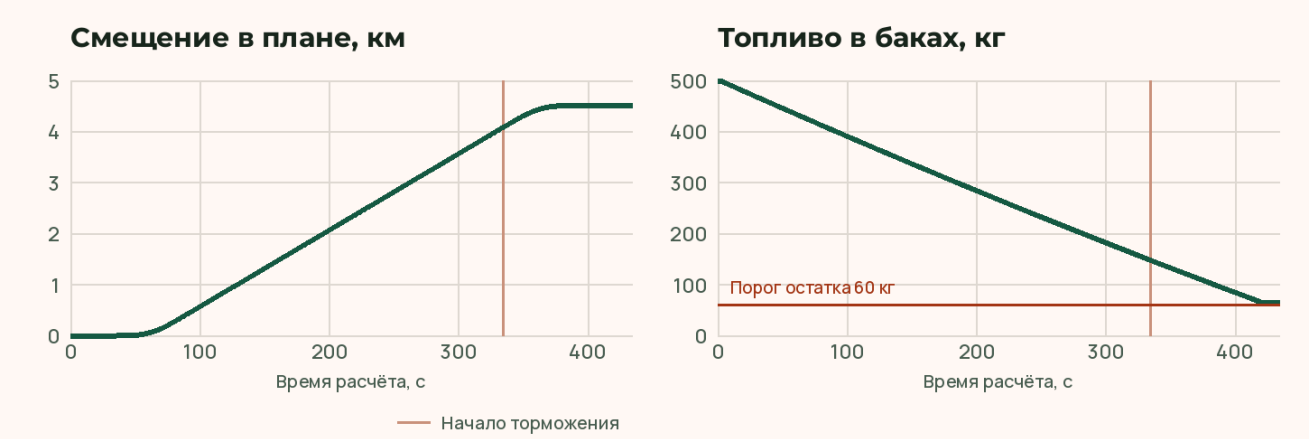
ТЕКСТКАД · локальный инженерный выпуск · 22 ноября 2026 г.

texttocad.org · texttocad@gmail.com

Полёт P1 с полной заправкой

В безветрии модель набирает просвет около 5 м, разгоняется до 54 км/ч, тормозит и садится вертикально. Воздушное время отсчитывается от отрыва последнего колеса до первого касания.

Показатель	4100 мм	5250 мм
Время в воздухе, с	415,03	415,03
Дальность до покоя, км	4,511	4,511
Топливо в начале торможения, кг	147,94	147,94
Топливо в начале снижения, кг	87,61	87,61
Расход от торможения до покоя, кг	82,87	82,87
Полный остаток при покое, кг	65,06	65,07
Пригодный остаток при покое, кг	55,06	55,07



Прогон 4100 мм. Значения 5250 мм совпадают в масштабе графика.

Резерв и чувствительность

Для обеих сборок приняты одинаковые масса 2600 кг и аэродинамика. Расход масштабируется от расчётной точки цикла Atar R6E1. В номинальном P1 площадь сопротивления CdA принята 10 м², множитель расхода 1,35.

Планка остатка 60 кг включает 50 кг пригодного резерва и 10 кг условно невырабатываемого топлива. При повышении множителя расхода с 1,35 до 1,50 и CdA с 10 до 14 м² дальность составила 3,88 км, время в воздухе 6 мин 13 с. Достижимая дальность зависит от расхода и плеча силы сопротивления.

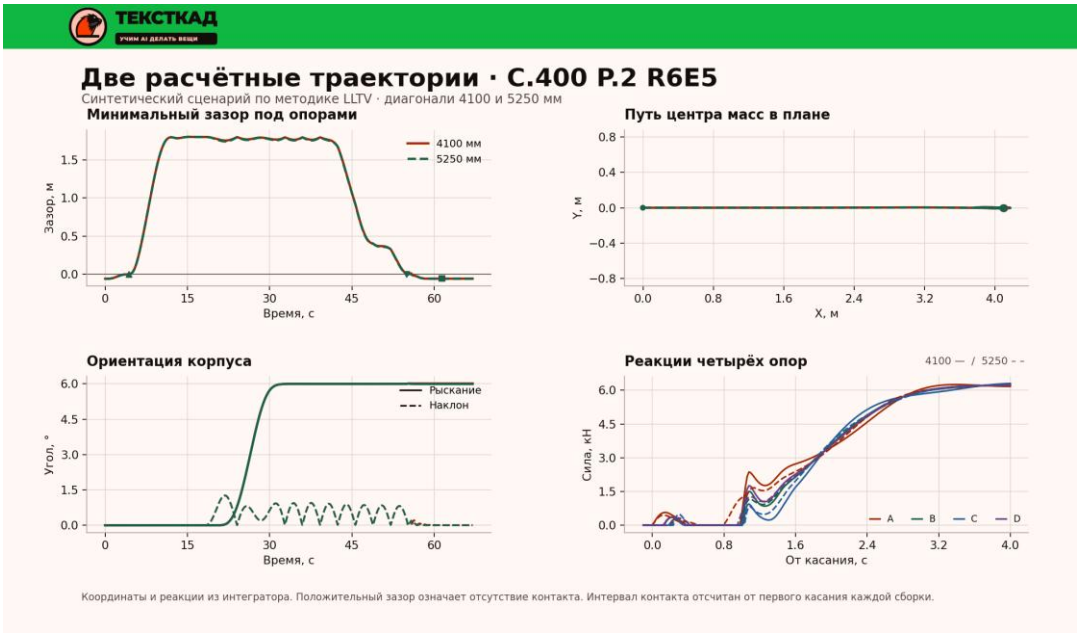
Анимация охватывает 434 с расчётного времени. В MP4 обе сборки идут одновременно при ускорении ×10.

Плеер обеих сборок · MP4 · Допущения · NASA Glenn · Drag Equation

Фазы и контакт с площадкой P0

Расчёт ведётся по общей шкале от начала сценария. Высота в таблице относится к нижней ненагруженной точке опоры над плоскостью площадки. События вычисляются из состояния модели.

Показатель	4100 мм	5250 мм
Отрыв, с	4,272	4,272
Первое касание, с	54,961	54,908
От отрыва до касания, с	50,690	50,636
Устойчивый покой на опорах, с	61,440	61,385
Максимальный просвет под опорами, м	1,801	1,801
Итоговое горизонтальное смещение, м	4,102	4,093
Скорость центра масс вниз при касании, м/с	0,077	0,080
Расход топлива за весь сценарий, кг	45,58	45,53
Сумма реакций / вес, пик за весь сценарий	1,000	1,000
Статус сценария	PASS	PASS



Ход расчёта. События и реакции опор по временным рядам R6E5.

PASS относится к численным критериям сценария. Пиковые реакции и ход опор включают статическое состояние в начале расчёта.

LLTV · NASA SP-2004-4535

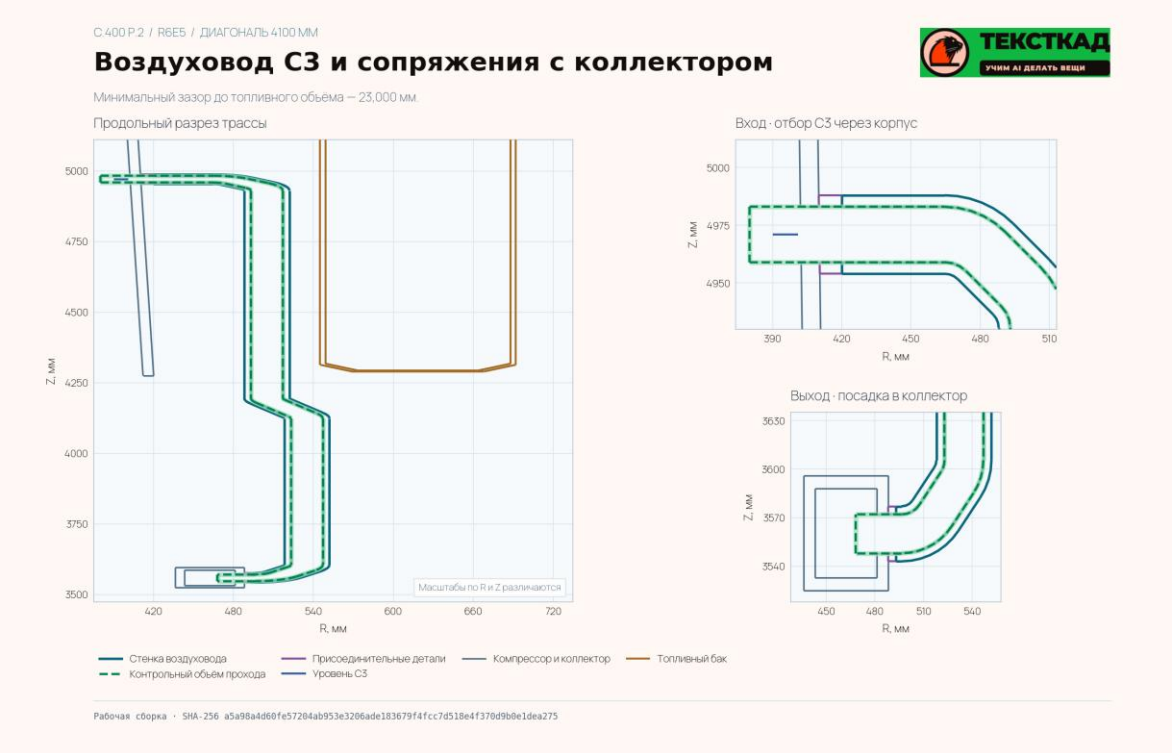
Допущения расчётной модели

В сценарии использована схема LLTV с последовательной проверкой центровки, управления, отрыва, удержания режима и посадки. Параметры R6E5 и допущения сценария приведены ниже.

Вход	Принято и как ограничивает результат
Профиль задания	Вертикальный отрыв, подъём к 1,8 м, выдержка, перенос на 4 м и поворот на 6°. После касания команда тяги плавно гасится за 3 с.
Масса и центровка	Старт 2600 кг. Сухая конструкция 2000 кг, пилот 100 кг, топливо 500 кг. Начальный ЦМ на 4,397 м выше номинальной плоскости шин. Тензор инерции оценён. Масса, ЦМ и тензор меняются с расходом топлива.
Двигатель и управление	Справочный предел Atar 101 D.V. 28,439 кН. Потеря тяги от отбора до 0,5%. Модель ограничивает поперечную силу 200 Н и тягу сопла активной пары 65 Н. Идеализированная обратная связь обновляется через 20 мс.
Опоры и шины	Четыре нижние точки шин из R6E5. Ровная площадка, односторонний контакт. На опору 106,2 кН/м, 9,14 кН·с/м, ход до 180 мм. Трение 0,25. Индикаторный ролик исключён из силовых опор.
Среда	Штиль. Аэродинамические силы, эффект экрана, горячий подсос, неровность площадки и плеск топлива вне расчётной постановки.
Архив	Первый свободный вылет 14 мая 1957 г. длился 255 с. В справочных данных фигурируют 2600 и 2640 кг. Телеметрия полёта и характеристики приводов не входят в исходные данные сценария.

Привязка к R6E5

Штатная геометрия R6E5 включает канал С3 до коллектора. Проверка BRep в сохранённой позе дала площадь прохода 452,389 мм² и зазор до зарезервированного топливного объёма 23 мм. Характеристики расхода, потерь, привода и горячего газа остаются открытыми.



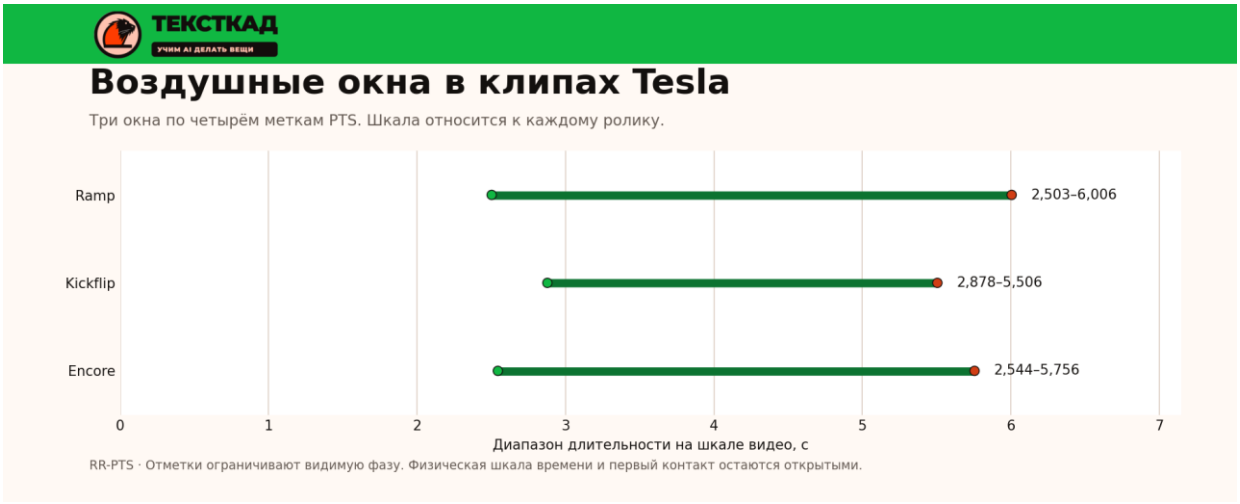
Разрез канала С3 и топливного объёма в сборке 4100 мм. Разрезы обеих сборок входят в комплект.

AAMS, pp. 21–22 and 36 · C.400 P.2 museum record

Фазы движения Roadster Rocket

Сопоставление использует отрыв, наблюдаемую воздушную фазу и возвращение на опоры. В клипе Ramp до отделения действует контакт с рампой. PTS задают нижнюю и верхнюю оценки длительности по шкале воспроизведения. Дальность и топливный бюджет миссии Roadster, сопоставимой с P1, остаются открытыми.

Эпизод	Длительность по PTS, с	Ограничение наблюдения
Ramp	2,503–6,006	Контакт с рампой входит во входные условия.
Kickflip	2,878–5,506	Момент первого касания частично закрыт.
Encore	2,544–5,756	Момент первого касания частично закрыт.



Унаследованная покадровая разметка Tesla. Интервалы показаны на шкале записи.

Локальная серия DEV25

В серии 5 м зачтено 0 из 4 расчётных попыток. В отдельной попытке 2 м подъём ЦМ составил 2,268 м, первое касание произошло на 1,770 с. Расчёт завершился через 29,5 мс после касания. Выдержка на опорах осталась открытой.

Сопоставление схем

Фаза	C.400 P.2 R6E5	Roadster Rocket
Отрыв	Тяга Atar разгружает четыре опоры.	Клип Ramp показывает отделение после движения по рампе.
Воздушная фаза	Расчёт удерживает высоту тягой и варьирует ориентацию корпуса.	Клипы показывают траекторию и ориентацию корпуса. Телеметрия отсутствует в источниках.
Посадка	Считаются касание, реакция опор и покой после снижения тяги.	Разметка клипов даёт границы наблюдения. DEV25 использует собственную модель контакта.

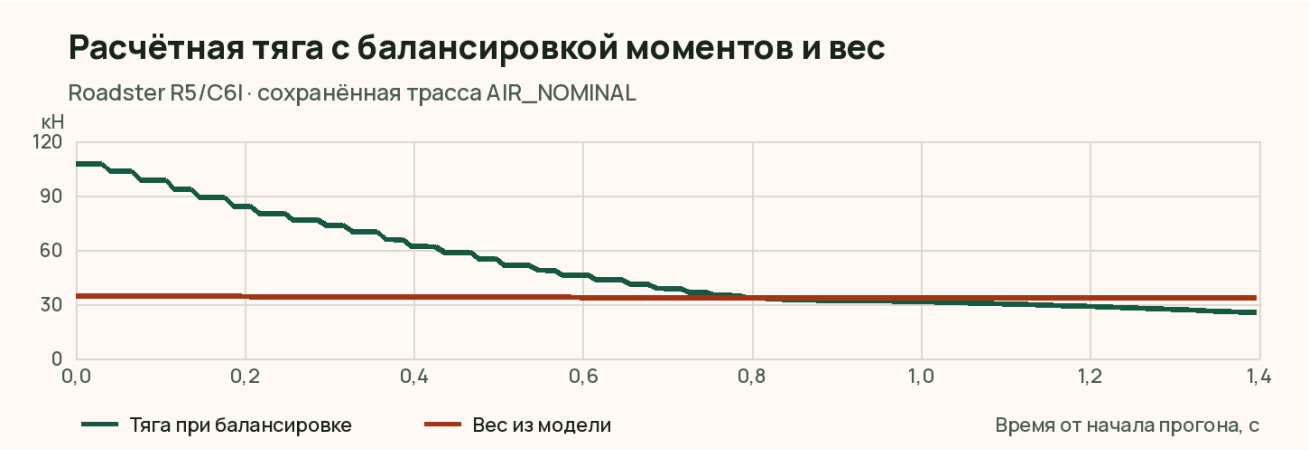
Ramp · Kickflip · Encore · Tesla Q3 2026

Полный заряд и посадочный резерв Roadster

Локальная модель R5/C6I использует 235,27 кг сухого воздуха во всей системе и массу 3312 кг без газа. Порог резерва 10%, или 23,53 кг. Профиль P1 недостижим по балансу импульса. Оценка допускает 54 км/ч уже при отрыве и равные вертикальные скорости при отрыве и касании.

Сценарий	Воздушное время	Смещение	Остаток при покое
R6E5 P1 4100	415,03 с	4,511 км	65,06 кг керосина
R6E5 P1 5250	415,03 с	4,511 км	65,07 кг керосина
Roadster R5/C6I	≤2,98 с	≤44,7 м в воздухе	Неизвестен

Для R6E5 смещение отсчитано до покоя. Для Roadster дана верхняя оценка по импульсу за воздушную фазу.



Трасса AIR_NOMINAL. После пересечения кривых доступная тяга с балансировкой моментов ниже веса.

Почему остаток газа не гарантирует посадку

Трасса сохранила 1,33 с после отрыва и 1,05 м до последнего отсчёта. На остановке модели осталось 134,68 кг воздуха. В последнем отсчёте тяга с балансировкой моментов составила 25,52 кН при весе 33,80 кН. Касание и покой отсутствуют в этой записи.

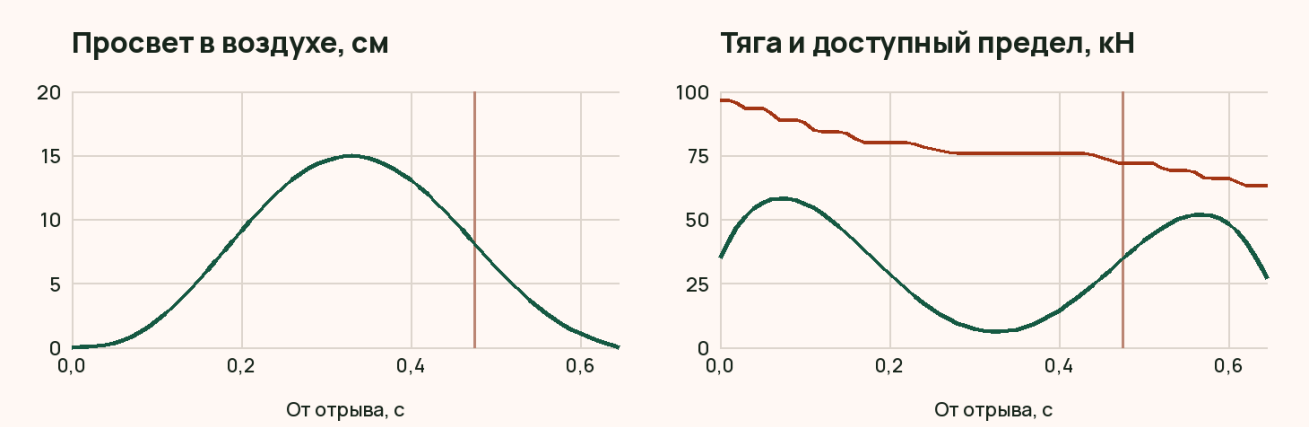
В балансе принята эффективная скорость 475 м/с по трассе. Идеальная энергетическая оценка даёт 4,82 с и 72,3 м. Обе оценки исключают сопротивление, разгон в воздухе и пределы протока.

Расчёт и допущения · Tesla Roadster · NASA Glenn

Короткий полёт Roadster RR H1

Обе расчётные траектории достигают мягкого касания и покоя с резервом более 10%. Входная скорость 18 км/ч набрана на колёсах до отрыва. Торможение снижения начинается при просвете 8,1 см. Начальный заряд 235,27 кг, порог остатка 23,53 кг.

Показатель	Основной	Неблагоприятный
В воздухе, с	0,645	0,645
Максимальный просвет, см	14,9	14,9
До касания, м	3,22	3,22
Скорость вниз при касании, м/с	0,23	0,23
До покоя с пробегом, м	9,53	9,54
Воздух при касании, кг	185,34	173,68
Воздух после покоя, кг	183,97	171,00
Минимальный запас тяги, кН	14,36	0,97



Основной случай. Вертикальная линия отмечает торможение снижения. Красная кривая — ограничение тяги.

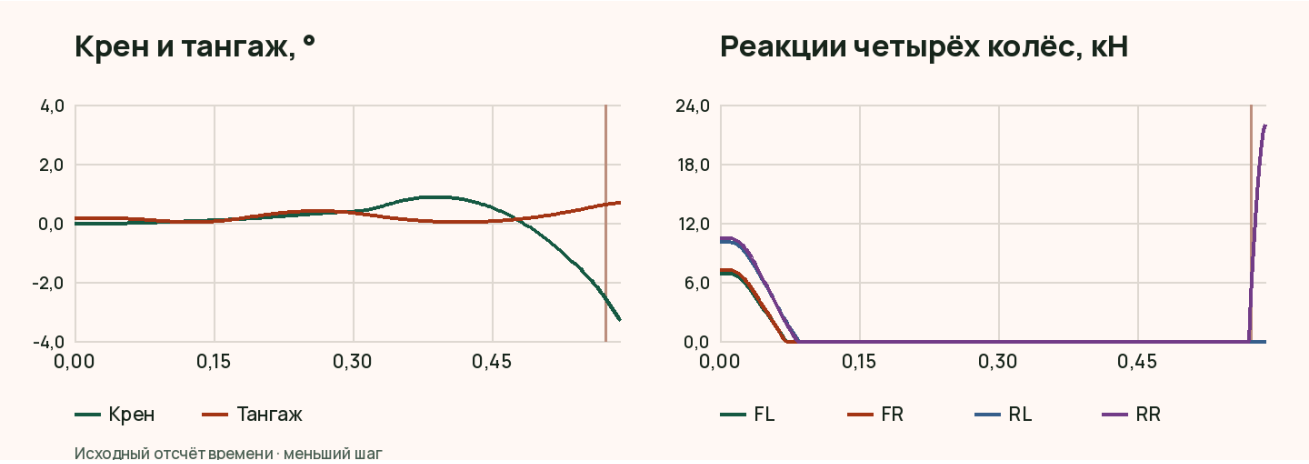
Предел тяги взят из огибающей AIR_NOMINAL по расходу. Неблагоприятный вариант снижает доступную тягу и скорость истечения, увеличивает задержку и добавляет 20 кг. Контакт моделируется вертикальным ходом четырёх опор на ровной площадке. Крен, тангаж и очередность контактов требуют отдельной связанной проверки. Серия DEV25 на 5 м остаётся 0/4.

Анимация · Расчёт и допущения

Посадка RR H1 в связанной модели

Оба прогона дошли до касания быстрее критерия 0,50 м/с вниз. После касания скорость штока задней стойки превысила границу модели 1,00 м/с. Полная остановка на четырёх опорах и резерв после неё остаются открытыми.

Показатель	Газ 12 мс	Газ 6 мс
В воздухе, с	0,539	0,488
До касания в плане, м	2,70	2,44
Первое колесо	RL	RR
Скорость вниз, м/с	1,63	1,44
Крен при касании, град	0,76	-2,60
Тангаж при касании, град	1,49	0,63
Пик скорости штока, м/с	1,0371	1,0019
Воздух на границе расчёта, кг	206,73	207,91



Меньший шаг. Вертикальная линия отмечает первое касание.

В исходном прогоне после RL появилась реакция RR. При меньшем шаге до границы расчёта записана только реакция RR. Порядок касаний чувствителен к шагу. Запас по массе 23,53 кг соблюдён на конце обеих трасс. Этот момент наступил через 15–18 мс после касания, при скорости около 5 м/с по горизонтали.

Анимация · Расчёт и протокол

Проверки и воспроизведение

Машиночитаемая сводка связывает результаты с временными рядами, событиями и допусками. Сравнение шагов оценивает чувствительность к дискретизации. Физическая приёмка потребует телеметрии, характеристик исполнительных органов и испытаний контакта.

Проверка	Зафиксированный результат
Касание 4100 мм	PASS. Наклон при касании 0,239°, скорость по горизонтали 0,149 м/с. Максимальный ход за сценарий 60,0 мм. В воздухе наклон до 1,265° и рыскание до 6,003°. Пиковая тяга 26,011 кН.
Касание 5250 мм	PASS. Наклон при касании 0,279°, скорость по горизонтали 0,146 м/с. Максимальный ход за сценарий 60,0 мм. В воздухе наклон до 1,265° и рыскание до 6,003°. Пиковая тяга 26,011 кН.
Критерии посадки	Скорость вниз <0,70 м/с и по горизонтали <0,35 м/с. Наклон <1°. Ход ≤180 мм, сумма реакций ≤3 веса. Покой на четырёх опорах подтверждается после 1 с выдержки.
Уточнение шага	PASS. RK4 с шагами 2,5 и 5 мс. Максимальные различия по положению 0,002 мм, по времени касания 0,004 мс.
Одноосный расчёт R4	Отдельный тест без тяги при 1 м/с. Ход 80,291 мм, пик реакции / вес 1,72823.
Проверки чувствительности	Масса 2640 кг 2/2. Запаздывание приводов ×1,8 0/2 (за пределами критериев 4100, 5250 мм). Боковая сила 60 Н 0/2 (за пределами критериев 4100, 5250 мм).
Просвет после касания	Предел повторного отрыва 15 мм. При замедлении приводов 26–33 мм, при боковой силе 20–25 мм. Покой на опорах достигнут во всех повторах.
FCStd 4100	SHA-256 a5a98a4d60fe5720…
FCStd 5250	SHA-256 220ff95325335af6…
Сводка SHA-256	1643f3884aff664ab7b4bd54…

P1 · обе диагонали достигли покоя с остатком выше 60 кг. Сверены события и запас топлива на двух шагах интегрирования.

Что сохраняет сравнительный комплект

Модель полёта, машиночитаемые результаты, исходные данные и допущения хранятся вместе с отчётом. Атлас 3D и калькуляторы используют сохранённые данные. В материалах Roadster у оценок расхода, стоимости и длительности по PTS собственные исходные условия.

Musée de l’Air et de l’Espace · AAMS, p. 22 · LLTV · NASA SP-2004-4535 · Tesla Q3 2026