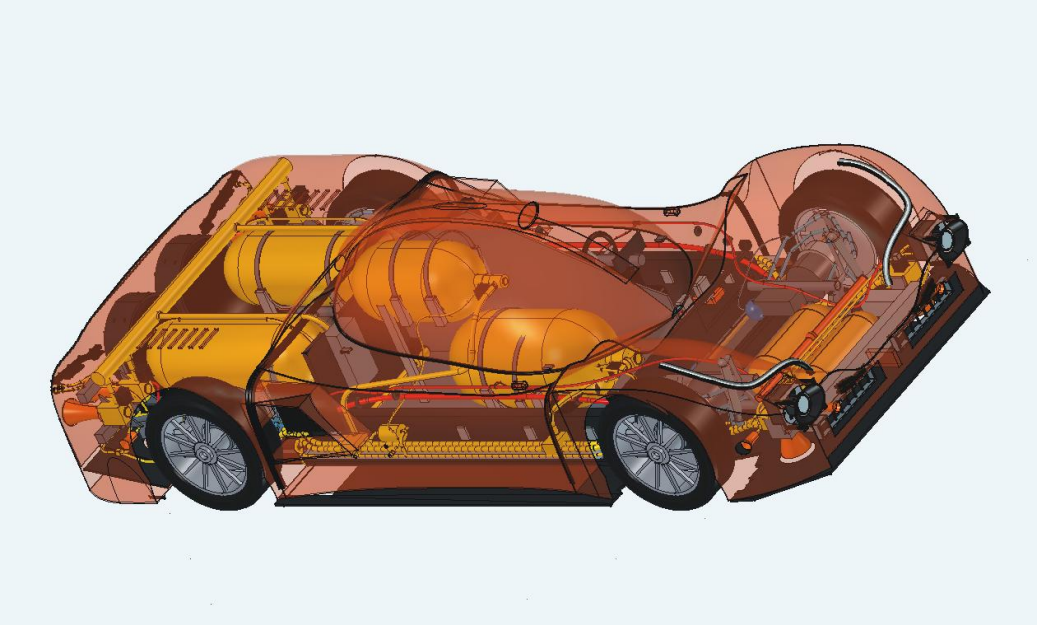
ИМПУЛЬС R06 / ТЗ 01 / на решение заказчика

Вариативное техническое задание

Наземный демонстратор и исследование короткого перелёта



Презентационная CAD-модель ИМПУЛЬСА R06. Формы кузова служат базой для трёх вариантов.

Рекомендуемый вариант V1 — наземный электрический AWD и отдельный стенд на геометрии RWD. Свободный полёт R06 остаётся на HOLD. Для G0 подготовить решение заказчика по миссии, бюджету и границам работ.

Заказчик и получатель — владелец программы и экспертный комитет. Основания — ответы экспертов от 23 ноября 2026 года, анкета R02 и штатные расчёты R06. Обозначение R06.1 относится к планируемой следующей CAD-ревизии.

Редакция ТЗ 1.0 · 23.11.2026 · ТЕКСТКАД

Содержание

С. 2–5 Сравнение V1–V3 и условия выбора
С. 6–9 Исходный R06, правило +20% и вопросы до выпуска
С. 10–13 План G0–G5, сроки и стоимость доказательств
С. 14–15 Показатели T01–T18
С. 16–33 Все 61 требование с критериями и ответственными
С. 34 Основания и лист решения заказчика

Архитектура и задание

Как выбрать вариант

Заказчик выбирает одну первую поставку, её оператора и дисциплину зачёта. Для сравнения сохраняют наружную геометрию ИМПУЛЬСА, одинаковый паспорт загрузки и раздельные ведомости AWD и RWD. Показатели трёх вариантов в один паспорт автомобиля не объединяют.

Вариант	Что получает оператор	Что определяет выбор
V1 · AWD и стенд RWD	Трековый AWD без сосудов высокого давления на борту. Отдельная установка для изучения посадки.	Нужен ходовой результат при открытом вопросе B09. Газовая НИР имеет собственный рубеж финансирования.
V2 · спринтер RWD	Облегчённый RWD для прямой с электроприводом, прижимом и горизонтальной газовой тягой.	Заказчик выбирает разгон главной дисциплиной и принимает отдельную квалификацию газовой системы на машине.
V3 · электрический трек	Машина без газового контура для круга, бокового ускорения и серийного торможения.	Заказчик выбирает эксплуатационную повторяемость и закрывает лётную ветвь. Подтверждение массы и опор сохраняется.

Рекомендация экспертов для G0 — V1. При отрицательном результате B09 на G2 применяется F08: лётную НИР закрывают, наземный AWD продолжают по своему допуску. Переход к V2 требует нового решения заказчика. V3 можно выбрать сразу.

Архитектура и задание

Вариант 1 Наземный AWD и отдельный стенд RWD

Поставка для трекового оператора

Разработать электрический AWD с вентиляторным прижимом, рабочими тормозами, защитами HV и двумя каналами хронометража. Взвесить готовую первую конфигурацию со всей заявленной загрузкой. Лимит E01 — 2150 кг, следующий ориентир — 1850 кг. Расчётная исходная масса R06 — 2327,05 кг. Удаление газовых узлов учитывают по ведомости снятия и добавления креплений.

Параллельная исследовательская работа

Создать программу автономной проверки подачи, управляемости и контакта на привязном стенде с геометрией RWD. Его масса, инерция и опоры должны соответствовать заявленной модели или иметь измеренную поправку. На шасси первой поставки полётные сосуды отсутствуют. Результат лёгкого стенда переносится на машину только после пересчёта с фактическими массой, инерцией и комплектом оборудования.

Решения по выпуску

G0 фиксирует две конфигурации. На G1 выпускаются кандидаты R06.1 для проверки кузова, опор и ходовой, карты тормозов, прижима и электрической мощности. На G2 отдельно принимают наземный баланс и B09. До интеграции исследовательского контура закрывают B09, B10 и C11. Для выхода на трек оценивают только применимые к этому AWD отказы и оформляют отдельное решение G4-Ground.

Собственный зачёт — не менее 9 успешных циклов из первых 10, с учётом прерванных попыток, и готовность к следующему старту за ≤20 мин. Дополнительно провести серию D08 из пяти разгонов 0–100 mph с торможением и падением пиковой мощности ≤5%.

Архитектура и задание

Вариант 2 Спринтер RWD

Поставить трековому оператору облегчённую заднеприводную машину для трёх дисциплин: 0–60 mph, 0–100 mph и 402,336 м. Концепция экспертного ответа предусматривает совместную работу колёсной тяги и горизонтального газового импульса длительностью до 1,0 с. Вертикальный манёвр вынесен за объём первой поставки.

Порядок работ и критерии

1. Зафиксировать массу и нагрузки RWD, целевую дисциплину и эталон. Подготовить измеряемый баланс продольной силы, электрической мощности, нагрузки передней оси и сцепления. Удельную мощность сопоставить с фактическими шинами, приводом и покрытием. Ведомость исходной R06 RWD содержит 2227,58 кг расчётной массы.

2. До включения газовой функции квалифицировать её крепления, физическую трассу, отказ и останов в продольном режиме. Пересчитать C11/C12 и нагрузку при разгоне. Закрытие B09 для посадки не подтверждает пригодность горизонтального контура. Для него назначается отдельная проверка диапазона, импульса, устойчивости и тормозов.

3. Сначала принять наземные измерения электропривода и тормозов, затем рассматривать интегрированный беспилотный режим на полигоне. Зафиксировать два времени старта и скорость на финише. При отсутствии сопоставимой телеметрии Rocket публикуют абсолютное время собственных серий по A09.

Выбор V2 требует отдельной сметы и календаря до закупки. Условия прекращения — отсутствие допуска для бортового контура, недостаточная нагрузка управляемой оси по D03 или отрицательный тормозной результат D05. Возможная следующая конфигурация — электрическая с новым паспортом.

Архитектура и задание

Вариант 3 Электрический трековый автомобиль

Снять полётную функцию и все высоконапорные газовые компоненты из спецификации ходовой машины. Для планирования принять наземный AWD как ближайшего преемника V1. Привод V3 владелец утверждает на G0: эксперты не зафиксировали его как обязательный для этого варианта. Внешний кузов, осевые базы и дверные проёмы сохраняются.

Поставка и изменение конструкции

Составить баланс демонтированных сосудов, трубопроводов и арматуры за вычетом добавленных кронштейнов, усилений и защиты. Гипотеза экономии ≥150 кг проверяется относительно выбранной исходной ветви при одинаковых жидкостях, комплекте и загрузке. Отдельно закрыть пересечения с рейками подвески и пленумом, силовой путь и зазоры. Освободившийся внутренний объём 31,29 л относится к геометрии носового пакета R06.

Программа зачёта

G0 фиксирует трассу, оператора и условия. G1 проверяет геометрию и массу, карту прижима, шины, фрикционные тормоза и защиту HV. G2 замыкает электрический и тепловой балансы, включая отказ секции вентилятора. G4-Ground проверяет устойчивое боковое ускорение 2,2 g_0 на радиусе 50 м, переставку, тормозной коридор и время круга. Время круга устанавливают по согласованной трассе до зачётного выезда. G5 подтверждает повторяемость по A06/D08.

Tesla Performance служит ориентиром наземной категории. Сопоставление по кругу возможно при согласованном протоколе и измеренном результате эталона. Полётные B/C помечают неприменимыми с подписью владельца требований. Группы C11/C12 и наземная часть безопасности остаются обязательными.

Архитектура и задание

Исходная граница R06 и правило сравнения

Показатель	AWD	RWD
Расчётная масса / вес	2327,05 кг / 22,82 кН	2227,58 кг / 21,85 кН
Штатная тяга PR, Cd = 0,95	21,13 кН	21,13 кН
Штатное время в воздухе / дальность	0 с / 0 м	0 с / 0 м
Допустимый остаток по массе / необходимый по расходу[1]	≤5,20 / ≥13,46 МПа	≤5,88 / ≥12,68 МПа
Принудительное снижение с 5 м, скорость ЦМ	7,02 м/с	6,88 м/с
Энергия поступательного движения при 276 mph	17,71 МДж	16,96 МДж

[1] Объединённый газовый запас, расчётный предел Cd = 1, F/ṁ = 690 м/с, профиль 2× текущий вес. В заданном сценарии ЦМ поднимается на 5 м и проходит 25 м за 2,646 с при входной горизонтальной скорости 34,01 км/ч и вертикальной скорости касания 2,5 м/с. Новые сборки и натурные данные требуются для изменения статуса HOLD.

Что означает цель +20%

Для одинакового прироста скорости применяется правило B: $t_i + U_i \le (t_r - U_r) / 1{,}20$. Из заявления Rocket <0,59 с получается ориентир границы 0,4917 с. Правило A даёт внутренний ориентир 0,472 с. Время 0,81 с относится к показанному заезду. Оба исходных времени требуют измерительного паспорта для сравнительного зачёта. Для коэффициента охвата k = 2 метролог обосновывает вероятность охвата и бюджет неопределённости.

Для AWD при 0,472 с только прирост поступательной энергии требует в среднем 1773,49 кВт. Даже при 1700 кг нижняя оценка — 1295,6 кВт. В бюджете R11B на валах было 880,5 кВт при включённом прижиме. Между шиной DC, входом инвертора и колёсами отдельно учесть потери.

Архитектура и задание

Последовательность реализации

Ноябрь — декабрь 2026 · зафиксировать предмет поставки

Руководитель программы готовит две карточки конфигурации V1. Метролог определяет начало отсчёта, единицы, относительную погрешность и исходные условия. Главный конструктор подписывает перечень 257 наружных тел и баз на ветвь. Владелец площадки и эксперт по допуску определяют границы конкретных работ.

Декабрь — январь · устранить блокировки конструкции

От R06 создать раздельные кандидаты AWD и RWD R06.1 с общими базами. Зафиксировать массу и ЦМ до и после переделки, владельцев интерфейсов и зависимые проверки. Параллельно вести задние крепления C11, огибающие C12, трассировку B10 на газовой конфигурации и электробезопасность E10. Хеши, повторное открытие, отчёт по каждой паре и замечания проверяет независимая группа.

Январь — март · принять измеренные характеристики

Закрыть карты прижима D04, тормозов D05, мощности E03, теплового состояния E11 и газовой установки B01. Стендовые записи одной ревизии подать в согласованные модели. Любое изменение массы или крепления открывает перерасчёт динамики, нагрузок, зазоров и торможения. На G2 председатель подписывает раздельные решения по наземной машине и НИР.

Март — сентябрь · допуск, серия, выпуск

Для наземной ветви подготовить ходовой прототип, весовой паспорт, останов и эвакуацию, затем ступенчатые заезды. Для исследовательской ветви сначала принять корреляцию модели на привязном стенде. Переход от испытания компонента к человеку, свободному движению или новому диапазону требует отдельной записи о допуске. Серию G5 фиксируют на неизменной конфигурации с полным учётом попыток и вмешательств.

Архитектура и задание

Открытые решения перед выпуском

C11 · какой элемент переносить

Приложение называет рулевую рейку. Протокол R04 и сверка 18 деталей R03–R06 указывают SuspensionRail004/006 — трубчатые рейки подвески. Для каждого места подтвердить CAD Name, огибающую полости и размещение. Верхние пальцы занимают по 34 023,45 мм³ огибающей T101/T102, нижние — по 5329,52 мм³ рейки, два передних нижних — по 2956,32 мм³ отвода пленума. Главный конструктор выбирает внутреннюю переделку после проверки идентичности деталей.

B01/B04/B09 · область измерений и запас

Карта 5–35 МПа не покрывает начальные 49,05 МПа модели или предложенные 70 МПа. На G1 согласовать, где измеряется давление, и какие данные потребуются для расширения области. До G2 определить знаменатель каждого относительного запаса и границы неопределённости. Для B09 предъявить одновременно ≥15% по количеству и подаче. Для B04 — отдельный резерв 20% от расхода на торможение плюс бюджет ориентации при отказе. Сложение процентов не обосновано.

E10 · время безопасного разряда

В основном тексте для активного и пассивного путей указано менее 5 с. Карточка E10 предусматривает активный ≤5 с и пассивный ≤120 с до напряжения <60 В. Руководитель HV и независимый проверяющий до подачи HV согласуют пороги каждого пути, включая отказ. Обе формулировки сохраняют в журнале решения.

Архитектура и задание

Условия зачёта и полномочия

Хронометраж и доказательства

Один протокол должен выдавать результаты от истинного старта и после 304,8 мм движения. Принятый проектный протокол D01 описывает обнаружение движения и независимые измерительные каналы. Упомянутые во вложении SAE J1349 и J2951 относятся к мощности ДВС и качеству воспроизведения ездового цикла. Для выбора начала отсчёта метролог рассматривает SAE J1491. Применимость согласуется до испытания.

Огибающие, опоры и тормоза

C12 сохраняет ход −210…+40 мм, поворот ±18° и переднюю колею 1640/1648 мм. Если 6 мм номинального и 3 мм нагруженного зазора не достигаются, вернуть геометрию на пересмотр. Механическое ограничение хода или поворота требует изменения утверждённого задания владельцем. Для C06 выдержка 1 с классифицирует устойчивый контакт; A07 требует 5 с на четырёх опорах для завершения цикла. На тормозном стенде распределить энергию между узлами; коридор D05 шириной 3,5 м проверяется на машине, посадочный A07 — 4 м.

G0 и два допуска G4

Часть документов A05/A03 запланирована после 7 декабря. До объявления G0 закрытым либо оформить условия с датами 10 и 15 декабря, либо перенести закрытие. Общая формулировка G4 ссылается на G1–G3, специальная наземная ветвь — на наземные G1/G2. Председатель и технический директор должны определить применимые проверки G3 для наземного маршрута. Для G4-Hop необходимы G3 и внешнее решение по F01. Полномочия и конкретную юрисдикцию подтверждают по площадке; во вложении приведён проект протокола без проверяемых подписей.

План реализации V1

Рубежи программы G0 / G1

G0 · 07.12.2026 · лимит до 3,50 млн ₽ на документацию, метрологию и правовую экспертизу.

Согласовать V1. Первая поставка — наземный AWD без бортовых сосудов, V1-RWD — отдельный стенд. Применять правило B к +20% ускорения, правило A оставить внутренней целью. Исключить активный прижим на рампах R ≤20 м.

Предъявить карточку A01, методику A02/D01, юридическое заключение B05/F01, смету F06 и паспорт обвода. A05 и A03 датированы позднее: 10 и 15 декабря. Зафиксировать условное решение 7 декабря и даты закрытия условий либо перенести закрытие G0.

Руководитель программы и главный метролог. Решение совместно подписывают председатель и технический директор при отсутствии возражений независимого руководителя безопасности. Вето при отсутствии разграничения ветвей или допуска площадки к конкретной работе.

G1 · 25.01.2027 · 28,00 млн ₽ ±15% после тендера, диапазон 23,80–32,20 млн ₽.

Перекомпоновать задние опоры и трассы в R06.1 и выпустить изолированные компонентные проверки шин, газа, HV/привода, вентилятора и фрикционных тормозов. Работа без людей в объекте силового испытания.

Предъявить C11/C12, B10, E10, карту B01, D04, D05 и E03/E11. Нулевое пересечение с запретными объёмами, зазоры ≥3 мм под нагрузкой и ≥15 мм между HP и LV. Проверить изоляцию ≥500 Ом/В и активный разряд до <60 В за ≤5 с. Предел пассивного разряда согласовать по E10 до подачи HV. Для тормозов зафиксировать эквивалент энергии AWD/RWD и распределение по осям.

Главный конструктор и руководители B–E. Сохранение коллизий блокирует переход по затронутой конфигурации. Любой триггер F04 останавливает соответствующий стенд. Полный автомобиль остаётся без подачи HV/ВД до закрытия применимых B10, C11, C12 и E10.

План реализации V1

Рубежи программы G2 / G3

G2 · 01.03.2027 · предварительно 19,50 млн ₽, финансирование на утверждение после G1. Материал B09 — к 25.02.2027.

Подготовить совмещённую модель газа и энергетики и HIL-контур. Связанные физические испытания — после приёмки G1. Проверить единичные отказы и взаимодействие потребителей.

Один измеренный профиль B09 должен иметь непустое окно по остатку и подаче с одновременным запасом ≥15%, включая B04. Представить записи защит B06/E04. Для наземной ветви предусмотреть собственное решение по электрическому питанию, прижиму и тормозам.

Руководитель газодинамики и специалист по функциональной безопасности. Отрицательное решение B09 закрывает свободный перелёт по F08. Для V1 при положительном B09 переход требует B10 и C11, свободный полёт остаётся на HOLD.

G3 · 15.04.2027 · стоимость уточняется на G2.

После принятых G1 и G2 сопоставить модель 6DOF и контакт шины с измерениями на привязном массо-габаритном стенде RWD. Ступени до 0,3 и 1,0 м. Объём относится к исследовательской ветви V1.

C03, C06, C08–C10. При |Vz ЦМ| ≤2,5 м/с предел нормальной скорости первой точки ≤3,2 м/с. Остаток хода ≥15 мм. Расхождение времени касания ≤15 мс и силы ≤10%. Подтвердить сохранение управляемости при единичном отказе.

Руководитель динамики и контакта, независимый руководитель испытаний. Повторный отрыв, пробой или запас управляющего момента <1,3 сохраняют HOLD.

План реализации V1

Рубежи программы G4 / G5

G4 · G4-Ground 01.06.2027 · G4-Hop 15.07.2027. Бюджеты определяются после G2/G3.

Разделить G4-Ground и G4-Hop. Для AWD на полигоне разрешать только подтверждённые ступени скорости в пределах ограничений шин, тормозов и прижима. G4-Hop — отдельный беспилотный допуск после G3.

Предъявить протокол готовности, закрытие применимых P0 и F01/B05, проверку останова и одиночный цикл D01 либо A07. Для Ground вложение одновременно указывает G1–G3 и наземные G1/G2. Комитет письменно определяет применимость G3 к Ground. Для Hop обязательны G1/G2/G3 и внешнее разрешение.

Руководитель испытаний и безопасность полигона. Вето при F04, выходе из коридора торможения шириной 3,5 м или превышении C02. Водитель требует отдельной письменной санкции.

G5 · 01.09.2027 · смета серии на утверждение на G4.

После соответствующего G4 предъявить серию на замороженной конфигурации F07/E12 по A06/D08. Выводы по готовности и конкурентоспособности привязать к измеренному циклу.

≥10 попыток, доля успеха ≥90%, возврат к готовности ≤20 мин. Уточнить на G0 применение ≤15 мин к зарядке 15–80% и тепловому восстановлению, состав операций, исходный SOC и температуру. Дать результаты разборки и воспроизводимый архив F07.

Главный конструктор, оператор и главный метролог. Останов при деградации тяги/мощности >5%, остаточной деформации или изменении незарегистрированной конфигурации.

Предварительные оценки V1

Смета и датированные результаты

Ориентир до G2 — 51,0 млн ₽: G0 до 3,5, G1 около 28,0 (±15%), G2 предварительно 19,5. Стоимость G3–G5 предстоит определить. V2 и V3 требуют самостоятельных смет и графиков.

ID / срок	Планируемое доказательство	млн ₽
F02 / 2026-11-25	Проект протокола председателя · CHAIR_RU.md. Включён в управление G0, отдельная сумма отсутствует.	в G0
A01 / 2026-12-07	Согласование раздельных миссий с оператором · MISSION_CARD_R02_G0.pdf	0,50
A02 / 2026-12-07	Метрологическая методика +20% и неопределённости · TARGETS_METROLOGY_R02.json	0,45
A05 / 2026-12-10	Манифест защищённых тел и реперов · DATUMS_FROZEN_R06_1.json	0,40
A03 / 2026-12-15	Сопоставимость хронометража и эталонов · BENCHMARK_PROTOCOL_R02.md	0,30
E10 / 2026-12-28	Стенд защит, методика и протокол HV · HV_SAFETY_CLEARANCE_G1.pdf	1,60
B10 / 2027-01-10	Трассы, кронштейны, зазоры и примерка · ROUTING_CLEARANCE_R06_1.json	1,10
C11 / 2027-01-15	Задние опоры, силовой путь и МКЭ · REAR_MOUNT_ZERO_CLASH_R06_1.json	3,40
E03 / 2027-01-18	Нагрузочный стенд привода и синхронные кривые · HV_POWERTRAIN_SYNC_G1.json	3,20
B01 / 2027-01-20	Оснастка и измеренная карта газового модуля · GAS_RIG_CD_MAP_G1.parquet	6,80
C12 / 2027-01-25	Огибающие подвески и проверка с шиной · SWEEP_ENVELOPES_R06_1.step	1,90
D05 / 2027-01-25	Образцы тормозов и инерционный стенд · BRAKE_DYNO_18MJ_G1.pdf	4,50
B09 / 2027-02-25	Проверка совместного баланса массы и расхода · PRESSURE_WINDOW_CLOSURE_G2.pdf	4,20

12 оценённых карточек дают 28,35 млн ₽, включая G0 1,65, G1 22,50 и G2 4,20. Их суммы входят в этапные оценки. F02 входит в управление G0. Для резерва 20% на повторы финансовый руководитель фиксирует базу и факт включения до утверждения сметы.

Матрица проверки

Показатели T01–T09

Номера A–F связывают показатель с требованием и ответственным. Исторические показатели и заявления производителей сохраняют собственные условия зачёта.

ID	Применимость, порог и подтверждение
T01	V2 · 0–60 mph Rocket. Tesla <0,59 с. По B граница 0,49167 с, внутренняя A — 0,472 с. B показанном заезде объявлены 0,81 с. Зачёт по сопоставимым измерениям с U95. A02/A03/D01.
T02	V1/V2/V3 · Thrust 0–60 mph. Tesla <0,9 с даёт по B границу 0,750 с. Оценка Top Gear 0,85 с дала бы 0,708 с. Для V3 свой ориентир Performance <1,6 с, по B граница 1,333 с. A02/A03/D01.
T03	V1/V2/V3 · SpaceX package 2021. Клуб владельцев со ссылкой на музейную табличку — 1,10 с до 60 mph. Историческая граница B ≈0,917 с. Современный Rocket требует своей записи. A03/F05.
T04	V1/V2/V3 · Базовый Roadster 2017. Архивная карточка Tesla — 1,90 с до 60 mph. Исторический ориентир B ≈1,583 с. Определение старта и версия машины должны совпадать. A03/D01.
T05	V1/V2/V3 · 0–100 mph. Исторические 4,20 с базового Roadster (Tesla, 2017) дают по B 3,50 с. Для Rocket нет сопоставимой записи. Для ИМПУЛЬСА также нужна серия D08. A02/D01.
T06	V2 · ¼ мили (402,336 м). Tesla 2017 — 8,8 с в карточке и 8,9 с на показе. Внутренние цели −20% времени — 7,04/7,12 с. Это фиксированная дистанция. Для зачёта утвердить метрику и скорость финиша. A02/D01.
T07	V1/V2/V3 · Tesla Rocket >230 mph. Масштабирование границы даёт >276 mph (>444 км/ч). Этап допуска ограничивают шины, тормоза и устойчивость, шаг 25 mph. Фактические +20% требуют измеренного эталона. D02/D05/D07.
T08	V1/V3, V2 по миссии · Tesla >300 mi для семейства без цикла. Ориентир >360 mi (≈579 км). Top Gear 310–320 mi, исторические 620 mi — иные базы. WLTP и трековый цикл 15% времени с прижимом разделить. A04/E05.
T09	V1/V2/V3 · Top Gear — 500 кВт и <15 мин, SOC 15–80%. Внутренний ориентир −20% времени <12 мин. Собственный тест при 30 °C от ≥350 кВт, максимум ячеек 52 °C. Сравнить ёмкость, окно и зарядную кривую. E09/A06.

Матрица проверки

Показатели T10–T18

Номера A–F связывают показатель с требованием и ответственным. Исторические показатели и заявления производителей сохраняют собственные условия зачёта.

ID	Применимость, порог и подтверждение
T10	V1/V2/V3 · Top Gear — Performance 1 МВт, условный ориентир 1,2 МВт. Tesla 2017 — 10 000 Н·м на колёсах. Сопоставлять одинаковые границы, скорости и длительности. У R11B 1 МВт на шине DC. E03.
T11	V1/V2/V3 · На показе Tesla заявлен прижим до 2 весов в особом режиме. У R11B 48,50 кН — расчёт. Сопоставлять дополнительную силу к весу при одинаковом зазоре и скорости по измеренной карте, включая отказ. D04.
T12	V1/V3, V2 по миссии · Tesla заявила >2 g бокового ускорения. +20% к границе даёт >2,4 g. Своя цель ≥2,2 g на круге R=50 м. Зафиксировать длительность, шины и покрытие. D02/D06/A09.
T13	V1, стенд · Показ Rocket подтверждает демонстрацию. Измеренные высота, дальность, время и скорости контакта сопоставимой машины остаются открыты. V2 откладывает полёт, V3 исключает. A03/C01/F05.
T14	V1, стенд · lift42 — локальная реплика DEV42 в витрине DEV44, задание 2,5 м / 1,8 с. Переносить метод сверки фаз, расхода и опор; абсолютные значения проверять на данных ИМПУЛЬСА. C01/C07/C09.
T15	V1, стенд · 5 м подъёма ЦМ / 25 м / |vz ЦМ|≤2,5 м/с. Для первого контакта ≤3,2 м/с по нормали. Штатно 0 с / 0 м; условно 2,646 с при входе 34,01 км/ч. Свободный полёт HOLD. B09/C01/C05.
T16	V1/V2/V3 · Собственный зачёт: ≥90% успешных циклов в ≥10 попытках, возврат ≤20 мин. Отдельно пять циклов 0–100 mph с торможением, падение мощности ≤5%. Сопоставимой серии Rocket нет. A06/D05/D08.
T17	V1/V2/V3 · Tesla на показе назвала 2 ёмкости, 600 л суммарно, ≈250 кг воздуха, 10 выходов. Это входы архитектуры. Для ИМПУЛЬСА учитывать собственную полную массу, полезный газ и интерфейсы каждой ветви. A04/B03/E01.
T18	V1/V2/V3 · В карточке Rocket ограничено использование на дорогах. Для ИМПУЛЬСА получить решение отдельно на стенды, наземный трек, опыт с человеком и, при V1, свободный беспилотный режим. A08/F01/F02.

Приложение / требования и приёмка

Продукт и эталон A01–A03

V1 · G0 · S01 строки 19–23, 29, 67–71, 122–133

A01 Миссия оператора

Первая поставка для оператора трека — электрический AWD с активным прижимом без бортовых сосудов высокого давления. НИР короткого перелёта ведётся на отдельном беспилотном стенде геометрии RWD. Вторую очередь открывать после совместного закрытия B09, B10 и C11 и отдельного решения комитета.

Приёмка. Получить подписи заказчика и руководителя программы на MISSION_CARD_R02_G0.pdf с назначением обеих конфигураций, пределами режимов и перечнем доказательств. При выборе V2 или V3 переутвердить миссию и бюджет.

Ответственный. Руководитель программы и заказчик

V1/V2/V3 · G0 · S01 строки 29–35, 135–146

A02 Правило +20%

Для разгона на фиксированном интервале скорости применять правило B: tИ + U95,И ≤ (tэт − U95,эт)/1,20. Принять k=2 после проверки охвата в бюджете неопределённости. От 0,59 с граница B равна 0,49167 с (округлённо 0,492), внутренняя цель A равна 0,472 с. Для показателей без сопоставимого замера задать собственную шкалу.

Приёмка. Выпустить TARGETS_METROLOGY_R02.json для T01–T18. Для каждого показателя указать направление улучшения, физическую базу, неопределённость, режим и правило решения. Сравнивать до округления.

Ответственный. Главный метролог и заказчик

V1/V2/V3 · G0 · S01 строки 37, 69, 148–159

A03 Эталон разгона

Учитывать границу Rocket <0,59 с и объявленный результат показанного прототипа 0,81 с раздельно. Для подтверждения преимущества получить первичные данные эталона, его комплектацию и определение старта. Оба значения до этого служат ориентирами.

Приёмка. В BENCHMARK_PROTOCOL_R02.md и F05 зафиксировать источник, шины, нагрузку, покрытие, начальное состояние и две записи D01 (от покоя и после 304,8 мм). При недостаточных данных применять A09.

Ответственный. Владелец реестра источников и независимая лаборатория

Приложение / требования и приёмка

Продукт и эталон A04–A06

V1/V2/V3 · G0 · S01 строки 47, 67–68

A04 Конфигурации сравнения

Вести паспорт на каждый физический экземпляр. Для V1 отдельно учитывать AWD без газового балласта и перспективный RWD с газовым модулем. При сопоставлении спринта и дальности разрешить только замену комплекта шин и режима управления прижимом за ≤30 мин без разборки кузова.

Приёмка. Задокументировать исходные и конечные состояния, массу, шины, режим, исполнителя и длительность перенастройки. В итогах указывать конкретный экземпляр для каждой цифры.

Ответственный. Владелец конфигурации и оператор трека

V1/V2/V3 · G0 · S01 строки 37, 68, 161–172

A05 Защищённый кузов

Сохранить нативную геометрию 257 наружных тел каждой автомобильной ветви, базы осей колёс, дверных проёмов и крепления кокона. Архивировать SHA-256 эталона. Предельное отклонение собранной поверхности класса A в контрольных точках по нормали — 0,50 мм по модулю. У безкузовного стенда V1 проверяется перечень воспроизводимых интерфейсов.

Приёмка. В DATUMS_FROZEN_R06_1.json разделить проверку идентичности защищённых нативных тел и измерение после повторного открытия CAD/STEP AP242 по одним базам. Зафиксировать знак, максимум и положение отклонения.

Ответственный. Головной конструктор кузова и независимый CAD-контролёр

V1/V2/V3 · G5 · S01 строки 47, 107–111, 302

A06 Готовность серии

В собственной зачётной серии получить ≥90% успешных полных циклов в ≥10 последовательных попытках и ≤20 мин от безопасной остановки до готовности к следующему старту. При ровно десяти попытках требуется не менее девяти успешных.

Приёмка. До серии согласовать критерий успеха, отказа и начала/конца времени. Вести по F07 журнал всех попыток, прерываний, подготовительных работ и длительностей. Отдельно оценивать пять циклов D08.

Ответственный. Будущий оператор и главный метролог

Приложение / требования и приёмка

Продукт и эталон A07–A09

V1 · G4-Hop · S01 строки 39, 47, 49, 99–103

A07 Завершение цикла

Для условной второй очереди отсчитывать полный цикл от предстартовой проверки при нулевой скорости до остановки в коридоре шириной 4,0 м. После остановки требуется устойчивая опора на четыре колеса ≥5,0 с, закрытые отсечные клапаны и подтверждённое безопасное состояние низкого контура. Вход в воздушную фазу 34,01 км/ч учитывать отдельно от начала полного цикла.

Приёмка. Вернуть синхронную запись начала, разгона, отрыва, первого касания, признака устойчивого контакта C06, полного останова и конечного состояния. В V2 первая очередь наземная, в V3 полёт исключён.

Ответственный. Руководитель динамики и испытаний

V1/V2/V3 · G0–G5 · S01 строки 41, 54–113

A08 Право решения

Переход между этапами оформляют председатель и технический директор при отсутствии возражений независимого руководителя безопасности. Последний имеет право немедленной остановки. Для каждой ветви установить свой разрешённый объём. Участие водителя в автомобиле требует отдельного письменного решения.

Приёмка. Вести подписанный протокол для каждого этапа с границами, датой, возражениями и назначением ответственного за возобновление. Предоставленный проект протокола направить на подпись.

Ответственный. Председатель, технический директор и независимый руководитель безопасности

V1/V2/V3 · G0/G5 · S01 строки 37, 47, 105–111

A09 Заявление о преимуществе

Заявлять характеристики конкретного класса машины, конфигурации и цикла. До получения инструментально сопоставимой базы Rocket публиковать абсолютные показатели собственной категории повторяемого трекового цикла.

Приёмка. Составить паспорт притязания с протоколом серии A06/D08, неопределённостью и перечнем допустимых сравнений. Раздельно указывать собственный результат, заявление производителя и измеренный эталон.

Ответственный. Заказчик, оператор и метролог

Приложение / требования и приёмка

Газовая система B01–B03

V1/V2 · G1 · S01 строки 38, 175–185

B01 Карта газовой установки

Для RWD-стенда V1 снять карту четырёх одновременно работающих потребителей в области давления 5–35 МПа. Зафиксировать расход, силу, давление, температуру торможения, эффективную скорость F/ṁ, Cd(p,T) и задержку. Для V2 назначить собственный горизонтальный профиль.

Приёмка. Не менее 5 повторов, регистрация ≥2 кГц, погрешность силы ≤±1,5%. Передать калибровки и GAS_RIG_CD_MAP_G1.parquet. При Cd <0,90 или задержке >25 мс вернуть узел на пересмотр. Для давления вне карты нужна дополнительная квалификация.

Ответственный. Руководитель газодинамики и независимый метролог.

V1/V2 · G2 · S01 строки 38, 48, 83–86

B02 Доступная подача

Построить нижнюю 95%-ю границу располагаемых тяги и подачи по фазам с охлаждением и совместным отбором. Для условного R06 при F/ṁ=600 м/с запрос в конце торможения равен 73,15 кг/с AWD и 70,03 кг/с RWD. У V2 своя потребность спринта.

Приёмка. Приложить синхронные огибающие с разбросом и пометить все интервалы дефицита относительно команды данной фазы. Числа конца торможения применяются к соответствующей точке профиля. Утвердить доверительную процедуру до опыта.

Ответственный. Газодинамика и метрология.

V1 · G1 · S01 строки 38, 48, 77

B03 Носовой резерв

Выбрать функцию носового резерва V1: отдельный ресурс для ориентации либо включение в общую сеть. В R06 внутренние 31,29 л дают 2,80 кг доступного газа до модельных 25 МПа при посадочной потребности порядка 40 кг.

Приёмка. Сопоставить варианты при одинаковом профиле и массе. Вернуть схемы, фазовые балансы давления, массы и расхода, последствия отказа и обоснование выбранной функции. Учесть заглушённые выходы R06.

Ответственный. Архитектор газовой системы и руководитель динамики.

Приложение / требования и приёмка

Газовая система B04–B06

V1 · G2 · S01 строки 48, 83–87

B04 Остаток при отказе

Перед торможением обеспечить неприкосновенный остаток ≥120% номинальной массы газа для посадки плюс независимый ресурс ориентации при отказе одного из спаренных клапанов. Учитывать доступную подачу в конце манёвра.

Приёмка. Вернуть баланс на момент начала торможения и временные ряды до касания для штатного режима и единичного отказа. До опыта утвердить базы 20% B04 и 15% B09, чтобы один резерв не учитывать дважды.

Ответственный. Газодинамика, управление и независимый проверяющий.

V1/V2 · G0 · S01 строки 41, 48, 69–71, 101, 299

B05 Паспорта сосудов

Для выбранной площадки и режима определить классификацию сосудов, инспекцию, паспорта, правила заполнения, хранения и перевозки. Обосновать малоцикловый ресурс не менее 500 быстрых разрядок с температурным контролем.

Приёмка. Заключение аккредитованного специалиста по применимости ТР ТС 032/2013, ISO 11119-3, ASME BPVC VIII-3 либо иной обязательной базы. Указать редакцию, объект, исключения, программу квалификации и критерии браковки. Порог 500 циклов — проектное задание.

Ответственный. Организация по оценке соответствия и руководитель площадки.

V1/V2 · G2 · S01 строки 41, 48, 52, 85–86

B06 Диагностика

Выявлять снижение O_2 в закрытых объёмах, утечки, обмерзание арматуры и заедание клапана. Диагностика положения должна выявлять заедание за ≤10 мс. Во вложении предложен сигнал обмерзания при температуре седла ниже −40 °C.

Приёмка. Журнал имитации отказов с отметками обнаружения и достижения безопасного состояния. Для −40 °C согласовать допустимый предел конкретного уплотнения. Связать блокировку доступа при O_2 <19,5% с F03, реакции защиты с F04.

Ответственный. Диагностика газовой системы и независимый специалист функциональной безопасности.

Приложение / требования и приёмка

Газовая система B07–B10

V1/V2 · G2 · S01 строки 47–48, 85, 109–110

B07 Энергия восстановления

Для каждого газового цикла измерить энергию от сети на подготовку газа, расход рабочего тела и время тепловой релаксации после заправки. Отсчёт оборота — от безопасного останова до одинакового разрешённого предстартового состояния.

Приёмка. Представить показания счётчика в кВт·ч/цикл, массу газа, журнал температур, длительность и затраты на принятый цикл. Учесть неудачные попытки. Проверить совместимость измеренного времени с целями A06 и G5.

Ответственный. Владелец эксплуатации и метрология.

V1/V2 · G1 · S01 строки 48, 77–79, 111

B08 Опоры и ресурс

Взвесить сосуды и фактические ложементы. Проверить удержание при продольной и вертикальной перегрузке 20 g_0. После любого нерасчётного удара выполнять дефектоскопию композитной оболочки.

Приёмка. Паспорт массы и крепления, схема нагрузок с указанием раздельного или совместного действия осей, результаты контроля до/после и критерии возврата в работу. Для назначения допуска оценить остаточную деформацию и доступ к осмотру.

Ответственный. Конструктор креплений, специалист по сосудам и дефектоскопист.

V1 · G2 · S01 строки 5, 19, 38, 52, 83–87, 188–198, 301

B09 Совместный запас

Отклонить штатную схему для полётной миссии. У R06 ограничения на остаточное давление несовместимы: AWD ≤5,20 и ≥13,46 МПа, RWD ≤5,88 и ≥12,68 МПа. Проверить альтернативную архитектуру на неотрицательное окно и запас ≥15% одновременно по доступной массе и расходу, включая B04.

Приёмка. Для кандидатов из вложения (тип IV/70 МПа с двухступенчатой редукцией либо регулируемый проход) представить PRESSURE_WINDOW_CLOSURE_G2.pdf и стендовые ряды с неопределённостью. Определить размерность запаса и знаменатели до опыта. Отрицательный G2 закрывает полётную ветвь по F08.

Ответственный. Руководитель газодинамики и независимый проверяющий.

V1/V2 · G1 · S01 строки 7, 38, 75–79, 200–211, 300

B10 Физическая связность

В газосодержащей компоновке показать непрерывный путь от коллектора до потребителей. Для R06.1 проверить четыре выхода и ≥15,0 мм гарантированного зазора между магистралями ВД и жгутами НВ с допусками, вибрацией и защитой. Для V2 использовать его состав потребителей.

Приёмка. Сборка, ROUTING_CLEARANCE_R06_1.json и карта монтажа. Проверить неподвижных и подвижных соседей, доступ, экраны и внешний обвод A05. У исходного R06 выходы закрыты, ближайший проверенный зазор до LV_Trunk_L — 4,22 мм.

Ответственный. Ведущий инженер компоновки совместно с владельцами газа и жгутов.

Приложение / требования и приёмка

Динамика и контакт C01–C04

V1 · G0 · S01 строки 3, 39, 47, 69

C01 Отрыв и реперы

Определить отрыв как одновременное падение нормальной реакции каждого из четырёх колёс ниже 50 Н минимум на 20 мс. Раздельно отсчитывать подъём ЦМ и просвет низшей точки деформированной шины относительно локальной плоскости площадки.

Приёмка. Выпустить определение событий старта, отрыва и первого касания с оценкой шума и синхронизации датчиков. Подтвердить разгрузку независимым оптическим измерением просвета. Время и дальность в воздухе отсчитывать от события отрыва.

Ответственный. Динамика, измерения и независимый метролог.

V1 · G1 · S01 строки 49, 77, 103

C02 Массо-инерционные параметры

Определить полный тензор инерции и положение ЦМ стенда для фаз выработки газа, включая рассмотренный пример 40 кг. Целевой коридор полёта: крен ±3°, тангаж ±4°, модуль контролируемых угловых скоростей ≤15°/с.

Приёмка. Представить паспорт массы, тензор, траекторию изменения продольной и вертикальной координат ЦМ. До принятия модели назначить предел рыскания, перечень осей для 15°/с и поведение при выходе за коридор.

Ответственный. Динамика и владелец весового паспорта.

V1 · G3 · S01 строки 49, 91–95

C03 Запас управляющего момента

Проверить запас управляющего момента с конкуренцией подъёма и ориентации за общий коллектор. При 5% асимметрии тяги отношение располагаемого к возмущающему моменту должно быть ≥1,3 в заданной области.

Приёмка. Карта 6 степеней свободы по осям, фазам и расходу, с насыщением, единичным отказом и границей допустимой области. Зафиксировать правило для нулевого возмущающего момента и результат независимой сверки.

Ответственный. Руководители динамики и управления.

V1 · G1 · S01 строки 39, 49, 77

C04 Синхронизация

Привести датчики реакций колёс, лазерные высотомеры, инерциальный блок и датчики хода к общей аппаратной шкале времени PPS/IEEE 1588 PTP. Максимальная рассинхронизация каналов — 0,5 мс.

Приёмка. Протокол общей метки времени до и после серии, паспорт задержек каждого канала, калибровки, пропуски и сырые журналы. Независимый канал измерения должен различать опору, разгрузку и физический просвет.

Ответственный. Главный метролог и руководитель измерительной системы.

Приложение / требования и приёмка

Динамика и контакт C05–C08

V1 · G1 · S01 строки 39, 77, 91–95

C05 Первое касание

При первом касании ограничить модуль вертикальной скорости ЦМ величиной 2,5 м/с, нормальной скорости первой точки шины — 3,2 м/с. До жёсткого буфера оставить ≥15 мм хода. Повторный отрыв всех четырёх колёс после касания запрещён.

Приёмка. Представить последовательность контакта всех нижних деталей, направление местной нормали, силы, скорости, ход и отскок. Если первой касается деталь кузова, критерий касания шины не закрыт. Уточнить порог отскока при частичном отрыве и корреляцию C09/C10.

Ответственный. Руководитель динамики контакта и инженер подвески.

V1 · G3 · S01 строки 47, 49, 93–95

C06 Устойчивая опора

Признак устойчивой опоры: каждое колесо непрерывно несёт >15% своей статической нагрузки ≥1 с при затухании вертикальной скорости ступиц. Для завершения миссии A07 удержать четырёхопорное состояние ≥5 с. Боковое смещение при останове ≤0,5 м, ширина посадочного коридора 4 м.

Приёмка. Записать первое касание, установление опоры и полный останов отдельными событиями. Вернуть ряд реакций четырёх колёс, скорости ступиц и след по площадке. Для A07 подтвердить конечное безопасное состояние газовой системы.

Ответственный. Шасси, динамика контакта и испытания.

V1 · G0 · S01 строки 19–21, 47, 49, 83–84, 91–102

C07 Ступени проверки

Задать последовательность для беспилотного стенда: привязная статическая разгрузка, вертикальная ступень 0,3 м без горизонтального хода, ступень 1 м на малой скорости, затем отдельное решение по 5 м / 25 м. Разворот в воздухе исключить из программы R06.

Приёмка. Паспорт каждой ступени с предшествующими допусками, начальной горизонтальной скоростью, геометрией удержания и критерием прекращения. Для полного профиля требуется G3 и отдельное решение G4-Нор с внешним допуском. R06 остаётся HOLD.

Ответственный. Руководитель испытаний, независимый проверяющий и председатель комитета.

V1 · G3 · S01 строки 49, 83–84, 93–95

C08 Отказ у земли

При высоте ниже 2,0 м и отказе одного датчика обеспечить приоритет выравнивания и демпфирования вертикальной скорости. Проверить предложенную архитектуру мажоритарного выбора из трёх инерциальных каналов.

Приёмка. На HIL воспроизвести отказ и рассогласование каждого канала по очереди, проверить обнаружение, остаточную наблюдаемость и управляемость. Включить общие причины отказа и отказ единственного источника высоты в анализ. Представить состояние и запас по C02/C03/C05.

Ответственный. Управление и независимый специалист функциональной безопасности.

Приложение / требования и приёмка

Динамика и контакт C09–C12

V1/V2/V3 · G3 · S01 строки 49, 91–95

C09 Контакт шины

Идентифицировать нелинейную вязкоупругую модель контакта по статическому и ударному обжатию натурной шины 650 × 210 мм. Критерии контакта полётной ступени относятся к V1; наземные ветви предъявляют данные своей фактической шины.

Приёмка. Разнести выборку идентификации и независимой проверки. Для V1 подтвердить расхождение времени первого касания ≤15 мс и нормальной силы ≤10%. До испытания зафиксировать метрику силы, знаменатель и порядок обработки её нулевых значений.

Ответственный. Инженер шин и руководитель динамики контакта.

V1 · G3 · S01 строки 49, 93–95

C10 Сходимость

Ограничить шаг интегрирования траектории и событий торможения величиной 1,0 мс. Раздельно оценить погрешности численной схемы, параметров модели и приборов. Исторический шаг сетки 50 мм по высоте имеет другую размерность.

Приёмка. Отчёт сходимости при уменьшении временного шага и сравнение с независимой серией C09. До сбора серии утвердить число повторов, доверительный интервал и допустимые ошибки по времени ≤15 мс и силе ≤10%.

Ответственный. Руководитель моделирования и независимый метролог.

V1/V2/V3 · G1 · S01 строки 7, 39, 75–79, 213–224, 300

C11 Задние крепления

Замкнуть силовой путь задних рычагов в подрамник. Наихудшие допуски должны дать нулевое пересечение пальцев с запретными объёмами установленных сосудов, реек подвески и отводов пленума. Запас по текучести ≥1,5, по разрушению ≥2,0 для случаев E02.

Приёмка. Сборка R06.1, REAR_MOUNT_ZERO_CLASH_R06_1.json и МКЭ. Первичный протокол называет SuspensionRail004/006, трубчатые рейки подвески. Проверить эти объекты по BRep, затем отдельно обосновать предлагаемый перенос рулевого узла. Для безгазовых ветвей подтвердить прочность освобождённой зоны.

Ответственный. Главный конструктор шасси и независимый прочнист.

V1/V2/V3 · G1 · S01 строки 7, 39, 75–79, 226–237, 300

C12 Нагруженный зазор

При передней колее 1640 и 1648 мм проверить весь ход −210…+40 мм и передний поворот ±18°. По непрерывной огибающей выдержать ≥6,0 мм в номинале и ≥3,0 мм с допусками, комбинированной нагрузкой, деформацией и ростом шины.

Приёмка. SWEEP_ENVELOPES_R06_1.step и стендовая проверка с фактической шиной, с парой деталей и позой каждого минимума. При непрохождении исправить внутреннюю компоновку. Ограничение хода или угла допускает только отдельное изменение ТЗ владельцем.

Ответственный. Инженер интеграции шасси и независимый проверяющий CAD.

Приложение / требования и приёмка

Наземная динамика D01–D03

V1/V2/V3 · G0/G4-Ground · S01 строки 37, 40, 69, 152–158

D01 Хронометраж

Для спринта синхронизировать RTK-GNSS/INS и внешние оптические створы. В протоколе с частотой записи ≥1 кГц дать время от первого движения и отдельное время после 304,8 мм. Задать конечную скорость и допустимую ошибку. Указать собственные частоты датчиков и синхронизацию.

Приёмка. Откалибровать независимые каналы, проверить событие начала движения и задержки. Приложить сырые временные ряды для 0–60 mph, 0–100 mph и четверти мили по выбранной миссии. Применимость SAE J1491 оценить по редакции стандарта.

Ответственный. Главный метролог и руководитель испытаний

V1/V2/V3 · G1 · S01 строки 50, 75–79

D02 Шины и нагрузка

Получить от поставщика параметры модели Pacejka, проверенный скоростной диапазон и допустимые нагрузки шин с учётом текущего веса, переноса нагрузки и расчётного ориентира прижима 48,50 кН.

Приёмка. Получить паспорт и карты сил, температур и роста шины. Сопоставить их с максимальными нагрузками каждого колеса и охватом модели. Вне подтверждённой области ограничить режим.

Ответственный. Инженер шин и поставщик

V1/V2/V3 · G1/G4-Ground · S01 строки 50

D03 Сохранение управляемости

При продольном ускорении >1,8 g_0 обеспечить суммарную нормальную реакцию передней управляемой оси ≥20% текущего веса автомобиля. Проверять обе физические схемы привода и каждый разрешённый режим.

Приёмка. Выпустить карту распределения момента с четырьмя реакциями в общей шкале времени. Проверить модель по стендовым данным и только в разрешённом диапазоне полигона.

Ответственный. Инженер динамики и управления тягой

Приложение / требования и приёмка

Наземная динамика D04–D06

V1/V2/V3 · G1 · S01 строки 19, 40, 75–78, 301

D04 Прижим и отказ секции

Получить карту прижима с подвижным экраном при зазоре юбки 0,5–25,0 мм, крене до 3° и останове одного вентилятора. Для первых 150 мс после отказа согласовать минимальную заднюю реакцию и предел рыскания, исключающие потерю устойчивости. 48,50 кН — расчёт R11B.

Приёмка. Измерить четыре реакции, давление по секциям, электрическую мощность и переходные процессы. Определить из карт допустимый диапазон клиренса и минимальный остаточный прижим. Численный порог устойчивости утвердить до серии.

Ответственный. Руководитель аэродинамики и инженер динамики

V1/V2/V3 · G1/G4-Ground · S01 строки 40, 78, 99–103, 239–250

D05 Тормозная серия

Три последовательных торможения с эквивалента 276 mph до 0, SOC 100%, без рекуперации и прижима. Расчётная поступательная энергия R06 за останов — 17,71 МДж AWD или 16,96 МДж RWD. Требуется среднее замедление ≥1,05 g_0, сохранность фрикционных элементов и отсутствие закипания жидкости. Коридор на полигоне — 3,5 м.

Приёмка. Согласовать распределение энергии по тормозам и инерцию стенда с массой выбранной версии. BRAKE_DYNO_18MJ_G1.pdf подтверждает теплоёмкость и момент. Отдельно оценить сцепление и увод автомобиля в допустимом диапазоне наземной проверки.

Ответственный. Ведущий инженер тормозов и руководитель безопасности полигона

V1/V3 · G0/G4-Ground · S01 строки 50, 69

D06 Боковое ускорение

Цель трековой ветви — удерживаемое боковое ускорение ≥2,2 g_0 на стационарном круге радиусом 50 м с включённым прижимом. Двойную переставку зачитывать отдельно по согласованному входу и коридору. Для спринтера V2 испытание зависит от миссии A01.

Приёмка. Фиксировать радиус, длительность установившегося участка, скорость, боковое ускорение, шины, покрытие и реакции колёс. Типичные 1,2 g_0 из ответа не служат измеренной базой Tesla.

Ответственный. Инженер динамики и оператор полигона

Приложение / требования и приёмка

Наземная динамика D07–D09

V1/V2/V3 · G1/G4-Ground · S01 строки 50, 99–103

D07 Скоростной диапазон

Для режима малого сопротивления проверить продольную статическую устойчивость при рыскании до ±8°. После одобрения тормозов и шин расширять допуск ступенями по 25 mph до подтверждённого предела. При неизменных ρ и CdA переход 230→276 mph повышает аэродинамическую мощность в 1,728 раза.

Приёмка. Вернуть данные аэротрубы по силам и моментам, согласованную устойчивость, паспорт шин, карту D05 и отдельный подписанный предел каждой ступени. Результат трубного опыта не определяет предельную скорость сам по себе.

Ответственный. Аэродинамик и руководитель полигонных испытаний

V1/V2/V3 · G4-Ground/G5 · S01 строки 50, 107–111, 302

D08 Повторные разгоны

Пять последовательных циклов разгона 0–100 mph с интенсивным торможением, без вмешательства сервисной бригады. Падение пиковой мощности в серии ≤5% от согласованной исходной точки.

Приёмка. Записать каждый старт, торможение, SOC, температуры и мощность в одной конфигурации. Для V2 учитывать одинаковое объявленное состояние газа. Сверить журнал с A06, где знаменатель — ≥10 попыток.

Ответственный. Руководитель испытаний и будущий оператор

V1/V2/V3 · G0/G1 · S01 строки 50, 67

D09 Рампа и юбка

Исключить активный вакуумный прижим на рампах радиуса ≤20 м. При входе автоматически поднять юбку и отключить вентиляторы. Историческая оценка при радиусе 20 м — отклонение поверхности 42,3 мм при ходе башмаков 6 мм.

Приёмка. Воспроизвести профиль на стенде или в проверенной модели. Зафиксировать распознавание входа, безопасную последовательность перехода, фактический зазор и реакцию на отказ. Эксплуатационный диапазон вне рампы определить по D04.

Ответственный. Инженер системы прижима и функциональной безопасности

Приложение / требования и приёмка

Энергия и конструкция E01–E03

V1/V2/V3 · G1/G4-Ground · S01 строки 3, 40, 302

E01 Масса и центр масс

Провести четырёхточечное взвешивание и определить высоту ЦМ методом наклона. Лимит первой наземной AWD по V1 — 2150 кг, следующая цель — 1850 кг. Прогнозы R06 2327,050 кг AWD и 2227,575 кг RWD служат исходными для расчёта изменений. V2/V3 требуют отдельной ведомости массы.

Приёмка. Предъявить калибровки, массу по каждому колесу, состояние заряда, полезную нагрузку, температуры и неопределённость. Указать сэкономленную и добавленную массу каждой замены. Закрыть окончательным взвешиванием готовой конфигурации.

Ответственный. Ответственный за массу и компоновку

V1/V2/V3 · G1/G3 · S01 строки 39, 94, 110–111

E02 Силовой путь

Проверить передачу нагрузок от опор в раму и кокон. Для стенда посадки учесть несимметричное касание на одном переднем и одном заднем колесе, n_z=3,5. Для ветви с газом проверить отказ одного крепления сосуда. Запасы ≥1,5 по текучести и ≥2,0 по разрушению. Для наземного автомобиля задать его дорожные и аварийные нагрузки отдельно.

Приёмка. Представить нагрузки, граничные условия, свойства материалов, расчёт с проверкой сходимости и независимой рецензией, затем протокол испытания образца. На G5 проверять остаточные деформации после серии.

Ответственный. Прочнист рамы и независимый проверяющий

V1/V2/V3 · G1 · S01 строки 11–13, 40, 252–263, 301

E03 Баланс мощности

Составить синхронный 20-секундный баланс батареи, шины DC, вентиляторов, насосов, инверторов и валов. При DC ≤1000 кВт, 43,30 кВт на вентиляторы и 12,0 кВт на насосы верхний предел входа тяговых инверторов — 944,7 кВт до остальных потребителей. При изменении батареи согласовать новый паспорт мощности.

Приёмка. В HV_POWERTRAIN_SYNC_G1.json приложить напряжение, ток, КПД, ограничение момента, SOC и температуру. Отделять мощность на валах (исторические 880,5 кВт) от DC и требуемых 1773,49 кВт прироста поступательной энергии AWD за 0,472 с.

Ответственный. Руководитель высоковольтного привода

Приложение / требования и приёмка

Энергия и конструкция E04–E06

V1/V2/V3 · G1/G2 · S01 строки 51, 83–86

E04 Резервное питание

Обеспечить независимое питание торможения и руления ветвями 12/48 В от двух физически разнесённых $LiFePO_4$-батарей. При одновременной потере основной HV-шины и DC/DC поддержать полное управление ≥15 мин и ресурс ≥10 полных аварийных торможений.

Приёмка. Предъявить однолинейную схему с общими точками отказа, измеренный энергобаланс и протокол стендового отказа с реакцией руления, тормозов и диагностики. Зафиксировать последовательность нагрузок и остаточный заряд.

Ответственный. Ответственный за низковольтную сеть и функциональную безопасность

V1/V2/V3 · G0/G5 · S01 строки 51, 69

E05 Дальность и энергия

Фиксировать дальность отдельно по применимой процедуре WLTP и по собственному трековому циклу с прижимом 15% времени при 23±2 °C. Для специализированного спринтера применимость дистанционной цели утвердить в A01.

Приёмка. Описать цикл, выбранную фазу/класс, загрузку, начальный и конечный SOC. Измерять отдельно энергию с колонки с потерями зарядного тракта, полезную энергию батареи и расход на прижим. Дорожную сертификацию оформлять в выбранной юрисдикции.

Ответственный. Руководитель энергоиспытаний и метролог

V1/V2/V3 · G1 · S01 строки 39, 51

E06 Размерные цепи

Составить трёхмерные размерные цепи подвески, уплотнений юбки и опор батареи. Учитывать допуски, нагрузку и диапазон −10…+85 °C для применимых подкапотных зон.

Приёмка. Выпустить расчёт наихудшего сочетания отклонений, карты размеров и проверку сборки по критическим точкам. Сопоставить с номинальными и нагруженными порогами C12 и подтвердить выбранные материалы и сочленения.

Ответственный. Ведущий конструктор, технолог и специалист по размерным цепям

Приложение / требования и приёмка

Энергия и конструкция E07–E09

V1/V2/V3 · G1/G2 · S01 строки 51, 70, 78

E07 Закупки

Для V1 в перечень длительных закупок включить высокотоковые ячейки, SiC-инверторы, поковки кулаков и рычагов, тормозные фрикционные элементы и газовую арматуру отдельного стенда. Для V3 газ исключён. Серийная кузовная оснастка — после решения G2. Расходы требуют подписанного бюджета.

Приёмка. Выпустить BOM по каждой ветви со спецификациями, сроками поставки, ценовыми предложениями, собственником решения и условием заказа. Указать невозвратные затраты и принятый результат F06.

Ответственный. Руководитель закупок и главный конструктор

V1/V2/V3 · G1/G4-Ground · S01 строки 51, 99–103, 302

E08 Эвакуация и сервис

Для будущего режима с человеком подтвердить эвакуацию через дверь за ≤10 с и доступ спасателей к двум наружным ручным HV-разъединителям без специнструмента при деформированных панелях. На варианте с газом дополнительно проверить наружное ручное средство аварийного сброса.

Приёмка. Проверить сценарий на обесточенном макете с представительными панелями и экипировкой. Вернуть видеозапись, время, карту точек доступа. Водителя допускают отдельным письменным решением G4-Ground.

Ответственный. Инженер средств спасения, безопасность полигона и эргономика

V1/V2/V3 · G0/G5 · S01 строки 51, 69, 109–110

E09 Быстрая зарядка

Проверять заряд 15–80% при начальной температуре батареи 30 °C от терминала ≥350 кВт. Максимум при зарядке 52 °C. Проверить готовность к немедленному выезду и предел деградации, согласованный заранее. Для G5 заранее определить интервал «заряд и тепловая релаксация» с целевыми ≤15 мин внутри общего оборота ≤20 мин.

Приёмка. Записать мощность терминала и фактическую кривую приёма, SOC, энергию сети и батареи, температуру ячеек, изменение ёмкости и момент готовности. Согласовать, входят ли обе операции в общий 15-минутный интервал.

Ответственный. Руководитель батареи и энергоиспытаний

Приложение / требования и приёмка

Энергия и конструкция E10–E13

V1/V2/V3 · G1 · S01 строки 40, 75–79, 265–276, 300

E10 Защита HV

До включения согласовать уставки с независимым специалистом. Предложены изоляция ≥500 Ом/В, HVIL ≤20 мс, предзаряд без сваривания контакторов, снижение DC ниже 60 В. Строка 40 требует <5 с для обоих способов. Карточка E10 различает активный ≤5 с и пассивный ≤120 с. Требуется одно подписанное правило для каждого режима.

Приёмка. HV_SAFETY_CLEARANCE_G1.pdf с осциллограммами, калибровками и подтверждением контактной защиты. До разрешения противоречия и при отсутствии допуска сохранить запрет подачи свыше 60 В DC. Величины являются предложениями экспертов для проекта.

Ответственный. Руководитель HV и независимый специалист по электробезопасности

V1/V2/V3 · G1/G5 · S01 строки 40, 109–111, 301

E11 Тепловой цикл

Согласовать ограничение мощности до достижения максимумов: ячейки 55 °C, кристалл SiC 150 °C, обмотки 165 °C. При среде 30 °C подтвердить охлаждение между заездами за ≤15 мин. Для зарядки действует отдельный предел ячеек 52 °C по E09.

Приёмка. Снять синхронные тепловые карты для профиля E03, журнал снижения мощности, времени восстановления и погрешности оценки температуры кристалла. Проверить совместимость с A06 и D08.

Ответственный. Руководитель термоконтуров и привода

V1/V2/V3 · G1/G5 · S01 строки 37, 51, 109–111

E12 Комплект одной ревизии

Выпустить единый пакет ревизии для мастер-сборки, отдельных AWD/RWD, чертежей/спецификации и STEP AP242. Указать 257 защищённых наружных тел, их SHA-256 и состояние баз по A05. Для безкузовного стенда декларировать его отдельный состав.

Приёмка. Независимый контролёр повторно открывает точные сохранённые CAD и STEP на чистой рабочей станции, проверяет состав, пересчёт и геометрию. Журнал, снимки первого открытия и хеши связать с F07.

Ответственный. Менеджер конфигурации и независимый CAD-контролёр

V1/V2/V3 · G0/G4-Ground · S01 строки 51, 69

E13 Световые сигналы

Для закрытого трека предусмотреть дневные ходовые огни, яркие стоп-сигналы и сигнализацию состояния HV, а газа — у соответствующего варианта. До приёмки согласовать класс соревнования и требования площадки/FIA. Фотометрия ближнего и дальнего света относится к отдельной дорожной омологации.

Приёмка. Контроль по таблице режимов: видимость сигналов, распознаваемость состояния участниками и спасателями, отказ питания. Согласовать документы применимости. Для дорожной версии утвердить отдельный фотометрический протокол.

Ответственный. Ответственный за светотехнику и руководитель допуска

Приложение / требования и приёмка

Допуск и управление F01–F04

V1/V2/V3 · G0 · S01 строки 41, 67–71, 97–103

F01 Применимые разрешения

До выбора площадки установить юрисдикцию, класс изделия и полномочия отдельно для холодной сборки, LV, электрического заезда, сосудов и свободного беспилотного манёвра. Указанный экспертами путь согласовать с компетентными органами.

Приёмка. Матрица по каждой операции с актуальным пунктом, уполномоченным органом, документом площадки и необходимым внешним решением. Допуск газового стенда и G4-Hop оформляются отдельно.

Ответственный. Руководитель по сертификации, юрист и владелец площадки.

V1/V2/V3 · G0/G1 · S01 строки 41, 65–87, 278–289

F02 Объём допуска

В проекте протокола ближайший объём охватывает документы, CAD и изолированные компонентные стенды. Для V1 наземный AWD первой очереди выполняется без бортовых сосудов. Любая подача давления на объект с человеком в кабине исключена.

Приёмка. Решение председателя для конкретного стенда, энергии, площадки и состава смены. Проверить подписи председателя и технического директора и позицию независимого руководителя безопасности. Отдельно регистрировать разрешение на присутствие водителя.

Ответственный. Председатель, технический директор и независимый руководитель безопасности.

V1/V2/V3 · G1/G4 · S01 строки 52, 97–103

F03 Опасности площадки

Рассчитать ограждения и зоны по сценариям обломков, шума и вылета с трассы. Для газового бокса учесть вентиляцию и блокировку доступа при O_2 <19,5% об. Показатель >120 дБА во вложении обозначает опасное шумовое воздействие, границу определяет расчёт.

Приёмка. Карта зон по режимам с расчётом разлёта, тормозной и боковой зоны, измерениями шума и кислорода и проверкой блокировок. Полигонный расчёт покрывает только заявленную и разрешённую ступень, верхний ориентир 276 mph.

Ответственный. Независимый руководитель безопасности, охрана труда и инженер площадки.

V1/V2/V3 · G1/G4 · S01 строки 41, 79, 99–103

F04 Останов и возврат

Установить для стенда/заезда останов при недопустимой частоте записи, потере связи >50 мс, нарушении изоляции, выходе давления или температуры арматуры за принятый диапазон. Дать независимому руководителю право немедленного останова.

Приёмка. Матрица сигнал–предел–задержка–безопасное состояние с независимой записью, вводом отказов и подтверждением конечного состояния. Повторный пуск требует подтверждения метролога и инженера безопасности.

Ответственный. Руководитель испытаний, метролог и независимый руководитель безопасности.

Приложение / требования и приёмка

Допуск и управление F05–F08

V1/V2/V3 · G0 · S01 строки 37, 52, 67–71, 150–159

F05 Происхождение эталона

Вести журнал внешних эталонов с идентичностью комплектации, моментом старта, rollout и неопределённостью. Изменение зачётной базы требует первичного инструментального лога ≥100 Гц либо официального документа омологации с сопоставимой методикой.

Приёмка. Версионируемый журнал решений по T01–T18. При отсутствии сопоставимого результата Rocket сохранять <0,59 с как публикацию, 0,81 с как объявленный демонстрационный результат. Собственные абсолютные результаты регистрировать отдельно.

Ответственный. Главный метролог и владелец требований.

V1/V2/V3 · G0 · S01 строки 41, 70, 78, 86, 94, 102, 110, 122–289

F06 Оплата доказательств

Смету составлять по принимаемым доказательствам с отдельными строками оснастки, поверенной аппаратуры, расходных материалов, экспертизы и 20% резерва на повторные пуски. Зафиксировать базу резерва и включение в итог каждого этапа.

Приёмка. Предложения подрядчиков, календарь и реестр работ с кодами этапа и карточки, единицей оплаты и независимым подписантом. Из 13 детальных карточек 12 содержат цену, F02 включён в управление G0. Провести сверку с лимитами этапов.

Ответственный. Руководитель программы, закупки, финансовый контролёр и метролог.

V1/V2/V3 · G1/G5 · S01 строки 52, 105–111

F07 Паспорт конфигурации

Закрепить паспорт «как изготовлено и как испытано» для каждого стенда, автомобиля и заезда. Связать хешами CAD, прошивки VCU/FCU, калибровки, взвешивание, исходную телеметрию и версию обработки.

Приёмка. Запись Git/PLM и независимое воспроизведение вычисленного показателя из архивных данных. Любое изменение конфигурации получает новую версию и список затронутых приёмочных проверок.

Ответственный. Менеджер конфигурации и независимый проверяющий.

V1/V2/V3 · G2 · S01 строки 52, 83–87, 299–302

F08 Решение по ветвям

При провале B09 закрыть ветвь свободного перелёта и вынести перераспределение ресурсов на наземный электрический проект. В V2 горизонтальный импульс требует отдельного решения по собственным картам и безопасности. V3 изначально исключает газ.

Приёмка. Решение «продолжить / закрыть / перераспределить» с проверенным совместным запасом ≥15% по массе и расходу, включая единичный отказ B04, и бюджетом оставшейся ветви. Для V1 выход из НИР требует также B10 и C11.

Ответственный. Председатель, владелец продукта, руководитель газодинамики и независимый проверяющий.

Контроль выпуска

Основания и оформление решения

В папке SOURCES находятся исходные ответы S01 без правки, 61 исходный вопрос, первичные результаты R06 и протоколы геометрии. INDEX.html открывает все файлы и внешние публикации. Полные контрольные суммы указаны в SOURCE_REGISTER.json.

ID	Содержание
S01	Ответы экспертов, проект протокола G0–G5 и 13 карточек
S02	Исходные 61 вопрос и 18 показателей
S03	Штатные расчёты AWD/RWD и условные траектории
S04	Пределы давления по запасу и подаче
S05	Сверка задних опор шести нативных сборок
S06	Сохранённая геометрия R06
S07	Исторический бюджет вентилятора и привода R11B
S08	Протокол конфликта задних опор R04
S09	Первое открытие AWD R06
S10	Первое открытие RWD R06

В пяти пакетах повестки перечислены 25 уникальных ID, в оставшихся группах — 36. Все 61 идентификатор включены в ТЗ. Только 13 имеют отдельные структурированные карточки с датами. Имена запрошенных протоколов в требованиях обозначают будущую выдачу.

Решение заказчика по G0

Выбранный вариант _____ Допустимый объём работ _____
Условия и владельцы _____ Следующий рубеж _____
Председатель _____ Технический директор _____ Дата _____
Заключение независимого руководителя безопасности _____