# Реестр требований и критериев

## 280 уникальных ID · редакция RRK-R5-DOC-20261118.4 · исходный порядок требований

Для каждого ID сохранены исходные формулировки действия и критерия. Закладки PDF ведут к разделам и отдельным требованиям. В электронном комплекте находятся полный реестр JSON, поисковая HTML-версия и нормативное приложение по приводу.

Шасси

Физика

Корректирующие требования

Уточнения 17 ноября

Сверка с ТЗ-2

Дополнение R5

Приоритеты P0

Регистрация требования устанавливает предмет проверки. Приёмка полного манёвра и производственное утверждение ведутся отдельными решениями. Ответственный за требования сверяет последующие изменения по действующей редакции.

SHA-256 исходного реестра
af7fcffcc64687ab76d23c64b3fbb9b100e32bdcc3ff7a4c14b7858634f90327

# Шасси

## CH-R001

**Требование.** Зафиксировать состав и состояние выбранной рабочей конфигурации M и сценария M+20: водитель, жидкости, AIR/N2, давление/температура, заряд, аэродинамические устройства, полезная нагрузка

**Критерий.** Один configuration_id и один BOM; все неопределённые позиции имеют диапазон и источник; нулевая масса неизвестного узла запрещена

---

## CH-R002

**Требование.** Свести нативную массу по фактическим объёмам с покупными массами и резервами; отдельно выдать массу, ЦТ, полный тензор инерции, подрессоренную и неподрессоренную части

**Критерий.** Сумма уникальных физических BOM-ID; поправки, перекрытия материала и огибающие перечислены; масса M подтверждена по принятому состоянию; функциональность не урезана ради1850

---

## CH-R003

**Требование.** Сохранить наружный мастер, номинальные колёса и визуальные пропорции

**Критерий.** Геометрическая проверка неизменяемых наружных тел; новая камера/масштаб не скрывают изменение кузова

---

## CH-R004

**Требование.** Для каждого расчёта хранить CAD-SHA, код-SHA, конфигурацию, единицы, позу, материал и источник нагрузок

**Критерий.** Проверка воспроизводимости на архивной копии; устаревший Jacobian или CV-метаданные не принимаются

---

## CH-R005

**Требование.** Активно использовать прежние узлы, код и испытательные модели по матрице reuse; исходные ревизии сохранять; замена оформляется remove-ID → new-ID → интерфейс

**Критерий.** Отсутствие одновременного учёта старого и нового корпуса, опоры, рычага или колеса

---

## CH-R006

**Требование.** Пересчитать все основные нагрузки по конечной целевой массе и реальному ЦТ

**Критерий.** Исторические нагрузки3772,576 кг остаются диагностикой; простое масштабирование без пересмотра инерции/неподрессоренных масс не является приёмкой

---

## CH-R007

**Требование.** Получить реакции всех внутренних шарниров из совместной модели жёсткости двух ветвей и кулака

**Критерий.** Баланс сил/моментов и независимая проверка; неопределённое разделение продольной силы не выдаётся за фактический результат

---

# Шасси

## CH-R008

**Требование.** При толкателе на кулаке прикладывать силу в фактической точке кулака, отдельно решать качалку

**Критерий.** Замыкание уравнений, реакции оси, силы стойки, MR по всему ходу; не прикладывать ту же силу повторно к нижнему рычагу

---

## CH-R009

**Требование.** Передавать реальные силовые векторы в расчёт швов, вилок, пальцев, подшипников и локальных стенок

**Критерий.** Учитываются эксцентриситеты, изгиб, кручение, поперечный сдвиг и контакт; осевой экран трубы не закрывает изогнутую ветвь

---

## CH-R010

**Требование.** Связать посадку с энергией и ходом, включая упругость шин, буферов и рамы

**Критерий.** Численный баланс энергии и ограничений; перегрузка водителя и локальные повреждения проверены;2м остаётся OPEN до подтверждения

---

## CH-R011

**Требование.** Разработать пол в пределах кузова и защищённого объёма водителя; 105кг — прежний ориентир сравнения, а не ограничение

**Критерий.** Нативные стенки/рёбра/стыки, действительный объём материала; расчёт устойчивости и приёмка интерфейсов S03/S10/S13

---

## CH-R012

**Требование.** Передавать задний продольный изгибающий момент через непрерывные пояса и реальную глубину связей

**Критерий.** Глобальная пространственная модель, локальные модели ввода сил; мелкий нахлёст/ряд болтов не заменяют силовую пару

---

## CH-R013

**Требование.** Проверить общую и местную потерю устойчивости оболочек, стенок и рёбер

**Критерий.** Размеры свободных панелей, окна, условия опирания, начальные несовершенства и HAZ включены. Идеальная формула пластины — только предварительный экран

---

## CH-R014

**Требование.** Согласовать толщины пола, холодной плиты, ячеек, изоляции, шин, вентиляции и крышки

**Критерий.** Единственный стек размеров и зазоров; исходные портыZ264 не переносятся автоматически на поднятый корпус

---

# Шасси

## CH-R015

**Требование.** Проверить новое положение верхней плоскости пола относительно сиденья, креплений, ремней, педалей и теплового барьера

**Критерий.** Нативная компоновка в REF и ENG; текущие45мм до Seat — геометрический результат, не автоматически доступная толщина конструкции

---

## CH-R016

**Требование.** Разработать задний подрамник вокруг длинных рычагов, приводов, сосудов, качалки и сервисных маршрутов

**Критерий.** Нет непроклассифицированных пересечений в номинале и принятых позах; старые пересекающиеся опоры удалены по ведомости замены

---

## CH-R017

**Требование.** Облегчить передние опоры с сохранением принятых интерфейсов и наружного мастера

**Критерий.** Реальные полые сечения, соединения и материальные свойства; изменённые детали требуют повторного движения/нагрузок

---

## CH-R018

**Требование.** Развести пути нагрузок приводов, сосудов и сопел; учитывать инерцию и реактивную тягу

**Критерий.** Матрица опор с6 компонентами, локальное смятие/вырыв/усталость; давление сосуда не передаётся на кузов через случайные CAD-пересечения

---

## CH-R019

**Требование.** Рассчитать болтовые/клеевые/сварные стыки с преднатягом, проскальзыванием, prying и местной стенкой

**Критерий.** Реальные размеры пакета, контактные поверхности, доступ затяжки, спецификация метизов и процесс контроля

---

## CH-R020

**Требование.** Назначить точки домкрата, буксировки и подвеса и проверить их во всех состояниях массы

**Критерий.** Нагрузочные случаи, маркировка, доступ и испытательный протокол; батарейная крышка не используется как нерассчитанная опора

---

## CH-R021

**Требование.** Обеспечить защиту водителя и изоляцию батареи/газовых органов от зоны выживания

**Критерий.** Целевые сценарии удара и критерии травмирования выбираются общей программой; статическая валидность CAD не считается crash-проверкой

---

# Шасси

## CH-R022

**Требование.** Контролировать жёсткость кузова и податливость точек подвески

**Критерий.** Деформации переводятся в toe/camber/углы руления и зазоры; пределы назначаются из динамики и размерных цепей до выпуска чертежей

---

## CH-R023

**Требование.** Применить геометрически обоснованные длинные прямые ветви или равноценную топологию с понятным силовым путём

**Критерий.** Сравнение минимум двух осмысленных вариантов; старые короткие изгибаемые offset-трубы с подтверждённым отказом не утолщать без смены силовой схемы

---

## CH-R024

**Требование.** Разработать кулак для UB520, толкателя и действительного CV/тормозного пакета

**Критерий.** Все сопряжения и нагрузочные плечи реальны; новый CV-габарит не обеспечивать слепой выборкой в силовой перемычке

---

## CH-R025

**Требование.** Согласовать ступичную цепь, посадки подшипников, упоры, удержание и уплотнения

**Критерий.** Контактная цепь и размерный стек, регулировка/преднатяг, реакции и ресурс; визуальная соосность не достаточна

---

## CH-R026

**Требование.** Для первоначального сравнения допускаются lower45×5 и upper36×3,5, S355

**Критерий.** Это стартовые сечения; фактические изгиб/устойчивость/швы, масса и функциональная пригодность рассчитываются совместно, сечения не объявляются принятыми

---

## CH-R027

**Требование.** Спроектировать тягу схождения и её силовую опору

**Критерий.** Криваятое по ходу/крену/податливости, прочность и сервис; геометрически почти нулевойтое не означает нулевойcompliance-steer

---

## CH-R028

**Требование.** Выбрать rocker100/100 после совместного расчёта упаковки, сил, хода и опор

**Критерий.** Выпустить единый контракт и poses; переменный MR, отсутствие сингулярности и неверной ветви решения

---

## CH-R029

**Требование.** Разработать реальную ось, разнесённые опоры, подшипники, шайбы/гайки, втулки и уши стойки

**Критерий.** Осевая/радиальная сила, изгиб и удержание; кандидат пальца≥25мм не считается расчётным PASS без полного пакета

---

# Шасси

## CH-R030

**Требование.** Подобрать пружину и амортизатор по целевой массе, MR и режимам

**Критерий.** Проверить частоту/осадку, усилие, энергию, скорость штока, нагрев, кавитацию, пределы длин и запас до смыкания витков

---

## CH-R031

**Требование.** Обеспечить механические ограничители сжатия и отбоя

**Критерий.** Их положение выводится из принятого диапазона; сила/энергия буфера включена в нагрузку опор, не зажимается программно фиктивным clamp

---

## CH-R032

**Требование.** Датчик хода должен иметь монтаж, рабочий диапазон, разрешение и диагностику

**Критерий.** Реальная связь с S18 и калибровочная функция; измеряемый ход соответствует принятой кинематике

---

## CH-R033

**Требование.** Выбрать CV по совместной области torque–angle–speed–temperature–life

**Критерий.** Требование3000Н·м исследуется совместно с углом и скоростью; семейный каталожный угол не заменяет подтверждения конкретного артикула

---

## CH-R034

**Требование.** Согласовать полуось, корень шлица, шейки, стопоры и ход компенсации длины

**Критерий.** Напряжения с концентрациями, кручение/изгиб/усталость; старыйØ28 отказал, новая геометрияØ55 в DRIVETRAIN ещё требует единой проверки

---

## CH-R035

**Требование.** Внести реальные пыльники и хомуты в ходовую модель

**Критерий.** Перекос/складка/растяжение, расстояния до тормоза и рычагов, монтаж; одна открытая сфера не представляет работоспособный ШРУС

---

## CH-R036

**Требование.** Предложить полезный дорожный ход с обоими направлениями и переходом в специальный режим

**Критерий.** До выбора артикулов обосновать целевой диапазон. Пробы−60…+60 и малый диапазон±5 не объявлять рабочим ходом автомобиля

---

## CH-R037

**Требование.** Выбрать переднюю кинематику по манёвренности, ходу, шине и силовым интерфейсам

**Критерий.** Действительная пространственная замкнутая кинематика; простое перемещение колеса поZ запрещено

---

# Шасси

## CH-R038

**Требование.** Определить KPI/caster/scrub/trail, Ackermann, усилие/ход рейки и радиус разворота

**Критерий.** Выдать кривые по ходу и рулению. Текущий радиус около22–23м/наружный круг≈47м фиксируется как неприемлемая для обычной манёвренности проверочная граница, а не свойство целевого авто

---

## CH-R039

**Требование.** Рассчитать пространственные переходы FrontTube2 и реальные нетто-сечения

**Критерий.** Совместная stiffness/FEA модель двух ветвей; грубый осевой расчёт полногоØ36 не закрывает митер, половинуØ32 или терминальный башмак

---

## CH-R040

**Требование.** Проверить фактические шарниры с корпусами, вилками, пальцами, шайбами и гайками

**Критерий.** Рабочий угол ограничивается сборкой, не одним каталожным числом17°; контакты и зазоры проверены на всём диапазоне

---

## CH-R041

**Требование.** Пересчитать стойки/пружины/опоры для новой массы и требуемого хода

**Критерий.** Физические длины, преднатяг и тормозная осадка согласованы; старые стойки сравниваются с новыми по нагрузкам, ходу, энергии и массе, а не отбрасываются ради1850

---

## CH-R042

**Требование.** Реализовать steer-by-wire согласно исходной архитектуре STE-01

**Критерий.** Локальный штурвал cfeedback и road-wheel actuator раздельны; механическая колонка до рейки не вводится скрыто

---

## CH-R043

**Требование.** Дать реальный монтажный/выходной/тепловой/электрический интерфейс исполнительного привода

**Критерий.** Покупной габарит отмечен как резерв; внутри не рисуются несуществующие редукторы/резервирование; поставщик и характеристики закрываются отдельным gate

---

## CH-R044

**Требование.** Рассчитать управление, независимость каналов, питание и деградацию при отказах

**Критерий.** Анализ single-point/common-cause, временные бюджеты, остаточная управляемость и стенд; SBW сам по себе не увеличивает механический выворот

---

## CH-R045

**Требование.** Использовать реальные шину/обод/аэроколпак, прогиб и скоростной рост

**Критерий.** Перебор полного сочетания steer/travel/roll, шинные данные поставщика, допуски и давление; номинальные5мм не объявлять универсальным резервом

---

# Шасси

## CH-R046

**Требование.** Сохранить внешний вид колеса и рассчитать его силовой/скоростной режим

**Критерий.** Внутренняя выборка под тормоз/кулак требует проверки обода, спиц, крепежа и баланса; внешний вид не доказывает прочность

---

## CH-R047

**Требование.** Выбрать тормоз по моменту, скорости, температуре, ресурсу и коэффициенту трения в состоянии холодный/горячий/мокрый

**Критерий.** Конкретный артикул/материал и источник допустимых параметров. Нет универсальногоր для всех режимов

---

## CH-R048

**Требование.** Рассчитать энергию и температурные поля при единичном и повторном торможении

**Критерий.** Включить распределение по осям, теплопередачу, градиенты и вращение; постоянная теплоёмкость/адиабатическая оценка только предварительный экран

---

## CH-R049

**Требование.** Разработать колокол, плавающие соединения/крепёж и адаптер суппорта

**Критерий.** Torque, терморасширение, контакт, усталость, удержание и доступ; полный оборот колеса с зазорами

---

## CH-R050

**Требование.** Определить давление, расход, резерв жидкости и отказоустойчивую архитектуру

**Критерий.** Давление ниже квалифицированного предела всех элементов с обоснованным запасом; утечка одного контура не маскируется управляющей моделью

---

## CH-R051

**Требование.** Построить реальные трубки/шланги от обоих портов, со скобами и движущимися петлями

**Критерий.** Радиусы/скрутка/трение/нагрев/полный ход; доступ прокачки; испытания герметичности, циклов и давления по принятой программе

---

## CH-R052

**Требование.** Согласовать педаль, датчики, обратное усилие и блок создания давления

**Критерий.** Передаточное отношение, ход, усилие, деградация и интерфейс водителя; механическое и электрическое состояние раздельно

---

## CH-R053

**Требование.** Реализовать согласование рекуперации, фрикционных тормозов, ABS и газа

**Критерий.** Отдельная проверка без рекуперации при полномSOC/холодной/горячей батарее; ограничения сцепления и прижима; отключение конфликтующих команд

---

# Шасси

## CH-R054

**Требование.** Обеспечить удержание на принятом уклоне при заданной массе и отказе питания

**Критерий.** Реальный парковочный механизм, подтверждение удержания/отпускания и сервис; параметры уклона назначаются общей миссией до выбора агрегата

---

## CH-R055

**Требование.** Назначить разрешённый диапазон скорости/массы/температуры только после квалификации тормоза и шины

**Критерий.** 330mph остаётся исследуемой целью; внешний тормозной габарит не даёт допуска к такой скорости

---

## CH-R056

**Требование.** Каждой детали назначить материал/состояние, заготовку, обработку, покрытие и способ соединения

**Критерий.** Ведомость технологических маршрутов. Разделены закупка, изготовление и условный габарит

---

## CH-R057

**Требование.** Задать действительные сварные окончания, подрезки, стенки и рабочие площади контакта

**Критерий.** Положительная область соединения и непрерывный силовой путь; WPS/термообработка/контроль отдельно. gap0 не является прочностью шва

---

## CH-R058

**Требование.** Несущая гладкая часть проходит обе плоскости среза и подшипник; резьба снаружи нагруженного пакета

**Критерий.** Диаметр, пролёт, смятие, изгиб, материал/сертификат и удержание. УказаниеRp≥900МПа — требование закупки, не достигнутое свойство модели

---

## CH-R059

**Требование.** Задать допуски посадок, соосность, шероховатость, радиусы и плечи

**Критерий.** Размерная цепь и поставщик; чертёж не содержит неопределённого «пресс» или неподтверждённой универсальной посадки

---

## CH-R060

**Требование.** Исключить нерассчитанную сварку стали к алюминию, предусмотреть болтовой переход и изоляцию

**Критерий.** Контакт/коррозия/температура/преднатяг проверены; масса изоляторов и крепежа учтена

---

## CH-R061

**Требование.** Обеспечить доступ сварки/крепежа, дренаж, очистку и контроль внутренних полостей

**Критерий.** Сборочная последовательность до закрытия; захваченная гайка/втулка имеет реальный способ установки

---

# Шасси

## CH-R062

**Требование.** Проверить снятие колеса, суппорта, диска, пальца, рычага и стойки после сборки кузова

**Критерий.** Ориентированная траектория вывода, габарит инструмента, список временно снимаемых соседей; просто наличие отверстия не считается сервисом

---

## CH-R063

**Требование.** Задать последовательность установки/снятия крупных агрегатов и условия обесточивания/разгрузки

**Критерий.** Механические траектории, оснастка и устойчивость; повреждение наружных панелей для доступа не принимается

---

## CH-R064

**Требование.** Обеспечить ответные разъёмы, разгрузку, радиус изгиба и крепления

**Критерий.** Нет свободно висящих концов и пересечения движущихся узлов; соединение имеет маркировку и сервисный доступ

---

## CH-R065

**Требование.** Назначить реальные контрольные базы и метод измерения каждой критичной размерной цепи

**Критерий.** CMM/шаблон/контрольный инструмент, допуски и протокол; точностьCAD не приравнивается к точности изготовления

---

## CH-R066

**Требование.** Каждая изготовляемая деталь — валидное тело ожидаемой связности; состав и свойства сохраняются после открытия

**Критерий.** isValid, число тел, объём, ID, материал и интерфейсы. Отдельные намеренные детали не сливаются фиктивно в один монолит

---

## CH-R067

**Требование.** Проверить реальные материальные пары; разделить крепёж/посадку/сварку и случайное проникновение

**Критерий.** Объём общего материала, bbox, зона контакта, идентификаторы и решение по каждой паре; ни один дефект не скрыт фильтром по имени

---

## CH-R068

**Требование.** Проверять не только tube→housing, но tube→inner race/pin/spacer/fork/upright

**Критерий.** Полный локальный набор деталей. Контакт с оболочкой не оправдывает проникновения внутрь подшипника

---

# Шасси

## CH-R069

**Требование.** Проверить все4угла, оба направления руления, симметричный/несимметричный ход, крен и режимы высоты

**Критерий.** Сохранённая сетка+адаптивное уточнение около минимумов; непрерывность доказана границей между позами или остаётсяOPEN

---

## CH-R070

**Требование.** Разделить геометрический зазор и требуемый эксплуатационный резерв

**Критерий.** Reserve = деформация+допуски+ростшины+тепло+монтаж/сервис по конкретной паре; произвольное«5ммPASS» исключается

---

## CH-R071

**Требование.** Экспортировать STEP и повторно открыть его независимо

**Критерий.** Ожидаемое число деталей/тел, валидность, объём, bbox и критичные интерфейсы; отказ экспорта фиксируется, не заменяется красивымPNG

---

## CH-R072

**Требование.** Для сокращённых проверок доказать соответствие исходным формам

**Критерий.** SHA или точная симметрическая разность и optimalbbox для обеих деталей; смена соседа/позы аннулирует прежний вывод

---

## CH-R073

**Требование.** Не удалять без аудита все тела кроме самого большого

**Критерий.** Сохранить объём/bbox удаляемых фрагментов и доказать, что это обрезки; предпочтительно перестроить исходно связную деталь

---

## CH-R074

**Требование.** Отдельно закрыть статическую прочность, усталость, устойчивость, контакт, тепловой режим и динамику

**Критерий.** Материал, коэффициенты и спектр нагрузок обоснованы; предварительныйSF1,5 не универсальный сертификационный критерий

---

## CH-R075

**Требование.** Провести нагружение ключевых соединений и полный ход узла до испытания автомобиля

**Критерий.** Измеренные жёсткость/деформация/утечки/температура/люфты согласованы с расчётом; остаточная деформация и отказ имеют критерии до теста

---

# Шасси

## CH-R076

**Требование.** Выпустить сборочные/детальные чертежи, BOM, допуски, материалы, технологию, сервис, проверочные отчёты и ограничение применения

**Критерий.** Все документы одной ревизии, cCAD-ID/requirement-ID; открытые пункты явно видны

---

## CH-R077

**Требование.** Сохранить CAD/STEP/код/исходники/расчёты/источники и полный manifestSHA

**Критерий.** Проверка копирования и восстановления; архив позволяет повторить расчёт без подмены внешних файлов

---

## CH-R078

**Требование.** Закрыть всю функциональную матрицу презентации, включая рампу/переворот/управляемый полёт/посадку, при выбранной массе M

**Критерий.** Нулевая доля бесследно исключённых функций; каждое требование имеет источник, расчёт, тест и явный результат

---

## CH-R079

**Требование.** Рассчитать последовательность рампа→сход→вращение/полёт→посадка→остановка как один цикл

**Критерий.** Сохраняются время, расход, энергия, температура, масса и состояние. Начальные условия каждого этапа получены из предыдущего

---

## CH-R080

**Требование.** Обеспечить работоспособность при требуемых ориентациях, включая переворот

**Критерий.** Проверены удержание водителя/батареи/сосудов, смазка, аэрация/кавитация контуров, вентиляция, крепёж и жидкостные состояния

---

## CH-R081

**Требование.** Согласовать шестикомпонентные нагрузки свободного полёта и посадки с реальной структурой

**Критерий.** Управляющие моменты имеют физические сопла/плечи и подачу; нет внешней «идеальной» силы, скрывающей нехватку ресурса

---

## CH-R082

**Требование.** Выполнить поисковую матрицу1850/2000/2200/2400 и дополнительные узлы по необходимости

**Критерий.** Для каждой M отдельно M+20, AIR/N2 и режимы; выбран вариант по выполнению функций и подтверждённым резервам, не только минимальной массе

---

## CH-R083

**Требование.** Рассчитать ход, нагрузку и торможение после манёвра с реальными остаточными скоростями

**Критерий.** Посадка на1/2/4колеса, крен/тангаж/рыскание, движение и остановка; нагрузка3g или ряд статических поз не заменяют расчёт

---

# Шасси

## CH-R084

**Требование.** Построить лестницу проверок: модель→компонентный стенд→подсистема→удерживаемый/ограниченный тест→полный режим

**Критерий.** На каждый переход установлен измеряемый критерий и область. Отдельные успешные стенды не объявляются испытанием полного манёвра

---

## CH-R085

**Требование.** Использовать наработки АРГОН/ВЕКТОР/ИМПУЛЬС и Roadster как рабочие исходники по матрице reuse

**Критерий.** У каждой записи есть полезный результат, целевой узел, действие, критерий повторной приёмки и sourceSHA. Наличие архива без такого действия не закрывает требование

---

## CH-R086

**Требование.** При повышении M сохранить внешность и повторить весь функциональный цикл с новым реальным составом

**Критерий.** Нельзя использовать управление/тормоза/газ/тепло от лёгкой версии и прочность от тяжёлой как одну якобы подтверждённую машину

---

# Физика

## PHY-CFG-001

**Требование.** **PHY-CFG-001.** Финальная версия должна максимально точно воспроизводить подтверждённые внешний облик, пропорции и функции демонстрационного автомобиля. Оптимизация массы подчинена выполнению всех заявленных режимов, устойчивости и производимости. Увеличение массы, иной пакет батареи или усиление конструкции допускаются как обоснованное инженерное решение с пересчётом всей машины. Уменьшать массу изменением реальной конструкции и комплектующих, не назначением фиктивной плотности и не удалением недостающих функций.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-CFG-002

**Требование.** **PHY-CFG-002.** **1850 кг — ориентир оптимизации, а не критерий отказа работоспособного автомобиля.** Для сопоставления считать эксплуатационную массу с водителем 85 кг, рабочими жидкостями и оговорённой полной газовой заправкой. Основная матрица масс:1850/2000/2200/2400 кг; допускаются другие значения по результатам расчётов. Для каждого кандидата отдельно проверить +20 кг совместно с−10% фактического расхода. Например, для 1850 это 1870 кг, для 2200 —2220 кг;1870 больше не является общим пределом проекта. Изменение массы допустимо только вместе с обновлением CG, инерции, нагрузок, энергобаланса, траектории и испытательных критериев.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-CFG-003

**Требование.** **PHY-CFG-003.** AIR и N2 сохраняются как две равноправные ветви проекта. Финальная рабочая среда не выбрана. Каждый результат должен содержать среду, состав/чистоту, температуру заправки, абсолютные давления, фактическую массу газа, режим открытых клапанов и происхождение свойств. Для AIR текущая модель — сухой псевдочистый стандартный воздух CoolProp; влажный воздух и реальные примеси этим не квалифицированы.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-CFG-004

**Требование.** **PHY-CFG-004.** Хранить четыре статуса: REF — реконструкция демонстрационного автомобиля; CHECK — проверочные сборки с известными ограничениями; LIGHT1850 — сохранённый исторический прогноз; FINAL — архитектура, выбранная по полноте выполнения презентационных функций. Батарея 62,208 кВт·ч/P50B остаётся сравниваемой ветвью, но не назначается финальной ради массы. REF>100 кВт·ч/4680 и все другие обоснованные варианты должны участвовать в выборе. Формат, энергия и мощность батареи не выводятся из количества пустых CAD-конвертов.

Авторитетная нумерация систем: S01 кузов; S02 структура; S03 кабина/защита; S04 передняя подвеска; S05 задняя подвеска/полуоси; S06 рулевое управление; S07 тормоза; S08 колёса; S09 тяговые агрегаты; S10 батарея; S11 силовое распределение/зарядка; S12 низковольтная сеть; S13 охлаждение батареи; S14 охлаждение приводов; S15 вентиляторный прижим; S16 активная аэродинамика; S17 газ; S18 управление и регистрация. В массовом реестре у каждой физической позиции один владелец; ссылки на несколько систем не создают несколько масс.

## 2. Масса и центровка

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-MAS-001

**Требование.** **PHY-MAS-001 — единый реестр.** Входы: уникальные physical ID, статус детали, материал/плотность или каталог, масса и её диапазон, CAD-центр и тензор, состав сборки, заменяемые ID. Выходы: взаимоисключающий BOM, масса по системам и агрегатам, центровка, полный тензор, реакции колёс и журнал замен. Для деталей без измерения указывать «CAD по назначенному материалу», «каталожная масса», «прогноз» или «неизвестно». Неизвестная масса не равна нулю.

Формулы: M=Σm; rCG=Σ(mr)/M; ICG=Σ[Ii+mi((di·di)E−di⊗di)]. Газ считать распределённым по фактическим полостям, а не произвольной точкой. При расходовании газа пересчитывать M, rCG и ICG. По оси X назад от передней оси: Nrear=Mg·xCG/L, Nfront=Mg−Nrear. Для четырёх колёс нужны жёсткости и преднатяги или взвешивание; равные четверти — только именованное допущение.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAS-002

**Требование.** **PHY-MAS-002 — объяснение прежней массы.** 2915,999 кг в RE4A — масса нашей CHECK-архитектуры, а не установленные 2916 кг автомобиля Tesla. Она включает 2696,087 кг без газа, но с водителем, и 219,912 кг N2. Основные центральные статьи: батарея 661,606; сосуды с опорами 339,830; колёса/ступицы/тормоза 292,479; приводы 260,960; структура/защита 231,243; подвеска/механическое рулевое 198,653; газовая арматура/трубопроводы 196,296 кг. Старые тяжёлые корпуса, сплошные стойки и неуточнённые допускаемые массы не становятся обязательными деталями производства. Верхний CHECK-сценарий около 3753 кг — диагностический диапазон, а не новая цель автомобиля.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAS-003

**Требование.** **PHY-MAS-003 — исторический прогноз LIGHT1850.** Следующая таблица описывает сохранённый сценарий, а не обязательный бюджет FINAL. Его неизменяемый источник — `RRK_RE4B_20261114/MASS1850/mass_plan.json`, расчёт — `RRK_RE4B_20261114/S17_DUAL_GAS/build_mass1850.py`. Эти данные использовать для выявления тяжёлых суррогатов и проверки границ агрегатов; разрешается увеличить отдельную статью и общую массу ради функций. Исторические статьи:

| Статья | Прогноз, кг | Граница |
|---|---:|---|
| 3456 P50B | 245,376 | Максимальная масса ячеек по первоисточнику |
| Функциональное оснащение батареи | 52 | Без силового корпуса; холодные пластины включены |
| Пол, передняя/задняя рамы, защита/опоры | 190 | 105+40+15+30; общая силовая оболочка не дублируется в батарее |
| Рычаги, pushrod, rocker, пружины/амортизаторы | 30 | Отдельно от 190 кг структуры |
| Механическая часть приводов | 135,375 | C LIGHT 60,375 + недостающие функции 75 |
| Сохранённые инверторы | 16,373 | 10 конкретных старых ID, один раз |
| Колёса/ступицы/тормоза | 292,479 | Сохранён CHECK; не заменён фиктивным облегченным числом |
| Кузов/стекло/замыкания/аэро | 140,604 | Сохранён реестр, не плотность 5-мм вычислительной оболочки |
| Кабина | 40 | Прогноз |
| COPV 200 л / 400 л | 100 / 110 | Полные сухие сосуды с liner/boss, но без внешних опор/газа |
| Опоры сосудов | 12 | Оба сосуда |
| Газовая разводка | 45 | Нуждается в пересчёте по фактической пропускной способности |
| Жидкостное охлаждение | 42 | Без батарейных пластин и массы жидкостей |

# Физика · PHY-MAS-003 · продолжение

| Прижимные вентиляторы/каналы/приводы | 15 | Прогноз по функции, не промышленный типоразмер |
| HV/LV/SBW и управление | 36 | С учётом явного назначения недостающих функций |
| Жидкости | 18 | Газ исключён |
| Водитель | 85 | Определение конфигурации |

Итого без газа, с водителем: **1605,208 кг**. При 293,15 K, T200=689,476 бар abs, T400=300 бар abs: AIR **1840,546 кг**, N2 **1825,120 кг**. С +20 кг: **1860,546** и **1845,120 кг** соответственно. Сравнение с 1870 кг относится только к историческому сценарию 1850+20, не к общему пределу FINAL. Это прогноз, не результат взвешивания завершённой сборки.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAS-004

**Требование.** **PHY-MAS-004 — управление резервом и локальными целями.** В историческом AIR-прогнозе 1840,546 кг остаток до ориентира 1850 равен 9,454 кг; это не достаточный инженерный резерв. Историческая цель 140 кг полной пары приводов также не закрыта:60,375 кг С LIGHT +16,373 кг инверторов +75 кг функционального прогноза =151,748 кг. Нельзя уменьшать недостающую активную часть мотора или CV только ради 140. Ноги/подушки 7,845 кг учтены в структурных опорах один раз. Для FINAL рекомендовать резерв не менее 5% выбранной базовой массы на этапе сравнения, затем уточнить по зрелости BOM и анализу рисков. Это инженерная квота, не заявленный параметр Tesla и не балласт. Увеличенная масса с закрытыми функциями предпочтительнее меньшей массы с незакрытыми требованиями.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAS-005

**Требование.** **PHY-MAS-005 — температура и интервалы.** При одинаковом давлении заправки охлаждение увеличивает массу газа: исторический LIGHT при 273,15K/AIR даёт 1857,510 кг, с+20 —1877,510 кг. В FINAL эти значения не отвергаются только из-за 1850: проверяются реальные допустимые давления/массы, все манёвры и нагрузочные пределы выбранной версии. Различать дозирование массы и заправку до давления/температуры. Не выбирать нижнюю границу каждого интервала без конструктивного основания. Сохранять низкий/центральный/высокий массовые сценарии и корреляцию общих допущений.

## 3. Батарея, электрический привод и энергетический цикл

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-ENE-001

**Требование.** **PHY-ENE-001.** Сохранённая ветвь B0/LIGHT: P50B, 216S16P,3456 ячеек,18 модулей по 192,62,208 кВт·ч. По первичному datasheet:18Wh типично,17,5Wh минимум,3,6V номинал,4,2V заряд,2,5V отсечка,до 71g;60A непрерывно с отсечкой 80°C. Напряжения 777,6/907,2/540V. Это подтверждает исходные характеристики ячейки, не пригодность полного пакета для всех заявленных манёвров. Одновременно проработать REF-ветви энергии>100 кВт·ч, включая расчётные 110/125/140 кВт·ч, с фактическими поставщиками и архитектурами. Не снижать энергию, мощность, ресурс или повторяемость ради попадания в 1850 кг.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-ENE-002

**Требование.** **PHY-ENE-002.** Входы расчёта: OCV(SOC,T), DCIR(SOC,T,aging), токовые/температурные пределы, контакты/шины/предохранители, доступная энергия, карта инвертора и мотора. Решать P=(VOC−IR)I, не умножать номинальное напряжение на максимальный ток как гарантированную мощность. Для диагностического DCIR 12,8 mΩ на ячейку при 50% SOC Rpack=0,1728 Ω. При 400 kW на DC-шине: I≈592,4 A, U≈675,2 V, тепло ячеек≈60,6 kW. При 550 kW: I≈879 A, U≈625,7 V, тепло≈133,5 kW. Это постояннорезистивный screen, не карта батареи.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-ENE-003

**Требование.** **PHY-ENE-003.** Значения 400kW общей DC-шины и 550kW/10s сохраняются исключительно как непроверенные границы сравнения B0/P50B. Они не ограничивают требуемые возможности FINAL и не заменяют заявленную в презентации мощность. Для каждой батареи и каждого манёвра определить требуемые P(t),E(t),I(t),SOC,T; вычесть вентиляторы, насосы и управление из доступной тяговой мощности. Если источник подтверждает 2×500kW или иной более высокий совместный режим, выполнить его расчёт и испытание либо оставить соответствующее требование FAIL/OPEN; не переписать его на 400kW. Ёмкость, пиковая мощность, длительность и повторяемость — отдельные показатели.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-ENE-004

**Требование.** **PHY-ENE-004.** Для дорожного разгона считать единым временным рядом скорость, тяговой момент/передачу, ограничение тока, мощность после вспомогательных потребителей, сцепление, сопротивления и тепловые состояния. При v→0 использовать предел момента, не P/v. 3000 N·m на выходной вал — заданный расчётный сценарий, а не доказанные TTX Tesla. Максимальная скорость, угол CV и момент не складываются из разных паспортных пределов в одну якобы допустимую точку.

Приёмка ENE: воспроизводимая карта, отсутствие превышения пределов ячеек/HV/инвертора/мотора, замыкание энергии до и после цикла, температурный запас и повторяемость после паузы. Минимум расчётных случаев: низкий/средний/высокий SOC, холод/номинал/жара, новая/состаренная батарея, питание вентиляторов в пике, отказ одной охлаждающей ветви.

## 4. Специальные сосуды и газовая топология

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-GAS-001

**Требование.** **PHY-GAS-001.** Сохранить основные полости 200 и 400 л. Горловины, клапаны и присоединённые полости учитывать отдельно. 200 л: текущая компоновочная капсула вдоль Y, Rвн=315 мм, цилиндрическая часть 221,592 мм, центр (2610,0,805) мм. 400 л: Rвн=330 мм, центр (1550,440,700) мм. Геометрический припуск оболочки не равен рассчитанной толщине COPV.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-GAS-002

**Требование.** **PHY-GAS-002.** Верхнее заявленное значение 10000 psi для 200 л преобразовано в 68,947573 MPa. Источник не снимает неопределённость gauge/absolute; основная история использует absolute, вариант +1 атмосфера считать отдельно. Давление 400 л не подтверждено: 300/500/689,476 бар — именованные сценарии, а не три квалифицированных рейтинга одного сосуда.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-GAS-003

**Требование.** **PHY-GAS-003.** Разработать собственные COPV по форме и функции. Входы: рабочее/испытательное/разрушающее давление, температурный диапазон, циклы и скорость разрядки, AIR/N2, воздействие среды, liner, boss, волокно/смола, схема намотки, локальные усиления, опоры, удар/огонь/усталость/ползучесть. Выходы: расчёт ламината, конструкция полюсов, полная сухая масса, производственная технология, НК и программа испытаний. Нельзя подставлять прочность отдельного волокна как допускаемое напряжение готового сосуда.

Сохранённый membrane-screen использует только чувствительность эквивалентного служебного допуска 400/600/800 MPa уже после всех коэффициентов, плотность 1600 kg/m³, отдельный множитель переходов и отдельный liner/boss allowance. Ни одно такое допускаемое значение не принято. Каталожные H2 type IV примеры Hexagon 415 L/350 bar/116 kg, 244 L/700 bar/188 kg и NPROXX 350 L/700 bar/211 kg — ориентиры масштаба. Их длинные корпуса и водородная квалификация не являются прямой заменой коротких сосудов AIR/N2 Roadster. Массы 100/110 кг остаются целевыми прогнозами.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-GAS-004

**Требование.** **PHY-GAS-004.** Не соединять напрямую 200 л при 689 бар и 400 л при 300 бар. Предпочтительный анализ: независимые контуры с запорными, обратными и управляемыми дозирующими органами. T200 может питать кормовой разгон либо заднюю пару подъёма; это один и тот же запас газа. Режимный селектор и резерв посадки должны исключать одновременное кредитование полного расхода обоим потребителям. Любая crossfeed-связь требует явного редуцирования, рейтингов и обратной защиты.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-GAS-005

**Требование.** **PHY-GAS-005.** Старый GasMain3 от (600,100,400) к (3500,100,400) мм пересекает новый корпус правого привода в области X≈2995…3305 мм. Участок до заднего подъёмного ответвления X2500 коллизией не затронут. Старый хвост к GX нельзя автоматически подписать новой линией T200: нужны собственный порт, изоляция и маршрут. Сохранять реальные концевые точки, длины, радиусы изгибов и монтажный доступ. Диаметр прохода не доказывает pressure rating и Cv.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-GAS-006

**Требование.** **PHY-GAS-006.** Входы каждого ребра сети: ID/узлы, внутренний диаметр, длина, радиусы, шероховатость, K, объём, рейтинг давления/температуры, карта клапана, задержка/скорость изменения. Выходы: P/T/ṁ по ветвям, потери, запас до choking/нештатного режима, силы на крепления, ресурс. Неизвестный K/Cv оставлять неизвестным либо исследовать диапазоном; не назначать нулевую потерю.

## 5. Термодинамика и сопла

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-THR-001

**Требование.** **PHY-THR-001.** Основная модель свойств — реальная EOS, текущая реализация HEOS/CoolProp 8.0.0 для AIR и N2. При 293,15 K масса заправки 200 л/689,476 бар +400 л/300 бар: AIR 235,339 кг, N2 219,912 кг. Компрессибельность при высоком давлении существенна; расчёт идеального газа не заменяет EOS. REFPROP в этой работе не запускался, независимая верификация им не заявляется.

Баллон: $dm/dt=-\Sigma\dot{m}$; $d(mu)/dt=Q-\Sigma\dot{m}h_{выход}$; $\rho=m/V$. Для однородного адиабатического жёсткого баллона при $h_{выход}=h_{газа}$ остаточный газ движется по $ds=0$; это используется для таблиц, но энергетический интеграл проверяется независимо. Изотермический вариант допускается только с подсчётом необходимого внешнего тепла. Реальная теплопередача стенки требует UA, массы и теплоёмкости liner/композита, тепловой инерции и теста blowdown.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-THR-002

**Требование.** **PHY-THR-002.** Сопло: $G(p)=\rho(p,s0)\sqrt{[2(h0-h(p,s0))]}$, критический расход — максимум G на допустимой однофазной ветви. $F=\dot{m}v_e+(p_e-p_a)A_e$. Для нынешнего прохода считать сужающееся эффективное сопло без выдуманного расширяющегося контура. Cd — сценарий или измеренная характеристика; геометрическая площадь и эффективная площадь различаются. Двухфазную область и ошибку flash не обходить идеальным газом.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-THR-003

**Требование.** **PHY-THR-003.** Трубопровод: $G=\rho v$; $h0=h+v^2/2$; $d(p+G^2/\rho)/dx=-fD\cdot G^2/(2D\rho)$. Текущий Fanno-решатель прошёл независимый аналитический perfect-gas benchmark, энергетическую и энтропийную проверки. Эквивалентная длина для K — приближение; смешение, акустика, развивающийся поток и динамика клапана требуют следующего уровня. Считать одновременно открытые ветви и общий подвод, а не четыре независимых расхода от полного давления баллона.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-THR-004

**Требование.** **PHY-THR-004.** Буквальное −10% расхода: сначала решить номинальную сеть при данном состоянии баллона, затем ограничить каждую ветвь до 0,9 её расхода и пересчитать дополнительное дросселирование, состояние перед соплом и тягу. Снижение только площади на 10% при лимитирующей магистрали не гарантирует снижения расхода на 10%; это отдельная чувствительность.

Известный результат: условная сеть 50-мм общего подвода/32-мм ветвей, 300 bar, 293 K, fD=.022, Kmain=3, Kbranch=2, Cd=.8 после фактического −10% даёт начальную суммарную тягу примерно AIR **35,036 kN**, N2 **34,971 kN**. Это недостаточно для тяжёлого CHECK high+20, и не является отказом уже облегчённого 1850-кг автомобиля: его массовый/центровочный баланс другой. Варианты 80-мм подвода и раздельных контуров повышают начальную тягу, но увеличивают массу, требования к клапанам и скорость опорожнения. Начальное T/W>1 само по себе не доказывает 2 м.

## 6. Разгон, подскок, ориентация и посадка

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-DYN-001

**Требование.** **PHY-DYN-001 — кормовой разгон.** Совместить тяговые колёса, газовую тягу и расход единого энергетического запаса. Учитывать высоту линии реактивной тяги относительно CG, продольное перераспределение нормальных реакций, ограничение сцепления и возможность отрыва оси. Газовая тяга выше CG не эквивалентна силе в контактном пятне. На выходе: время/путь/скорость, импульс, газ по каждому баллону, мощности, реакции осей и моменты.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-DYN-002

**Требование.** **PHY-DYN-002 — вертикальный режим.** Отдельный тест нижнего порога выполнять БЕЗ РАМПЫ, из неподвижной статической позы на горизонтальной земле, с заданными массой/преднатягами/заправкой. Зафиксировать z_CG,0 до первой команды. Измеряемая высота h=max_t[z_CG(t)−z_CG,0] — максимальный прирост вертикальной координаты CG; начальная вертикальная скорость равна нулю. **PASS нижнего порога: h_L=h−U_h≥2,000 м**, где U_h≥0 — заранее определённая и опубликованная граница суммарной погрешности апогея, включая дискретизацию, параметры/модель и измерение по применимому протоколу; уровень доверия либо детерминированный способ объединения составляющих закрепить до расчёта/испытания. Проверять одновременно+20 кг и−10% фактического расхода. Не выбирать U_h после получения результата и не сравнивать только округлённое номинальное h с 2 м. **2 м — нижний порог, не потолок:** более требовательный профиль презентации проверяется дополнительно по claim-register. Клиренс колёс, минимальный клиренс кузова и траектории габаритных точек выводить отдельными величинами; они не заменяют Δz_CG. Рампа и переворот имеют собственные обязательные тесты. Разделить разгрузку подвески, отрыв, тягу, баллистический участок, торможение и контакт; не инжектировать скорость и не подменять полную траекторию формулой $v^2/(2g)$.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-DYN-003

**Требование.** **PHY-DYN-003 — ориентация.** Каждое сопло имеет координаты, направление, диапазон управления, min/max расход и задержку. Решать одновременно силу и момент относительно меняющегося CG. Нынешняя вертикальная модель с идеальным распределением тяги — только граница осуществимости поступательного движения. Она не подтверждает 6DOF, датчики, исполнительные органы или устойчивость. Для окончательного допуска нужны rigid-body/quaternion модель и корректный угловой баланс открытой системы; не добавлять I-dot произвольно и не учитывать один поток импульса дважды.

Текущие control maps местами имеют однофазные/flash-ограничения. Соединение допустимых точек через такой разрыв означает идеализированное быстрое переключение между допустимыми состояниями, а не доказанное непрерывное дросселирование. Реальная полоса клапана, пульсация, холодная арматура и устойчивость остаются открытыми. Не выдавать такую интерполяцию за полётную квалификацию.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-DYN-004

**Требование.** **PHY-DYN-004 — единый резерв манёвра.** Разделить газ и электрическую энергию на разгон, рампу/отрыв, подъём, требуемое вращение, ориентацию, управляемое торможение, касание и прекращение режима. Резерв рассчитывать для неблагоприятного случая; условные 10% без динамики недостаточны. Перед каждым последующим манёвром использовать остаточные газ,SOC,температуры и давление после предыдущего. Один и тот же запас T200 не может одновременно полностью обеспечивать кормовое ускорение и посадочную тягу.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-DYN-005

**Требование.** **PHY-DYN-005 — посадка.** Считать скорость и углы первого касания, последовательность контактов четырёх колёс, ход CG, шины, MR, пружины, демпфер и bumpstop. Скорость свободного падения с 2 м≈6,263 m/s. При эффективном ходе CG 20 mm средняя нормальная перегрузка около 101 g: $n_{z,avg}=1+v^2/(2gs)$. Для ограничения средним 3 g при таком ходе требуется скорость контакта≤0,886 m/s и устранение примерно 98% кинетической энергии заранее. 20 mm — диагностический пример старого CHECK, не допустимый ход новой подвески. Пиковая сила выше средней и требует модели формы импульса.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-DYN-006

**Требование.** **PHY-DYN-006 — пружинный отскок.** Не считать его бесплатным источником энергии. Начальные деформации, преднагрузка, энергия $\Sigma kx^2/2$, работа исполнительного привода и потери должны входить в общий баланс. Отдельно проверять возврат в опорное состояние и очередной цикл.

Минимальная матрица: AIR/N2; каждая кандидатная FINAL-архитектура и +20 кг; расходы 1,0/0,9; температуры 273/293/313 K; низкий/номинальный запас; раздельные давления; клапан с задержкой; одна ветвь закрыта; дифференциальная тяга; ошибка CG; отказ датчика; предварительный расход на кормовой разгон. Приёмка: выполнение полного профиля источника, минимум 2 м в оговорённом вертикальном случае, обязательные рампа/переворот/управляемая посадка и нужная повторяемость, с остатком управления и без выхода за реальные ограничения выбранной конструкции. Высота без посадки или переворот без завершённого касания — незавершённые результаты.

## 7. Охлаждение и вентиляторы

# Физика · PHY-DYN-006 · продолжение

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-COOL-001

**Требование.** **PHY-COOL-001.** Разделить LT-контур батареи, HT-контур приводов/инверторов и воздушные каналы. Для каждого задать выделение тепла во времени, теплоёмкости, допустимые температуры, расход, кривую насоса, Δp каждой ветви, радиатор UA и воздушную характеристику. Баланс Q=ṁcpΔT без проверки реального радиатора недостаточен. Температурную отсечку ячейки 80°C не принимать за нормальную целевую температуру пакета.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-COOL-002

**Требование.** **PHY-COOL-002.** Холодную пластину разработать производимой: способ соединения, толщина, коллекторы, вход/выход одинакового стандарта, уплотнения, доступ, опрессовка, коррозия, распределение потока, допустимые перепад/деформация. Разные патрубки в прежнем изображении — реальная интерфейсная проблема; визуальная унификация должна сопровождаться гидравлическим назначением портов. Расход и температуру каждого модуля проверить при частичном засорении и остановке насоса. Масса металла теплообменника, TIM, коллекторов и жидкости учитывается один раз.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-COOL-003

**Требование.** **PHY-COOL-003.** Для исторической ветви B0 и её 400-kW DC сценария уже есть ориентир≈60,6 kW клеточного тепла плюс потери инверторов/моторов и вспомогательных устройств. Для 550-kW/10-s случая≈1,335 MJ клеточного тепла. Однородная оценка ΔT по полной массе ячеек не доказывает температуру контакта/центра ячейки; нужны тепловые сопротивления и временные постоянные. Длительность пика и пауза между повторами должны следовать из расчёта/испытания.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-FAN-001

**Требование.** **PHY-FAN-001.** Прижимные вентиляторы создавать по Δp–Q–η–n и геометрии утечек. Входы: эффективная площадь днища, периметр и зазор юбки по ходу, боковые утечки, грязь/вода, требуемый прижим, число рабочих модулей, питание. Первичный screen: Δp=F/A; Q≈Cd·Рпериметра·gap·√(2Δp/ρ); Рэл≈ΔpQ/η. Параметры A=4,2 m², периметр 9 m, Cd=.65, зазоры 5/15/30 mm, η=.6 — исследуемые допущения, не обмер прототипа. При увеличении зазора энергопотребление резко растёт.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-FAN-002

**Требование.** **PHY-FAN-002.** Выходы: собственный ротор/корпус/электромотор/инвертор, характеристика параллельных модулей, прочность и удержание осколков, опоры/поворот, акустика, масса и производство. 15 kg — бюджет всей функции, а не доказанная масса. Не выбирать тяжёлый промышленный вентилятор как обязательный аналог. Радиаторные вентиляторы и прижимные — разные функции; в свободном полёте не кредитовать герметичный прижим днища.

# Физика · PHY-FAN-002 · продолжение

## 8. Проверки, известные отказы и выпуск

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-VER-001

**Требование.** **PHY-VER-001 — численная верификация и фиксированные нормировки.** Проверять размерности, суммы масс/моментов, уникальность BOM, знаки моментов, симметрию, аналитическую баллистику, идеальные пределы сопла/Fanno и сходимость. Для уменьшения временного шага вдвое и отдельно уплотнения термодинамических/управляющих таблиц требовать |h_fine−h_coarse|≤min(0,01·|h_fine|;0,010 м); h_fine — апогейΔz_CG более детального расчёта. Это требование к сходимости не заменяет U_h изPHY-DYN-002. Во всех балансах один фиксированный интервал[t0,tf]: t0 — неподвижное начальное состояние до первой команды; tf — завершение посадки и последующего переходного процесса по заранее заданному условию устойчивого опорного состояния. Сохранять энергию/массу остаточного газа, SOC, тепло и остаточные скорости вtf; не обнулять их при касании и не обрывать интеграл вапогее. При незавершённой посадке полный тест FAIL/INCOMPLETE, даже если частичный баланс мал. До запуска зафиксировать границу каждой контрольной системы, перечень накопителей E_k и внешних потоков мощности P_j (положительных внутрь), одинаковые термодинамические reference states и правила учёта энтальпии/кинетической/потенциальной энергии выходящей массы.
R_E=Σ_k[E_k(tf)−E_k(t0)]−∫_t0^tfΣ_jP_j(t)dt. Фиксированный знаменатель
E_ref=max{Σ_k|E_k(tf)−E_k(t0)|;Σ_j∫_t0^tf|P_j(t)|dt}; внутренний обмен не включать в перечень внешних потоков и не дублировать в общем балансе. При E_ref>0 требовать |R_E|/E_ref≤0,005 (0,5%). Обязательны и общий баланс, и отдельные балансы каждого баллона и батареи, чтобы крупный поток одной системы не скрывал ошибку другой. При E_ref=0 процент не определён: для численного нулевого контрольного случая требовать |R_E|≤10^−6J и явно отметить абсолютный критерий, не вставлять скрытый epsilon. Массовый остаток R_m=M(tf)−M(t0)−∫ṁ_in dt+∫ṁ_out dt; M_ref=∫(Σ|ṁ_in|+Σ|ṁ_out|)dt по внешней границе той же контрольной системы и тому же интервалу. При M_ref>0 требовать |R_m|/M_ref≤10^−4 (0,01% реально прошедшей через границу массы); при M_ref=0 численный закрытый контрольный случай требует |R_m|≤10^−6kg. Нормировки, границы, накопители, reference states и интервал не менять после расчёта радиPASS; не делить ошибку расхода на полную массу автомобиля. Отдельно сохранять временные остатки и их максимумы, чтобы показать возможную компенсацию ошибок ктf. Эти критерии относятся к численной модели; измерительная неопределённость физических испытаний учитывается отдельно.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-VER-002

**Требование.** **PHY-VER-002.** Сохранённые отрицательные CHECK-gates: передний и задний ход/межсистемные пересечения; неглубокий силовой путь рамы; изгиб заднего обходного рычага; шейка полуоси 28 mm при 3000 N·m; осевая/радиальная цепь старого CV и подшипников; ограниченный ход рейки и большой диаметр разворота. Новые локальные BRep-проходы отдельных вариантов не закрывают эти пункты автоматически. Перед производственным выпуском требуется единая собранная ревизия с её собственной массой, hardpoints, принятыми ходами, расчётами и SHA.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-VER-003

**Требование.** **PHY-VER-003.** Для окончательной производственной модели, выполняющей ВСЕ функции презентации, требуются: физическая топология и спецификация всех 18 систем; расчёты критических деталей/соединений; реальные материалы/термообработка/допуски; технологические чертежи и сборочные процедуры; испытания давления/герметичности/расхода/тепла/прочности; управление режимами и отказами; интеграционный CAD/STEP/reopen; трассировка требований к тестам; подписанная комплектность и бэкап. Этот раздел формирует путь к такому выпуску, но не объявляет его состоявшимся.

## 9. Сохранённые результаты и первоисточники

В `S17_DUAL_GAS` сохранены: реальная EOS AIR/N2, 22 таблицы blowdown/network с явными domain stops, исходные и увеличенные проходы, control maps, математические тесты, прогнозный translation solver, отвергнутый rocker1 и новый rocker3 load screen, идеальный floorbox screen, полный аудит CHECK-массы, параметрические COPV/fan требования. Полный цикл динамической приёмки 2 м и посадки не завершён; в итоговом ТЗ он остаётся обязательной работой. Численные ошибки flash и физические фазовые ограничения различать; не обозначать их одинаково как «газ закончился».

Источники для проверки и последующей спецификации:

- [Molicel P50B, datasheet v1.1](https://www.molicel.com/wp-content/uploads/Product-Data-Sheet-of-INR-21700-P50B-80122.pdf) — ячейка, масса, напряжения, ток/температурная отсечка, DCIR.
- [CoolProp AIR](https://coolprop.org/fluid_properties/fluids/Air.html), [CoolProp N2](https://coolprop.org/fluid_properties/fluids/Nitrogen.html), [низкоуровневый API](https://coolprop.org/coolprop/LowLevelAPI.html) — EOS и реализация свойств; без заявления независимого испытательного подтверждения.
- [NASA: thrust force](https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/thrust-force/), [NASA GFSSP/Fanno paper](https://ntrs.nasa.gov/citations/20070036728) — базовые законы и контекст проверки; текущий код не является сертифицированным NASA инструментом.
- [Swagelok MS-06-84](https://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/en/MS-06-84.pdf) — смысл Cv и границы идеальногазовых формул; измеренные свойства трубной обвязки не включены в паспорт клапана автоматически.
- [Hexagon Purus type IV](https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/hexagonpurus-website/Type-4-Mobility-Hexagon-Purus-Datasheet.pdf), [NPROXX AH620-70](https://www.nproxx.com/nproxx-introduces-the-new-700-bar-hydrogen-pressure-vessel-ah620-70-2-targeting-heavy-vehicles-long-haul-trucks-and-the-automotive-sector/) — каталожные массовые ориентиры, без переноса H2-квалификации на AIR/N2.
- [NACA TN3781, plate buckling](https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19930084505/downloads/19930084505.pdf) — идеальный plate-screen; местные окна, диафрагмы и вводы сил требуют собственной модели.

Требования к данным следующего этапа: выбранная по всем функциям геометрия/масса FINAL, реальные карты клапанов и сопел, допустимый режим каждого COPV, тепловой тест blowdown, насосы/радиаторы/вентиляторы по карте, фактические подвесочные упоры и демпферы, подтверждённые материалы/соединения. До их получения статус «производство/полёт разрешены» недопустим.

## 10. Полнота презентационных функций — главный критерий FINAL

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

# Физика

## PHY-PRE-001

**Требование.** **PHY-PRE-001 — реестр всех заявлений.** Создать единую матрицу утверждений презентации Tesla Roadster Rocket 15.10.2026 и относящихся к ней пояснений. Каждому заявлению присвоить source_claim_id, точную формулировку, источник/версию, таймкод или кадр, численное значение, единицы, допуски, условия и конфигурацию автомобиля. Раздельно пометить «показано испытанием», «устно заявлено», «показано анимацией/макетом», «реконструировано». Это классификация доказательств, а не право исключить функцию из ТЗ: пользователь требует выполнить ВСЁ. Противоречия не усреднять, неизвестный параметр не заменять нулём.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-PRE-002

**Требование.** **PHY-PRE-002 — полнота конечной проверки.** В обязательный реестр включить все обнаруженные заявления о дорожном разгоне, предельной скорости, торможении, запасе хода/энергии, мощности, управляемости/SBW, прижиме/активной аэродинамике, кормовой газовой помощи, вертикальном движении, рампе, перевороте, управляемой посадке, повторяемости и эксплуатационных ограничениях. Числа и профили брать из проверенного первичного материала. Если для обязательной функции пока нет численного порога, статус — OPEN с ответственным за уточнение; функция остаётся обязательной и блокирует итоговое утверждение о выполнении всей презентации.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-PRE-003

**Требование.** **PHY-PRE-003 — одна машина и один режимный журнал.** Нельзя демонстрировать каждый показатель на взаимоисключающих конфигурациях и объявлять их возможностями одного автомобиля. Для каждого манёвра указать единую конфигурацию hardware, газ, давление, массу, CG/I, SOC, температуры, управление и ограничения. Если презентация допускает разные версии/заправки/режимы, явно выпустить соответствующие варианты и матрицу совместимости. Увеличение массы допустимо; недоказанное переключение батареи, баллонов, шин, приводов или внешнего источника энергии между двумя цифрами — нет.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-PRE-004

**Требование.** **PHY-PRE-004 — критерий завершения.** Итоговый статус «выполнены функции презентации» возможен только после закрытия ВСЕХ обязательных source_claim_id расчётом, испытанием соответствующей физической конфигурации и анализом расхождений. CAD без пересечений, совпадение внешнего вида, отдельный тест клапана или достижение высоты 2 м не являются достаточным доказательством полного автомобиля. Нельзя исключать рампу, переворот или посадку из конечного пакета под видом необязательной демонстрации.

## 11. Обязательные полные манёвры

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-MAN-001

**Требование.** **PHY-MAN-001 — рампа.** Рампа является обязательным конечным режимом. Входы: подтверждённая геометрия рампы и переходных кривых, уклон/высота/ширина, шероховатость и сцепление, скорость/угол подхода, траектория руления, давление шин, массы/CG/I, ходы и характеристики подвески, запаздывание газовых/аэродинамических органов. Рассчитать разгон, вход на рампу, последовательность контактов, разгрузку и отрыв каждой оси, пространственные скорости в момент отрыва, траекторию и последующее касание. Нельзя заменять рампу назначенной начальной скоростью в воздухе: эта скорость, тангаж и угловая скорость должны получиться из контакта с реальной геометрией.

Выходы MAN-001: время/путь, контактные силы и импульсы, минимальные зазоры кузова/днища/колёс, нагрузки на подвеску и силовой пол, риск пробоя/отрыва/бокового схода, состояние всех энергетических запасов на отрыве и посадке. Приёмка: профиль и ограничения source_claim_id, отсутствие геометрически невозможного участка, подтверждённая несущая способность и завершённая управляемая посадка. Допустимые условия рампы закрепить документом; нельзя выбирать более лёгкую рампу без регистрации отличия от исходного требования.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAN-002

**Требование.** **PHY-MAN-002 — полный переворот.** Переворот является обязательным конечным режимом. По первоисточнику установить ось/направление, полный угол, время и высотный коридор; не подменять полный переворот частичным креном или тангажом. Если заявлен 360°, требуемая относительная ориентация включает полный оборот 2π, несмотря на совпадение начального и конечного quaternion. Хранить развёрнутую угловую координату/историю, иначе численная модель может ошибочно посчитать нулевой поворот успешным.

Входы MAN-002: реальный полный тензор инерции, колёсные/роторные гироскопические моменты, положение каждого исполнительного органа, направление силы в BODY и WORLD, ограничение скорости/угла векторинга, расход/давление/температура, время открытия/закрытия, аэродинамика и пространственный коридор. Начальное вращение получать из рампы/опорного импульса или рассчитанной тяги; не назначать его бесплатно. Для первичного screen при старте и окончании без вращения и симметричном разгоне/торможении: $\alpha \approx 4\theta/T^2$ и $\tau \approx 4I\theta/T^2$ для одной главной оси. Это только оценка масштаба; меняющиеся I, связанные оси, потоки импульса и ограниченная тяга требуют полной 6DOF-модели.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAN-003

**Требование.** **PHY-MAN-003 — управление на всём обороте.** Выполнить расчёт поз 0…360° с фактическим поворотом векторов тяги, направлением силы тяжести, пропадающим прижимом днища, контактами и видимостью/работоспособностью датчиков. Сопло, поднимающее автомобиль при нормальной ориентации, не считать поднимающим его в перевёрнутой позе без доказанного векторинга. Проверить возможность как набрать, так и погасить угловой импульс при остаточном давлении и−10% расхода. Допустимый угол датчика/клапана, кавитация/перемещение жидкости, смазка редуктора, крепление батареи и сосудов должны соответствовать всему манёвру.

Выходы MAN-003: моментная область управления по времени и ориентации, запас управляющего момента относительно возмущений, трёхосные угловые скорости, положение/скорость, потребление газа по ветвям, энергия и температуры, достижимое прекращение манёвра. Ошибка одной ветви не может компенсироваться бесконечным мгновенным расходом другой. Снижение высоты ради красивой анимации при недостаточном тормозном моменте запрещено.

# Физика · PHY-MAN-003 · продолжение

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAN-004

**Требование.** **PHY-MAN-004 — управляемая посадка после каждого режима.** Это обязательное завершение вертикального подскока, рампы и переворота. Задать допустимые вертикальную/продольную/боковую скорости, угловые скорости, ориентацию, положение контакта и разброс на первом касании на основании способности шин, амортизаторов, силовой структуры и удержания водителя. Численные пороги должны быть выведены из узлов и испытаний, не выбраны для принятия уже получившейся траектории. Нельзя просто обнулить скорость при достижении z=0.

Контактная модель должна учитывать последовательность касаний, нормальную и касательную податливость шины, отрицательную реакцию как потерю контакта, нелинейный bumpstop, скорость-зависимый демпфер, действительный MR, ход CG и rebound. Проверять пики и импульсы по всей цепи колесо→ступица→подшипники→кулак→рычаг/пальцы→рама/пол→водитель, а также опоры сосудов и батареи. Успешное мягкое касание одной осью не закрывает удар второй осью и последующий отскок.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAN-005

**Требование.** **PHY-MAN-005 — повтор и сочетание манёвров.** Испытательный цикл должен включать требуемую презентацией повторяемость, а также согласованную последовательность «разгон→рампа/переворот→посадка→восстановление». Выход одного этапа является входом следующего: оставшиеся газ и SOC, охлаждённые сосуды/клапаны, горячие батарея/привод/тормоза, изменённый CG, достигнутые настройки подвески. Не восстанавливать баллоны и батарею до исходного состояния между этапами молча. Если требуется обслуживание/перезаправка/пауза, её длительность и оборудование входят в функциональную спецификацию.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-MAN-006

**Требование.** **PHY-MAN-006 — прекращение и неисправности.** Для каждой фазы определить реально достижимое управляемое прекращение режима и границы, после которых безопасная посадка не обеспечивается. Минимальные случаи: одна газовая ветвь закрыта или запаздывает; ошибочная обратная связь положения; потеря части электрического питания; ошибка CG/массы; уменьшение расхода; отклонение угла рампы/сцепления; частично разогретая батарея; неполная заправка; предел скорости векторинга. Если комбинация физически неуправляема, ограничить условия запуска до неё и оставить соответствующее требование FAIL/OPEN до конструктивного решения. Нельзя скрыть такой случай средним значением удачных запусков.

## 12. Конкретная матрица вариантов и выбор по Парето

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-PAR-001

**Требование.** **PHY-PAR-001 — начальная сетка.** Сравнить четыре расчётные эксплуатационные массы 1850/2000/2200/2400 кг и четыре энергии батареи 62,208/110/125/140 кВт·ч. Это 16 расчётных пар, не четыре одобренные машины. B0=62,208 — сохранённый P50B benchmark, а не привилегированный финальный вариант. B1/B2/B3 являются целями энергии; число 4680, поставщик, напряжение, мощность и масса устанавливаются расчётом. Если требование источника «существенно более 100 кВт·ч» не выполнено B0, он остаётся полезным диагностическим сравнением, но не может победить в финальном выборе за счёт меньшей массы.

| Расчётный кандидат | Основная масса, кг | C +20 кг | Рекомендуемая квота массы 5%, кг | Энергии для обязательного сравнения |
|---|---:|---:|---:|---|
| M1850 | 1850 | 1870 | 92,5 | 62,208;110;125;140 кВт·ч |
| M2000 | 2000 | 2020 | 100 | 62,208;110;125;140 кВт·ч |
| M2200 | 2200 | 2220 | 110 | 62,208;110;125;140 кВт·ч |
| M2400 | 2400 | 2420 | 120 | 62,208;110;125;140 кВт·ч |

Для предварительного сравнения больших пакетов исследовать 170–230Wh/kg полного установленного пакета как **неподтверждённый параметр чувствительности**, не как обещанную плотность поставщика. Тогда 110 кВт·ч соответствуют примерно 478–647 кг;125 —543–735 кг;140 —609–824 кг. Реальная конструкция может выйти за этот интервал. Для B0 сохранённый пакет вместе с функциональным оснащением 52 кг и общим силовым полом 105 кг составляет 402,376 кг; его фактическая удельная энергия ниже указанного диапазона. Общий силовой пол учитывается в машине один раз, даже если показан в массе установленной батареи для сравнения.

В файле `physics_pareto_matrix.json` для всех 32 строк «масса×энергия×газ» приведён остаточный бюджет небатарейного оборудования после водителя, газа и 5%-квоты. Этот остаток — ограничение для проектирования, а не доказательство, что все узлы уже в него помещаются. Нельзя нормировать реальные массы деталей к выбранному M; если BOM даёт 2170 кг вместо 2000, считать 2170 и сохранить это как новый вариант.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-PAR-002

**Требование.** **PHY-PAR-002 — одинаковая полнота испытательных точек.** Первый уровень:16 пар ×2 среды ×2 условия (базовое и одновременно+20 кг/−10%расхода) ×3 температуры 273/293/313K =192 расчётные точки до вариантов давления и топологии. Затем сравнить подтверждённые/предложенные давления каждого сосуда и независимые контуры. Допускается раннее исключение математически невозможного варианта с сохранённым основанием; нельзя исключить неудобный манёвр только для части вариантов. Температуру материала, исходный SOC, чистоту газа и историю предыдущего режима фиксировать одинаково либо явно вводить в факторный план.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-PAR-003

**Требование.** **PHY-PAR-003 — метрики вместо одного числа массы.** Для каждой точки выдавать: фактическую массу/CG/I и их диапазоны; энергию и мощность по всей миссии; дорожные показатели; траекторию рампы; полный угол/время/коридор переворота; высоту/клиренс; скорость/углы касания; пиковые нагрузки и запас прочности; остаточный газ/моментную управляемость; температуры/время восстановления; производимость, стоимость и зрелость данных. У каждой функции должен быть PASS/FAIL/OPEN и ссылка на расчёт/тест. Облегчённый вариант с FAIL по дальности, мощности или посадке не доминирует более тяжёлый вариант с полностью закрытыми функциями.

# Физика · PHY-PAR-003 · продолжение

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-PAR-004

**Требование.** **PHY-PAR-004 — правило выбора.** Сначала отфильтровать только варианты, выполняющие все обязательные презентационные требования и инженерные ограничения при оговорённых условиях. Среди них построить недоминируемый набор по массе, энергии/запасу, повторяемости, сложности/стоимости и резервам. Выбор конечной точки документировать. Если ни одна точка 1850–2400 кг не закрывает функции, расширить архитектуру/массовую сетку и исправить выявленные ограничения; не снижать исходные требования автоматически. Любое осознанное отступление от презентации должно быть отдельно согласовано и не маскироваться названием FINAL.

## 13. Интегральная проверка и переход к реальному изделию

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-INT-001

**Требование.** **PHY-INT-001 — расчётная цепь.** Один источник параметров должен связывать геометрию, BOM, материалы, электрику, охлаждение, газ, кинематику,6DOF и контакт. Изменение массы батареи, материала рамы, диаметра трубопровода или расположения агрегата запускает пересчёт всех зависимых величин, а не только собственной таблицы. Обязательна трассировка версия→SHA модели/параметров→случай→результат→требование. Все прежние наработки использовать как исходные данные, тесты, негативные примеры или варианты сравнения; не возвращать устаревшее решение в активный BOM без его ограничений.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-INT-002

**Требование.** **PHY-INT-002 — программа испытаний.** После верификации численной модели последовательно закрывать материальные/компонентные испытания, сосуды и газовую арматуру, электропитание и тепловой duty, силовые соединения, стендовые реакции/тягу, HIL управления, ограниченные интеграционные режимы и полные манёвры. Перед испытанием каждого уровня должны быть подтверждены способность предыдущего уровня, измерительные диапазоны, аварийное отключение, допустимая энергия/давление и условия проведения. Полный рамповый/вращательный режим нельзя считать проверенным по анимации либо одному вертикальному стенду.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

## PHY-INT-003

**Требование.** **PHY-INT-003 — сопоставление расчёта и теста.** Регистрировать синхронно P/T/ṁ каждой ветви, команды и фактическое положение клапанов/векторинга, тягу и моменты, ток/напряжение/SOC, температуры ячеек/инверторов/моторов, ускорения/угловые скорости/ориентацию, перемещения подвески и контактные реакции. Заранее задать допустимые ошибки модели по пикам, интегралам и времени событий. При расхождении калибровать физически идентифицируемые параметры и повторять проверку на независимом режиме; не подгонять коэффициенты непосредственно под единственную успешную траекторию.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

---

# Физика

## PHY-INT-004

**Требование.** **PHY-INT-004 — финальный комплект.** Выдать общую производственную CAD-сборку, чертежи/допуски/материалы, уникальную спецификацию, расчёты и испытания всех обязательных функций, программные/калибровочные версии, процедуры производства/сборки/НК/обслуживания, пределы применения и резервный архив. Титул итогового отчёта должен различать: «ТЗ окончательно сформировано», «расчётная осуществимость показана», «испытания выполнены», «производственный выпуск разрешён». Настоящий документ закрывает только уровень требований; он не объявляет уже выполненными рампу, переворот, управляемую посадку или весь набор презентационных показателей.

**Критерий.** Верификация по системным критериям ТЗ-3 и связанным CTZ; реализация и допуск учитываются отдельно.

# Корректирующие требования

## CTZ-CFG-01

**Конфигурация и сохранение наработок**

**Требование.** Использовать R3 как неизменяемую исходную ревизию. Новый автомобиль собирать по remove/retain/replace/add-ID, с единым источником размеров, материалов, масс, портов и карт исполнительных органов. ТЗ-2.0 сохраняется; этот документ уточняет перечисленные пункты.

**Критерий.** Нет потерянных прежних решений или двойных физических деталей. CURRENT_DEVELOPMENT указывает только на фактически выпущенную CAD-ревизию; ТЗ не выдаётся за её реализацию.

---

## CTZ-CFG-02

**Иерархия доказательств**

**Требование.** Разделять DOCUMENTED (источник/действительный файл), ANALOG, ASSUMED, OPEN. Для видео хранить исходный файл, PTS, монтаж, масштаб, камеру и диапазон неопределённости. Дата и заявленные характеристики презентации не заменяют измерений.

**Критерий.** Каждое исходное число связано с единицами, состоянием, источником и областью применимости. Заявления OEM, реконструкция и собственный прогноз не смешаны.

---

## CTZ-MASS-01

**Масса, центр масс и инерция**

**Требование.** Считать сухую и эксплуатационную массы отдельно, AIR/N2 при явных P/T/SOC, водитель 85 кг согласно ТЗ-2.0. Присоски, приводы, клапаны, крепёж, жидкость и отсутствующие функции имеют реальные массы либо положительные интервальные резервы. 1850 кг остаётся ориентиром.

**Критерий.** Один физический ID учитывается один раз. Удалённая геометрия незавершённой функции не считается экономией. После изменения пересчитать CG, полный тензор инерции, нагрузки и все затронутые режимы.

---

## CTZ-BODY-01

**Кузов и внешний контур**

**Требование.** Сохранить кузов, колёса и пропорции исходной реконструкции. Использовать локальную внутреннюю оболочку в сечениях, а не только общий bounding box. Наложить кузов на два референсных ракурса с фиксированной камерой и отметить неопределённые области.

**Критерий.** Неавторизованные изменения наружных поверхностей и выступы равны нулю. Совпадение с R3 и точность относительно оригинала имеют разные отчёты.

---

## CTZ-CAB-01

**Кабина и защита водителя**

**Требование.** Проверить размещение водителя, ремней, сиденья, органов управления, выход из кабины и защиту от баллонов, батареи, горячих узлов и струй. Передать реальные ускорения посадки на крепления сиденья и ремней.

**Критерий.** Габариты тела, рабочие позы и выход не пересекаются с конструкцией; нагрузки удержания, деформации и допустимость ускорений имеют источники. Фигура манекена в CAD не закрывает проверку.

---

# Корректирующие требования

## CTZ-SUSP-01

**Подвеска и посадочные нагрузки**

**Требование.** Сохранить кинематику и пересчитать действительные силовые векторы в рычагах, кулаках, пальцах и опорах. Получить карты амортизаторов и буферов по скорости, ходу, температуре и энергии; старую целевую таблицу не называть испытанной.

**Критерий.** Нет выхода за подтверждённую область карт. np.interp с удержанием крайнего значения не доказывает работоспособность при большей скорости. 53 кН проверяются вдоль действительной оси каждой задней опоры; пики не обрезаются программно.

---

## CTZ-STEER-01

**Электронное рулевое управление**

**Требование.** Разработать steer-by-wire как функцию ТЗ: вход водителя, датчики, управляющий канал, привод поворота колёс, обратная связь и питание. Аналог Cybertruck не означает отсутствие механики на колёсах. Реальный исполнительный узел включить в компоновку и массу.

**Критерий.** Ход, усилие и быстродействие обеспечены по нагрузкам шин; проверены отказы питания/датчиков, люфт и крайние позы, включая соседи насосов/компрессора.

---

## CTZ-BRAKE-01

**Колёса, тормоза и пробег**

**Требование.** Рассчитать торможение после посадки с действительной скоростью, сцеплением, переносом нагрузки и тепловой ёмкостью тормозов; восстановить ABS/рекуперацию и ограничения шин. Диаметры, посадки и крепёж сверить с колёсной сборкой.

**Критерий.** Полная остановка и боковой уход проверены, площадка покрывает вычисленный пробег и разброс. Границы шин по скорости/нагрузке и тормозов по температуре не превышены.

---

## CTZ-DRIVE-01

**Приводы и подходящие аналоги**

**Требование.** Для двух приводов проверить непрерывную цепь инвертор–двигатель–редуктор–опоры–ШРУС–ступица. Сравнить подходящий комплектный аналог и индивидуальное исполнение по T-n, КПД, массе, охлаждению, ресурсу и габариту; выбрать по всей миссии.

**Критерий.** Нет расчётного суммирования независимых паспортных максимумов при ограниченной общей батарее. Аналог подтверждён картой и интерфейсами; индивидуальный узел имеет физическую внутреннюю конструкцию и проверку.

---

## CTZ-ELEC-01

**Батарея и общая мощность**

**Требование.** Пересмотреть 62,208 кВт·ч / 400 кВт continuous / 550 кВт peak как расчётную ветвь, а не доказанную финальную батарею. Совместно считать тягу, вентиляторы, охлаждение, низковольтную сеть, потери и длительность. Проверить контакторы, предохранители, кабели и изоляцию.

**Критерий.** В каждом шаге соблюдаются SOC/T/current/voltage limits. Нет двойного зачёта мощности или принудительной скорости. Масса батареи и приводов обновлена при выборе другой архитектуры.

---

# Корректирующие требования

## CTZ-THERM-01

**Охлаждение и одинаково определённые порты**

**Требование.** Замкнуть водно-гликолевые и масляные ветви, определить два порта холодной плиты по одинаковой системе: среда, ось, проход, фитинг, уплотнение и функция. Считать реальные потери по исправленным трассам, обдув на земле/рампе/в полёте и тепловую инерцию.

**Критерий.** Насосная рабочая точка, кавитационный запас, дегазация/слив и максимальные температуры подтверждены. Геометрически замкнутый канал не равен герметичному или термически достаточному контуру.

---

## CTZ-SUCT-01

**Четыре рабочие присоски**

**Требование.** Замкнуть каждую кассету до реального входа своего вентилятора, с физической полостью, уплотнениями, опорами и управляемым сбросом. Раздельно проверить основной канал, паразитные утечки и командный путь вентилятора/клапана. В новой R4_SUCTION требуется реализовать этот пункт; статус определяется фактическими проверками.

**Критерий.** Четыре непрерывных прохода без закупорки и непредусмотренного выхода. Прижим считается через совместную рабочую точку вентилятора и потерь с утечками; закрытая геометрия не является стендовой квалификацией.

---

## CTZ-AERO-01

**Аэродинамика и струи**

**Требование.** Проверить воздухозаборники, выходы вентиляторов, охлаждение, газовые струи и активные поверхности во всём диапазоне ориентаций. Не закрывать неудачные каналы декоративным диффузором.

**Критерий.** Обратный подсос, перекрытие выходов, нагрев/эрозия соседей и моменты от струй учтены в применимой модели; наружные изменения входят в отдельный разрешённый delta.

---

## CTZ-GAS-01

**Оба баллона и конечный запас газа**

**Требование.** Считать AIR/N2 с CoolProp в пределах его области: real gas, blowdown, теплообмен, объём магистралей, потери и конечные времена клапанов. T200 и T400 имеют один реестр массы газа во всех фазах. Давления R3 являются входами сценария, а не паспортом баллона.

**Критерий.** Нет обнуления потерь, перезаправки или двойного расходования. Для каждого давления и температуры проверены сосуды, соединения, клапаны и регуляторы; назначены контрольные испытания без выдуманных сертификатов.

---

## CTZ-GAS-02

**Пневматическое торможение и кормовой импульс**

**Требование.** Резервировать доступный, а не номинальный посадочный импульс после разгона, верхнего вылета и переворота. Учитывать q(t), моменты креплений, насыщение, переключение источников и задержки. GX_OFF / FIXED_PULSE / ORIENTATION_GATED сравнивать при одной заправке и массе.

**Критерий.** Положительный мировой импульс ускорения не покупается потерей возможности штатной посадки. Ветви имеют общий расходный баланс, а направление тяги вычисляется из ориентации кузова.

---

# Корректирующие требования

## CTZ-CTRL-01

**Управление и регистрация**

**Требование.** Связать IMU, скорости колёс, давления, высоту/контакт, клапаны, вентиляторы и приводы. Записать конечный автомат фаз с условиями перехода/запрета и реальными пределами исполнительных каналов.

**Критерий.** Доступны нужные силы/моменты и наблюдаемость; отсутствующий yaw-канал не заменяется заданной ориентацией. В каждом переходе сохранены масса, энергия и действительная поза.

---

## CTZ-CAE-01

**Валидность расчётов и критерии**

**Требование.** Фиксировать критерии до оптимизации. Разделять CAD-проверку, численную верификацию, модельный успех и физическую валидацию. Для FEA/контакта/газа хранить версии, сетку/шаг, нагрузки, ограничения и независимые частные решения.

**Критерий.** Ни один критический OPEN/NOT_RUN/FAIL не превращается в PASS исправлением подписи или ослаблением порога. Пик после выхода контактной модели за область применимости не объявляется достоверной нагрузкой.

---

## CTZ-STEP-01

**Независимый перенос CAD/STEP**

**Требование.** Локализовать существующее расхождение объёма STEP по отдельным деталям; сравнить нативный и импортированный состав, объёмы, площади, топологию и положения. Использовать новую копию и независимое повторное открытие.

**Критерий.** Сохраняется исходный допуск относительного объёма 1e-6. R3 +0,0060213% остаётся OPEN до устранения причины; совпадение числа solids не закрывает перенос.

---

## CTZ-MFG-01

**Производственный комплект и испытания**

**Требование.** Выдать реальные детали, сборочные чертежи, спецификацию, материалы, размерные цепи, швы/крепёж, монтаж, сервис и контроль. Для индивидуальных изделий зафиксировать функциональные TTX, расчётное обоснование и программу стенда; подходящие аналоги использовать по доказанным параметрам.

**Критерий.** Производственный допуск требует закрытых критических геометрических, прочностных, функциональных и контрольных пунктов. Наличие PDF/STEP или красивого вида не закрывает этот допуск.

---

## CTZ-SUCT-02

**Следящие кассеты на криволинейной рампе**

**Требование.** Проверить фактический зазор каждой кассеты до поверхности по полной базе автомобиля и её ориентации. Сегментация юбки компенсирует локальную кривизну, но не общий отход днища. Разработать независимый ход/наклон кассет, направляющие, силовые опоры, ограничители, привод или следящий механизм и герметичные подвижные подводы.

**Критерий.** Рабочий диапазон выведен из реальной геометрии, движения и допусков; диагностическую стрелу между поверхностью и кузовом не назначать номинальным ходом. Во всём ходе сохраняются проход, герметичность, силовой путь и зазоры; убранное и выпущенное состояния проверены. Плоская поверхность не закрывает рамповую миссию. Прижим рассчитан из требуемых нормальных реакций и касательной тяги, а не заранее принятого значения 20 кН.

---

# Корректирующие требования

## STR-REQ01

**Паспорт каждого силового стыка**

**Требование.** Каждый силовой стык получает устойчивый JointID и две/более PartID; указываются схема передачи N,V,M,T, тип соединения, номинальные сопрягаемые поверхности, базирование, зазоры, допуски и технологический маршрут. Случайное касание, пересечение или fuse не создаёт JointID.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ02

**Подрезка под выбранную технологию**

**Требование.** Подрезку строить по datum-плоскостям/поверхностям узла с явными параметрами, с припуском и корневым зазором выбранной технологии. Удалить невыполнимые острые клинья, слепые узкие карманы, лезвийные остатки и несущие участки нулевой толщины. Указывать минимальный остаточный пояс и радиусы; их пределы назначаются после материала/процесса.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ03

**Сварочная карта и разделка**

**Требование.** Сделать сварочную карту: WeldID, JointID, тип/сторона шва, длина, эффективная толщина/горло, разделка, угол, притупление, корневой зазор с допуском, доступ к корню/подкладке, старт/стоп, очередность, контроль. Размер шва определяется усилиями и технологией; надпись a4 изR3 является гипотезой до проверки.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ04

**Доступ к корню и подтверждение провара**

**Требование.** Для полного провара показать доступ к корню и документированный способ достижения/контроля. Если это невозможно в последовательности сборки — изменить стык или модель несущей способности на фактическое неполное проплавление/угловой шов; произвольный tied/fused контакт запрещён.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ05

**Отдельные изготовляемые детали**

**Требование.** Выдать детали до сборки: закрытые контуры резки, толщину/марку/состояние материала, развёртки и гибы, разделки, припуски обработки, базовые размеры и допуски. Чертёж сварной сборки обязан показывать реальный состав; производственная геометрия и CAE-идеализация хранятся раздельно с картой соответствия.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

# Корректирующие требования

## STR-REQ06

**Последовательность сборки и контроль**

**Требование.** Проверить последовательность: установка открытых стенок → диафрагмы → внутренние швы и контроль → закрывающие стенки → внешние швы → стабилизация/правка по технологии → окончательная обработка осей → сборка втулок/пальца. Для каждого шва и болта приложить проход инструмента и фотографируемую/измеримую контрольную поверхность.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ07

**Материалы и сварная зона**

**Требование.** Материал S355J2+N вR3 — требование проекта, не сертификат. Запросить сертификат партии, реальные толщины/радиусы RHS, механические свойства/пластическую кривую и влияние сварки; отдельно материал втулок/пальца. Прочность основного металла не заменяет прочность шва и HAZ.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ08

**Полный маршрут передачи нагрузки**

**Требование.** Прочность считать по полному маршруту нагрузки, включая палец, втулки, вилку, концевую диафрагму, стенки, диагональ, поперечину, локальные лонжероны и их соединение с шасси. Номинальные площади контакта не использовать как площадь эффективного шва без weld map.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ09

**Деформированные зазоры**

**Требование.** Проверить деформированные зазоры с шиной/рычагом/амортизатором,200лбаллоном,газовыми и охлаждающими трассами, инструментом. Использовать номинальную геометрию, крайние допуски, ход/руление и рассчитанные деформации;72позыR3 сохранить как регрессию, но дополнить адаптивным/непрерывным контролем.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

## STR-REQ10

**Единый источник параметров**

**Требование.** Один источник параметров для CAD, спецификации и CAE. Запретить thickness_mm null или расхождение с реальным сечением, кроме явного N/A. Перенести толщины/материалы на зеркальные детали, устранить противоречащие комментарии, автоматически проверять свойства до экспорта.

**Критерий.** Закрыть применимые пункты матрицы повторной проверки structure.json. Приложить JointID/PartID, расчёт и технологические доказательства; отсутствие критических OPEN обязательно для допуска узла.

---

# Корректирующие требования

## R4-MAN-001

**Зафиксировать систему координат и дальний перелёт**

**Требование.** Зафиксировать e_forward в мировой сцене, отдельные e_entry/t_ramp/e_body_forward, координаты верхней и посадочной зон.

**Критерий.** Знак дальности и направление однозначно одинаковы в CAD, CSV, графиках и видео; требуемая дальность задаётся интервалом до оптимизации. Не допускается PASS по единственному D_forward>0. Проверка: Контрольные оси на двух ракурсах; source→scene transform и реестр погрешностей.

---

## R4-MAN-002

**Реконструировать профиль рампы и целевой верхний участок**

**Требование.** Оцифровать кромки/разметку/авто по нескольким кадрам, учесть перспективу; разделить H, локальные радиусы, длину стенки, угол верхнего участка.

**Критерий.** Профиль соответствует наблюдениям в пределах объявленной ошибки; диапазоны масштаба/углов приведены. Полукруг и H=2R запрещены как бездоказательный OEM-профиль. Проверка: Наложения и таблица точек с пиксельными/метрическими доверительными интервалами; два альтернативных профиля с одинаковыми массой и системами.

---

## R4-MAN-003

**Разделить склейки и физическое время**

**Требование.** Создать event ledger по каждому непрерывному плану; указать PTS, кадры, склейки, замедление, окклюзии.

**Критерий.** Нет скорости/ускорения/времени подъёма, вычисленных через несинхронизированную склейку. Положение при отпускании приводится как интервал, если последний контакт скрыт. Проверка: Реестр событий и исходные кадры с SHA, без изменения пользовательских аннотаций.

---

## R4-MAN-004

**Фактический доезд до верхней зоны**

**Требование.** Начинать с земли из статического равновесия, интегрировать разгон, переход и подъём с колесами и присосками.

**Критерий.** Все состояния в верхней зоне получены непрерывным решением; запрет присвоения pose/velocity/energy в момент отрыва. Последний контакт и его координата лежат в установленном верхнем коридоре. Проверка: Непрерывный time history от t=0; контроль импульса/энергии, контактов всех колёс/юбок.

---

## R4-MAN-005

**Реальный прижим до отпускания**

**Требование.** Замкнуть CAD-воздуховоды; вычислять Δp/Q/P от кривых вентиляторов, утечек юбок, кривизны и зазоров при общем лимите батареи.

**Критерий.** Требуемая нормальная сила $mkv^2$ и моменты покрываются фактическими контактами, присосками и внешними силами по всей траектории. Открытые каналы дают нулевой зачёт; отрицательные реакции колёс не допускаются. Проверка: CFD/сеть потерь и стендовые или аналоговые кривые с диапазонами; карта запасов по пути, CAD ID каналов.

---

# Корректирующие требования

## R4-MAN-006

**Управляемое отпускание и отскок**

**Требование.** Моделировать отпускание юбок/вентиляцию, нарастание газовой тяги и взаимные моменты с конечным временем клапанов.

**Критерий.** Нет искусственного мгновенного исчезновения прижима и ступени состояния; отрыв происходит в целевом коридоре без повторного удара о рампу. Проверка: Временные кривые Δp, клапанов, сил, энергии и габаритов; задержки/разбросы включены.

---

## R4-MAN-007

**Распределение тяги и управляющего момента**

**Требование.** Построить полную матрицу сил/моментов всех сопел и доступный диапазон при текущих давлениях; проверить yaw/roll/pitch и связанные силы.

**Критерий.** Для требуемой ориентации доступна физическая комбинация команд в пределах расходов/давлений/клапанов. Недостающий yaw-канал не заменяется заданным кватернионом; при необходимости отдельный узел входит в CAD и массу. Проверка: Ранг/достижимость по времени; saturation log; FEA креплений и габарит струй.

---

## R4-MAN-008

**Переворот и пространственная ориентация**

**Требование.** Использовать непрерывный кватернион/матрицу вращения и угловые скорости, без скачков Euler.

**Критерий.** Подтверждены требуемая последовательность ориентаций и итоговое положение колёс вниз относительно посадочной поверхности; интеграл ωx=360° отдельно не принимается. Проверка: 3D animation из фактического CSV + sampled body axes, quaternion normalization, net orientation error and desired course.

---

## R4-MAN-009

**Пневматическое торможение с конечным запасом газа**

**Требование.** Совместно оптимизировать подъём, пространственное перемещение, ориентацию и мягкое касание с учётом оставшегося газа в обоих баллонах.

**Критерий.** Нужные тормозные импульсы доступны с текущими P/T/m, ориентацией и потерями; никаких повторных полных баллонов между фазами; посадка не переходит за область подтверждённой подвески. Проверка: Полные P/T/m/Q/F(t) для обоих газов, баланс энергии и массы, остаток на завершение/контроль.

---

## R4-MAN-010

**Расчётный размер площадки без заранее заданной длины**

**Требование.** Для поиска применять продолженную горизонтальную поверхность; после расчёта определить огибающую контактов до остановки, разброс и необходимые резервы.

**Критерий.** Не использовать s=[−48,12] или иную предельную длину как ограничитель оптимизации. Выпустить конечные L_required/W_required и brake_distance как результаты, с источником резерва и интервалом неопределённости. Проверка: Огибающая всех валидных вариантов от первого касания до полной остановки; проверка повторного отскока, бокового увода и остановки.

---

# Корректирующие требования

## R4-MAN-011

**Посадка на колёса без удара кузовом**

**Требование.** Проверять реальную оболочку кузова/днища/сопел/кассет и колёса против рампы и земли; модель кузовного контакта или остановка до его начала.

**Критерий.** Первый допустимый контакт — шины; нет проникновения кузова; нагрузка каждой задней опоры ≤53 кН до отдельного пересогласования предела; ход, скорость и энергия демпфера находятся в подтверждённой области. Проверка: Точный sweep/CCD вместо одного OBB; contact/damper validity log; никакого PASS на пике после penetration-stop.

---

## R4-MAN-012

**Завершённая посадка и пробег**

**Требование.** Интегрировать после первого контакта до устойчивого движения и торможения, а не прекращать на первом касании.

**Критерий.** Точно определённая унаследованная проверка R3: каждая N_i>100 Н; |v_CG,z|<0,06 м/с; max_i|omega_i|<0,03 рад/с (покомпонентный максимум, не евклидова норма); max_i|скорость подвески_i|<0,03 м/с; все команды/состояния открытия GX/GZ<0,005 по нормированной шкале. Угол между body-Z и мировой вертикалью ≤15° проверять отдельно и всегда, независимо от наличия конечного края площадки. Удержание этих условий, допустимый курс и критерий полной остановки пока OPEN/null; задать до приёмочного прогона, единичное прохождение через ноль не засчитывать. Карты демпферов должны покрывать действительный режим. Источник и точные выражения: evidence/settling_criterion_source.json.

---

## R4-MAN-013

**Матрица среды и ухудшений**

**Требование.** Повторить одинаковый манёвр AIR/$N_2$ в nominal, +20 кг, −10% расхода и совместном +20 кг/−10% расхода; добавить диапазон температур и состояния батареи по ТЗ.

**Критерий.** Ухудшение расхода применяется к доступной массовой подаче физической модели, с пересчётом давления/тяги, а не просто умножением всей силы. Все обязательные варианты проходят одни критерии. Проверка: Единая таблица cases с SHA входов и объяснением каждого коэффициента.

---

## R4-MAN-014

**Регрессия трёх показательных сценариев**

**Требование.** После рампы сохранить и повторить электроразгон+кормовое пневмоускорение+прижим, hop с места и 30/60/100 км/ч, перелёт ряда машин с реальными габаритами.

**Критерий.** Сохранить PHY-DYN-002: отдельный вертикальный тест с места без рампы, h=max(z_CG-z_CG,0) в первом полёте до посадки; h_L=h-U_h>=2,000 м при одновременно +20 кг/-10% фактического расхода. U_h>=0, метод объединения погрешностей и уровень доверия фиксируются до прогона. Вторичный отскок не засчитывается. Клиренсы шин/кузова выводятся отдельно. Для движущихся и рамповых сценариев действуют собственные профили и границы дальности/зазоров; ряд машин проверяется по всему движущемуся габариту. AIR/N2 обязательны. Не смешивать результаты 10DOF и14DOF.

---

## R4-MAN-015

**Повторная численная проверка**

**Требование.** Проверить свободный полёт/энергию/контакты/вращение независимыми частными решениями; уточнить шаг и сетку контактной геометрии.

# Корректирующие требования · R4-MAN-015 · продолжение

**Критерий.** Метрики takeoff/landing/дальность/углы/нагрузки сходятся в заранее выбранных допусках. Сохранение балансов не заменяет корректность модели контакта и стендовую валидацию. Проверка: Convergence report, versioned solvers, independently reproduced cases and domain limits.

## R4-MAN-016

**Цветная инженерная визуализация манёвра**

**Требование.** Сформировать виды всей цветной машины в общих мировых координатах, с реальной рампой/осями/посадочной зоной и контрольными позами; газовые трассы жёлтые.

**Критерий.** Нет серого обрубка и обрезанного габарита; equal scales для геометрического сравнения; на картинках различимы условный расчёт, фактический результат и источник; кадры строятся из вычисленной траектории. Проверка: Два общих ракурса, боковой профиль, вид сверху, визуальный QA; соответствие времён картинок CSV.

## R4-MAN-017

**Неподменяемая приёмка**

**Требование.** Заморозить условия и критерии до оптимизации, отдельные статусы референс/техническая миссия/производственная готовность.

**Критерий.** Ранний отрыв, отсутствие дальнего перелёта, неконтролируемый yaw, недопустимая посадка или OPEN критического критерия блокируют миссию; повышение рампы и удлинение пола не переименовывают FAIL в PASS. Проверка: Acceptance JSON с links на evidence; release SHA, archive restore проверены отдельно.

## R4-MAN-018

**Кормовые сопла: активное ускорение вперёд в полёте**

**Требование.** Добавить GX_OFF, GX_FIXED_PULSE и GX_ORIENTATION_GATED при одинаковой рампе, стартовой массе и заправке. Проверить включение у верхней зоны и после реального отрыва.

**Критерий.** Завершённость сравнения и приёмка рабочего режима проверяются отдельно. GX_OFF должен иметь нулевые добавочную воздушную команду и импульс в заданном численном допуске. GX_FIXED_PULSE может выявить отрицательный мировой импульс и остаться диагностическим FAIL. Выбранная рабочая стратегия GX_ORIENTATION_GATED обязана дать положительный $J_{forward}=\int\Sigma[R(q)F_{GX,body}]\cdot e_{forward}\,dt$, требуемый прирост дальности и полноценную посадку без превышения нагрузок. Сила определяется текущим q(t). Сравнить ΔD, скорости, боковой импульс, моменты, газ, давления и насыщения.

## R4-MAN-019

**Общий T200 и ограничения кормового импульса**

**Требование.** Кормовую ветвь и резерв торможения/ориентации считать на одной конечной массе T200 с реальными переключениями. Во всех вариантах соблюдать пределы давления/расхода и защищённый остаток; для выбранной рабочей стратегии дополнительно запрещать неверное мировое направление и недопустимый момент/струю. Диагностический фиксированный импульс может исследовать отрицательную проекцию с явным FAIL.

**Критерий.** Нет двойного расходования или перезаправки T200; команды ограничены фактической подачей и сохраняют резерв посадки. Для рабочего GATED GX прекращается при отрицательной проекции. OFF и диагностический FIXED оцениваются по отдельным правилам R4-MAN-018. Обязательны AIR/N2 и совместное +20 кг/-10% расхода; сохранить реестр всех потребителей, прогноз доступного остаточного импульса, насыщения и блокировки.

# Корректирующие требования

## TAIL-01

**Кормовой внешний контур и реальная геометрия каналов**

**Требование.** Сохранить кузов и пропорции исходной реконструкции; разделить внешний референсный контур, силовую конструкцию, четыре сопла GX и четыре вентилятора присосок. Повторно спроектировать нижние каналы SC_FL/FR/RL/RR от кассет до реальных входов FanDuct1/4/2/3. Подрезка X3300 является текущим открытым интерфейсом, а не готовым выходом в атмосферу. Вписывать физические детали в локальную внутреннюю оболочку кормы по высоте и поперечной координате. Общий Body.BoundBox.XMax не является допустимой нижней границей наклонной кормы. Не добавлять внешний диффузор, юбку или фиктивный кожух только для сокрытия плохо размещённых труб. Любое видимое изменение требует отдельного обоснованного сопоставления с исходными кадрами.

**Критерий.** Ноль непредусмотренных выступающих физических деталей за согласованным внешним контуром; предусмотренные отверстия и сопла перечислены по ID. Нативная геометрическая проверка по сечениям и объёмному envelope плюс задний, боковой и нижний цветные виды. Кузовные формы сравнить с зафиксированным исходником; отличия вне разрешённой карты изменений блокируют выпуск.

---

## TAIL-02

**Непрерывная сеть присосок и отдельная сеть газа**

**Требование.** Построить четыре замкнутых по стенкам воздушных пути: кассета → переходы → вход вентилятора → рабочее колесо/корпус → определённый выход. Учитывать все действительные сужения, отводы и соединения. Задать граф интерфейсов с точными Name, центрами/нормалями портов, свободным сечением, средой, направлением расхода и типом соединения. Преднамеренные входы/выходы из сети явно пометить. Ветки высокого давления GX/GZ не объединять с разрежением присосок; отдельно проследить газ от обоих баллонов до предназначенных сопел. Не включать 16 Reference-деталей в установленную сборку до устранения конфликтов и отдельной проверки.

**Критерий.** Для всех четырёх кассет complete_connected_to_fan=true подтверждён непрерывным свободным объёмом, а не только совпадением внешних поверхностей. Ноль неучтённых открытых торцов и глухих участков; проход проверен вдоль всей оси и на каждом интерфейсе. Установленная сеть может получить ненулевой прижим только после закрытия пути и расчёта рабочей точки с утечками. Условный fan-curve сценарий имеет отдельный статус.

---

## TAIL-03

**Производимые воздуховоды, уплотнения и опоры**

**Требование.** Для каждого сегмента задать материал, толщину, радиусы формовки, развёртку/способ изготовления, подрезку и фактические фланцы/сварные соединения. Разработать ответные фланцы, уплотнение, степень обжатия, крепёж, фиксацию от самоотвинчивания и путь передачи нагрузок от кассет/каналов на шасси. Завершить chassis reaction brackets, captive nuts, соединения с вентиляторами и выпускные/сбросные клапаны. Учесть указанный в R2b зазор 5 мм крыша кассеты–батарея: он ограничивает движение и подвод воздуха к release vents. Назначить проверяемую утечку и её распределение из баланса расхода; геометрическая замкнутость сама по себе не подтверждает герметичность.

**Критерий.** У каждого стыка есть карточка, чертёж, доступный инструмент и последовательность сборки/разборки; отсутствуют парящие крепления и простые пересечения вместо стыка. Расчёт стенок на разрежение/потерю устойчивости, циклические нагрузки, деформацию и сохранение зазоров. Порог и источник допуска фиксируются до расчёта. Герметичность в расчёте имеет явно заданную leakage-model; физическая квалификация требует отдельного протокола испытаний.

---

# Корректирующие требования

## TAIL-04

**Вентиляторы по реальным ТТХ**

**Требование.** Заменить четыре плосколопастных геометрических placeholder на выбранный аналог с документированными кривыми либо расчётный индивидуальный вентилятор с проверяемой характеристикой. Связать расход/разрежение, частоту вращения, мощность и КПД с сопротивлением фактических каналов, зазором юбок, утечками и кривизной рампы; включить питание и нагрев приводов. Моделировать разгон/остановку вентилятора, команды сброса разрежения, задержки и отказ одной ветви; не считать площадь кассеты доказанным прижимом.

**Критерий.** Рабочая точка пересечения fan curve/system curve определена для каждой ветви и всего диапазона; отмечено происхождение каждой кривой DOCUMENTED/ANALOG/ASSUMED/OPEN. В общей модели присоски используют только реализуемый прижим и мощность одновременно с электроразгоном и пневмосистемой. Отдельный допуск на использование расчётной характеристики не подменяет стендовую валидацию.

---

## TAIL-05

**Сопла, потоки и обслуживание кормы**

**Требование.** Проверить отдельно GX1…GX4: Insert, Lip, Shroud, Connector, ValveBody и опоры; отдельно GZFrontL/R и GZRearL/R. Режимный расчёт сохранить для воздуха и азота. Проверить свободный выход струй относительно кузова, земли, воздуховодов и соседних систем; учесть реактивные усилия и охлаждение при расширении газа. Документировать доступ к клапанам, соединениям и вентиляторам, съёмные панели, разъёмы, монтаж и демонтаж без вырезания рамы.

**Критерий.** Ноль препятствий в заявленном проточном объёме; все ограничения на струи и зазоры имеют расчётный/референсный источник. Нагрузка от сопла передаётся через моделируемые опоры; повторены проверки штатных и предельных режимов. Сохранён внешний вид отверстий кормы по утверждённому референсу; газовые сопла и вентиляторные выходы однозначно подписаны на разрезе.

---

## TAIL-06

**Повторная интеграция и честный баланс массы**

**Требование.** После завершения каналов обновить BOM, массу, центр масс и тензор инерции. Заменить положительные резервы фактическими деталями с записью покрытия; не учитывать одну массу дважды. Повторить проверки всех изменённых узлов против всего автомобиля, ходов подвески/управления, деформированных предельных положений и монтажных траекторий. Использовать окончательные массу/инерцию/прижим в связанных манёврах. Существующая проверка 1434 cross-module пар не является проверкой всего автомобиля во всех позах.

**Критерий.** Ноль непредусмотренных объёмных пересечений, непрерывно проверенные опасные интервалы движения, таблица реальных зазоров и происхождения допусков. Резерв завершения 13.2077203997 + 2.7374592 кг не считается достигнутым облегчением; итоговый ledger не содержит отрицательного компенсационного облегчения. Повторно открытая нативная сборка и импорт STEP проходят заранее установленные критерии; OPEN_STEP_VOLUME_TRANSFER закрывается расследованием, а не ослаблением допуска после прогона.

---

## VIS-01

**Только актуальная нативная геометрия в текущей выдаче**

**Требование.** Связать каждый рисунок с native path, SHA-256, именем ревизии, конфигурацией установленного состава, камерой и списком видимости. Исходные исторические рисунки оставить с их старой ревизией. Текущая точка входа должна открывать CURRENT_DEVELOPMENT.review. Старый P0X5/FINISH_REVIEW_RU.html показывать только как исторический материал и не использовать для иллюстрации состояния R3/R4. После геометрического изменения, изменения материала, прозрачности или камеры автоматически пересоздавать зависимые рисунки/листы. Не исправлять инженерную геометрию ретушью или генератором изображения.

# Корректирующие требования · VIS-01 · продолжение

**Критерий.** Хеш исходного CAD на каждом текущем рисунке совпадает с утверждённым current native; в текущем индексе нет ссылок на устаревшие иллюстрации без исторической маркировки. Предыдущие архивы, исходники и доказательства не переписаны.

---

## VIS-02

**Сохранение цветов и понятная система обозначений**

**Требование.** Сохранять ShapeAppearance по граням, Transparency и действительные цвета исходной модели при интеграции и повторном открытии. Газовые трассы — жёлтые, охлаждение — синее; материалы колёс, кузова, баллонов и приводов не сводить в единый серый цвет. Низконапорные воздуховоды присосок подписать отдельно от газовых линий. Их инженерные материалы можно оставить в текущем металлическом цвете, обеспечив цветную выноску/легенду. Reference-детали показывать только в отдельном анализном виде с красной маркировкой и надписью «не установлено». Расчётные карты напряжений не заменяют материал и цвет производственного CAD.

**Критерий.** После повторного открытия сохранены RGB/прозрачность/цвета граней в пределах записанной точности формата; в рабочем процессе использовать действительный GUI ViewProvider, не получать серую сцену из headless-представления. Жёлтые газовые и синие охлаждающие линии читаются вместе с выносками на общем и системных видах; недопустима переокраска всех деталей одним цветом.

---

## VIS-03

**Целый автомобиль, затем ясные разрезы**

**Требование.** Первый вид: целый автомобиль горизонтально, без обрезки силуэта, в согласованном трёхчетвертном ракурсе. Дополнить передним/задним/боковым видами и видом снизу. Разделить три типа иллюстраций: общий вид установленного автомобиля; вид со снятыми панелями; инженерное сечение по определённой плоскости. Не называть скрытие кузова физическим разрезом. Для сечений задать плоскость, нормаль, координату и идентификатор; показывать чистую границу, понятные торцы и направление взгляда. Случайно обрубленный кузов, невыбранные серые поверхности и обрезанные колёса не допускаются. Детальные виды кормы: (а) кассеты и маршруты до вентиляторов; (б) GX-сопла и подача газа; (в) реальное крепление и разрез стыка; (г) монтажный доступ. Сохранить небольшой контекстный вид целого автомобиля.

**Критерий.** Весь силуэт общего вида в кадре, продольная ось автомобиля горизонтальна, подписи не перекрывают детали. Детерминированная камера и пиксельная проверка полей. На каждом разрезе указаны название системы, ID/выноски, масштаб или линейка, конфигурация и статус проверки. Без легенды «обрубок» не принимается.

---

## VIS-04

**Наглядность манёвра с дальним продвижением вперёд**

**Требование.** В будущих цветных кадрах манёвра использовать реальную модель кузова или его корректный силуэт, показывать нос/корму, направление движения, точку отрыва у согласованной верхней зоны и фактическую точку касания колёс. На траектории явно показывать продольный перелёт от точки отрыва до первого касания и дальнейший пробег. Уточнённое пользователем существенное продвижение вперёд не должно теряться из-за кадрирования или произвольной длины площадки. Отдельно подписывать референсную цель и фактически рассчитанную траекторию; рисованный целевой переворот/положение автомобиля не выдавать за интегрированное движение.

**Критерий.** Равные масштабы координат либо явное предупреждение об искажении; направление +s подписано и согласовано с моделью. Начало, отрыв, вершина траектории, первый контакт, устойчивое приземление и остановка показаны как разные события; FAIL отмечен без иллюстрации якобы успешного финала.

---

# Уточнения 17 ноября

## D17-001

**Единая база требований**

**Требование.** Включить86CH,55PHY и59CTZ полностью; новыеD17 являются дополнением.

**Критерий.** 200 исходных записей сохранены с происхождением/хэшами; нет неявного удаления или смягчения.

---

## D17-002

**Разделение версии оригинала и реконструкции**

**Требование.** Перенести20-строчную сверку источников в ТЗ и подписи.

**Критерий.** У каждого значимого OEM-числа есть версия и статус claim/observation/assumption.

---

## D17-003

**Беспилотный вариант**

**Требование.** Ввести DEMO_UNMANNED отдельно от MANNED_RESEARCH.

**Критерий.** Отсутствие человека не обнуляет электронику и исполнительные органы; конфигурационная дельта массы явная.

---

## D17-004

**Робот15кг как допущение**

**Требование.** Учитывать положительные15кг только как выбранный ASSUMED-пакет нашей реконструкции.

**Критерий.** Ни в одном документе/прогоне нет атрибуции15кг Tesla или подтверждения полного состава этим числом.

---

## D17-005

**Никакого скрытого облегчения**

**Требование.** Функциональный выпуск выполнять на зафиксированном нативном составе.

**Критерий.** Опциональные снятия только именованным сценарием; рабочая CAD и её баланс молча не меняются.

---

## D17-006

**Габарит нижнего выхода**

**Требование.** Показать/довести нижний выход сопла внутри принятого габарита с реальными торцами и соединением.

**Критерий.** Цветной разрез показывает GZ, плоскость кузова, давление/выход и отсутствие необоснованной наружной трубы; остаточный дефект имеет ID.

---

## D17-007

**Замыкание кормовой вытяжки**

**Требование.** Связать кассету, коллектор, каждый задний duct, вентилятор и наружный выход действительной полостью.

**Критерий.** Нет тупиков/незамкнутых стыков; геометрический граф и расходная схема согласованы. Герметичность имеет отдельный статус.

---

# Уточнения 17 ноября

## D17-008

**Физическое слежение followers**

**Требование.** Использовать ограничение хода/скорости/усилия и фактическую щель каждого follower.

**Критерий.** В рампе нет телепортации сегмента к поверхности; отставание меняет утечки, давление, прижим и требуемую мощность.

---

## D17-009

**Сброс присоски перед отрывом**

**Требование.** Увязать release-створки, реальную свободную площадь, привод и переходное разрежение.

**Критерий.** Отрыв не начинается при искусственно обнулённой силе, пока динамический сброс её не обеспечил.

---

## D17-010

**Граница capacity-вариантов**

**Требование.** ХранитьDN100 и прочие расширенные варианты с отдельным составом и статусомNOT_READY до закрытия их механики.

**Критерий.** Общий прогон не использует расход кандидата с массой/арматурой прежней линии.

---

## D17-011

**Воздух и азот**

**Требование.** Повторять газовые сценарии для обеих сред с заданными начальнымиT,p и EOS.

**Критерий.** Раздельные масса заправки, температура, расход, тяга, остаток и границы применимости.

---

## D17-012

**Реальный общий ограничитель расхода**

**Требование.** Проследить source/boss/окна/регуляторы/коллектор/сопло и пилотные команды.

**Критерий.** ID60 не объявленDN100; номинальный диаметр и геометрическая связность не приравненыCv и герметичности.

---

## D17-013

**Общая электрическая мощность**

**Требование.** Объединить тягу, фан-прижим и auxiliaries на одной доступной карте.

**Критерий.** При нехватке мощности команды ограничиваются, а энергетический дефицит отражён в результате.

---

## D17-014

**Подъём и пневмоторможение одним запасом**

**Требование.** Рассчитать отрыв, ориентацию, торможение и посадку в непрерывном цикле.

**Критерий.** Газ не восстанавливается между фазами;2м засчитываются только вместе с допустимым касанием и стабилизацией.

---

# Уточнения 17 ноября

## D17-015

**Отскок с места и в движении**

**Требование.** Сформировать сетку начальных скоростей с нулевой точкой и неизменными базовыми условиями сравнения.

**Критерий.** Есть результаты дляV0=0 и выбранных ненулевыхV0, обе среды и номинальный/неблагоприятный режим; каждый вход записан.

---

## D17-016

**Кормовой импульс в рампе**

**Требование.** Добавить сравнение без/с кормовой командой при фактической ориентации.

**Критерий.** Отдельно показаны signedrange, вертикальная/горизонтальная скорость, момент и остаток газа; обратное движение не становится положительным по модулю.

---

## D17-017

**Отрыв в верхней зоне**

**Требование.** Исследовать достижение верхней зоны рампы с реальными followers, контактами и газом.

**Критерий.** Высота отрыва отдельно от успешного ухода: верхняя точка не закрывает диапазон, ориентацию или посадку.

---

## D17-018

**Длина площадки как результат**

**Требование.** Убрать искусственную фиксированную границу площадки; рассчитывать геометрию касания и остановки.

**Критерий.** Опубликованы требуемая длина/ширина, координата касания и тормозной путь; увеличение длины не скрывает плохую ориентацию.

---

## D17-019

**Полный габарит машины**

**Требование.** Проверять кузов, колёса и активные элементы на рампе, препятствиях и земле.

**Критерий.** Зазор и столкновение вычислены для ориентации/габарита, а не одной точки центра масс.

---

## D17-020

**Честное сохранение FAIL**

**Требование.** Показать текущие1,28/0,957м и неуспешный верхний отрыв как базовые факты.

**Критерий.** Ни формулировка готовностиТЗ, ни успешная геометрия не названы успехом2м или полным проходом манёвров.

---

## D17-021

**Воспроизводимость расчёта**

**Требование.** Связать результаты с активными четырьмя модулями, массовым балансом, контрактами и исходниками.

# Уточнения 17 ноября · D17-021 · продолжение

**Критерий.** SHA входов, версия решателя, время/шаг и критерий остановки присутствуют; история прежних вариантов сохранена.

---

## D17-022

**Цветные доказательства**

**Требование.** Выпустить общий автомобиль и локальные виды сопла, ducts, followers и внутренней компоновки.

**Критерий.** Кадры актуальной CAD имеют понятные цвета, масштаб, видимые детали и подписи статусов; серый неразличимый обрубок не используется как основной вид.

---

## D17-023

**Архив и восстановление**

**Требование.** Создать новый архив ревизии и повторно проверить восстановленную копию.

**Критерий.** Манифест совпадает по хэшам; открываютсяCAD/документы/исходники, предыдущие запечатанные выпуски сохранены.

---

## D17-024

**Задний монтажGZ40кН**

**Требование.** После функционального прототипа разработать положительное опирание/охват реальной рамы.

**Критерий.** Закрыты7,64кН·м, местная стенка/диафрагмы, плечо/швы и крепёж; текущий ручнойFAIL не аннулирован подрезкой.

---

## D17-025

**Силовая проверка53кН**

**Требование.** Уточнить домен и контакты, сетку у13мм отверстия и носка, одиночную сторону и отбой.

**Критерий.** Напряжения сходятся≤10%, перемещения≤5%, невязка сил≤0,1%; влияние близкого закрепления проверено.

---

## D17-026

**Крышки и удержание давления**

**Требование.** Разработать реальные крышки/retainer, пилоты, приводы и уплотнения увеличенной арматуры.

**Критерий.** Полный loadpath давления, до порядка1,75МН в резервном кандидате, подтверждён; условная геометрия не принята как рабочая арматура.

---

## D17-027

**Материалы и холод**

**Требование.** Выбрать подтверждённые форму поставки, термообработку, MDMT и соединения.

**Критерий.** Свойства реального изделия/швов соответствуютEOS и циклам; температура газа не объявлена рассчитанной температурой металла.

---

# Уточнения 17 ноября

## D17-028

**Облегчение после фиксации функций**

**Требование.** Сравнить реальные конструктивные варианты верхних узлов иСМ-поперечин.

**Критерий.** Новая ревизия сравнивается по одинаковым нагрузкам/карте/герметичности, массам и коллизиям; действующая модель сохранена.

---

## D17-029

**Физическая калибровка присосок**

**Требование.** Получить карты вентиляторов, утечек, контакта и динамики followers/release.

**Критерий.** Стендовые зависимости используются с неопределённостью; постоянный заданный прижим не заменяет систему.

---

## D17-030

**Переход к физическому исполнению**

**Требование.** ПровестиSIL/HIL, отказные и силовые проверки до натурного манёвра.

**Критерий.** Отдельно закрыты исполнительные реакции, силовые узлы, давление, шины, управление и процедуры; цифровойFAIL не объявлен физическим допуском.

---

## D17-SUCT-031

**Устранить недосягаемость юбки после реальной осадки**

**Требование.** Сохранить архитектуру четырёх кассет. Локально переработать втягивание/перекрытие/уплотнения и размещение лебёдок с номинального минимума75 мм к предварительной цели не более15 мм при сохранении max225 мм. Число15 мм - расчётный ориентир после текущей линейной статики, а не доказанная окончательная характеристика. Проверить также неподвижные стенки, нижние кромки, приводы и тросы: сокращение лишь числового ограничения в коде запрещено. Простое поднятие кузова на30 мм не принято из-за переднего ограничения отбоя.

**Критерий.** Все128 реальных сегментов достигают поверхности без проникновения деталей при нагруженной статике, фактическом прижиме и динамике. Учитываются ход, скорость, уплотнения, реальные свободные полости, мощность и обновлённая масса. После изменения повторить native-проверки и связанную матрицу AIR/N2. До этого четыре камеры в текущем плоском разгоне дают0 Н, даже если отдельная герметизированная сеть способна20 кН.

---

# Дополнение R5

## R5-5M-001

**Требование.** Основной вертикальный манёвр: подъём на5м, пневматическое торможение и штатная посадка на колёса единым запасом AIR либо N2.

**Критерий.** Подъём центра масс относительно исходного установившегося положения≥5м. Отдельно выдавать абсолютный Z центра масс и минимальную высоту полного габарита. Абсолютный Z=5м не заменяет5м подъёма. 2м — только промежуточный benchmark, не финальная цель.

---

## R5-5M-002

**Требование.** Для AIR и N2 проверить номинал и +20кг с буквальным снижением расхода каждой ветви на10%; сохранить контроль запаса, температуры, давления, пилота, конечного времени клапанов, ориентации и посадки.

**Критерий.** Непрерывная траектория с одним конечным запасом газа, расход и энергия не восстанавливаются между фазами. Успех высоты без валидного торможения/касания/стабилизации не является успехом манёвра. Сохраняются53кН на заднюю опору и1м/с штока как reference limits, не программные ограничители.

---

## R5-CM-QUALITY-001

**Требование.** Юбки довести до полной геометрической и функциональной проверки параллельно полному5м манёвру. При действительных контактах необходимые локальные исправления продолжаются.

**Критерий.** Полный огибающий ход15..225мм; отдельные фактические native15/120/225;128 конечных каналов с реальной массой/силой/скоростью; тросы/заделки/ролики/полости/направляющие/опоры/грунт/консервативная осадка; RELEASE→FINITE_RETRACT→launchinterlock→AIRhold→DEPLOYпослекасания. НоминальныйPASS не переносится на крайние состояния. Физическая квалификация и прочность отдельно OPEN.

---

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-REQ-007

**REQ-007 · восстановление критерия**

**Требование.** Сравнить исходную схему 4+2 с установленными выходами по области центровок; для рабочей и отказной схемы дать обусловленность нормированной матрицы вместе с рангом, пределами и задержками. Если канал не реализован, отметить ограничение, не подставлять момент.

**Критерий.** Воспроизводимая матрица режимов и отказов с проверенной областью модели; физические проверки отдельно. По REQ-007: приложить результат по каждому условию: Сравнить исходную схему 4+2 с установленными выходами по области центровок; для рабочей и отказной схемы дать обусловленность нормированной матрицы вместе с рангом, пределами и задержками. Если канал не реализован, отметить ограничение, не подставлять момент. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-REQ-010

**REQ-010 · восстановление критерия**

**Требование.** Для каждого make/buy зафиксировать нагрузку и режим, проверенные интерфейсы, массу, поставщика и ревизию аналога либо расчёт своей детали; указать программу подтверждения и причину выбора.

**Критерий.** Ведомость решений, источников, версий и соответствия комплектующих. По REQ-010: приложить результат по каждому условию: Для каждого make/buy зафиксировать нагрузку и режим, проверенные интерфейсы, массу, поставщика и ревизию аналога либо расчёт своей детали; указать программу подтверждения и причину выбора. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-REQ-011

**REQ-011 · восстановление критерия**

**Требование.** Сводить батарею, инверторы, моторы, компрессор, вентиляторы и тормоза на одной временной шкале; для каждой ветви показать минимальный расход, температуры в нагрузке и после остановки, а также единичный отказ.

**Критерий.** Карта сети, балансы по ветвям и результаты переходных/отказных режимов. По REQ-011: приложить результат по каждому условию: Сводить батарею, инверторы, моторы, компрессор, вентиляторы и тормоза на одной временной шкале; для каждой ветви показать минимальный расход, температуры в нагрузке и после остановки, а также единичный отказ. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-REQ-013

**REQ-013 · восстановление критерия**

**Требование.** В производственном BOM у каждой покупной позиции зафиксировать производителя, точный артикул и ревизию; для эксплуатационной инструкции, маршрута, испытаний и чертежей указать одну ревизию сборки.

**Критерий.** Отдельная программа FEM, квалификации агрегатов и выпуска BOM; до испытаний статус OPEN. По REQ-013: приложить результат по каждому условию: В производственном BOM у каждой покупной позиции зафиксировать производителя, точный артикул и ревизию; для эксплуатационной инструкции, маршрута, испытаний и чертежей указать одну ревизию сборки. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-S01-R01

**S01-R01 · восстановление критерия**

**Требование.** До правки формы приложить параметры калибровки двух независимых перспектив, контрольные точки и боковую проекцию на одной ревизии.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S01-R01: приложить результат по каждому условию: До правки формы приложить параметры калибровки двух независимых перспектив, контрольные точки и боковую проекцию на одной ревизии. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S01-R02

**S01-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Для надёжно видимых контуров вынести на утверждение исходный проектный критерий RMS ≤0,5% и максимум ≤1,5% видимой базы; до расчёта зафиксировать маску и масштаб. Скрытые зоны не оценивать как измеренные.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S01-R02: приложить результат по каждому условию: Для надёжно видимых контуров вынести на утверждение исходный проектный критерий RMS ≤0,5% и максимум ≤1,5% видимой базы; до расчёта зафиксировать маску и масштаб. Скрытые зоны не оценивать как измеренные. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S01-R03

**S01-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** По стыкам панелей показать отклонения положения, касательности и кривизны; заявление о классе A сопровождать картами кривизны и отражений либо явно отказаться от него.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S01-R03: приложить результат по каждому условию: По стыкам панелей показать отклонения положения, касательности и кривизны; заявление о классе A сопровождать картами кривизны и отражений либо явно отказаться от него. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S01-R04

**S01-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить открытую и закрытую компоновку, крыло, сервис и реальный кабель зарядки в критичных позах; привязать зазоры к нативной сборке с исходными цветами.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S01-R04: приложить результат по каждому условию: Проверить открытую и закрытую компоновку, крыло, сервис и реальный кабель зарядки в критичных позах; привязать зазоры к нативной сборке с исходными цветами. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S02-R03

**S02-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** Для прочих структурных FEM-кейсов сохранить исходный проектный предел изменения критической величины ≤5% и исключить сингулярный пик; отдельно назвать область и критерии D17-025. Не распространять его 10% на другие узлы.

**Критерий.** Отдельная программа FEM, квалификации агрегатов и выпуска BOM; до испытаний статус OPEN. По S02-R03: приложить результат по каждому условию: Для прочих структурных FEM-кейсов сохранить исходный

# Сверка с ТЗ-2 · R5-LGC-S02-R03 · продолжение

проектный предел изменения критической величины ≤5% и исключить сингулярный пик; отдельно назвать область и критерии D17-025. Не распространять его 10% на другие узлы. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S02-R04

**S02-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** В актуальной геометрии проверить MainRail–Sill и MainRail–FrontDiagonal по ID: отличить предусмотренный стык от пересечения, показать опирание и путь силы.

**Критерий.** Протокол кинематики, контактных пар, карт и тормозных сценариев текущей ревизии. По S02-R04: приложить результат по каждому условию: В актуальной геометрии проверить MainRail–Sill и MainRail–FrontDiagonal по ID: отличить предусмотренный стык от пересечения, показать опирание и путь силы. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S03-R01

**S03-R01 · восстановление критерия**

**Требование.** Для именованной водительской конфигурации выдать сечения головы, плеч, таза и ног, углы суставов, поле обзора и достижимость штурвала и педалей.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S03-R01: приложить результат по каждому условию: Для именованной водительской конфигурации выдать сечения головы, плеч, таза и ног, углы суставов, поле обзора и достижимость штурвала и педалей. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S03-R02

**S03-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить траектории выхода до и после указанной расчётной деформации; предел деформации и процедуру проверки согласовать до опыта.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S03-R02: приложить результат по каждому условию: Проверить траектории выхода до и после указанной расчётной деформации; предел деформации и процедуру проверки согласовать до опыта. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S03-R04

**S03-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** Показать путь утечки относительно кабины в принятой и отказной конфигурациях; по анализу отказов обосновать обнаружение и вентиляцию, без предположения о герметичности по одному CAD.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S03-R04: приложить результат по каждому условию: Показать путь утечки относительно кабины в принятой и отказной конфигурациях; по анализу отказов обосновать обнаружение и вентиляцию, без предположения о герметичности по одному CAD. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-S04-R04

**S04-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** Сопоставить текущие ID вилок и возвратной LT-линии с C2, проверить соседей на установленной сборке либо документировать замену и проверить новые пары.

**Критерий.** Протокол кинематики, контактных пар, карт и тормозных сценариев текущей ревизии. По S04-R04: приложить результат по каждому условию: Сопоставить текущие ID вилок и возвратной LT-линии с C2, проверить соседей на установленной сборке либо документировать замену и проверить новые пары. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S05-R01

**S05-R01 · восстановление критерия**

**Требование.** На одной сетке ходов каждого кандидата выдать развал, схождение, центр крена, MR и силы толкателя, качалки и стойки.

**Критерий.** Протокол кинематики, контактных пар, карт и тормозных сценариев текущей ревизии. По S05-R01: приложить результат по каждому условию: На одной сетке ходов каждого кандидата выдать развал, схождение, центр крена, MR и силы толкателя, качалки и стойки. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S06-R02

**S06-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Выдать совместную карту момента, скорости, тока и температуры по режимам рулевого привода и допустимый измеряемый люфт.

**Критерий.** Протокол кинематики, контактных пар, карт и тормозных сценариев текущей ревизии. По S06-R02: приложить результат по каждому условию: Выдать совместную карту момента, скорости, тока и температуры по режимам рулевого привода и допустимый измеряемый люфт. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S06-R04

**S06-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** Для SBW связать команду, питание и обратную связь по разъёмам и пинам от источника до получателя; приложить таблицу непрерывности, а не только расположение корпусов.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S06-R04: приложить результат по каждому условию: Для SBW связать команду, питание и обратную связь по разъёмам и пинам от источника до получателя; приложить таблицу непрерывности, а не только расположение корпусов. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S07-R02

**S07-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Отдельно проверить торможение без рекуперации и без аэродинамического прижима, сохранив исходные условия, фрикционный момент и критерии остановки.

**Критерий.** Протокол кинематики, контактных пар, карт и тормозных сценариев текущей ревизии. По S07-R02: приложить результат по каждому условию: Отдельно проверить торможение без рекуперации и без аэродинамического прижима, сохранив исходные условия, фрикционный момент и критерии остановки. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-S07-R04

**S07-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** До признания сценария 330 mph допустимым предъявить совместимые пределы шин, дисков, подшипников и аэродинамики. Расчётная скорость не является разрешением на испытания.

**Критерий.** Отдельная программа FEM, квалификации агрегатов и выпуска BOM; до испытаний статус OPEN. По S07-R04: приложить результат по каждому условию: До признания сценария 330 mph допустимым предъявить совместимые пределы шин, дисков, подшипников и аэродинамики. Расчётная скорость не является разрешением на испытания. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S08-R02

**S08-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Для колёсной опоры проверить ресурс по спектру, ударную и статическую грузоподъёмность; для диска — центробежную нагрузку и усталость на тех же режимах.

**Критерий.** Отдельная программа FEM, квалификации агрегатов и выпуска BOM; до испытаний статус OPEN. По S08-R02: приложить результат по каждому условию: Для колёсной опоры проверить ресурс по спектру, ударную и статическую грузоподъёмность; для диска — центробежную нагрузку и усталость на тех же режимах. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S08-R04

**S08-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** Сохранить 32 позы снятия колеса как выборочную регрессию; после смены кулака или тормоза повторить проверку с актуальными соседями и явно указать непроверенные интервалы.

**Критерий.** Протокол кинематики, контактных пар, карт и тормозных сценариев текущей ревизии. По S08-R04: приложить результат по каждому условию: Сохранить 32 позы снятия колеса как выборочную регрессию; после смены кулака или тормоза повторить проверку с актуальными соседями и явно указать непроверенные интервалы. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S10-R02

**S10-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Для каждой параллельной ветви показать распределение токов, нагрев, деградацию, изоляцию и согласование предохранения с просадкой напряжения конкретной ячейки.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S10-R02: приложить результат по каждому условию: Для каждой параллельной ветви показать распределение токов, нагрев, деградацию, изоляцию и согласование предохранения с просадкой напряжения конкретной ячейки. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S10-R04

**S10-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить доступ к HV, размыкателям, BMS и охлаждению; показать барьеры распространения отказа ячейки и путь отвода газов вне салона.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S10-R04: приложить результат по каждому условию: Проверить доступ к HV, размыкателям, BMS и охлаждению; показать барьеры распространения отказа ячейки и путь отвода газов вне салона. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-S11-R01

**S11-R01 · восстановление критерия**

**Требование.** Для каждого элемента HV-сети сопоставить паспортные U/I с максимумами переходных процессов и температурой, не ограничиваясь инвертором.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S11-R01: приложить результат по каждому условию: Для каждого элемента HV-сети сопоставить паспортные U/I с максимумами переходных процессов и температурой, не ограничиваясь инвертором. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S11-R02

**S11-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить селективность защит и DC-отключение, дугу, остаточное напряжение, заземление и эквипотенциальность по всей цепи; указать пределы выбранных устройств.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S11-R02: приложить результат по каждому условию: Проверить селективность защит и DC-отключение, дугу, остаточное напряжение, заземление и эквипотенциальность по всей цепи; указать пределы выбранных устройств. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S11-R03

**S11-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** Не засчитывать 500 кВт зарядки для P50B без проверки зарядного тока, теплового режима и ресурса; указать исходную конфигурацию, длительность и допустимую BMS-карту.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S11-R03: приложить результат по каждому условию: Не засчитывать 500 кВт зарядки для P50B без проверки зарядного тока, теплового режима и ресурса; указать исходную конфигурацию, длительность и допустимую BMS-карту. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S11-R04

**S11-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** Для левой и правой ветви проследить DC-питание до ответного ввода своего инвертора; показать разъём, контакт и схему. Четыре видимых кабеля не считаются полной сетью.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S11-R04: приложить результат по каждому условию: Для левой и правой ветви проследить DC-питание до ответного ввода своего инвертора; показать разъём, контакт и схему. Четыре видимых кабеля не считаются полной сетью. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S12-R02

**S12-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить отдельно отказ CAN и Ethernet, короткое замыкание, потерю земли и одного источника; записать обнаружение, поведение исполнительных органов и возможность завершения режима.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S12-R02: приложить результат по каждому условию: Проверить отдельно отказ CAN и Ethernet, короткое замыкание, потерю земли и одного источника; записать обнаружение, поведение исполнительных органов и возможность завершения режима. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-S12-R03

**S12-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** На траекториях фонарей, зарядной крышки, двери и крыла проверить движущиеся петли жгута, минимальный радиус, крепление и отсутствие защемления.

**Критерий.** Схемы цепей и проверка штатных/отказных режимов с указанием конфигурации. По S12-R03: приложить результат по каждому условию: На траекториях фонарей, зарядной крышки, двери и крыла проверить движущиеся петли жгута, минимальный радиус, крепление и отсутствие защемления. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S13-R01

**S13-R01 · восстановление критерия**

**Требование.** Для каждого порта приложить разрез до коллектора с уплотнением и ответной деталью; идентифицировать ревизию и непредусмотренные глухие концы.

**Критерий.** Карта сети, балансы по ветвям и результаты переходных/отказных режимов. По S13-R01: приложить результат по каждому условию: Для каждого порта приложить разрез до коллектора с уплотнением и ответной деталью; идентифицировать ревизию и непредусмотренные глухие концы. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S13-R02

**S13-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** На том же гидравлическом графе определить минимум расхода каждой параллельной ветви и запас объёма на расширение жидкости во всём рабочем диапазоне.

**Критерий.** Карта сети, балансы по ветвям и результаты переходных/отказных режимов. По S13-R02: приложить результат по каждому условию: На том же гидравлическом графе определить минимум расхода каждой параллельной ветви и запас объёма на расширение жидкости во всём рабочем диапазоне. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S13-R03

**S13-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить попадание утечки на HV при импульсе и тепловой выдержке после него; связать места возможной утечки с защитой и реакцией на отказ насоса.

**Критерий.** Карта сети, балансы по ветвям и результаты переходных/отказных режимов. По S13-R03: приложить результат по каждому условию: Проверить попадание утечки на HV при импульсе и тепловой выдержке после него; связать места возможной утечки с защитой и реакцией на отказ насоса. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S14-R02

**S14-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Повторить рекуперацию, последующий разгон и стоянку после нагрузки с заданным загрязнением теплообменника; сравнить выходные температуры с чистым вариантом.

**Критерий.** Карта сети, балансы по ветвям и результаты переходных/отказных режимов. По S14-R02: приложить результат по каждому условию: Повторить рекуперацию, последующий разгон и стоянку после нагрузки с заданным загрязнением теплообменника; сравнить выходные температуры с чистым вариантом. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-S14-R03

**S14-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** Для каждой подвижной/термонагруженной магистрали проверить крепление, расширение, перетирание, дренаж и доступ к сливу и заправке.

**Критерий.** Карта сети, балансы по ветвям и результаты переходных/отказных режимов. По S14-R03: приложить результат по каждому условию: Для каждой подвижной/термонагруженной магистрали проверить крепление, расширение, перетирание, дренаж и доступ к сливу и заправке. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S14-R04

**S14-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** На актуальном кузове проверить, что выход охлаждения не возвращает горячий поток в присоски; показать трассу и сохранённый наружный контур.

**Критерий.** Карта сети, балансы по ветвям и результаты переходных/отказных режимов. По S14-R04: приложить результат по каждому условию: На актуальном кузове проверить, что выход охлаждения не возвращает горячий поток в присоски; показать трассу и сохранённый наружный контур. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S15-R02

**S15-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Сохранить также контрольную точку щели 10 мм вместе с 5/15 мм; сопоставить с реальной кинематикой и проверить отказы одной кассеты и засорение. Щель не подменяет ход юбки.

**Критерий.** Воспроизводимая матрица режимов и отказов с проверенной областью модели; физические проверки отдельно. По S15-R02: приложить результат по каждому условию: Сохранить также контрольную точку щели 10 мм вместе с 5/15 мм; сопоставить с реальной кинематикой и проверить отказы одной кассеты и засорение. Щель не подменяет ход юбки. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S16-R01

**S16-R01 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить для активного крыла синхронность установленных приводов, зоны защемления, нагрузки, люфты и отказ одного канала; сопоставить команду с достигнутым положением.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S16-R01: приложить результат по каждому условию: Проверить для активного крыла синхронность установленных приводов, зоны защемления, нагрузки, люфты и отказ одного канала; сопоставить команду с достигнутым положением. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S16-R02

**S16-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Для расчёта крыла получить карту аэродинамических сил и моментов по скорости и углу с указанием метода CFD/продувки, области и неопределённости; без карты эффект не принимать.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S16-R02: приложить результат по каждому условию: Для расчёта крыла получить карту аэродинамических сил и моментов по скорости и углу с указанием метода CFD/продувки, области и неопределённости; без карты эффект не принимать. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

# Сверка с ТЗ-2

## R5-LGC-S16-R03

**S16-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** Проверить совместную траекторию крыла, кормовой панели и зарядной крышки с подключённым кабелем, включая движущуюся часть кабеля.

**Критерий.** Таблица поз, зазоров, обзора и отказов; комплект наложений, карт и разрезов. По S16-R03: приложить результат по каждому условию: Проверить совместную траекторию крыла, кормовой панели и зарядной крышки с подключённым кабелем, включая движущуюся часть кабеля. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S16-R04

**S16-R04 · восстановление критерия**

**Требование.** В режимах, где аэродинамика существенна, привязать центр давления и аэродинамические моменты к управлению и посадке; в остальных обосновать исключение.

**Критерий.** Воспроизводимая матрица режимов и отказов с проверенной областью модели; физические проверки отдельно. По S16-R04: приложить результат по каждому условию: В режимах, где аэродинамика существенна, привязать центр давления и аэродинамические моменты к управлению и посадке; в остальных обосновать исключение. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S17-R02

**S17-R02 · восстановление критерия**

**Требование.** Для каждого клапана связать требуемый расход и перепад с усилием/временем, удержанием, герметичностью и фактическим состоянием при потере питания; цифровой и физический статусы раздельны.

**Критерий.** Воспроизводимая матрица режимов и отказов с проверенной областью модели; физические проверки отдельно. По S17-R02: приложить результат по каждому условию: Для каждого клапана связать требуемый расход и перепад с усилием/временем, удержанием, герметичностью и фактическим состоянием при потере питания; цифровой и физический статусы раздельны. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

## R5-LGC-S18-R03

**S18-R03 · восстановление критерия**

**Требование.** Для фазовой области завершения добавить потерю связи и датчика, совместить с асимметрией, дрейфом CG и насыщением; публиковать границу управляемости, а не только перечень отказов.

**Критерий.** Воспроизводимая матрица режимов и отказов с проверенной областью модели; физические проверки отдельно. По S18-R03: приложить результат по каждому условию: Для фазовой области завершения добавить потерю связи и датчика, совместить с асимметрией, дрейфом CG и насыщением; публиковать границу управляемости, а не только перечень отказов. Указать исходную ревизию, условия, пределы, ссылку на протокол и итог; недостающие данные оставить OPEN.

---

# Приоритеты P0

## R5-P0-SK-EXPLAIN

**Как работает юбка и что её включает**

**Требование.** Подготовить объяснение простыми словами и рядом — подписанный разрез одной установленной кассеты. Показать, что юбка ограничивает подсос воздуха, а разрежение создают вентиляторы. На выносках назвать сегмент/башмак, направляющую, трос, ролик, барабан, привод, обратную связь и клапан сброса; отметить назначение каждого элемента и его CAD ID либо отсутствие в данной ревизии.

**Критерий.** Читатель может проследить команду от контроллера до движения сегмента и подтверждения положения. На диаграмме состояний отдельно показать ожидание, прижим, сброс разрежения, втягивание, разрешение или запрет отрыва и развёртывание после касания. Для каждой паузы указать, чего ждёт система и по какому сигналу продолжает; неподтверждённый датчик/сигнал пометить как допущение.

---

## R5-P0-SK-MOTION

**Анимация и моделирование хода юбок**

**Требование.** Построить кинематическую модель установленной кассеты и анимацию по её результатам. Показать фактический ход 15–225 мм, контрольные позы 15/120/225 мм, работу троса, ролика и опор при выпуске, слежении за поверхностью и втягивании. Отдельно показать, как ведут себя сегменты при осадке и на неровности.

**Критерий.** Воспроизводимый вход и временной ряд связаны с SHA модели. В ролике или интерактивном просмотре синхронны время, команда, достигнутое положение, зазор и состояние блокировки; в протоколе — скорость/усилие привода, коллизии, пределы и непроверенные участки. Показать полный цикл либо первую остановку с причиной: три статичных позы и интерполяция кадров сами по себе не являются расчётом.

---

## R5-P0-SUCTION-SYSTEM

**Анимация и моделирование четырёх присосок в сборе**

**Требование.** Показать общий вид снизу и разрез тракта: полость у поверхности → кассета → коллектор → воздуховод → вентилятор → наружный выход. Смоделировать работу четырёх зон на ровной поверхности и на криволинейном участке, переход от прижима к сбросу и возврат после касания. Сравнить штатный случай с утечкой либо отказом одной зоны.

**Критерий.** Анимация показывает направление потока, щель и состояние клапана, отличает команду от факта. На общей шкале времени дать по зонам перепад давления и расход, по машине — суммарный прижим и электрическую мощность с учётом общего лимита. Сравнить доступный прижим и время отпускания в норме и при отказе. Не назначать силу заранее; недостоверный режим отметить на кадре и в протоколе.

---

## R5-P0-CAB-FRAME

**Усиление каркаса кабины по красной разметке**

**Требование.** Разработать и добавить в отдельную CAD-ревизию силовые элементы кабины по приложенному скриншоту: разобрать передние наклонные ветви, верхнюю продольную связь и задние стойки/раскосы с выходом на существующие несущие узлы. На наложении отметить для каждой красной ветви: новый элемент, используемый существующий элемент либо обоснованную альтернативу. По одному ракурсу не назначать скрытые точки, размеры профиля или сечение шва.

**Критерий.** Сохранить внешний силуэт и защищённый объём водителя; проверить выход, двери, трассы, сосуды, монтаж и обслуживание. Для нового пути нагрузки показать материалы и сечения, JointID, реальные подрезки и опирание, швы/крепёж, доступ для сборки и контроля. Сравнить до/после на одинаковых нагрузках: жёсткость, деформации, напряжения, устойчивость, массу и ЦМ. Приложить сборочный чертёж, спецификацию и последовательность изготовления. Непроверенные стыки — OPEN; производственный допуск отдельно после независимой проверки.

---