

RECADA / Airholder

Резюме проекта — состояние на 10 сентября 2026 (ревизия 50 основного документа)

1. Идея в одном предложении

Багажник больше не проектируется, а порождается: истина — параметры и код, геометрия — артефакт. Инструмент обмеряет чужие листовые детали, реконструирует их, делает параметрическими, проверяет по трём критериям и выдаёт пакет производства для поставщика — без FreeCAD в цепочке, на собственном сервере в Германии, и данные не покидают дом.

2. Что уже построено и доказано

Блок	Статус	Доказательство
Обмер (толщина, гибы с двумя углами, радиусы, отверстия, разгрузки)	готово	Defender-кронштейн LRDE-2BR1: $t = 3,0$, 7 гибов, 6 отверстий — на двух машинах до третьего знака
Расщепление на оболочки (виртуальный щуп + двухцветная раскраска графа)	готово	41 грань покрывает 93 % поверхности; стороны 21/20
Реконструкция (кинематика на всех гранях, перестроение зоны гiba, заделка дыр)	готово	объём 78 031,6 против 78 031,6 мм ³ оригинала
Три критерия приёмки: метрология, целостность, распознавание порталом	готово	портал Blechcon: развёртка 299 × 168 мм — как у оригинала
Растяжение вдоль плоскости стенки с автоподбором сечения; операции (зеркало, сверление, обрезка, скругление)	готово	стенка +10 / +20 мм — замкнуто, годно
Единое рабочее окно: дерево-таблица, группировка одинаковых, пакетный реверс, подъём платформы, пакет в ZIP	готово	сборка 84,5 МБ, 628 объектов
Параметрический угол гiba с перестроением разгрузки	открыто	единственная незакрытая задача цепочки; путь ясен: каталог разгрузок из библиотеки

Три ошибки в собственной проверке найдены и исправлены — ни одна не найдена ИИ: перепроверка, негативный тест и отказ портала. Отсюда правило: тест раньше кода, библиотека как регрессия после. Ядро создано с ИИ, проверено реальностью, работает без ИИ — детерминированно, один вход, один выход.

3. Архитектура

Ядро: OpenCASCADE напрямую через Python-обёртку OCP (7.9.3) — то же ядро, что в FreeCAD, но headless, на сервере, в CI, пакетно. FreeCAD остаётся кабиной инженера для новых форм; генератор кода связывает обе стороны. STEP на любой границе, BREP только внутри; STEP с именами и структурой через XCAF — обязательное требование к экспорту.

Два мира: B-Rep (багажник, детали, производство, 0,05 мм) и сетка (машина как FBX или скан, визуальное, калибруется). Шесть источников по убыванию доверия: Aufbaurichtlinien производителей (VW, Ford, Stellantis) как первый источник ограничений, OEM-CAD как геометрия, 2D-чертежи, STL-сканы как реальность, свои кронштейны в металле как подтверждение, FBX как картинка. Одна библиотека: объект → представления с классом точности — для машин, аксессуаров и своих деталей одинаково.

Модель версий по образцу Onshape: неизменяемые микроверсии с родителем и дельтой, изменения адресуют элементы геометрическим отпечатком, а не позицией, переигрывание журнала на новой ревизии исходника, ветки без конфликтов («источник побеждает»).

4. Сервер, защита данных, права

Hetzner EX44 (i5-13500, 64 ГБ, Фалькенштайн) за 59 € нетто в месяц плюс Storage Box в Хельсинки для бэкапов. Решение: ОССТ-вьювер на сервере, наружу только пиксели — ни

сетки, ни STEP; WireGuard с личным ключом, Guacamole (бесплатный, Apache) как единственная дверь с записью сессий, 2FA и запретом буфера; Kasm в резерве для внешних подрядчиков. Все библиотеки на своём сервере вместо CDN. EX44 хватает на пять-шесть одновременно работающих; без GPU, рендер по запросу вместо потока.

Права: рамочный договор с eIDAS-подписью один раз, подтверждение при каждом входе с логом, происхождение каждого результата в трёх независимых логах (журнал, Git, сессия). Меры защиты одновременно выполняют «надлежащие меры охраны» по GeschGehG — защита данных даёт библиотеке правовой статус коммерческой тайны. Не юридическая консультация; шаблон договора — у адвоката.

5. Изделие вместо сборки

У багажника нет произвольных степеней свободы — есть продуктовые параметры: машина, положение на крыше, высота над крышей, длина, ширина, поперечины, аксессуары. Ноги не сдвигаются, а регенерируются: точки крепления зафиксированы, стенка стойки растянута на 20 мм, развёртки заново, DXF заново, три критерия заново. Тот же цикл обслуживает аэродинамику: CFD говорит «30 вперёд, 10 вверх» — два числа в product.json вместо недели ручной работы.

Проверки уровня изделия с источником и порогом: зоны крепления (из Aufbaurichtlinien), нагрузка на крышу, на точку, дуга дверей, высота для паркинга (1,85 / 1,90 / 2,00 / 2,10 м), загрузка с земли (DIN 33402), зазор до крыши (скан), видимость, аэродинамика (Струхаль), центр тяжести, ISO 11154, совместимость аксессуаров. Инструкция, чертёж, BOM и карточка товара — артефакты из product.json: генерируются, не поддерживаются.

Дизайн продукта с опорой на систему: семейство ног вместо ног под каждую машину (анализ общности), регулировка $\geq 2 \times$ разброс по сканам, время монтажа как показатель (цель час через предсборку), один инструмент на всю сборку, гальваническая изоляция как правило, запчасти по номеру BOM, серийник с QR до партии. Материалы: профили 6063 (6082 при запросе), ноги 1.4301 с прибрежной версией 1.4404, подкладки EPDM, пластики ASA/PA6-GF, полиэфирный порошок; без сварки.

6. Данные и обратная связь

Библиотека своих деталей с ответами портала: калибрует K-фактор по радиусу и толщине, даёт каталог разгрузок, DFM-правила из практики, поиск похожего («растянуть проверенную вместо проектирования с нуля») и стандарт школы для новых конструкторов. Конкуренты как источник данных: инструкции, размеры, массы — бенчмарк, метрики (55 мм у Airholder против 70 у Front Runner), патентный поиск; геометрия не копируется никогда.

Обратная связь из поля: рекламации как структурированные записи через серийник до партии (CAPA по ISO 9001 с данными, а не папкой), QR на каждом шаге инструкции, разбор соцсетей (самодельный держатель = недостающий аксессуар, просверленная платформа = недостающая позиция паза). Шестой критерий — полевой.

7. Скорость — измерять, а не чувствовать

Исследование DX (сентябрь 2026, 500+ команд): ИИ ускоряет код, а не доставку — узкое место в согласованиях, ожидании, переделках. У нас подтверждено: ядро за два дня, тормозили ожидание данных, ответы портала, решения. Методика на пилоте Ranger: девять ворот с метками, работа против ожидания на каждом, прогноз до измерения, сравнение с Defender. Четыре механизма против итераций: сдвиг проверок влево (цель: девять деталей из десяти с первого прохода портала), предугадывание из журнала (часто меняемые параметры — первый уровень, цепочки операций — макросы), варианты за ночь вместо по одному, запас там, где изменения придут снаружи. И самое дешёвое: пять решений до первой линии.

8. Монетизация — три модели и программа

Модель	Суть	Кто платит
А · Экосистема аксессуаров	внешние конструкторы проектируют в системе под наш интерфейс; мы производим и продаём; доля с каждой продажи	доля с продаж
Б · Проектирование в системе на наших данных о машинах	строители надстроек, кемперы, стеллажи, прицепы работают против наших паспортов и правил — данные не покидают сервер; OEM-слой только с согласия производителя	место в месяц + доступ к паспортам
В · Открытая экосистема: производители, самоделкины, дилеры	производители LED-баров и панелей заявляют три числа (схема отверстий, масса, габарит) и получают адаптер из генератора; покупатели — STL/DXF с проверкой перед скачиванием; дилеры и мастерские — инструмент у прилавка; классы: сертифицировано / партнёрское / самодельное	партнёрские взносы, адаптеры, место дилера
Программа «Airholder Ready»	по образцу «Made for iPhone»: лицензируемая спецификация интерфейса с маркой, три уровня Compatible / Ready / Certified, проверка вместо декларации; первый Certified — тент	годовой взнос + сбор за приёмку

Защищаем не код, а данные, копящиеся годами (паспорта с разбросом, калибровки по поставщику, ответы портала, испытания по семействам), и немецкую юрисдикцию как продукт: «данные не покидают Германию» Zoo, Onshape и Autodesk предложить физически не могут.

9. Команда и найм

Три профиля, три найма: оператор системы (младший или средний по листу, правила в валидаторе), конструктор аксессуаров (средний или старший с серийным опытом, постоянный или проектный; Польша, Чехия, Турция, Сербия), разработчик Python/OCCT (один, позже). Тесты самой системой: реверс с ловушкой, грамотность по листу, чтение Aufbaurichtlinien, задача на честность, Git-дисциплина, замер задержки, испытательный месяц по журналу. География по задержке: до 80 мс (Восточная Европа, Балканы, Турция, Кавказ, Северная Африка) — полноценная работа с 3D; Индия и Юго-Восточная Азия — без активного вращения.

10. Бюджет и порядок

Инфраструктура и ИИ: ~180–280 € нетто в месяц; лицензий нет — OCCT, FreeCAD, Blender, Open3D, Streamlit открытые. Сценарий А (владелец + ИИ): ядро для команды за два-три месяца, ноль сверх инфраструктуры. Сценарий Б (один инженер с ИИ): 15–50 тыс. € по рынку за полный контур за полгода. Сценарий В (два человека): 60–150 тыс. € за год с конфигуратором и ISO 11154. Для сравнения: Zoo подняли десятки миллионов на собственное ядро — у нас ядро бесплатное и задача узкая.

Ближайшие шаги по порядку: установка сервера (ОС, ключи, ufw, WireGuard, restic) → разделение ядра и интерфейса, очередь задач → сканер библиотеки → регрессия на CI → калибровка К-фактора по portalу → каталог разгрузок → гибридный workbench FreeCAD → паспорта машин в редакторе изделия. Три контрольные точки целесообразности: библиотека с регрессией идёт; первый комплект кронштейнов Ranger из инструмента прошёл портал; через полгода одна машина выведена быстрее Defender. Всё остальное — инструкции, сканы, стриминг, монетизация — только после.