

РУКОВОДСТВО · версия a69 · октябрь 2026

FrameForge PRO

Руководство и производственный справочник:
алюминиевые корпуса для ЧПУ и лазера

- От трёх размеров до готовых файлов для завода
- Панели, перегородки, крепёжные кубики с резьбой, планки для транзисторов
- Экспорт: STEP без Fusion, DXF для лазера, скрипты Fusion 360
- Список крепежа «что купить» и 3D-проверка перед заказом
- Интерфейс на 4 языках: чешский, английский, немецкий, русский

autoservis.shop · FrameForge PRO · Андрей Пасунко (механик) и ИИ-ассистенты

Содержание

1. Что это	8. Точка отсчёта и библиотека разъёмов
2. Три способа начать	9. 3D-проверка перед производством
3. Панели и инструменты	10. Экспорт: какой формат для чего
4. Крепёжные кубики и резьба	11. Сохранение, PIN и проекты
5. Перегородки	12. Чек-лист перед заказом на заводе
6. Планка для транзисторов — расчёт толщины	13. Если что-то выглядит странно
7. Список крепежа «что купить»	

1 Что это

FrameForge PRO — программа в браузере для проектирования **алюминиевых корпусов** (усилители, блоки питания, измерительные приборы), которые режутся на ЧПУ-фрезере или лазере. Вы вводите внутренние ширину, высоту и глубину и размер крепежа M3/M4/M5 — программа строит шесть панелей с угловыми и опорными кубиками. Дальше на панелях ставятся отверстия, окна, вентиляция, текст, планки и перегородки. На выходе — готовые файлы для завода.

Кому подходит: мастеру или радиолюбителю, который хочет получить корпус «под ключ» без месяцев изучения CAD. Программирование не требуется.

2 Три способа начать

Режим	Для чего
Быстрый старт	Внутренние ширина/высота/глубина и крепёж M3/M4/M5. Остальное — значения по умолчанию.
Пошаговый мастер	Те же параметры, но по шагам и с пояснениями.
РЕЖИМ PRO	Толщина каждой стенки, зазоры, тип отделки крепёжных отверстий, перегородки.

После построения коробка работает режим «Редактирование по панелям»: выбираете сторону (FRONT, REAR, LEFT, RIGHT, TOP, BOTTOM) и правите конкретную панель.

3 Панели и инструменты

Инструмент	Что делает
Отверстие	Круглое отверстие; X/Y и диаметр вводятся числом.
Окно	Прямоугольный вырез.
Вентиляция	Ряд одинаковых прорезей с равным шагом.
Текст	Гравировка; при экспорте превращается в контуры.
Планка	Прижим для транзисторов с отверстиями вдоль.
Кубик	Ручной крепёжный кубик для нестандартного случая.

- Центр элемента — переместить, край — изменить размер.
- Стрелки — шаг 0,1 мм; Shift+стрелка — 1 мм; Del — удалить; Esc — снять выделение.
- Shift+клик по нескольким элементам — сгруппировать (замок), двигаются вместе.
- **Лупа** — точная установка с точностью до сотых миллиметра.

4 Крепёжные кубики и резьба

Панели соединяются кубиками. Размер кубика подбирается автоматически от толщины панелей и крепежа (стандартный ряд 1,0 / 1,2 / 1,5 / 2,0 / 2,5 / 3,0 см).

- **Резьба нарезается только в кубиках**, в панелях её нет. Диаметр отверстия под метчик: M3 — Ø2,5 мм, M4 — Ø3,3, M5 — Ø4,2.
- Физически существует всего **4 вида кубиков** (два угловых A и B, две опоры X и Z) — завод настраивает станок 4 раза, а не по числу углов.
- Каналы в кубике нигде не пересекаются; перемишка между ними не менее 1,1 мм (M3).
- Отверстия в панелях бывают трёх видов: обычное, зенковка (потайная голова) и цековка (голова с шестигранником). Для лазера зенковка и цековка обозначаются разметкой.

Скрипт Fusion для кубиков раскладывает их с зазором: иначе сверление одного кубика задевает соседний.

5 Перегородки

Перегородка — отдельная деталь, а не седьмая сторона. Бывает **поперечная** (делит короб на передний и задний отсек) и **продольная** (на левый и правый). Кубики ставятся вплотную к пластине, а не внутри неё.

- Не помещается на выбранном месте — программа сдвигает перегородку на ближайшее допустимое и сообщает «сдвинута с X на Y мм».
- Поперечная и продольная одновременно пересекаются — красное предупреждение: одну нужно разрезать на две части.
- Проекты старого формата: открыть и нажать «Сгенерировать панели».

6 Планка для транзисторов — расчёт толщины

Планка прижимает корпуса транзисторов к панели-радиатору. Под полем «Толщина» программа показывает, хватает ли жёсткости: алюминий ($E = 69\,000\text{ Н/мм}^2$), усилие 100 Н на транзистор, допуск прогиба 0,05 мм; считается пролёт между винтами и вылет за крайний винт.

- Тонкая планка — жёлтая строка в 3D-проверке с рекомендуемой толщиной.
- Транзистор за крайним винтом прижимается в разы слабее: часто выгоднее сдвинуть винт ближе к концу планки, чем делать планку толще.
- Панель под планкой всегда сверлится по отверстиям планки.

7 Список крепежа «что купить»

Кнопка «Крепёж: что купить» строит таблицу винтов, гаек и шайб из нарисованной геометрии (нержавеющая сталь A2). При экспорте STEP тот же список попадает в архив файлом FASTENERS_KREPEZH.txt.

- Длина винта в кубик = толщина панели + 2×d захода резьбы, округлённая до стандартной (М3: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30 мм).
- Тип головки по отделке отверстия: зенковка — DIN 7991/ISO 10642, цековка — DIN 912, без обработки — ISO 7380.
- Запас +10 %, но не менее 2 штук на позицию. Есть кнопки «Печать» и «Копировать».

8 Точка отсчёта и библиотека разъёмов

Если координаты отверстий измерены штангенциркулем от угла реальной платы, ставится «Точка отсчёта» (жёлтый маркер 0,0): координаты вводятся как ΔX/ΔY, а программа переводит их в координаты панели. Переключатель «Угол / Точка» меняет точку, от которой идёт счёт.

Разъём	Вырез / отверстие
IEC C14	20 × 27,5 мм
XLR D-серия	Ø24 мм
Jack 6,35 мм	Ø9,5 мм
RCA / phono	Ø10 мм
Мини-тумблер	Ø7 мм
Потенциометр, вал 9 мм	Ø7 мм

Размеры библиотеки ориентировочные: перед серией сверьте первый пробный вырез с реальной деталью.

9 3D-проверка перед производством

Кнопка «3D ВИД» собирает короб и проверяет, что каждый болт попадает в свой кубик, кубики не сталкиваются, нет наложения отверстий и тонких перемычек у края. Проверка идёт по объёму. Итог — табличка «ГОТОВО К ПРОИЗВОДСТВУ» или список причин.

Цвет	Смысл	Действие
зелёный	Проверка пройдена.	Продолжать.
жёлтый	Геометрия верна, но запас мал или есть нюанс.	Посмотреть и решить.
красный	Реальный конфликт.	Остановиться и исправить.

Открывайте 3D-проверку перед каждым экспортом, особенно после перемещения кубика.

10 Экспорт: какой формат для чего

Экспорт	Для чего
STEP без Fusion	Готовые файлы деталей, строятся на сервере настоящими булевыми операциями (точные окружности, а не ломаные).
Fusion: 1 или 6 панелей	Python-скрипт для Fusion 360.
Кубики (Fusion)	Скрипт кубиков; каждый кубик отдельным телом.
Лазер: контур / штриховка / разметка	DXF: резка, вентиляция, разметка под последующее сверление.
Спецификация проекта	Размеры, толщины, крепёж, кубики, итог 3D-проверки.

Перед скачиванием окно экспорта показывает сводку: число панелей, болтов и кубиков — это ещё одна контрольная точка.

11 Сохранение, PIN и проекты

- **PIN** — код ПРОЕКТА (защита от перезаписи), не пароль входа. Пустой PIN — автосохранение выключено, программа об этом сообщает.
- При конфликте версий программа не затирает чужую правку молча, а просит подтверждения.
- После важной правки сохраните проект, при необходимости перезагрузите страницу и сделайте «Загрузить» перед экспортом.

12 Чек-лист перед заказом на заводе

- Открыт нужный проект и правильная версия.
- Проверены все панели, включая перегородки.
- 3D-проверка: красных нет, жёлтые осознаны.
- Сводка (панели, болты, кубики) совпадает с ожиданием.
- Для лазера выбран правильный DXF; «разметка» — это не вырез.
- Скачан список крепежа и закуплен с запасом.
- В письме заводу: «в кубиках нарезать резьбу насквозь, панели без резьбы».
- Для первого заказа — один небольшой пробный корпус.

13 Если что-то выглядит странно

Что видите	Как понимать
Жёлтое предупреждение	Обычно не авария, а небольшой запас. Проверить до заказа.
Красная ошибка	Результат нельзя считать готовым, пока не исправлено.
Конфликт версий	Есть более новая правка; не перезаписывать, пока не ясно, какую оставить.
Красная строка про ручной кубик	Выделить кубик и нажать «Выровнять отверстия».
Перегородка старого формата	Нажать «Сгенерировать панели».

Кто сделал. Андрей Пасунко (механик-электронщик, Чехия) — идея, архитектура, размеры и допуски из реального производства, испытания на заводе. Код и логика — совместно с ИИ-ассистентами Claude (Anthropic), Gemini и DeepSeek. Ни одной строки готового кода «со стороны».

FrameForge PRO, алюминиевый корпус, корпус усилителя, ЧПУ, лазерная резка, DXF, STEP, Fusion 360, крепёжные кубики, конструктор корпусов, CAD онлайн, autoservis.shop