

FrameForge

FrameForge PRO

Конструктор алюминиевых корпусов для ЧПУ и лазера

Руководство пользователя

От чертежа одной панели до готового комплекта STEP-файлов для завода

Содержание

1. Что такое FrameForge PRO
2. Три способа начать проект
3. Рабочее пространство: панели, стороны, инструменты
4. Крепёж: типы отверстий и кубики
5. Библиотека вырезов под разъёмы
6. Точка отсчёта: перенос размеров с реальной платы
7. Горячие клавиши
8. 3D-просмотр и проверка совпадения крепежа
9. Экспорт: какой формат для чего
10. Спецификация проекта и закупочный лист
11. Языки интерфейса
12. Частые ошибки и на что обратить внимание

1. Что такое FrameForge PRO

FrameForge PRO — программа для проектирования алюминиевых корпусов (например, для усилителей и другой электроники), которые потом вырезаются на ЧПУ-фрезере или лазере. Вместо ручного черчения каждой из шести панелей корпуса по отдельности программа умеет построить весь корпус сразу по нескольким введённым числам — ширине, высоте, глубине и типу крепежа — а дальше уже вручную донастраивать каждую панель: добавлять отверстия под разъёмы, вентиляцию, гравировку и т.д.

Результат работы — не картинка, а набор файлов, готовых для реального производства: чертежи для лазерной резки (DXF), скрипты для 3D-моделирования в Fusion 360, и комплект готовых STEP-файлов (по одному на панель и на каждый тип кубика), которые можно открыть в любой CAD-программе без Fusion.

КАК ЭТО УСТРОЕНО

Программа считает не «на глаз» — размеры и количество кубиков берутся из того, что реально нарисовано на панелях. В счёт крепежа (болтов) попадают только отверстия, диаметр которых совпадает с выбранным крепежом (М3/М4/М5) — отверстие под RCA-разъём или потенциометр в эту цифру не попадёт, даже если оно есть на панели.

2. Три способа начать проект

На стартовом экране есть три режима — они не про разные программы, а про разный уровень погружения в детали. Можно начать в одном режиме и позже перейти в более подробный.

Быстрый старт

Вводите три числа — внутренние ширину, высоту и глубину короба — и выбираете крепёж (М3, М4 или М5). Всё остальное (толщины стенок, зазоры, расположение отверстий под кубики) программа расставляет сама по разумным умолчаниям. Самый быстрый путь для типового корпуса.

Пошаговый мастер

То же самое, но по шагам, с объяснением каждого параметра. Разумный выбор, если вы пользуетесь программой впервые и хотите понимать, за что отвечает каждое поле.

Режим PRO

Прямой доступ ко всем параметрам сразу — толщина каждой из шести стенок отдельно, зазоры, тип крепёжных отверстий по каждой панели, перегородки. Для тех, кто уже знает интерфейс и хочет тонко настроить короб под нестандартную задачу.

После того как короб сгенерирован (кнопка «Сгенерировать 6 панелей»), можно перейти в режим «Попанельная сборка» и донастраивать каждую из шести сторон отдельно — добавлять отверстия под конкретные разъёмы, вентиляцию, надписи.

3. Рабочее пространство: панели, стороны, инструменты

У короба шесть сторон: Фасад (Front), Тыл (Rear), Левая, Правая, Верх, Низ. Переключаться между ними можно выпадающим списком «Сторона» в верхней панели — при этом холст перерисовывается под конкретно эту панель.

Инструменты на панели слева

Инструмент	Для чего
Отв.	Круглое отверстие — под винт, разъём, светодиод. Размер и координаты можно задать точно числом, не только мышкой.
Окно	Прямоугольный вырез — под дисплей, кнопку, панель управления.
Вент.	Ряд одинаковых прямоугольных прорезей на равном расстоянии друг от друга — вентиляционная решётка.
Текст	Гравировка надписи — переводится в контуры при экспорте, работает как обычная векторная фигура, не зависит от того, установлен ли нужный шрифт на станке.
Планка	Продолговатый элемент с несколькими отверстиями вдоль — для протяжённого крепления.
Кубик	Ручное добавление крепёжного элемента — для нестандартных случаев, обычно кубики расставляются автоматически при генерации короба.

Как редактировать элемент

- Тащите за центр — перемещение.
- Тащите за край — изменение размера (для окон, вентиляции, планок).
- Выделите и нажмите DEL — удаление, либо просто выбросьте элемент мышкой за край серого холста.
- Стрелки клавиатуры (← ↑ → ↓) — точная доводка на 0.1 мм за нажатие; с зажатым Shift — на 1 мм, для более крупных поправок.
- Зажмите Shift и кликайте по нескольким элементам — они сгруппируются (появится значок) и будут двигаться вместе.

Средние поддержки

В панели параметров короба (Быстрый старт / Мастер / PRO) есть блок с шестью галочками — по одной на каждую сторону короба, расположенными так же, как разворачивается сама коробка (крышка сверху, дно снизу, фасад/тыл/бока по бокам). Если панель достаточно большая, программа ставит дополнительный опорный кубик посередине неё — не только по углам — чтобы длинная стенка не гуляла. Кубик появляется только там, где он реально на что-то опирается с двух сторон (например, средний кубик дна появится, только если фасад и/или тыл тоже участвуют в поддержке).

КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Снимите галочку с конкретной стороны — её средние кубики исчезнут при следующей генерации короба. Полезно, если с этой стороны будет стоять что-то своё (например, готовый радиатор вместо стенки) и лишний кубик там мешает.

Перегородки

Кнопка «Добавить перегородку» ставит внутрь короба дополнительную стенку с собственными крепёжными кубиками — делит объём короба на отсеки, например для отдельного экранирования питания и звукового тракта.

Тип	Что делает
Поперечная (transverse)	Делит короб на передний/задний отсек. Положение задаётся расстоянием от фасада вглубь короба.
Продольная (longitudinal)	Делит короб на левый/правый отсек. Положение задаётся расстоянием от левой стенки вправо.

Обе перегородки при добавлении сама программа не даёт поставить вплотную к краю — минимальный отступ от стенки держится автоматически, чтобы крепёжный кубик перегородки не столкнулся с угловым кубиком короба. Крепёж перегородки — те же кубики, что и по углам короба, устанавливаются и снимаются как обычные элементы.

Сохранение и история изменений

Кнопка «СОХРАНИТЬ» пишет текущую панель в базу под парой PIN + ID проекта.

Рядом с «ЗАГРУЗИТЬ» — кнопка с иконкой часов: короткий список последних сохранений по проекту, что именно менялось (по количеству отверстий, окон, кубиков) и когда. Полезно, если возвращаетесь к проекту через несколько дней и не помните, что правили в последний раз.

4. Крепёж: типы отверстий и кубики

Короб держится на угловых и опорных алюминиевых кубиках — в них с трёх сторон нарезана резьба под выбранный крепёж (М3, М4 или М5), и через отверстия в панелях винты стягивают всю конструкцию.

Тип обработки крепёжного отверстия — выбирается по каждой панели

Тип	Описание
Обычное	Простое сквозное отверстие под зазор винта. Подходит для любой головки винта (потайной, цилиндрической, с внутренним шестигранником), но головка будет выступать над поверхностью.
Зенковка (потай)	Конусная фаска 90° сверху отверстия — под винт с потайной головкой (DIN 965 / ISO 2009). Головка утапливается заподлицо с поверхностью, выглядит аккуратнее.
Цековка (шестигранник)	Цилиндрическая выемка под головку винта с внутренним шестигранником (DIN 912). Требуется более толстая панель, чем зенковка — программа сама предупредит, если толщины не хватает.

Лазер зенковку и цековку не режет физически

Это операции сверления/фрезеровки. При экспорте в DXF (лазерная резка) программа рисует их не как реальный вырез, а как разметочную окружность на отдельном слое MARKING — чтобы было видно, где именно потом досверлить вручную или на другом станке. Не забудьте предупредить об этом того, кто будет резать заготовку по лазерному DXF.

Вес и стоимость материала

Рядом с выбором крепежа — необязательное поле «Цена за кг». Программа считает вес короба сама (площадь каждой панели минус все вырезы, умноженная на толщину и на плотность алюминия — 2.7 г/см³, стандартное значение для обычных сплавов) и показывает его в строке сводки всегда. Если вписать свою цену за килограмм — рядом появится и примерная стоимость материала. Цену программа не придумывает сама — поле пустое, пока не заполните.

5. Библиотека вырезов под разъёмы

В панели инструментов есть готовый список стандартных разъёмов — выбираете нужный в выпадающем списке под кнопками инструментов и нажимаете кнопку добавления. На панель добавляется уже правильно размеренный вырез, остаётся только перетащить его на нужное место.

Разъём	Вырез
Разъём питания IEC C14	Прямоугольный вырез 20 × 27.5 мм
XLR (D-series, круглый)	Круглое отверстие $\varnothing 24$ мм — самый распространённый формат, под него подгоняют размер даже сторонние производители
Джек 6.35мм (круглый)	$\varnothing 9.5$ мм — под самый частый для DIY круглый корпус на резьбовой втулке
RCA / тюльпан	$\varnothing 10$ мм
Тумблер mini	$\varnothing 7$ мм
Потенциометр (вал 9мм)	$\varnothing 7$ мм — под резьбу M7

Сверьте с реальной деталью перед массовой резкой

Размеры взяты из нескольких независимых источников (спецификации производителей, проверенный опыт установки), но у конкретной купленной детали — особенно недорогой, с непроверенного склада — посадочный размер может отличаться на доли миллиметра между производителями. Приложите реальный разъём к первому пробному вырезу и проверьте глазами, прежде чем резать целую партию панелей.

6. Точка отсчёта: перенос размеров с реальной платы

Частая задача — вставить в короб готовую плату (усилителя, контроллера и т.п.) и просверлить под неё отверстия точно по месту. Проблема в том, что человек со штангенциркулем в руках измеряет расстояния от угла ПЛАТЫ, а координаты на панели считаются от угла ПАНЕЛИ — пересчитывать это в уме почти гарантированно приведёт к ошибке.

Кнопка «Точка отсчёта» решает это напрямую. Логика в три шага:

- Добавьте точку отсчёта и перетащите её туда, где физически будет угол платы внутри короба (с тем зазором до стенки, который сами выберете). На панели она видна как жёлтый прицел с подписью «0,0» — сама точка никогда не идёт в вырез, это только справочная метка.
- У каждого добавленного отверстия/выреза, кроме обычных X/Y, появляются поля «ΔX / ΔY» — сюда вписывается ровно то число, что снято штангенциркулем от угла платы до нужного отверстия. Пересчёт в координаты панели программа делает сама.
- На панели допускается только одна точка отсчёта одновременно — так исключается путаница, от какой именно точки считать.

КАК ЭТО УСТРОЕНО

Это не отдельный режим и не новый файл — те же самые отверстия, то же сохранение и экспорт, что и всегда. Точка отсчёта — только удобный способ ввода чисел, реальные координаты на панели считаются как обычно.

Переключатель «Угол / Точка»

Кроме полей ΔX/ΔY в панели свойств, есть ещё два места, где можно увидеть координаты в реальном времени, прямо во время перетаскивания мышью — под инженерной лупой и маленькая панель под самим холстом. У обоих есть переключатель «Угол» / «Точка» — это ОДНА общая настройка, а не два разных: переключили в одном месте — переключилось и во втором.

- Режим «Угол» — координаты считаются как обычно, от угла панели.
- Режим «Точка» — координаты пересчитываются от точки отсчёта. Цифры и сама кнопка окрашиваются в тот же янтарный цвет, что и точка на холсте — чтобы всегда было видно, от чего именно сейчас считается расстояние.
- Если точки отсчёта на панели нет — обе кнопки неактивны. Если точку удалили, пока был включён режим «Точка» — программа сама вернёт режим «Угол».

Лупа и точное попадание

Инженерная лупа (кнопка с иконкой лупы на холсте) увеличивает область под прицелом и позволяет сверлить отверстие прямо кликом внутри увеличенного изображения — удобно для мелких деталей, где на обычном масштабе легко промахнуться на десятые доли миллиметра.

СОВЕТ

Когда курсор мыши оказывается ТОЧНО в центре прицела лупы, сам крестик становится ярко-красным со свечением — это подтверждение, что клик сейчас попадёт ровно в отслеживаемую точку, а не на волосок в сторону.

7. Горячие клавиши

Клавиши	Что делают
← ↑ → ↓	Сдвиг выделенного элемента на 0.1 мм
Shift + стрелка	Сдвиг на 1 мм (для крупных поправок)
Esc	Снять выделение
DEL	Удалить выделенный элемент
Ctrl+Z	Отменить последнее действие
Ctrl+Shift+Z (или Ctrl+Y)	Вернуть отменённое действие
Shift + клик по элементам	Сгруппировать несколько элементов для совместного перемещения

8. 3D-просмотр и проверка совпадения крепежа

Кнопка «3D ВИД» в верхней панели открывает объёмную модель всей сборки — короб собирается из всех шести панелей на глазах, с подписанными сторонами. Мышь: левая кнопка — вращение, правая — сдвиг, колесо — масштаб.

Программа автоматически проверяет, что каждое крепёжное отверстие на панели реально совпадает с отверстием в соответствующем кубике — это как раз то, что физически нельзя проверить взглядом на плоский чертёж, а без такой проверки легко попасть на перерасход крепежа или несостыковку панелей уже в металле.

- **Зелёный кубик** — отверстия совпадают, всё в порядке.
- **Красный/оранжевый кубик** — есть несовпадение, нужно проверить панель заново до отправки на резку.

ПРАВИЛО

Открывайте 3D-просмотр перед КАЖДЫМ экспортом на производство, даже если кажется, что ничего не меняли — особенно после перемещения кубика мышью или отмены действия (Ctrl+Z). Окно «Проверьте перед экспортом» само напомнит, если проверка ни разу не запускалась в этой сессии.

Экран «Готовность к производству»

В левом верхнем углу 3D-просмотра теперь один общий чек-лист вместо разрозненных сообщений — сразу видно совпадение болтов, пересечения кубиков друг с другом, отступы от края панели и наложения отверстий. Зелёная рамка — всё в порядке, красная — есть хотя бы один пункт, требующий внимания перед отправкой на завод. Справа — отдельная плашка с количеством болтов и кубиков, видна всегда, без необходимости идти смотреть в окно экспорта.

Если на панелях выбрана зенковка или цековка — на соответствующих отверстиях в 3D появляется янтарный условный значок (конус или шайба), с пояснением в углу экрана, что это не настоящий вырез, а справочная пометка.

9. Экспорт: какой формат для чего

Кнопка «ЭКСПОРТ» открывает окно со всеми доступными форматами выгрузки. Перед самой выгрузкой всегда показывается сводка — сколько панелей, сколько болтов и кубиков получится — чтобы свериться до, а не после.

Кнопка	Что получится
Экспорт: 1 панель	Python-скрипт для Fusion 360 — строит только ту панель, которая сейчас открыта на холсте.
Экспорт: 6 панелей	Python-скрипт для Fusion 360 — строит все шесть панелей короба разом, с автоматической разметкой зенковки/цековки и README с закупочным листом крепежа.
STEP без Fusion (по деталям)	Отдельный .step-файл на каждую панель, планку и на каждый уникальный тип крепёжного кубика (одинаковые кубики — один файл + количество, не поштучно) — строится прямо на сервере, Fusion 360 не нужен. В архиве — папки panels/, clamps/ и cubes/, manifest.json со списком состава, и PNG-превью рядом с каждым файлом для быстрой проверки глазами.
Лазер: контур	DXF-чертёж панели для резки по контуру.
Лазер: заливка	DXF с реальной штриховкой вентиляционных отверстий (не просто дублирующий контур).
Лазер: маркировка	DXF для поверхностной гравировки (надписи, разметка под досверливание зенковки/цековки).
Крепёжные кубики (Fusion)	Python-скрипт для Fusion 360 — тот же набор кубиков, но как Python-код для Fusion, а не готовый файл. Если нужен просто готовый .step на кубики — он уже есть в кнопке STEP выше, эта кнопка нужна отдельно, только если хочешь построить кубики именно внутри Fusion.
Спецификация проекта	Печатный/копируемый документ: габариты, толщины, крепёж, количество болтов и кубиков — см. раздел 10.

STEP без Fusion — теперь по одной детали на файл

Каждый файл — отдельная позиция заказа: материал, количество и покрытие выбираются по каждому файлу отдельно, как в любом другом заказе на ЧПУ/лазер. Отверстия строятся честным твердотельным методом (плита минус цилиндр/конус), дуги остаются математически точными. Ориентация зенковки/цековки проверена математически на всех шести сторонах короба разом через реальный FreeCAD — направление подтверждено числом, не визуальным предположением. Перед реальной отправкой партии на завод всё равно стоит один раз открыть файл в CAD-программе и свериться глазами — PNG-превью в архиве подсказка, а не замена такой проверке.

ДВА СОВЕТА ИЗ ПРАКТИКИ ОТПРАВКИ НА ЗАВОД

Обязательно попроси производителя сгруппировать и подписать кубики при доставке — без этого поиск нужного кубика для нужного угла превращается в мучительную работу методом проб. И не переплачивай за материал стенок корпуса без явной причины — обычно подходит недорогой, легко режущийся сплав, более дорогой не увеличивает качество для типовой задачи.

10. Спецификация проекта и закупочный лист

Кнопка «Спецификация проекта» открывает отдельный документ с полной сводкой по текущему проекту: внутренние габариты, толщина каждой стенки, тип и количество крепежа, разбивка болтов по типу отверстия (обычные / зенковка / цековка — под них нужны разные головки винтов), количество кубиков, состояние проверки в 3D.

Все цифры считаются из того, что реально нарисовано на панелях — не отдельной прикладкой «на глаз». В счёт болтов идут только отверстия с диаметром выбранного крепежа (M3/M4/M5); произвольные отверстия под разъёмы, потенциометры и т.п. туда не попадают, даже если их на панели много. Это тот самый список, с которым удобно один раз съездить за крепежом, вместо того чтобы потом ездить повторно, если чего-то не хватило.

- Печать — открывает документ в отдельном окне, готовом к печати на бумаге.
- Копировать — копирует текстовую версию документа в буфер обмена, чтобы вставить в заметку или отправить сообщением поставщику крепежа.

11. Языки интерфейса

Интерфейс переведён на четыре языка — русский (RU), английский (EN), чешский (CS) и немецкий (DE). Переключаются кнопками в правом верхнем углу шапки программы, в любой момент, без потери введённых данных.

12. Частые ошибки и на что обратить внимание

- Размеры в Быстром старте и Мастере — всегда внутренние, не наружные габариты короба. Наружный размер будет больше на удвоенную толщину стенок.
- Меняя размер панели за край мышью, нельзя утащить край меньше, чем нужно для уже стоящих на ней элементов (кубиков, отверстий) — это защита от того, чтобы элемент случайно не оказался за пределами панели.
- После перемещения кубика мышью и отмены (Ctrl+Z) — как и написано в разделе 8, обязательно откройте 3D и проверьте совпадение отверстий, прежде чем сохранять или экспортировать.
- Перед сохранением всех панелей или экспортом — если меняли несколько панелей подряд, дайте программе секунду на автосохранение (оно срабатывает каждые 30 секунд) или сохраните вручную кнопкой «СОХРАНИТЬ», прежде чем закрывать вкладку.
- Зенковка/цековка на лазерном DXF — это только разметка, не реальный вырез (см. предупреждение в разделе 4). Реальную зенковку/цековку станок делает отдельной операцией сверления.
- Предупреждение об отступе от края — если под строкой сводки («Болтов: ... Кубиков: ...») появилась оранжевая надпись про элемент у края панели, отнеситесь к ней серьёзно: слишком тонкая кромка материала — частая причина скола на станке или отказа завода принять деталь. Проверяются не только автоматические крепёжные отверстия, но и всё, что добавлено вручную.
- Кнопка «ОЧИСТИТЬ» честно сообщает результат: если чистить было нечего, напишет об этом прямо, не спрашивая подтверждения; если что-то удалено — подтвердит, что именно.

Этот документ описывает основные возможности программы на момент его составления. Если что-то в интерфейсе выглядит иначе или появилась новая кнопка — это нормально, программа продолжает дорабатываться.