

ProstoCAD

Руководство пользователя

САПР в стиле Autodesk Inventor / Alibre на движке FreeCAD 1.1.3

Версия 0.12.0 — тестовая сборка (прежде InnCad Plus)

Windows 10 / 11 (x64), тестовая сборка

ProstoCAD 0.12.0. Интерфейс назван по-английски, как на экране (вкладки, кнопки, поля диалогов); что менялось от версии к версии — в CHANGES.md. Октябрь 2026.

Содержание

1 Что такое ProstoCAD

Что такое ProstoCAD, FreeCAD внутри и что значит «тестовая сборка» для ваших файлов.

2 Установка

Требования, установка, первый запуск, обновление, удаление.

3 Окно ProstoCAD

Лента, дерево модели, параметры, строка состояния, темы, настройки, отмена.

4 Мышь, виды и меню-жесты

Вращение, сдвиг и масштаб вида, меню по правой кнопке, вкладка View.

5 Эскизы

Создание эскиза, инструменты рисования, размеры и формулы, зависимости и Constraint List, проецирование, массивы в эскизе.

6 Операции детали

Как устроены диалоги, затем каждая операция: Extrude, Revolve, Hole, Fillet, Chamfer, Shell, Draft, Move Face, Thread, Sweep, Loft, Coil, Boolean, Split, массивы, рабочие элементы.

7 Несколько тел в одной детали

Отдельные тела, эскиз на грани другого тела, скрытие, удаление, превращение в сборку.

8 Анализ и инструменты

Измерения, масса, материал, сечения, настройки.

9 Сборки

Вставка деталей, связи и соединения, степени свободы, перемещение деталей, правка детали в контексте сборки, Make Assembly, Boolean между деталями.

10 Советы для 3D-печати

Зазоры для печати, сохранение инструмента, печать детали частями.

11 Если что-то не так и как сообщить о проблеме

Что попробовать сначала, файл журнала, что прислать, известные ограничения.

12 ProstoCAD: STL и ИИ

STL: увидеть, разрезать, перестроить; AI Link и Connect AI: Claude, Codex, Gemini или другой ИИ строит деталь в вашем окне.

A Горячие клавиши

Все клавиши, на которые отвечает ProstoCAD.

B Карта ленты

Все вкладки, группы и команды ленты в каждом режиме.

1 Что такое ProstoCAD

ProstoCAD — САПР с внешним видом и привычками работы Autodesk Inventor и Alibre Design.

ProstoCAD (прежде InnCad Plus) — это верстак ProstoCAD for FreeCAD (прежде InCad), ставший отдельной программой: внутри у него свой движок FreeCAD 1.1.3, и запускается он сразу в интерфейсе ProstoCAD. Устанавливать FreeCAD не нужно, а установленный FreeCAD и его настройки ProstoCAD никогда не трогает. Что вы получаете:

- **ленту** с вкладками, которые меняются в зависимости от того, что вы делаете (деталь, эскиз, сборка);
- **дерево модели** с единой историей детали, эскизами под использующими их операциями и маркером **End of Part**, который можно перетаскивать;
- панель **Parameters**, где у каждого размера и значения операции есть имя и его можно использовать в формулах;
- **диалоги операций** с предпросмотром, ручками на модели, кнопками **OK**, **Apply +** и **Cancel**;
- **меню-жесты** по правой кнопке мыши и навигацию мышью как в Inventor;
- **эскизы** как в Inventor и **сборки** со связями, соединениями и степенями свободы.

FreeCAD внутри

Всё, что делает ProstoCAD, — обычная геометрия FreeCAD: деталь — это тело Part Design, эскиз — эскиз Sketcher, сборка использует собственные соединения FreeCAD Assembly. Файлы остаются обычными **.FCStd**: их открывает и FreeCAD (с верстаком ProstoCAD for FreeCAD или без него), а ProstoCAD открывает файлы, сделанные во FreeCAD.

Файл, сделанный не в ProstoCAD, тоже откроется — со всеми инструментами: когда он оказывается впереди, он сам становится деталью ProstoCAD (главным становится самое большое тело; STEP, открытый как есть, получает Solid для каждого своего тела, на их местах). Save сохраняет это.

Эта версия: 0.12.0, тестовая сборка

ProstoCAD (до 0.11 — InnCad Plus) — это верстак с дополнительными инструментами: STL-файлы разбираются и перестраиваются, а ИИ строит деталь за вас (глава 12). Новое в 0.12.0: новое имя — InnCad Plus теперь называется **ProstoCAD** (сайт prostocad.com); настройки переезжают сами. Новое в 0.11.0: **Mirror Solid** — зеркальная копия целого тела, следующая за оригиналом до Break Mirror Link, или Join / Cut с самим собой, целиком или одной стороной от плоскости (6.14); **Mirror** в эскизе, копия которого следует за оригиналом без копирования размеров, и собственный **Symmetric** InCad; Shift-клик выделяет весь контур эскиза; окно **Parameters**; Split ▸ **Gap**; ⚙ ▸ **Report a Bug**; меню правой кнопки показывают только то, что применимо; ручки шестерён крупнее и цветные; Boolean, зазор которого не строится, вырезает с 0 мм. Исправлено в 0.10.4: каждая плоскость ряда (**Planes**) открывает свой диалог двойным щелчком — её отступ и Turn, — а щелчок по

другой плоскости ряда переносит туда диалог; поля Point берут точки 3D Line и рабочие точки; Angle around edge и Normal to edge принимают ось; Midpoint of edge — середина по длине кривой; Edge meets plane и Two edges meet отказывают, если ничего не пересекается; 3D Line и Text прячутся и показываются, как эскизы. Исправлено в 0.10.3: Appearance ► **Hide Edges** работает после кнопки Shaded. Новое в 0.10.2: Hole ► Concentric и Thread сразу по нескольким круглым рёбрам или граням (6.4, 6.10); Apply + помнит настройки; Delete предлагает удалить то, что построено на элементе. Исправлено в 0.10.1: Work Axis ► Axis of a cylinder на конусе и части цилиндра; все поля Point рабочих элементов подсвечивают отмеченные точки детали; вид вращается при выборе точек; Hide / Show больше не перестраивает деталь. Новое в 0.10.0: явные **Hide**, **Show** и **Show All** на ленте и во всех меню правой кнопки; в сборке деталь прячется и показывается в дереве сборки (9.9); файлы не из ProstoCAD — из скрипта, FreeCAD, STEP — открываются со всеми инструментами; Save сборки кладёт её и все детали в папку с её именем (9.9); гизмо в сборке меньше и появляется по щелчку на пару секунд; стрелки прокрутки у вкладок файлов. Новое в 0.9.0: **сечение сборки** — все детали, которые пересекает плоскость, каждая в своём цвете, а также STEP, файлы из других программ и сборки FreeCAD (8.4); **Interference**: пересечения деталей ярко-красным; Hide / Show осей, начала координат и эскизов в сборке; **Open** детали в отдельном окне (9.9). Новое в 0.8.0: **3D Line** по виртуальному кубу точек (путь для Sweep, 6.18); несколько рабочих плоскостей сразу (**Planes**) и их поворот кольцами (**Turn**); у Extrude **Extents 2** для второй стороны и To до ребра или рабочей оси; **Full** рядом с радиусом Fillet; окно Open показывает картинку файла; подсказки синие, ошибки красные; Import читает IGES и OBJ; вкладка **Image** — фото-подложка, масштаб по известной длине; View ► **Screenshot**; оси деталей в сборке — для привязок; исправлено: стенка Sweep ровная и тогда, когда эскиз профиля перевёрнут на своей плоскости; Sweep в стороне от детали больше не закликивает окно операции. Новое в 0.7.0: Extrude ► **To** до любой грани любого тела, и кривой, или до любой точки; буквы Emboss за краем грани переходят на плавно продолжающие её грани; End of Part выше эскизов, Text и рабочих плоскостей; **Full Round Fillet** (по двум рёбрам); Show / Hide All Sketches; деталь становится полупрозрачной, пока вы рисуете эскиз на плоскости внутри неё. Новое в 0.6.0: компактная лента **Compact** (View ► Ribbon Size: значки без подписей, самая низкая лента), Work Plane ► Three points по отмеченным точкам, как в разрезе; исправлено: Offset и Symmetric на пазах, разрез по плоскости XY / XZ / YZ. Исправлено в 0.5.2: предупреждения Qt больше не всплывают у курсора. Исправлено в 0.5.1: ProstoCAD больше не зависает, когда FreeCAD показывает всплывающее сообщение (после долгого Smooth). Исправлено в 0.9.1: фица, сделанная в скрытом теле, показывает это тело. Новое в 0.9.0: **Import** в сборку (каждое тело — файл детали); Import и Export — в Tools ► Convert. Новое в 0.8.0: **Import** файлов STEP (File ► Import). Новое в 0.7.0: **Collinear** в эскизе, размеры вводятся при рисовании (Tab), вкладка **Assembly** у детали. Новое в 0.6.0: Spur Gears и Worm Gear строят пару одним диалогом, Make Assembly раскладывает колёса по файлам деталей (6.17). Новое в 0.5.0: гизмо как в сборке на колёсах и поле Axis (6.17). Новое в 0.4.0: пара колёс по передаточному числу (**Ratio**) или межосевому расстоянию (**Center distance**) и червяк, зацепляющийся с уже сделанным колесом (6.17). Новое в 0.3.0: шестерни **Gear** (прямозубые и косозубые, пара в зацеплении собирается сама) и червяк **Worm** с колесом (6.17). 0.1.0 — это InCad 0.5.5 в виде отдельной программы. Новое в 0.2.0: операция **Auto** (Join / Cut) у Extrude и Revolve (6.2, 6.3), **пучки** на модели (6.1), петли и список рёбер в Fillet и Chamfer (6.5), исключение копий (**Excluded**) в массивах (5.9, 6.14), размеры при

рисовании (5.2), настройка проецируемых рёбер и проецирование того, чего касается нарисованная точка (5.7), ползунок точности STL (3.10), отрицательные значения стрелками ▲▼ и эскизы, всегда повёрнутые к вам (5.1). Исправлено в 0.2.1: размеры к любому ребру и углу детали (5.3), × в поле размера, версия в строке заголовка. Полный список — в CHANGES.md.

Пожалуйста: сохраняйтесь почаще и работайте с **копиями** важных файлов. Если что-то выглядит неправильно, сообщите нам — что прислать, сказано в главе 11.

2 Установка

ProstoCAD работает прямо из своей папки — установка не нужна — или ставится программой установки.

Требования

- Windows 10 или Windows 11, 64 бита (x64).
- Около 600 МБ на диске. FreeCAD не нужен: у ProstoCAD свой движок.

Первая тестовая сборка. ProstoCAD разрабатывается на Mac; в Windows возможны проблемы. Работайте с **копиями** файлов и присылайте журнал с каждым сообщением (глава 11).

Без установки: запуск из папки

1. Распакуйте **ProstoCAD-...-windows-x64.zip** (правый клик ► **Извлечь все...**) в короткий путь, например `C:\ProstoCAD`. Ничего не запускайте прямо из zip.
2. Дважды щёлкните **ProstoCAD.exe**. Если Windows скажет «Windows защитил ваш компьютер»: **Подробнее ► Выполнить в любом случае**.

Папку можно держать и на флешке: рядом с ней ничего не записывается.

Установка программой установки

Запустите **ProstoCAD-...-windows-x64-setup.exe**. Он ставит ProstoCAD только для вас (без прав администратора) в `%LOCALAPPDATA%\Programs\ProstoCAD`, добавляет ярлыки в меню «Пуск» и на рабочий стол и предлагает ProstoCAD в пункте **Открыть с помощью** для файлов .FCStd (программа по умолчанию для них не меняется).

Первый запуск

В первый раз ProstoCAD спрашивает, что создать и в каких единицах: **Part** (файл детали) или **Assembly** (сборка из файлов деталей), **Millimeters** (мм, сначала резьбы ISO) или **Inches** (дюймы, сначала резьбы UNC/UNF). С отметкой **Remember my choice** кнопка **New** в следующий раз создаёт то же самое без вопроса. Нажмите **Create**.

Чтобы вопрос снова появлялся, включите **Tools ► Options ► Ask on New** на ленте или выберите **☰ ► Units for New Files ► Ask every time**.

Обновление до новой версии

Без установки: закройте ProstoCAD и замените его папку новой. С установкой: запустите новую программу установки. Настройки сохранятся.

Был InnCad Plus? ProstoCAD — его новое имя. При первом запуске настройки, недавние файлы и AI Link переедут сами. Если вы подключали ИИ вручную (файл настроек MCP), укажите в нём новый путь (12.3) или один раз нажмите **Connect AI**. Старую программу InnCad Plus после этого можно удалить.

Удаление

Без установки: удалите папку. С установкой: **Параметры** ▸ **Приложения** ▸ ProstoCAD ▸ **Удалить**. Настройки (%APPDATA%\ProstoCAD) и папка журнала (%LOCALAPPDATA%\ProstoCAD) остаются; при желании удалите и их. Ваши файлы .FCStd по-прежнему открываются во FreeCAD.

3 Окно ProstoCAD

Короткая экскурсия: для чего какая часть окна.

3.1 Полоса заголовка

В самой верхней полосе — быстрые кнопки **New**, **Open**, **Save**, **Undo**, **Redo** и **Update**, имя файла, а справа **Light / Dark** и ⚙ (настройки ProstoCAD).

Update пересчитывает модель и перерисовывает дерево и вид. Нажмите её, если вид или дерево вдруг разошлись с моделью; в сборке она ещё и подтягивает изменившиеся детали (см. 9.10).

3.2 Меню

Меню у ProstoCAD короткое: **File** (New, New Assembly, Open, Save, Save As, Close, Quit), **Edit** (Undo, Redo) и **View** (Light / Dark, Zoom All, Home View, Shaded, Wireframe, Assembly Context, Parameters, Ribbon Size). Всё остальное — на ленте и в меню-жестах.

3.3 Лента

Вкладки ленты зависят от того, что открыто:

Режим	Вкладки
Нет файла или файл не из ProstoCAD	Get Started (New, New Assembly, Open, Import), View
Деталь	3D Model , Assembly , Inspect , Tools , View
Правка эскиза	Sketch , View
Сборка	Assembly , View

Кнопка с маленькой стрелкой — это **кнопка с вариантами**: она выполняет показанную команду, а стрелка открывает список вариантов (например, Rectangle ▸ Center Rectangle, 3-Point Rectangle ...). Наведите указатель на кнопку, чтобы увидеть полное название и подсказку. **View ▸ Ribbon Size** (или ⚙ ▸ **Ribbon Size**) переключает размер ленты: **Compact** (значки без подписей, названия — в подсказках; самая низкая лента), **Small** или **Large**. Все команды всех вкладок перечислены в приложении В.

3.4 Дерево модели

Панель **MODEL** слева — это история детали, как в Inventor:

- Верхняя строка — сама деталь. Под ней: **Origin** (плоскости XY, XZ и YZ, оси X, Y и Z, Center Point), затем **Solid Bodies (n)**, если в детали больше одного тела (глава 7), затем операции в порядке создания — одна история для всех тел детали.
- Эскиз стоит под операцией, которая его использует. У строки эскиза написано ✓, если он полностью определён, или сколько степеней свободы осталось (**2 DOF**).
- End of Part** отмечает, где заканчивается модель. Перетащите маркер вверх, чтобы

увидеть деталь такой, какой она была в этой точке истории, и работать там; операции ниже маркера становятся серыми и не вычисляются. Маркер можно поставить и выше эскизов, Text и рабочих плоскостей: пока они ниже маркера, они серые и скрыты. То же самое делает правый клик по операции ► **Move End of Part Here**. Закончив, верните маркер в конец.

- Цвета строк: операция с ошибкой — **красная** (наведите указатель, чтобы узнать причину); подавленная — серая и ~~зачёркнутая~~; скрытый элемент — бледный.

Щелчок по строке выделяет её: грани, созданные операцией, подсвечиваются в виде. Скрытая плоскость, ось, точка или эскиз показываются, пока их строка выделена, и снова прячутся, когда вы выделите другое. **Двойной щелчок** открывает правку: операция открывает свой диалог, эскиз открывается для редактирования, на плоскости Origin начинается новый эскиз, рабочая плоскость открывает свой диалог. С **Shift** или **Ctrl** можно выделить несколько строк.

Правый клик по строке открывает её меню-жест (глава 4):

Строка	Команды
Операция или эскиз	Edit, Move End of Part Here, Suppress / Unsuppress, Rename, Show in Window, Start 2D Sketch, Delete, Hide / Show
Тело (Solid Bodies)	Hide / Show, Rename, Show in Window, Delete
Плоскость или ось Origin	Start 2D Sketch, Hide / Show

- **Show in Window** подсвечивает грани операции и приближает к ним вид. Обратная команда, **Show in Browser** (правый клик по грани в виде), раскрывает дерево на операции, создавшей эту грань.
- **Suppress / Unsuppress** выключает операцию, не удаляя её. Резьба подавляется вместе со вспомогательными шагами, которые ProstoCAD для неё сделал; эскиз профиля операции означает саму операцию.
- **Delete** удаляет операцию вместе со всем, что ProstoCAD для неё создал (профили резьбы, вспомогательные элементы Boolean, вырезы в сборке), одним шагом отмены. **Backspace** или **Del** удаляют выделенное. Если удаление затрагивает больше, чем одну строку, — тело, которое использует Boolean, главное тело, Split с частями, — ProstoCAD сначала спросит и скажет, что исчезнет.
- **Hide, Show** и **Show All** (View ► Visual Style ► Hide / Show и меню правой кнопки) прячут или показывают выбранное тело, деталь сборки, плоскость или ось Origin, Center Point или эскиз; спрятанное выбирается его строкой в браузере. **Show All** возвращает все спрятанные тела детали и все спрятанные детали сборки — ничего выбирать не нужно.

3.5 Панель Parameters

Под деревом модели панель **PARAMETERS** показывает значения детали в трёх столбцах: **Name**, **Value** (то, что вы ввели, — число или формула) и **Result**.

- **Параметры модели** (выделены акцентным цветом) создаются сами: каждый размер эскиза и каждое значение операции получает следующее свободное имя **d0, d1, d2 ...**; значения сборочных связей называются по связи (**Mate1, Angle1 ...**). Чтобы

переименовать параметр модели, впишите новое имя поверх старого — формулы, которые его используют, переименуются вместе с ним.

- **Свои параметры:** нажмите **+**, впишите имя, нажмите **Tab** и впишите значение (**Width**, **40 mm**). Это имя можно использовать в любом поле ввода.
- Измените значение в столбце **Value** — модель обновится.
- — удаляет выделенный параметр. Значение, которое ещё где-то используется (операцией или формулой), не удаляется: строка состояния скажет, кто его использует. Так удобно убирать значения, оставшиеся от удалённых операций. Размер эскиза (**d1**, **d2...**) удаляется так же — из своего эскиза; размер, который использует формула, остаётся.
- Пока открыто поле ввода размера или поле диалога, щелчок по имени параметра вставляет это имя в формулу.

View ▸ Windows ▸ Parameters (или меню-жест) открывает **окно Parameters**: все параметры в одной большой таблице, размер окна меняется, — **Name**, **Value**, **Result** и **Used by** (операции, эскизы и формулы, которые его используют; «— not used» серым). Окно остаётся открытым во время работы и показывает каждое изменение. Введите значение или формулу в **Value**, введите новое имя поверх размера или значения операции, чтобы переименовать его, **+ Add** и **– Remove** — как на панели, **Find a name** сужает список, а **Delete Unused** одним шагом отмены удаляет все значения, которые ничем не используются (оставшиеся от удалённых операций).

3.6 Значения, единицы и формулы

Везде, где ProstoCAD просит длину или угол, можно ввести:

- число в единицах файла (**12**) или с единицами (**12 mm**, **0.5 in**, **30°**);
- имя параметра (**d3**, **Width**);
- формулу (**d0/2**, **Width – 2*d3**, **d3*2**).

Значение-формула пересчитывается каждый раз, когда меняются значения, на которые оно ссылается.

3.7 Строка состояния

Внизу окна слева — подсказка, что делать дальше (например, «Pick a plane or a flat face for the new sketch»), и сообщения: оранжевые или красные, если что-то не получилось. Когда «ничего не происходит», смотрите сначала сюда. Справа: единицы файла (**mm · deg**), при работе с эскизом — сколько у него осталось свободы (**DOF: 3** или **Fully constrained ✓**; щёлкните, чтобы увидеть свободную геометрию), и размер детали (**2 solids · 14 features**).

3.8 Светлая и тёмная тема, меню настроек

Light / Dark на полосе заголовка (а также **View ▸ Appearance** и меню ) переключает тему одним щелчком. В меню  собраны настройки ProstoCAD:

Меню ☰	Варианты
Theme	Match Windows (как в системе), Light, Dark
Ribbon Size	Compact, Small, Large
Units for New Files	Ask every time (спрашивать), Always millimeters, Always inches
Dimension Display	Как подписаны размеры эскиза: Value (40), Name (d3), Expression (d3 = 40)
Display Quality	Normal (быстрее) или Fine (более гладкие кривые): насколько мелко рисуются круглые грани. С Fine блик на шаре или скруглении не показывает грани; меняется только отрисовка, не деталь, и файл не помечается изменённым. В Windows по умолчанию Normal (встроенная графика рисует Fine медленнее).
Dimensions While Drawing	Включено: прямоугольник, окружность, паз, многоугольник, линия или дуга сразу при рисовании получают размеры (5.2). По умолчанию выключено.
Type Sizes While Drawing (Tab)	Включено (по умолчанию): пока рисуется линия, прямоугольник, окружность ..., у указателя видны поля размеров — введите значение, Tab переходит к следующему (у прямоугольника ширина, потом высота), щелчок или Enter завершает.
Polygon Circle	Вспомогательная окружность нового многоугольника: Inscribed (вписанная — касается сторон, размер под ключ; по умолчанию, как в Inventor) или Circumscribed (описанная — через углы, как рисует FreeCAD)
Projected Edges	Normal geometry (обычная геометрия, по умолчанию, как в Inventor) или Reference (construction) (вспомогательная); и Project What a Drawn Point Touches (по умолчанию включено) — 5.7
Show Log File	Показывает журнал ProstoCAD (ProstoCAD.log) выделенным в Проводнике — этот файл нужно прислать с сообщением о проблеме (глава 11)
Report a Bug...	Отправляет сообщение о проблеме прямо в открытый список задач ProstoCAD на GitHub — аккаунт GitHub не нужен: что случилось, шаги, контакт, если нужен ответ, и конец журнала (ваше имя убирается из путей к файлам). Ответ появится там же (глава 11)
Mouse Navigation	Включено: мышь ProstoCAD (вращение левой+правой кнопкой, меню по правой). Выключено: действует собственный стиль навигации FreeCAD.

3.9 Отмена и повтор

Ctrl **Z** отменяет, **Shift** **Ctrl** **Z** повторяет (а также кнопки на полосе заголовка и направления NW / NE меню-жеста). Каждая операция — это **один** шаг отмены: операция, созданная в диалоге, удаление вместе со вспомогательными элементами, скрывание, перетаскивание детали в сборке. Внутри диалога операции Undo шагает назад по изменениям самого диалога. Отмена работает и в эскизе.

Пока открыт диалог операции, команды, которые ему помешали бы (Save, Undo вне диалога, правка эскиза), отклоняются с сообщением «Finish the ... dialog first». Сначала нажмите **OK** или **Cancel**.

3.10 Файлы

New (**Ctrl** **N**) создаёт деталь или сборку (как выбрано при первом запуске), **File** ▸ **New Assembly** — всегда сборку. **Open** (**Ctrl** **O**), **Save** (**Ctrl** **S**) и **Save As** (**Shift** **Ctrl** **S**) работают с файлом на переднем плане. **Close** (**Ctrl** **W**) спрашивает, сохранить ли изменения (**Save**, **Don't Save**, **Cancel**); **Quit** (**Ctrl** **Q**) спрашивает про каждый изменённый файл. У каждого открытого файла своя вкладка над видом. Окно **Open** (и **Import**, **Place**) показывает картинку файла под курсором — вид, с которым сохранён файл FreeCAD, или затенённый STL, STEP, IGES (STEP больше 40 МБ не читается), — с его датой и размером.

File ▸ **Import** читает также **IGES** (.iges, .igs: отдельные грани сшиваются в тело) и сетки **OBJ** (как STL). **JPG**, **PNG** или **BMP** становится картинкой-подложкой для эскиза (6.19). **Open** показывает только файлы FreeCAD, STEP и STL; открытый STEP или STL становится новой деталью, как при **Import**. **View** ▸ **Capture** ▸ **Screenshot** (и **File** ▸ **Screenshot**) сохраняет 3D-вид в PNG, JPEG или BMP в полном разрешении экрана (на Retina — вдвое больше окна); PNG может быть с прозрачным фоном — для сайта. **Screenshot (Window)** (стрелка рядом) сохраняет всё окно — ленту, браузер, 3D-вид и строку состояния.

File ▸ **Export** записывает деталь (все видимые тела) или сборку в **STEP** (точные тела) или **STL** (сетка для слайсера). Для STL окно **STL Precision** спрашивает, насколько мелкой делать сетку: ползунок от **50 %** (грубее, маленький файл) до **100 %** (более гладкие кривые), рядом — число треугольников и размер файла для выбранного значения. ProstoCAD запоминает это значение.

File ▸ **Import** (также **Tools** ▸ **Files** ▸ **Import** и **Get Started**) читает файл **STEP** (.step, .stp) из другой CAD: каждое тело в нём становится телом (Solid) детали (первое занимает пустое первое тело новой детали), на своём месте из файла, в миллиметрах. На его гранях можно рисовать эскизы, вырезать, скруглять, разрезать его или сделать из него сборку, как с любым телом; сама импортированная форма остаётся такой, какой пришла. Если деталь не открыта, **Import** создаёт новую деталь с именем файла. В сборке (**Assembly** ▸ **Component** ▸ **Import**) каждое тело становится файлом детали рядом со сборкой и вставляется компонентом на своё место из файла; первый закрепляется. Новая сборка сначала сохраняется рядом с импортируемым файлом.

4 Мышь, виды и меню-жесты

В ProstoCAD мышь работает как в Inventor: левая кнопка выделяет, две кнопки вместе вращают вид, правая открывает меню-жесты.

4.1 Мышь

Действие	Что происходит
Щелчок левой	Выделение. Щелчок с Shift или Ctrl добавляет к выделенному.
Левая + правая, тянуть	Вращение вокруг точки под курсором.
Средняя, тянуть	Сдвиг вида.
Колесо	Масштаб относительно курсора.
Щелчок правой	Меню-жест (в виде и в дереве модели).
Правая, тянуть	Жест: выполняет команду меню в этом направлении, не дожидаясь появления меню.
Двойной щелчок	В дереве: правка строки (операция, эскиз, деталь сборки). В эскизе: правка размера или массива, к которому относится копия.

Нет средней кнопки? **Orbit** и **Pan** на панели навигации (у правого края вида) или на вкладке View превращают левую кнопку во вращение или сдвиг; чтобы выйти, щёлкните кнопку ещё раз.

☛ ► **Mouse Navigation** выключает обработку мыши ProstoCAD; тогда действует собственный стиль навигации FreeCAD.

Инструменты эскиза: пока инструмент линии (ломаной) или сплайна FreeCAD рисует, щелчок правой кнопкой заканчивает цепочку, как в FreeCAD, а не открывает меню.

4.2 Меню-жесты

Щелчок правой кнопкой открывает кольцо из восьми команд вокруг курсора (север, северо-восток ... северо-запад) и короткий список под ним. Набор команд зависит от того, что под курсором: пустое место, грань, ребро, эскиз, деталь сборки, строка дерева. Когда вы запомнили, где стоит команда, делайте **жест**: нажмите правую кнопку, потяните в сторону команды и отпустите — ждать появления меню не нужно. В списке только то, что к месту: Hide — на видимом, Show — на скрытом, Show All — только когда что-то скрыто, Thread — только на круглой грани, Make Assembly — только при двух телах и больше, стиль отображения — тот, что сейчас не включён; места в кольце не меняются.

Под курсором	Кольцо (сначала N, S, E, W)	Список
Пустое место (деталь)	N Start 2D Sketch, S Extrude, E Shaded, W Wireframe, NW Undo, NE Redo, SE Parameters, SW Measure	Zoom All, Home View, Hide / Show, Show All Origin, Hide All Origin, Make Assembly, Move Face
Грань	N Start 2D Sketch, S Extrude, E	Show in Browser, Zoom Selection,

	Shaded, W Wireframe, NW Undo, NE Look At, SE Home View, SW Zoom All	Hole, Fillet, Move Face, Thread, Hide / Show
Ребро	N Look At, S Zoom Selection, E Fillet, W Chamfer, NW Undo, NE Redo, SE Home View, SW Zoom All	Show in Browser, Shaded, Wireframe, Hide / Show
В эскизе	N Finish Sketch, S Dimension, E Circle, W Undo, NE Line, SE Rectangle, SW 3-Point Arc, NW Trim	только то, что к месту: Delete для всего выделенного — линий, точек и размеров (правый клик по невыделенному сначала выделяет его); на линии или точке Construction, Show / Hide Constraints и её Constraints (n)... (список зависимостей, отобранный по ней: там удаляется одна или все, раздел 5.6); Edit / Delete Pattern на геометрии массива, Break Mirror Link на зеркальной копии; на пустом месте Show / Hide Constraints и Constraint List; Stop Tool первым, пока работает инструмент
Пустое место (сборка)	N Place, S Mate, E Rigid, W Create, NW Undo, NE Zoom All, SE Home View, SW Ground	Edit, Hide / Show, Suppress, Remove from Assembly, Flush, Insert
Грань детали (сборка)	N Mate, S Flush, E Angle, W Tangent, NE Look At, SW Ground	Edit, Hide / Show, Suppress, Remove from Assembly, Rigid, Parallel, Perpendicular, Zoom Selection
Ребро детали (сборка)	N Insert, S Rotational, E Cylindrical, W Slider, SW Ground	Edit, Hide / Show, Suppress, Remove from Assembly, Rigid, Parallel, Perpendicular, Angle, Zoom Selection
Нет открытого файла	N New, S Open, E Zoom All	—

У строк дерева модели свои меню (глава 3; строки сборки — в главе 9).

4.3 Команды вида

На вкладке **View** (часть из них — также на панели навигации и в меню View):

Команда	Что делает
Light / Dark	Переключает тему.
Zoom All	Вся модель в окне.
Home View	Стандартный изометрический вид.
Look At	Взгляд прямо на выделенную грань или плоскость; в эскизе без выделения — прямо на эскиз.
Zoom Selection	Выделенное во весь вид.

Orbit, Pan	Левая кнопка вращает или сдвигает вид, пока не щёлкнете кнопку ещё раз.
Shaded, Wireframe	Стиль отображения. Линии Wireframe светлые в тёмной теме и тёмные в светлой.
Section	Разрезает вид (раздел 8.4). Повторный щелчок закрывает разрез.
Section by 3 Points	Плоскость разреза по трём отмеченным точкам.
Hide / Show	Скрывает или показывает выделенные тела, детали сборки, элементы Origin или эскизы.
Show All / Hide All	Show All Origin, Hide All Origin: все плоскости и оси Origin и центральная точка. Show All Sketches, Hide All Sketches: все эскизы и тексты детали, и использованные операциями.
Assembly Context	В детали, открытой из сборки: показать или скрыть остальные детали вокруг неё (9.9).
Degrees of Freedom	В сборке: значки степеней свободы на каждой свободной детали (9.7).
Parameters	Открывает окно Parameters: все параметры, что их использует, Delete Unused (3.5).

5 Эскизы

Эскизы работают как в Inventor: рисуете примерно, затем задаёте размеры и зависимости. У каждого размера есть имя, которое можно использовать в формулах.

5.1 Новый эскиз

1. Выделите плоскую грань детали или плоскость (в виде или в дереве) — или ничего не выделяйте.
2. Нажмите **S**, или **3D Model** ► **Sketch** ► **Start 2D Sketch**, или правый клик ► **Start 2D Sketch** (N в меню-жесте).
3. Если ничего не выделено, ProstoCAD покажет плоскости Origin и маленькую панель **New sketch on** с кнопками **XY · Top**, **XZ · Front** и **YZ · Right**: нажмите кнопку или щёлкните плоскость или плоскую грань в виде. **Esc** или **Cancel** — отказаться.

Эскиз на плоскости всегда повернут к вам: ProstoCAD разворачивает его так, чтобы вы смотрели на его лицевую сторону, с какой бы стороны плоскости вы ни смотрели (если плоскость видна с ребра, лицевая сторона — как у стандартных видов). Эскиз на грани смотрит наружу из детали.

Двойной щелчок по плоскости Origin в дереве тоже начинает на ней эскиз (на рабочей плоскости — правый клик ► **New Sketch**). Чтобы изменить существующий эскиз, щёлкните его дважды в дереве (или правый клик ► **Edit**).

Выйти из эскиза: **Sketch** ► **Exit** ► **Finish Sketch**, N в меню-жесте или **Esc** (первое нажатие **Esc** останавливает работающий инструмент).

5.2 Инструменты рисования

Все — в **Sketch** ► **Create**. Это инструменты Sketcher из FreeCAD; варианты собраны в кнопках со стрелкой.

Кнопка	Варианты	Клавиша
Line	Line (цепочка линий; M во время рисования переключает линию и дугу), Single Line	L
Spline	Spline (через точки), Control-Vertex Spline	
Circle	Circle (центр и радиус), 3-Point Circle, Ellipse, 3-Point Ellipse	C
Arc	3-Point Arc, Center Arc, Elliptical Arc	A
Rectangle	Rectangle (угол, ширина, высота), Center Rectangle, 3-Point Rectangle, 3-Point Center Rect., Rounded Rectangle. У каждого прямоугольника появляются две диагонали — вспомогательные линии — и вспомогательная точка на их пересечении (у Rounded Rectangle диагонали соединяют центры скруглений; у Center Rectangle своя центральная точка): одна связь — эта точка на начале координат — ставит прямоугольник по центру. Они следуют за прямоугольником, удаляются как любые линии.	R
Slot	Center-to-Center Slot, Overall Slot (два крайних конца, затем ширина),	

Center Point Slot (центр, центр одного конца, затем ширина), Arc Slot, Flat-End Arc Slot

Polygon	Hexagon, Triangle, Square, Pentagon, Octagon, Polygon (N sides)
Point	Точка эскиза (например, центр отверстия)

Sketch ► Modify: Fillet и **Chamfer** (скругление и фаска углов эскиза), **Trim** (**X**), **Extend**, **Offset**. В **Sketch ► Pattern** — массивы в эскизе (5.9) и **Mirror**.

Offset (собственный ProstoCAD): щёлкните линию — берётся вся фигура, в которую она входит (прямоугольник, многоугольник, цепочка из отдельных линий); **Ctrl**-клик добавляет фигуры. Копия идёт за курсором, клик ставит её. Углы остаются острыми, одна линия даёт одну параллельную линию, окружность или эллипс — кольцо. Смещение задаёт один размер, на нём открывается поле значения. Геометрия, выделенная до команды, берётся сразу. **Mirror** и массивы тоже берут всю фигуру по клику на одну сторону.

Фигура целиком. **Shift**-щелчок по линии выделяет всю её цепочку или фигуру сразу (она подсвечивается); **Shift**-щелчок по другой добавляет и её. Обычный щелчок по-прежнему выделяет одну линию.

Mirror. Выделите фигуры (щелчок по одной стороне берёт весь контур, он подсвечивается), нажмите **Mirror** и щёлкните линию зеркала — любую линию, в том числе линию самой фигуры (половина профиля, отражённая относительно своей замыкающей линии, соединяется с ней), ось X или Y — или точку. Если линия зеркала уже выделена последней, копия делается сразу. Копия связана с оригиналом только симметрией: она сохраняет его размеры и следует за каждым его изменением, а размеры не копируются. Правый клик по копии ► **Break Mirror Link** освобождает её: она сохраняет форму (углы остаются соединёнными) и больше не следует за оригиналом.

Ввод значений при рисовании. Пока инструмент рисует, вводите длину, радиус или угол прямо с клавиатуры; **Tab** переходит к следующему полю. **Esc** или **Stop Tool** (меню-жест) завершает инструмент.

Размеры при рисовании. Если включено **☞ ► Dimensions While Drawing**, нарисованное сразу получает размеры с нарисованными значениями (ничего не сдвигается): прямоугольник — ширину (внизу) и высоту (слева), окружность — диаметр, паз — радиус и расстояние между центрами, линия и каждый отрезок цепочки — длину, дуга — радиус.

Многоугольник получает диаметр своей окружности и **справочный** размер одной стороны; двойной щелчок по размеру стороны делает управляющим его (а размер окружности становится справочным). То, что уже задано привязкой или введённым значением, второго размера не получает; одна отмена убирает нарисованное вместе с его размерами.

Многоугольники. Многоугольник строится вокруг вспомогательной окружности. С **☞ ► Polygon Circle ► Inscribed** (по умолчанию) окружность касается сторон, и её диаметр — размер под ключ; с **Circumscribed** она проходит через углы. Многоугольник остаётся правильным, какой бы размер вы ни поставили.

Удаление геометрии или размеров: выделите их и нажмите **Backspace** или **Del**.

5.3 Размеры

1. Нажмите **D** (или **Sketch ▸ Dimension, S** в меню-жесте).
2. Щёлкните линию, окружность, две точки или две линии и поставьте размер. Ребро или угол детали тоже подходят: щёлкните его, и оно спроецируется в эскиз (как construction) для размера — без **Project Geometry**.
3. Откроется поле ввода: **d3 = 40 mm**. Введите значение (или формулу) и нажмите **Enter** или **✓**; **Esc** или **x** убирает только что поставленный размер. Если значение нельзя применить, поле становится красным и объясняет почему.

Чтобы потом изменить размер, щёлкните его дважды. Каждый размер получает имя (**d0, d1 ...**) и появляется в панели Parameters, где его можно переименовать (**Width**) — см. 3.5.

Формулы. В поле ввода щёлкните другой размер эскиза или параметр в панели Parameters — его имя вставится в формулу: $d0/2$, $Width - 2*d3$. В формуле можно использовать другие размеры и параметры, но не справочный (ведомый) размер того же эскиза.

Длина паза, или расстояние между двумя дугами или окружностями. Его можно мерить тремя способами, и в поле ввода такого размера есть три кнопки для выбора: **Centers** (от центра до центра), **Overall** (от внешнего края до внешнего — общая длина паза) и **Gap** (от внутреннего края до внутреннего — так ставит размер Dimension FreeCAD, если щёлкнуть две дуги). Нажатие сразу меняет размер; имя остаётся прежним, и поле открывается с новым значением. **Sketch ▸ Dimension ▸ Overall Dimension** сразу ставит общий размер: щёлкните любую сторону паза (или две дуги или окружности) и введите значение. Новое общее значение удлиняет паз, а не делает его шире. Если длина паза уже задана другими размерами, новый размер ставится справочным (ведомым) и следует за ними. Размер, который используется в формуле, свой способ не меняет.

⚙ ▸ **Dimension Display** выбирает, как подписаны размеры: значение (40), имя (d3) или оба (d3 = 40).

5.4 Зависимости

Sketch ▸ Constrain: Coincident, Concentric (две окружности, дуги или эллипса: их центры связываются), **Horizontal, Vertical, Parallel, Collinear** (две линии на одной прямой), **Perpendicular, Tangent, Equal, Symmetric, Fix** и **List** (Constraint List, 5.5). Выделите геометрию и нажмите зависимость (или сначала зависимость, потом геометрию).

Symmetric берёт не только точки: щёлкните две точки, две линии (их концы подбираются в пары) или две окружности / дуги (их центры и равные радиусы), затем линию симметрии — любую линию, ось X или Y — или точку. Щелчок рядом с концом или центром берёт эту точку, иначе линию под курсором; размеры не захватываются никогда. Выбранное подсвечивается. Как только пара готова, инструмент завершается — пару можно сразу тянуть мышью (она двигается зеркально); для следующей пары нажмите Symmetric ещё раз. **Esc** отменяет выбор.

В строке состояния видно, сколько у эскиза степеней свободы: **DOF: 3** или **Fully constrained ✓**. Щелчок по этой надписи или **Sketch ▸ Format ▸ Show Free Geometry** выделяет геометрию, которая ещё может двигаться.

Sketch ▸ Format ▸ Show / Hide Constraints скрывает или показывает значки зависимостей (размеры остаются); **F8** показывает, **F9** скрывает.

5.5 Constraint List — список зависимостей

Откройте его через **Sketch ▸ Constrain ▸ List** или правый клик в эскизе ▸ **Constraint List**. В списке — все зависимости эскиза, что они связывают и их значения, включая те, у которых нет значка для щелчка: совпадение точек, точка на линии.

- Выберите в эскизе линию или точку — в списке останутся только её зависимости. Ничего не выбрано — видны все.
- Выделите строку — зависимость будет показана в эскизе.
- Отметьте строки (или **Select all**) и нажмите **Delete selected**. Это один шаг отмены.
- Зависимости, которые держат массив в эскизе, и размеры, используемые в формулах, не удаляются; окно объясняет почему.

5.6 Удаление зависимостей правой кнопкой

Щёлкните правой кнопкой линию или точку эскиза: в списке меню-жеста появятся пункты **Delete ...** для каждой её зависимости (например, **Delete Horizontal** или **Delete Distance (Line 2) d4 = 20 mm**), **Delete all constraints (n)** и **Constraints...** — этот пункт открывает Constraint List для выбранного элемента.

5.7 Project Geometry и вспомогательная геометрия

Sketch ▸ Insert ▸ Project Geometry переносит в эскиз рёбра и точки детали. Как в Inventor, спроецированные рёбра — **обычные линии**: они сразу могут входить в профиль; с настройкой  ▸ **Projected Edges ▸ Reference (construction)** они приходят вспомогательными. Спроецированные рёбра следуют за деталью, когда она меняется.

Точка, нарисованная на детали. Если нарисованная точка — конец линии, угол, центр — попадает на ребро или угол детали, лежащие в плоскости эскиза, ProstoCAD проецирует это ребро (обычным или вспомогательным, как сказано в настройке выше) или этот угол и оставляет точку на нём. Отключается пунктом

 ▸ **Projected Edges ▸ Project What a Drawn Point Touches.**

Sketch ▸ Format ▸ Construction работает двумя способами:

- если геометрия выделена (в том числе спроецированные рёбра), переключает её — только выбранные рёбра — между обычной и вспомогательной (для спроецированных рёбер строка состояния говорит, какими они стали: выглядят они почти одинаково);
- если ничего не выделено, включает режим: всё, что вы рисуете, будет вспомогательным, пока не щёлкнете кнопку ещё раз.

Вспомогательная геометрия не входит в профили; используйте её для осей и построений. Она рисуется **оранжевым** пунктиром, тоньше обычных линий — и спроецированное ребро, переведённое во вспомогательное, тоже.

5.8 Как увидеть эскиз

- **Slice Graphics** (**F7**, **Sketch** ▸ **Format**) срезает часть детали перед плоскостью эскиза, чтобы был виден эскиз внутри детали.
- **Look At** (меню-жест) поворачивает вид прямо на эскиз.
- В тёмной теме деталь рисуется темнее, пока открыт эскиз, чтобы линии эскиза были лучше видны (цвет самой детали не меняется).
- После **Finish Sketch** эскиз, который не используется ни одной операцией и представляет собой **незамкнутый контур** (например, путь для Sweep), остаётся видимым в модели; замкнутый эскиз и любой эскиз, используемый операцией, скрываются. **Hide / Show** меняет это для любого эскиза.

5.9 Массивы в эскизе

Sketch ▸ **Pattern** размножает геометрию эскиза. Копии — настоящая геометрия эскиза, связанная с оригиналом: измените оригинал, и копии последуют за ним.

Edit Pattern: дважды щёлкните копию или выделите копию и выберите правый клик ▸ **Edit Pattern**. **Delete Pattern** (правый клик по копии) удаляет копии, оригинал остаётся. Если удалить отдельные копии, массив перестроится при следующей правке.

Excluded (у всех массивов эскиза): щёлкните это поле, затем щёлкайте копии, которые массиву не нужны, — они исключаются. Список под полем называет их (**Copy 3**); × возвращает копию, **Clear** — все. Копии нумеруются с 1 — это оригинал (он остаётся всегда); при двух направлениях сначала считается первое.

Rectangular

Поле	Смысл
Geometry	Линии, дуги, окружности и точки, которые надо размножить.
Distribution	By spacing (направление, количество и шаг) или Equal spacing (количество копий, равномерно распределённых между двумя границами).
Direction 1, Flip direction	Линия эскиза или ось X или Y.
Count, Spacing	Сколько (2) и с каким шагом (10 мм).
From, To	Для Equal spacing: границы — линия или точка.
Two directions	Для By spacing: второе направление с Direction 2, Count 2 и Spacing 2.

Circular

Поле	Смысл
Geometry	Что размножить.
Axis	Центр — любая точка эскиза, спроецированная точка или начало координат.
Count, Angle	Сколько (4) и на какой угол (360°).
Distribution	Fitted (копии заполняют угол), Between copies (угол — это шаг между соседними копиями) или Equal spacing (копии равномерно вокруг оси между From и To — точкой или линией эскиза — так же далеко от From, как от To).
Flip	В другую сторону.

Along Path

Поле	Смысл
Geometry	Что размножить.
Path	Линии, дуги и сплайны пути, по порядку.
Count	Сколько (3).
Distribution	By spacing (шаг Spacing вдоль пути) или Fit to path .
Orientation	Identical (все копии как оригинал) или Follow path (поворачиваются вместе с путём).
Flip	Идти по пути в обратную сторону.

5.10 Текст

Sketch ▸ Create ▸ Text пишет слова в эскизе; Extrude поднимает их (Join) или вырезает (Cut), Emboss оборачивает их вокруг цилиндра или конуса или проецирует на сферу (6.16).

1. Нажмите **Text** — у курсора оранжевая **Aa** — и щёлкните два угла: рисуется вспомогательная рамка (оранжевый пунктир, никогда не выдавливается), и диалог открывается на ней.
2. Введите слова (можно в несколько строк), выберите шрифт и размер и нажмите **OK**.

Поле	Варианты и смысл
Text	Слова; Return начинает новую строку. Кириллица работает.
Font, Bold, Italic	Шрифты, установленные в Windows; Bold / Italic берут собственные файлы шрифта.
Mirror	Зеркалит текст слева направо, чтобы он читался с другой стороны плоскости (эскиз на нижней грани детали или на плоскости, повёрнутой в другую сторону).
Size	Высота заглавных букв (5 мм), именованное значение, как любое другое (3.6).
Placement	In a box (в рамке) или Along a curve (вдоль кривой).
Box	Рамка, в которой стоит текст: нарисованная двумя

щелчками или линия любого прямоугольника эскиза. Задайте рамке размеры или зависимости (по центру грани, 3 мм от ребра) — текст следует; наклонная рамка наклоняет текст.

Horizontal, Vertical	Left / Centre / Right и Top / Middle / Bottom в рамке, по самим буквам. Текст длиннее рамки выходит за неё.
Fit to the box	Буквы масштабируются так, чтобы самая широкая строка заполнила ширину рамки (но не выше рамки); Size тогда скрывается.
Curve, Position, Shift, Distance, Flip side	Вдоль кривой: любая линия, дуга, окружность, эллипс или сплайн эскиза (и вспомогательные). Выделите её до нажатия Text — текст пойдёт вдоль неё: каждая буква повёрнута по ней, Centre — у верха замкнутой кривой, Shift сдвигает вдоль, Distance отодвигает от кривой, Flip side ставит на другую сторону (внутри кольца текст тогда читается внизу, как на монете).
Letter spacing	Дополнительный промежуток между буквами (0 мм).

Текст — один объект (строка **Text** в браузере): двойной щелчок меняет слова или шрифт — открывается его эскиз вместе с диалогом. Пока эскиз открыт, текст сразу следует за рамкой или кривой, а его контур рисуется поверх. Текст, использованный Extrude или Emboss, скрывается и показан под этой операцией.

6 Операции детали

Каждая операция открывает диалог с живым предпросмотром. Сначала — как устроены диалоги, затем каждая операция: что выбрать и что значит каждый параметр.

6.1 Как работают диалоги операций

- **Выделить сначала или выбрать потом.** Выделите грани, рёбра или эскиз и нажмите команду — или нажмите команду и выбирайте в виде или в дереве, пока открыт диалог. Выбор попадает в подсвеченное поле. Щёлкните другое поле выбора (**Select...**), чтобы следующий выбор шёл в него. Пока вы выбираете, деталь показана такой, какой была до этой операции, — так можно добраться до любой грани.
- **Профиль.** Extrude и Revolve сами берут единственный законченный эскиз, который ещё не использует ни одна операция; если таких несколько, выделите нужный. Если в эскизе пересекаются линии, ProstoCAD покажет его области: щёлкните нужную или щёлкните несколько с **Shift**, а последнюю — без него (соседние области становятся одним контуром).
- **Предпросмотр.** Любое изменение сразу видно на модели. Пока вы выбираете рёбра или грани, Fillet, Chamfer и Move Face рисуют поверх детали оранжевым новые рёбра результата. Полная проверка геометрии результата выполняется по **ОК**; если она находит проблему, диалог остаётся открытым и объясняет, в чём дело.
- **Значения.** Числа с единицами или без, имена и формулы (3.6). Стрелки ▲ ▼ рядом со значением — и клавиши **↑** **↓** — меняют его на одну единицу (1 мм, 1°, 1/16 дюйма), с **Shift** — на десять. Значения, которые могут быть отрицательными (смещение рабочей плоскости, расстояние Move Face), проходят через ноль. Формулу шагать нельзя. После названия поля стоит имя параметра, например **Distance (d19)**; щелчок по параметру в панели Parameters вставляет его имя.
- **Ручки.** У Extrude на конце выдавливания стрелка, у Revolve — дуга с шариком там, где поворот заканчивается, у Move Face — стрелка на грани. Потяните её, чтобы изменить расстояние или угол; предпросмотр идёт следом. Шаг — целые миллиметры или 5°; с **Ctrl** — любое значение. Над ручкой указатель и строка состояния подсказывают, как её тянуть.
- **Варианты.** Варианты — это кнопки; длинные списки переносятся по четыре в ряд. Вариант, недоступный при текущем выборе, серый. Если выбранный вариант требует указать что-то в модели, выбор начинается сразу.
- **Кнопки.** **ОК** создаёт операцию и закрывает диалог. **Apply +** создаёт её и оставляет диалог открытым для следующей такой же, с теми же настройками (пусты только выбранные объекты). **Cancel** или **Esc** оставляют всё как было.
- **Ошибки** выводятся красным внизу диалога простыми словами («Pick the cylindrical face to thread»). Иногда диалог предлагает кнопку с обходным путём.
- **Правка.** Дважды щёлкните операцию в дереве (или правый клик ► **Edit**) — диалог откроется снова с её значениями. Как в Inventor, пока открыт диалог более ранней операции, деталь показана на момент этой операции, и при изменении значений пересчитывается только она; операции после неё пересчитываются один раз, по **ОК**.

Если какая-то из них при этом не получится, строка состояния скажет какая.

6.2 Extrude — выдавливание

3D Model ▶ Create ▶ Extrude. Выдавливает замкнутый профиль эскиза в тело или вырезает им.

Поле	Варианты и смысл
Operation	Auto (по умолчанию, как в Fusion: если выдавливание уходит в основном в материал — это Cut, иначе Join; смените направление — сменится и операция), Join (добавить материал), Cut (вырезать), Intersect (оставить только общее у выдавливания и детали), New Solid (отдельное тело, глава 7).
Extents	Distance (на расстояние); To Next (до следующей грани детали; если в выбранную сторону ничего нет — в сторону детали); Through All (насквозь); To (до того, что вы выберете: грани любого тела, плоской или кривой, рабочей плоскости или плоскости Origin, или точки — угла, точки эскиза или рабочей точки: выдавливание останавливается на плоскости через неё, параллельной эскизу; ребра или рабочей оси — через их середину — и следует за целью, когда та двигается).
Distance	Длина (10 мм).
Direction	→ в лицевую сторону эскиза, ← в другую сторону (одинаково для Join и Cut), ⇔ симметрично (по половине в каждую), ⇌ 2 в обе стороны, у второй свои пределы Extents 2 : Distance (Distance 2 , 5 мм), To Next, Through All или To (To 2).
Taper	Уклон боковых стенок (0°).

Потяните **стрелку** на конце выдавливания, чтобы изменить Distance (6.1); при ⇔ она двигает оба конца. Join, который не касается детали, становится отдельным телом; строка состояния об этом скажет. Join и Cut можно поменять потом в диалоге, если на этом Extrude не построены другие операции.

6.3 Revolve — вращение

3D Model ▶ Create ▶ Revolve. Вращает профиль эскиза вокруг оси.

Поле	Варианты и смысл
Operation	Auto (по умолчанию: в основном в материал — Cut, иначе Join), Join или Cut .
Axis	Sketch vertical или Sketch horizontal — собственные оси эскиза. Construction / projected line — вспомогательная линия эскиза или спроецированное прямое ребро, выбирается в списке Line . Если такая линия в эскизе одна, она выбрана сразу. Чтобы вращать вокруг ребра детали, спроецируйте это ребро в эскиз (ребро, перпендикулярное эскизу, проецируется в точку и в списке не появится). Line, axis or edge — в поле Pick укажите в виде линию эскиза, ось Origin или рабочую ось, или прямое ребро. Two points — щёлкните две точки (Points) на детали: углы, середины рёбер, центры окружностей. Они проецируются на плоскость профиля, поэтому ось всегда лежит в этой плоскости.
Extents	Full (360°), Angle (с Flip — в другую сторону), Two angles (Angle и Angle 2 , по углу в каждую сторону). Углы по умолчанию 90°.

При Angle или Two angles вокруг оси от профиля до конца поворота идёт **дуга**: потяните её шарик, чтобы изменить угол (шаг 5°, с **Ctrl** — любой). Для спроецированной линии или двух точек ProstoCAD хранит под операцией скрытую ось **Revolve axis**; она удаляется вместе с операцией.

6.4 Hole **H** — отверстие

3D Model > Create > Hole. Простые, с цековкой, с зенковкой и резьбовые отверстия.

Поле	Варианты и смысл
Placement	From Sketch : отверстие в каждой точке и в центре каждой окружности выбранного эскиза (Sketch). Concentric : щёлкните круглые рёбра или круглые грани (Round ; можно несколько сразу — отверстие в центре каждой); отверстия начинаются на плоской грани рядом или на грани Face , если её выбрать.
Hole	Simple (диаметр Diameter , 5 мм), Clearance (под винт: Standard, Size и посадка Fit — Close, Normal, Loose), Tapped (с моделированной резьбой).
Standard	Для Clearance и Tapped: ISO metric, ISO metric fine, UNC, UNF, UNEF, NPT, G / BSP, BSW, BSF.
Size	Размер резьбы или Auto (from Diameter) .
Seat	None (drilled) , Counterbore — цековка (C'bore Ø 10 мм, C'bore depth 3 мм), Countersink — зенковка (C'sink Ø 10 мм, C'sink angle 90°), Spotface — подрезка (Spotface Ø 10 мм, Spotface depth 0,5 мм).
Termination	Distance (глубина Depth , 10 мм), Through All (по умолчанию), To (до To face — грани или рабочей плоскости).
Drill point	Для Distance и To: Flat (плоское дно) или Angle (Point angle 118°) .
Thread	Для Tapped: Whole hole (на всю глубину) или Depth (Thread depth, 8 мм) .
Print clearance (on diameter)	Для Tapped: насколько резьба делается больше, чтобы напечатанные детали подошли друг к другу (0,2 мм по диаметру).
Direction	Для Tapped: Right hand (правая) или Left hand (левая).
Flip direction	Сверлить в другую сторону.
Chamfer	None , Start , Both ends , размер Chamfer size (0,5 мм): заходная фаска 45° на входе и, у сквозного отверстия, на выходе. У резьбового отверстия фаска считается от диаметра резьбы, чтобы винт легко заходил. С цековкой, зенковкой или подрезкой фаска возможна только на выходе (Start серый).

Другие резьбы в отверстиях: для Trapezoidal, ACME, print-friendly или своей (Custom) резьбы сначала сделайте простое отверстие (Simple), затем примените к его грани **Thread** (6.10).

6.5 Fillet и Chamfer — скругление и фаска

3D Model ▸ Modify ▸ Fillet / Chamfer (одна кнопка с вариантами). Выделите рёбра и нажмите команду — или выберите рёбра в диалоге. Есть и в меню-жесте на ребре (E Fillet, W Chamfer).

Операция	Поля
Fillet	Edges, Radius (1 мм). Full (рядом со стрелками радиуса): вместо скругления — полный радиус между двумя выбранными параллельными рёбрами, грань между ними становится полуцилиндром (радиус гаснет); выключите — снова обычное скругление.
Full Round Fillet	Выберите два параллельных ребра (Edges) плоской грани (торец бруска, бок пластины): грань становится полуцилиндром, плавно переходящим в обе стороны, — два скругления сходятся на ней.
Chamfer	Edges; Type: Distance, Two distances (Distance, Distance 2) или Distance + angle (Distance, Angle 45°); Flip меняет стороны для двух последних типов. Расстояния по умолчанию 1 мм.

Рёбра должны принадлежать текущей форме детали. Клик по ребру берёт всю его гладкую цепочку (линии и дуги паза, кольцо из кусков); -клик берёт всю **петлю** вокруг грани, на которую вы смотрите (контур верхней грани, край отверстия); клик по **грани** берёт все её рёбра, повторный клик по ней снимает их. Выбранные рёбра перечислены под полем (**Edge 12**): × снимает одно, **Clear** — все; длинный список прокручивается. Пока вы выбираете, деталь показана как есть, а результат нарисован поверх оранжевыми контурами.

6.6 Shell — оболочка

3D Model ▸ Modify ▸ Shell делает деталь пустотелой.

Поле	Смысл
Remove faces	Грани, которые будут открыты (выберите их).
Thickness	Толщина стенки (1 мм).
Direction	Inside (внешний размер сохраняется) или Outside (стенка наращивается наружу).

FreeCAD не умеет делать оболочку детали, в которой уже есть моделированная резьба. Тогда диалог предложит сделать Shell **до** резьбы; можно и самому перетащить End of Part выше резьбы, сделать там Shell и вернуть End of Part обратно.

6.7 Draft — уклон

3D Model ▸ Modify ▸ Draft (в одной кнопке с Shell) наклоняет грани для литья: выберите грани (**Faces**), нейтральную плоскость (**Neutral plane** — там грани сохраняют размер), угол **Angle** (1°); **Reverse** наклоняет в другую сторону.

6.8 Move Face — сдвиг грани

3D Model ► Modify ► Move Face. Прямое редактирование: толкает или тянет плоские грани детали, как в Inventor, не возвращаясь к эскизу. Выберите грани, затем команду (она есть и в меню-жестах правой кнопки на грани и на детали) — или выберите грани в диалоге. Это шаг в конце истории детали, строка **Move Face** в дереве: двойной щелчок открывает значения, Suppress и Delete работают как у любой операции. Один **ОК** — один шаг отмены; **Finish move** сверху в меню правой кнопки в окне модели делает то же, что ОК. Круглая стенка, которую сдвиг удлиняет, остаётся одной гранью: фаска или скругление на её кромке может быть настолько большой, насколько позволяет стенка.

Поле	Варианты и смысл
Faces	Одна или несколько плоских граней. Несколько граней должны смотреть в одну сторону (например, верх бобышки и дно кармана), двигаются они вместе. Грани, смотрящие в разные стороны, не принимаются: <i>The faces must be flat and face the same way</i> . Круглая стенка (цилиндр, вытянутый эллипс или сплайн) сдвигается наружу или внутрь на Distance (To для неё недоступен); один клик берёт всю стенку.
Extent	Distance (число) или To (до грани или плоскости).
Distance	Сдвиг по внешнему направлению грани: положительный наращивает деталь, отрицательный врежется в неё, 0 ничего не меняет. Единицы, параметры и формулы — как везде (3.6). Начинается с 0 мм: введите значение или потяните стрелку (целые миллиметры; с Ctrl — любое значение).
To	Выберите плоскую грань или рабочую / начальную плоскость, параллельную граням, ребро, идущее параллельно им (всё на одной высоте: горизонтальная линия, дуга или окружность), или точку (угол или рабочую точку) — грани сдвинутся на её высоту. Цель может быть на другом Solid. Расстояние — это зазор, он пересчитывается при каждом изменении, так что грани следуют за целью, если она сдвинется. Наклонная цель не принимается: <i>Pick a face, plane, edge or point parallel to the faces</i> .
Neighbours	Как ведут себя грани рядом со сдвигаемой: Inventor (по умолчанию), Step или Together — см. ниже.

Стрелка. Пока диалог открыт, на первой грани стоит стрелка вдоль её направления (нарисована как стрелка гизмо в сборке). Тяните её мышью: грань двигается, предпросмотр следует за ней, поле **Distance** меняется шагом 0,1 мм, а подпись у кончика стрелки показывает значение («12.5 mm», «-3 mm»). Под курсором стрелка подсвечивается, а курсор становится рукой. Введите расстояние — стрелка и подпись передвинутся. Перетаскивание заменяет формулу или параметр в **Distance** перетянутым значением в мм. При Extent **To** стрелка лишь показывает, куда придёт грань; тянуть её нельзя.

Три способа поведения соседних граней. Возьмём брусок с фаской на одном верхнем ребре и потянем верхнюю грань вверх:

Neighbours	Что происходит	Когда отказывает
Inventor	Соседние грани сохраняют угол и вытягиваются или укорачиваются: фаска	Сосед, закруглённый поперёк сдвига (скругление, конус): <i>A neighbouring</i>

становится выше, а верхняя грань уже.
Отверстие в грани остаётся отверстием,
стенка бобышки скользит вдоль.

*face is round: Inventor mode can't follow
it yet — try Step or Together.*

Step	Двигается только грань, как прямая плита. Наклонный или круглый сосед остаётся как был, а у его края появляется прямая стенка.	Никогда из-за круглого или наклонного соседа; только «too large» (см. ниже).
Together	Грань и примыкающие к ней фаски или скругления двигаются как одно целое, сохраняя размер; стенки вокруг них вытягиваются.	Стенки вокруг фаски или скругления не идут вдоль сдвига (сами наклонные или круглые): <i>The walls around the chamfer / fillet must run along the move — try Inventor or Step.</i>

Другие сообщения: *The move is too large: a neighbouring face would vanish* (например, грань вдавлена глубже, чем ширина фаски рядом с ней; ничего не меняется) и *A face to move is no longer there* (предыдущая операция убрала грань; строка Move Face становится красной); грань другого Solid не принимается: *The faces must be on this Solid*. ProstoCAD находит грани заново по геометрии, а не по именам: в их плоскости или — если более раннее изменение их сдвинуло — в ближайшей параллельной плоскости, где они перекрываются, поэтому Move Face продолжает работать, когда меняют более раннюю операцию, например делают брусок выше. Цель To хранится по имени, как ссылки других операций.

6.9 Sweep, Loft и Coil

В кнопке с вариантами в **3D Model ▶ Create** после Hole. У каждой есть **Operation**: Join или Cut.

Операция	Поля
Sweep	Профиль Profile (замкнутый эскиз) вдоль пути Path (другой эскиз или 3D Line, 6.18: линии, дуги, сплайны). Wall (только для Join) делает трубу: толщина Thickness (1 мм) и концы Ends — Both open, Start closed или End closed.
Loft	Sections : два эскиза-сечения или больше, по порядку. Список показывает их с номерами; ▲ ▼ сдвигают сечение раньше или позже, × убирает. Ruled — прямые грани между сечениями; Closed — последнее сечение соединяется с первым.
Coil	Пружина: профиль Profile (эскиз), ось Axis (ось, линия эскиза или прямое ребро), шаг Pitch (5 мм), высота Height (20 мм), направление Direction — Right hand или Left hand.

Путь для Sweep обычно незамкнутый эскиз; такие эскизы остаются видимыми после Finish Sketch, их легко выбрать.

6.10 Thread — резьба

3D Model ▶ Modify ▶ Thread. Настоящая винтовая резьба — геометрия, которую можно напечатать. Выделите наружную поверхность вала или внутреннюю поверхность отверстия (полную цилиндрическую грань) и нажмите Thread. Есть и в меню-жесте на грани.

Поле	Варианты и смысл
Face	Цилиндрическая грань под резьбу — или несколько (отверстия или валы): резьба на каждой, с одними настройками; потом каждая — отдельная резьба.
Start face	Необязательно: плоская грань на том конце, откуда начинается резьба. Без неё резьба начинается со свободного конца (торец вала, вход отверстия); у сквозного отверстия или свободного стержня — с конца, где есть фаска или скругление.
Offset	Отступ от начала (0 мм).
Length	Full length (на всю длину) или Distance (10 мм).
Flip direction	Начать с другого конца.
Standard	ISO metric, ISO metric fine, UNC, UNF, G / BSP, NPT (коническая), Trapezoidal, ACME, Print-friendly (с плоскими вершинами, размеры от M3) или Custom (шаг Pitch 1,5 мм, угол профиля Flank angle 60°, глубина Depth 0,9 мм).
Size	Размер по стандарту или Auto (from the face) : размер, подходящий к грани (отверстие Ø3 — M3, Ø4 — M4; отверстие под метчик получает свою резьбу: Ø5,2 → M6, Ø8,5 → M10).
Hand	Right hand (правая) или Left hand (левая).
Chamfer	None , Start или Both ends , размер Chamfer size (1 мм).
Print clearance (on diameter)	Сколько места оставляет резьба, чтобы напечатанные детали свинчивались (0,2 мм по диаметру; 0,3 мм для Print-friendly — ставится при выборе этого стандарта). 0 — номинальная резьба.

Размер не совпадает с отверстием. В отверстии работает любой разумный размер: в отверстии Ø3 резьба M3 сначала заполняет отверстие до диаметра под метчик M3, а M4 сначала рассверливает его до диаметра под метчик M4. Эти вспомогательные шаги стоят в истории прямо перед резьбой; заполнение идёт только там, где у отверстия стенка по всему кругу. Размер, сильно отличающийся от отверстия, отклоняется с сообщением.

На стержне сначала стержень обтачивается до вершин резьбы (шаг **ThreadTrim** под Thread), чтобы на вершинах не оставалось тонкого гребня.

Suppress, Delete и Edit для резьбы действуют на неё вместе с её вспомогательными шагами.

6.11 Threads Off / On — резьбы выкл./вкл.

3D Model ► Modify ► Threads. Моделированные резьбы замедляют перерисовку. Нажмите **Threads**, чтобы на время работы подавить все резьбы, и ещё раз, чтобы вернуть их. Резьба, которую вы подавили сами, остаётся выключенной. Команда выключает и моделированную резьбу резьбовых отверстий (сами отверстия остаются). У подавленного резьбового отверстия моделированная резьба выключена, пока его не вернут, поэтому выключенное отверстие не тратит время.

6.12 Boolean — булевы операции

3D Model ► Modify ► Boolean (в Inventor — Combine) объединяет, вычитает или пересекает тела детали. Выделите базовое тело, затем тело-инструмент (одно или несколько) и нажмите Boolean — или выберите их в диалоге: щелчок в любом месте тела выбирает всё тело. Как в Inventor, первый клик — основа (тело, которое остаётся), следующие — инструменты.

Поле	Варианты и смысл
Base	Тело, которое меняется.
Tools	Одно или несколько других тел. Щелчок по базовому телу при выборе инструментов не учитывается.
Operation	Join , Cut (по умолчанию) или Intersect .
Clearance (per side)	Только для Cut: зазор с каждой стороны (0,2 мм), чтобы напечатанные детали входили друг в друга. Инструмент, который нельзя увеличить или уменьшить (резьба, Emboss), вырезается с 0 мм: поле показывает 0 мм, а строка состояния объясняет почему.
Clearance on	Только для Cut: Cavity (увеличивается полость), Tool (полость точная, а для печати делается уменьшенная копия «<Tool> fit»), Split (пополам).
Keep tool	Выключено (так диалог открывается): инструмент расходуется и виден в дереве под Boolean. Включено: инструмент остаётся отдельным видимым телом — напечатайте и штифт, и коробку.

Инструменты остаются редактируемыми: измените инструмент — изменится и результат. Резьба и другие сложные формы могут не принять зазор; диалог об этом скажет.

6.13 Split — разделение

3D Model ► Modify ► Split. Линии эскиза (отрезки, дуги, сплайны) становятся тонкими режущими поверхностями через всю деталь.

Поле	Варианты и смысл
Sketch	Эскиз, линии которого режут деталь (выделите его до команды или выберите в диалоге).
Mode	Keep all : остаются все части; это тело сохраняет самую большую часть, а каждая другая часть становится отдельным телом — его можно скрыть, дорабатывать, сделать деталью (Make Assembly). Части продолжают следовать за эскизом. Keep picked : остаются только части, по которым вы щёлкнули (Keep). Gap раздвигает части на эту величину (стрелки — шаг 0,05 мм; это параметр в списке Parameters); Gap from — с какой части снять материал: Both (по половине), This Solid (часть, которая остаётся в этом теле) или New Solids (остальные). С Keep picked зазор снимается поровну с обеих сторон.

Удаление Split снова соединяет части; ProstoCAD сначала спросит и назовёт тела, которые исчезнут.

6.14 Массивы и зеркало

3D Model ▸ Pattern: Rectangular, Circular и Mirror (одна кнопка с вариантами), а также **Mirror Solid**. Они повторяют операции: выберите их в дереве или щёлкните одну из их граней. Выбор скругления, фаски или резьбы означает операцию, которую они изменяют.

Операция	Поля
Rectangular	Features; Include dependent features (повторить и то, что на них построено, — например, отверстие в бобышке); Distribution: By spacing (Direction 1 — прямое ребро или ось, Count 2, Spacing 10 мм) или Equal spacing (Count копий между From и To : плоская грань, ребро или рабочая плоскость); Flip direction; Two directions (Direction 2, Count 2, Spacing 2).
Circular	Features, Include dependent features, Axis: Axis or edge (ось начала координат или рабочая ось, линия эскиза, прямое или круглое ребро, круглая грань — оси X, Y и Z начала координат видны, пока вы выбираете) или Two points (две точки на детали: скрытая рабочая ось через них, видна оранжевым пунктиром, пока открыт диалог), Count (4) ; Distribution: By angle (Angle, 360°) или Equal spacing (копии равномерно вокруг оси между From и To — углом, ребром, гранью или рабочей точкой на окружности: первая копия так же далеко от From, как последняя от To).
Excluded	Rectangular и Circular: щёлкните поле, затем щёлкайте на модели копии, которые не нужны; они сразу исключаются. x в списке возвращает копию, Clear — все. Оригинал остаётся всегда. Исключённые копии запоминаются вместе с массивом.
Mirror	Features, Include dependent features, Mirror plane (плоская грань или плоскость). Правый клик по строке ▸ Break Mirror Link : зеркальные копии сохраняют форму и больше не следуют за копируемыми операциями (операции до неё по-прежнему меняют деталь).
Mirror Solid	Зеркальная копия целого тела как новое тело — так же, как Mirror в эскизе: выберите тело (если тело в детали одно, оно берётся само; если их несколько — щёлкните нужное), нажмите Mirror Solid , затем щёлкните Mirror plane (плоскость начала координат, рабочую плоскость или плоскую грань). Копия следует за оригиналом — за каждым изменением и каждой операцией, добавленной позже, — и может получать свои операции. Правый клик по её строке или по её телу ▸ Break Mirror Link : копия сохраняет форму и перестаёт следовать; оба тела остаются. При удалении оригинала копия остаётся как есть; Make Assembly даёт ей собственный файл детали. Result: New Solid (копия, как выше), Join (зеркальное отражение объединяется с тем же телом: из половины — целое) или Cut (отражение вырезается из него) — шаг в конце этого тела, отражающий всё, что до него; тело должно остаться одним куском. Mirror: Whole (целиком) или только часть по One side / Other side от плоскости (деталь, пересекающая плоскость: с Join она становится симметричной, материал другой стороны заменяется отражением). Тело, почти симметричное относительно плоскости, даёт копию прямо поверх себя: выберите другую плоскость. Boolean может взять копию инструментом для её оригинала (Join, Cut, Intersect): тогда копия следует за оригиналом до шага перед этим Boolean.

6.15 Рабочие элементы

3D Model ▶ Work Features: Plane, Axis, Point (одна кнопка с вариантами). Выберите способ (**Method**) и укажите то, что он просит. Рабочие элементы следуют за геометрией, по которой построены.

Элемент	Способы
Work Plane	Offset from plane (Offset 10 мм, отрицательное — в другую сторону), Parallel through point, Midplane (между двумя плоскостями), Angle around edge (Angle 90°), Three points (щёлкните отмеченные точки, как в разрезе: углы, середины рёбер, центры окружностей), Normal to edge at point, Tangent to surface at point. У Offset поле Planes делает сразу столько плоскостей — на 2х, 3х... отступа от той же базы (для лофта: новый отступ раздвигает их все, каждую можно сдвинуть отдельно); Turn поворачивает плоскость вокруг её точки — X, Y, Z вокруг осей предыдущей плоскости (Prev) или глобальных (Global), вводом (колесо меняет шаг) или ручками на красном, зелёном и синем кольцах; поворот плоскости не трогает следующую. Каждая плоскость ряда открывает свой диалог (двойной щелчок по ней); пока он открыт, щелчок по другой плоскости ряда переносит туда диалог и кольца. Поля Point предлагают и концы 3D Line и точки, через которые она проходит, и рабочие точки; Angle around edge и Normal to edge at point принимают и ось.
Work Axis	On edge, Two points, Intersection of two planes, Normal to plane through point, Axis of a cylinder, Parallel to edge through point.
Work Point	At a point (отмеченная точка: угол, середина ребра, центр окружности), Center of circle, Midpoint of edge, Edge meets plane, Two edges meet.

Где просят плоскость, подойдёт плоская грань, рабочая плоскость или плоскость Origin. Двойной щелчок по рабочей плоскости открывает её диалог; правый клик ▶ New Sketch начинается на ней эскиз.

6.16 Emboss — тиснение

3D Model ▶ Create ▶ Emboss (Emboss / Engrave из Inventor) поднимает Text или эскиз над гранью или вырезает его в ней — любой замкнутый контур: буквы, звезду, логотип. На **цилиндре или конусе** профиль оборачивается вокруг грани — буквы сохраняют размер и идут по окружности, высота — по радиусу; на **плоской грани** — прямо; на **сфере** он проецируется вдоль нормали эскиза на ту сторону, куда смотрит эскиз, высота — по радиусу.

1. Поставьте Text (или эскиз) на плоскость, параллельную оси круглой грани: плоскость начала координат через ось или плоскость, касающуюся грани. Он ляжет на ту сторону грани, что смотрит на эту плоскость.
2. Для сферы: поставьте эскиз на любую плоскость, лучше через центр сферы или перед ней; профиль ляжет на ту половину сферы, что смотрит на эскиз.
3. Нажмите **Emboss: Text** (или выбранный эскиз) берётся профилем, а поле **Face** ждёт — щёлкните круглую, сферическую или плоскую грань. Эскиз, оставшийся в другом теле, вместе с Emboss переходит в тело выбранной грани.

Поле	Варианты и смысл
Operation	Emboss (поднять) или Engrave (вырезать). Engrave может прорезать тонкую стенку насквозь, как трафарет: середины O, A, D выпадают.
Depth	Высота или глубина (1 мм), на круглой грани — по радиусу.
Face	Цилиндр, конус, сфера или плоская грань детали (плоская грань — параллельно профилю).
Around	As drawn (интервалы как в Text) или Evenly round (буквы сохраняют ширину и расходятся с равными промежутками по всей окружности, средняя — к эскизу). На сфере недоступно.

Emboss — шаг истории, как Move Face: он снова находит свою грань, если раньший шаг меняется (цилиндр стал больше). Буквы за краем грани переходят на грани, которые плавно её продолжают (плоская сторона и скруглённые торцы детали в форме паза), и ложатся на них без растяжения; где плавного продолжения нет, они не принимаются: *Some of the profile is off the face*; на сфере — и контур, выходящий за очертание сферы, видимое со стороны эскиза.

6.17 Spur Gears и Worm Gear — зубчатые пары и червячная передача

3D Model ▶ Create ▶ Spur Gears (раскрывающаяся кнопка вместе с Worm Gear) одним диалогом строит пару колёс в зацеплении, как Design Accelerator в Inventor, — без эскиза. Каждое колесо — отдельное тело (Solid); затем **Make Assembly** (вкладка Assembly) раскладывает их по отдельным файлам деталей и собирает сборку, так что любое колесо можно открыть и сохранить куда угодно. Эвольвентные зубья (стандартный зуб: головка 1 модуль, ножка 1,25 модуля).

1. Нажмите **Spur Gears** и **OK**: готова пара 20 и 30 зубьев, модуль 2 мм. Строка под полями показывает, что получится: зубья, делительные диаметры, передаточное число, межосевое расстояние.
2. **Both gears**: модуль, угол зацепления (20° — стандарт), угол наклона зуба (0° — прямозубые; 5–45° — косозубые, у второго колеса направление встанет противоположным само), направление первого колеса. **Make**: Pair (пара) или One gear (одно колесо).
3. **Gear 1**: число зубьев, ширина, отверстие (8 мм; 0 — без отверстия). **Gear 2**: Size by — **Teeth** (число зубьев), **Ratio** (передаточное число: 1,5 — в полтора раза больше зубьев) или **Center dist.** (межосевое расстояние, ближайшее целое число зубьев); ширина, отверстие.
4. **Place (optional)**: **Axis** (рабочая ось, линия эскиза — и construction — или прямое ребро), **Center** (окружность: торец вала, отверстие, окружность эскиза — её центр и плоскость; вершина или рабочая точка) или **Plane**. Ничего не выбрано — отдельное тело в начале координат детали, в стороне от уже имеющихся колёс.
5. **Mesh with** (Both gears) ставит первое колесо в зацепление с уже имеющимся — третье колесо к паре: щёлкните по этому колесу. Модуль, угол зацепления и наклона берутся у него; **Around it** поворачивает первое колесо вокруг него (градусы от его оси X), **Around gear 1** (Gear 2) — то же для второго колеса. Червяк так же можно зацепить с уже

имеющимся колесом.

Перемещение. На первом колесе стоит гизмо, как в сборке, — пока открыт диалог и всякий раз, когда в детали выбрано колесо пары: стрелки двигают пару вдоль X, Y, Z первого колеса (целые мм; с **Ctrl** — любое значение), дуги поворачивают вокруг оси или наклоняют вокруг X и Y (5°). Значение видно у курсора и в полях **Offset X / Y / Z**, **Turn**, **Rotate X / Y**, где его можно и ввести. Второе колесо всегда в зацеплении; перетаскивание без диалога — один шаг отмены.

3D Model ▶ Create ▶ Worm Gear: червяк и колесо одним диалогом. **Worm:** модуль (осевой), угол зацепления, направление, число заходов (1–6), делительный Ø, длина, отверстие; **Make:** Worm and wheel или Worm only. **Wheel:** Size by — Teeth, Ratio (30: тридцать оборотов однозаходного червяка на оборот колеса) или Center dist.; ширина, отверстие (10 мм). Отверстие червяка (8 мм) даёт ось, которую можно выбрать: для шарнира, Axis или Center. Колесо ложится поперёк червяка на его середине, зубья наклонены как виток (угол подъёма). Нитка заканчивается за один модуль до каждого конца: торцы червяка круглые.

Двойной щелчок по любому колесу пары открывает всю пару. Удаление первого колеса (или червяка) удаляет и второе. Каждое число — параметр (d0, d1 ...): его можно переименовать в панели Parameters и использовать в формулах.

6.18 3D Line

3D Model ▶ Sketch ▶ 3D Line (и на вкладке Sketch). Линия в пространстве — путь для Sweep, — которую рисуют по виртуальному кубу точек вокруг начала координат, так что у каждого щелчка известна глубина.

Поле	Варианты и смысл
Line	Lines (прямые отрезки), Spline (точки управляют сплайном) или Through points (плавная линия через каждую точку). Curvature: фиолетовая гребёнка кривизны вдоль линии — чем длиннее зубцы, тем круче изгиб; снимите галочку, чтобы её скрыть.
Cube, Step	Размер куба (100 мм) и расстояние между его точками (10 мм); они подписаны серым вдоль рёбер. Ближние линии толще и светлее, дальние тоньше и пунктиром, так что куб читается в пространстве, как ни поверните вид.
Layer, At	XY, XZ или YZ: ярко виден один слой куба — его линии, точки и синяя рамка с подписью «XY · 20 mm», — и щелчки берут только его; остальное — бледная клетка. At — его высота (или глубина); стрелки — или Tab / Shift Tab над видом — двигают его на шаг куба. При смене слоя он проходит через последнюю точку. Каждый щелчок ложится на яркий слой, поэтому линия остаётся плоской, пока слой не сдвинут между щелчками (Tab , At, другой слой или Cube). Cube: весь куб, как раньше.
Points	Щёлкните точку куба или любое место на его линии: там точка скользит свободно, а серые числа показывают расстояния до точек куба с обеих сторон. От последней точки к курсору тянется пунктир. Точку линии можно перетащить (над ней курсор-рука) — так же по кубу. Undo убирает последнюю точку, Clear — все.

ОК оставляет линию (оранжевую) в теле, как эскиз; куб виден, только пока открыт диалог. Sweep берёт линию путём **Path** (6.9); Edit на ней снова открывает диалог.

6.19 Картинки-подложки (Image)

Вкладка **Image**: фото или чертёж за моделью, в масштабе по известной вам длине.

Кнопка	Что делает
Insert Image	JPG, PNG или BMP на плоскости XY, по центру начала координат, 100 мм в ширину (пропорции сохраняются); у неё своя строка в браузере (если деталь не открыта — новая деталь).
Scale / Transparency	Щёлкните две точки картинки, расстояние между которыми вы знаете (за курсором тянется пунктир и серым — его длина), введите настоящую длину Real length : вся картинка масштабируется так, чтобы так и было, первая точка остаётся на месте. Третий щелчок начинает заново. Ползунок Transparency (0–90 %) задаёт прозрачность картинки — её одну тоже можно сохранить по ОК. Двойной щелчок по строке картинки открывает это окно. Line ▸ Horizontal или Vertical поворачивает картинку вокруг первой точки, пока линия между двумя точками не ляжет так (фото, снятое криво, выпрямляется). Пока ставите точку, рядом с курсором — лупа.
On XY / On XZ / On YZ	Картинка на эту плоскость начала координат (вид сверху, спереди, справа), вокруг её середины.
Turn 90°, Mirror	Поворот на четверть оборота в её плоскости; зеркально слева направо.
Show / Hide	Все картинки детали сразу.

Картинка — только для глаз: эскизы, нарисованные поверх, от неё не зависят. В меню её строки — Hide / Show, Rename и Delete.

7 Несколько тел в одной детали

В детали может быть несколько отдельных тел — например, инструмент и деталь, которую он режет, или деталь, которую вы будете печатать частями.

Откуда берутся отдельные тела

- Extrude с **Operation** ▶ **New Solid**.
- Extrude ▶ Join, который не касается детали (коробка, нарисованная в стороне): он сам становится отдельным телом.
- Split ▶ **Keep all**: каждая часть, кроме самой большой, становится телом.
- Boolean с **Keep tool** или копия «<Tool> fit» (Clearance on Tool).

Тогда в дереве появляется **Solid Bodies (n)** со строкой для каждого тела. История остаётся одним списком: у операций других тел указано, к какому телу они относятся.

Эскиз на грани другого тела

Новое тело, нарисованное на грани другого тела, содержит только свою часть; тело под ним остаётся как было. Эскиз следует за этой гранью, только если он **проецирует рёбра** другого тела; иначе грань лишь задала ему плоскость.

Скрыть, показать, переименовать, удалить

Правый клик по строке тела: **Hide / Show, Rename, Show in Window, Delete**. Скрытое тело в дереве бледное. Delete спрашивает, если тело использует Boolean (удаляются вместе) или если это главное тело (главным станет следующее). Если выделить часть в виде и нажать **Backspace**, удалится это тело.

Make Assembly

Когда части готовы, **Assembly** ▶ **Make Assembly** делает из каждой отдельной части свой файл детали и связывает их в новой сборке там, где они были. См. [9.12](#).

8 Анализ и инструменты

Измерения, масса, материал, сечения и настройки.

8.1 Measure — измерения

Inspect ▸ Measure (кнопка с вариантами). Измерение остаётся включённым: каждое изменение выделения измеряется заново, результаты показываются в маленькой панели.
Esc — завершить.

Команда	Выделите	Показывает
Measure	Грань, ребро, тело или два элемента	Площадь; длину или радиус и диаметр круглого ребра; объём, площадь поверхности и габарит тела; для двух элементов — расстояние (и угол, если у обоих есть направление)
Distance	Две грани, ребра или точки	Расстояние; между двумя точками ещё ΔX, ΔY, ΔZ
Angle	Две плоские грани или прямых ребра	Угол
Length	Рёбра (контур)	Общую длину и число рёбер
Area	Грани	Общую площадь и число граней

8.2 Mass Properties — масса

Inspect ▸ Measure ▸ Mass Properties показывает объём (Volume), площадь поверхности (Surface area), массу (Mass) и габарит (Size) детали. Масса считается по плотности материала детали (8.3).

8.3 Material — материал

Tools ▸ Material ▸ Material задаёт материал детали: его плотность для Mass Properties и цвет. По умолчанию PLA.

Материал	Плотность, г/см³	Материал	Плотность, г/см³
PLA	1,24	Nylon	1,14
PETG	1,27	Resin	1,18
ABS	1,04	Aluminium	2,70
ASA	1,07	Steel	7,85
TPU	1,21		

Appearance — внешний вид

Tools ▸ Material ▸ Appearance (и в меню правой кнопки у Solid, грани или детали) красит выбранные грани или Solid'ы — все Solid'ы, если ничего не выбрано. Цвет из палитры или любой (More...), вид поверхности — Matte, Satin, Glossy, Metal, Chrome, Glass (прозрачный), Rubber, —, фактура поверх цвета — Brushed, Wood, Carbon, Knurl, Sand, в настоящем размере на любой детали, — и **Hide Edges**, чтобы Solid рисовался без линий рёбер. Деталь сразу показывает выбор; OK сохраняет его (один шаг Undo), Cancel возвращает как было, Reset — к цвету материала (выбранные грани — к цвету Solid'a). Покрашенная грань остаётся покрашенной, когда фича её сдвигает, а сборка показывает детали в их цветах.

8.4 Сечения

View ▸ Visual Style ▸ Section разрезает вид — сама модель не меняется.

- Сначала выделите плоскую грань, плоскость или три точки; если ничего не выделено, разрез идёт по плоскости XZ.
- Маленькая панель **Section** двигает разрез: **Offset** вдоль нормали плоскости, **Flip** — смотреть с другой стороны, **Done** — оставить разрез, **Off** — закрыть его. Повторный щелчок по Section тоже закрывает разрез.
- **Section by 3 Points** (в той же кнопке): щёлкните три отмеченные точки — углы, середины рёбер, центры окружностей — для плоскости разреза.

В сборке разрез проходит через все показанные детали, которые пересекает плоскость: каждая плоскость разреза — в цвете своей детали, со своим углом штриховки, чтобы соседние детали различались. Режет и всё остальное, что показано: STEP, тела из других программ и сборки, сделанные в самом FreeCAD (детали как Body или тела внутри сборки), — каждую деталь в её цвете.

8.5 Настройки

- **Tools ▸ Options ▸ Ask on New**: включено — **New** спрашивает Part или Assembly и единицы; выключено — создаёт то, что вы выбрали в прошлый раз.
- Остальные настройки — в меню ⚙ (3.8).

9 Сборки

Сборка ссылается на файлы деталей и удерживает их связями и соединениями, как в Inventor. Детали остаются отдельными файлами .FCStd.

9.1 Новая сборка

- **File** ► **New Assembly** или, когда нет открытых файлов, **Get Started** ► **New Assembly**.
- **New** (**Ctrl** **N**) тоже создаёт сборку, если вы выбрали Assembly с отметкой **Remember my choice**. **Tools** ► **Options** ► **Ask on New** возвращает вопрос.

Сборка ссылается на файлы деталей, поэтому её нужно сохранить до вставки первой детали. ProstoCAD делает это сам: при вставке первой детали новая сборка сохраняется рядом с этой деталью под своим именем; если файл с таким именем там уже есть, ProstoCAD спросит имя и папку. **Create** сначала попросит сохранить сборку.

9.2 Вставка и создание деталей

1. **Assembly** ► **Component** ► **Place** (**P**) — или **N** в меню-жесте.
2. Выберите сохранённый файл детали (или сборки).
3. Первая вставленная деталь **закреплена** (grounded — неподвижна); следующие ставятся рядом с ней.

Create спрашивает имя нового файла детали (**New part file name**) и создаёт пустую деталь рядом со сборкой, сразу вставленную в неё. **Ground** закрепляет выделенную деталь или освобождает её.

9.3 Дерево сборки

В сборке дерево показывает саму сборку, по строке на каждую деталь и раздел **Relationships (n)** со связями и соединениями.

- У каждой детали в строке написана её **свобода**: **grounded** (закреплена), **DOF 0 ... DOF 6** или **DOF ?**, если посчитать не удалось (причина — во всплывающей подсказке). У подавленной детали ничего не написано.
- Под строкой детали — её собственная история (эскизы и операции). Щелчок по такой строке выделяет деталь, двойной щелчок открывает файл детали.
- Скрытая деталь бледная, подавленная — зачёркнута.
- Правый клик по детали (в дереве или в виде): **Edit**, **Hide / Show**, **Suppress**, **Remove from Assembly**, **Ground** и связи (4.2).

9.4 Как добавить связь или соединение

1. Нажмите связь в **Assembly** ► **Constrain** или соединение в **Assembly** ► **Joint** (**C** — Mate, **J** — Rigid) или воспользуйтесь меню-жестом на грани или ребре детали.
2. Укажите в 3D-виде первый элемент (**First**) на одной детали и второй (**Second**) на другой. Предпросмотр сразу передвигает деталь.

3. Задайте **Offset** или **Angle**, если они есть у этой связи, и **Flip**, если деталь повернулась не той стороной.
4. **OK** (или **Apply +** для следующей).

Двигается свободная деталь; закреплённая не двигается никогда. Связь, которую нельзя выполнить вместе с остальными, отклоняется: «Mate conflicts with the other constraints (it can't be met)». Смещения и углы — это параметры, названные по связи (**Mate1**, **Flush1**, **Angle1** ...); они видны в панели Parameters.

9.5 Связи и соединения по порядку

Связь	Что указать (First, Second)	Что делает	Значение, Flip
Mate 	Две грани	Грани прижаты друг к другу, смотрят навстречу.	Offset (0 мм). Flip: грани смотрят в одну сторону.
Flush	Две грани	Грани вровень, смотрят в одну сторону.	Offset. Flip: куда смотрят грани.
Angle	Плоские грани или прямые рёбра	Под заданным углом.	Angle (90°).
Parallel	Плоские грани или прямые рёбра	Остаются параллельными; расстояние свободно.	—
Perpendicular	Плоские грани или прямые рёбра	Остаются под 90°.	—
Tangent	Круглая грань и плоская или круглая	Грани касаются. По умолчанию круглая грань снаружи детали с плоской гранью.	Offset. Flip: снаружи или внутри.
Insert	Два круглых ребра	Оси совпадают, грани рёбер прижаты (винт в отверстии); деталь ещё может вращаться.	Flip: направление.
Rigid 	Грань, ребро или точка на каждой детали	Детали жёстко соединены.	—
Rotational	Грань, ребро или точка на каждой детали	Шарнир: вращение только вокруг одной оси.	Flip: направление.
Slider	Грань, ребро или точка на каждой детали	Скольжение только вдоль одного направления.	Flip: направление.
Cylindrical	Грань, ребро или точка на каждой детали	Вращение вокруг оси и скольжение вдоль неё.	Flip: направление.

Ball	Грань, ребро или точка на каждой детали	Свободное вращение вокруг точки.	—
------	---	----------------------------------	---

Имена: Make Assembly называет каждый файл детали по имени её тела в браузере, а сборку — по имени детали с **_assy** (Train_assy); новая сборка, сохранённая при первом Place, называется по этой детали + **_assy**.

Оси: у каждого тела вращения и отверстия деталей (цилиндр или конус хотя бы на пол-оборота) видна его ось — светлая штрих-пунктирная осевая на тёмной подложке. Щёлкните ось, когда Mate, Flush, Insert, Rotational, Slider, Cylindrical, Parallel, Perpendicular или Angle ждёт выбора: берётся эта ось (для Insert — её круглое ребро, ближе к щелчку). Mate или Flush по двум осям (или двум круглым граням) ставит их соосно.

Для соединений круглое ребро задаёт свой центр и ось — для шарниров и валов указывайте круглые рёбра.

9.6 Строки Relationships

У каждой связи и соединения есть строка в разделе **Relationships**. **Двойной щелчок** открывает правку. Правый клик: **Edit, Delete, Suppress / Unsuppress** и **Rename**.

Подавленная связь зачёркнута; решатель её не учитывает, а детали остаются на своих местах. Вернуть связь, которую уже нельзя выполнить, не получится — команда будет отклонена.

9.7 Степени свободы

Степени свободы детали — это то, как она ещё может двигаться: до трёх сдвигов и трёх поворотов. ProstoCAD считает их относительно того, что держит деталь (остальные свободные детали на время подсчёта удерживаются на месте):

- в строке детали написано **grounded, DOF n** или **DOF ?** (9.3);
- **View ▸ Visual Style ▸ Degrees of Freedom** (вкладка View в сборке) рисует на каждой свободной детали значки степеней свободы, как в Inventor: двойную стрелку для каждого направления сдвига и дугу для каждой оси поворота;
- когда эта кнопка выключена, значок появляется подсказкой у детали под указателем.

У полностью определённой (DOF 0) и у закреплённой детали значка нет.

9.8 Перемещение деталей

Перетащите свободную деталь левой кнопкой: она двигается только так, как ей ещё позволяют связи, — блок с Mate скользит и поворачивается по своей грани, вставленный штифт вращается в отверстии. Остальные детали стоят на месте, даже свободные. Полностью определённая деталь не двигается (строка состояния скажет «... is fully constrained»); при попытке сдвинуть закреплённую будет сказано, что она закреплена.

Гизмо. Щёлкните свободную деталь: её значок степеней свободы превратится в гизмо — **стрелка** для каждого направления, в котором она может скользить, и **дуга** для каждой оси, вокруг которой может поворачиваться.

- Тяните стрелку, чтобы сдвинуть деталь, дугу — чтобы повернуть. Ручки легко поймать: та, что под указателем, подсвечивается.
- Первая стрелка — вверх-вниз: прямо вверх или вверх по наклонной грани, если деталь может так двигаться.
- Щелчок по пустому месту убирает гизмо.

Каждое перетаскивание, которое сдвинуло деталь, — **один шаг отмены** («Move part»); **Ctrl Z** возвращает деталь на место. Пока открыт диалог связи, перетаскивание отключено.

9.9 Правка детали в контексте сборки

Правый клик по детали ► **Edit** (или двойной щелчок по её строке): деталь откроется в своей вкладке, а вокруг неё будут нарисованы остальные детали сборки — серые, полупрозрачные, на своих настоящих местах. Они только для ориентира: их нельзя выбрать, и они не сохраняются в детали. Меняйте деталь как обычно и сохраните её.

3D Model ► Return возвращает в сборку, где изменение уже видно; вкладка детали остаётся открытой, пока вы её не закроете.

View ► Assembly Context (меню View или вкладка View детали) выключает и включает остальные детали.

Правый клик по детали ► **Open** (и Assembly ► Component ► Edit | Open) открывает её файл в отдельном окне как самостоятельную деталь — без сборки вокруг и без Return, как Open в Inventor.

Сохранение сборки: первый Save (или Save As) спрашивает имя и место и создаёт там папку с этим именем: в неё сохраняются сборка и все файлы деталей, которые она использует (и вложенных сборок), а сборка ссылается на эти копии. Исходные файлы деталей не меняются. Следующие Save держат всё в этой папке.

Hide / Show в сборке

В View ► Visual Style ► Hide / Show есть **Show / Hide All Axes** (светлые осевые линии тел вращения и отверстий деталей; запоминается — окно связи всё равно показывает их, пока ждёт выбора), **Show / Hide All Origin** (начало координат сборки и деталей) и **Show / Hide All Sketches** (эскизы деталей: меняется в их файлах).

Interference — пересечения

Assembly ► Analyze ► Interference показывает, где детали заходят друг в друга: каждое пересечение ярко-красным поверх деталей и панель со списком пар и объёмов. Грани, которые только касаются (вал в своём отверстии), — не пересечение. Перерисовывается, когда детали двигаются; повторный щелчок выключает.

9.10 Обновление сборки после изменения детали

Когда вы возвращаетесь во вкладку сборки после изменения детали, ProstoCAD спрашивает: **Parts of ... changed. Update the assembly now?**

- **Yes** — изменения подтягиваются в сборку.
- **No** — сборка остаётся как была; в верхней строке дерева появляется ⚡ **Needs update**, пока вы не нажмёте **Update** на полосе заголовка.

9.11 Скрыть, подавить, убрать

Команда	Что делает
Hide / Show	Скрывает или показывает выделенную деталь; скрытая строка бледная.
Suppress	Деталь скрыта, её связи выключены; повторно — вернуть.
Remove from Assembly	Убирает деталь из сборки; файл детали остаётся.
Ground	Закрепляет деталь на месте или освобождает её.

9.12 Make Assembly — сборка из детали

Смоделируйте изделие как одну деталь из нескольких тел (глава 7), затем одним шагом превратите её в сборку.

1. Сохраните деталь — новые файлы появятся в её папке.
 2. **Assembly** ► **Make Assembly** или правый клик по пустому месту ► **Make Assembly**.
 3. Диалог показывает новые файлы: имя сборки (**Assembly**) и по имени на каждую часть (**Piece 1 (grounded)**, Piece 2 ...) с её объёмом. Наведите указатель на строку — часть будет отмечена в виде. При желании поменяйте имена.
 4. Нажмите **OK**. Новая сборка откроется.
- Каждая отдельная часть становится файлом детали **со своей историей**; сборка ставит их туда, где они были, самая большая часть закреплена.
 - **Зубчатые колёса** (6.17) не закрепляются: каждое стоит на своей оси — соединение Rotational с Gear Axes, скрытой закреплённой копией окружностей их отверстий. Выберите колесо и тяните дугу гизмо: оно поворачивается, а сцепленные с ним колёса поворачиваются по передаточному отношению (червяк с колесом тоже).
 - Исходная деталь не меняется.
 - Если запустить Make Assembly для той же детали ещё раз, появится **Replace existing files** (с именами уже существующих файлов): файлы прошлого запуска перезаписываются, и новые имена придумывать не нужно. Саму деталь ProstoCAD не заменяет никогда. Если какой-то из этих файлов открыт с несохранёнными изменениями, ProstoCAD сначала спросит.
 - Деталь из одного куска даёт сборку из одного компонента (например, одно колесо). Чтобы компонентов было несколько, сначала разделите её (Split ► Keep all) или сделайте части как New Solid. Колёса пары (6.17) ложатся каждое в свой файл детали, по-прежнему в зацеплении.

9.13 Boolean между деталями

Assembly ▶ Component ▶ Boolean вырезает одну деталь другими, например гнездо под подшипник:

Поле	Смысл
Cut this	Деталь, которую вырезаем.
With	Деталь (детали), которыми вырезаем.
Clearance	Зазор для печатных деталей (0,2 мм).
Clearance on	Cavity, Tool или Split — как у Boolean в детали (6.12).

Вырез записывается в собственный файл вырезаемой детали и следует за инструментами, когда они двигаются или меняются. Сохраните и этот файл детали. У выреза есть строка в Relationships (Edit, Delete, Rename).

9.14 Threads Off / On в сборке

Assembly ▶ Component ▶ Threads выключает все резьбы всех деталей (быстрее перерисовка) и включает их обратно. Команда меняет файлы деталей: сохраните их вместе со сборкой.

9.15 Сохранение

Save сохраняет файл в активной вкладке. Деталь, изменённая из сборки, вырезанная командой Boolean или изменённая Threads Off / On, — это отдельный файл: сохраните и его (переключитесь на его вкладку или дайте **Quit** спросить про все изменённые файлы).

10 Советы для 3D-печати

ProstoCAD делался с расчётом на печатные детали. Несколько привычек избавят от лишних перепечаток.

- **Резьба, которая свинчивается.** У Thread и Hole ▸ Tapped есть **Print clearance (on diameter)**, по умолчанию 0,2 мм (0,3 мм для резьбы Print-friendly). Проверьте на маленьком пробнике на своём принтере: если напечатанный винт идёт туго — увеличьте, если болтается — уменьшите. Стандарт **Print-friendly** даёт резьбу с плоскими вершинами, она печатается чисто.
- **Заходные фаски.** Hole ▸ **Chamfer** (Start или Both ends) и Thread ▸ **Chamfer** — винты и гайки заходят легко.
- **Детали, входящие одна в другую.** Boolean ▸ Cut с **Clearance (per side)**: на **Cavity** — если печатаете деталь с отверстием, на **Tool** — чтобы получить для печати чуть уменьшенную копию инструмента «fit», **Split** — пополам.
- **Напечатать и инструмент.** Включите **Keep tool**: инструмент останется отдельным видимым телом — штифт и коробка с отверстием под него.
- **Не помещается на стол?** Нарисуйте линии разреза в эскизе, **Split ▸ Keep all**, затем **Make Assembly**: каждая часть станет файлом детали, который можно экспортировать и напечатать, а сборка покажет их вместе.
- **Вес и расход пластика.** Tools ▸ Material, затем Inspect ▸ Mass Properties.
- **Быстрая работа.** Выключайте резьбы (Threads) во время моделирования и включайте перед экспортом.

11 Если что-то не так и как сообщить о проблеме

Когда что-то не работает

1. **Прочитайте строку состояния** и красный текст в диалоге: ProstoCAD объясняет, почему команда отклонена и что надо выбрать.
2. Открыт диалог? Команды вроде Save и Undo ждут **OK** или **Cancel**.
3. Операция в дереве **красная**: наведите указатель, чтобы увидеть причину, и исправьте её (двойной щелчок).
4. Вид или дерево разошлись с моделью: нажмите **Update** на полосе заголовка.
5. Отмените (**Ctrl** **Z**) последний шаг.
6. Не помогает: сохраните файл под новым именем, закройте и снова запустите ProstoCAD.

Как сообщить о проблеме

Пожалуйста, пришлите:

- что вы делали, по шагам, и что ожидали получить;
- версию (строка заголовка, *ProstoCAD 0.12.0*);
- версию Windows;
- журнал `%LOCALAPPDATA%\ProstoCAD\ProstoCAD.log` —  ► **Show Log File** откроет её в Проводнике с выделенным журналом (поиск Windows в эту скрытую папку не заглядывает);
- по возможности файл `.FCStd`, с которым вы работали;
- снимок экрана, если что-то выглядит неправильно.

Если ProstoCAD упал или завис, напишите, что вы делали перед этим; журнал заканчивается на этом месте.

Известные ограничения этой сборки

- Windows 10 / 11 (x64): первая тестовая сборка.
- Тестовая сборка. Сохраняйтесь почаще и работайте с копиями.
- Интерфейс ProstoCAD только на английском.
- FreeCAD не делает оболочку (Shell) детали, в которой уже есть моделированная резьба (ProstoCAD предлагает сделать Shell до резьбы).
- Некоторые смещения не строятся на резьбе и других сложных формах (Emboss). Зазор Boolean тогда становится 0 мм (поле и строка состояния об этом скажут); копия fit не делается.
- Mirror Solid ► Join / Cut и Boolean требуют результата одним куском: отражение, пересекающее деталь во многих местах, может оставить отдельные куски (диалог скажет — попробуйте другую плоскость, One side / Other side или New Solid). Деталь, почти симметричная относительно плоскости, даёт копию прямо поверх себя.
- Зеркальное тело, взятое инструментом Boolean для своего же оригинала, следует за оригиналом только до шага перед этим Boolean. Make Assembly сохраняет зеркальные тела как есть (между файлами деталей связи нет).
- Move Face двигает плоские грани вдоль их собственного направления и прямые круглые стенки наружу / внутрь. В режиме Inventor он пока не следует за соседом, закруглённым поперёк сдвига (используйте Step или Together); Together внутрь рядом со скруглениями или фасками на круглой стенке пока не делается.

12 ProstoCAD: STL и ИИ

STL — это сетка треугольников: слайсер её напечатает, но скруглить кромку или поменять размер нельзя. ProstoCAD превращает её обратно в деталь — инструментами, которыми управляете вы, или с ИИ, который управляет ProstoCAD за вас.

12.1 STL в три шага

Кнопки **Tools** ▶ **STL** идут слева направо; каждый шаг показывает результат, Undo его отменяет.

Шаг	Что делает
Import	Tools ▶ Files ▶ Import (или File ▶ Import) открывает STL как есть, с видимыми треугольниками. Строка состояния говорит, сколько их.
STL → STEP	Делает из сетки тело из её треугольников. Export уже может записать его в STEP для другой САПР, но грани у него всё ещё треугольники.
Mesh Section	Выберите плоскость или плоскую грань: STL разрезается там, и новый эскиз получает сечение линиями, дугами и окружностями с круглыми размерами и открывается для правки. Сделайте из него Revolve или Extrude или рисуйте поверх. Эскизы складываются в отдельное тело рядом с STL.
Smooth	Перестраивает точёную деталь фичами, как её чертили: эскиз и Revolve, частичные Revolve для того, что занимает только часть оборота, прямоугольные проточки как Extrude и Groove, Thread с измеренным шагом и глубиной. Результат — отдельное тело рядом с сеткой; треугольники скрыты.

Smooth лучше всего работает на точёных деталях (вокруг оси Z). Для других форм используйте Mesh Section и свои фичи или ИИ (12.2).

12.2 AI Link и Connect AI

ИИ на вашем компьютере может посмотреть на STL (сечения, размеры, поверхность в точке, картинка) и построить деталь фичами ProstoCAD — эскизы, Extrude (и как вырез), Revolve, Fillet, Chamfer, Thread — прямо в вашем окне, сверяя каждый шаг с сеткой. Фичи остаются в Model Browser, как ваши собственные: их можно править, удалять или отменять каждый шаг Undo.

1. Установите консольную программу ИИ и войдите со своим аккаунтом: **Claude Code** (claude.com/claude-code), **Codex** (OpenAI) или **Gemini CLI** (Google). Если не установлено ничего, **Tools ▸ AI ▸ Connect AI** покажет страницу каждой и команду установки — скопировать в командную строку (Codex и Gemini CLI нужен Node.js, nodejs.org); запустите её там один раз, чтобы войти. Для самого ProstoCAD ничего скачивать не нужно: его MCP-сервер встроен.
2. В ProstoCAD импортируйте STL (или откройте деталь).
3. **Tools ▸ AI ▸ Connect AI**. Откроется командная строка в папке детали (для нового STL — в папке, откуда он взят), ProstoCAD подключится к ИИ, и он там запустится. Connect AI сразу, без вопросов, запускает Claude Code, если он установлен (или Codex / Gemini CLI, с которым подключались в прошлый раз); если не установлено ничего — покажет, где взять.
4. Скажите ИИ своими словами, что нужно: *«Пересобери STL в ProstoCAD как деталь, сначала с острыми кромками»*.

AI Link (включён по умолчанию) впускает ИИ. Он слушает только этот компьютер и только клиентов, знающих ключ, который ProstoCAD хранит в папке своих настроек. Выключите его — и ни один ИИ до ProstoCAD не достигнет.

Просите сначала простую форму — цилиндры, бруски, отверстия, острые кромки — а скругления и фаски потом: так легче проверить и поправить. Насколько хорошо выйдет деталь, зависит от модели: ProstoCAD проверялся с Claude; небольшие локальные модели путаются в размерах и плоскостях.

12.3 Другие программы ИИ

AI Link говорит на **MCP** — открытом протоколе, который понимают многие программы ИИ, поэтому в ProstoCAD может работать любой MCP-клиент на этом компьютере: Claude Desktop, Cursor, VS Code (режим агента Copilot), Windsurf, Cline или LM Studio с локальной моделью. Connect AI настраивает три программы выше; для остальных добавьте в настройках MCP программы локальный (stdio) сервер с именем `innCAD`:

Поле	Значение
Команда	<папка ProstoCAD>\runtime\bin\python.exe
Аргумент	<папка ProstoCAD>\runtime\Mod\InCad\incad\ai_bridge.py

ProstoCAD должен быть открыт, AI Link включён; инструменты ProstoCAD программа найдёт сама.

Connect AI, если консольный ИИ не установлен, показывает оба пути именно этой установки, у каждого Сору, и запись для программы, которая хранит MCP-серверы в файле настроек (Claude Desktop: Settings ▸ Developer ▸ Edit Config; Cursor, Windsurf, mcp.json у LM Studio; в VS Code список называется `servers`):

```
{"mcpServers": {"innCAD": {"command": "<Команда>", "args": ["<Аргумент>"]}}}
```

После изменения настроек перезапустите программу.

Экспериментальная версия. ProstoCAD — тестовая редакция: работайте с копиями, проверяйте, что построил ИИ, прежде чем доверять размеру, и присылайте журнал (глава 11), если что-то пошло не так.

А Горячие клавиши

Одиночные клавиши работают в указанном режиме.

Клавиша	Команда
Деталь	
S	Start 2D Sketch
E	Extrude
R	Revolve
H	Hole
F	Fillet
Эскиз	
L	Line (M : линия / дуга при рисовании)
C	Circle
A	3-Point Arc
R	Rectangle
X	Trim
D	Dimension
Tab	Следующее поле значения при рисовании
F7	Slice Graphics
F8 / F9	Show / Hide Constraints
Сборка	
P	Place
C	Mate
J	Rigid

Клавиша	Команда
Везде	
Ctrl N	New
Ctrl O	Open
Ctrl S	Save
Shift Ctrl S	Save As
Ctrl W	Close (спросит о сохранении)
Ctrl Q	Quit (спросит о сохранении)
Ctrl Z	Undo
Shift Ctrl Z	Redo
Backspace / Del	Удалить выделенное
Esc	Отменить диалог, остановить инструмент, закончить эскиз
В диалогах и полях ввода	
Enter	Применить значение (поле ввода размера)
↑ / ↓	Значение в диалоге на шаг больше / меньше
Shift + ↑ / ↓	На десять шагов

В Карта ленты

Все вкладки, группы и команды. «А | В | С» — одна кнопка с вариантами: показана А, В и С — в её списке.

Деталь

Вкладка	Группа	Команды
3D Model	Sketch	Start 2D Sketch · 3D Line
	Create	Extrude · Revolve · Hole · Sweep Loft Coil · Emboss
	Modify	Fillet Full Round Fillet Chamfer · Shell Draft · Thread · Threads (Threads Off / On) · Boolean · Split · Move Face
	Pattern	Rectangular Circular Mirror · Mirror Solid
	Work Features	Plane Axis Point
Assembly	Assembly	New Assembly · Make Assembly · Open
Inspect	Measure	Measure Distance Angle Length Area · Mass Properties
Tools	Files	Import · Export
	STL	STL → STEP · Mesh Section · Smooth
	AI	AI Link · Connect AI
	Material	Material · Appearance
	Options	Ask on New
Image	Insert	Insert Image
	Scale	Scale / Transparency
	Place	On XY On XZ On YZ · Turn 90° · Mirror
	Look	Show / Hide
View	Appearance	Light / Dark
	Navigate	Zoom All · Home View · Look At · Zoom Selection · Orbit · Pan
	Visual Style	Shaded · Wireframe · Section Section by 3 Points · Hide / Show Show All Origin Hide All Origin Show All Sketches Hide All Sketches · Assembly Context
	Capture	Screenshot
	Windows	Parameters

Эскиз

Вкладка	Группа	Команды
Sketch	Create	Line Single Line · Spline Control-Vertex Spline · Circle 3-Point Circle

Ellipse | 3-Point Ellipse · 3-Point Arc | Center Arc | Elliptical Arc · Rectangle | Center Rectangle | 3-Point Rectangle | 3-Point Center Rect. | Rounded Rectangle · Center-to-Center Slot | Overall Slot | Center Point Slot | Arc Slot | Flat-End Arc Slot · Hexagon | Triangle | Square | Pentagon | Octagon | Polygon (N sides) · Point · Text

	Modify	Fillet Chamfer · Trim · Extend · Offset
	Pattern	Rectangular Circular Along Path · Mirror
	Dimension	Dimension Overall Dimension
	Constrain	Coincident · Concentric · Horizontal · Vertical · Parallel · Collinear · Perpendicular · Tangent · Equal · Symmetric · Fix · List (Constraint List)
	Insert	Project (Project Geometry)
	Format	Construction · Constraints (Show / Hide Constraints) · Free DOF (Show Free Geometry) · Slice (Slice Graphics)
	Exit	Finish Sketch
View	Appearance	Light / Dark
	Navigate	Zoom All · Home View · Orbit · Pan
	Visual Style	Shaded · Wireframe · Section Section by 3 Points
	Capture	Screenshot
	Windows	Parameters

Сборка

Вкладка	Группа	Команды
Assembly	Component	Place · Create · Import · Ground · Edit Open · Boolean · Threads (Threads Off / On)
	Constrain	Mate · Flush · Angle · Parallel · Perpendicular · Tangent · Insert
	Joint	Rigid · Rotational · Slider · Cylindrical · Ball
	Analyze	Interference
View	Appearance	Light / Dark
	Navigate	Zoom All · Home View · Look At · Zoom Selection · Orbit · Pan
	Visual Style	Shaded · Wireframe · Section Section by 3 Points · Hide / Show Show / Hide All Axes, Origin, Sketches · Degrees of Freedom
	Capture	Screenshot
	Windows	Parameters

Нет открытого файла

Вкладка	Группа	Команды
Get Started	New	New · New Assembly · Open
View	Appearance	Light / Dark

Команды только в меню-жестах: Show in Browser, Show in Window, Move End of Part Here, Suppress / Unsuppress, Rename, Delete, Edit, Stop Tool, Edit Pattern, Delete Pattern, Suppress (деталь сборки), Remove from Assembly.