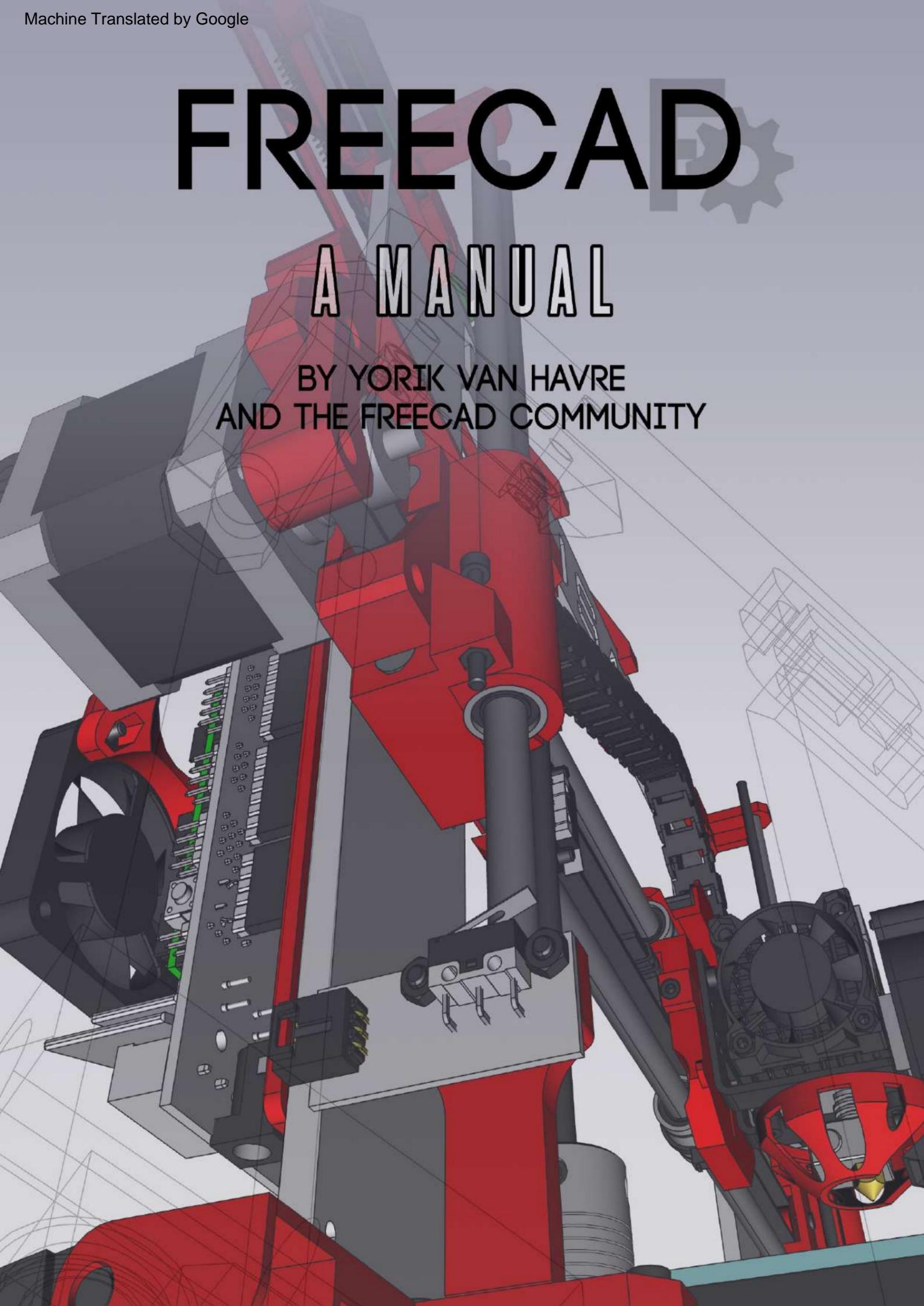


FREECAD

A MANUAL

BY YORIK VAN HAVRE
AND THE FREECAD COMMUNITY



Оглавление

Введение	1.1
Знакомство с FreeCAD	1.2
Что такое FreeCAD?	1.2.1
Установка	1.2.2
Установка на Windows	1.2.2.1
Установка на Linux	1.2.2.2
Установка на Mac OS	1.2.2.3
Удаление	1.2.2.4
Настройка основных параметров	1.2.2.5
Установка дополнительного контента	1.2.2.6
Интерфейс FreeCAD	1.2.3
Верстаки	1.2.3.1
Интерфейс	1.2.3.2
Настройка интерфейса	1.2.3.3
Навигация в 3D-режиме	1.2.4
Несколько слов о трёхмерном пространстве.	1.2.4.1
Трехмерный вид FreeCAD	1.2.4.2
Выбор объектов	1.2.4.3
Документ FreeCAD	1.2.5
Параметрические объекты	1.2.6
Импорт и экспорт в другие типы файлов	1.2.7
Работа с FreeCAD	1.3
Все верстаки с первого взгляда	1.3.1
Традиционное моделирование по методу CSG.	1.3.2
Традиционное двухмерное черчение	1.3.3
Моделирование для проектирования продукции	1.3.4
Подготовка моделей для 3D-печати	1.3.5
Экспорт в слайсеры	1.3.5.1
Преобразование объектов в сетки.	1.3.5.2
Использование Slic3r	1.3.5.3

Используя дополнение Cura	1.3.5.4
Генерация G-кода	1.3.5.5
Создание 2D-чертежей	1.3.6
BIM-моделирование	1.3.7
Использование электронных таблиц	1.3.8
Свойства чтения	1.3.8.1
Свойства письма	1.3.8.2
Создание FEM-анализов	1.3.9
Создание рендеров	1.3.10
Скриптинг на Python	1.4
Мягкое вступление	1.4.1
Написание кода на Python	1.4.1.1
Манипулирование объектами FreeCAD	1.4.1.2
Векторы и размещение	1.4.1.3
Создание и манипулирование геометрией	1.4.2
Создание параметрических объектов	1.4.3
Создание инструментов интерфейса	1.4.4
Сообщество	1.5

Руководство FreeCAD

Примечание: Руководство пользователя перенесено в [официальную вики FreeCAD](#), который теперь стал его новым домом.

Если вы хотите предложить правки, пожалуйста, сделайте это здесь, поскольку этот репозиторий будет использоваться только для создания электронных версий книг и больше не будет редактироваться напрямую.

Введение

[FreeCAD](#) FreeCAD — это бесплатное, открытое программное обеспечение для параметрического 3D-моделирования. Оно создано в первую очередь для моделирования реальных объектов, от мелких электронных компонентов до зданий и объектов гражданского строительства, с особым акцентом на объекты, пригодные для 3D-печати. FreeCAD можно бесплатно скачивать, использовать, распространять и модифицировать, а его исходный код является открытым и опубликован под очень либеральной лицензией [LGPL](#). Лицензия. Данные, созданные вами с помощью FreeCAD, полностью принадлежат вам и могут быть восстановлены без FreeCAD.

FreeCAD — это также, по сути, социальный проект, поскольку он разрабатывается и поддерживается сообществом разработчиков и пользователей, объединенных страстью к FreeCAD.

Это руководство — эксперимент, идущий в противоположном направлении от [официальной вики-документации FreeCAD](#). Вики-документация создается коллективно десятками участников сообщества и, как и большинство вики-сайтов, содержит огромное количество информации, но очень сложна для доступа и навигации для новичков. Это делает ее ценным справочным ресурсом, но не очень практическим инструментом для изучения FreeCAD. Это руководство проведет вас по той же информации, что и вики-документация. Однако мы надеемся, что более пошаговый темп, основанный на примерах, и более единый тон, заданный меньшим количеством авторов, сделают его более подходящим для первого знакомства с FreeCAD и станут идеальным дополнением к вики-документации.

Данное руководство написано для текущей стабильной версии FreeCAD, а именно версии 1.

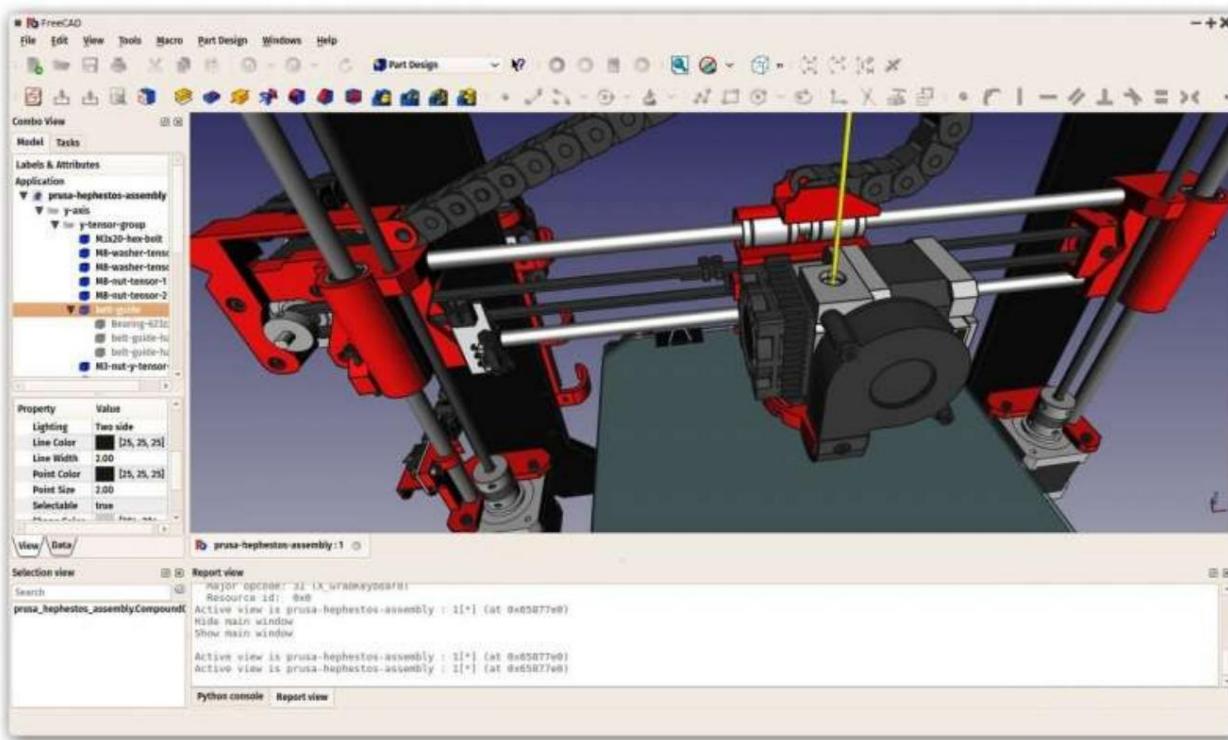
0,16.

Все содержимое данного руководства опубликовано под лицензией [Creative Commons 4.0](#). Данное руководство распространяется по лицензии и может свободно использоваться, скачиваться, копироваться и изменяться. Исходные файлы этого руководства размещены на [GitHub](#).

Эта книга написана в основном Йориком, но с использованием большого количества информации, собранной пользователями FreeCAD, преимущественно из вики FreeCAD. На самом деле, настоящим автором этой книги является всё сообщество FreeCAD!

Знакомство с FreeCAD

Что такое FreeCAD?



FreeCAD — это приложение для параметрического 3D-моделирования с открытым исходным кодом, созданное в первую очередь для проектирования реальных объектов. [Параметрическое моделирование](#) Описывается определённый тип моделирования, при котором форма создаваемых вами 3D-объектов контролируется параметрами. Например, форма кирпича может контролироваться тремя параметрами: высотой, шириной и длиной. В FreeCAD, как и в других параметрических программах моделирования, эти параметры являются частью объекта и остаются изменяемыми в любое время после создания объекта. Некоторые объекты могут иметь в качестве параметров другие объекты; например, у вас может быть объект, который принимает наш кирпич в качестве входных данных и создаёт из него колонну. Параметрический объект можно рассматривать как небольшую программу, которая создаёт геометрию на основе параметров.

FreeCAD не предназначен для какого-либо конкретного вида работы или для создания определённых типов объектов. Вместо этого, он допускает широкий спектр применения и позволяет пользователям создавать модели любых размеров и назначений, от небольших электронных компонентов до деталей, пригодных для 3D-печати, и вплоть до зданий. Для каждой из этих задач доступны различные специализированные наборы инструментов и рабочих процессов.

FreeCAD также является многоплатформенным (он работает совершенно одинаково на платформах Windows, Mac OS и Linux) и имеет [открытый исходный код](#). Будучи программистом с открытым исходным кодом, FreeCAD выигрывает от вклада и усилий большого сообщества программистов, энтузиастов и пользователей по всему миру. FreeCAD — это, по сути, приложение, созданное людьми, которые его используют, а не компанией, пытающейся продать вам продукт. И, конечно же, это также означает, что FreeCAD бесплатен не только для использования, но и для распространения, копирования, модификации и даже продажи.

FreeCAD также выигрывает от огромного накопленного опыта мира открытого исходного кода. В его основе лежит ряд других компонентов с открытым исходным кодом, поскольку сам FreeCAD может использоваться в качестве компонента в других приложениях. Он также обладает всеми функциями, ставшими стандартом в мире открытого исходного кода, такими как поддержка широкого спектра форматов файлов, широкие возможности для написания скриптов, настраиваемость и модификация. Все это стало возможным благодаря динамичному и увлечененному сообществу пользователей.

Официальный сайт FreeCAD находится по адресу <http://www.freecadweb.org>

Читать далее:

- О FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=About_FreeCAD Список функций: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Feature_list Скриншоты и примеры использования:
- <http://forum.freecadweb.org/viewforum.php?f=24>

Установка

FreeCAD использует лицензию [LGPL](#). Лицензия означает, что вы можете свободно скачивать, устанавливать, распространять и использовать FreeCAD так, как вам угодно, независимо от типа работы, которую вы будете с ним выполнять (комерческая или некоммерческая). Вы не связаны никакими условиями или ограничениями, и файлы, которые вы создаете с его помощью, полностью принадлежат вам. Единственное, что запрещает лицензия, это утверждать, что вы сами запрограммировали FreeCAD!

FreeCAD работает без каких-либо различий на Windows, Mac OS и Linux. Однако способы установки немного отличаются в зависимости от платформы. На Windows и Mac сообщество FreeCAD предоставляет предварительно скомпилированные пакеты (установщики), готовые к загрузке, в то время как на Linux исходный код предоставляется разработчикам дистрибутивов Linux, которые затем отвечают за упаковку FreeCAD для своего конкретного дистрибутива. В результате на Linux вы обычно можете установить FreeCAD прямо из приложения-менеджера программного обеспечения.

Официальная страница загрузки FreeCAD для Windows и Mac OS находится по [адресу https://github.com/FreeCAD/FreeCAD/releases](https://github.com/FreeCAD/FreeCAD/releases)

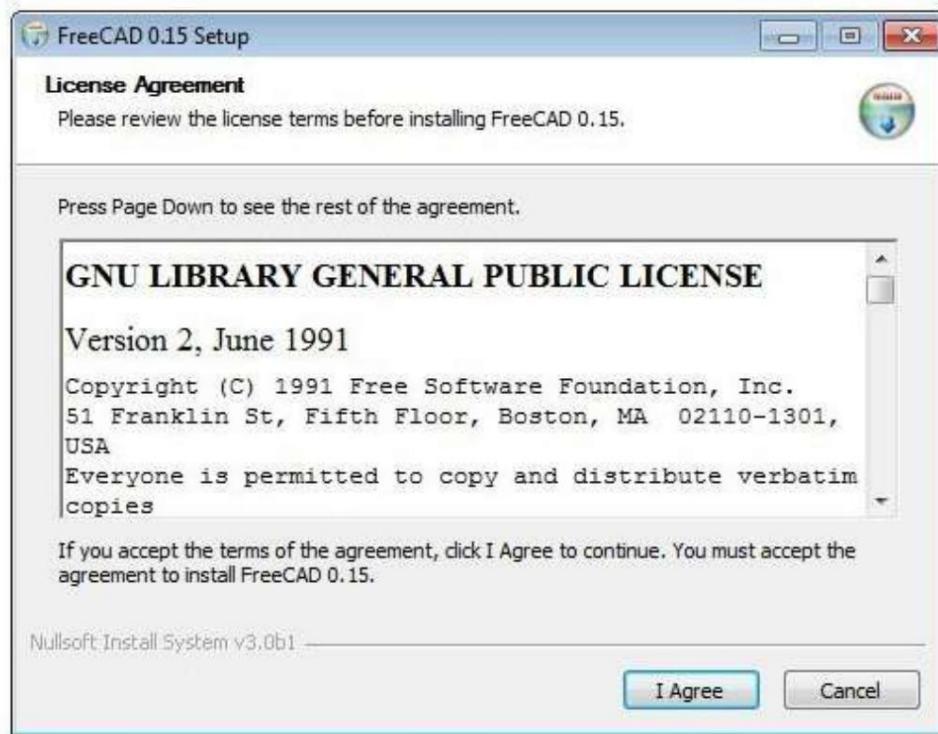
версии FreeCAD

Официальные релизы FreeCAD, представленные на указанной выше странице или в менеджере программного обеспечения вашего дистрибутива, являются стабильными версиями. Однако разработка FreeCAD идет быстро! Новые функции и исправления ошибок добавляются практически каждый день. Поскольку между стабильными релизами иногда проходит много времени, вам может быть интересно попробовать более продвинутую версию FreeCAD. Эти версии для разработчиков, или предварительные релизы, периодически загружаются на [страницу загрузки](#), как указано выше, или, если вы используете Ubuntu, сообщество FreeCAD также поддерживает [PPA](#). (Архив личных пакетов) или «ежедневные сборки», которые регулярно обновляются с учетом последних изменений.

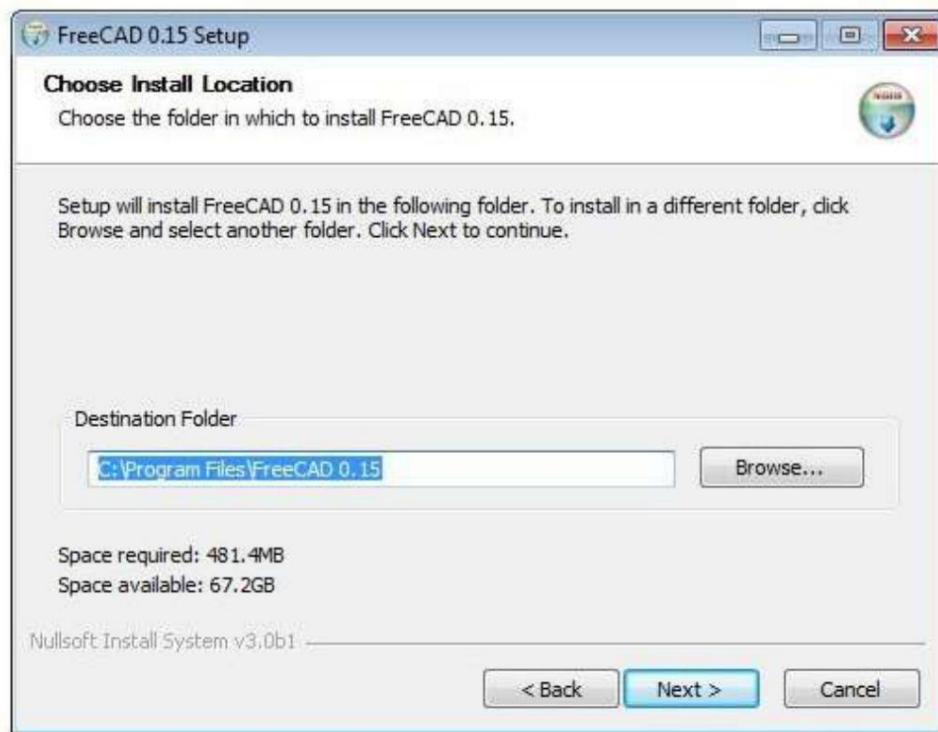
При установке FreeCAD в виртуальной машине имейте в виду, что производительность может быть низкой, а в некоторых случаях и вовсе непригодной для использования из-за ограничений [OpenGL](#). поддержка большинства виртуальных машины.

Установка на Windows

1. Загрузите установочный файл (.exe), соответствующий вашей версии Windows (32-бит).
или 64-битную версию со [страницы загрузки](#). Установщики FreeCAD должны работать на любой версии Windows, начиная с Windows 7.
2. Дважды щелкните загруженный установщик.
3. Примите условия лицензии LGPL (это будет один из немногих случаев, когда вы сможете это сделать).
Действительно, можно безопасно нажать кнопку «Принять», не читая текст. Никаких скрытых условий.

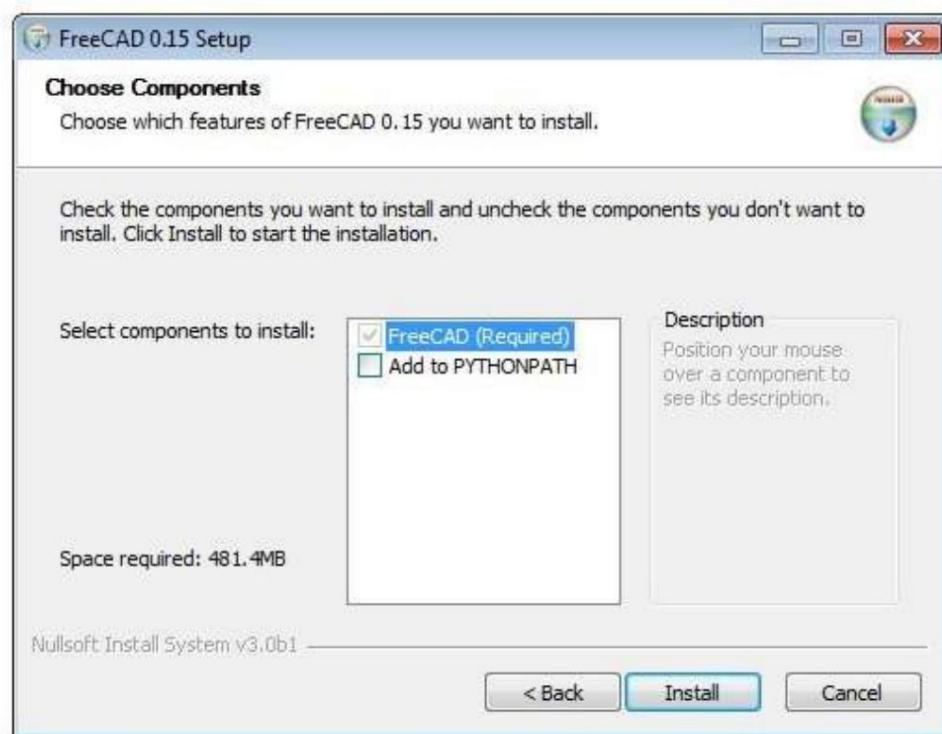


4. Вы можете оставить путь по умолчанию или изменить его при желании:



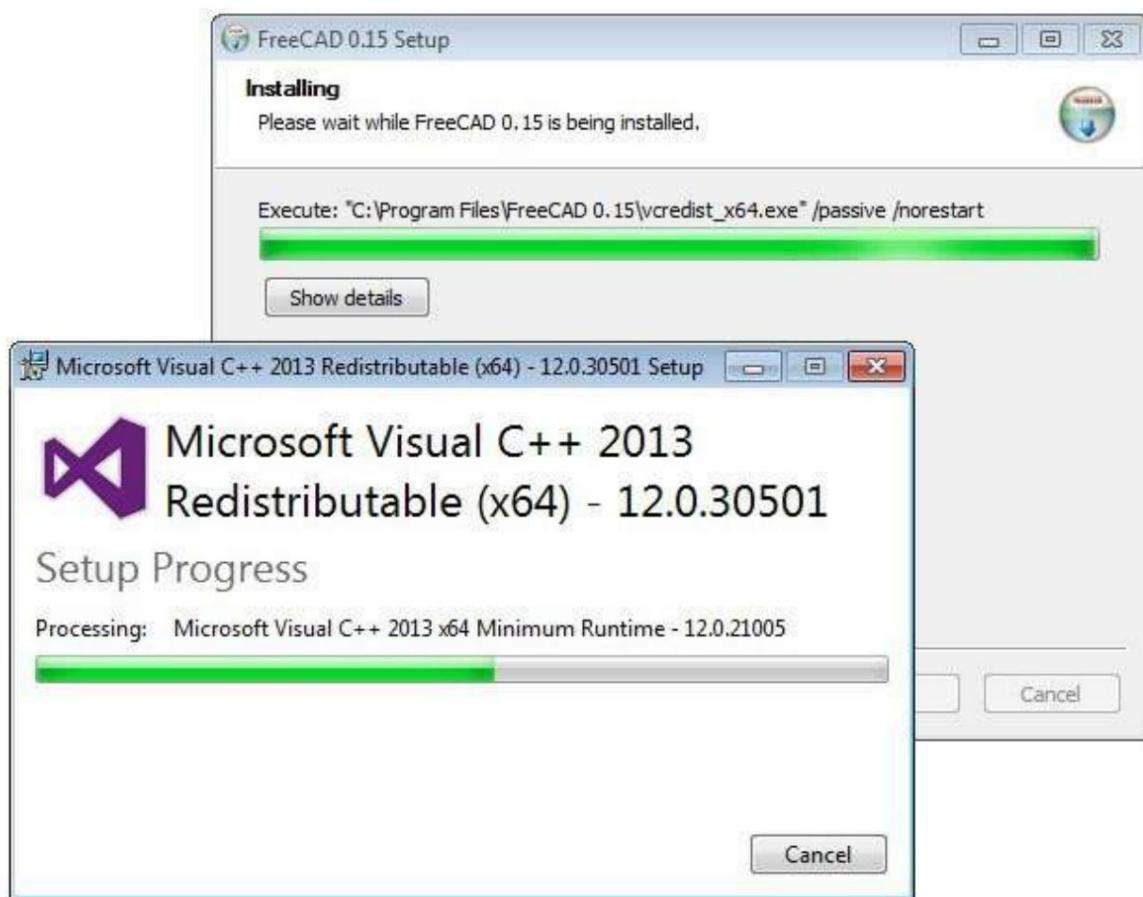
5. Нет необходимости устанавливать переменную PYTHONPATH, если вы не планируете выполнять какие-либо сложные операции.

Программирование на Python, в таком случае вы, вероятно, уже знаете, для чего это нужно:

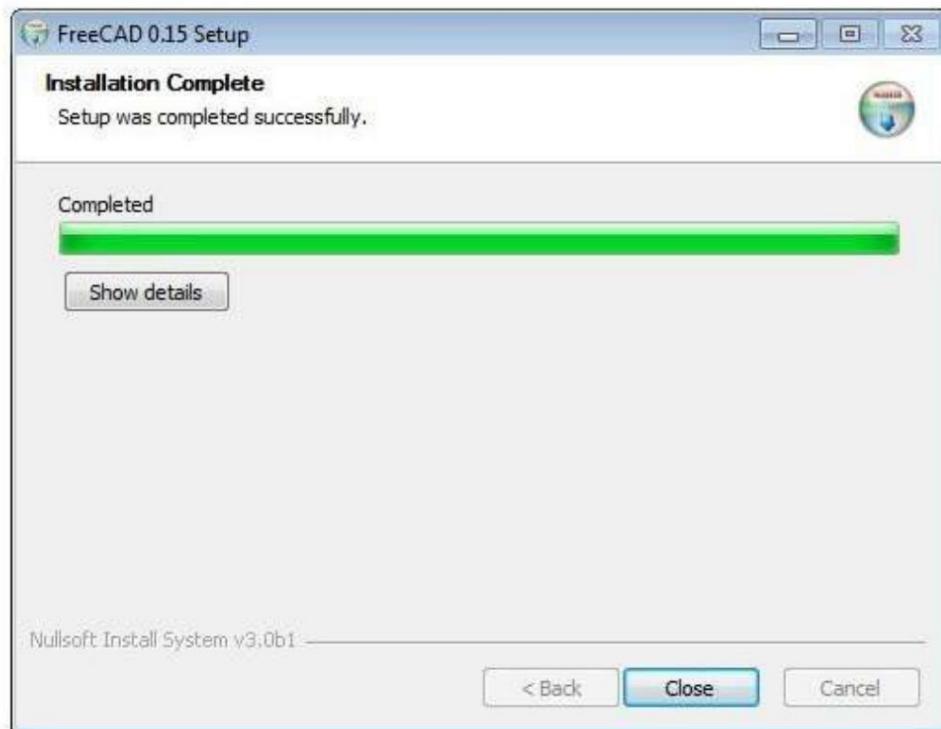


6. Во время установки несколько дополнительных компонентов, которые входят в комплект поставки.

Установщик также будет установлен:



7. Вот и всё, FreeCAD установлен. Вы найдёте его в меню «Пуск».

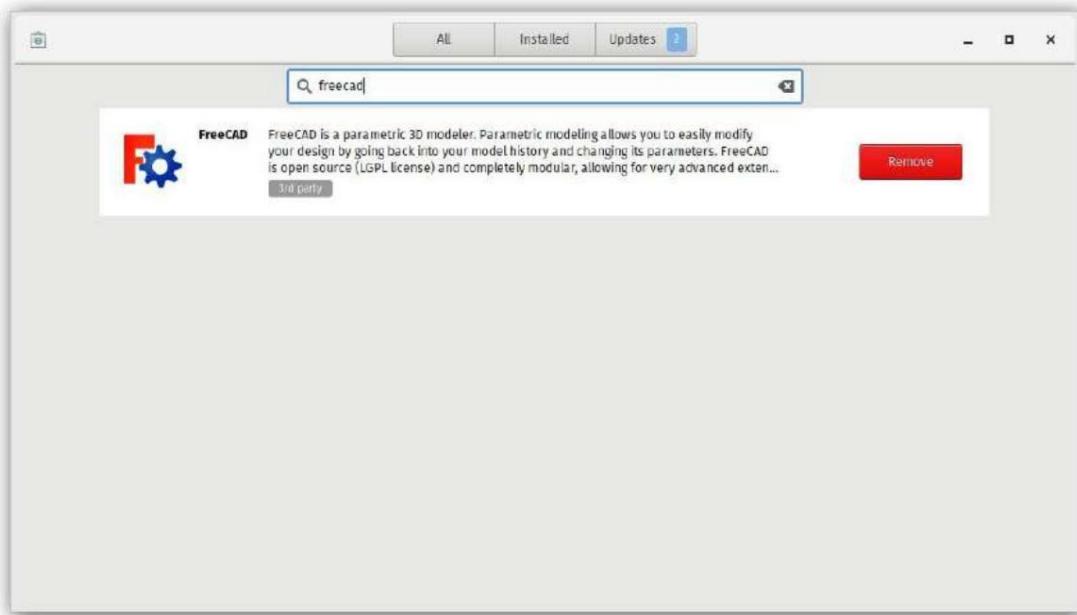


Создание пакета FreeCAD и установочного файла требует времени и усилий, поэтому обычно версии для разработчиков (также называемые предварительными версиями) предоставляются в виде архивов .zip (или .7z). Устанавливать их не нужно, достаточно просто распаковать и запустить FreeCAD, дважды щелкнув файл FreeCAD.exe, который вы найдете внутри. Это также позволяет хранить стабильную и «нестабильную» версии на одном компьютере.

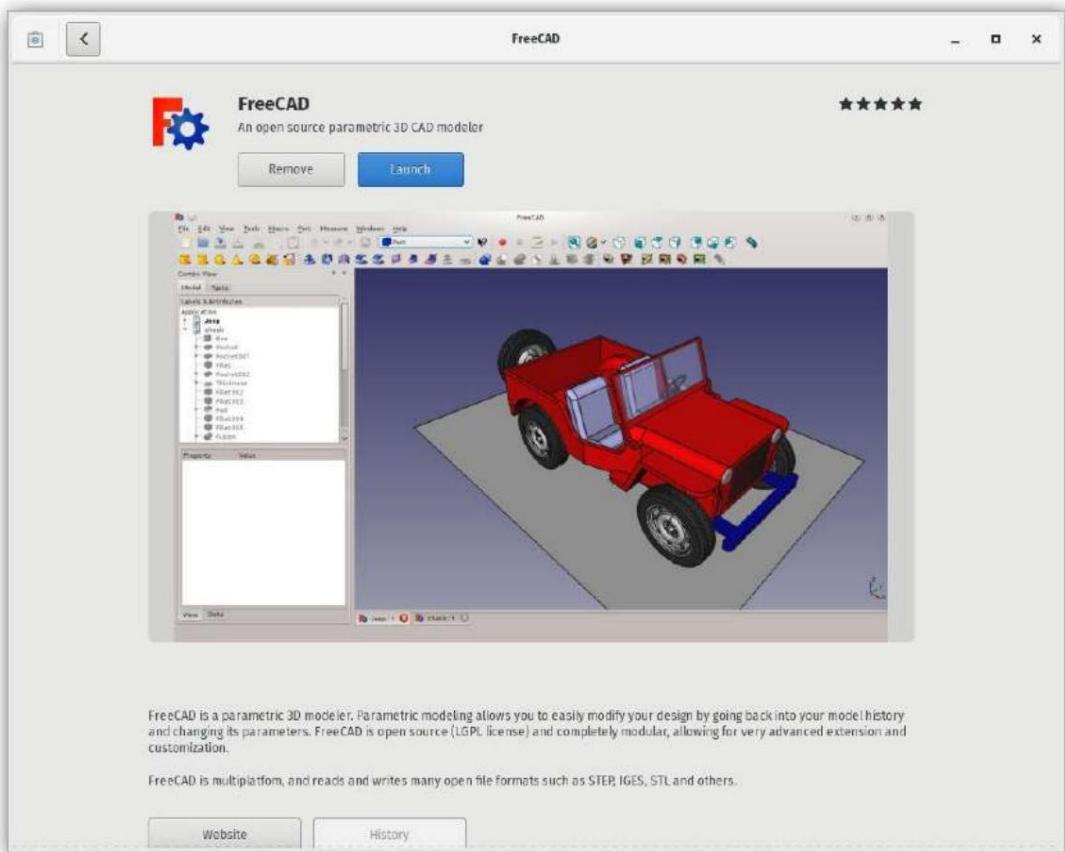
Установка на Linux

В большинстве современных дистрибутивов Linux (Ubuntu, Fedora, OpenSUSE, Debian, Mint, Elementary и т. д.) FreeCAD можно установить одним нажатием кнопки, непосредственно из приложения управления программным обеспечением, предоставляемого вашим дистрибутивом (его внешний вид может отличаться от изображений ниже, каждый дистрибутив использует свой собственный инструмент).

1. Откройте менеджер программ и найдите "FreeCAD":



2. Нажмите кнопку «Установить», и всё, FreeCAD установлен. Не забудьте оценить его. после!



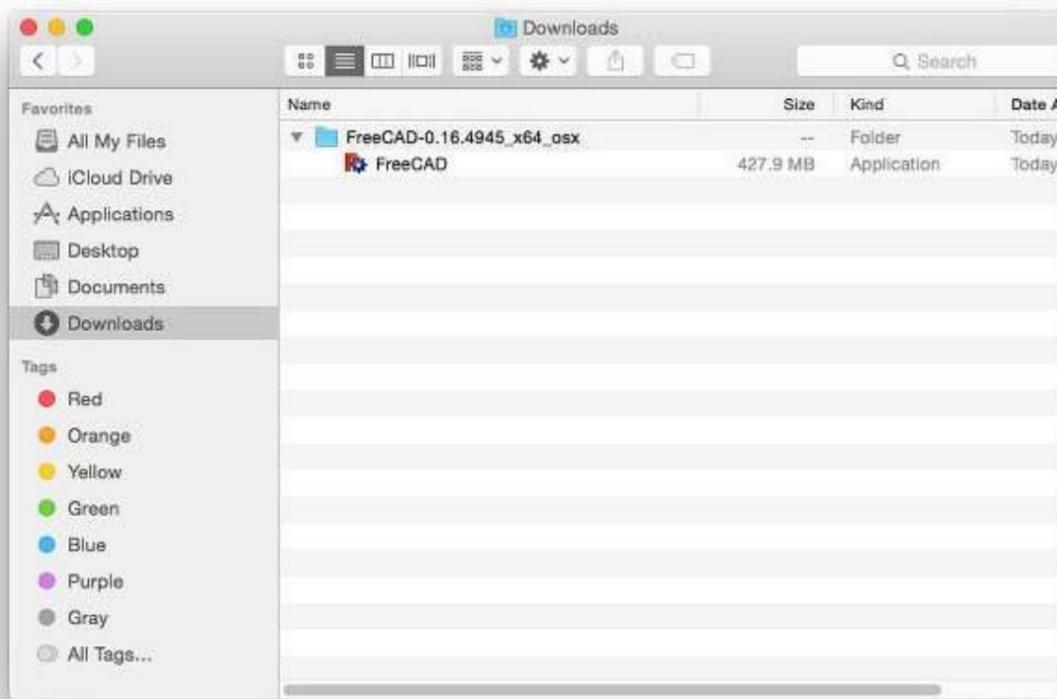
Альтернативные способы

Одно из главных преимуществ использования Linux — это множество возможностей для настройки программного обеспечения, поэтому не ограничивайте себя. В Ubuntu и производных дистрибутивах FreeCAD также можно установить из PPA. Поддерживается сообществом FreeCAD (содержит как стабильную, так и разрабатываемую версии), и поскольку это программное обеспечение с открытым исходным кодом, вы также можете легко [скомпилировать FreeCAD самостоятельно](#).

Установка на Mac OS

В настоящее время установка FreeCAD на Mac OSX так же проста, как и на других платформах. Однако, поскольку в сообществе меньше людей, владеющих Mac, доступные пакеты часто отстают на пару версий от других платформ.

1. Загрузите архивный файл, соответствующий вашей версии, со [страницы загрузки](#).
2. Откройте папку «Загрузки» и распакуйте загруженный zip-файл:



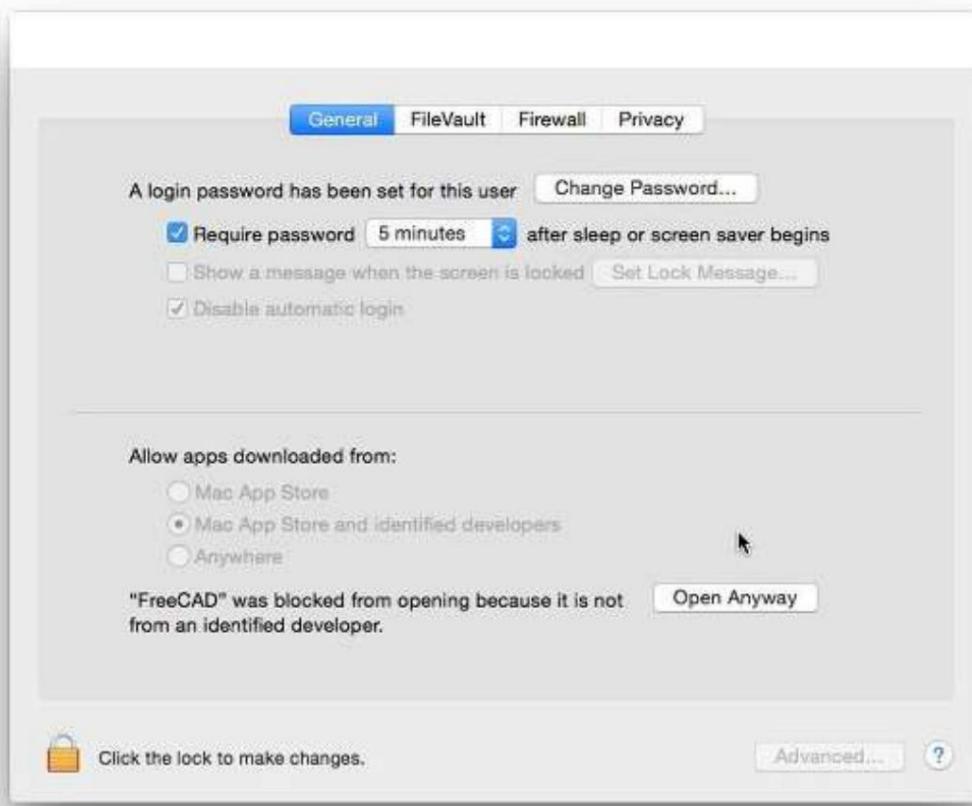
3. Перетащите приложение FreeCAD из архива в папку «Приложения»:



4. Вот и всё, FreeCAD установлен!



5. Если система препятствует запуску FreeCAD из-за ограниченных прав доступа для приложений, не загруженных из App Store, вам потребуется включить его в системных настройках:



Удаление

Надеюсь, вам это не понадобится, но всё равно полезно знать. В Windows и Linux удаление FreeCAD очень простое. Используйте стандартную опцию «удалить программное обеспечение» в панели управления Windows или удалите его с помощью того же менеджера программ, который вы использовали для установки FreeCAD в Linux. На Mac всё, что вам нужно сделать, это удалить его из папки «Приложения».

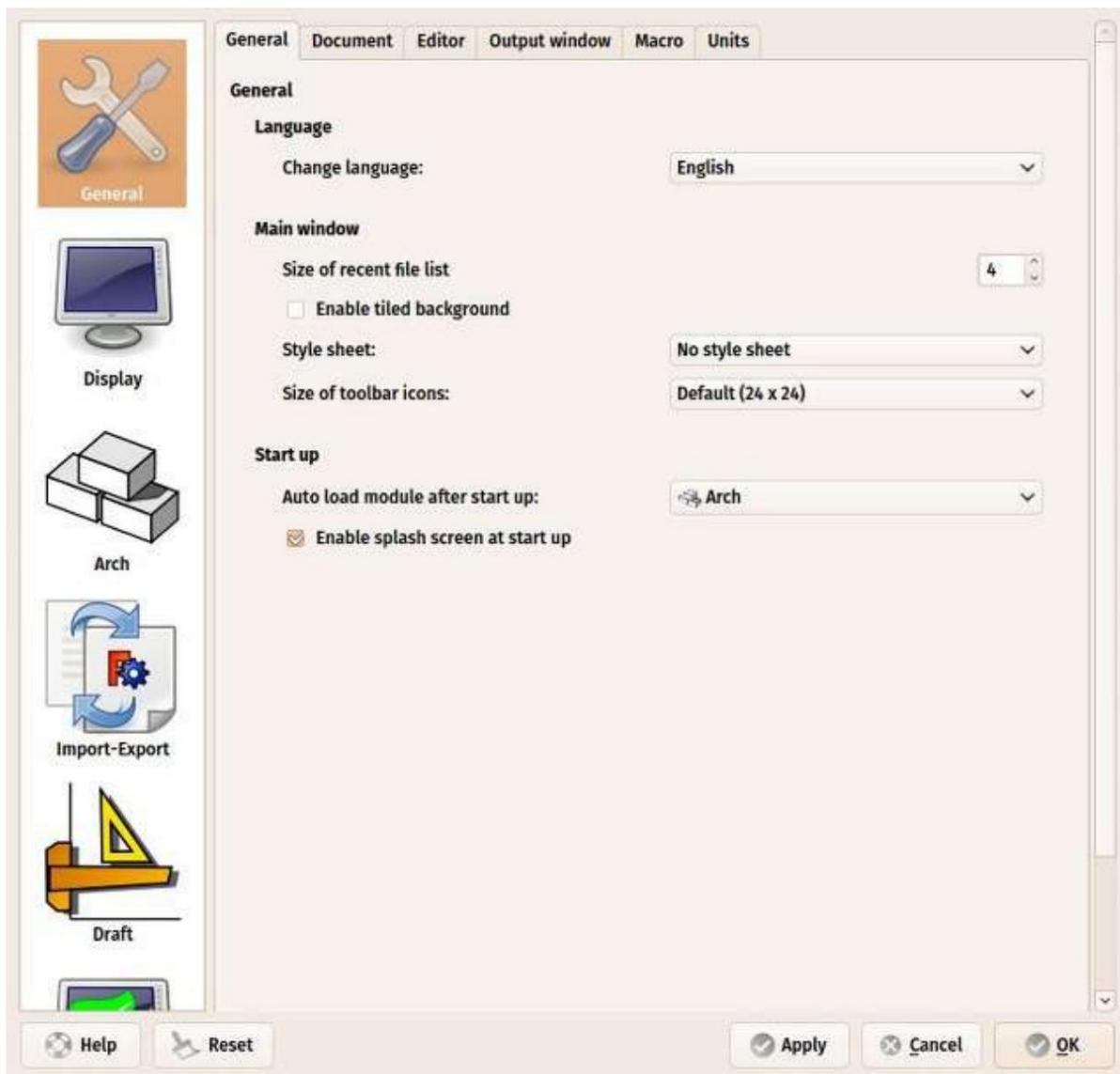
Настройка основных параметров

После установки FreeCAD вы можете открыть его и установить несколько параметров.

Настройки параметров в FreeCAD находятся в меню «Редактировать» -> «Настройки». Вы можете просмотреть различные страницы, чтобы увидеть, что еще вы хотели бы изменить, но вот несколько основных:

1. Язык: FreeCAD автоматически выберет язык вашей операционной системы, но вы можете изменить его.

FreeCAD почти полностью переведен на 5 или 6 языков, а также на множество других, которые на данный момент переведены лишь частично. Вы можете легко [помочь в переводе FreeCAD](#).

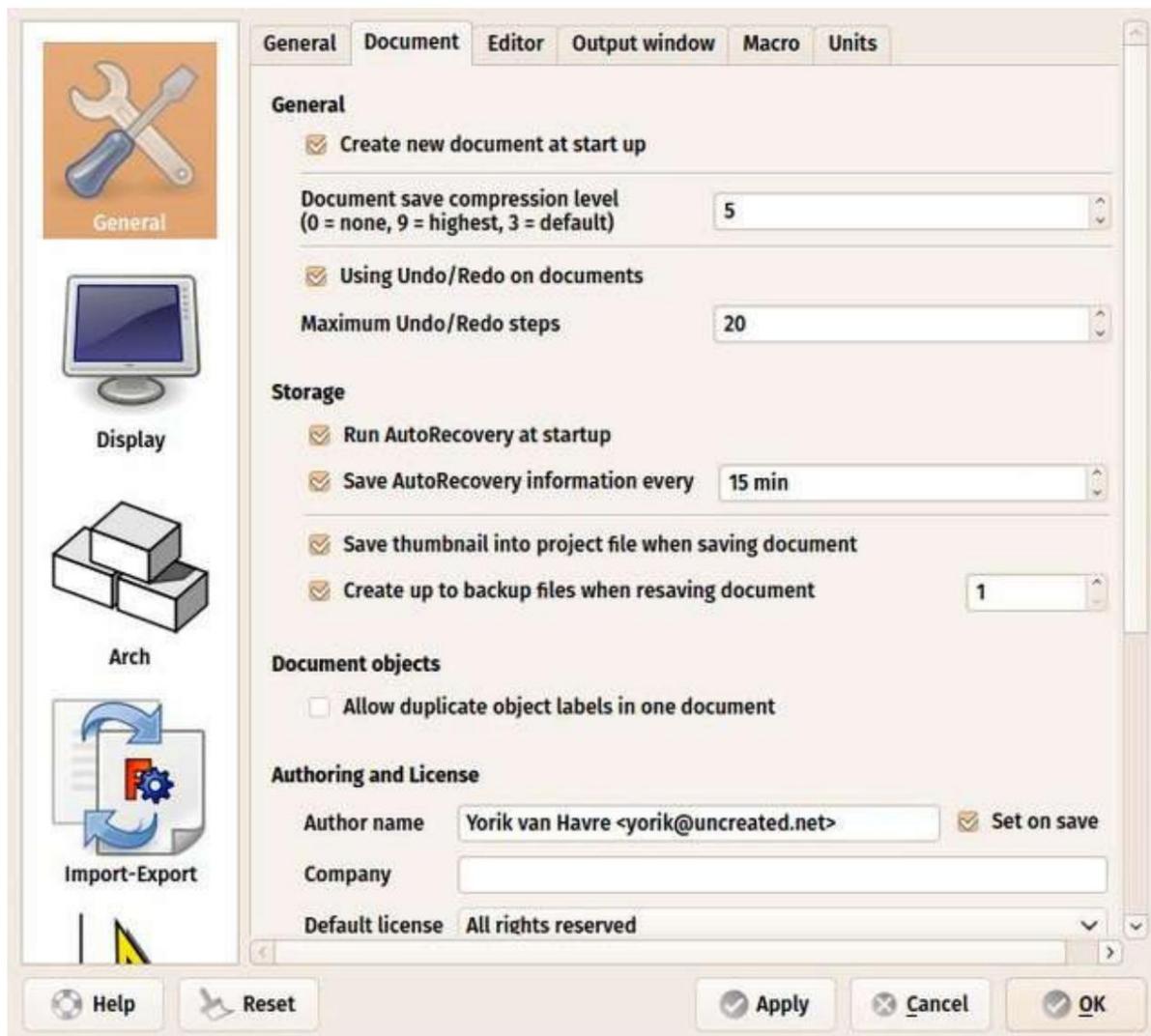


2. Модуль автоматической загрузки: Обычно FreeCAD начинает отображение страницы стартового центра.

Вы можете пропустить этот шаг и начать сессию FreeCAD непосредственно в выбранной вами рабочей среде. [Рабочие среды](#) Это будет подробно объяснено в [следующей главе](#).

3. Создание документа при запуске: В сочетании с указанной выше опцией это запускает FreeCAD.

готовы к работе.



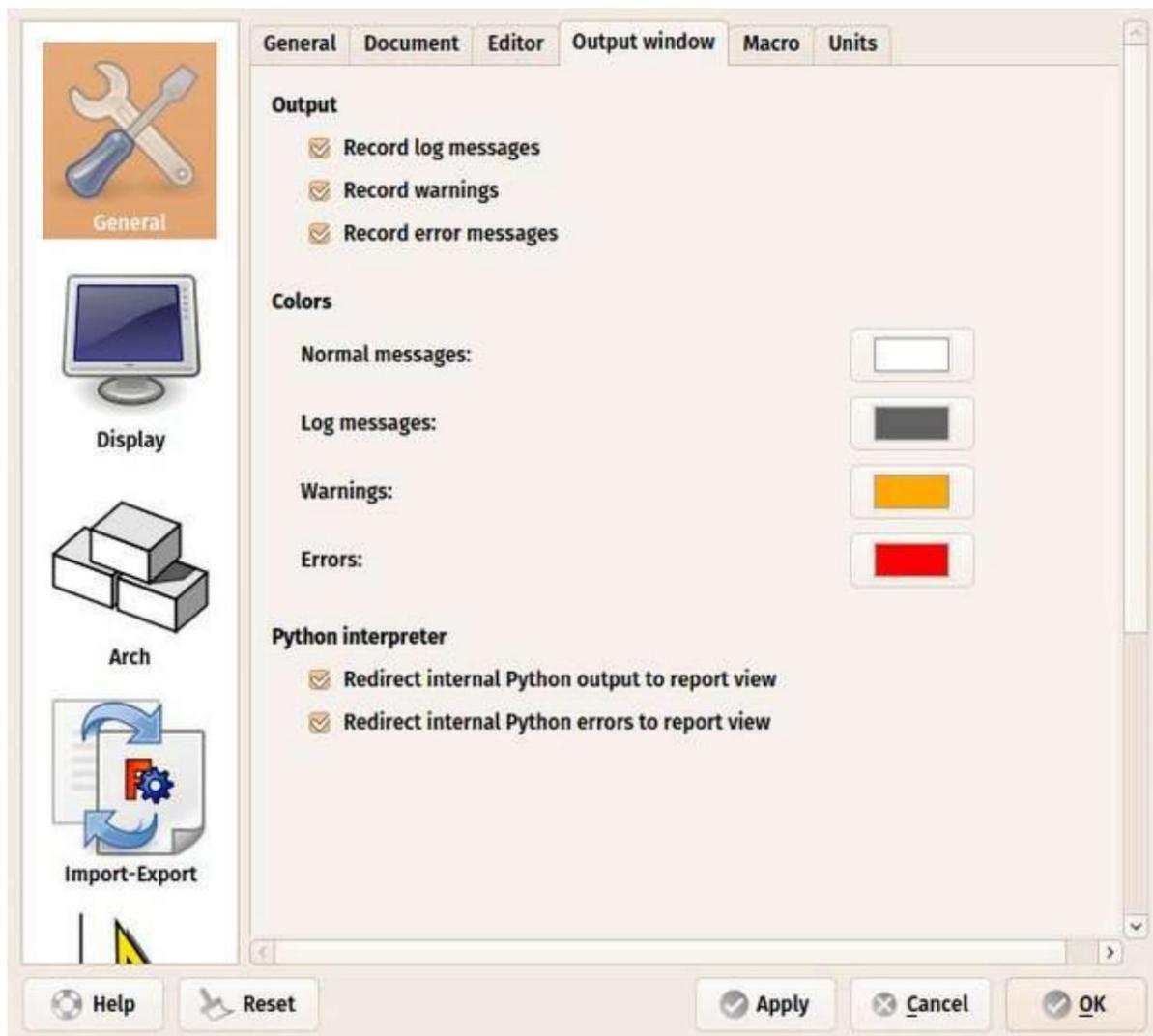
4. Варианты хранения данных: Как и любое сложное приложение, FreeCAD может время от времени давать сбои.

Здесь вы можете настроить несколько параметров, которые помогут вам восстановить вашу работу в случае ошибки. Крушение.

5. Создание и лицензирование: Вы можете установить параметры по умолчанию, которые будут использоваться для ваших новых файлов.

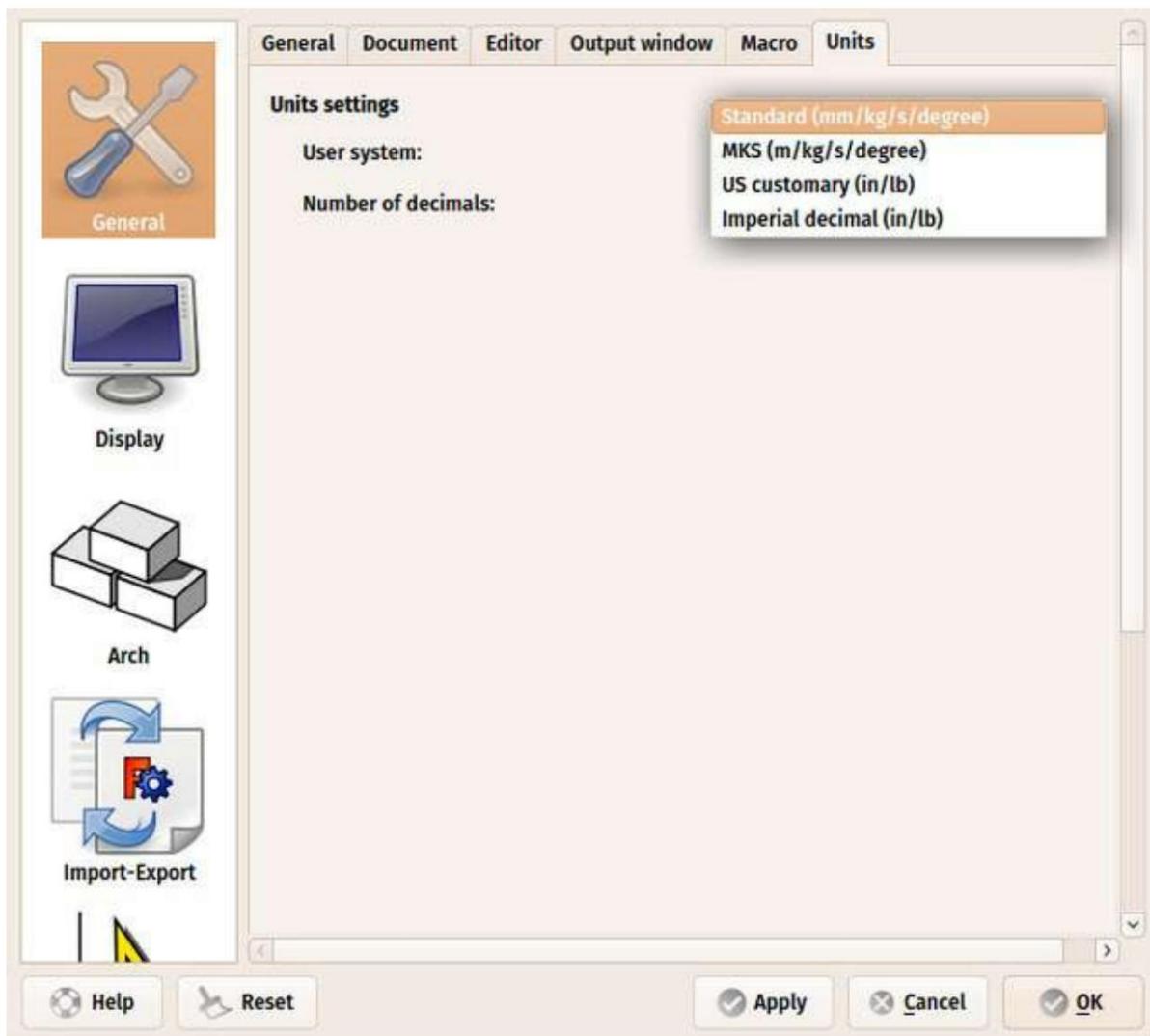
Рекомендуется сделать ваши файлы доступными для совместного использования с самого начала, используя более удобную лицензию с правом копирования (copyleft). Лицензия, подобная [Creative Commons](#).

6. Перенаправление сообщений Python в окно вывода: Эти два параметра всегда полезно отметить, так как они позволяют вам увидеть, что не так в окне отчета, когда возникнет проблема с выполнением конкретного скрипта Python.



7. Единицы измерения: Здесь вы можете установить единицы измерения по умолчанию, которые хотите использовать. Это упростит работу.

Примеры будут позже, чтобы остаться в MKS.



Установка дополнительного контента

Поскольку проект FreeCAD и его сообщество быстро растут, а также благодаря простоте его расширения, внешние разработки и побочные проекты, созданные членами сообщества и другими энтузиастами, начинают появляться повсюду в интернете. Сейчас предпринимаются усилия по сбору всех этих интересных дополнений в одном месте, на [странице FreeCAD на GitHub](#). Там, помимо прочего, вы найдете:

1. [Библиотека запчастей](#), который содержит всевозможные полезные модели или фрагменты моделей, созданные Библиотека, созданная пользователями FreeCAD, может свободно использоваться в ваших проектах. Доступ к библиотеке можно получить прямо из вашей установки FreeCAD.
2. [Набор дополнений](#), большинство из них — это дополнительные верстаки, которые расширяют возможности. Функциональность FreeCAD для выполнения определённых задач. Инструкции по установке приведены на странице каждого отдельного дополнения.
3. [Набор макросов](#), которые также доступны [на вики FreeCAD](#). а также документацию по их использованию. В вики содержится гораздо больше макросов.

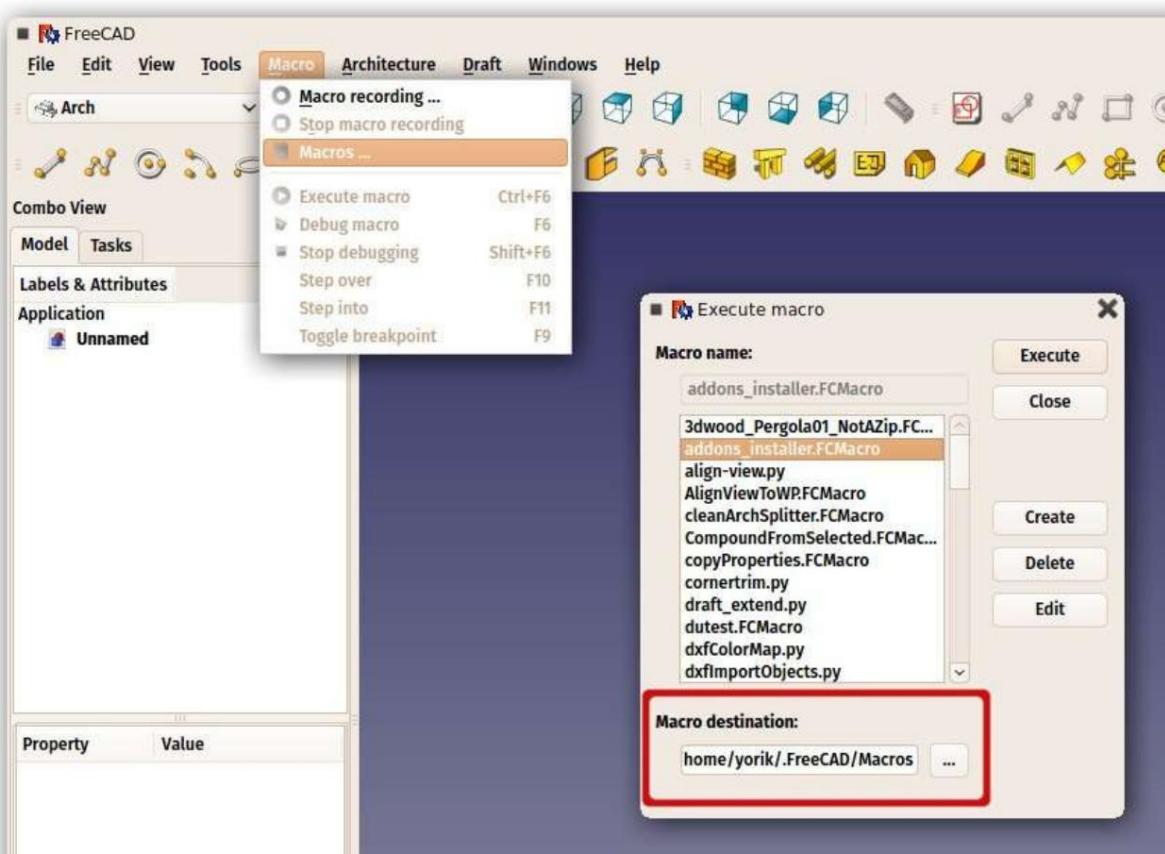
Если вы используете Ubuntu или любую из её производных, воспользуйтесь репозиторием FreeCAD-extras PPA. содержит большую часть этих дополнений. На других платформах любое из дополнений, включая библиотеку деталей, можно легко установить с помощью макроса addon-installer, предоставленного в репозитории дополнений. Следующая процедура показывает, как установить addon-installer (другие макросы можно установить таким же образом).

1. Загрузите файл addons-installer.FCMacro по ссылке:

<https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-addons> Щёлкнув по нему, затем щёлкнув правой кнопкой мыши по кнопке "RAW" и выбрав "Сохранить как".

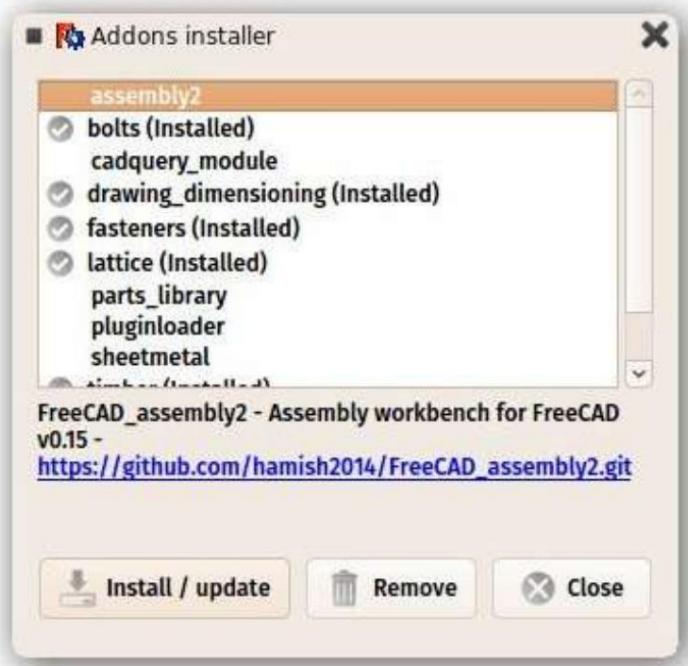
2. Поместите макрос в папку назначения FreeCAD Macros. FreeCAD Macros

Путь назначения указывается в нижней части диалогового окна «Выполнить макрос» в FreeCAD:



3. Закройте и снова откройте диалоговое окно «Выполнить макрос» и запустите

addons_installer.FCMacro. Запустится установщик, с помощью которого вы сможете устанавливать, обновлять и удалять любые дополнения:

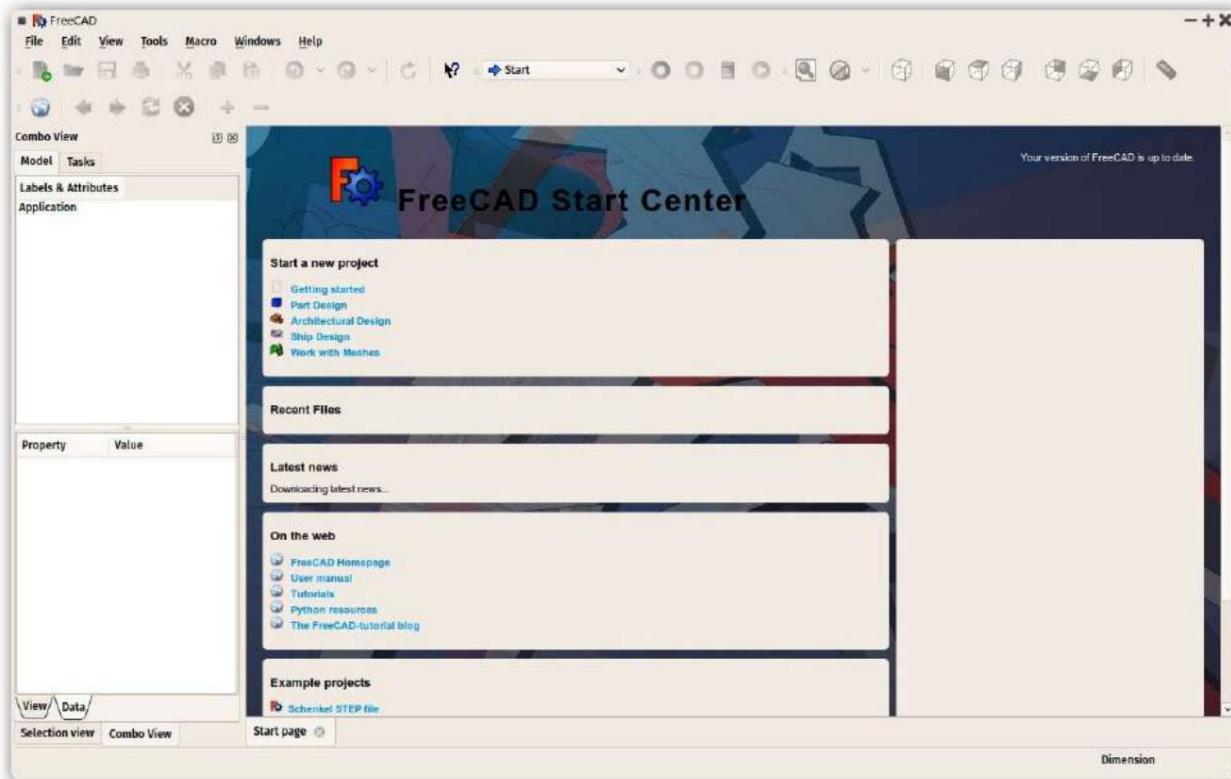


Читать далее

- Дополнительные варианты загрузки: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Download>
- Подробные инструкции по установке: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Installation>
- FreeCAD PPA для Ubuntu: <https://launchpad.net/~freecad-maintainers> FreeCAD
- добавляет PPA для Ubuntu: <https://launchpad.net/freecad-extras> Скомпилируйте
- FreeCAD самостоятельно: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Compiling> Перевод FreeCAD:
- <https://crowdin.com/project/freecad> Страница FreeCAD на GitHub:
- <https://github.com/FreeCAD>

Интерфейс FreeCAD

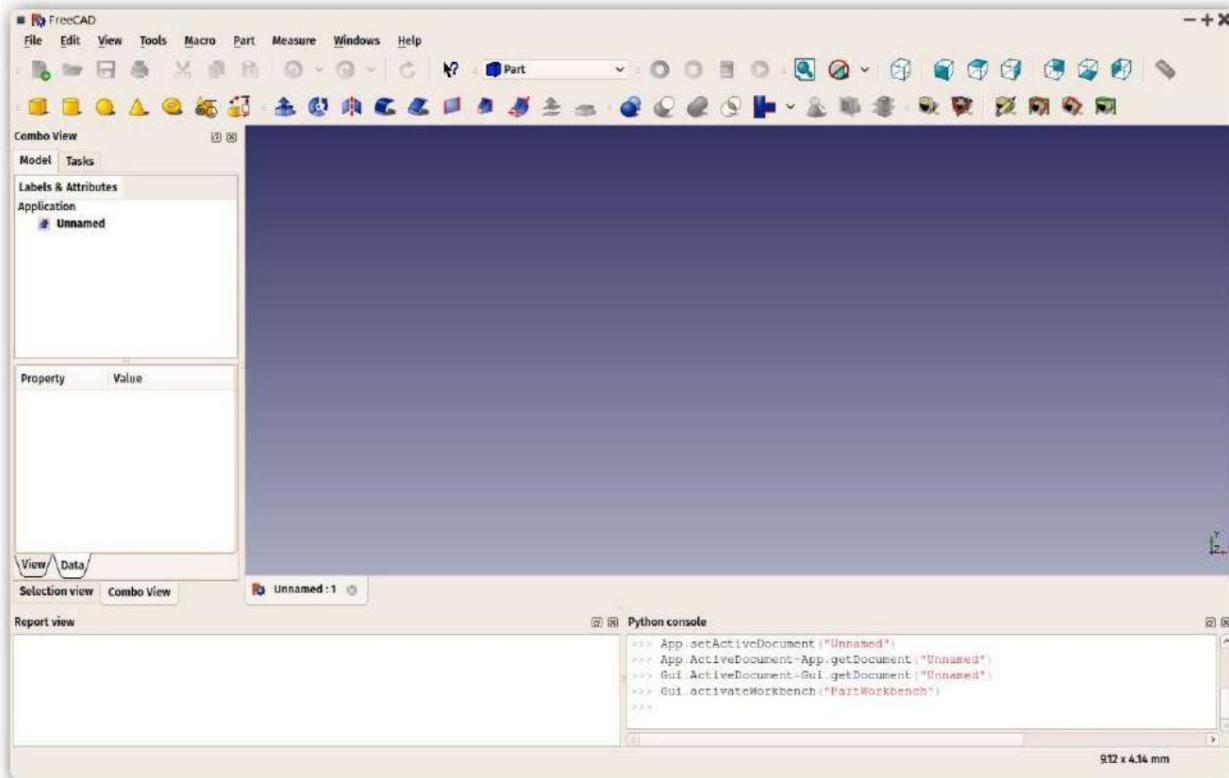
FreeCAD использует [фреймворк Qt](#), для рисования и управления его интерфейсом. Эта платформа используется в широком спектре приложений, поэтому интерфейс FreeCAD очень классический и не представляет особых трудностей для понимания. Большинство кнопок стандартные и находятся там, где вы ожидаете их увидеть (Файл -> Открыть, Редактировать -> Вставить и т. д.). Вот как выглядит FreeCAD при первом открытии сразу после установки, показывая вам стартовый центр:



Стартовый центр — это удобный «приветственный экран», отображающий полезную информацию для новичков, например, последние файлы, над которыми вы работали, новинки FreeCAD или краткую информацию о наиболее часто используемых рабочих средах. Он также уведомит вас о доступности новой стабильной версии FreeCAD.

Закройте вкладку «Начальная страница» (щелкните значок «x» внизу) и создайте новый документ.

(Ctrl-N):

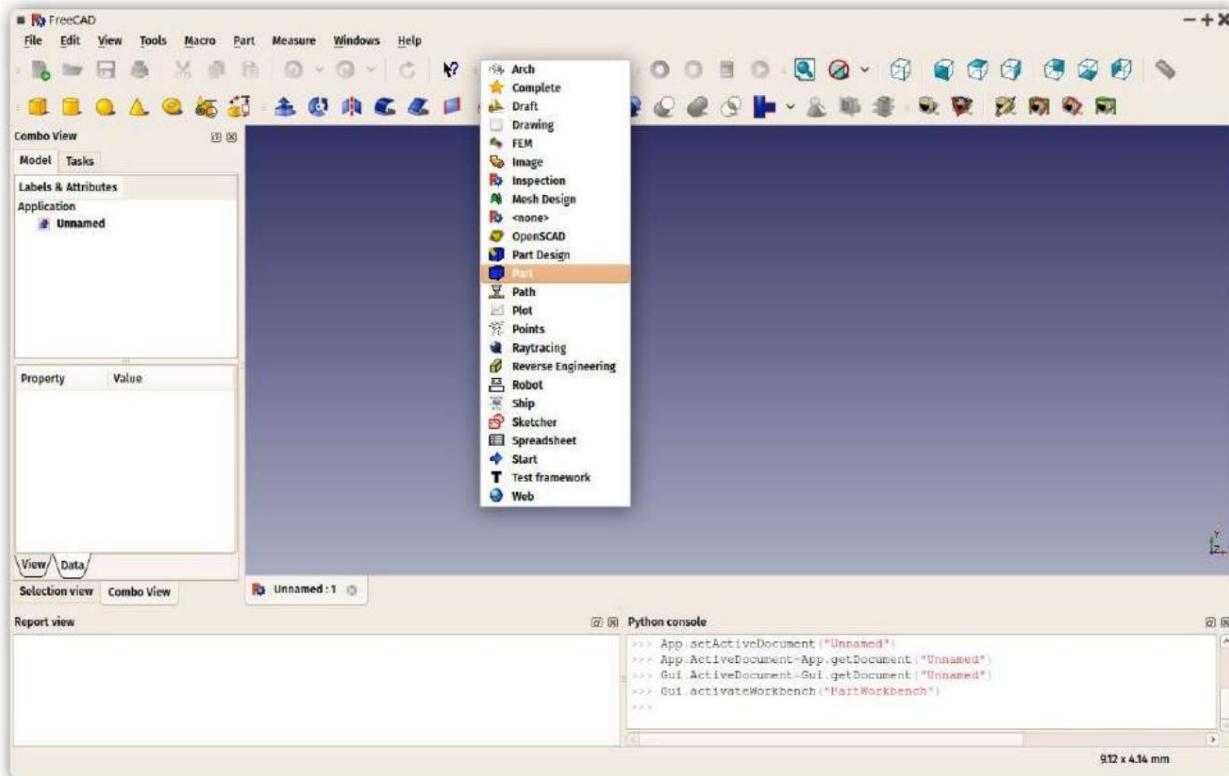


Верстаки

Обратите внимание, что некоторые значки изменились между двумя скриншотами выше. Именно здесь вступает в игру важнейшая концепция интерфейса FreeCAD: рабочие столы.

Рабочие столы — это группы инструментов (кнопки на панели инструментов, меню и другие элементы управления интерфейсом), сгруппированные по специализации. Представьте себе мастерскую, где работают разные люди: один работает с металлом, другой — с деревом. У каждого из них в мастерской есть отдельный стол со специфическими инструментами для своей работы. Однако все они могут работать с одними и теми же объектами. То же самое происходит и в FreeCAD.

Наиболее важным элементом управления в интерфейсе FreeCAD является селектор рабочих мест (Workbench), который используется для переключения между ними:

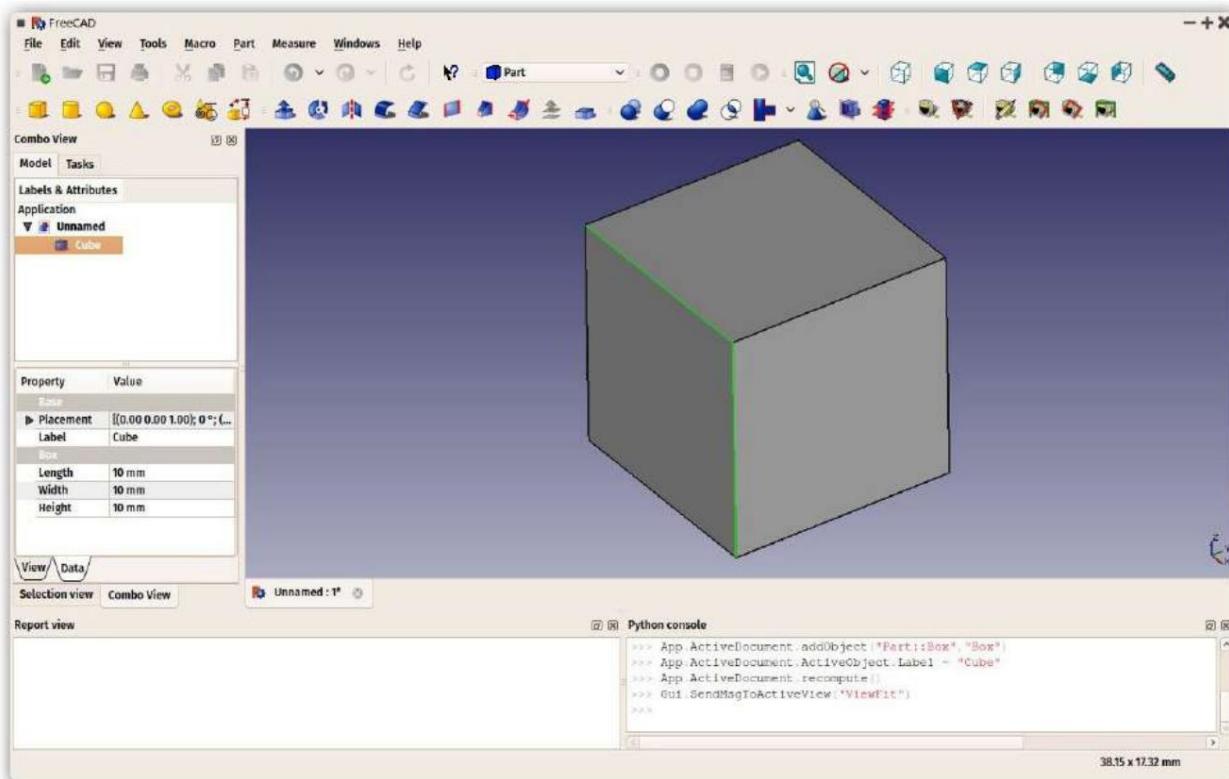


Рабочие среды часто сбивают с толку новых пользователей, поскольку не всегда легко понять, в какой рабочей среде искать конкретный инструмент. Но их быстро освоить, и через некоторое время они станут привычными. Новые пользователи быстро понимают, что рабочие среды — это удобный способ организации множества инструментов, которые предлагает FreeCAD. Кроме того, рабочие среды полностью настраиваемы (см. ниже).

Далее в этом руководстве вы найдете таблицу с типичным содержимым рабочей среды.

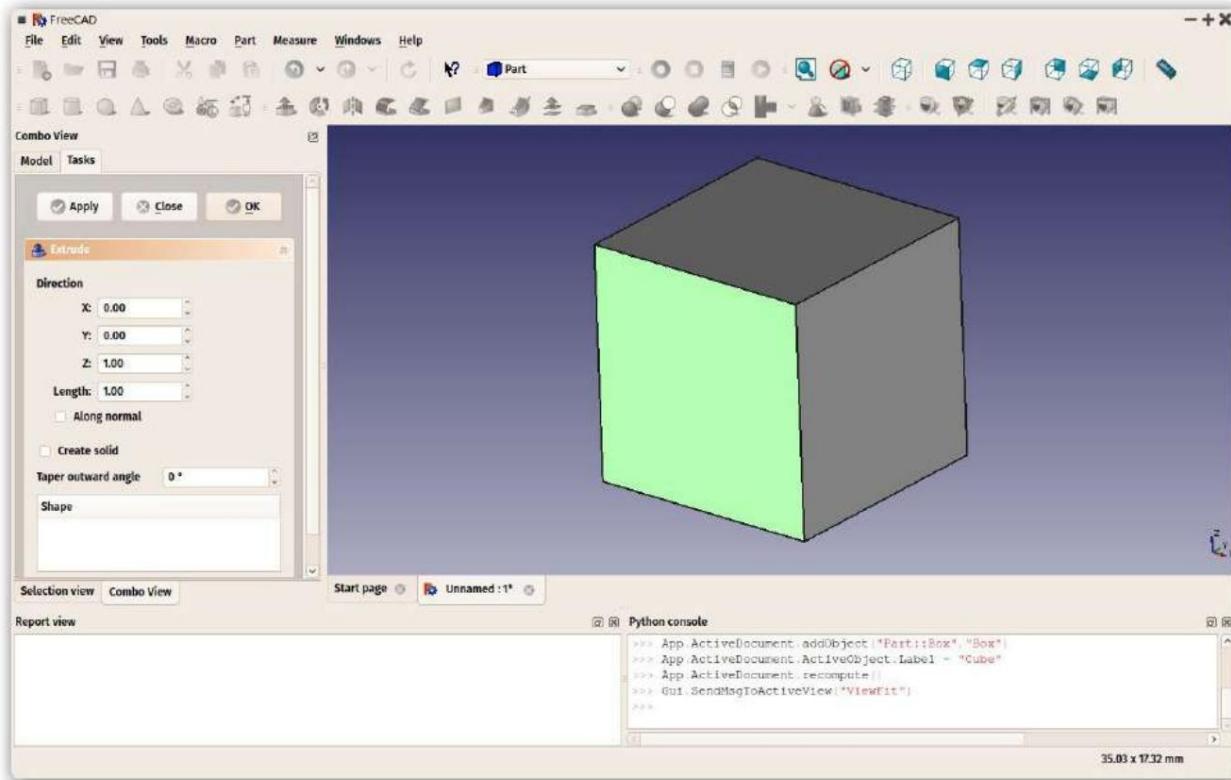
Интерфейс

Давайте подробнее рассмотрим различные части интерфейса:



- Трехмерный вид — это основной компонент интерфейса. Его можно открепить от главного окна, можно одновременно открыть несколько видов одного и того же документа (или одних и тех же объектов) или несколько документов. Вы можете выбирать объекты или части объектов, щелкая по ним, а также перемещать, масштабировать и вращать изображение с помощью кнопок мыши. Это будет более подробно объяснено в следующей главе.
- В левой части окна расположен комбинированный список с двумя
 - вкладками: вкладка «Модель» отображает содержимое и структуру документа (см. выше) и свойства (или параметры) выбранного объекта (объектов) (см. ниже). Свойства вкладки «Модель» разделены на две категории:
 - Данные (свойства, относящиеся к самой геометрии)
 - Вид (свойства, влияющие на отображение геометрии на экране).
 - На вкладке «Задачи» FreeCAD запросит у вас значения, специфичные для используемого в данный момент инструмента — например, значение «длины» при использовании инструмента «Линия». Она автоматически закроется после нажатия кнопки «OK» (или «Отмена»). Кроме того, дважды щелкнув соответствующий объект в выпадающем списке, большинство инструментов позволяют вам снова открыть панель задач для изменения настроек.
- Обычно окно просмотра отчета скрыто, но лучше оставить его открытым, так как в нем будет отображаться вся информация, предупреждения или ошибки, которые помогут вам разобраться (или отладить) допущенные ошибки. (В меню «Вид» -> «Панели» -> «Просмотр отчета» отмечено соответствующее поле).
- Консоль Python также по умолчанию скрыта. Именно здесь вы можете взаимодействовать с содержимым документа, используя [язык Python](#). Поскольку каждое действие, выполняемое вами в интерфейсе FreeCAD, фактически запускает фрагмент кода Python, открытый интерфейс позволяет наблюдать за выполнением кода в реальном времени — это замечательный и простой способ...

Попутно немного изучите Python, почти незаметно для себя. (Меню «Вид» -> «Панели» -> «Консоль Python» отмечено)

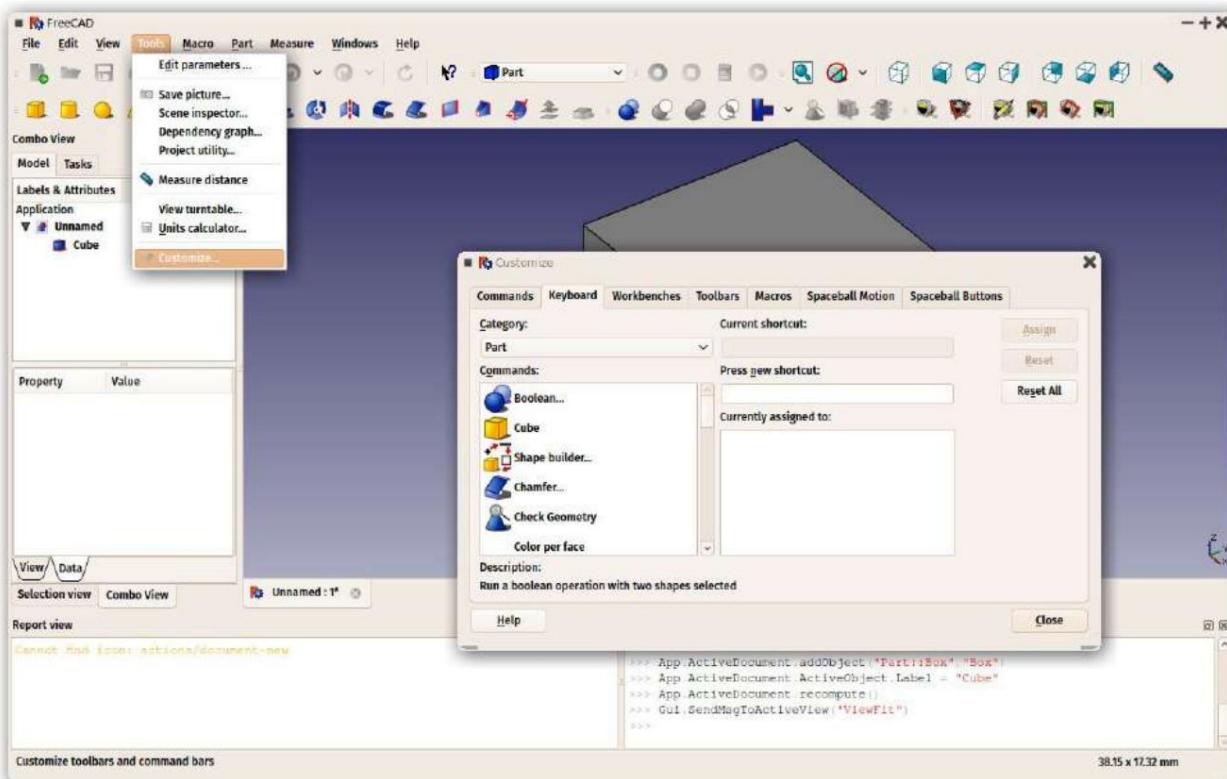


Любую из панелей выше можно включить/выключить в меню «Вид» -> «Панели».

Настройка интерфейса

Интерфейс FreeCAD обладает широкими возможностями настройки. Все панели и панели инструментов можно перемещать в разные места или располагать одна над другой. Их также можно закрывать и открывать при необходимости из меню «Вид» или щелчком правой кнопкой мыши по пустой области интерфейса. Однако доступно гораздо больше возможностей, таких как создание пользовательских панелей инструментов с инструментами из любой из рабочих областей или назначение и изменение сочетаний клавиш.

Эти расширенные параметры настройки доступны в меню «Инструменты» -> «Настройка»:



Читать далее

- Начало работы с FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Getting_started
- Настройка интерфейса:
- http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Interface_Customization Рабочие среды: <http://www.freecadweb.org/>
- [wiki/index.php?title=Workbenches](http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Workbenches) Подробнее о Python: <https://www.python.org>
-

Навигация в 3D-режиме

Несколько слов о трёхмерном пространстве.

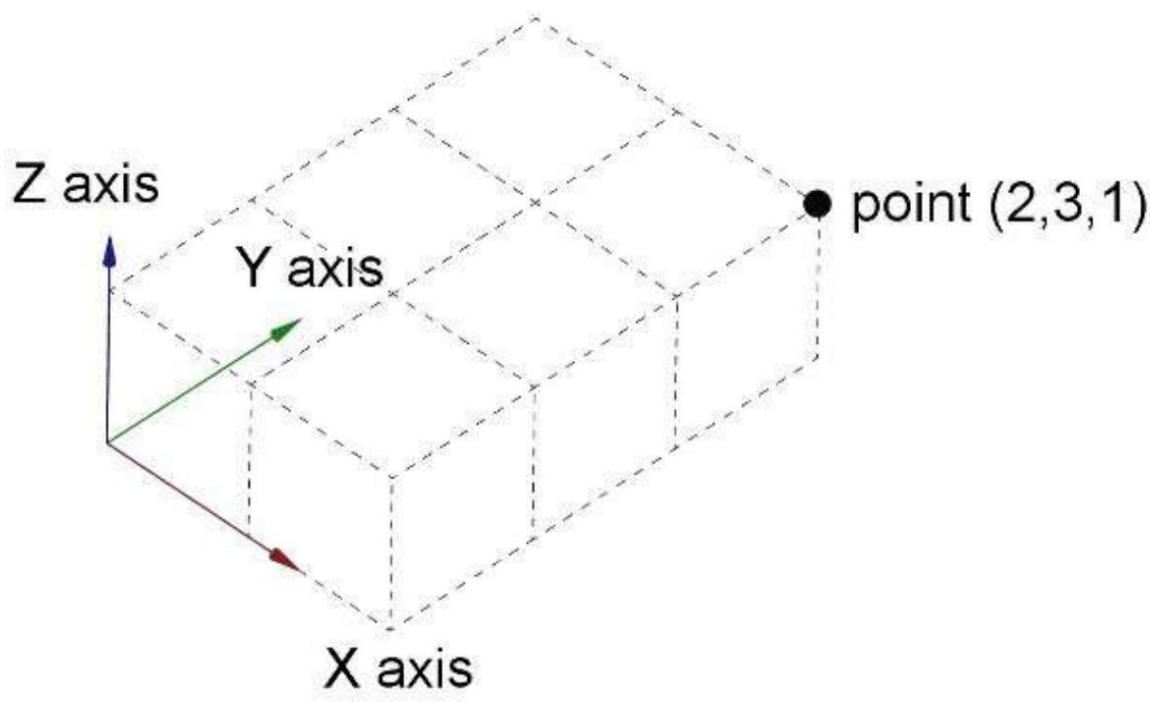
Если вы впервые сталкиваетесь с 3D-приложениями, вам сначала нужно усвоить некоторые концепции. В противном случае, вы можете смело пропустить этот раздел.

Пространство FreeCAD 3D является [евклидовым пространством](#). Она имеет начало координат и три оси: X, Y и Z. Если смотреть на сцену сверху, то, как правило, ось X направлена вправо, ось Y — назад, а ось Z — вверх. В правом нижнем углу окна FreeCAD всегда можно увидеть, откуда вы смотрите на сцену:



Каждую точку каждого объекта, существующего в этом пространстве, можно определить по его (x,y,z) координатам.

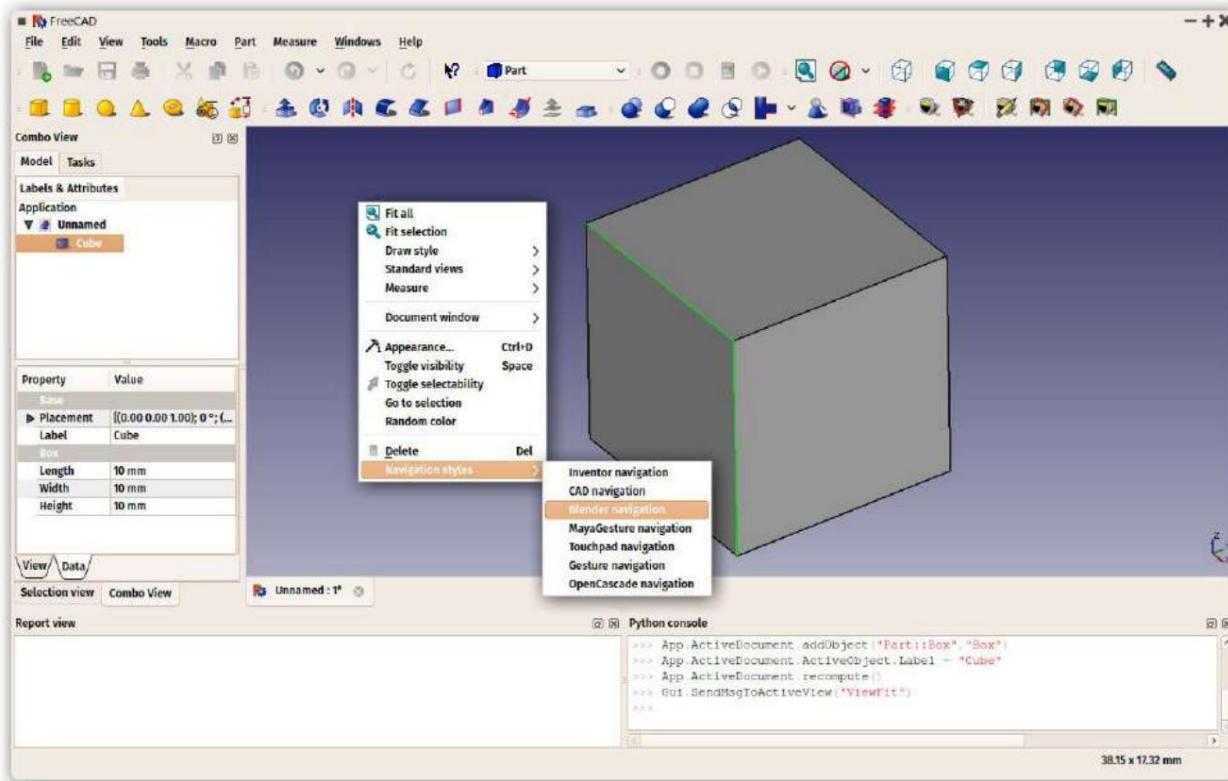
Например, точка с координатами (2,3,1) будет находиться на расстоянии 2 единиц по оси X, 3 единиц по оси Y и 1 единицы по оси Z:



Вы можете рассматривать эту сцену под любым углом, как если бы держали в руках камеру. Камеру можно перемещать влево, вправо, вверх и вниз (панорамирование), вращать вокруг объекта съемки (поворот) и приближать или отдалять от сцены (масштабирование).

Трехмерный вид FreeCAD

Навигация в 3D-окне FreeCAD может осуществляться с помощью мыши, устройства Space Navigator, клавиатуры, тачпада или их комбинации. FreeCAD может использовать несколько [режимов навигации](#), которые определяют, как выполняются три основные операции манипулирования видом (панорамирование, вращение и масштабирование), а также как выбираются объекты на экране. Доступ к режимам навигации осуществляется через экран настроек или непосредственно щелчком правой кнопкой мыши в любом месте 3D-окна:



Каждый из этих режимов назначает различным операциям различные кнопки мыши, комбинации мыши и клавиатуры или жесты мыши. В следующей таблице показаны основные доступные режимы:

Режим	Кастрюля	Повернуть	Зум	Выбирать
Изобретатель				
CAD (по умолчанию)				
Блендер				
Сенсорная панель				
Жест	 ТАЩИТЬ +	 ТАЩИТЬ +		

В качестве альтернативы, некоторые элементы управления с клавиатуры всегда доступны независимо от режима навигации:

- Нажмите CTRL + и CTRL - для увеличения и уменьшения масштаба.
- Клавиши со стрелками используются для перемещения (сдвига) изображения влево/вправо и вверх/вниз.
- Цифровые клавиши от 1 до 6 для шести стандартных видов: сверху, спереди, справа, снизу, сзади и слева.
- Кнопка O переведет камеру в ортографический режим.
- В то время как P устанавливает режим перспективы.
- Нажатие клавиши CTRL позволит вам выбрать более одного объекта или элемента.

Эти элементы управления также доступны из меню «Вид», а некоторые — из панели инструментов «Вид».

Выбор объектов

Объекты в 3D-виде можно выбирать, щелкая по ним соответствующей кнопкой мыши в зависимости от режима навигации. (В дальнейшем руководстве мы будем исходить из стандартной навигации САПР.) Один щелчок выберет объект и один из его подкомпонентов (ребро, грань, вершина). Двойной щелчок выберет объект и все его подкомпоненты. Вы можете выбрать более одного подкомпонента или даже разные подкомпоненты из разных объектов, нажав клавишу CTRL. Если выбрано несколько элементов, удерживание клавиши CTRL и нажатие на выбранный элемент удалит его из выделения. Щелчок кнопкой выделения на пустой области 3D-вида отменит выделение всего объекта.

Также можно включить панель «Вид выделения», доступную в меню «Вид», которая отображает текущий выделенный элемент:



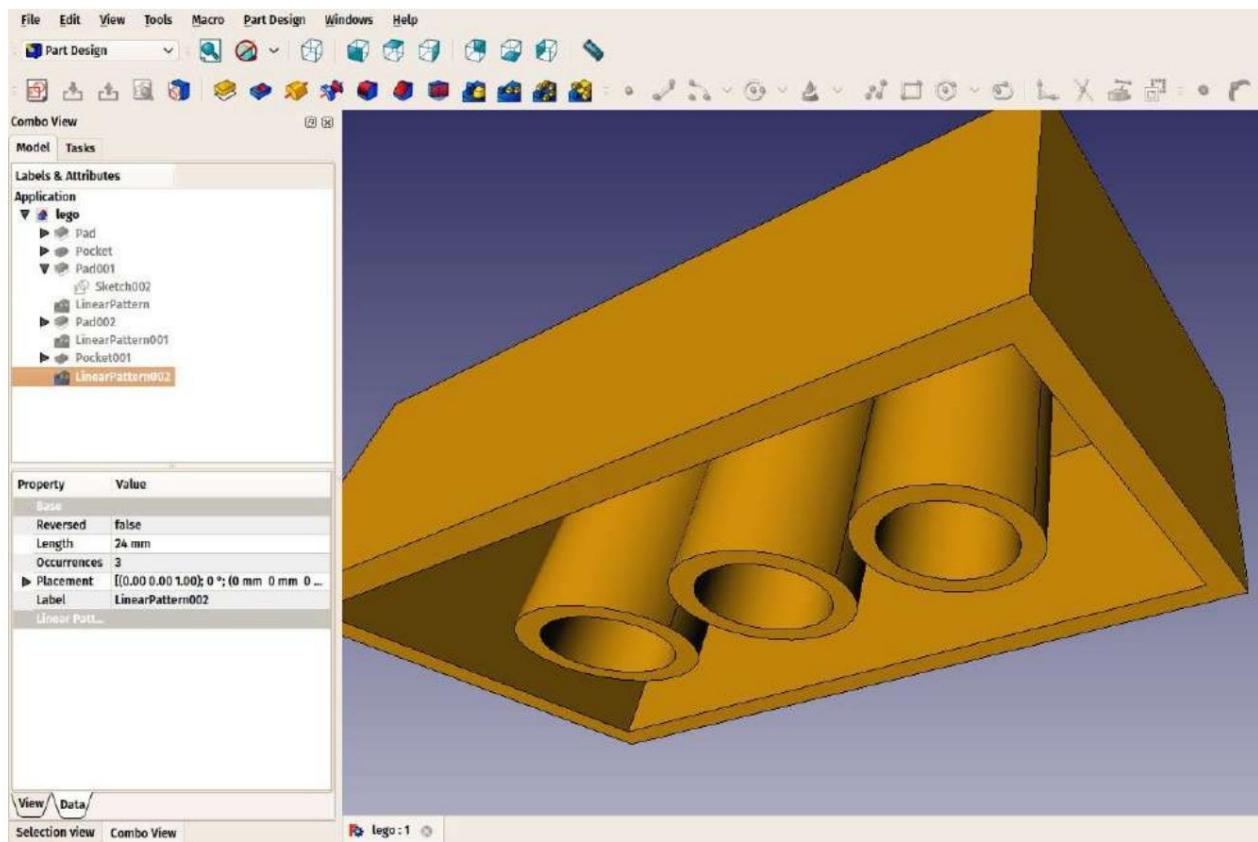
Также вы можете использовать режим выделения для выбора объектов путем поиска определенного объекта.

Читать далее

- Режимы навигации FreeCAD : http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Mouse_Model

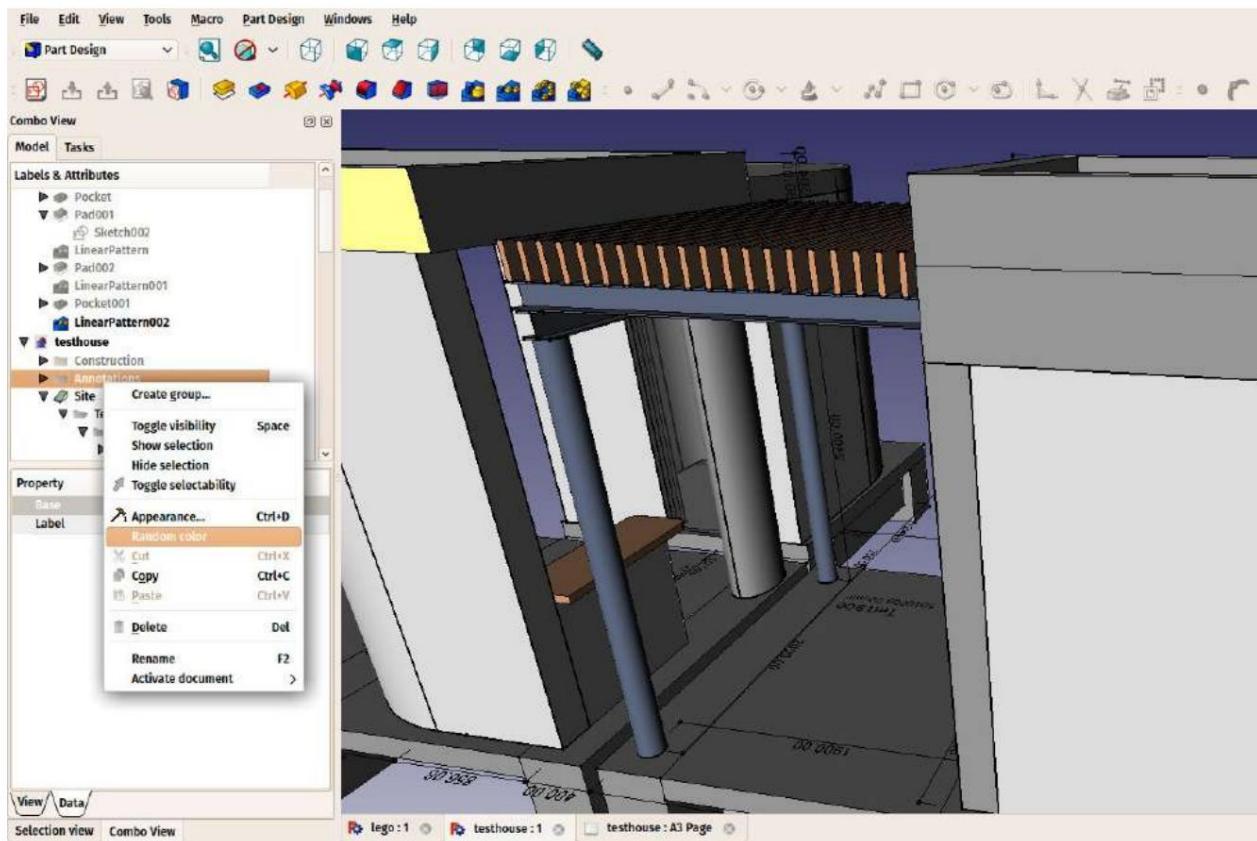
Документ FreeCAD

Документ FreeCAD содержит все объекты вашей сцены. Он может содержать группы и объекты, созданные с помощью любой рабочей среды. Таким образом, вы можете переключаться между рабочими средами и при этом продолжать работать с одним и тем же документом и/или объектами внутри него. Документ — это то, что сохраняется на диск при сохранении вашей работы. Вы также можете открывать несколько документов одновременно в FreeCAD и открывать несколько видов одного и того же документа.



Внутри документа объекты можно перемещать в группы, при этом им присваивается уникальное имя.

Управление группами, объектами и именами объектов осуществляется в основном из древовидного представления. Там можно создавать группы, перемещать объекты в группы, удалять объекты или группы. Щелкнув правой кнопкой мыши в древовидном представлении или на объекте, можно переименовывать объекты, изменять их цвет, скрывать или отображать их, а также выполнять другие операции в зависимости от текущей рабочей области.



Объекты внутри документа FreeCAD могут быть разных типов. Каждая рабочая среда может добавлять объекты своих типов, например, [рабочая среда Mesh](#) добавляет объекты сетки, [рабочая среда Part](#) добавляет объекты Part и т. д.

Всегда существует только один активный документ. Это документ, который отображается в текущем 3D-виде, документ, с которым вы сейчас работаете. Если вы переключитесь на другую вкладку, она станет активной. Большинство операций всегда выполняются с использованием активного документа. активный документ.

Документы FreeCAD сохраняются с расширением .FcStd, это составной формат на основе ZIP-архива, аналогичный [LibreOffice](#). Если что-то пошло совсем не так, часто можно распаковать архив и исправить проблему или восстановить данные.

[Читать далее](#)

- Документация FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Document_structure
- Формат файла FcStd : http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=File_Format_FCStd

Параметрические объекты

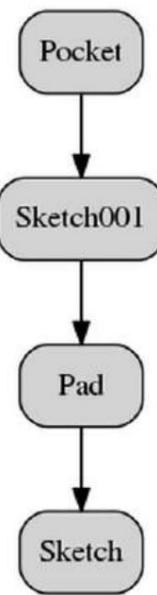
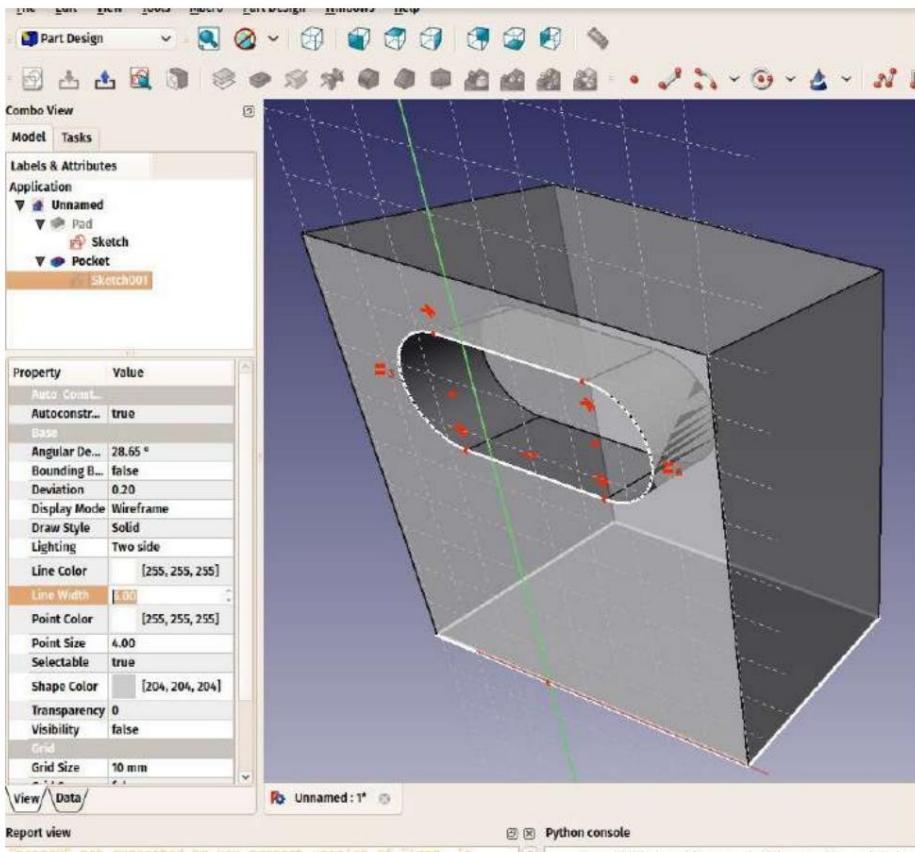
FreeCAD разработан для параметрического моделирования. Это означает, что создаваемая вами геометрия, вместо того чтобы быть свободно изменяемой, формируется на основе правил и параметров. Например, цилиндр может быть создан на основе радиуса и высоты. Имея эти два параметра, программа располагает достаточной информацией для построения цилиндра.

Параметрические объекты в FreeCAD на самом деле представляют собой небольшие фрагменты программы, которые запускаются всякий раз, когда изменяется один из параметров. Объекты могут иметь множество различных типов параметров: числа (целые числа, такие как 1, 2, 3, или значения с плавающей запятой, например, 3,1416), реальные размеры (1 мм, 2,4 м, 4,5 фута), координаты (x,y,z), текстовые строки («привет!») или даже другой объект.

Последний тип позволяет быстро создавать сложные цепочки операций, при этом каждый новый объект основывается на предыдущем, добавляя к нему новые функции.

В приведенном ниже примере твердый кубический объект (Pad) основан на прямоугольной двумерной фигуре (Sketch) и имеет расстояние выдавливания. Благодаря этим двум свойствам, он создает твердую фигуру путем выдавливания базовой фигуры на заданное расстояние. Затем вы можете использовать этот объект в качестве основы для дальнейших операций, таких как рисование новой двумерной фигуры на одной из его граней (Sketch001) и последующее вычитание (Pocket), пока не получите конечный объект.

Все промежуточные операции (2D-фигуры, площадки, карманы и т. д.) по-прежнему доступны, и вы можете изменить любой из их параметров в любое время. Вся цепочка будет перестроена (пересчитана) при необходимости.



Необходимо знать две важные вещи:

1. Перерасчет не всегда происходит автоматически. Длительные операции, которые могут изменить значительную часть документа и, следовательно, занять некоторое время, не выполняются автоматически. Вместо этого объект (и все объекты, зависящие от него) будут помечены для перерасчета (в древовидном представлении рядом с ними появится небольшой синий значок). Затем необходимо нажать кнопку перерасчета (клавиша F5 или две синие стрелки, указывающие от начала к концу), чтобы пересчитать все помеченные объекты.
2. Дерево зависимостей всегда должно двигаться в одном направлении. Циклы запрещены. У вас может быть объект А, который зависит от объекта В, который зависит от объекта С. Но у вас не может быть объекта А, который зависит от объекта В, который зависит от объекта А. Это будет циклическая зависимость. Однако у вас может быть много объектов, которые зависят от одного и того же объекта, например, объекты В и С оба зависят от А. В меню «Инструменты» -> «График зависимостей» отображается диаграмма зависимостей, как на изображении выше. Это может быть полезно для выявления проблем.

В FreeCAD не все объекты являются параметрическими. Часто геометрия, импортируемая из других файлов, не содержит никаких параметров и представляет собой простые непараметрические объекты. Однако их часто можно использовать в качестве основы или отправной точки для создания новых параметрических объектов, в зависимости, конечно, от требований к параметрическому объекту и качества импортированной геометрии.

Однако все объекты, параметрические или нет, будут иметь несколько основных параметров, таких как имя (уникальное в документе, которое нельзя редактировать), метка (задаваемое пользователем имя, которое можно редактировать) и размещение . которая сохраняет свое положение в трехмерном пространстве.

Наконец, стоит отметить, что пользовательские параметрические объекты [легко программируются на Python](#).

Читать далее

- Редактор свойств: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Property_editor Как программировать
- параметрические объекты: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Scripted_objects
Позиционирование
- объектов в FreeCAD: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Placement>

- Включение графа зависимостей : http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Std_DependencyGraph

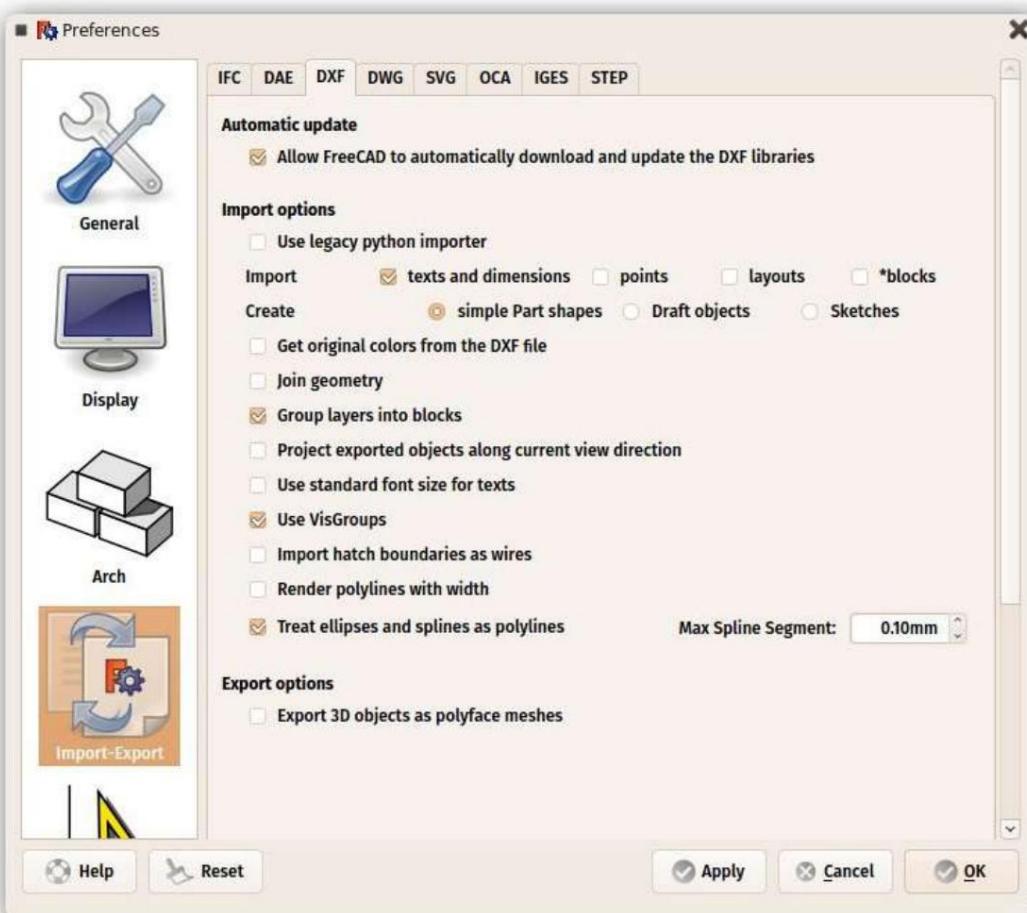
Импорт и экспорт в другие типы файлов

FreeCAD позволяет импортировать и экспортировать файлы во множество форматов. Вот список наиболее важных из них, с кратким описанием доступных функций:

Примечания к форматированию Импорт Экспорт			
ШАГ	Да	Да	Это наиболее точный из доступных форматов импорта/экспорта. Поскольку он поддерживает твердотельную геометрию и NURBS. Используйте его, по возможности.
ИГЕС	Да	Да	Более старый, надежный формат, также очень хорошо поддерживаемый. Некоторые более старые приложения не поддерживают STEP, но используют IGES.
БРЭП	Да	Да	Собственный формат OpenCasCode , FreeCAD геометрическое ядро.
DXF	Да	Да	Открытый формат, поддерживаемый компанией Autodesk. Начиная с 3D-моделирования. Данные внутри файла DXF закодированы в проприетарном коде. В этом формате FreeCAD может импортировать/экспортировать только 2D-данные, в/из этого формата.
DWG Да		Да	Собственный формат файла. Требуется установка... Конвертер файлов Teigha Полезность. Этот формат имеет недостатки, из-за тех же ограничений, что и у формата DXF.
ОБЖ	Да	Да	Формат на основе сетки. Может содержать только трапециевидные объекты. Сетки. Все твердотельные и NURBS-объекты. FreeCAD при экспорте преобразует данные в сетку. Альтернативный экспортер предоставляется компанией Arch. верстак, больше подходящий для экспорта архитектурных изделий. модели.
ДАЕ	Да	Да	Основной формат импорта/экспорта Sketchup. Доступен только... Содержат трапециевидные сетки. Все твердотельные и NURBS-объекты FreeCAD будут преобразованы в сетки, при экспорте.
STL	Да	Да	Формат на основе сетки, широко используемый для 3D-печати. Может содержать только трапециевидные сетки. Все сетки являются сплошными. NURBS-объекты FreeCAD будут преобразованы, для создания сетки при экспорте.
ПЛИ	Да	Да	Более старый формат на основе сетки. Может содержать только Трапециевидные сетки. Все сетки выполнены в твердотельном приближении и основаны на NURBS-моделях. Объекты FreeCAD будут преобразованы в сетку, экспорт.
ИФК	Да	Да	Базовые курсы для специалистов отрасли . Требуется установка из IfcOpenShell-python . Формат IFC и его Совместимость с другими приложениями — сложный вопрос. Дело, использовать с осторожностью.

SVG	Да	Да	Превосходный, широко распространенный формат 2D-графики.
VRML	Да	Да	Довольно старый веб-формат, основанный на сетчатой структуре.
GCODE	Да	Да	FreeCAD может импортировать и экспортировать данные в/из нескольких программ. Существуют различные варианты GCode (также известного как RS-274), но лишь небольшой В настоящий момент поддерживается следующее количество машин.
CSG	Да	Нет	CSG OpenSCAD (Конструктивная стереометрия) формат.

Для некоторых из этих форматов файлов предусмотрены параметры. Их можно настроить в меню «Редактировать» -> Настройки -> Импорт/экспорт:



Читать далее

- Все форматы файлов, поддерживаемые FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Импорт_Экспорт
- Работа с файлами DXF в FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_DXF
- Включение поддержки DXF и DWG: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Dxf_Importer_Install
- Работа с SVG-файлами в FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_SVG

- Импорт и экспорт в формат IFC: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Arch_IFC
- OpenCasCade: <http://www.opencascade.com> Конвертер
- файлов Teigha: <https://www.opendesign.com/guestfiles> Формат IFC: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/index.htm>
- IfcOpenShell: <http://ifcopenshell.org/>

Работа с FreeCAD

Все верстаки с первого взгляда

Одна из самых больших трудностей для новых пользователей FreeCAD — это определение того, в каком рабочем режиме находится тот или иной инструмент. В таблице ниже представлен обзор наиболее важных рабочих режимов и их инструментов. Обратитесь к описанию каждого [рабочего режима](#). Более полный список можно найти на соответствующей странице в документации FreeCAD.

Четыре рабочих стола также предназначены для работы в парах, и один из них полностью интегрирован в другой: Arch содержит все инструменты для черчения, а PartDesign — все инструменты для эскизирования. Однако для наглядности они разделены ниже.

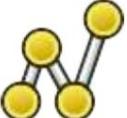
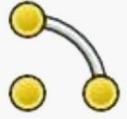
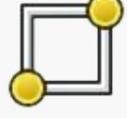
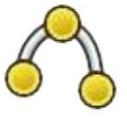
Часть

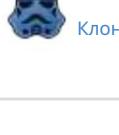
Инструмент Part Workbench предоставляет базовые средства для работы с твердотельными деталями: примитивами, такими как куб и сфера, а также простыми геометрическими и булевыми операциями. Являясь основной точкой опоры [OpenCasCade](#), Рабочая среда Part обеспечивает основу геометрической системы FreeCAD, а почти все остальные рабочие среды создают геометрию на основе объектов Part.

Инструмент	Описание	Инструмент	Описание
 Коробка	Рисует коробку	 Конус	Рисует конус
 Цилиндр	Рисует цилиндр	 Сфера	Рисует сферу
 Тор	Рисует тор (кольцо)	 Создавать Примитивы	Создает различные другие параметрические геометрические примитивы
 Форма Строитель	Создавайте более сложные фигуры из примитивов.	 Предохранитель	Соединяет (скрепляет) два объекта
 Общий	Извлекает общую (пересеченную) часть двух объектов.	 Резать	Вырезает (вычитает) один объект из другого.
 Соединять	Соединяет внутренние пространства объектов, окруженных стенами.	 Встроить	Встраивает объект с внутренней стенкой в другой объект с внутренней стенкой.
 Вырезать	Создает вырез в стенке объекта для другого объекта, имеющего такую же стенку.	 Экструзия	Выдавливает плоские грани объекта.
 Филе	Скругления (закругления) кромок объекта	 Вращаться	Создает твердое тело путем вращения другого объекта (не твердого тела) вокруг оси.
 Раздел	Создает сечение путем пересечения объекта с плоскостью сечения.	 Раздел Крест	Создает несколько поперечных сечений вдоль объекта.
 Фаска	Скошенные кромки объекта	 Зеркало	Отображает выбранный объект на заданной плоскости зеркального отражения.
 Постановил Поверхность	Создайте линейчатую поверхность между выбранными кривыми.	 Мести	Проводит пальцем по одному или нескольким профилям вдоль заданной траектории.
 Лофт	Лофты от одного профиля к другому	 Компенсировать	Создает масштабированную копию исходного объекта.
 Толщина	Задайте толщину граням фигуры.		

Черновик

Инструмент Draft Workbench предоставляет средства для выполнения основных задач 2D-чертежания в САПР: линии, окружности и т. д., а также ряд универсальных удобных инструментов, таких как перемещение, вращение или масштабирование. Он также предоставляет несколько вспомогательных средств для черчения, таких как сетка и привязка. В основном он предназначен для создания направляющих линий для объектов Arch, но также служит «швейцарским ножом» FreeCAD.

Инструмент	Описание	Инструмент	Описание
 Линия	Рисует отрезок между двумя точками.	 Проволока	Рисует линию, состоящую из нескольких отрезков (полилинию).
 Круг	Рисует окружность с центром и радиусом	 Дуга	Рисует отрезок дуги, проходящий через центр, радиус, начальный и конечный углы.
 Эллипс	Проводит эллипс из двух угловых точек.	 Многоугольник	Рисует правильный многоугольник, начиная с центра и заканчивая радиусом.
 Прямоугольник	Рисует прямоугольник из двух противоположных точек.	 Текст	Рисует многострочную текстовую аннотацию.
 Измерение	Рисует размерную аннотацию	 BSpline	Строит B-сплайн из ряда точек.
 Точка	Вставляет одну точку	 Форма Нить	Инструмент ShapeString вставляет составную фигуру, представляющую собой текстовую строку, в заданную точку текущего документа.
 Фейсбиндер	Создает новый объект из выбранных граней существующих объектов.	 Безье Изгиб	Строит кривую Безье по ряду точек.
 Двигаться	Перемещает или копирует объекты из одного места в другое.	 Повернуть	Вращает объекты на определённый угол вокруг точки.

	Смещает объект на определенное расстояние.		Обрезает, удлиняет или выдавливает объект.
	Преобразует или объединяет объекты в объект более высокого уровня.		Преобразует или разделяет объекты на объекты более низкого уровня.
	Масштабирует объекты относительно точки.		Создает двумерный объект, представляющий собой плоское изображение другого объекта.
	Преобразует объект типа Draft в объект типа Sketch и наоборот.		Создает полярный или прямоугольный массив из объекта.
	Создает массив из объекта, размещая его копии вдоль заданного пути.		Создает связанные копии объектов.
	Зеркальное отражение объектов относительно линии		

Эскизист

В среде разработки Sketcher Workbench находятся инструменты для создания и редактирования сложных 2D-объектов, называемых эскизами. Геометрию внутри этих эскизов можно точно позиционировать и связывать с помощью ограничений. Они предназначены в первую очередь для использования в качестве строительных блоков геометрии PartDesign, но полезны во всех средах FreeCAD.

Инструмент	Описание	Инструмент	Описание
	Рисует точку		Проводит отрезок прямой из двух точек.
	Рисует отрезок дуги, проходящий через центр, радиус, начальный и конечный углы.		Рисует отрезок дуги, соединяющий две конечные точки и еще одну точку на окружности.
	Рисует окружность с центром и радиусом		Проводит окружность из трех точек на окружности
	Рисует эллипс, используя центральную точку, точку большого радиуса и		Рисует эллипс с большим диаметром (2)

центр	точка малого радиуса	с разницей в 3 очка	точки) и точка малого радиуса
 Дуга эллипса	Рисует дугу эллипса, проходящую через центральную точку, точку большого радиуса, начальную и конечную точки.	 Полилиния	Рисует линию, состоящую из нескольких отрезков. Доступно несколько режимов рисования.
 Прямоугольник	Рисует прямоугольник из двух противоположных точек.	 Треугольник	Рисует правильный треугольник, вписанный в вспомогательную геометрическую окружность.
 Квадрат	Рисует правильный квадрат, вписанный в геометрическую окружность.	 Пентагон	Рисует правильный пятиугольник, вписанный в геометрическую окружность.
 Шестиугольник	Рисует правильный шестиугольник, вписанный в геометрическую окружность.	 Семиугольник	Рисует правильный семиугольник, вписанный в вспомогательную геометрическую окружность.
 Окtagон	Рисует правильный восьмиугольник, вписанный в вспомогательную геометрическую окружность.	 Слот	Рисует овал, выбрав центр одной полуокружности и конечную точку другой полуокружности.
 Филе	Создает скругление между двумя линиями, соединенными в одной точке.	 Подрезать	Обрезает линию, окружность или дугу относительно точки щелчка мыши.
 Внешний Геометрия	Создает ребро, связанное с внешней геометрией.	 Строительство Режим	Переключает/включает режим построения элемента. Постройте объект не используется в операциях с 3D-геометрией и виден только при редактировании эскиза, содержащего его.
 Ограничение совпадения	Прикрепляет точку к одной или нескольким другим точкам (совпадает с ними).	 Точка на Ограничение объекта	Прикрепляет точку к другому объекту, например, к линии, дуге или оси.
 Вертикальное ограничение	Применяет ограничение на ориентацию выбранных линий или элементов полилинии по вертикальной оси. Перед применением этого ограничения можно выбрать более одного объекта.	 Горизонтальное ограничение	Применяет ограничение на выбранные линии или элементы полилинии, устанавливая их в истинно горизонтальном положении. Перед применением этого ограничения можно выбрать более одного объекта.

 Параллельное ограничение	Ограничение для двух или более линий, параллельных друг другу.	 Перпендикулярное ограничение	ограничение.
 Касательное ограничение	Создает касательное ограничение между двумя выбранными объектами или коллинеарное ограничение между двумя отрезками прямой.	 Равный	Накладывает ограничение на две перпендикулярные друг другу линии или на линию, перпендикулярную конечной точке дуги.
 Симметричное ограничение	Накладывает симметричные ограничения на две точки относительно прямой или симметричные ограничения на первые две выбранные точки относительно третьей выбранной точки.	 Ограничение блокировки	Применяет ограничение, позволяющее двум выбранным объектам быть равными друг другу. При использовании на окружностях или дугах их радиусы будут установлены равными.
 Горизонтальный Ограничение по расстоянию	Определяет горизонтальное расстояние между двумя точками или конечными точками линии. Если выбран только один элемент, расстояние устанавливается относительно начала координат.	 Вертикальный Ограничение по расстоянию	Ограничивает выбранный элемент, устанавливая вертикальные и горизонтальные расстояния относительно начала координат, тем самым фиксируя местоположение этого элемента.
 Ограничение по длине	Определяет расстояние выбранной линии, ограничивая её длину, или определяет расстояние между двумя точками, ограничивая расстояние между ними.	 Ограничение радиуса	Определяет радиус выбранной дуги или окружности путем задания ограничений по радиусу.
 Внутренний Ограничение по углу	Определяет внутренний угол между двумя выбранными линиями.	 Снеллс Законодательное ограничение	Применяет закон преломления к двум линиям, чтобы имитировать прохождение света через границу раздела фаз.
 Внутренний Ограничение выравнивания	Выравнивает выбранные элементы по выбранной фигуре (например, линии, чтобы она стала главной осью эллипса).	 Эскиз карты для лица	Применяет эскиз к ранее выбранной грани твердого тела.
 Слияние	Объединить два или более эскиза	 Зеркало	Зеркальное отображение отдельных элементов эскиза

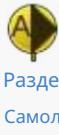
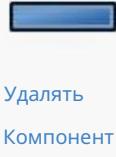
Конструкция детали

Рабочая среда проектирования деталей содержит расширенные инструменты для создания твердотельных деталей. Она также включает в себя все инструменты из редактора эскизов. Поскольку она может создавать только твердотельные формы (правило номер один проектирования деталей), это основная рабочая среда для проектирования деталей, предназначенных для изготовления или 3D-печати, так как вы всегда получите объект, пригодный для печати.

Инструмент	Описание	Инструмент	Описание
 Пад	Выдавливает твердый объект из выбранного эскиза.	 Карман	Создает карман на основе выбранного эскиза. Эскиз должен быть сопоставлен с гранью существующего твердотельного объекта.
 Революция	Создает твердое тело путем вращения эскиза вокруг оси.	 Канавка	Создает канавку путем вращения эскиза вокруг оси.
 Филе	Скругления (закругления) кромок объекта	 Фаска	Скошенные кромки объекта
 Черновик	Применяет угловой уклон к граням объекта.	 Зеркальный	Зеркальные элементы на плоскости или лице
 Линейный Шаблон	Создает линейную последовательность элементов.	 Полярный Шаблон	Создает полярную структуру признаков
 Масштабированный	Масштабирует характеристики до другого размера	 Мультитрансформация	Позволяет создавать узор с любой комбинацией других преобразований.
 Мастер валов	Создает модель вала на основе таблицы значений и позволяет анализировать силы и моменты.	 Свернутая Мастер снаряжения	Позволяет создавать несколько типов шестеренок.

Арка

Arch Workbench содержит инструменты для работы с [BIM-моделями](#). Проекты (гражданское строительство и архитектура). Он также содержит все инструменты из рабочей среды Draft. Основное назначение рабочей среды Arch — создание BIM-объектов или присвоение BIM-атрибутов объектам, созданным с помощью других рабочих сред, для их экспорта в [формат IFC](#).

Инструмент	Описание	Инструмент	Описание
 Стена	Создает стену с нуля или используя выбранный объект в качестве основы.	 Структура	Создает структурный элемент с нуля или используя выбранный объект в качестве основы.
 Усиление Бар	Создает арматурный стержень в выбранном конструктивном элементе.	 Пол	Создает пол, включающий выбранные объекты.
 Здание	Создает здание, включающее выбранные объекты.	 Сайт	Создает сайт, включающий выбранные объекты.
 Окно	Создает окно, используя выбранный объект в качестве основы.	 Раздел Самолет	Добавляет в документ объект секущей плоскости.
 Оси	Добавляет в документ систему осей.	 Крыша	Создает скатную крышу из выбранной грани.
 Космос	Создает объект пространства в документе.	 Лестница	Создает объект "лестница" в документе.
 Панель	Создает панельный объект из выбранного 2D-объекта.	 Рамка	Создает объект-рамку из выбранного макета.
 Оборудование	Создает объект оборудования или мебели.	 Набор Материал	Присваивает выбранным объектам необходимые свойства и материалы.
 Расписание	Создает различные типы расписаний	 Резать Самолет	Вырезать предмет в соответствии с планом.
 Добавлять Компонент	Добавляет объекты в компонент.	 Удалять Компонент	Вычитает или удаляет объекты из компонента.
 Опрос Режим	Входит в режим съемки или выходит из него.		

Рисунок

Рабочая область «Чертежи» отвечает за создание и обработку 2D-чертежей, используемых для отображения трехмерных изображений в 2D. Эти чертежи затем можно экспортить в 2D-приложения в форматах SVG или DXF, в PDF-файл или распечатать.

Инструмент	Описание	Инструмент	Описание
 Новый лист	Создает новый лист чертежа.	 Вставить вид	Вставляет вид выбранного объекта на активный лист чертежа.
 Аннотация	Добавляет аннотацию к текущему листу чертежа.	 Видеоклип	Добавляет группу клипов на текущий лист чертежа.
 Предварительный просмотр в браузере	Открывает предварительный просмотр текущего листа в браузере.	 Орто. Мнения	Автоматически создает ортогональные проекции объекта на текущем чертежном листе.
 Символ	Добавляет содержимое SVG-файла в качестве символа на текущий лист чертежа.	 Черновик Вид	Вставляет специальный черновой вид выбранного объекта на текущий лист чертежа.
 Экспорт	Сохраняет текущий лист в виде файла SVG.		

Другие встроенные верстаки

Хотя выше перечислены наиболее важные инструменты FreeCAD, существует множество других рабочих сред, среди которых:

- **Сетчатый** верстак Позволяет работать с [полигональными сетками](#). Хотя сетки не являются предпочтительным типом геометрии для работы в FreeCAD из-за их недостаточной точности и поддержки кривых, они все же имеют множество применений и полностью поддерживаются в FreeCAD. Mesh Workbench также предлагает ряд функций преобразования частей в сетки и сеток в...
- Инструменты для деталей.
- Рабочая [среда трассировки лучей](#) Предлагает инструменты для взаимодействия с внешними рендерерами, такими как povray или luxrender. Этот рабочий стол позволяет создавать высококачественные рендеры ваших моделей прямо из FreeCAD.
 - Рабочая среда для электронных [таблиц](#) Позволяет создавать и обрабатывать данные электронных таблиц, которые можно извлекать из моделей FreeCAD. Ячейки электронных таблиц также могут использоваться в качестве основных структур данных во многих областях FreeCAD.
 - Рабочая среда FEM занимается [анализом методом конечных элементов](#), и позволяет выполнять расчеты методом конечных элементов до и после обработки данных, а также отображать результаты в графическом виде.

Внешние верстаки

Существует также ряд других очень полезных рабочих сред, созданных членами сообщества FreeCAD. Хотя они не входят в стандартную установку FreeCAD, их легко установить в качестве плагинов. Все они указаны в каталоге [FreeCAD-addons](#). Репозиторий. К числу наиболее развитых относятся:

- Рабочий стол для нанесения размеров на чертеж. Предлагает множество новых инструментов для работы непосредственно на чертежных листах, позволяющих добавлять размеры, аннотации и другие технические символы с полным контролем над их соотношением сторон.
- Верстак для крепежных изделий Предлагается широкий ассортимент готовых к установке крепежных элементов, таких как винты, болты, стержни, шайбы и гайки. Доступно множество вариантов и настроек.
- Рабочая среда Assembly2 Предлагает набор инструментов для монтажа и работы с узлами.

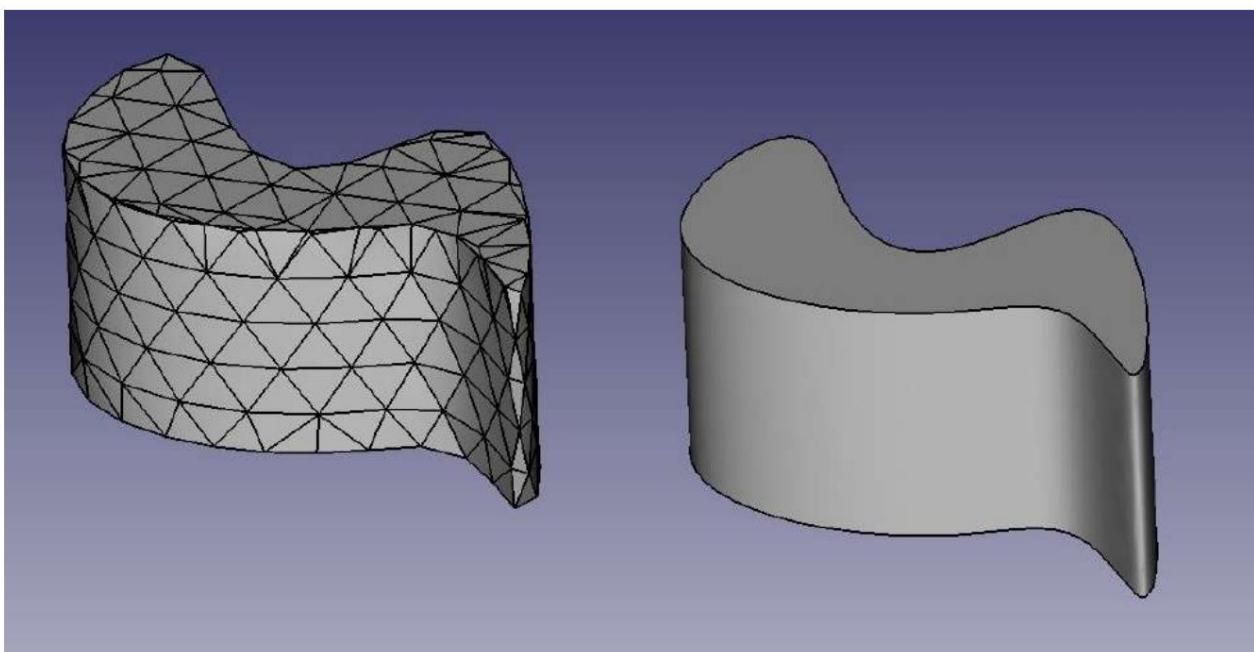
Читать далее

- Полный список верстаков : <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Workbenches>
- Рабочий стол для компонентов: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Part_Module Рабочий
- стол для черновиков: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Module Инструменты Sketcher
- и Part Design Workbench: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=PartDesign_Workbench Инструмент Arch Workbench: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Arch_Module Рабочая среда для черчения: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Drawing_Module Рабочая среда для метода конечных элементов : http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Fem_Workbench Репозиторий FreeCAD-addons: <https://github.com/>
- FreeCAD/FreeCAD-addons

Традиционное моделирование — подход CSG.

CSG расшифровывается как [конструктивная твердотельная геометрия](#). и описывает самый базовый способ работы с трехмерной геометрией, а именно создание сложных объектов путем добавления и удаления элементов из/в трехмерные тела с помощью булевых операций, таких как объединение, вычитание или пересечение.

Как мы уже видели ранее в этом руководстве, FreeCAD может работать со многими типами геометрии, но предпочтительным и наиболее полезным типом для тех 3D-объектов, которые мы хотим проектировать с помощью FreeCAD, то есть объектов реального мира, несомненно, является твердотельный матрица (BREP). Геометрия, которая в основном обрабатывается в среде [разработки деталей \(Part Workbench\)](#). В отличие от [полигональных сеток](#), Объекты BREP, состоящие только из точек и треугольников, имеют грани, определяемые математическими кривыми, что обеспечивает абсолютную точность независимо от масштаба.

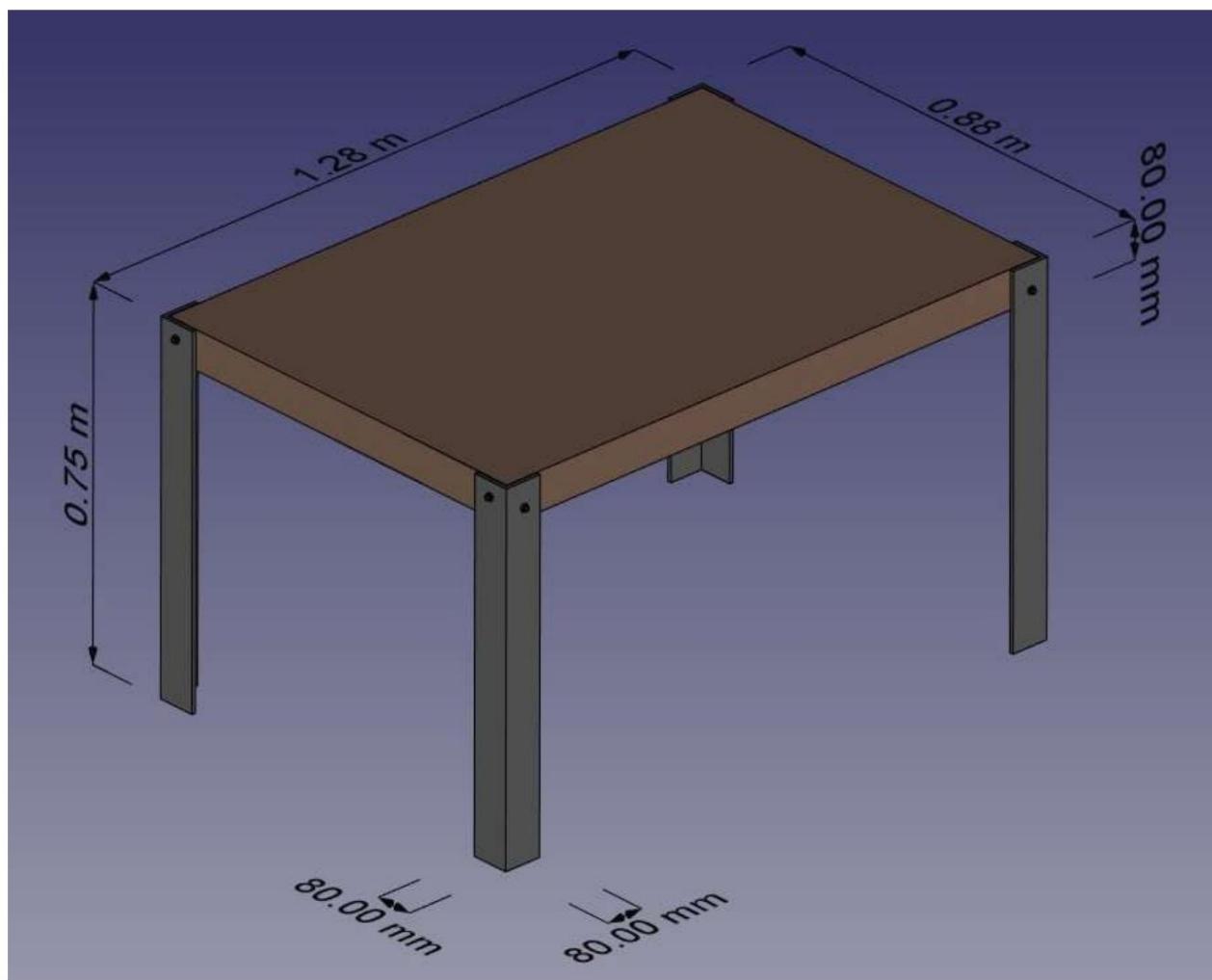


Разница между ними сравнима с разницей между растровыми и векторными изображениями. Как и в случае с растровыми изображениями, в полигональных сетках кривые поверхности разделены на ряд точек. Если посмотреть на них с очень близкого расстояния или распечатать в большом размере, можно увидеть не кривую, а граненную поверхность. В векторных изображениях и данных BREP положение любой точки на кривой не хранится в геометрии, а вычисляется в режиме реального времени с высокой точностью.

В FreeCAD вся геометрия на основе BREP обрабатывается другим программным обеспечением с открытым исходным кодом — [OpenCasCade](#). Основным интерфейсом между FreeCAD и ядром OpenCasCade является Part Workbench. Большинство других рабочих сред строят свою функциональность на основе Part Workbench.

Хотя другие рабочие среды часто предлагают более продвинутые инструменты для построения и манипулирования геометрией, поскольку все они фактически манипулируют объектами типа «Часть», очень полезно знать, как эти объекты работают внутри, и уметь использовать инструменты для работы с объектами типа «Часть», поскольку, будучи более простыми, они очень часто могут помочь обойти проблемы, которые более интеллектуальные инструменты не могут должным образом решить.

Для иллюстрации работы Part Workbench мы смоделируем этот стол, используя только операции CSG (за исключением винтов, для которых мы воспользуемся одним из дополнений, и размеров, которые мы рассмотрим в следующей главе):



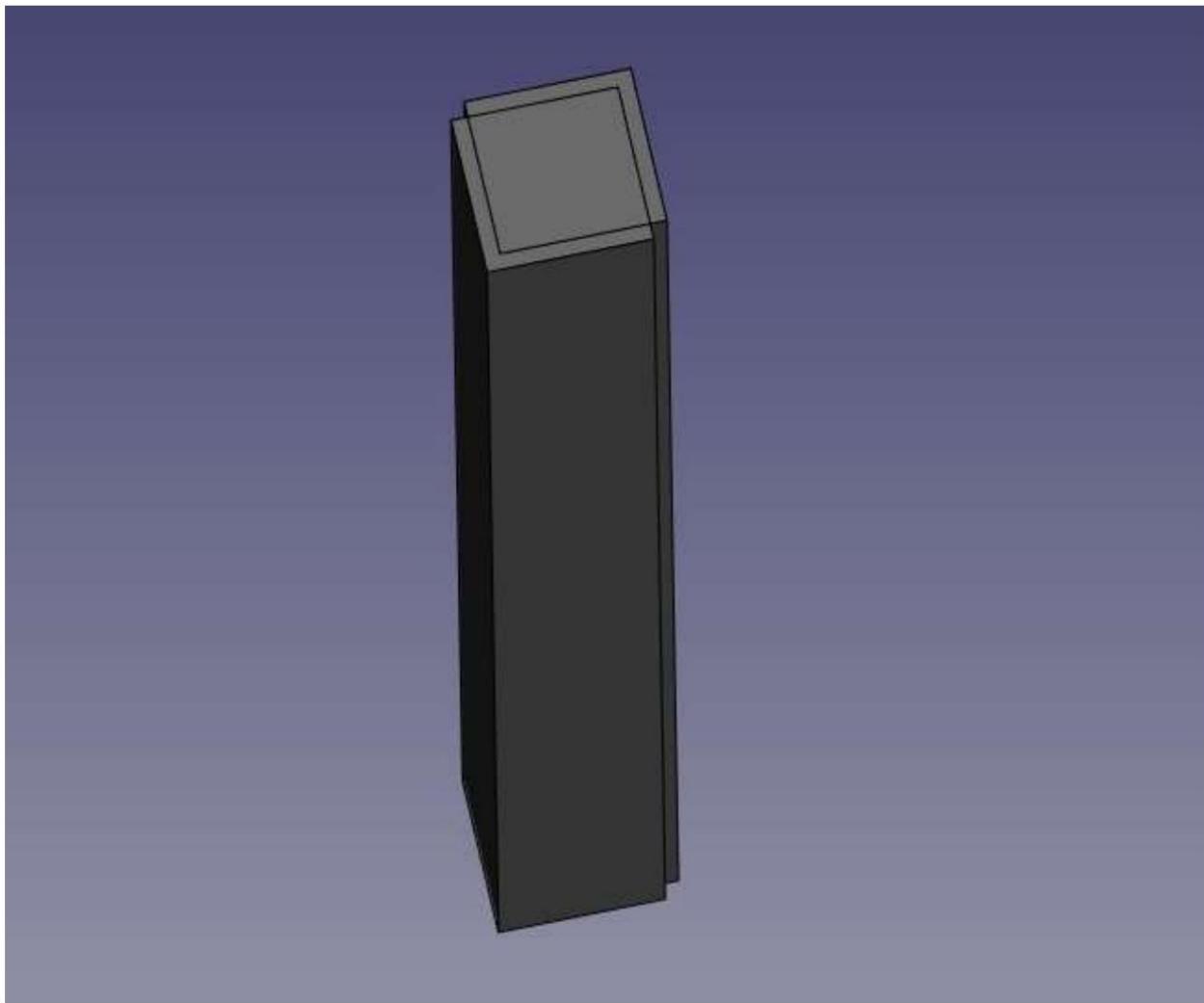
Давайте создадим новый документ (Ctrl+N или меню Файл -> Новый документ), переключимся на Часть

Сядьте за верстак и начните с первой ноги:

- Нажмите кнопку «Коробка»
- Выберите поле, затем задайте следующие параметры (на вкладке «Данные»): Длина:
 - 80 мм (или 8 см, или 0,8 м, FreeCAD работает в любых единицах измерения).
 - Ширина: 80 мм
 - Высота: 75 см
- Создайте копию окна, нажав Ctrl+C, а затем Ctrl+V (или в меню «Правка» -> «Копировать и вставить»).
- Выберите созданный новый объект.

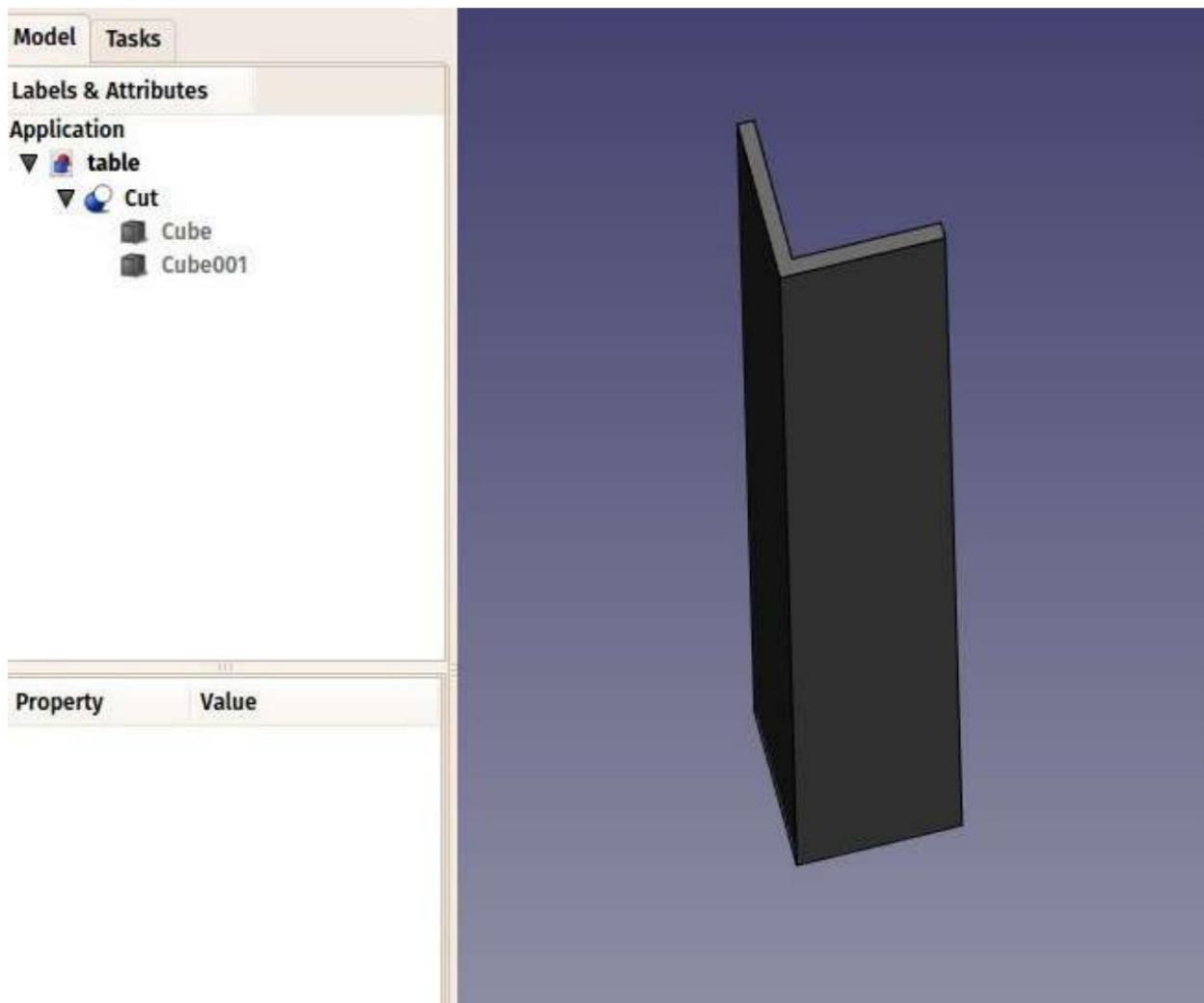
- Измените его положение, отредактировав свойство Placement:
 - Положение x: 8 мм
 - Положение по оси Y: 8 мм

Вам понадобятся две высокие коробки, расположенные на расстоянии 8 мм друг от друга:



- Теперь мы можем вычесть один из другого: выберите первый , то есть тот, который останется, затем, удерживая клавишу CTRL, выберите другой , который будет вычен (порядок важен), и нажмите кнопку «Вырезать» :

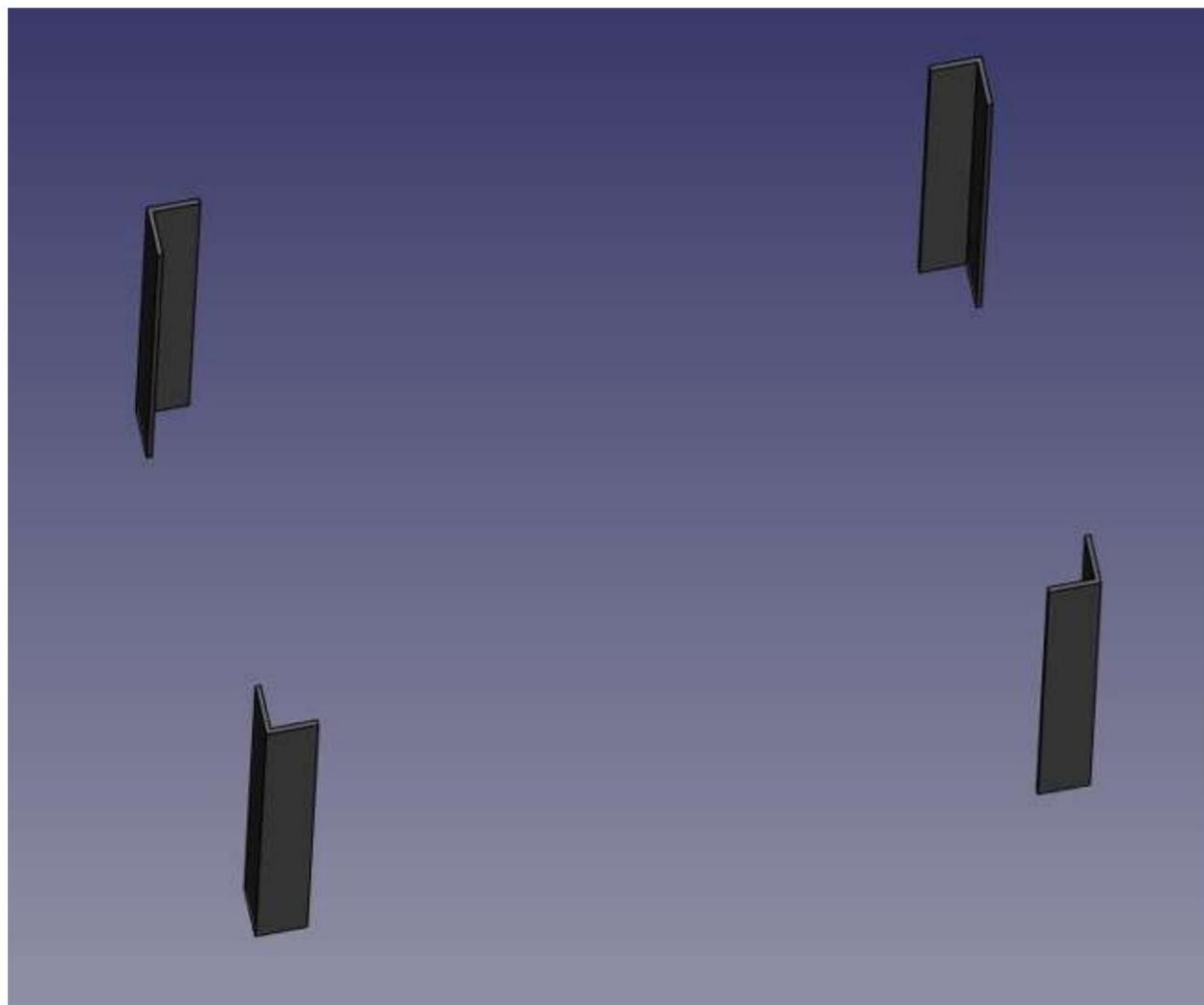




Обратите внимание, что вновь созданный объект, названный «Вырезать», по-прежнему содержит два куба, которые мы использовали в качестве операндов. Фактически, эти два куба всё ещё присутствуют в документе, они просто были скрыты и сгруппированы под объектом «Вырезать» в древовидном представлении. Вы всё ещё можете выбрать их, развернув стрелку рядом с объектом «Вырезать», и, если хотите, снова сделать их видимыми, щёлкнув по ним правой кнопкой мыши, или изменить любые их свойства.

- Теперь давайте создадим три другие ножки, продублировав наш базовый куб еще 6 раз. Поскольку он по-прежнему скопирован, вы можете просто вставить (Ctrl+V) 6 раз. Измените их положение следующим образом:
 - cube002: x: 0, y: 80 см cube003:
 - x: 8 мм, y: 79,2 см cube004: x: 120 см,
 - y: 0 cube005: x: 119,2 см, y: 8 мм
 - cube006: x: 120 см, y: 80 см cube007: x: 119,2 см, y: 79,2 см
 -
- Теперь выполним три других разреза, выбрав сначала "основной" куб, а затем куб, который нужно отрезать.

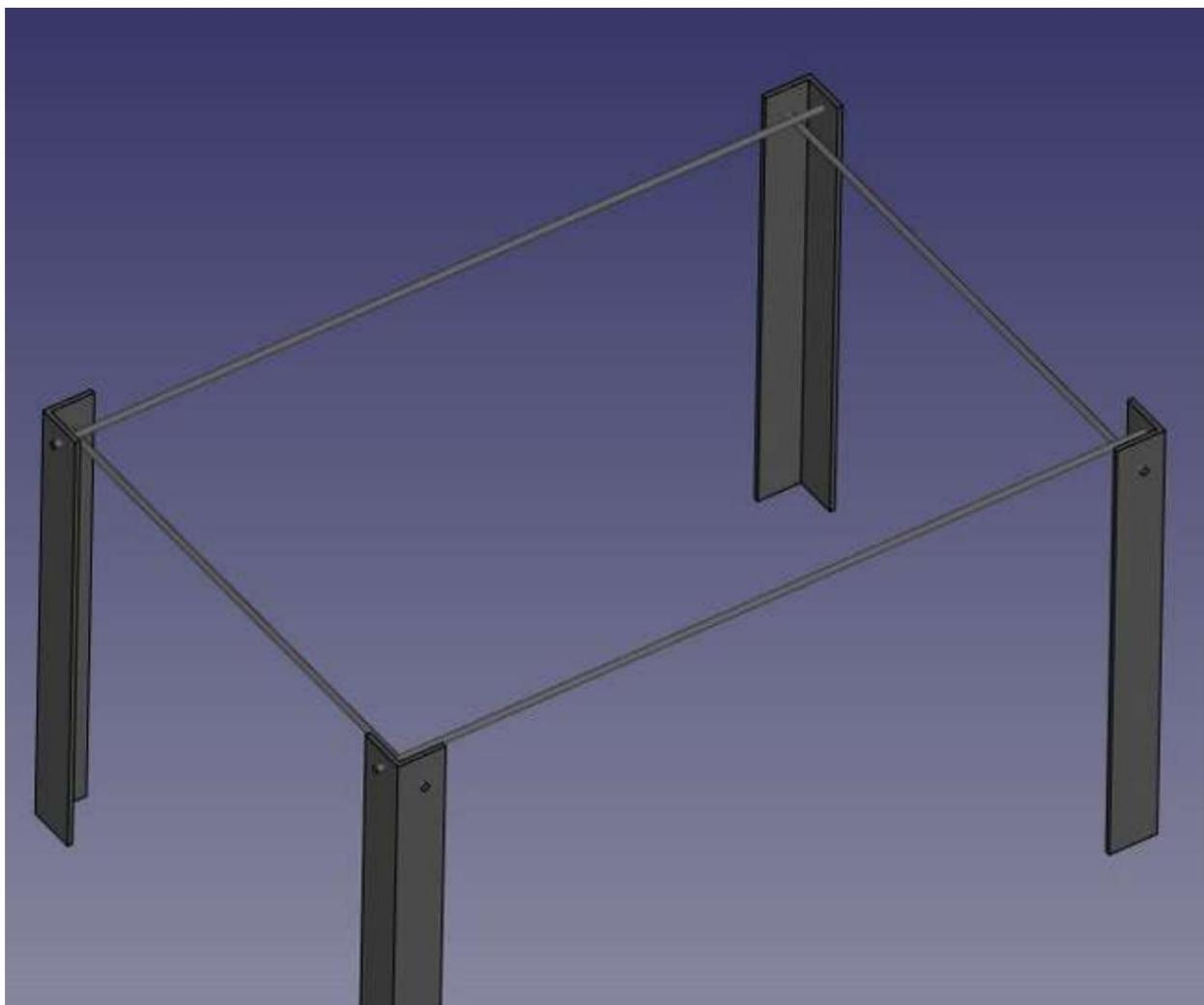
Теперь у нас есть четыре объекта для разреза:



Возможно, вы подумали, что вместо шести дублирования базового куба можно было бы трижды продублировать всю ножку. Это совершенно верно, поскольку, как всегда в FreeCAD, существует множество способов достижения одного и того же результата. Это важно помнить, потому что по мере перехода к более сложным объектам некоторые операции могут не давать правильного результата, и нам часто придется пробовать другие способы.

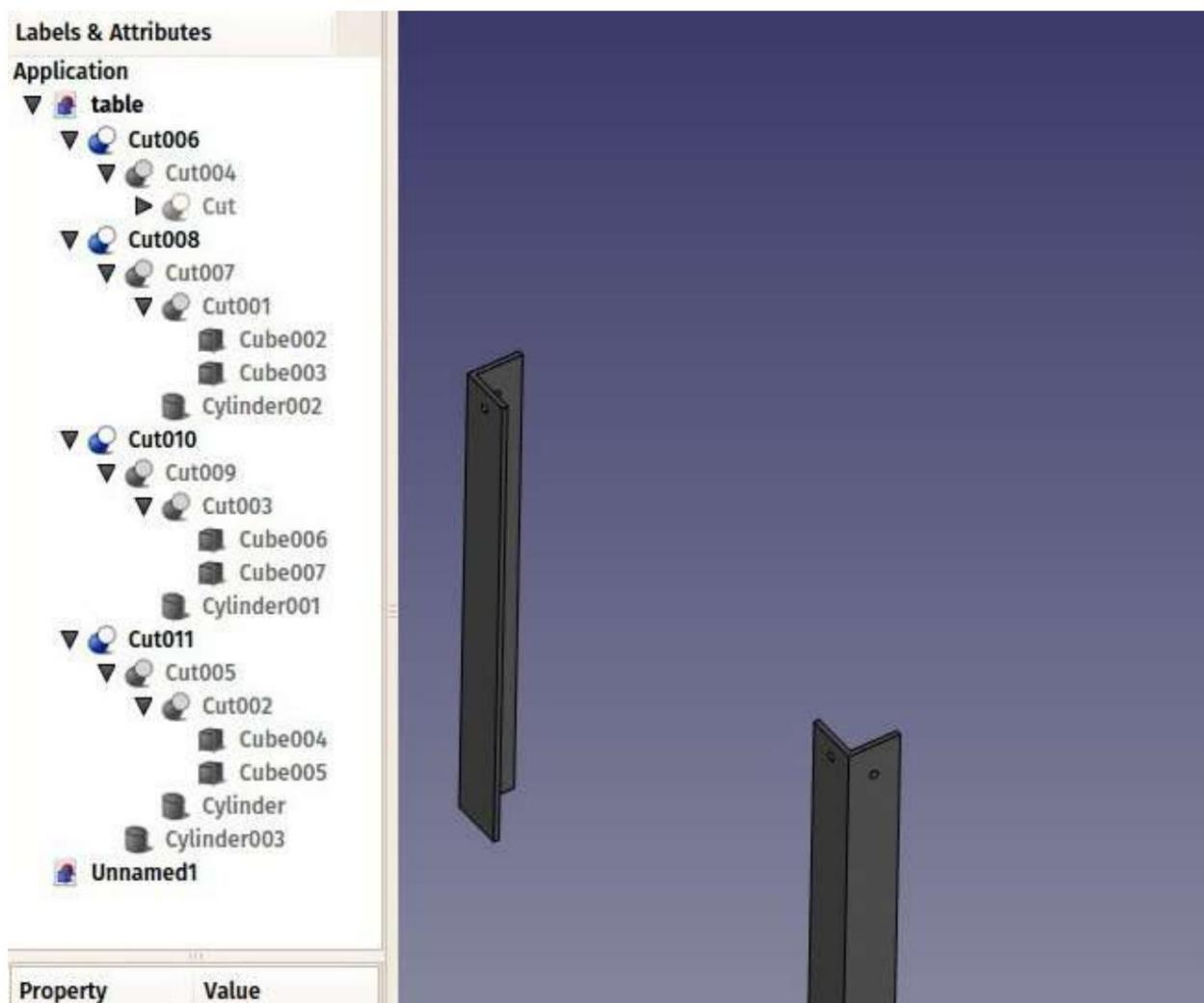
- Теперь мы просверлим отверстия для винтов, используя тот же метод «Вырезать». Поскольку нам нужно 8 отверстий, по два в каждой ножке, мы могли бы создать 8 объектов для удаления. Вместо этого давайте рассмотрим другие способы и создадим 4 трубы, которые будут повторно использованы двумя ножками. Итак, давайте создадим четыре трубы с помощью инструмента «Цилиндр» . Вы снова можете создать только одну и затем продублировать ее. Присвойте всем цилиндрам радиус 6 мм. На этот раз нам нужно будет повернуть их, что также делается с помощью
 - свойства «Размещение»: цилиндр: высота: 130 см, угол: 90°, ось: x:0, y:1, положение: x:-10 мм, y:40 мм, z:72 см
 - cylinder001: высота: 130 см, угол: 90°, ось: x:0, y:1, положение: x:-10 мм, y:84 см, z:72 см
 - cylinder002: высота: 90 см, угол: 90°, ось: x:-1, y:0, положение: x:40 мм, y:-10 мм, z:70 см

- cylinder003: высота: 90 см, угол: 90°, ось: x:-1, y:0, положение: x:124 см, y:-10 мм, z:70 см



Вы заметите, что цилиндры немного длиннее, чем необходимо. Это связано с тем, что, как и во всех приложениях для работы с твердотельными 3D-моделями, булевы операции в FreeCAD иногда слишком чувствительны к ситуациям соприкосновения граней и могут давать сбои. Таким образом, мы обеспечиваем себе дополнительную безопасность.

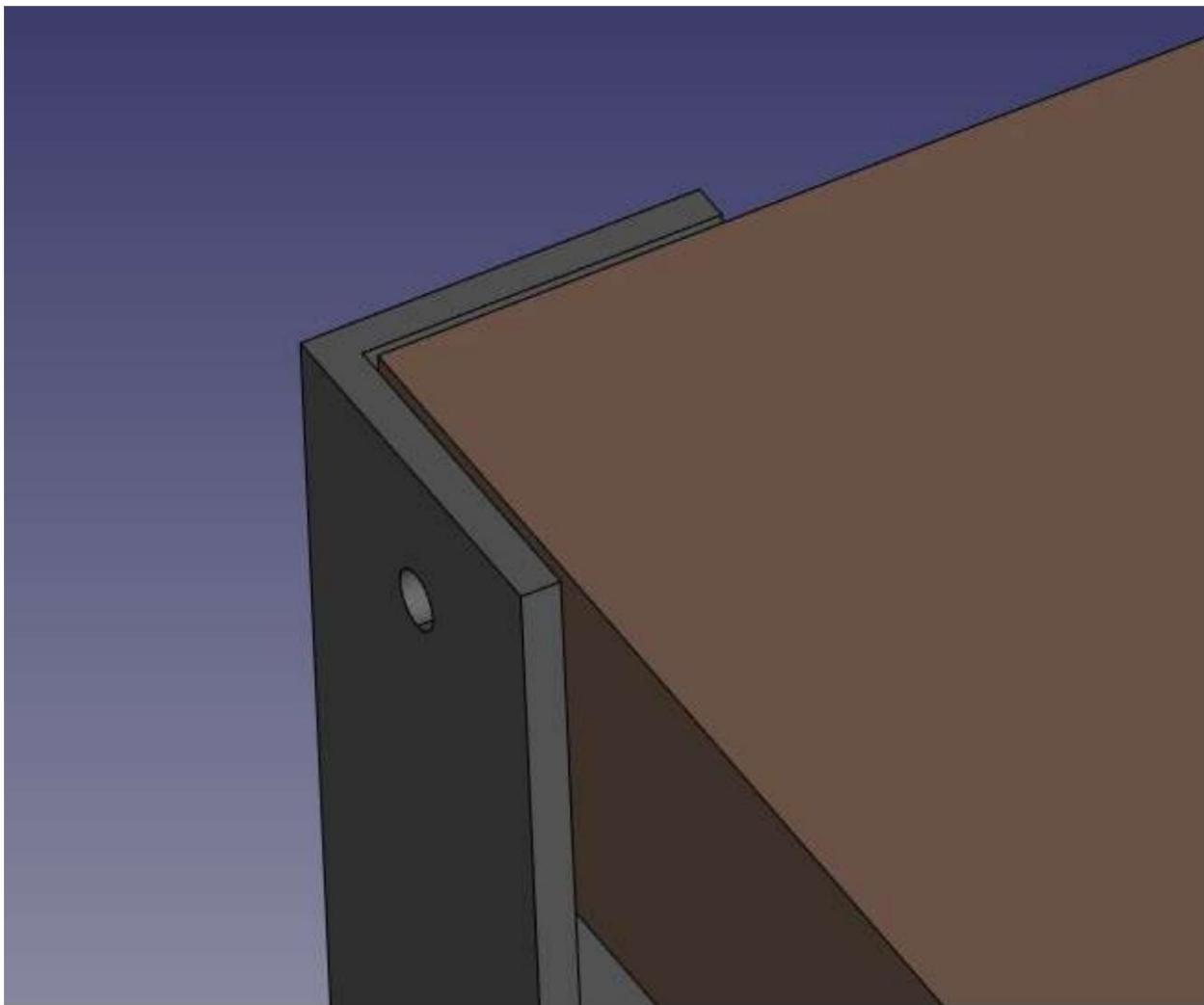
- Теперь перейдём к вычитанию. Выберите первую ножку, затем, удерживая клавишу CTRL, выберите одну из трубок, пересекающих её, и нажмите кнопку «Вырезать». Отверстие будет готово, а трубка скрыта. Найдите её в древовидном представлении, развернув проколотую ножку.
- Выберите еще одну ногу, пронизанную этой скрытой трубкой, затем повторите операцию, на этот раз выделив трубку в древовидном представлении с помощью Ctrl+, поскольку она скрыта в 3D-виде (вы также можете снова сделать ее видимой и выбрать в 3D-виде). Повторяйте это для остальных ног, пока не...
У каждого из них есть два отверстия:



Как видите, каждый шаг превратился в довольно длинную последовательность операций. Всё это остаётся параметрическим, и вы можете в любое время изменить любой параметр любой из старых операций. В FreeCAD мы часто называем этот набор «историей моделирования», поскольку он фактически содержит всю историю выполненных вами операций.

Еще одна особенность FreeCAD заключается в том, что концепция 3D-объекта и концепция 3D-операции часто сливаются в одно целое. Вырез одновременно является операцией и 3D-объектом, полученным в результате этой операции. В FreeCAD это называется «элементом», а не объектом или операцией.

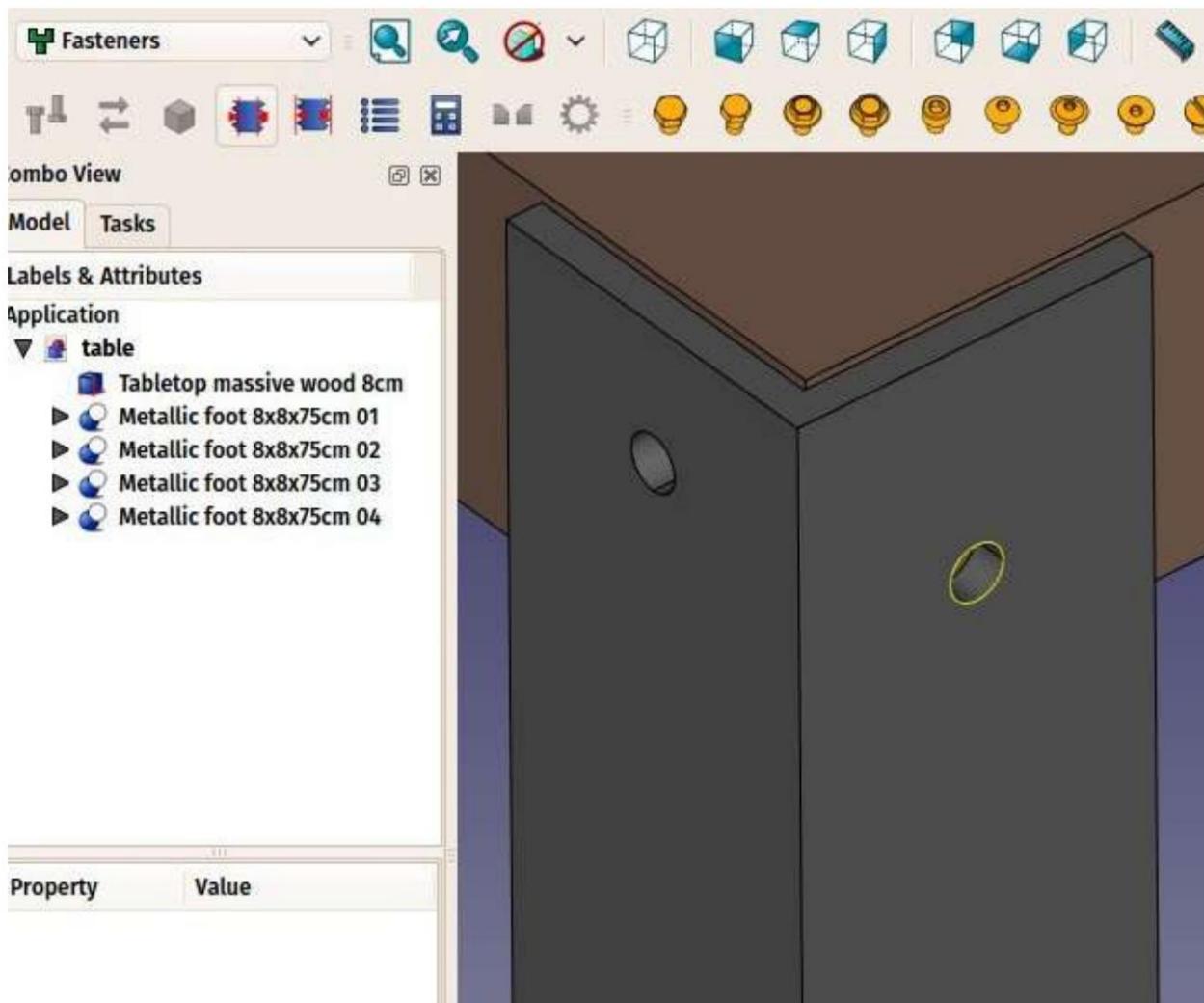
- Теперь давайте сделаем столешницу. Это будет простой деревянный брускок. Возьмём для этого ещё один прямоугольник со следующими размерами: длина 126 см, ширина 86 см, высота 8 см, координаты: x: 10 мм, y: 10 мм, z: 67 см. На вкладке «Вид» вы можете придать ему приятный коричневатый, похожий на древесный, цвет, изменив свойство «Цвет формы» :



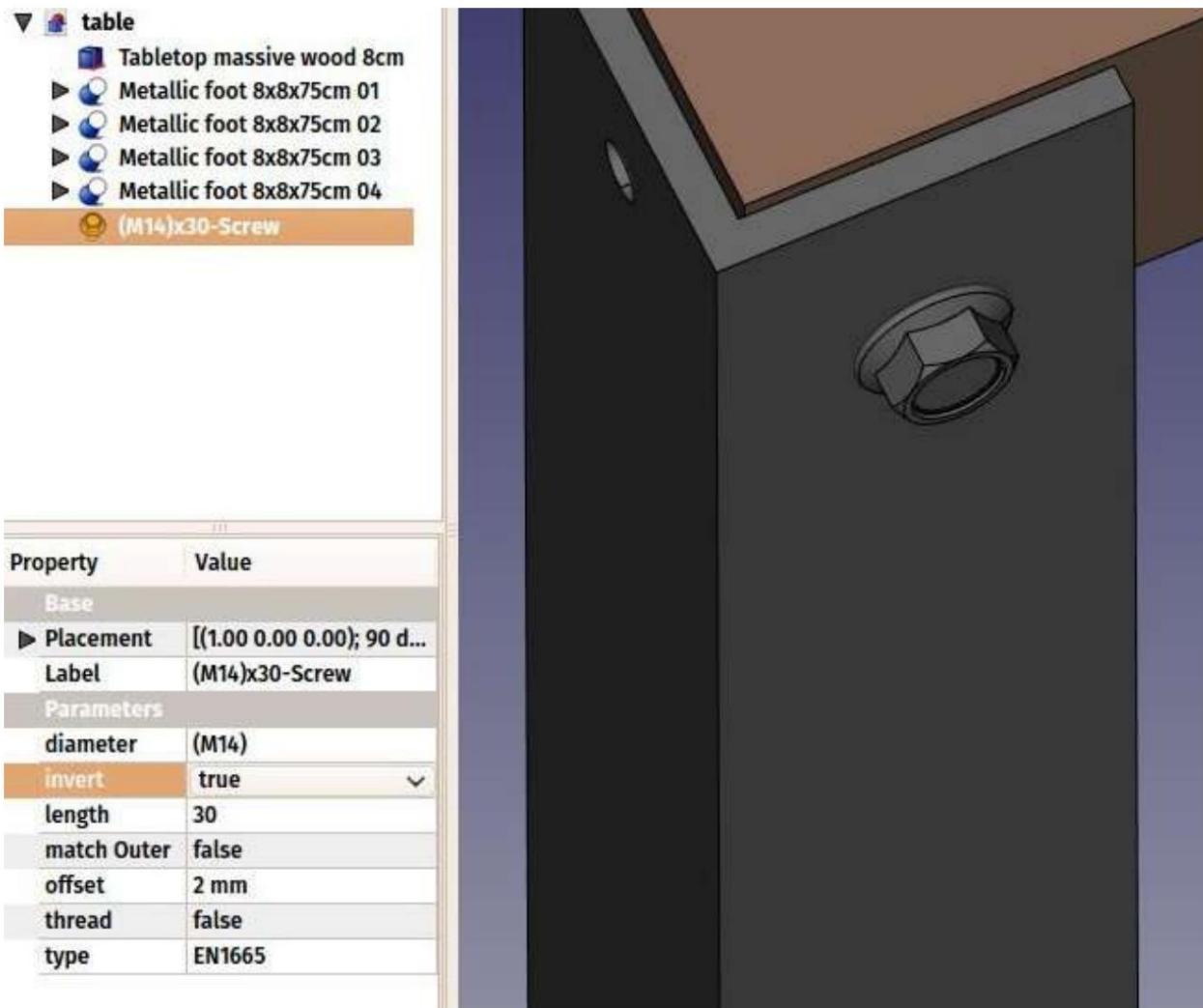
Обратите внимание, что, хотя ножки имеют толщину 8 мм, мы расположили их на расстоянии 10 мм друг от друга, оставив 2 мм между ними. Конечно, это необязательно, с реальным столом так не будет, но это распространенная практика в подобных «собранных» моделях, она помогает людям, рассматривающим модель, понять, что это независимые детали, которые позже нужно будет соединить вручную.

Теперь, когда наши пять элементов готовы, самое время дать им более подходящие имена, чем "Cut015". Щелкнув правой кнопкой мыши по объектам в древовидном представлении (или нажав F2), вы можете переименовать их во что-то более осмысленное для себя или для другого человека, который откроет ваш файл позже. Часто говорят, что простое присвоение объектам подходящих имен гораздо важнее, чем способ их моделирования.

- Теперь мы закрепим несколько винтов. В настоящее время существует чрезвычайно полезное дополнение, разработанное одним из участников сообщества FreeCAD, которое можно найти в репозитории [дополнений FreeCAD](#), под названием [Fasteners](#). Это значительно упрощает закручивание винтов. Установка дополнительных верстаков проста и описана на страницах дополнений.
- После установки [Fasteners Workbench](#) и перезапуска FreeCAD он появится в списке рабочих столов, и мы сможем переключиться на него. Чтобы вкрутить винт в одно из отверстий, сначала нужно выбрать круглую кромку отверстия:



- Затем мы можем нажать одну из кнопок для винтов на верстаке для крепежных элементов, например, шестигранный болт EN 1665 с фланцами, тяжелая серия. Винт будет установлен и выровнен по нашему отверстию, а диаметр будет автоматически выбран в соответствии с размером отверстия. Иногда винт будет установлен перевернутым, что можно исправить, изменив свойство переворачивания . Мы также можем установить его смещение на 2 мм, следуя тому же правилу, которое мы использовали между столешницей и ножками:



- Повторите это для всех отверстий, и наш стол готов!

Внутренняя структура объектов Part

Как мы видели выше, в FreeCAD можно выбирать не только целые объекты, но и их части, например, круглую рамку отверстия для винта. Сейчас самое время быстро взглянуть на то, как объекты Part строятся внутри. Каждая рабочая среда, создающая геометрию Part, будет основана на этом:

- Вершины: это точки (обычно конечные точки), на основе которых строится вся остальная структура.
Например, у прямой две вершины.
- Ребра: ребра представляют собой линейную геометрию, такую как линии, дуги, эллипсы или [NURBS-объекты](#). Кривые. Обычно они имеют две вершины, но в некоторых частных случаях может быть только одна (например, замкнутый круг).
- Провода: Провод — это последовательность рёбер, соединённых их концами. Он может содержать рёбра любого типа и может быть замкнутым или разомкнутым.
- Границы: Границы могут быть плоскими или изогнутыми и могут быть образованы одной замкнутой проволокой, образующей границу грани, или несколькими, если на грани имеются отверстия.
- Оболочки: Оболочки — это просто группа граней, соединенных ребрами. Они могут быть открытыми или закрытыми.

закрыто.

- Твердые тела: Когда оболочка плотно закрыта, то есть не имеет «протечек», она становится твердым телом. Термин «твердое тело» подразумевает наличие внутреннего и внешнего пространства. Многие производители используют это понятие, чтобы гарантировать возможность создания изготавливаемых ими изделий в реальном мире.
- Составные формы: Составные формы — это просто агрегаты других форм, независимо от их типа, объединенные в одну форму.

В трехмерном режиме просмотра можно выбирать отдельные вершины, ребра или грани. Выбор одного из этих элементов также выделяет весь объект.

Примечание о совместном проектировании

Возможно, взглянув на приведенную выше таблицу, вы подумаете, что ее конструкция неудачна. Крепление ножек к столешнице, вероятно, слишком слабое. Возможно, вам захочется добавить усиливающие элементы, или у вас просто есть другие идеи, как ее улучшить. Вот тут-то и начинается интерес к обмену идеями. Вы можете скачать файл, созданный в ходе этого упражнения, по ссылке ниже и изменить его, чтобы улучшить. Затем, если вы поделитесь этим улучшенным файлом, другие смогут сделать его еще лучше или использовать вашу удачно спроектированную таблицу в своих проектах. Ваша разработка может подсказать идеи другим людям, и, возможно, вы хоть немного поможете сделать мир лучше...

Загрузки

- Файл, созданный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/table.FCStd>

Читать далее

- Рабочий стол для компонентов: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Part_Module Репозиторий
- дополнений FreeCAD: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-addons> Инструмент для работы с крепежными
- элементами: https://github.com/shaise/FreeCAD_FastenersWB

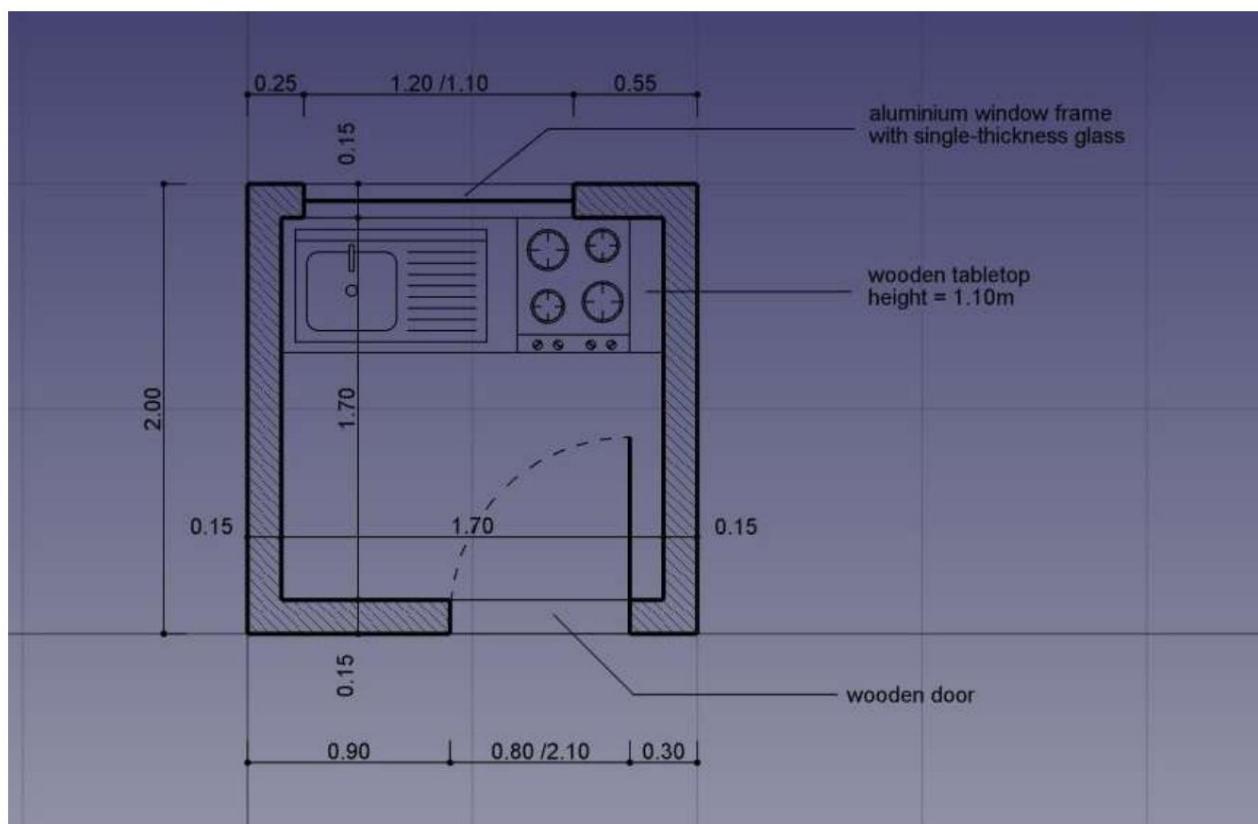
Традиционное двухмерное черчение

FreeCAD может заинтересовать вас, если у вас уже есть некоторый опыт в техническом черчении, например, с использованием таких программ, как [AutoCAD](#). Или вы уже кое-что знаете о проектировании, или предпочитаете сначала нарисовать чертеж, а потом строить. В любом случае, FreeCAD предлагает более традиционную рабочую среду с инструментами, которые есть в большинстве 2D САПР-приложений: [Черновик](#) [Верстак](#).

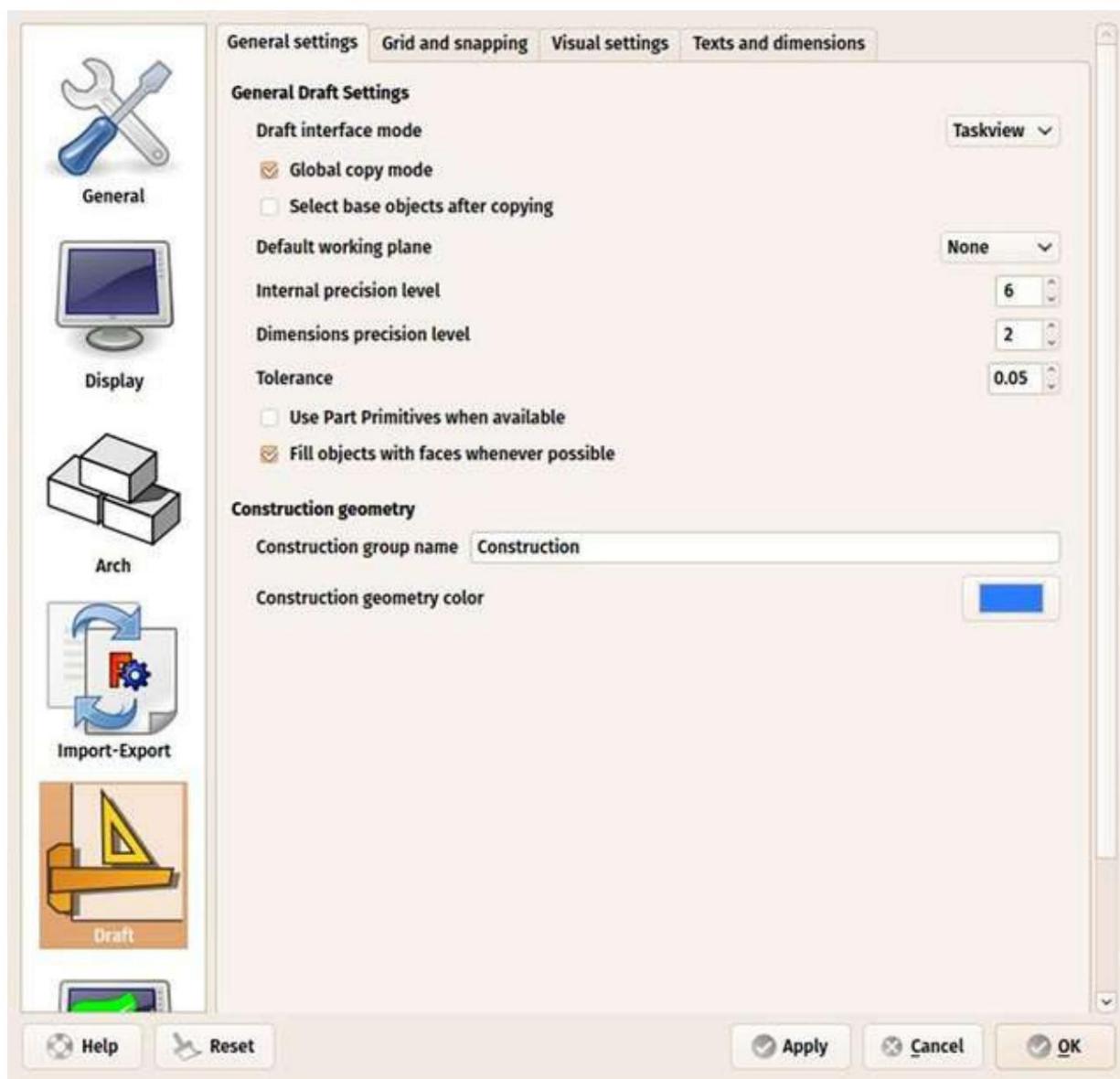
Хотя Draft Workbench и заимствует методы работы из традиционного мира 2D CAD, он нисколько не ограничивается 2D-пространством. Все его инструменты работают во всем 3D-пространстве, и многие инструменты Draft, например, инструмент «Перемещение», также работают в 3D-пространстве. или [Повернуть](#), Они широко используются во всей программе FreeCAD, поскольку зачастую более интуитивно понятны, чем ручное изменение параметров размещения.

Среди инструментов, предлагаемых Draft Workbench, вы найдете традиционные инструменты для рисования, такие как линии, Круг, или провод (полилиния), инструменты модификации, такие как Перемещение, Повернуть или Компенсировать, рабочая [плоскость/сетчатая система](#) Это позволяет точно определить, в какой плоскости вы работаете, и обеспечивает полноценную [систему привязки](#). Это значительно упрощает рисование и точное размещение элементов относительно друг друга.

Чтобы продемонстрировать работу и возможности Draft Workbench, мы рассмотрим простое упражнение, результатом которого станет этот небольшой рисунок, показывающий план небольшого дома, в котором есть только кухонная столешница (довольно абсурдный план, но мы можем делать здесь все, что захотим, не так ли?):



- Переключиться на рабочую область черновика
- Как и во всех программах для технического черчения, разумно правильно настроить рабочую среду, это сэкономит вам много времени. Настройте [сетку и рабочую плоскость](#), [текст](#) и [размеры](#). Настройки можно изменить по своему усмотрению в меню «Редактировать» -> «Настройки» -> «Черновик». Однако в этом упражнении мы будем действовать так, как если бы эти настройки были оставлены со значениями по умолчанию.



- В рабочем столе для черчения также есть две специальные панели инструментов: одна с визуальными настройками, где можно изменить текущую рабочую плоскость, включить режим построения. В меню можно включить/выключить сетку, установить цвет линии, цвет шрифта, толщину линии и размер текста для новых объектов, а также задать точки привязки. Там же можно включить/выключить сетку и установить/отменить привязку для отдельных объектов.

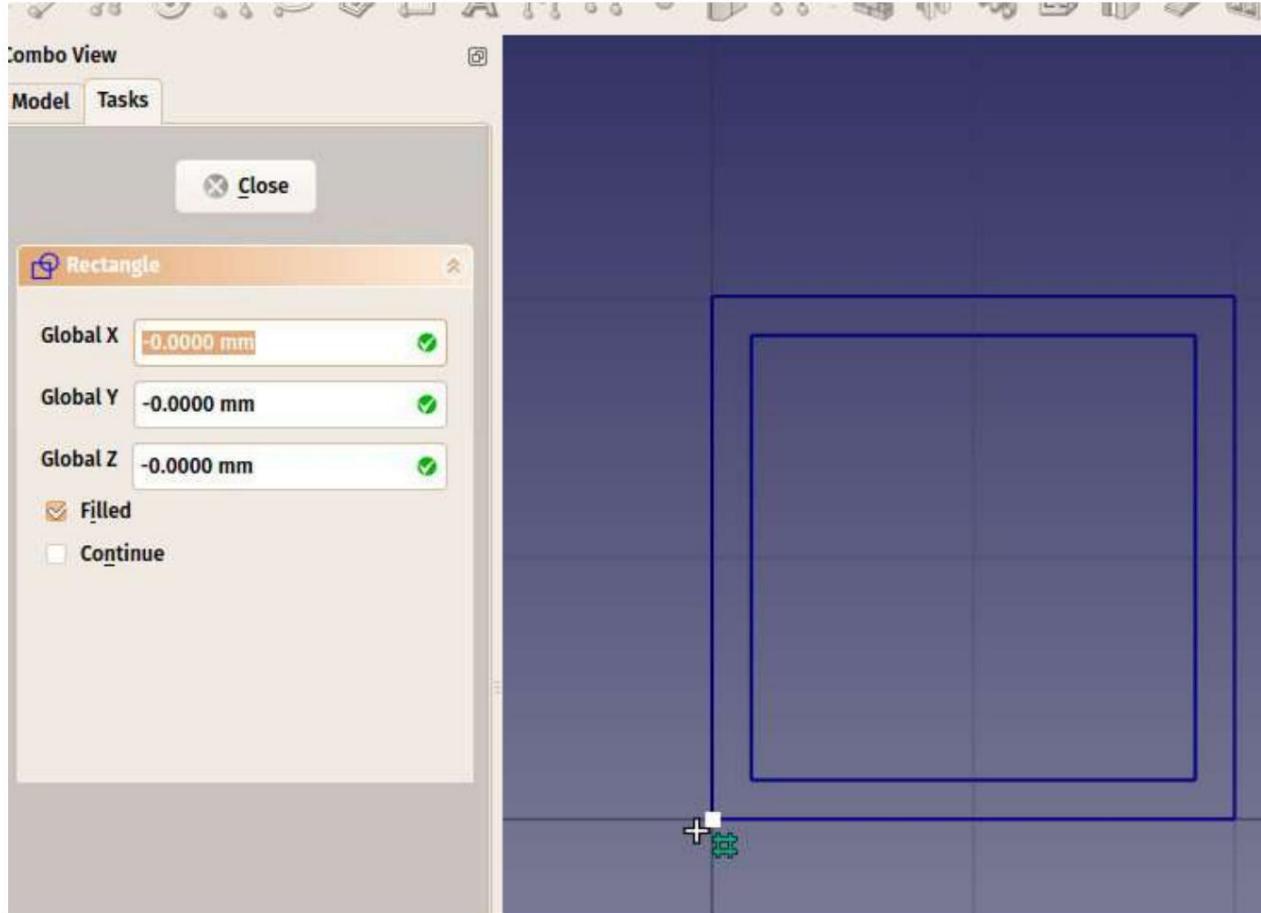
[местоположения:](#)



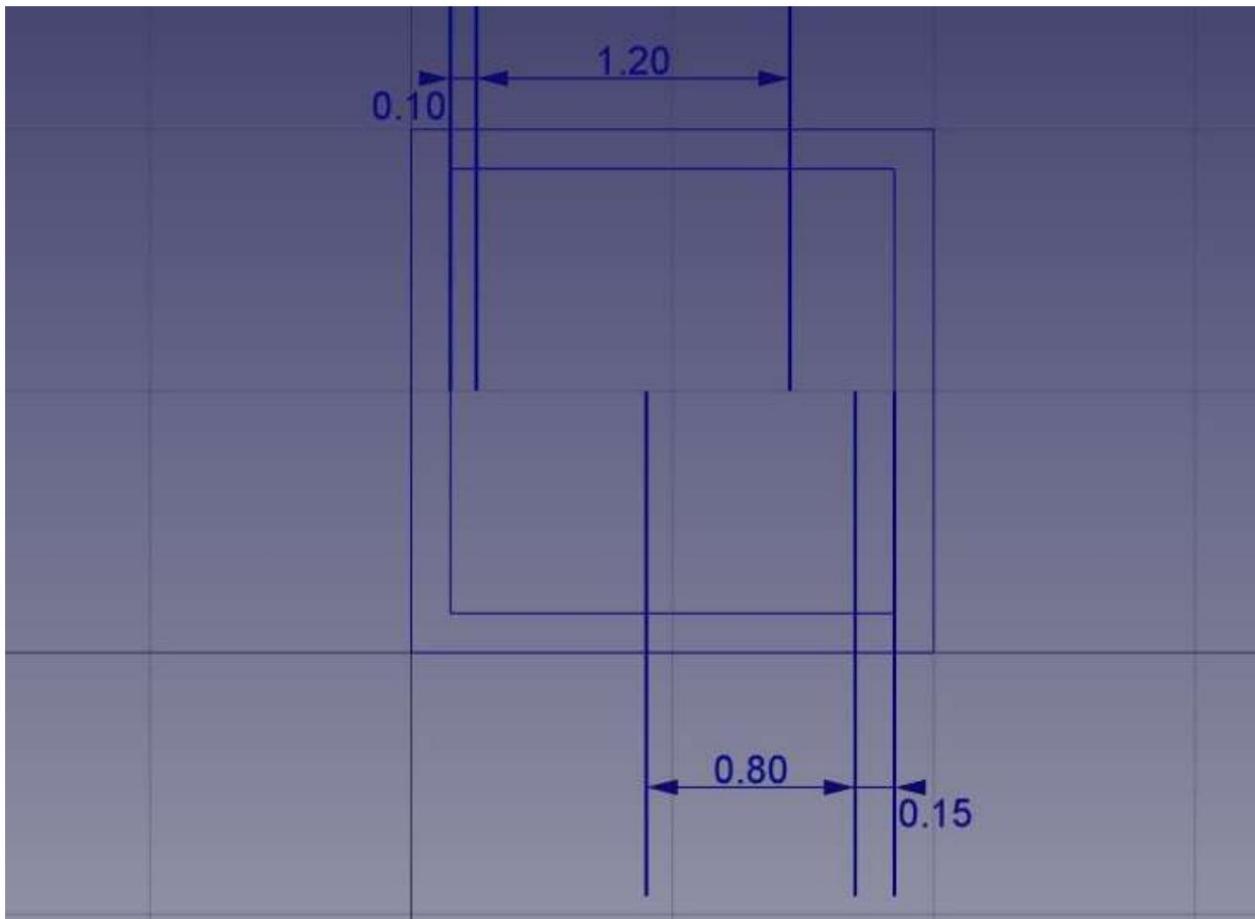
- Начнём с включения режима построения , который позволит нам нарисовать направляющие, на основе которых мы будем создавать окончательную геометрическую модель.
- При желании установите рабочую плоскость в режим *XY. В этом случае рабочая плоскость не изменится независимо от текущего вида. В противном случае рабочая плоскость автоматически адаптируется к текущему виду, и вам следует следить за тем, чтобы оставаться в режиме вида сверху всякий раз, когда вы хотите рисовать на плоскости XY (наземной плоскости).
- Затем выберите [прямоугольник](#). Используйте инструмент и нарисуйте прямоугольник размером 2 метра на 2 метра, начиная с точки (0,0,0) (оставьте ось Z равной нулю). Обратите внимание, что большинство команд Draft можно использовать

Полностью выполняется с клавиатуры, без касания мыши, с помощью двухбуквенной комбинации клавиш. Наш первый прямоугольник 2x2м можно создать так: `re 0 Enter 0 Enter 0 Enter 2m Enter 2m Enter 0 Enter`.

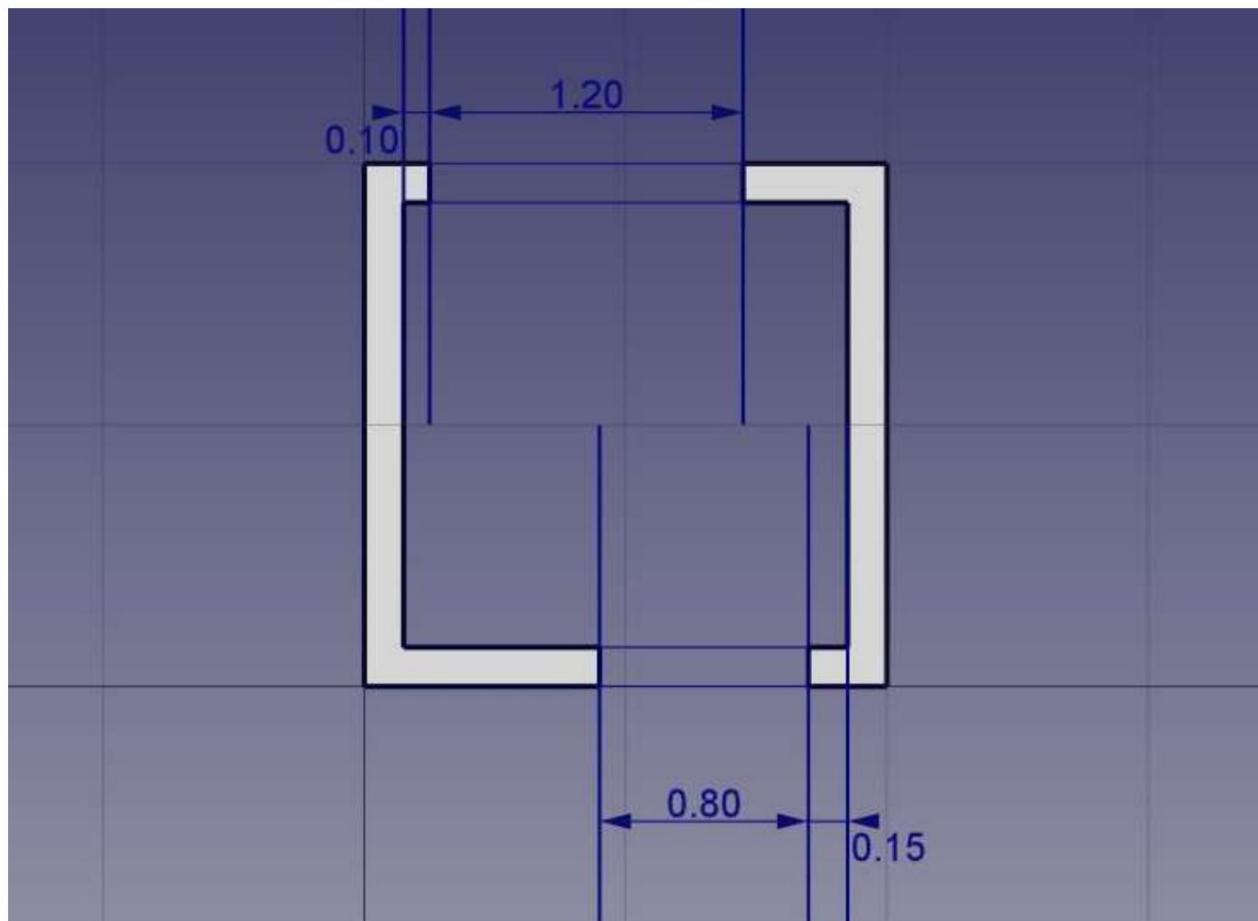
- Скопируйте этот прямоугольник, отступив на 15 см от центра, используя параметр «**Смещение**». инструмент, включив режим копирования и задав расстояние 15 см:



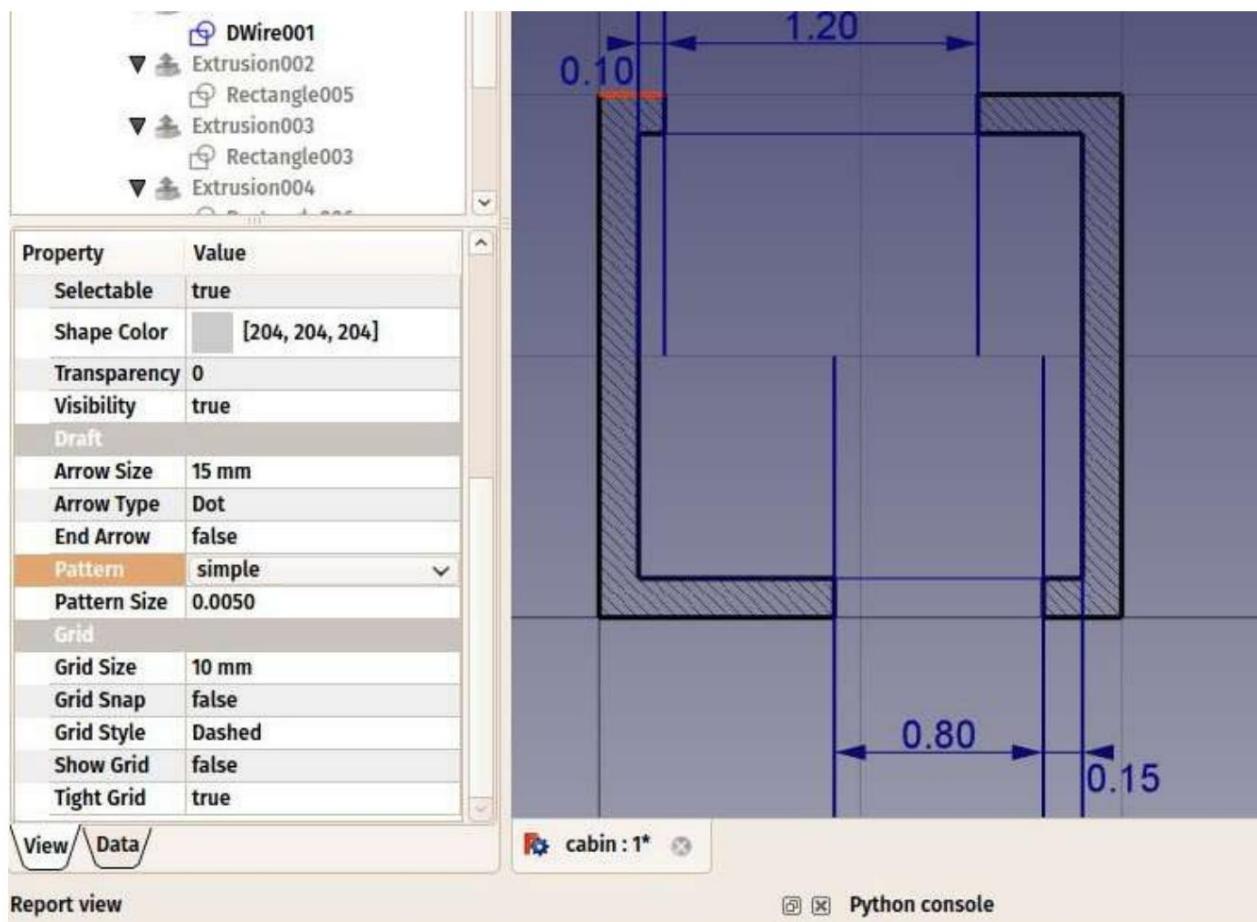
- Затем мы можем нарисовать пару вертикальных линий, чтобы обозначить места расположения дверей и окон, используя **линию**. инструмент. Пересечение этих линий с нашими двумя прямоугольниками даст нам полезные точки пересечения, к которым мы сможем привязать наши стены. Проведите первую линию от точки (15 см, 1 м, 0) до точки (15 см, 3 м, 0).
- Продублируйте эту строку 5 раз, используя кнопку **Переместить**. Инструмент с включенным режимом копирования. Также включите режим относительного копирования, который позволит задавать перемещения на относительных расстояниях, что проще, чем вычислять точное положение каждой линии. Задайте каждой новой копии любую начальную точку, например, (0,0,0), и следующие относительные конечные точки:
 - строка001: x: 10 см
 - строка002: x: 120 см
 - строка003: x: -55 см, у: -2 м
 - строка004: x: 80 см
 - строка005: x: 15 см



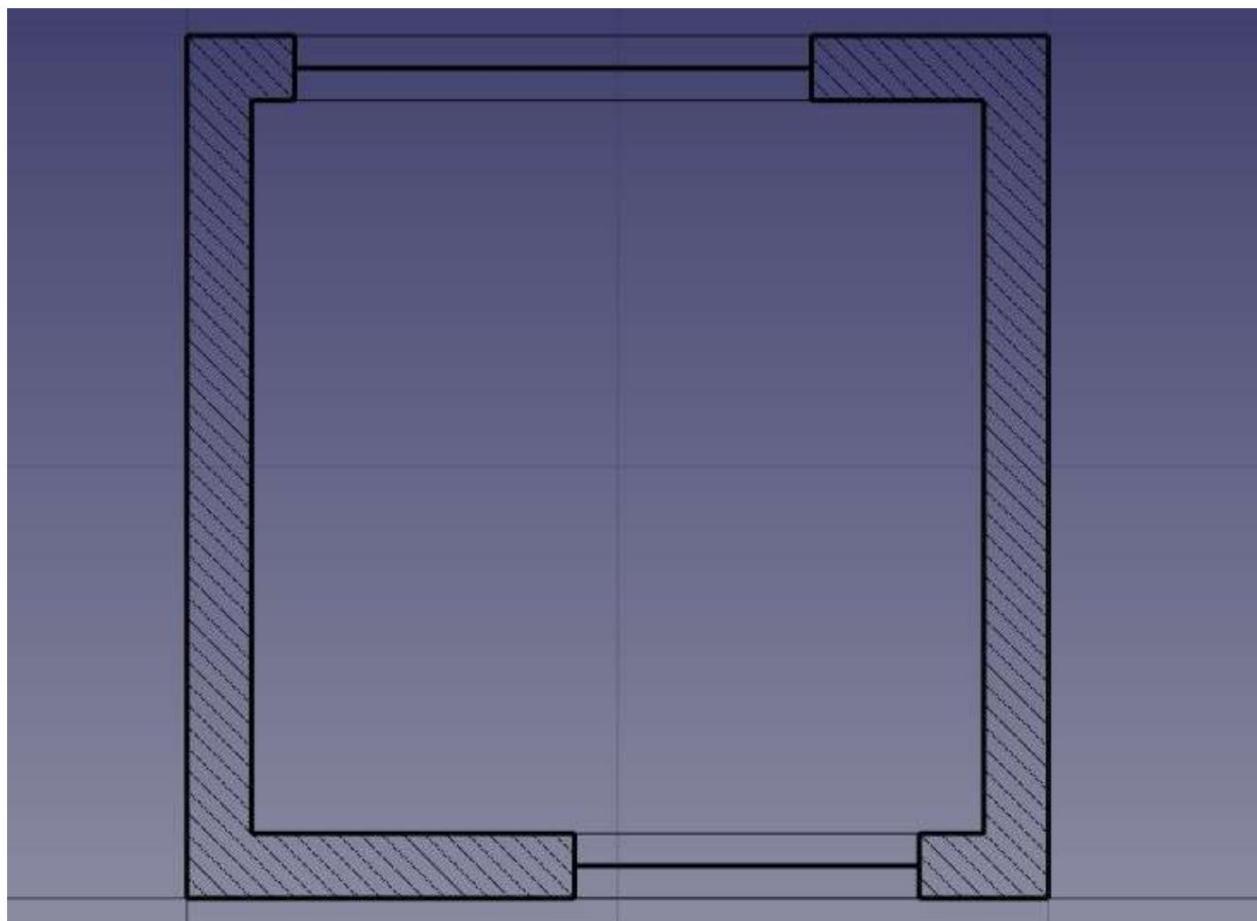
- Это всё, что нам нужно сейчас, чтобы отключить режим строительства. Убедитесь, что вся геометрия строительства помещена в группу «Строительство», это позволит легко скрыть её всю сразу или даже полностью удалить позже.
- Теперь давайте нарисуем два элемента стены, используя инструмент «Проволока» . Убедитесь, что включена привязка к точкам пересечения , так как нам нужно будет привязываться к точкам пересечения наших линий и прямоугольников. Нарисуйте две проволоки следующим образом, щелкнув по всем точкам их контуров. Чтобы замкнуть их, либо щелкните по первой точке еще раз, либо нажмите кнопку «Закрыть» :



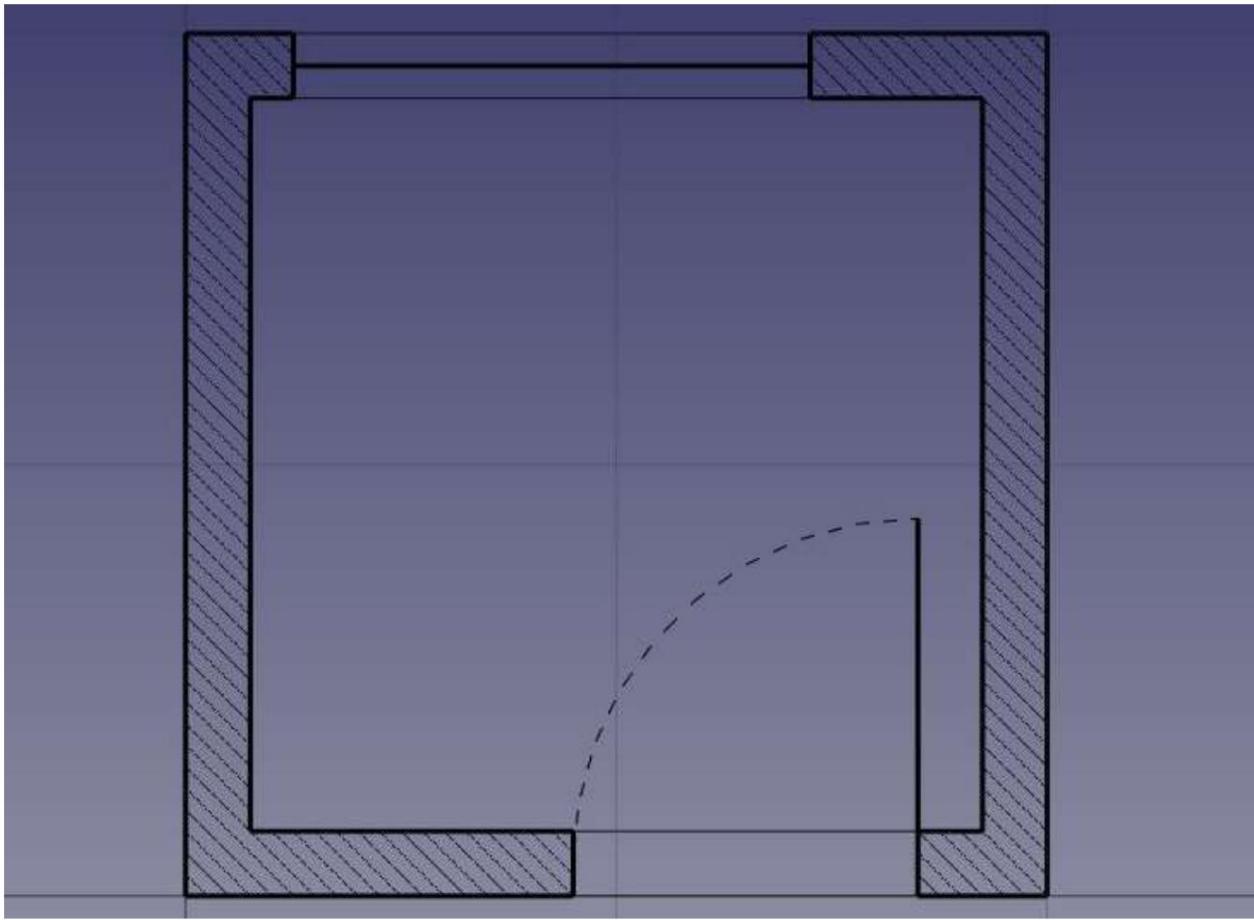
- Мы можем изменить их серый цвет по умолчанию на приятный штриховой узор, выделив обе стены, затем установив для свойства Pattern значение Simple и размер Pattern по своему усмотрению, например, 0,005.



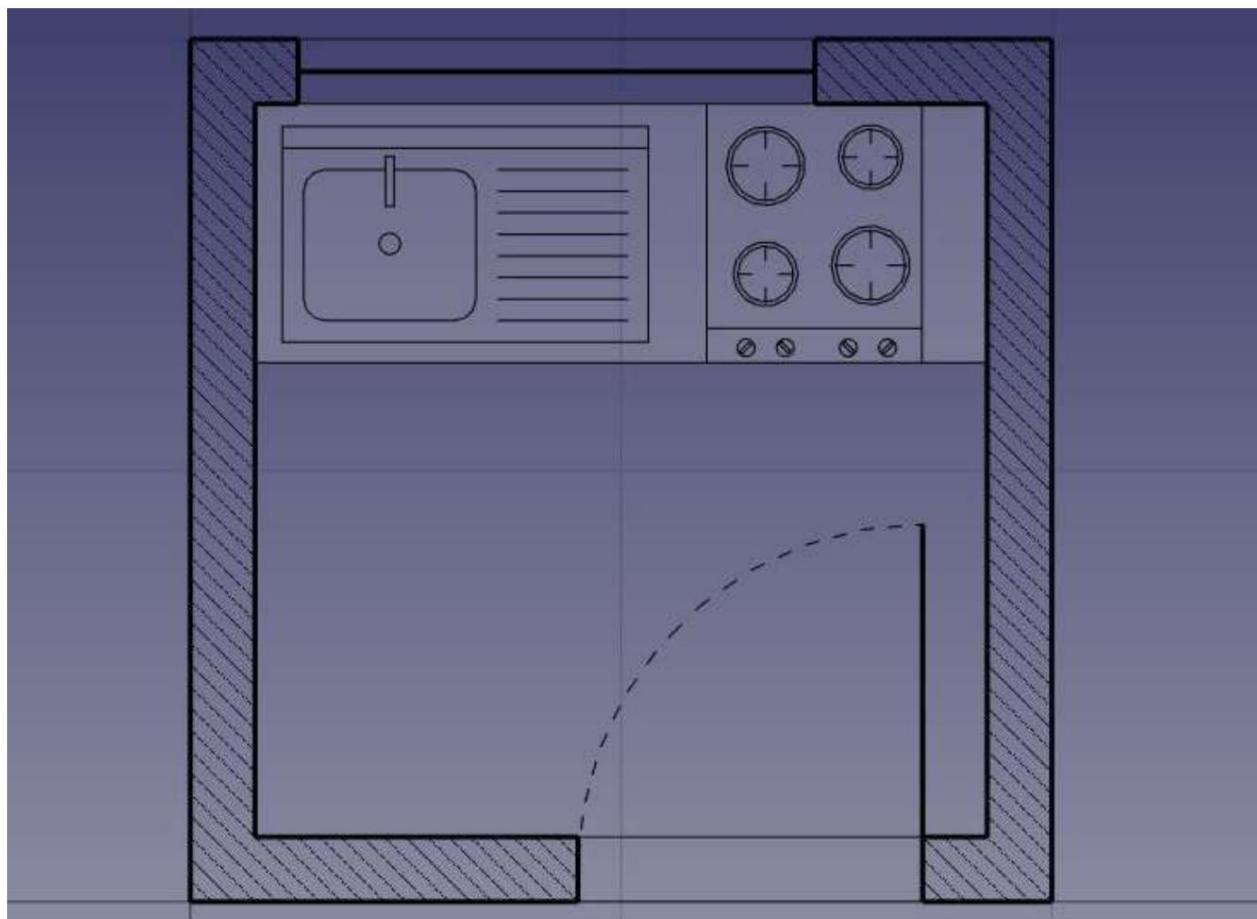
- Теперь мы можем скрыть геометрию построения, щелкнув правой кнопкой мыши по группе «Построение». Выберите «Скрыть выделение».
- Теперь нарисуем окна и двери. Убедитесь, что [центральная точка привязывается к нужному месту](#). включен, и нарисуйте шесть линий следующим образом:



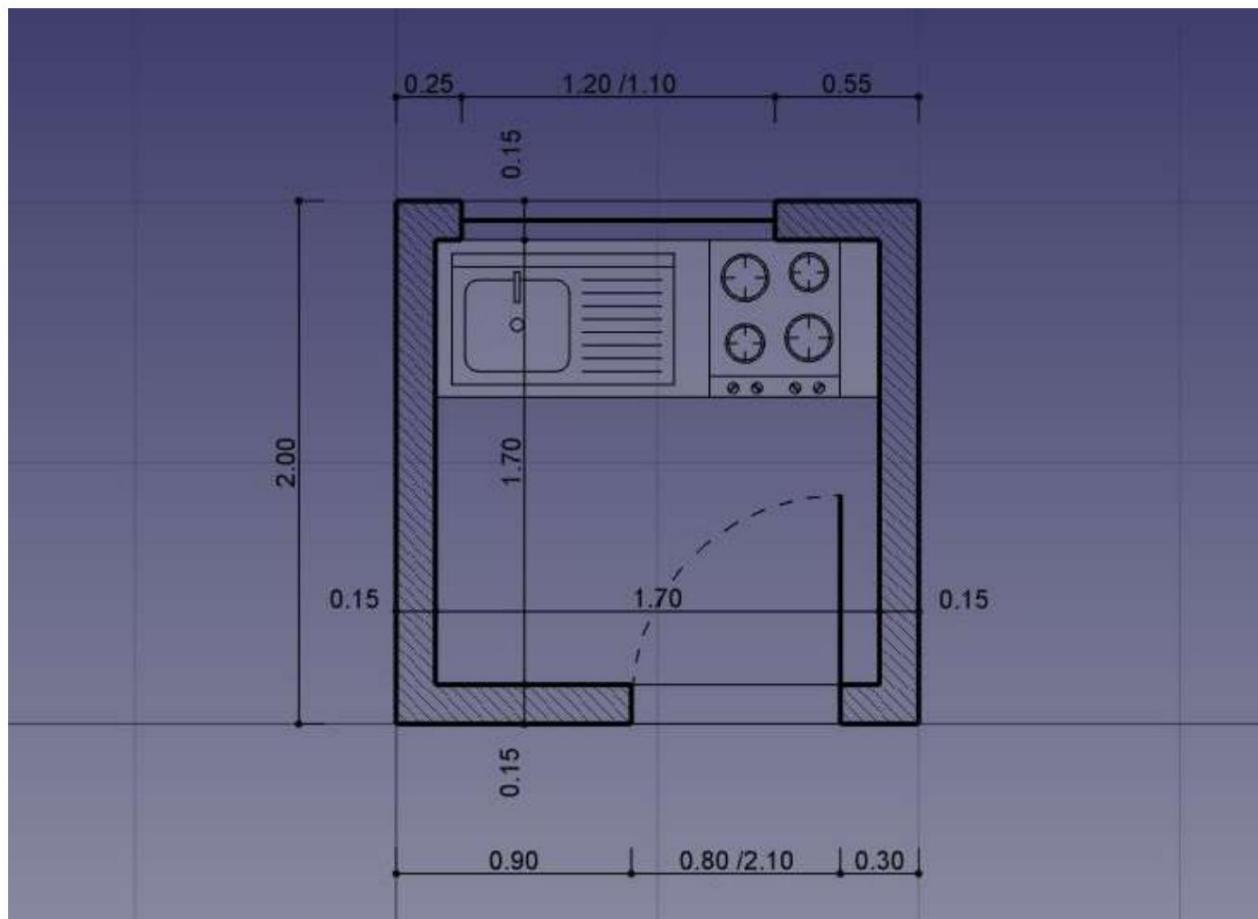
- Теперь изменим линию двери, чтобы создать символ открытой двери. Для начала поверните линию с помощью инструмента «Поворот». Инструмент. Щелкните по конечной точке линии как по центру вращения, задайте начальный угол 0 и конечный угол -90.
- Затем создайте начальную дугу с помощью Arc. инструмент. Выберите ту же точку, что и центр вращения, который мы использовали на предыдущем шаге в качестве центра, щелкните другую точку линии, чтобы задать радиус, затем укажите начальную и конечную точки следующим образом:



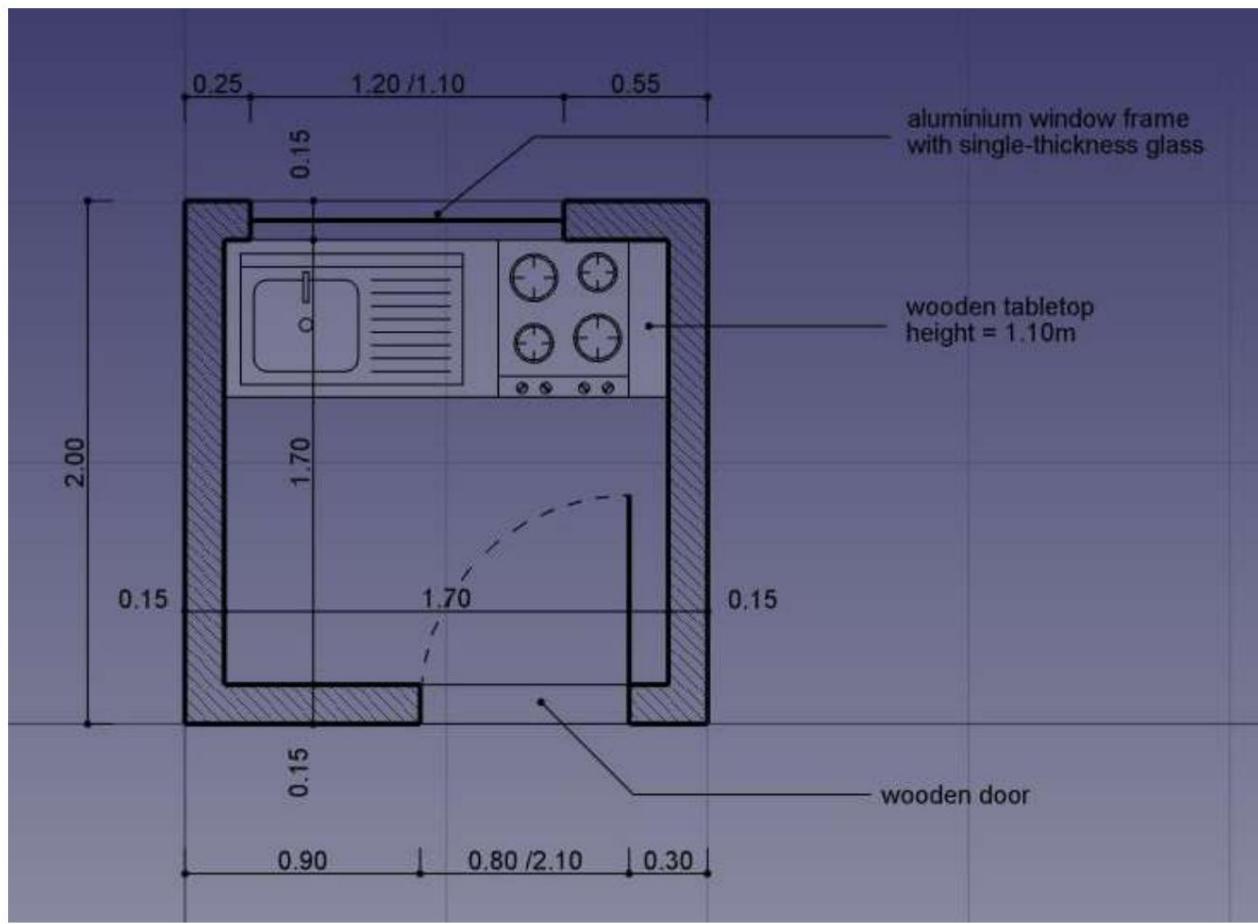
- Теперь можно начинать расставлять мебель. Для начала поставим стойку, нарисовав прямоугольник в верхнем левом углу, задав ему ширину 170 см и высоту -60 см. На изображении ниже свойство прозрачности прямоугольника установлено на 80%, чтобы придать ему вид мебели.
- Теперь добавим раковину и варочную панель. Рисовать такие символы от руки может быть очень утомительно, и обычно их легко найти в интернете, например, на [сайте http://www.cad-blocks.net](http://www.cad-blocks.net). В разделе «Загрузки» ниже, для удобства, мы отдалили с этого сайта раковину и варочную панель и сохранили их как файлы DXF. Вы можете загрузить эти два файла, перейдя по ссылкам ниже, щелкнув правой кнопкой мыши кнопку «Raw» и выбрав «Сохранить как».
- Вставить файл DXF в открытый документ FreeCAD можно либо выбрав пункт меню «Файл» -> «Импорт» , либо перетащив файл DXF из проводника файлов в окно FreeCAD. Содержимое файлов DXF может отображаться не точно по центру текущего вида, в зависимости от их расположения в файле DXF. Вы можете использовать меню « Вид » -> «Стандартные виды» -> «Подогнать под размер» , чтобы уменьшить масштаб и найти импортированные объекты. Вставьте два файла DXF и переместите их в подходящее место на столе:



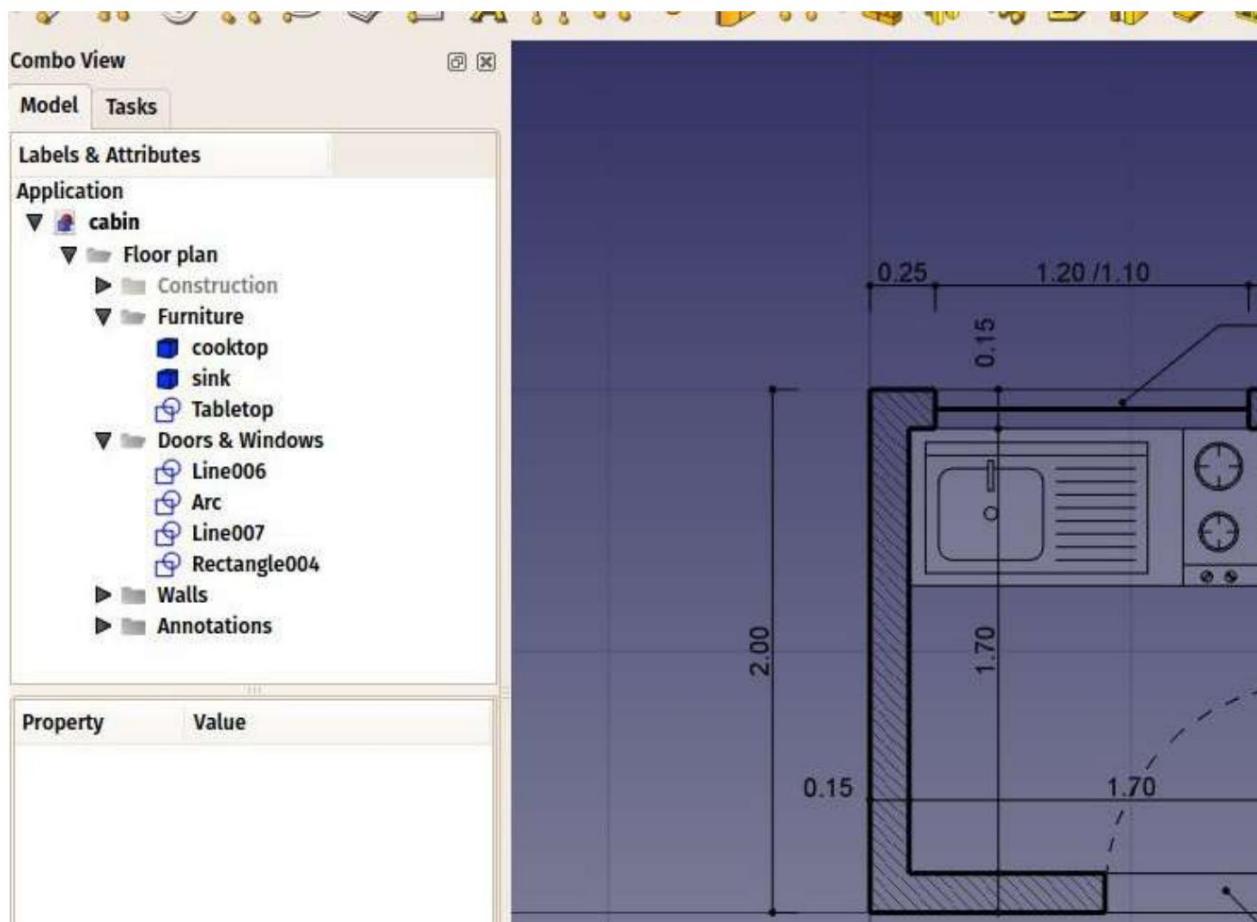
- Теперь мы можем задать несколько размеров с помощью [инструмента «Размер»](#). Инструмент. Размеры наносятся щелчком по трем точкам: начальной точке, конечной точке и третьей точке для размещения размерной линии. Чтобы задать горизонтальные или вертикальные размеры, даже если первые две точки не совпадают, нажмите клавишу Shift , удерживая щелчок по второй точке.
- Вы можете изменить положение текста размера, дважды щелкнув по нему в древовидном представлении. Контрольная точка позволит вам графически переместить текст. В нашем упражнении текст «0,15» был перемещен для большей наглядности.
- Вы можете изменить содержимое текста размеров, отредактировав свойство Override . В нашем примере текст размеров дверей и окон был отредактирован, чтобы указать их высоту:



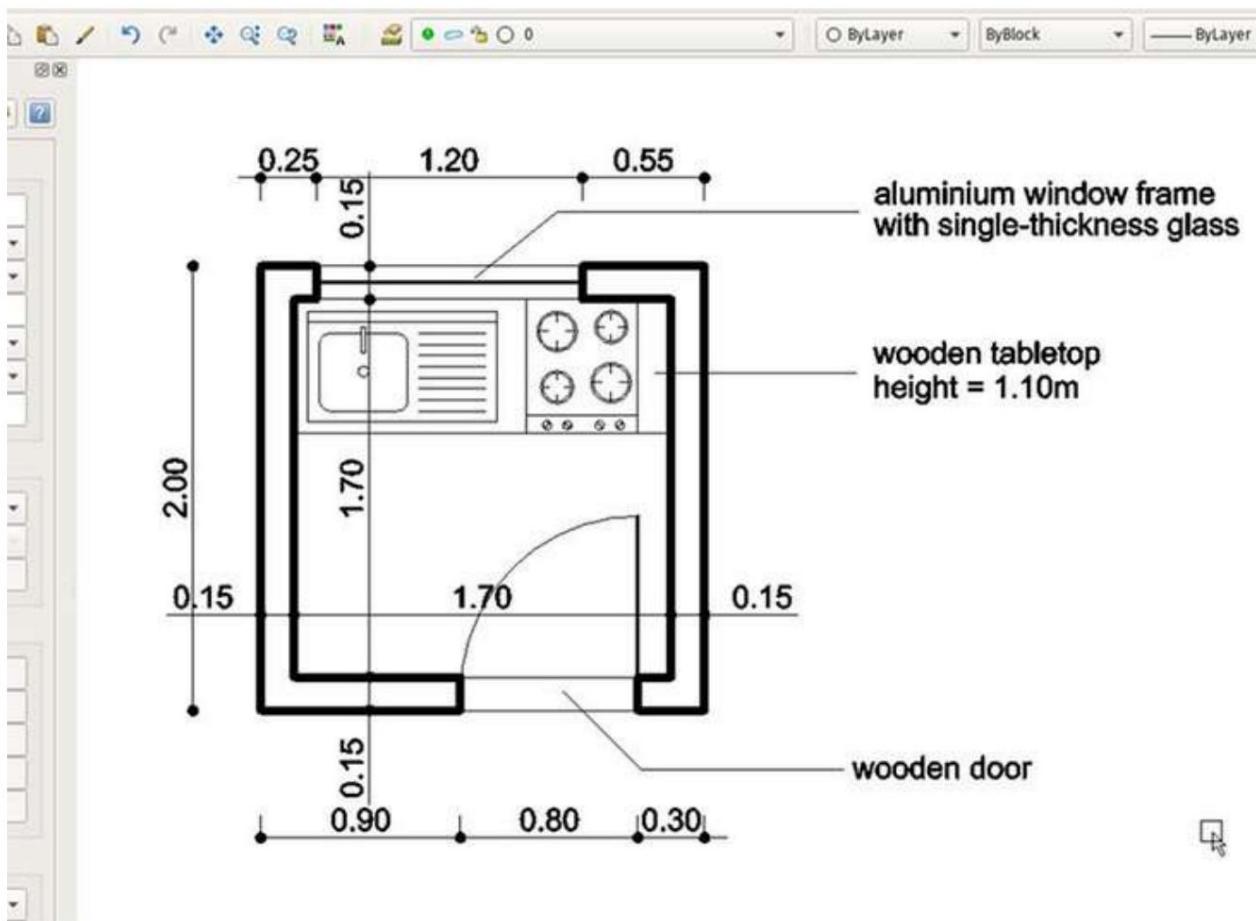
- Давайте добавим несколько описательных текстов, используя элемент «Текст». Инструмент. Щелкните в нужном месте, чтобы расположить текст, затем введите строки текста, нажимая Enter после каждой строки. Чтобы завершить, нажмите Enter дважды.
- Линии-выноски (также называемые «выносками»), связывающие текст с описываемым элементом, создаются с помощью инструмента «Проводка». Нарисуйте проводники, начиная от позиции текста и заканчивая описываемым местом. После этого вы можете добавить маркер или стрелку в конце проводников, установив для свойства «Конечная стрелка» значение «Истина».



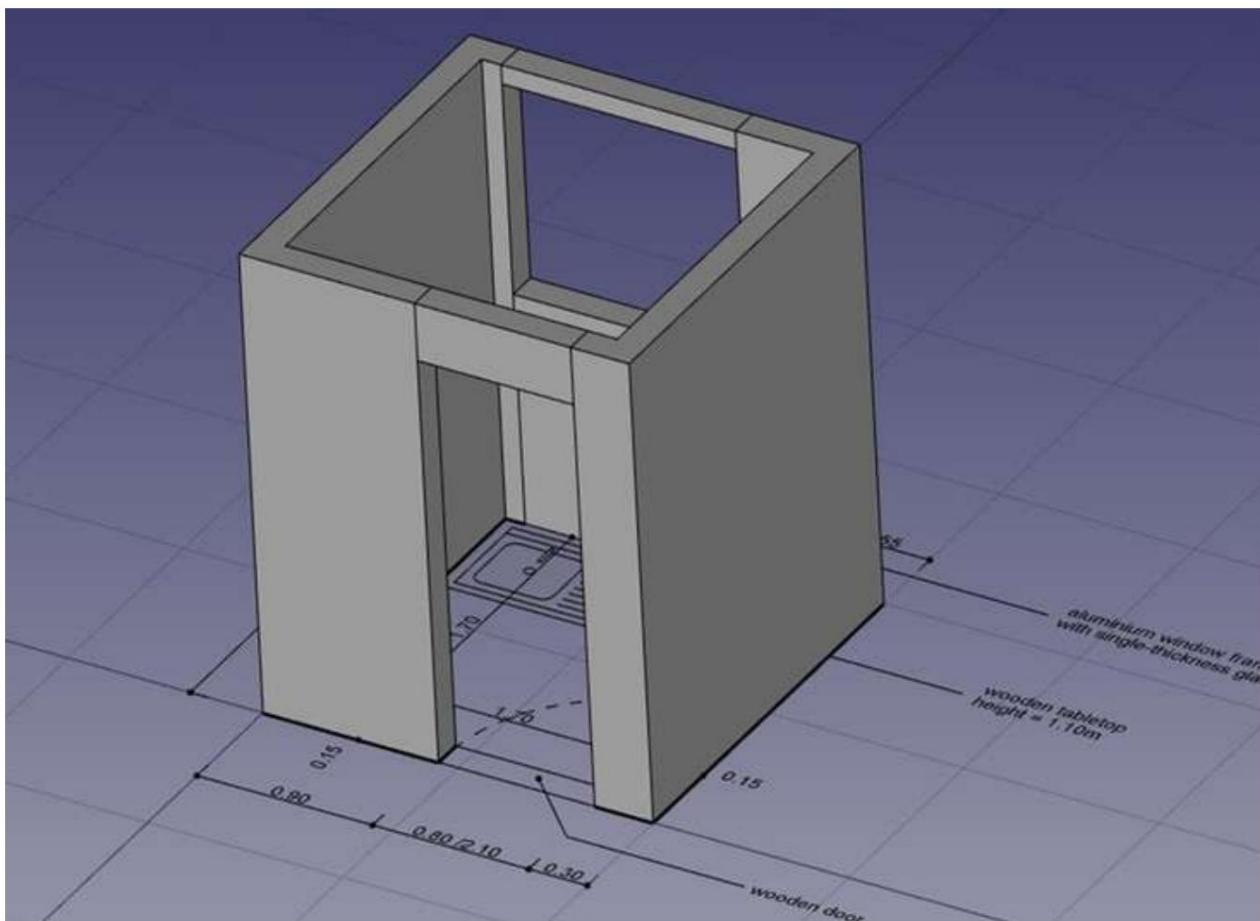
- Наш чертеж готов! Поскольку объектов становится довольно много, было бы разумно немного почистить рисунок и расположить все в удобную структуру групп, чтобы файл было легче понять другому человеку:



- Теперь мы можем распечатать нашу работу, разместив ее на чертежном листе, что мы покажем далее в этом руководстве, или напрямую экспорттировать наш чертеж в другие САПР-приложения, экспорттировав его в файл DXF. Просто выберите нашу группу «План этажа», выберите меню «Файл» -> «Экспорт» и выберите формат Autodesk DXF. Затем файл можно открыть в любом другом 2D САПР-приложении, например, в [LibreCAD](#). В зависимости от настроек каждого приложения вы можете заметить некоторые различия.



- Однако самое важное в Draft Workbench — это то, что созданную с его помощью геометрию можно использовать в качестве основы или легко выдавливать в 3D-объекты, просто используя функцию [Extrude](#).
инструмент из [верстака детали](#), или, если говорить о драфте, то [Тримекс](#). Инструмент [Обрезка/Удлинение/Выдавливание](#), который по сути выполняет выдавливание детали, но делает это «по типу Draft», то есть позволяет графически указывать и привязывать длину выдавливания.
Проведите эксперимент по выдавливанию наших стенок, как показано ниже.
- При нажатии на [рабочую плоскость](#) После выбора грани объекта, нажав соответствующую кнопку, вы также можете разместить рабочую плоскость в любом месте и, следовательно, рисовать объекты Draft в разных плоскостях, например, поверх стен. Затем их можно выдавить, чтобы сформировать другие 3D-тела.
Поэкспериментируйте, установив рабочую плоскость на одной из верхних граней стен, а затем нарисуйте там несколько прямоугольников.



- Различные виды отверстий также можно легко создать, нарисовав объекты Draft на гранях стен, затем выдавив их, а затем используя булевы операции из Part Workbench для вычитания их из другого твердого тела, как мы видели в предыдущей главе.

По сути, Draft Workbench предоставляет графические способы выполнения основных операций с деталями. В то время как в Part вы обычно размещаете объекты, задавая их свойства размещения вручную, в Draft это можно сделать на экране. Иногда один способ лучше, иногда предпочтительнее другой. Не забывайте, что вы можете создавать [собственные наборы инструментов](#). Добавьте инструменты с одного из этих верстаков к инструментам с другого и получите лучшее из обоих миров.

Загрузки

- Файл, созданный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/cabin.FCStd>
- Файл DXF для раковины: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/sink.dxf>
- Файл DXF для варочной панели: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/cooktop.dxf>
- Итоговый файл DXF, созданный в ходе этого упражнения:
<https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/cabin.dxf>

Читать далее

- Рабочий стол для черновиков: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Module
- Привязка: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Snap Рабочая
- плоскость чертежа : http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_SelectPlane

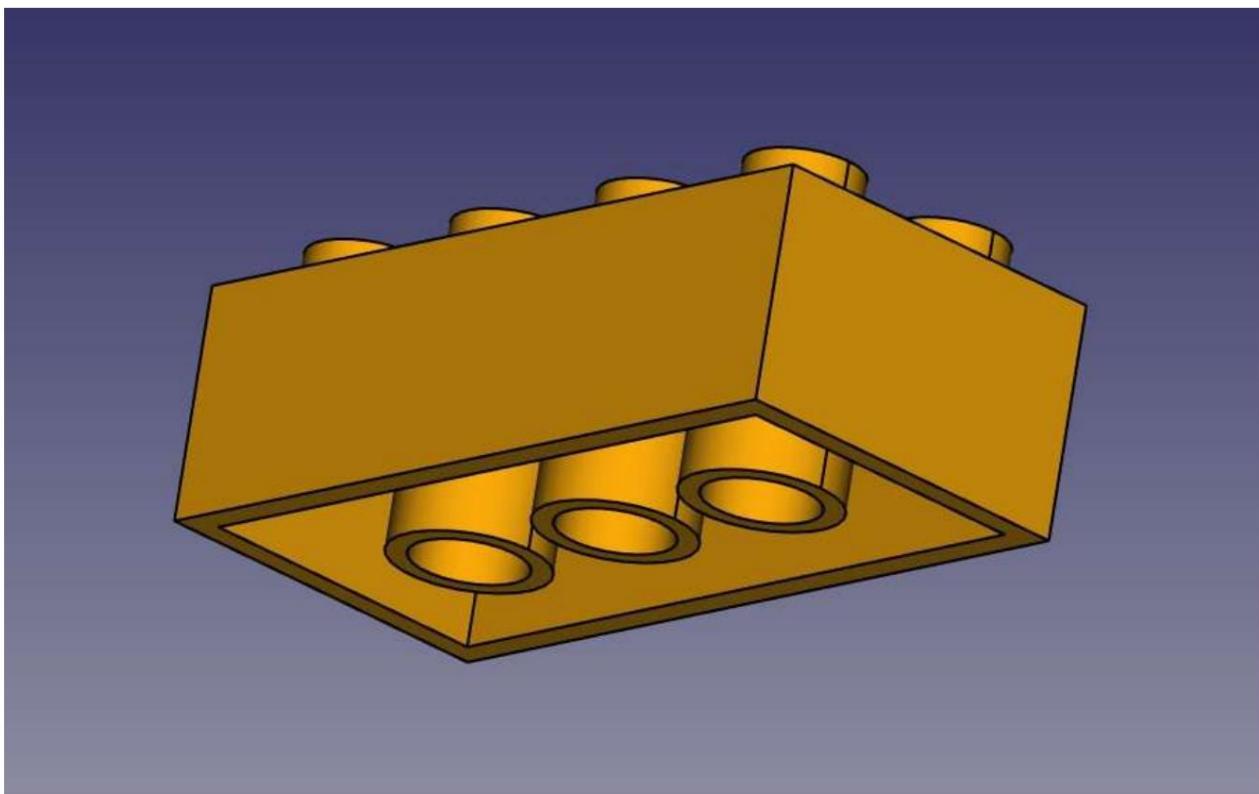
Моделирование для проектирования продукции

[дизайн продукта](#) Изначально это коммерческий термин, но в мире 3D-моделирования он часто означает моделирование чего-либо с целью последующей [3D-печати](#). или, в более общем смысле, изготовлено машинным способом, например, с помощью 3D-принтера или [станка с ЧПУ](#).

При 3D-печати объектов крайне важно, чтобы они были твердыми. Это очевидно, поскольку они станут реальными, твердыми объектами. Конечно, ничто не мешает им быть полыми внутри. Но всегда необходимо четко понимать, какая точка находится внутри материала, а какая снаружи, потому что 3D-принтеру или станку с ЧПУ нужно точно знать, что заполнено материалом, а что нет. Именно поэтому в FreeCAD есть среда [разработки деталей \(Part Design Workbench\)](#). Это идеальный инструмент для создания подобных изделий, поскольку он всегда позаботится о том, чтобы ваши объекты оставались прочными и пригодными для сборки.

Чтобы проиллюстрировать работу среды проектирования деталей PartDesign Workbench, давайте смоделируем этот хорошо известный элемент.

[Лего:](#)



Прелесть деталей Lego в том, что их размеры легко найти в интернете, по крайней мере, для стандартных деталей. Их довольно легко смоделировать и распечатать на 3D-принтере, и, проявив немного терпения (3D-печать часто требует значительной доработки и тонкой настройки), можно создать детали, которые полностью совместимы и идеально подходят к оригинальным блокам Lego. В приведенном ниже примере мы сделаем деталь, которая в 1,5 раза больше оригинала.

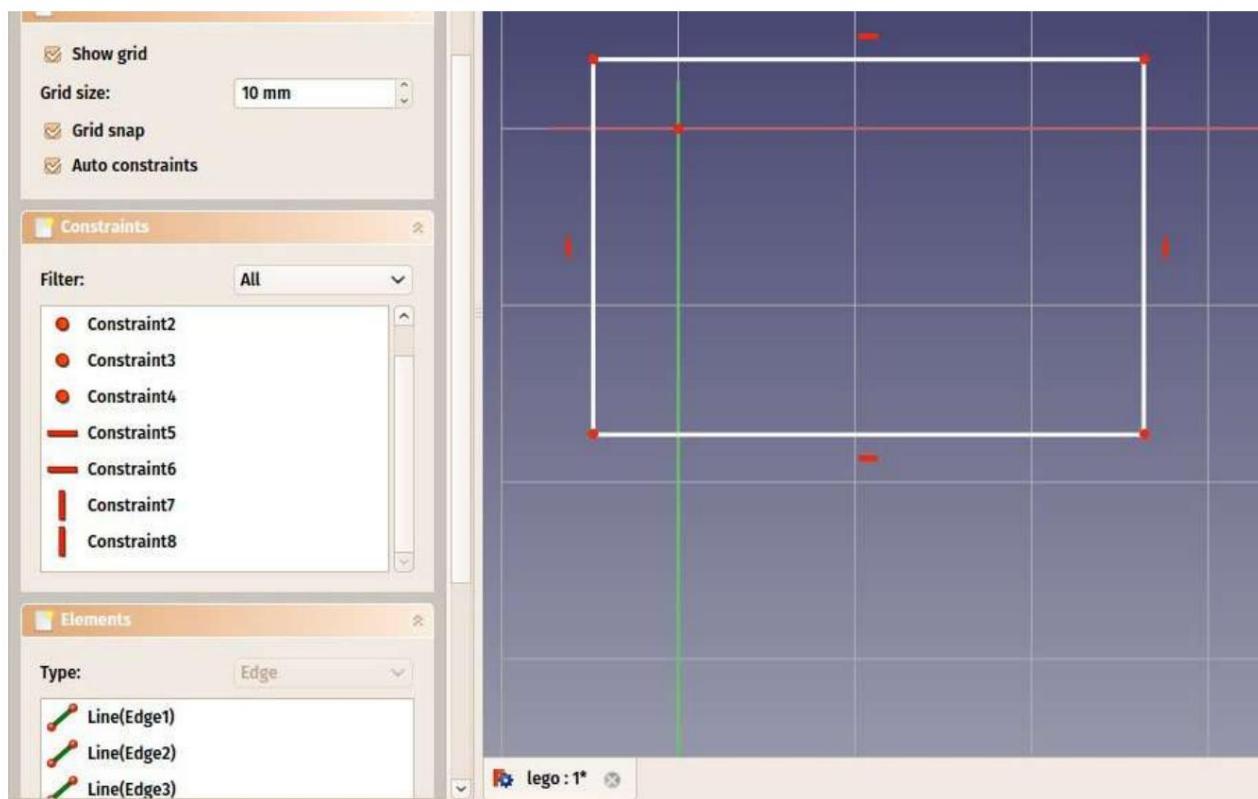
Теперь мы будем использовать исключительно [Sketcher](#) и [проектирование деталей](#) инструменты. Поскольку все инструменты из рабочей среды Sketcher Workbench также включены в рабочую среду Part Design Workbench, мы можем оставаться в режиме Part Design и нам не нужно будет переключаться между ними.

Объекты проектирования деталей полностью основаны на эскизах. Эскиз — это двумерный объект, состоящий из линейных сегментов (линий, дуг окружности или эллипсов) и ограничений. Эти ограничения могут применяться либо к линейным сегментам, либо к их конечным точкам или центрам, и будут заставлять геометрию подчиняться определенным правилам. Например, вы можете наложить вертикальное ограничение на линейный сегмент, чтобы заставить его оставаться вертикальным, или ограничение положения (блокировки) на конечную точку, чтобы запретить ее перемещение.

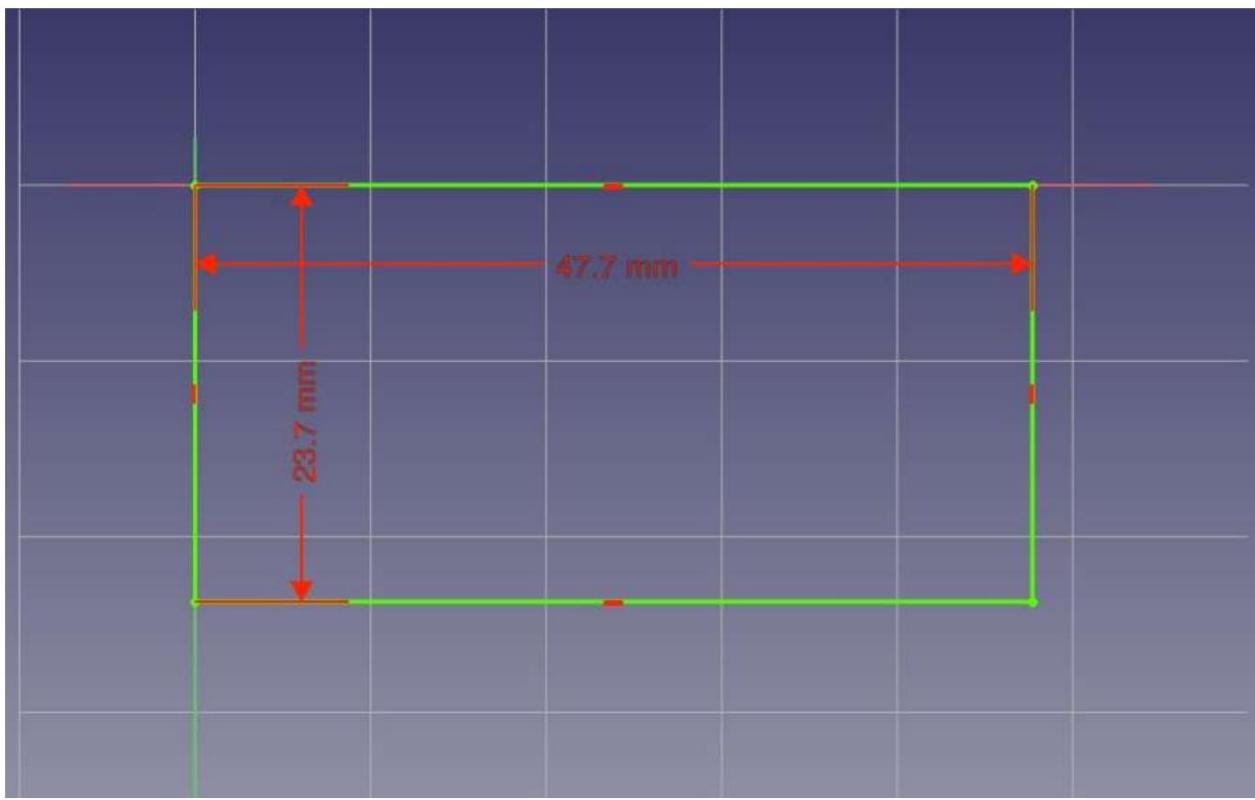
Когда эскиз имеет точное количество ограничений, которое запрещает дальнейшее перемещение любой точки эскиза, мы говорим о полностью ограниченном эскизе. Если же присутствуют избыточные ограничения, которые можно удалить, не позволяя перемещать геометрию, это называется избыточным ограничением. Этого следует избегать, и FreeCAD уведомит вас, если такой случай возникнет.

Эскизы имеют режим редактирования, в котором можно изменять их геометрию и ограничения. После завершения редактирования и выхода из режима редактирования эскизы ведут себя как любые другие объекты FreeCAD и могут использоваться в качестве строительных блоков для всех инструментов проектирования деталей, а также в других рабочих средах, таких как [среда проектирования деталей](#) или [Arх](#). Рабочий [стол для черновиков](#) Также имеется инструмент, который преобразует объекты Draft в эскизы и наоборот.

- Начнём с моделирования кубической формы, которая станет основанием нашего кубика Lego. Позже мы вырежем внутреннюю часть и добавим сверху 8 точек. Для начала создадим прямоугольный эскиз, который затем выдадим: Переключитесь на [рабочую область проектирования деталей](#).
- Нажмите на кнопку  «Новый эскиз». Нажмите кнопку.
- Появится диалоговое окно с вопросом, где вы хотите расположить эскиз. Выберите плоскость XY, которая является «базовой» плоскостью. Эскиз будет создан и немедленно переключится в режим редактирования, а вид будет повернут для просмотра эскиза перпендикулярно.
- Теперь мы можем нарисовать прямоугольник, выбрав «Прямоугольник». Используйте инструмент и щелкните по двум угловым точкам. Вы можете разместить эти две точки где угодно, поскольку их правильное местоположение будет задано на следующем шаге.
- Вы заметите, что к нашему прямоугольнику автоматически добавились несколько ограничений: вертикальные сегменты получили вертикальное ограничение, горизонтальные — горизонтальное, а каждый угол — ограничение «точка-точка», которое скрепляет сегменты между собой. Вы можете поэкспериментировать, перемещая прямоугольник, перетаскивая его линии мышью; вся геометрия будет продолжать подчиняться ограничениям.

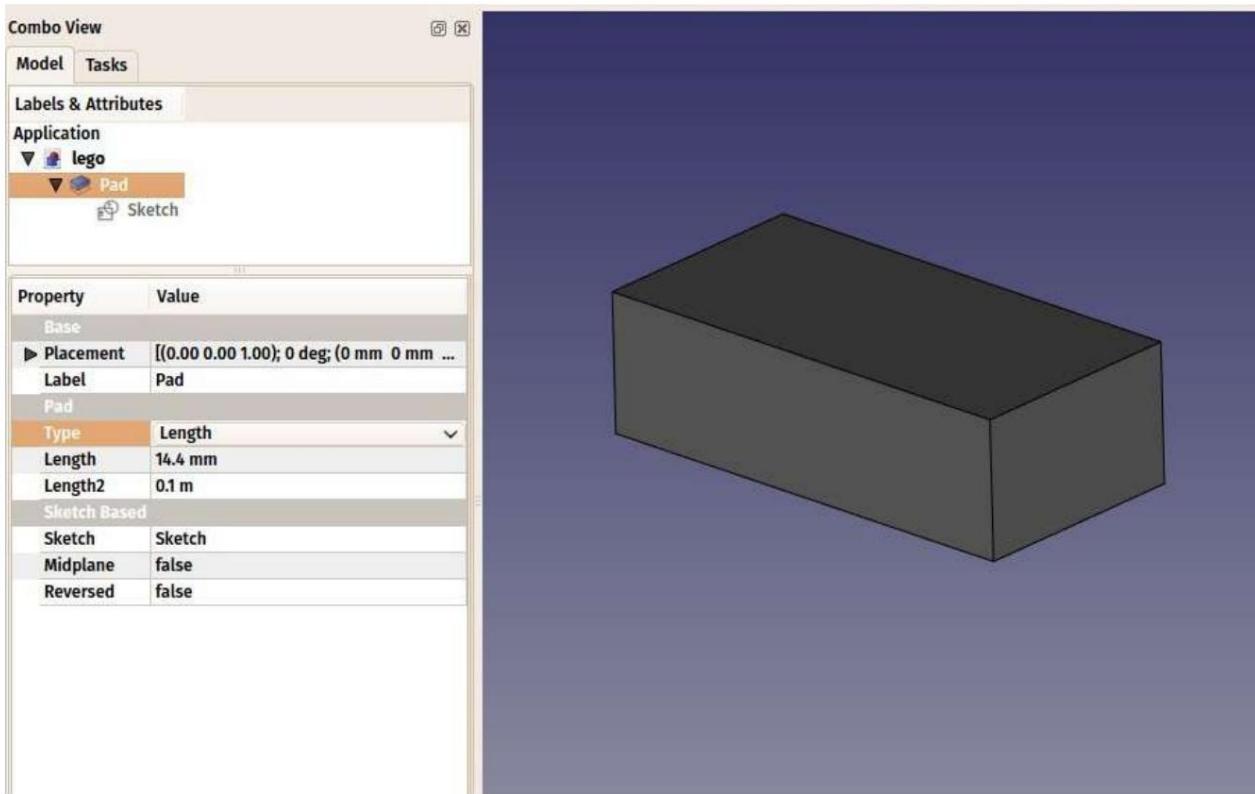


- Теперь добавим еще три ограничения:
 - Выберите один из вертикальных сегментов и добавьте [ограничение по вертикальному расстоянию](#).
Присвойте ему размер 23,7 мм.
 - Выберите один из горизонтальных сегментов и добавьте [ограничение по горизонтальному расстоянию](#).
Сделайте его 47,7 мм.
 - Наконец, выберите одну из угловых точек, затем точку начала координат (которая находится на пересечении красной и зеленой осей), а затем добавьте [ограничение "точка-точка"](#). Затем прямоугольник переместится в начало координат, и ваш эскиз станет зелёным, что означает, что он теперь полностью зафиксирован. Вы можете попробовать переместить его линии или точки, ничего не сдвинется с места.



Обратите внимание, что последнее ограничение «точка-точка» не было абсолютно необходимым. Вас никогда не заставляют работать с полностью ограниченными эскизами. Однако, если мы собираемся печатать этот блок в 3D, необходимо будет удерживать деталь близко к началу координат (которое будет центром пространства, куда может перемещаться печатающая головка). Добавив это ограничение, мы гарантируем, что наша деталь всегда будет «закреплена» в этой точке начала координат.

- Наш базовый эскиз готов. Выйти из режима редактирования можно, нажав кнопку «Закрыть» в верхней части панели задач или просто нажав клавишу **Escape**. При необходимости, в любое время можно снова войти в режим редактирования, дважды щелкнув эскиз в древовидном представлении.
- Давайте выдадим это с помощью инструмент, задав расстояние 14,4 мм. Остальные параметры можно оставить со значениями по умолчанию:

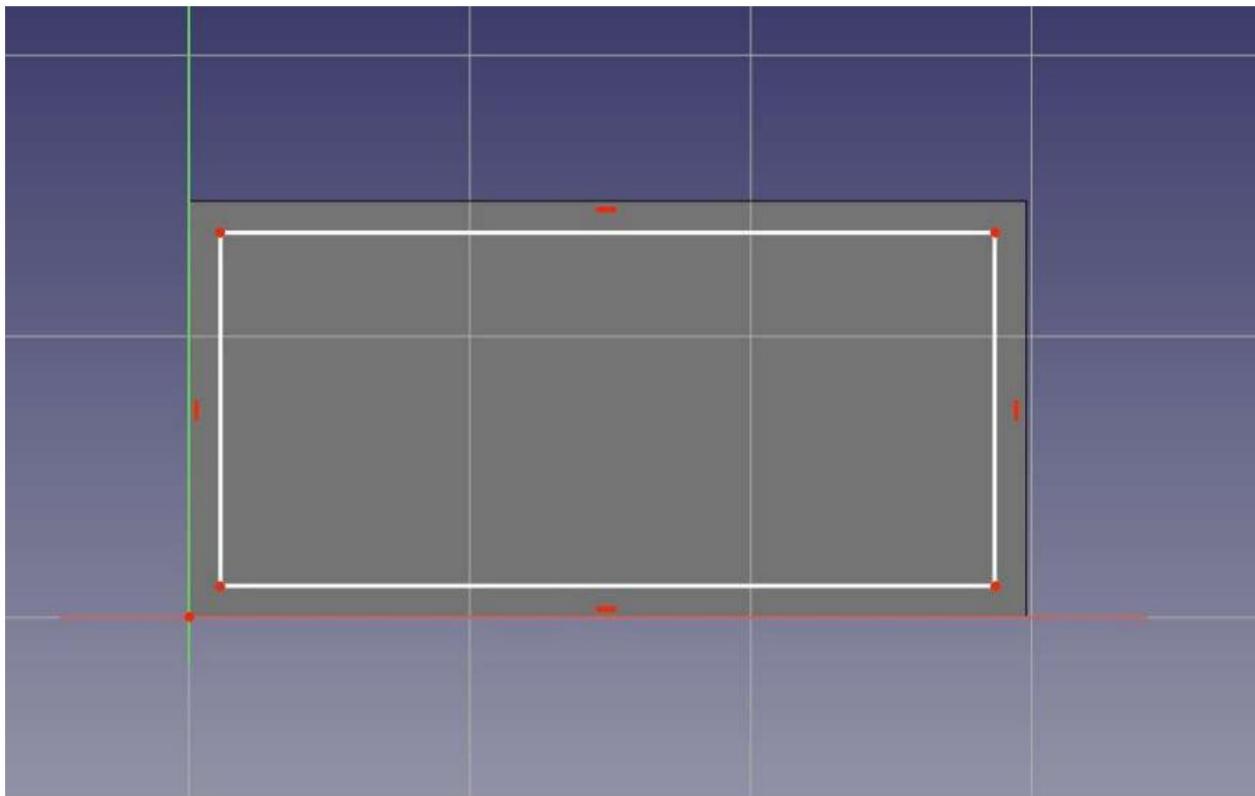


Полоса выдавливания ведет себя во многом так же, как и элемент [выдавливания детали](#). инструмент, который мы использовали в предыдущей главе.

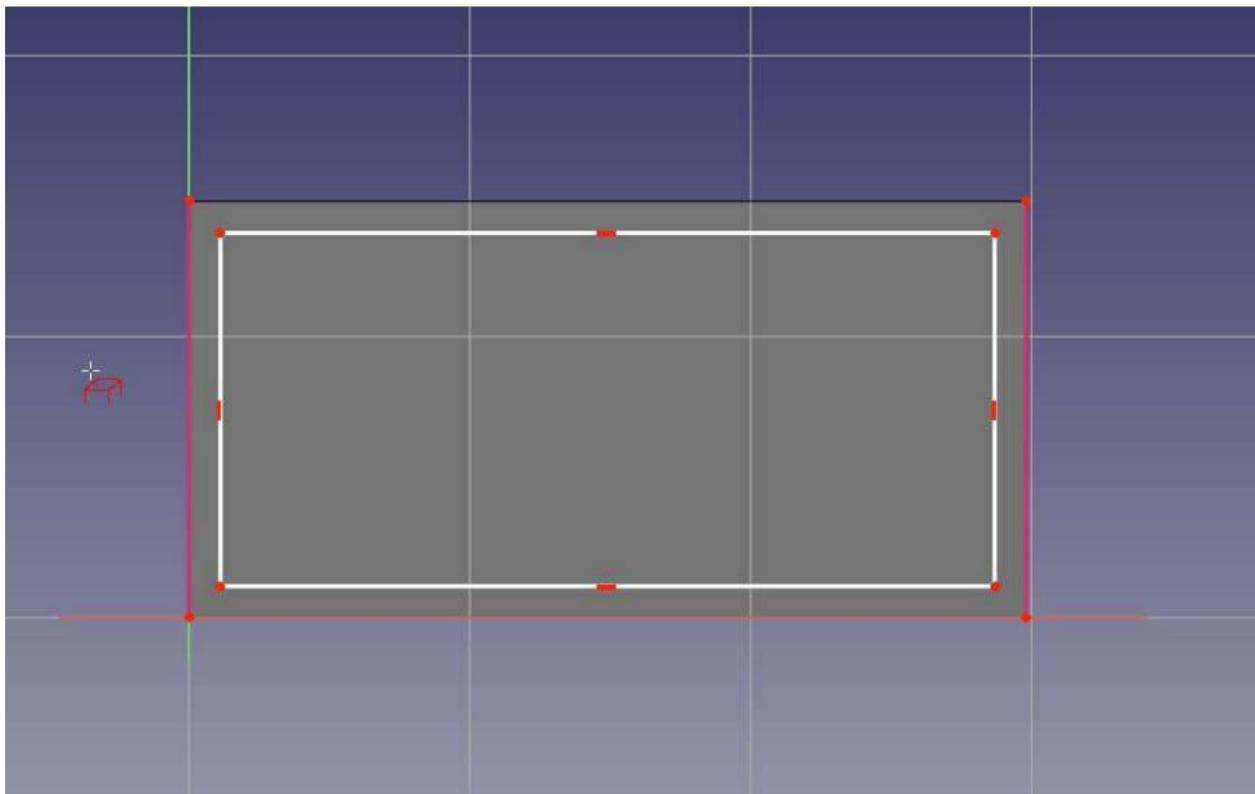
Однако есть несколько отличий, главное из которых заключается в том, что коврик нельзя перемещать.

Она навсегда прикреплена к своему эскизу. Если вы хотите изменить положение площадки, вам нужно переместить базовый эскиз. В нынешних условиях, когда мы хотим быть уверены, что ничего не сместится, это дополнительная гарантия.

- Теперь мы вырежем внутреннюю часть блока, используя [карман](#). инструмент, который является версией инструмента [Part Cut](#) от [PartDesign](#). Для создания кармана мы нарисуем эскиз на нижней грани нашего блока, который будет использован для удаления части блока.
- Выбрав нижнюю грань, нажмите кнопку «[Новый эскиз](#)». кнопка.
- Нарисуйте прямоугольник на лице.



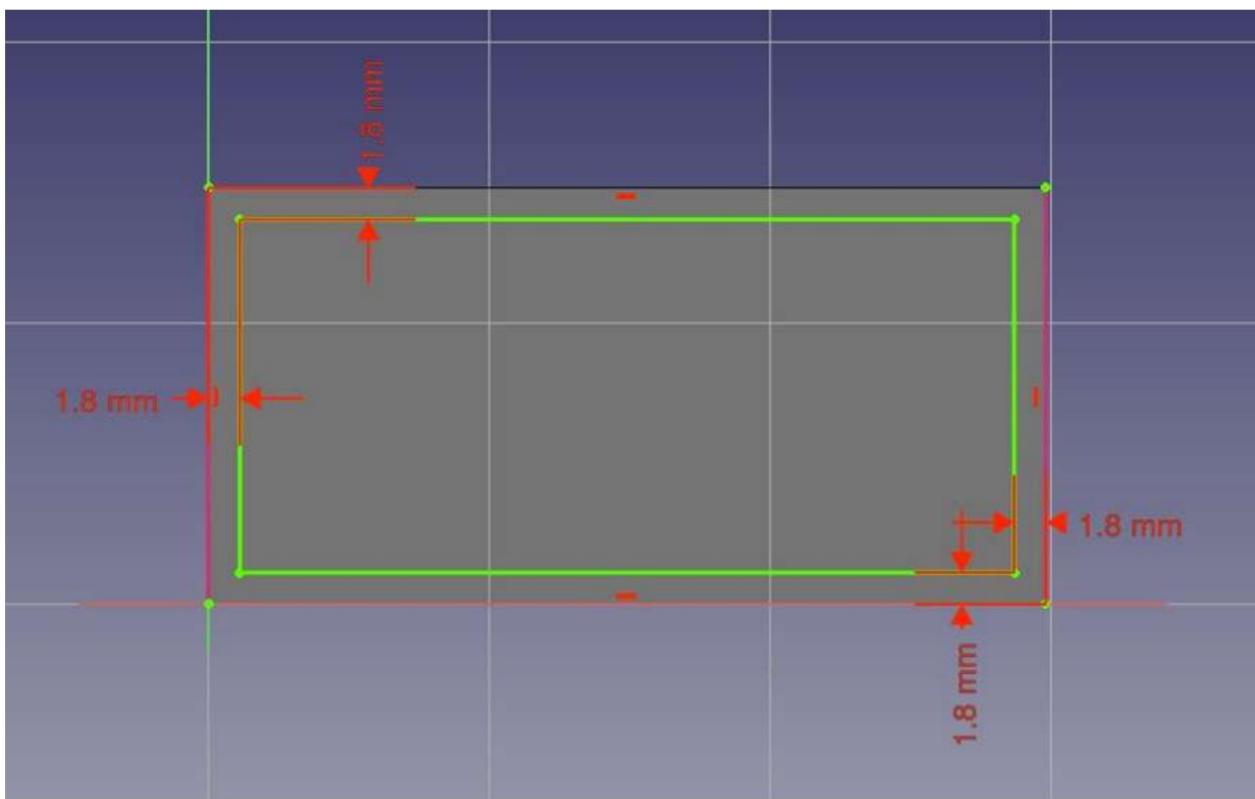
- Теперь мы ограничим прямоугольник относительно нижней грани. Для этого нам нужно «импортировать» некоторые ребра грани с помощью [внешней геометрии](#). инструмент. Используйте этот инструмент на двух вертикальных линиях нижней грани:



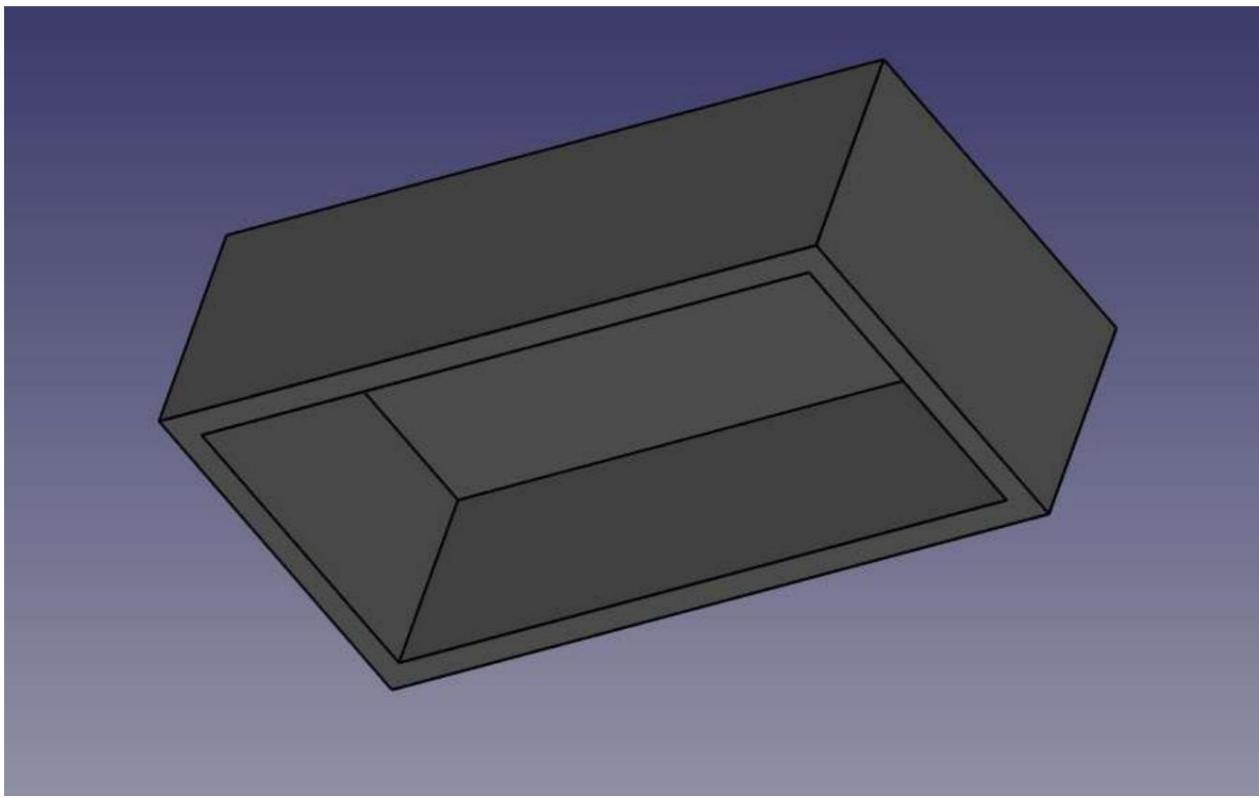
Вы заметите, что этим инструментом можно добавлять только рёбра базовой грани. При создании эскиза с выбранной гранью устанавливается связь между этой гранью и эскизом, что важно для дальнейших операций. Вы всегда можете переназначить эскиз на другую грань.

позже, с [эскизом карты](#). инструмент.

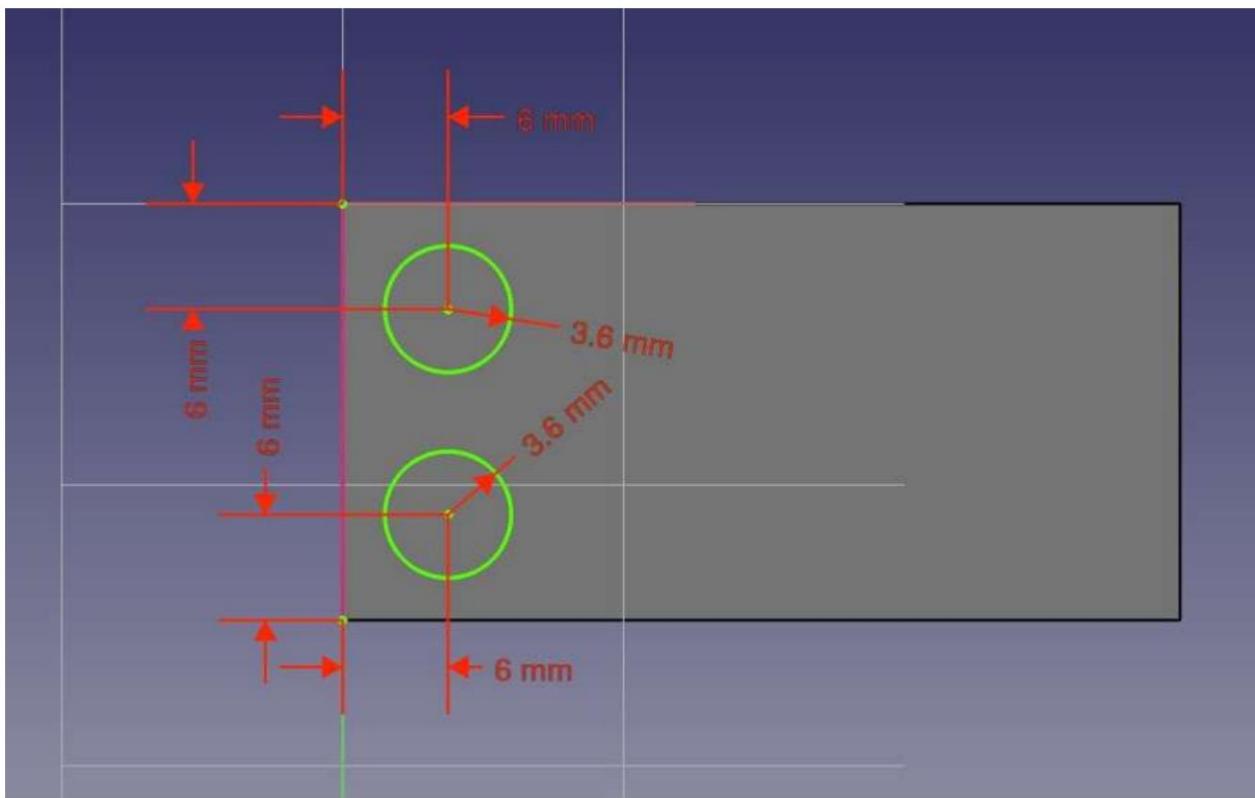
- Внешняя геометрия не является «реальной», она будет скрыта при выходе из режима редактирования. Но мы можем использовать её для наложения ограничений. Наложите следующие 4 ограничения:
 - Выберите две верхние левые точки прямоугольника и левую импортированную линию и добавьте **ограничение горизонтального расстояния 1,8 мм**
 - Снова выберите две верхние левые точки прямоугольника и левую импортированную линию и добавьте **ограничение по вертикальному расстоянию 1,8 мм**
 - Выберите две нижние правые точки прямоугольника и правую импортированную линию и добавьте **ограничение по горизонтальному расстоянию 1,8 мм**
 - Снова выберите две нижние правые точки прямоугольника и правую импортированную линию и добавьте **ограничение по вертикальному расстоянию 1,8 мм**



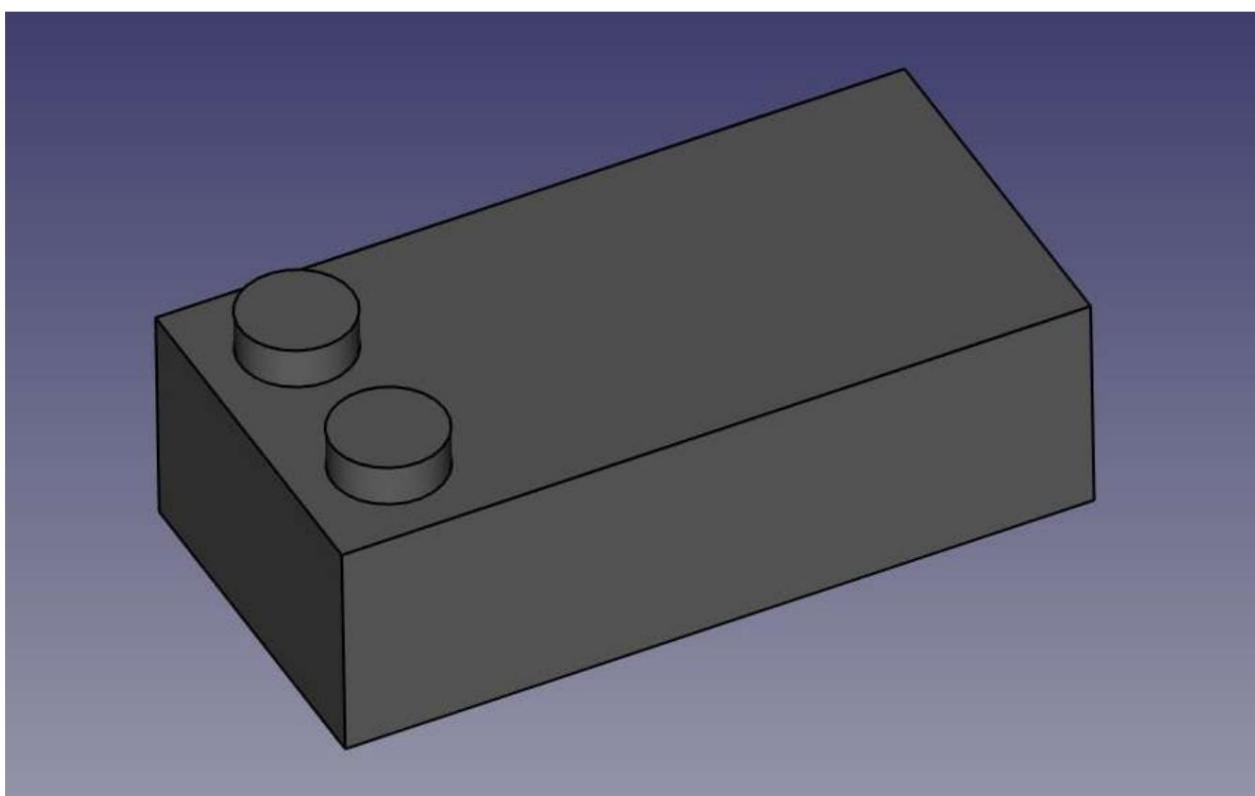
- Выйдите из режима редактирования, и теперь мы можем выполнить операцию создания кармана: выделив эскиз, нажмите [кнопку «Карман»](#). Кнопка. Задайте ей длину 12,6 мм, в результате чего верхняя поверхность нашей подушечки будет иметь толщину 1,8 мм (напомним, что общая высота нашей подушечки составляла 14,4 мм).



- Теперь перейдем к восьми точкам на верхней грани. Для этого, поскольку они представляют собой повторение одного и того же элемента, мы воспользуемся удобным [линейным шаблоном](#). Инструмент среды разработки деталей (Part Design Workbench), позволяющий создать модель один раз и повторить форму.
- Для начала выберите верхнюю грань нашего блока.
- Создайте [новый эскиз](#).
- Создайте два [круга](#).
- Добавьте [ограничение радиуса](#) по 3,6 мм каждому из них
- Импортируйте левое ребро базовой грани с помощью параметра «[Внешняя геометрия](#)», инструмент.
- Разместите два вертикальных и два горизонтальных ограничителя шириной 6 мм между центрами. точки каждой окружности и угловые точки импортированного ребра, так что центр каждой окружности находится на расстоянии 6 мм от границы грани:



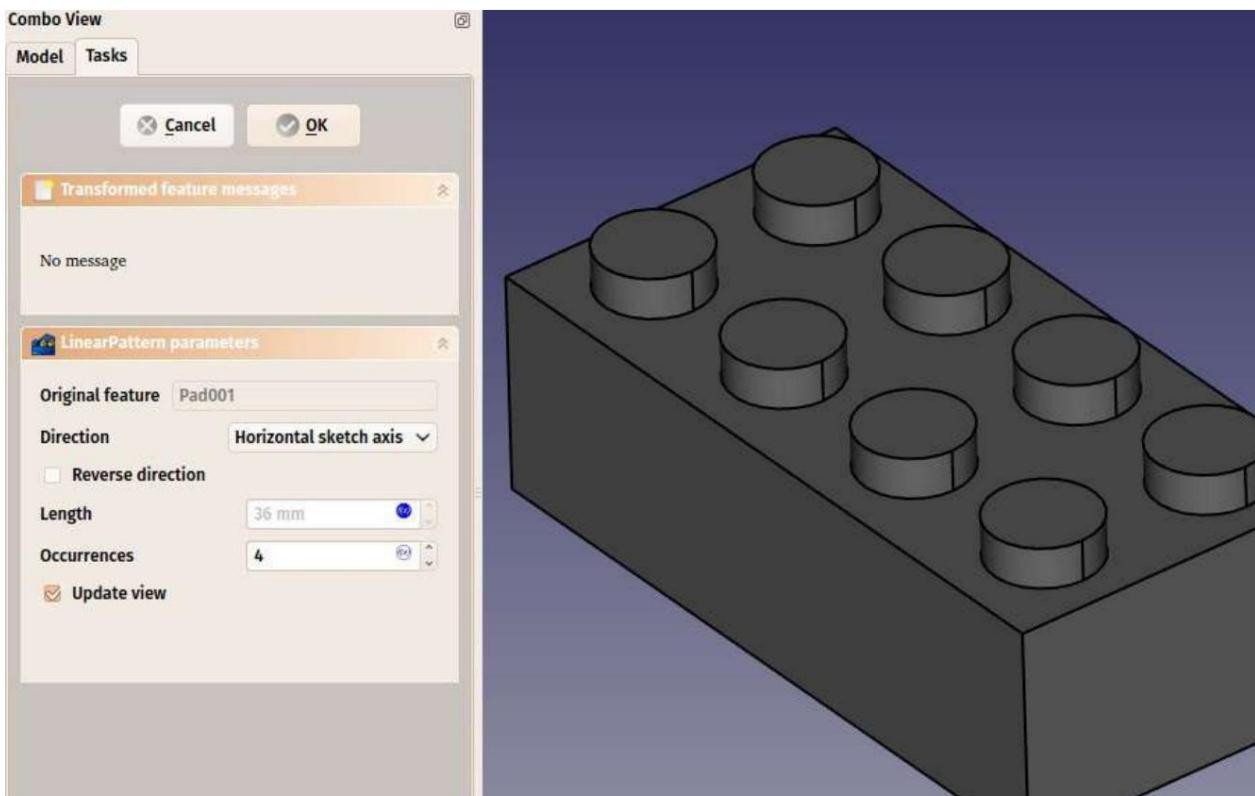
- Обратите внимание, как, опять же, когда вы фиксируете положение и размеры всего на вашем эскизе, он становится полностью ограниченным. Это всегда обеспечивает безопасность. Вы можете изменить первый эскиз сейчас, и все, что мы сделали впоследствии, останется в рамках заданных параметров.
- Выйдите из режима редактирования, выберите этот новый эскиз и создайте панель 2,7 мм:



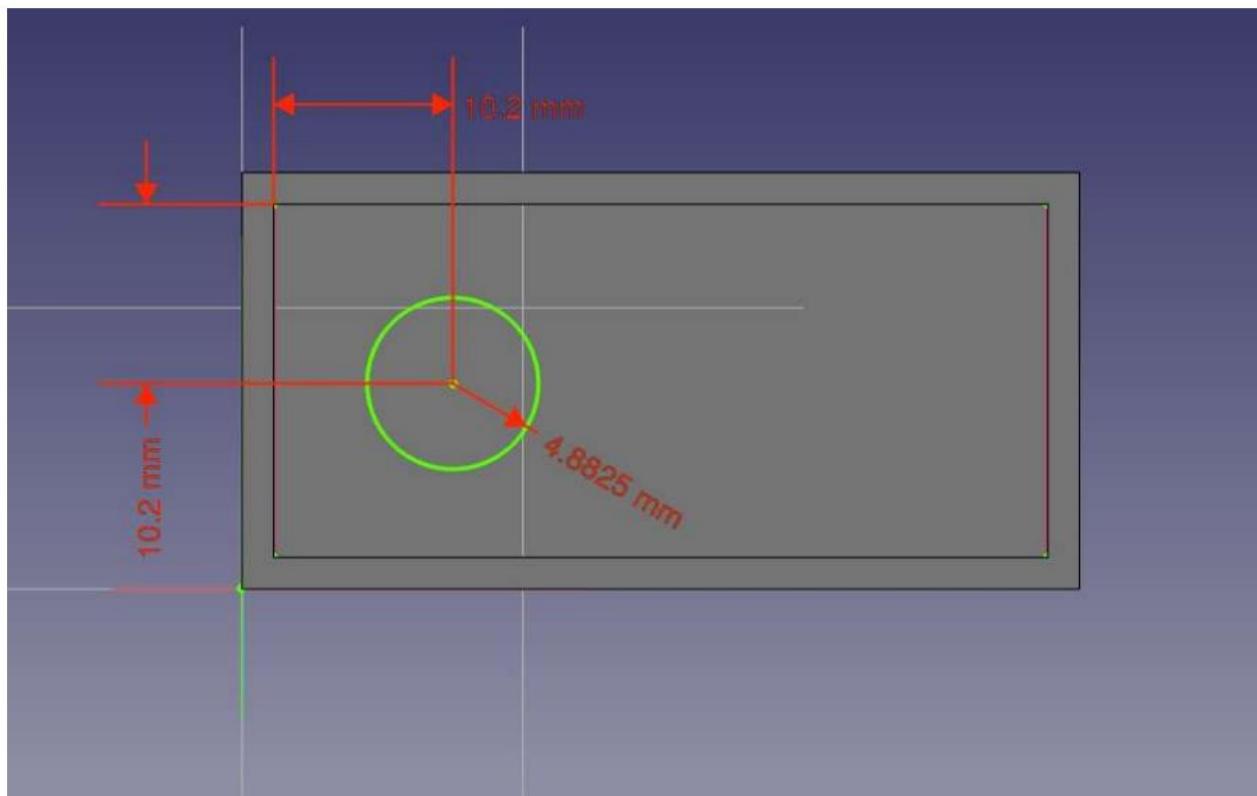
- Обратите внимание, что, как и ранее в случае с карманом, поскольку мы использовали верхнюю грань нашего базового блока в качестве основы для этого последнего эскиза, любая операция PartDesign, которую мы выполним с этим эскизом, будет выполнена корректно.

Они строятся поверх базовой формы: две точки не являются независимыми объектами, они были выдавлены непосредственно из нашего кирпичика. В этом заключается большое преимущество работы с Part Design Workbench: если вы будете следить за тем, чтобы каждый шаг строился поверх предыдущего, вы фактически будете создавать один конечный твердотельный объект.

- Теперь мы можем продублировать наши две точки четыре раза, получив восемь. Выберите последнюю версию Pad.
только что создано.
- Нажмите на  **Линейный шаблон** кнопка.
- Задайте длину 36 мм (это общий "диапазон", в который должны поместиться наши копии) в направлении "горизонтальной оси эскиза" и сделайте 4 вхождения:

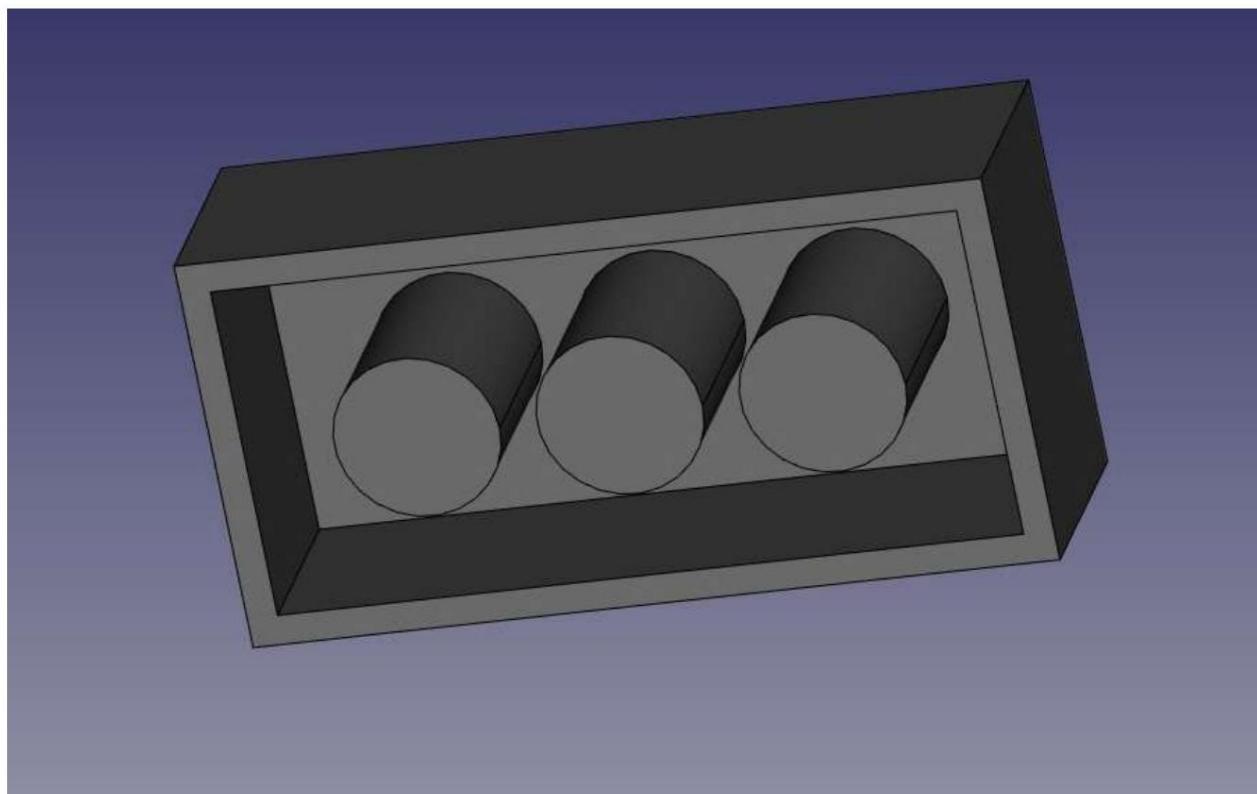


- Ещё раз обратите внимание, что это не просто дублирование объекта, это дублирование одной из особенностей нашей формы, и в итоге получается лишь один цельный объект.
- Теперь давайте займемся тремя «трубками», которые заполняют пустоту, созданную нами на нижней поверхности. Есть несколько вариантов: создать эскиз с тремя кругами, добавить к нему зазор, а затем сделать три углубления, или создать базовый эскиз с одним кругом внутри другого и добавить к нему зазор, чтобы сформировать готовую трубку, или даже другие комбинации. Как всегда в FreeCAD, существует множество способов достижения одного и того же результата. Иногда один способ не сработает так, как нам нужно, и мы должны попробовать другие. Здесь мы выберем самый безопасный подход и будем делать все шаг за шагом.
- Выберите грань, расположенную в нижней части вырезанного нами ранее внутри блока углубления.
- Создайте новый эскиз, добавьте окружность радиусом 4,8825 мм, импортируйте левую границу грани и закрепите её по вертикали и горизонтали на расстоянии 10,2 мм от верхнего угла грани:



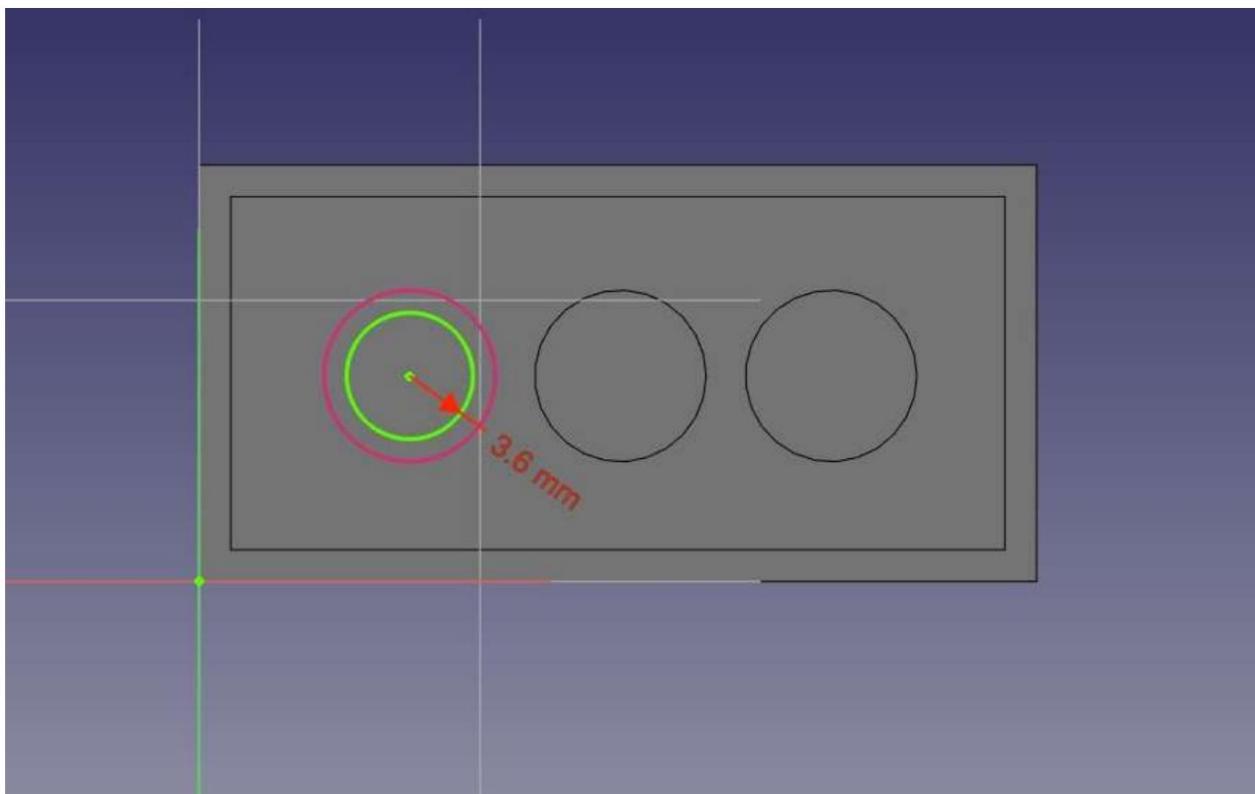
- Выйдите из режима редактирования и добавьте к этому эскизу отступ в 12,6 мм. Создайте
- линейный узор от этого последнего отступа, задайте ему длину 24 мм и 3 повторения.

Теперь у нас есть три заполненные трубы, заполняющие пустое пространство:



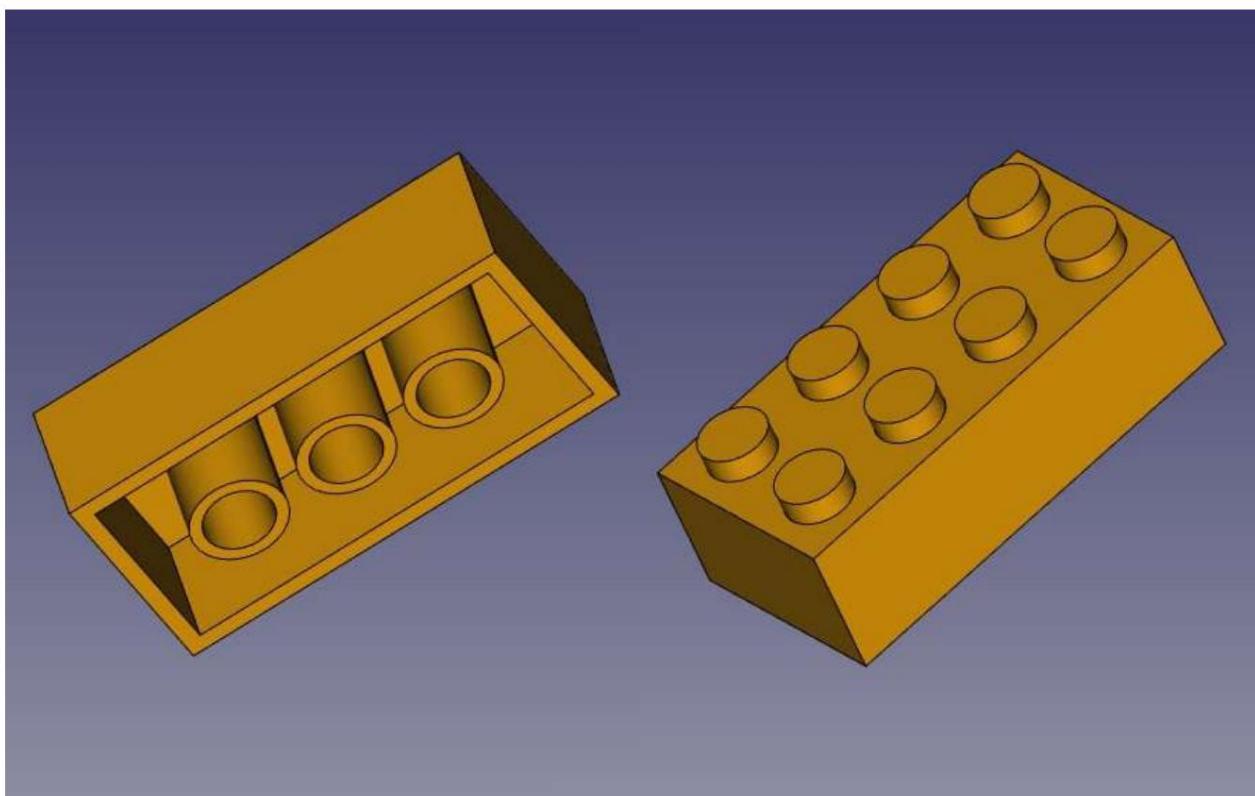
- Теперь давайте сделаем последние отверстия. Выберите круглую грань первого из наших трех «штифтов».
- Создайте новый эскиз, импортируйте круговую границу нашей грани, создайте круг с радиусом 3,6 мм и добавьте ограничение "точка-точка". между центром

импортированный круг и наш новый круг. Теперь у нас есть идеально центрированный круг, и он снова полностью ограничен:



- Выходите из режима редактирования и создайте из этого эскиза карман длиной 12,6 мм.
- Создайте из этого кармана линейный узор длиной 24 мм, состоящий из 3 повторений.

Это последний шаг, наша деталь из LEGO готова, теперь мы можем покрасить её в красивый цвет
Победы!



Вы заметите, что история нашего моделирования (то, что отображается в древовидном представлении) стала довольно длинной. Это ценно, потому что каждый шаг, который мы выполнили, можно изменить позже. Адаптировать эту модель для другого типа кирпичиков, например, с точками 2x2 вместо 2x4, было бы проще простого, нам нужно было бы изменить всего пару размеров и количество вхождений в линейные узоры. Мы могли бы с таким же успехом создавать более крупные детали, которых нет в оригинальной игре Lego.

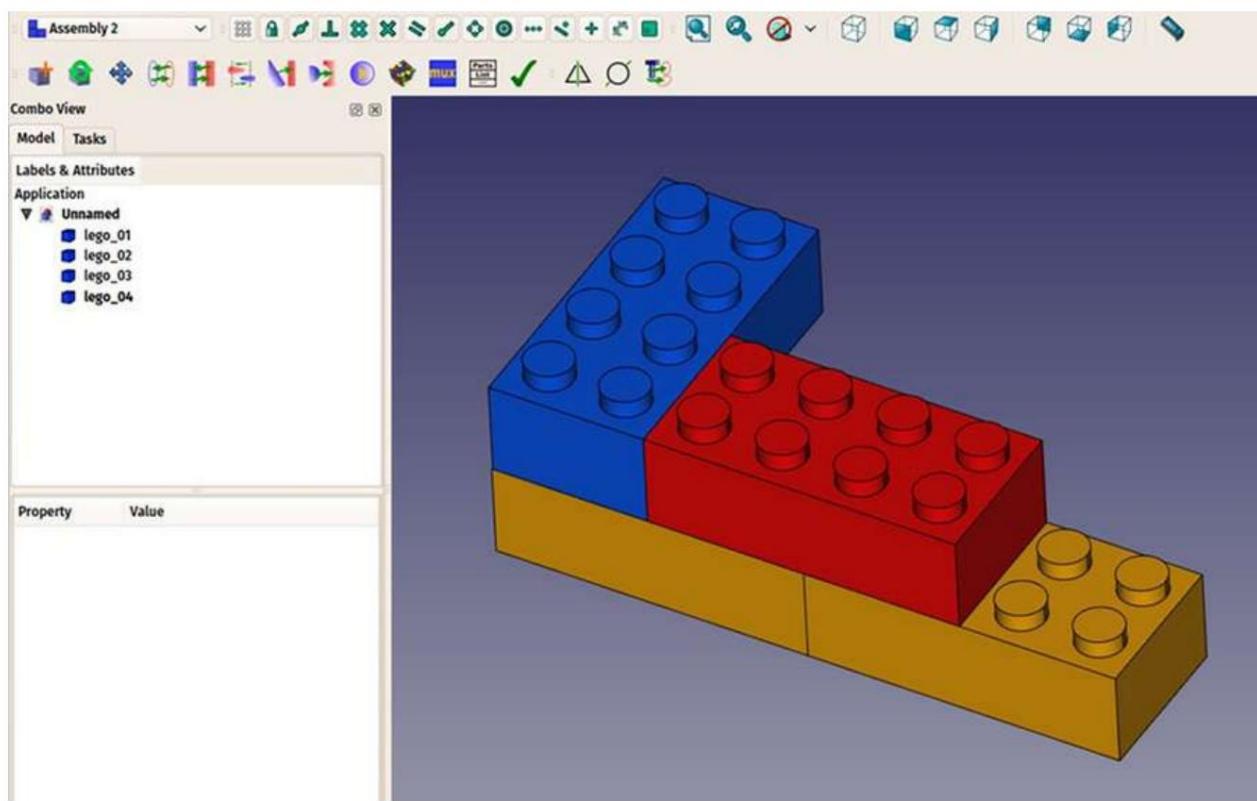
Но нам также может потребоваться удалить историю, например, если мы собираемся смоделировать замок из этого кирпича, и мы не хотим, чтобы вся эта история повторялась 500 раз в нашем файле.

Есть два простых способа избавиться от истории: один из них — использовать функцию «Создать [простую копию](#)». инструмент из [верстака детали](#), Это создаст копию нашего фрагмента, которая больше не будет зависеть от истории (впоследствии всю историю можно удалить), другой способ — экспортить фрагмент в файл STEP и импортировать его заново.

Сборка

Но существует и оптимальное решение, сочетающее в себе лучшие качества обоих миров, — это [Assembly2 Workbench](#). Дополнение, которое можно установить из папки [FreeCAD-addons](#). Этот репозиторий называется "2", потому что в разработке также находится официальный встроенный рабочий стол для сборок, который еще не готов. Однако рабочий стол Assembly2 уже очень хорошо работает для создания сборок и также имеет несколько ограничений между объектами, которые можно использовать для ограничения положения одного объекта относительно другого. В приведенном ниже примере, однако, будет быстрее и проще расположить детали с помощью [функции Draft Move](#) и [ротация драфта](#) чем использовать ограничения Assembly2. 

- Сохраните файл, который мы создали до настоящего момента.
- Установите [Assembly2 Workbench](#). и перезапустите FreeCAD
- Создайте новый пустой документ.
- Переключитесь на рабочую среду Assembly2.
- Нажмите кнопку « Импортировать деталь из другого документа FreeCAD » .
- Выберите файл, который мы сохранили выше.
- Финальная деталь будет импортирована в текущий документ. Рабочая среда Assembly2 автоматически определит, какая именно финальная деталь в нашем файле должна быть использована, и новый объект останется связанным с файлом. Если мы вернемся и изменим содержимое первого файла, мы можем нажать кнопку « Обновить детали, импортированные в сборку » , чтобы обновить детали здесь.
- Несколько раз нажав кнопку «Импортировать деталь из другого документа FreeCAD» и переместив и повернув детали (с помощью инструментов «Чертеж» или изменив их свойство «Размещение»), мы можем быстро создать небольшую сборку:



Загрузки

- Модель, созданная в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/lego.FCStd>

Читать далее

- Модуль Sketcher: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Sketcher_Module Рабочая среда
- проектирования деталей (Part Design Workbench): http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=PartDesign_Workbench
- Рабочая среда сборки Assembly2 (Assembly2) : https://github.com/hamish2014/FreeCAD_assembly2

Подготовка моделей для 3D-печати

Одно из основных применений FreeCAD — создание реальных объектов. Их можно проектировать в FreeCAD, а затем воплощать в жизнь различными способами, например, передавая модели другим людям, которые затем будут их строить, или, всё чаще, отправляя их непосредственно на [3D-принтер](#) или станок с ЧПУ. В этой главе мы покажем, как подготовить ваши модели для отправки на эти станки.

Если вы были осторожны при моделировании, то большинство трудностей, с которыми вы могли бы столкнуться при печати вашей модели на 3D-принтере, уже удалось избежать. Это включает в себя, в основном, следующее:

- Убедитесь, что ваши 3D-объекты являются твердыми. Реальные объекты являются твердыми, поэтому 3D-модель тоже должна быть твердой. В предыдущих главах мы видели, что FreeCAD очень помогает в этом отношении, и что среда [разработки деталей Part Design Workbench](#) Программа уведомит вас, если вы выполните операцию, которая помешает вашей модели оставаться неподвижной. В [Part Workbench](#) также есть инструмент  «Проверка геометрии», который удобен для дальнейшей проверки на наличие возможных дефектов.
- Убедитесь в правильности размеров ваших объектов. Один миллиметр останется одним миллиметром в реальной жизни. Каждый размер имеет значение.
- Контроль деградации. Ни одна система 3D-печати или фрезерования с ЧПУ не может напрямую обрабатывать файлы FreeCAD. Большинство из них понимают только машинный язык, называемый [G-кодом](#). G-код имеет десятки различных диалектов, и каждая машина или производитель обычно используют свой собственный. Преобразование ваших моделей в G-код может быть простым и автоматическим, но вы также можете сделать это вручную, полностью контролируя результат. В любом случае, в процессе неизбежно произойдет некоторая потеря качества вашей модели. При 3D-печати вы всегда должны следить за тем, чтобы эта потеря качества оставалась ниже минимальных требований.

Ниже мы будем исходить из того, что первые два критерия выполнены и что к этому моменту вы уже способны изготавливать твердые объекты с правильными размерами. Теперь рассмотрим, как решить третий вопрос.

Экспорт в слайсеры

Это наиболее распространенная техника 3D-печати. 3D-объект экспортируется в другую программу (слайсер), которая генерирует G-код из объекта, разрезая его на тонкие слои (отсюда и название), которые будут воспроизводить движения, выполняемые 3D-принтером.

Поскольку многие из этих принтеров собираются самостоятельно, между ними часто существуют небольшие различия. Эти программы обычно предлагают расширенные возможности настройки, позволяющие точно адаптировать выходные данные к особенностям вашего 3D-принтера.

Однако сама 3D-печать — слишком обширная тема для данного руководства. Но мы рассмотрим, как экспортieren и использовать эти слайсеры для проверки правильности результата.

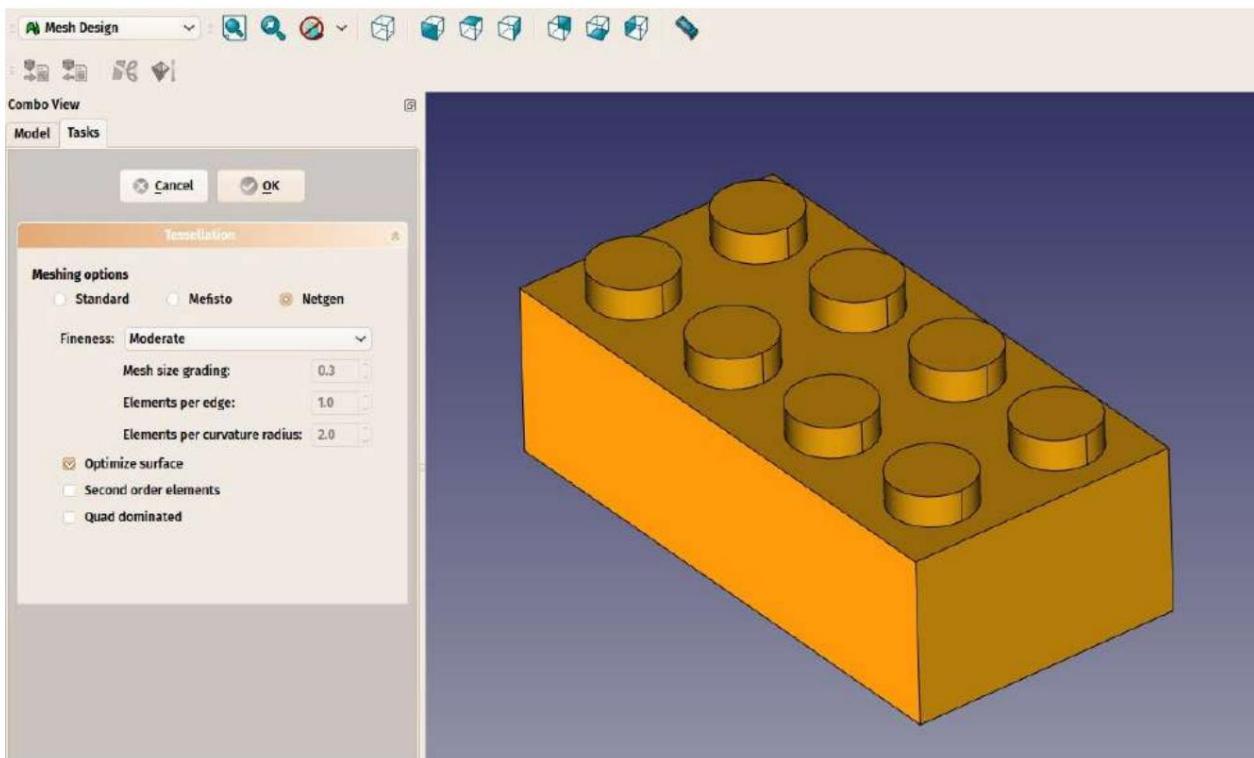
Преобразование объектов в сетки.

На данный момент ни один из слайсеров не может напрямую обрабатывать твердотельные модели, как это делается в FreeCAD.

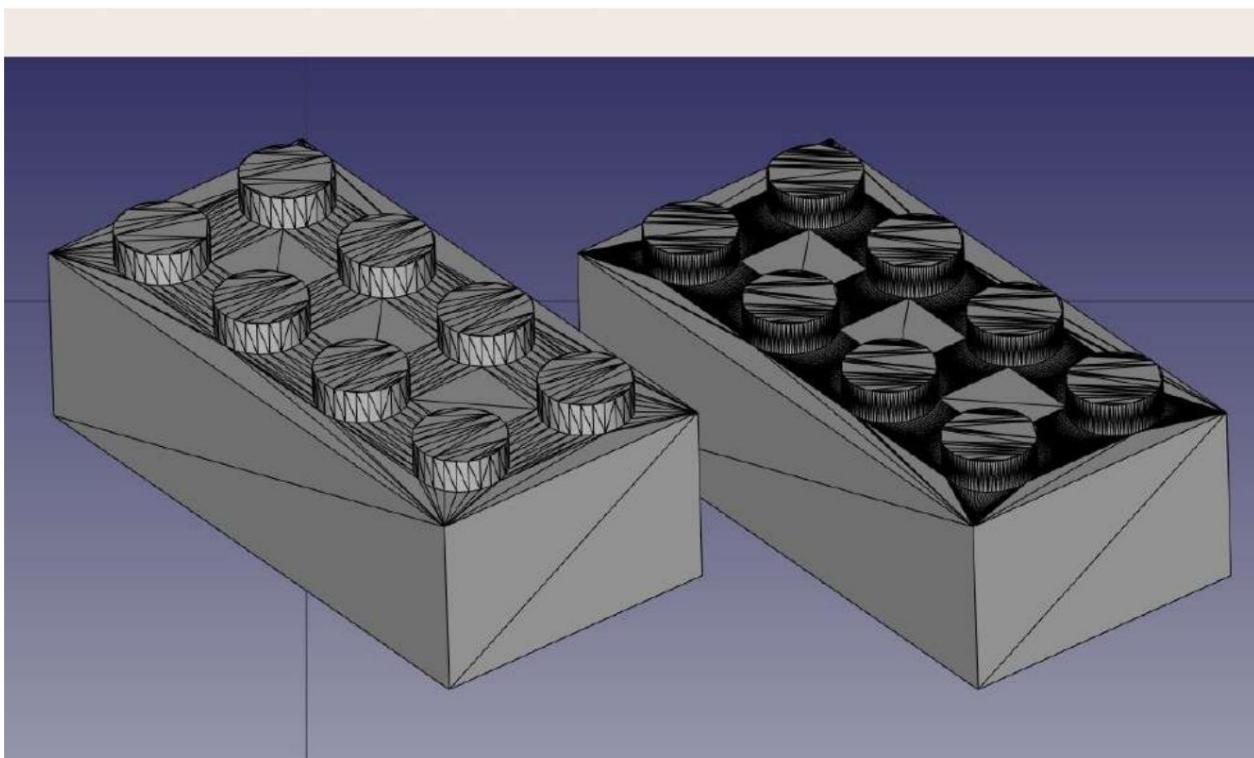
Таким образом, нам потребуется преобразовать любой объект, который мы хотим напечатать на 3D-принтере, в [сетку](#). Во-первых, необходимо убедиться, что программа для нарезки файлов может открыться. К счастью, преобразование твердого тела в сетку — довольно простая задача. Единственное, на что нужно обратить внимание, это то, что именно сейчас произойдет упомянутое выше ухудшение качества. Необходимо проверить, чтобы это ухудшение оставалось в допустимых пределах.

Вся работа с сетками в FreeCAD осуществляется с помощью специальной рабочей среды — [Mesh Workbench](#). Эта рабочая среда содержит инструменты для преобразования объектов между типами деталей и сеток, а также несколько утилит для анализа и исправления сеток. Хотя работа с сетками не является основной задачей FreeCAD, при работе с 3D-моделированием часто приходится иметь дело с сетчатыми объектами, поскольку их использование широко распространено в других приложениях. Эта рабочая среда позволяет в полной мере работать с ними в FreeCAD.

- Давайте преобразуем один из объектов, которые мы смоделировали в предыдущих главах, например, деталь Lego (которую можно скачать в конце предыдущей главы).
- Откройте файл FreeCAD, содержащий деталь Lego.
- Переключитесь на [рабочий стол для работы с сеткой](#).
- Выберите кубик Lego.
- Выберите меню «Сетки» -> «Создать сетку из фигуры». Откроется панель задач с несколькими параметрами. Некоторые дополнительные алгоритмы построения сетки (Mefisto или Netgen) могут быть недоступны в зависимости от версии FreeCAD, в которой он был скомпилирован. Стандартный алгоритм построения сетки всегда будет присутствовать. Он предлагает меньше возможностей, чем два других, но вполне достаточен для небольших объектов, которые помещаются в максимальный размер печати 3D-принтера.



- Выберите стандартный алгоритм построения сетки и оставьте значение отклонения равным по умолчанию 0,10. Нажмите OK.
- На месте нашего твердотельного объекта будет создан сетчатый объект. Вы можете либо скрыть твердотельный объект, либо отодвинуть один из объектов, чтобы сравнить их.
- Измените свойство View -> Display Mode нового объекта сетки на Flat Lines, чтобы увидеть, как происходит триангуляция.
- Если вас не устраивает результат, и вы считаете его слишком грубым, вы можете повторить операцию, уменьшив значение отклонения. В приведенном ниже примере для левой сетки использовалось значение по умолчанию 0,10, а для правой — 0,01:



Однако в большинстве случаев значения по умолчанию дадут удовлетворительный результат.

- Теперь мы можем экспортить нашу сетку в формат сетки, например, [STL](#). В настоящее время это наиболее распространенный формат в 3D-печати, который можно выбрать в меню «Файл» -> «Экспорт», выбрав формат файла STL.

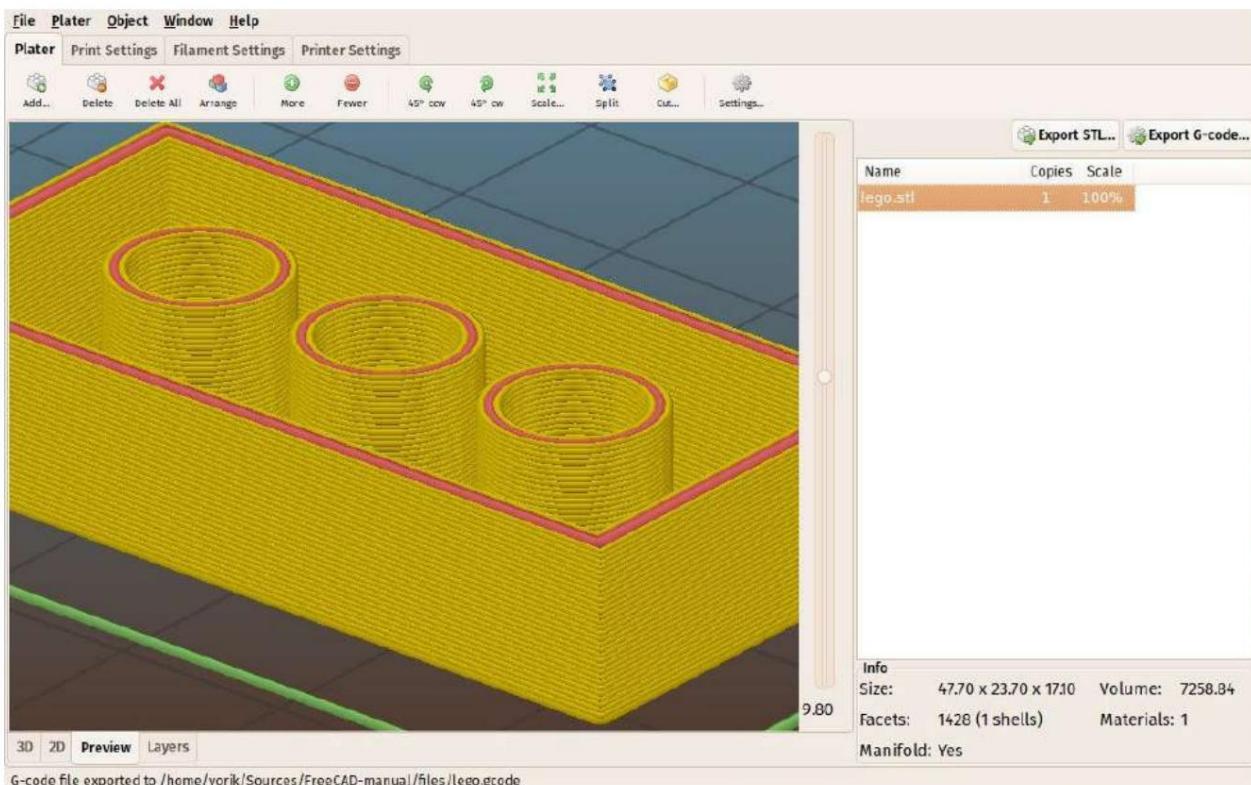
Если у вас нет 3D-принтера, обычно очень легко найти коммерческие сервисы, которые напечатают и отправят вам готовые изделия по почте. Среди известных таких сервисов — [Shapeways](#). и [Скульпто](#), Но вы, как правило, найдете множество других подобных лабораторий и в своем городе. В настоящее время во всех крупных городах также можно найти [Fab-лаборатории](#). Фаб-лаборатории — это мастерские, оснащенные разнообразным оборудованием для 3D-производства, почти всегда включающим как минимум один 3D-принтер. Фаб-лаборатории обычно представляют собой общественные пространства, где можно использовать их оборудование за плату или бесплатно, в зависимости от конкретной лаборатории, а также получить обучение работе с ним и принять участие в других мероприятиях, связанных с 3D-производством.

Использование Slic3r

[Слиker](#) Это приложение, которое преобразует STL-объекты в G-код, который можно напрямую отправлять на 3D-принтеры. Как и FreeCAD, оно бесплатное, с открытым исходным кодом и работает на Windows, Mac OS и Linux.

Правильная настройка параметров 3D-печати — сложный процесс, требующий хорошего знания своего 3D-принтера. Поэтому генерация G-кода перед началом печати не очень полезна (ваш G-код может плохо работать на другом принтере), но для нас это всё равно важно, чтобы убедиться, что наш STL-файл будет печататься без проблем.

Это наш экспортированный STL-файл, открытый в Slic3r. Используя вкладку предварительного просмотра и перемещающая ползунок вправо, мы можем визуализировать траекторию движения печатающей головки 3D-принтера для создания нашего объекта.



Используя дополнение Cura

[Кура Cura Workbench](#) — ещё одно бесплатное приложение с открытым исходным кодом для нарезки моделей под Windows, Mac и Linux, поддерживаемое производителем 3D-принтеров [Ultimaker](#). Некоторые пользователи FreeCAD создали [Cura Workbench](#), который использует Cura внутри себя. Cura Workbench доступен в репозитории [дополнений FreeCAD](#). Для использования Cura Workbench также необходимо установить саму Cura, которая не входит в состав Workbench.

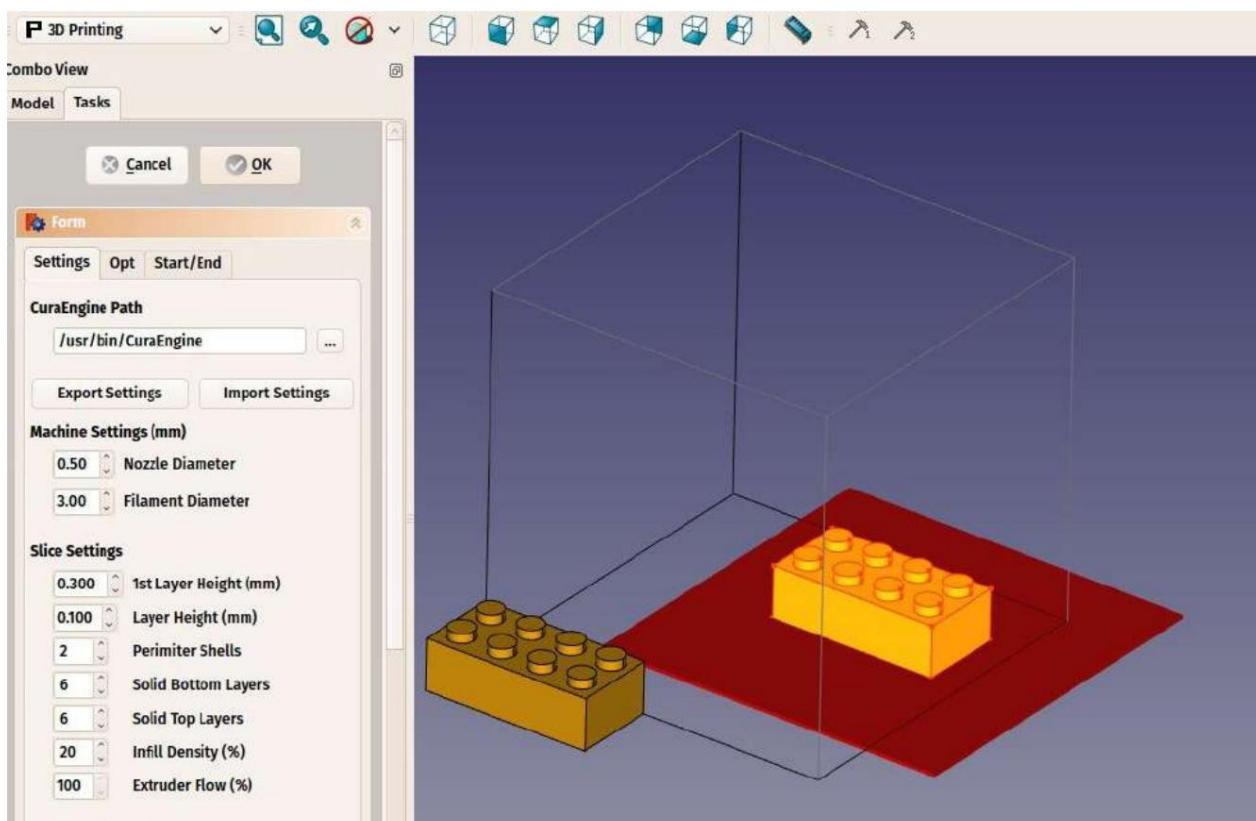
После установки Cura и Cura Workbench вы сможете использовать их для создания G-кода непосредственно из объектов Part, без необходимости преобразования их в сетки и без необходимости открывать внешнее приложение. Создание еще одного G-кода из нашего кубика Lego, на этот раз с использованием Cura Workbench, выполняется следующим образом:

- Загрузите файл, содержащий наш кубик Лего (его можно скачать в конце предыдущей главы).
- Переключитесь на [рабочую среду Cura](#).
- Настройте рабочее пространство принтера, выбрав в меню «3D-печать» -> «Создать определение 3D-принтера». Поскольку мы не собираемся печатать по-настоящему, можно оставить настройки как есть. Геометрия рабочей зоны принтера и доступное пространство будут показаны в 3D-виде.
- Переместите кубик Lego в подходящее место, например, в центр печатной платформы.

Помните, что объекты PartDesign нельзя перемещать напрямую, поэтому вам нужно либо переместить его самый первый эскиз (первый прямоугольник), либо переместить (и распечатать) копию, что можно сделать с помощью команды [Part -> Create Simple Copy](#). инструмент. Копию можно переместить, например.

  Черновик -> Переместить.

- Выберите объект для печати и выберите в меню «3D-печать» -> «Нарезка с помощью Cura Engine».
- В открывшейся панели задач убедитесь, что путь к исполняемому файлу Cura указан правильно. Настройки установлены. Поскольку мы не собираемся печатать, все остальные параметры можно оставить без изменений. Нажмите «OK». В той же директории, что и ваш файл FreeCAD, будут созданы два файла: один. Файл STL и файл G-кода.



- Сгенерированный G-код также можно повторно импортировать в FreeCAD (используя препроцессор slic3r) для проверки.

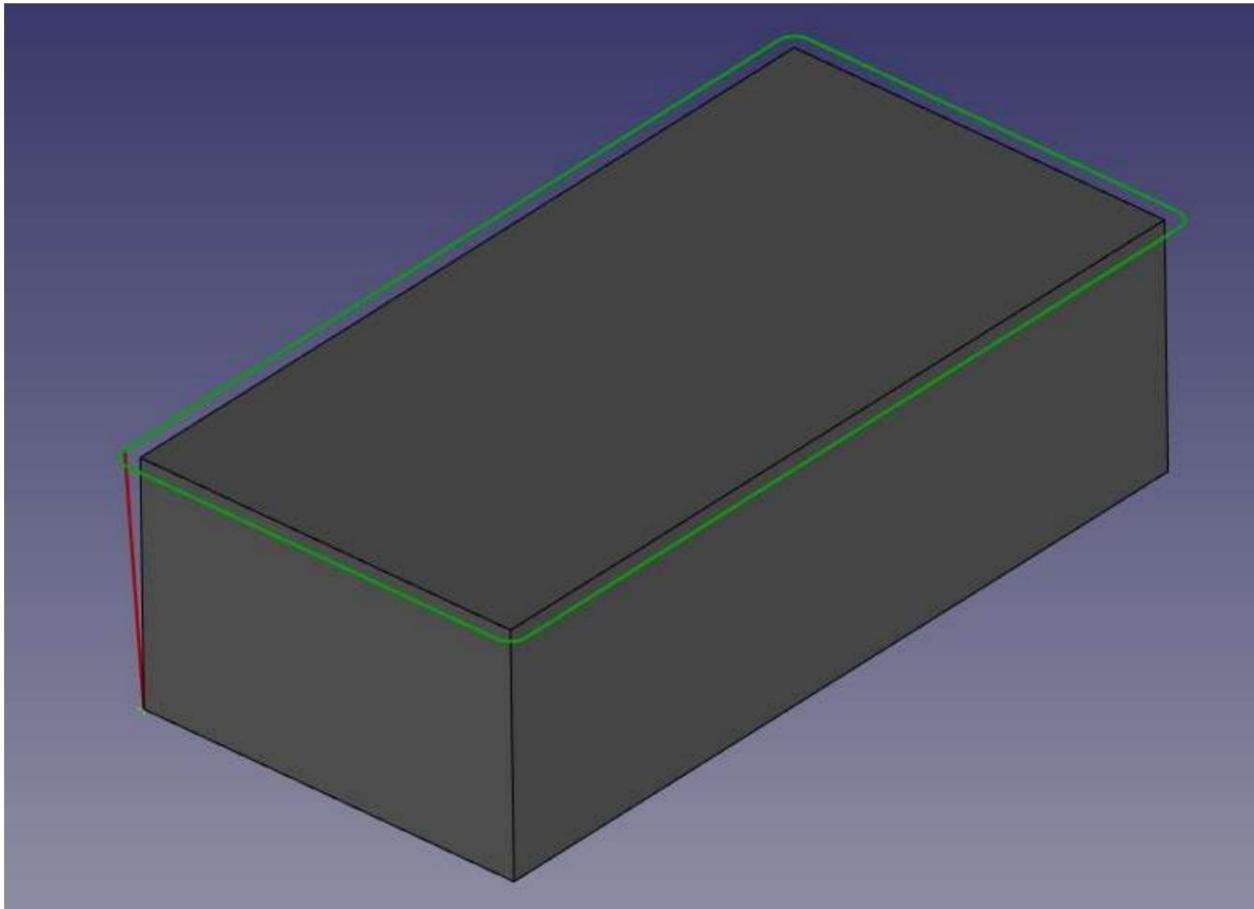
Генерация G-кода

FreeCAD также предлагает более продвинутые способы генерации G-кода напрямую. Это часто намного сложнее, чем использование автоматических инструментов, как мы видели выше, но имеет преимущество в том, что позволяет полностью контролировать результат. Обычно это не требуется при работе с 3D-принтерами, но становится очень важным при работе с фрезерными станками с ЧПУ, поскольку эти станки гораздо сложнее.

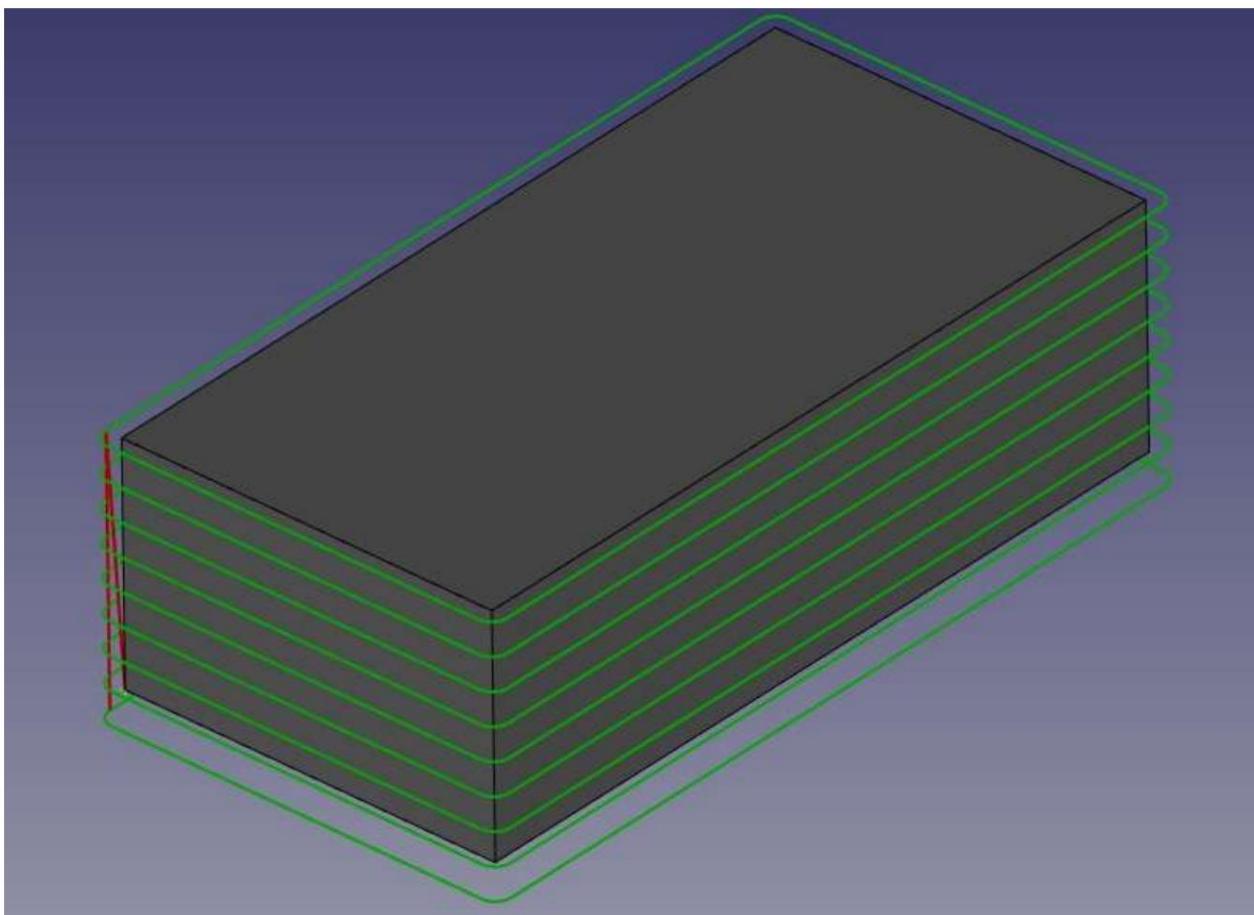
Генерация G-кода для построения траекторий в FreeCAD осуществляется с помощью [Path Workbench](#). В нем есть инструменты, которые генерируют полные траектории движения станка, а также инструменты, которые генерируют только части проекта G-кода, которые можно собрать для выполнения всей операции фрезерования.

Создание траекторий фрезерования на станках с ЧПУ — это отдельная тема, слишком обширная для того, чтобы уместить её в этом руководстве, поэтому мы покажем, как создать простой проект траектории, не слишком углубляясь в детали реальной обработки на станках с ЧПУ.

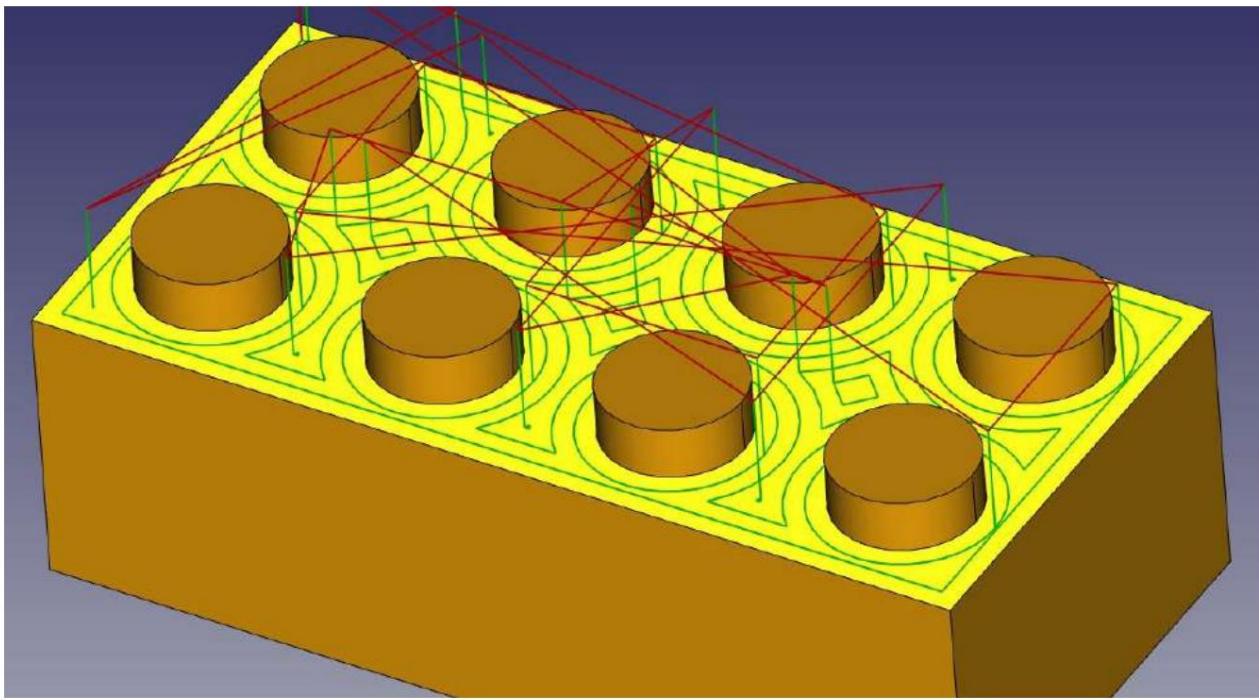
- Загрузите файл, содержащий нашу деталь LEGO, и переключитесь на [рабочий стол Path Workbench](#).
- Поскольку у финальной детали больше нет прямоугольной верхней грани, скройте финальную деталь LEGO и покажите первую кубическую площадку, которую мы сделали, у которой есть прямоугольная верхняя грань.
- Выберите верхнюю грань и нажмите «[Профиль лица](#)» . кнопка.
- Установите свойство Offset равным 1 мм.



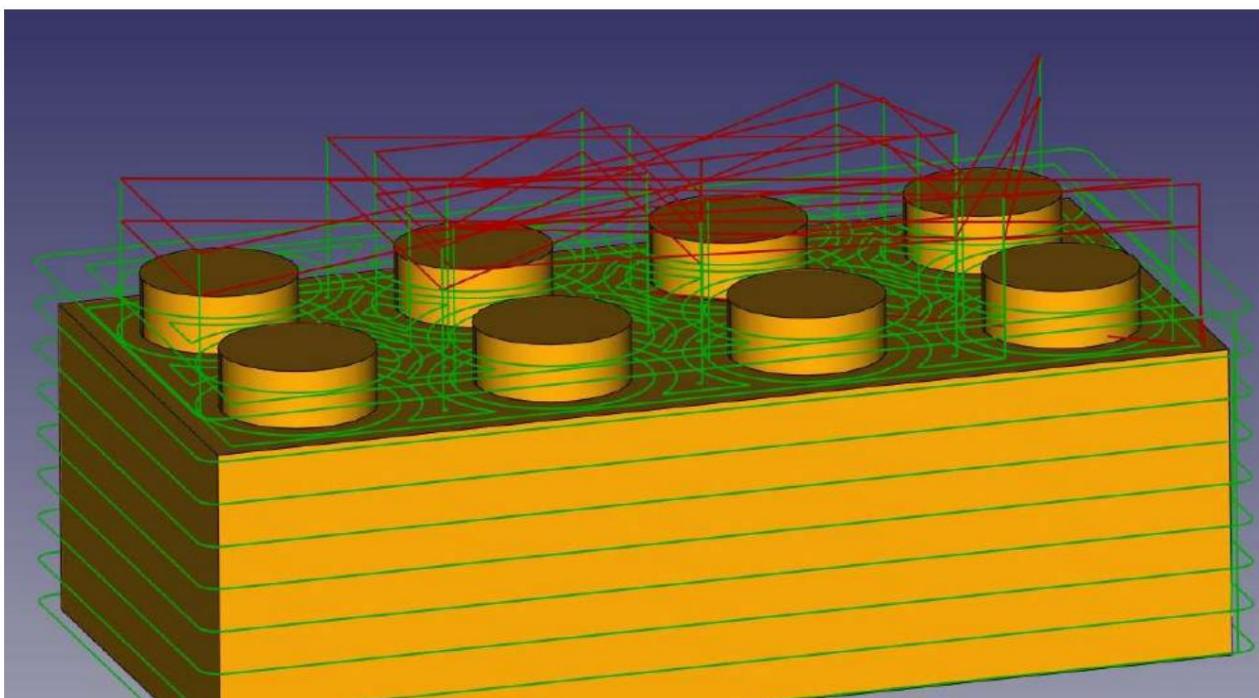
- Затем повторим этот первый цикл пару раз, чтобы инструмент вырезал весь блок. Выберите путь FaceProfile и нажмите кнопку «[Массив](#)» .
- Установите свойство Copies массива на 8, а его Offset — на -2 мм по оси Z, и переместите массив на 2 мм по оси Z, чтобы резка начиналась немного выше площадки и включала в себя высоту точек.



- Теперь мы определили траекторию, которая при следовании по ней фрезерным станком вырежет прямоугольный объем из блока материала. Теперь нам нужно вырезать пространство между точками, чтобы их отобразить. Скройте панель и снова покажите готовый фрагмент, чтобы мы могли выбрать грань, расположенную между точками.
- Выберите верхнюю грань и нажмите кнопку «Карман для лицевой панели». Кнопка. Установите свойство Offset на 1 мм, а высоту втягивания — на 20 мм. Это высота, до которой будет перемещаться режущий инструмент при переключении с одной петли на другую. В противном случае режущий инструмент может прорезать одну из наших точек насквозь:



- Снова создайте массив. Выберите объект FacePocket и нажмите кнопку «Массив». Кнопка Установите количество копий на 1 и смещение на -2 мм по оси Z. Переместите массив на 2 мм по оси Z. Наши две операции выполнены:



- Теперь осталось только объединить эти две операции в одну. Это можно сделать с помощью [составного пути \(Path Compound\)](#), или [проект "Путь"](#). Поскольку нам больше ничего не понадобится, и мы уже будем готовы к экспорту, мы воспользуемся проектом. Нажмите на . кнопка.
- Установите свойство Use Placements проекта в значение True, потому что мы изменили расположение массивов, и хотим, чтобы это было учтено в проекте.
- В древовидном представлении перетащите два массива в проект. При необходимости вы можете изменить порядок массивов внутри проекта, дважды щелкнув по ним.

- Теперь проект можно экспортировать в G-код, выбрав его, затем выбрав в меню Файл -> Экспорт, выбрав формат G-кода и в открывшемся диалоговом окне выбрав скрипт постобработки в соответствии с вашим оборудованием.

Существует множество приложений для имитации реальной резки, одно из них, также многоплатформенное и с открытым исходным кодом, как FreeCAD, — это [Camotics](#).

Загрузки

- Файл STL, сгенерированный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/lego.stl> Файл,
- сгенерированный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/path.FCStd> Файл G-кода,
- сгенерированный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/lego.gcode>

Читать далее

- Mesh Workbench: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Mesh_Module Формат файлов STL:
- https://en.wikipedia.org/wiki/STL_%28file_format%29 Slic3r: <http://slic3r.org/> Купа: <https://ultimaker.com/en/products/>
- <https://github.com/cblt2l/FreeCAD-cura-software> Cura Workbench: <https://github.com/cblt2l/FreeCAD-CuraEngine-Plugin>
- Инструмент Path Workbench: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Path_Workbench Камотика: <http://camotics.org/>
-

Создание 2D-чертежей

Если вашу модель невозможно напечатать или изготовить на станке напрямую, например, она слишком большая (здание) или требует ручной сборки после изготовления деталей, вам, как правило, потребуется объяснить другому человеку, как это сделать. В технических областях (инженерное дело, архитектура и т. д.) это обычно делается с помощью чертежей, которые передаются ответственному за сборку конечного продукта, и он объяснит, как это сделать.

Типичным примером являются [инструкции IKEA](#). [архитектурные чертежи](#) или [чертежи](#). Эти чертежи обычно содержат не только сам чертеж, но и множество пояснений, таких как текст, размеры, числа, символы, которые помогут другим людям понять, что нужно сделать и как.

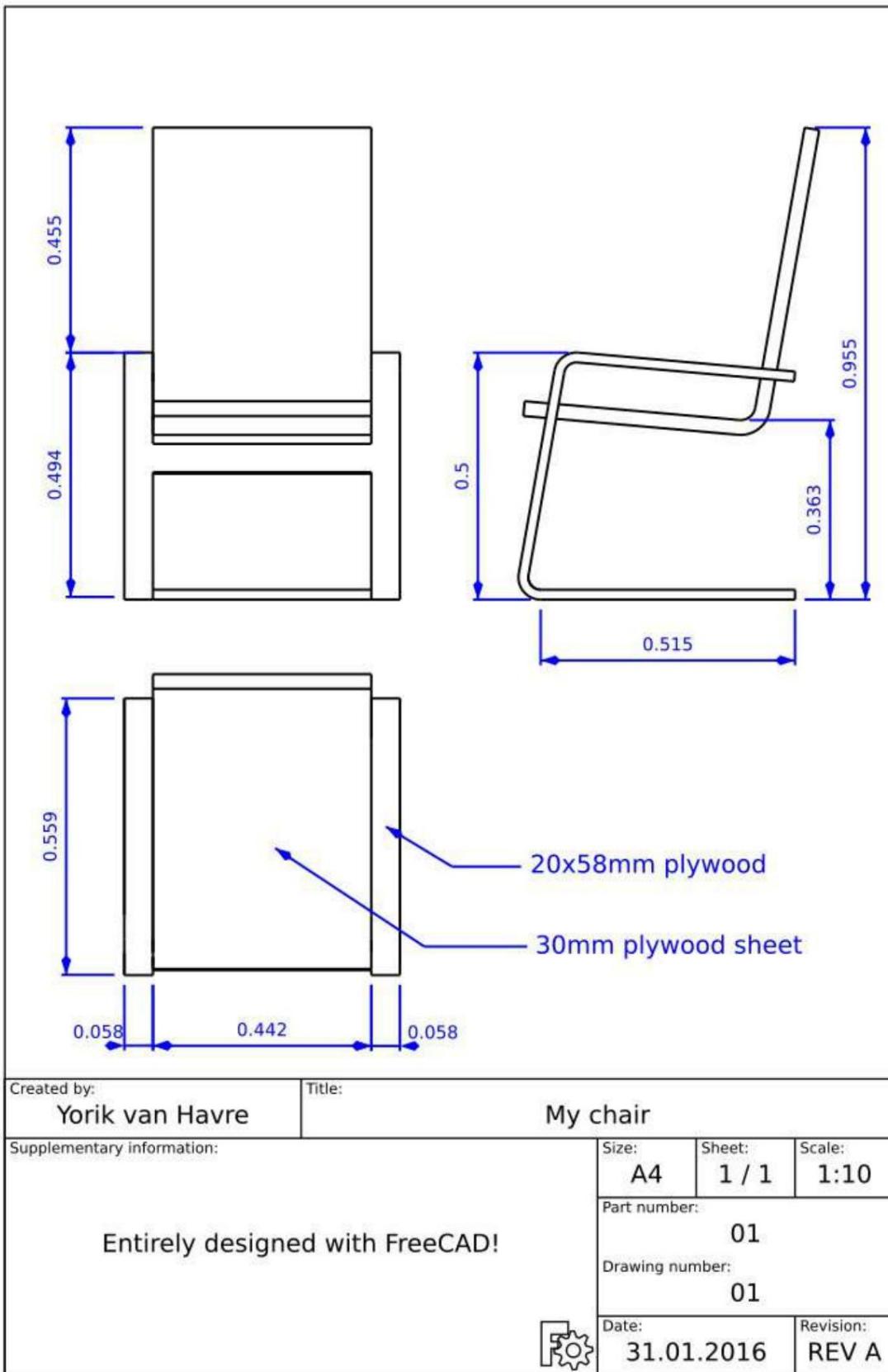
В FreeCAD за создание таких чертежей отвечает рабочая среда «Чертежи» ([Drawing](#)).

[Верстак](#).

Рабочий стол для чертежей позволяет создавать листы, которые могут быть пустыми или использовать готовый [шаблон](#). Чтобы на листе уже был набор элементов, таких как рамки и заголовок, вы можете затем разместить на этих листах [представления](#) . смоделированных ранее 3D-объектов и настройте отображение этих видов на листе. Наконец, благодаря дополнению [Drawing Dimensioning Workbench](#), вы также можете размещать на листе всевозможные аннотации, такие как размеры, текст и другие распространенные символы, используемые в технических чертежах.

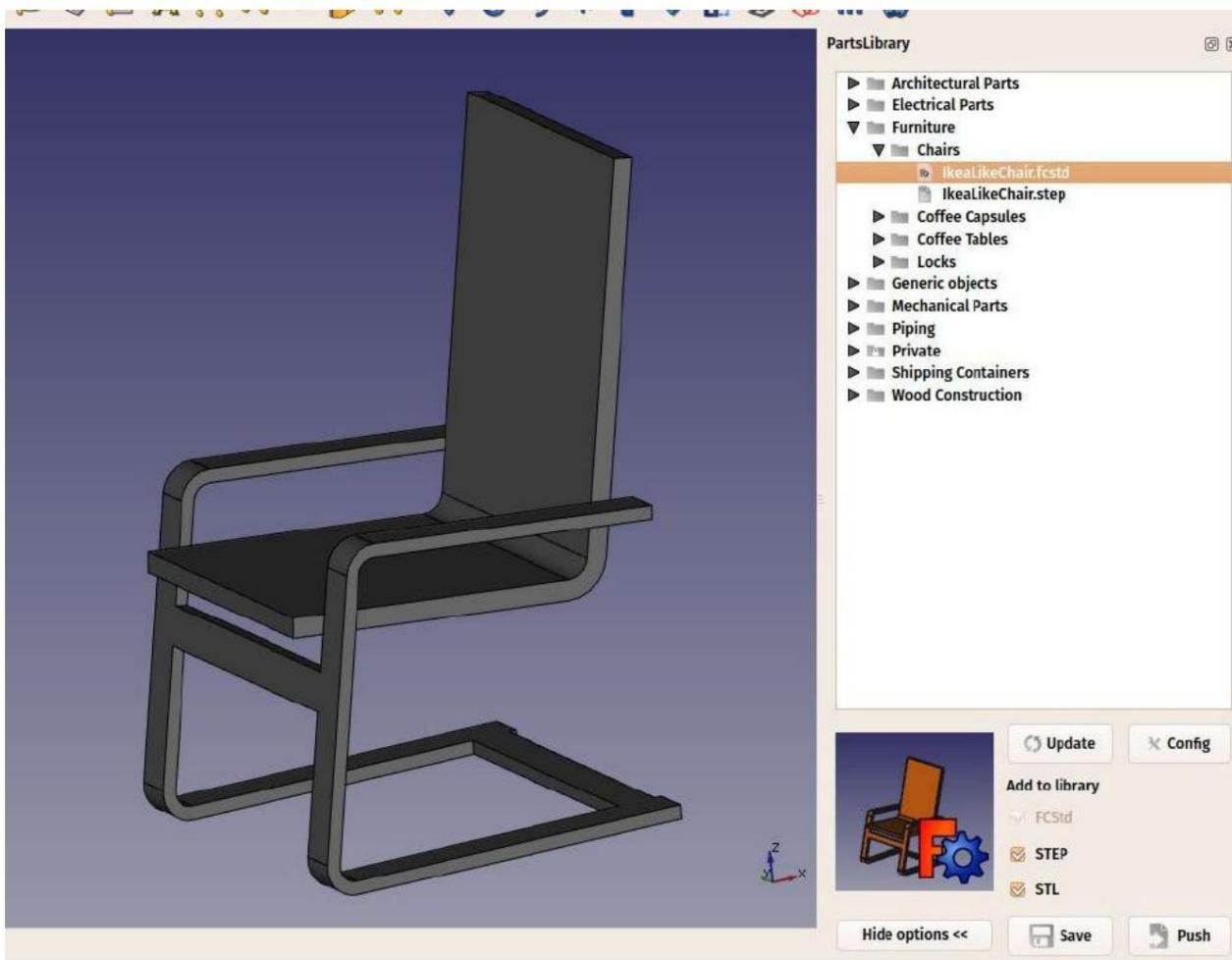
После завершения чертежные листы можно распечатать или экспорттировать в формате [SVG](#), [PDF](#) или [DXF](#) файлы.

В следующем упражнении мы рассмотрим, как создать простой чертеж модели стула из [библиотеки FreeCAD](#). (Мебель -> Стулья -> Стул Ikea). Библиотеку FreeCAD можно легко добавить в вашу установку FreeCAD (см. главу [об установке](#) в этом руководстве), или вы можете просто загрузить модель со страницы библиотеки или по прямой ссылке, указанной внизу этой главы.



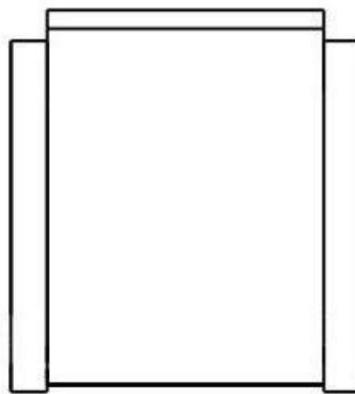
- Загрузите файл IkeaChair из библиотеки. Вы можете выбрать между версией .FCStd, которая загрузит всю историю моделирования, или версией .step, которая создаст только один объект без истории. Поскольку нам больше не нужно моделировать, лучше всего...

Выберите версию .step, так как с ней будет проще работать.



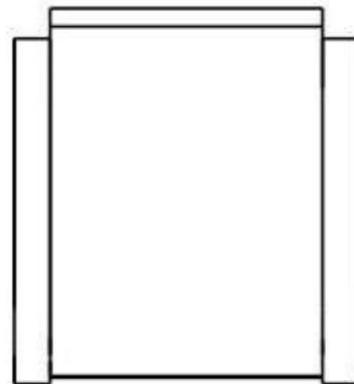
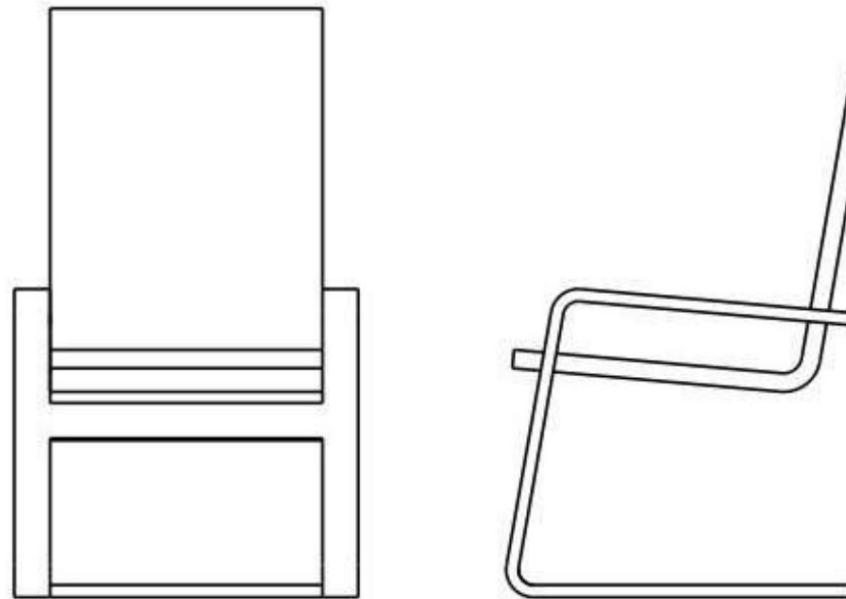
- Переключитесь на [рабочую область «Чертежи»](#).
- Нажмите на маленькую стрелку рядом с кнопкой [«Новая страница рисунка»](#). кнопка.
- Выберите шаблон А4 Портрет / ISO7200 . В окне FreeCAD откроется новая вкладка с новой страницей.

- В древовидном представлении (или на вкладке «Модель») выберите модель стула.
- Нажмите кнопку [«Вставить вид»](#). кнопка.
- На нашей странице будет создан объект View. Присвойте этому представлению следующие свойства:
 - X: 100
 - Y: 150
 - Масштаб: 0,1
 - Вращение: 270
- Теперь у нас есть хороший вид сверху (это проекция по умолчанию) нашего стула:



Created by: AUTHOR NAME	Title: DRAWING TITLE
Supplementary information: FreeCAD DRAWING	Size: A4 Sheet: X / Y Scale: SCALE
	Part number: PN
	Drawing number: DN
	Date: DD/MM/YYYY Revision: REV A

- Повторим операцию дважды, чтобы создать еще два представления. Зададим им значения X и Y, которые указывают положение представления на странице, чтобы отображать их отдельно от верхнего представления, и их направление, чтобы создать разные ориентации представления. Присвоим каждому новому представлению
 - следующие свойства: View001 (вид спереди): X: 100, Y: 130, Масштаб: 0.1, Вращение: 90, Направление: (-1,0,0)
 - Вид 002 (вид сбоку): X: 180, Y: 130, Масштаб: 0.1, Вращение: 90, Направление: (0, -1, 0)
 - После этого мы получаем следующую страницу:



Created by:

AUTHOR NAME

Title:

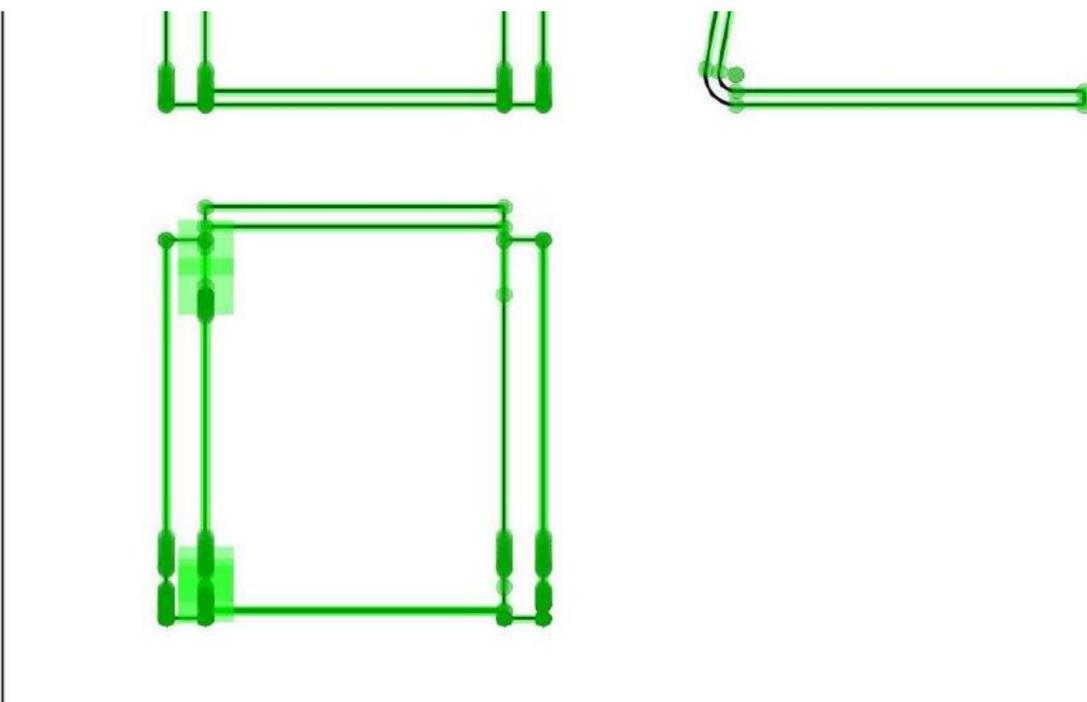
DRAWING TITLE

- При желании мы можем немного изменить внешний вид наших элементов, например, увеличить значение свойства Line Width до 0,5.

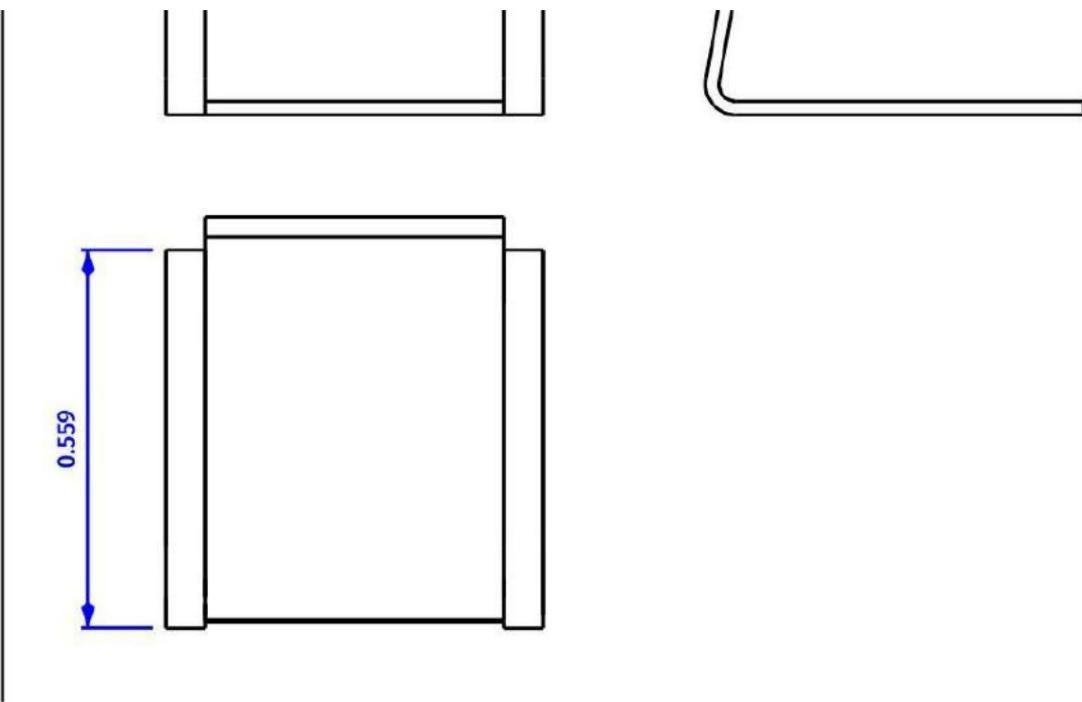
Теперь мы разместим размеры и обозначения на нашем чертеже. Добавить размеры к модели можно двумя способами: один из них — разместить размеры внутри 3D-модели, используя функцию «Размер». Инструмент рабочей среды разработки (Draft Workbench), а затем разместите изображение с этими размерами на нашем **ЛИСТ С** черновом варианте. Можно использовать инструмент (который можно применять как к одному размеру, так и к группе размеров), или же выполнять действия непосредственно на листе чертежа, используя рабочую область «Нанесение размеров на чертеж». который можно установить из [раздела дополнений FreeCAD](#). Мы будем использовать второй метод.

- Переключитесь на рабочую область «Нанесение размеров на чертеж». Нажмите кнопку «Добавить линейный размер» . Доступные узлы будут выделены зеленым цветом на странице чертежа:

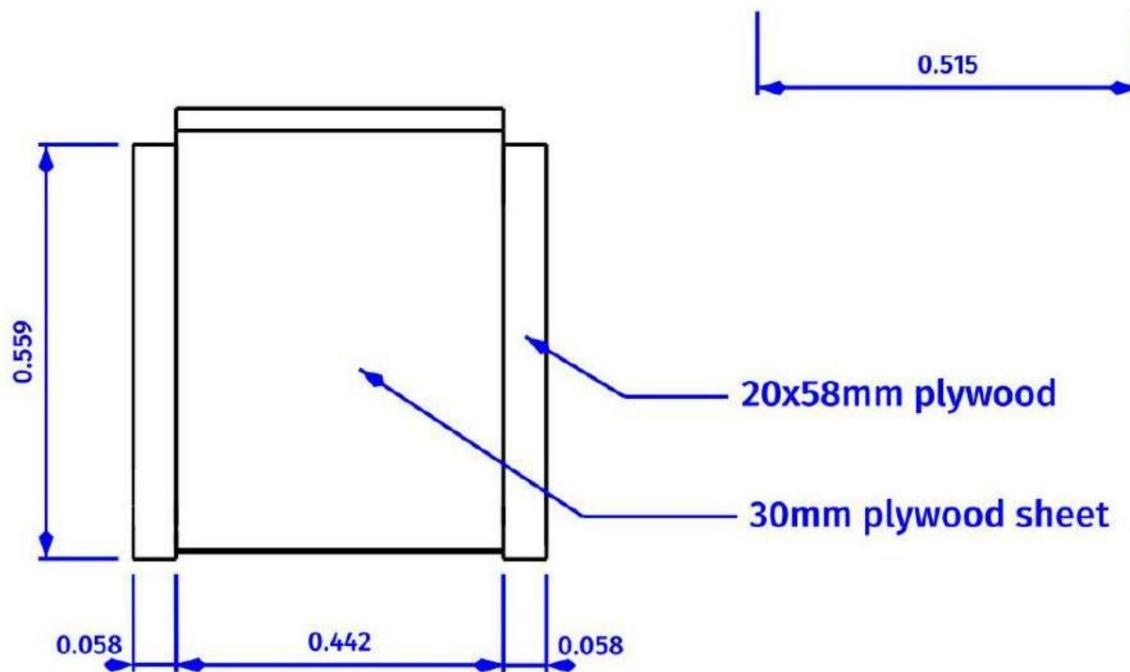




- Щелкните по двум из этих точек, затем щелкните по третьей точке, чтобы разместить размерную линию:



- Инструмент «Линейный размер», как и большинство других инструментов для нанесения размеров на чертеже, не закрывается после завершения работы, что позволяет вам разместить дополнительные размеры. Когда вы закончите, просто нажмите кнопку «Закрыть» на панели задач.
- Повторяйте операцию, пока не будут указаны все необходимые размеры. Уделите минуту, чтобы ознакомиться с различными вариантами, предлагаемыми на панели задач «Линейный размер». Например, сняв флажок с опции «Автоматическое размещение текста», вы сможете разместить текст размера в другом месте, как показано на изображении ниже:



- Теперь, используя инструмент «Символы сварки/канавки» , разместим два обозначения, выбрав вариант по умолчанию (без символа канавки). Нарисуем две линии, как на изображении выше.
- Теперь с помощью инструмента «Добавить текст» разместите два текста и измените их текстовые свойства на содержимое по своему вкусу.
- Наш чертеж готов, осталось только заполнить информацию в заголовочном блоке листа. В большинстве стандартных шаблонов FreeCAD это легко сделать, изменив свойство «Редактируемый текст» страницы.

Теперь нашу страницу можно экспортить в формат SVG для дальнейшей обработки в графических приложениях, таких как [Inkscape](#). или в формат DXF, выбрав в меню Файл -> Экспорт. В рабочей области «Простановка размеров на чертеже» также есть собственный инструмент экспорта в формат DXF , который поддерживает аннотации, добавленные с помощью этой рабочей области. Формат DXF импортируется практически во все существующие 2D CAD-приложения. Страницы чертежа также можно распечатать напрямую или экспортить в PDF.

Загрузки

- Модель стула: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-library/blob/master/Furniture/Chairs/IkeaLikeChair.step> Файл, созданный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/drawing.FCStd> SVG-файл, созданный на основе этого файла: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/drawing.svg>

Читать далее

- Рабочий стол для чертежей: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Drawing_Module
- Рабочий стол для нанесения размеров на чертежи :

https://github.com/hamish2014/FreeCAD_drawing_dimensioning

- Библиотека FreeCAD: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD-library>
- Inkscape: <http://www.inkscape.org>

BIM-моделирование

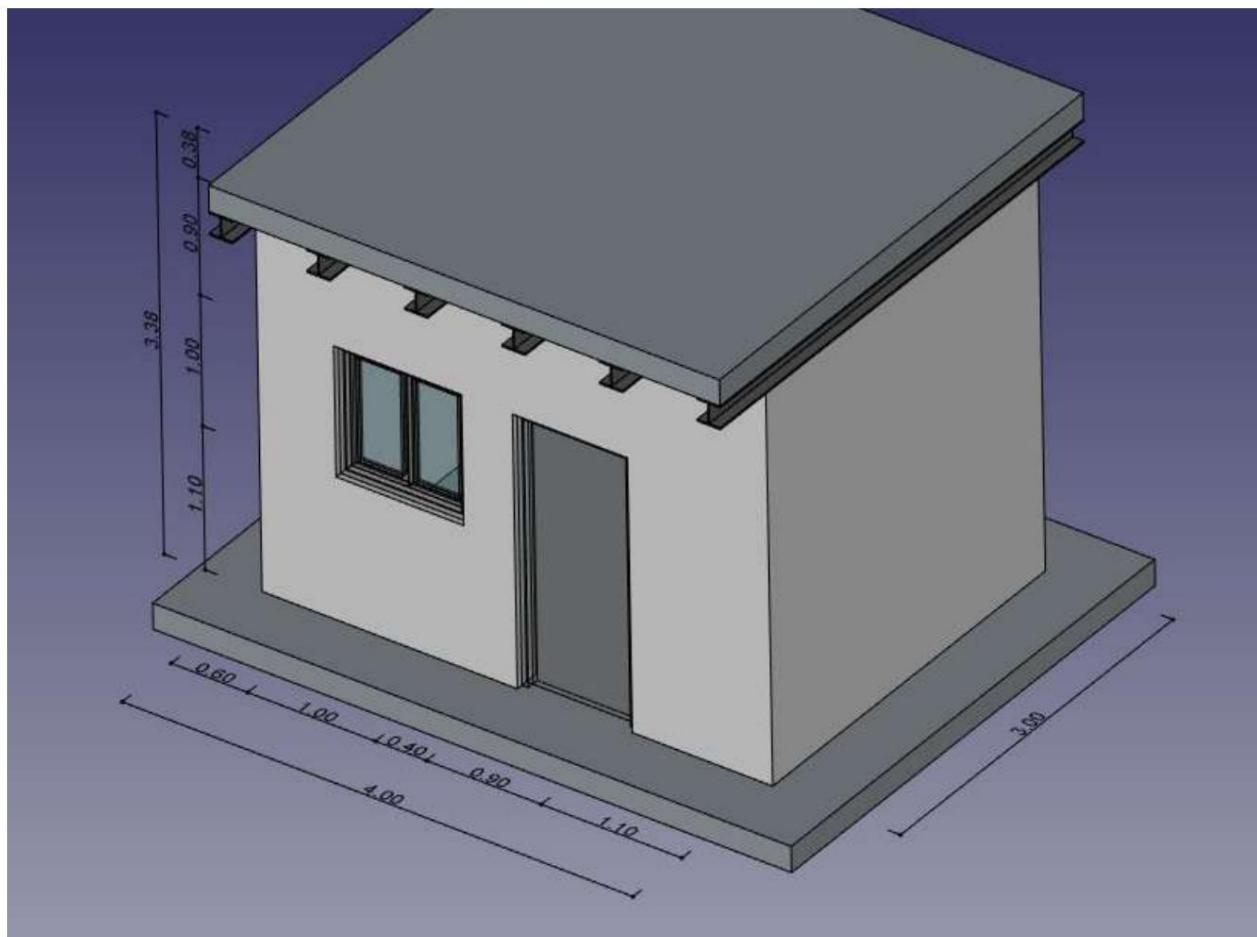
BIM расшифровывается как «[информационное моделирование зданий](#)». Точное определение того, что это такое, варьируется, но можно просто сказать, что именно так сегодня моделируются здания и другие крупные сооружения, такие как мосты, тунNELи и т. д. BIM-модели обычно основаны на 3D-моделях и также включают ряд дополнительных слоев информации, таких как информация о материалах, взаимосвязи с другими объектами или моделями, а также специальные инструкции по строительству или техническому обслуживанию. Эта дополнительная информация позволяет проводить всевозможные углубленные анализы модели, такие как расчет несущей способности, оценка стоимости и сроков строительства, а также расчет энергопотребления.

[Верстак Arch FreeCAD](#) реализует ряд инструментов и средств для BIM-моделирования. Несмотря на другое назначение, он разработан для тесной интеграции с остальными компонентами FreeCAD: любой объект, созданный с помощью любой другой рабочей среды FreeCAD, может стать архитектурным объектом или использоваться в качестве основы для архитектурного объекта.

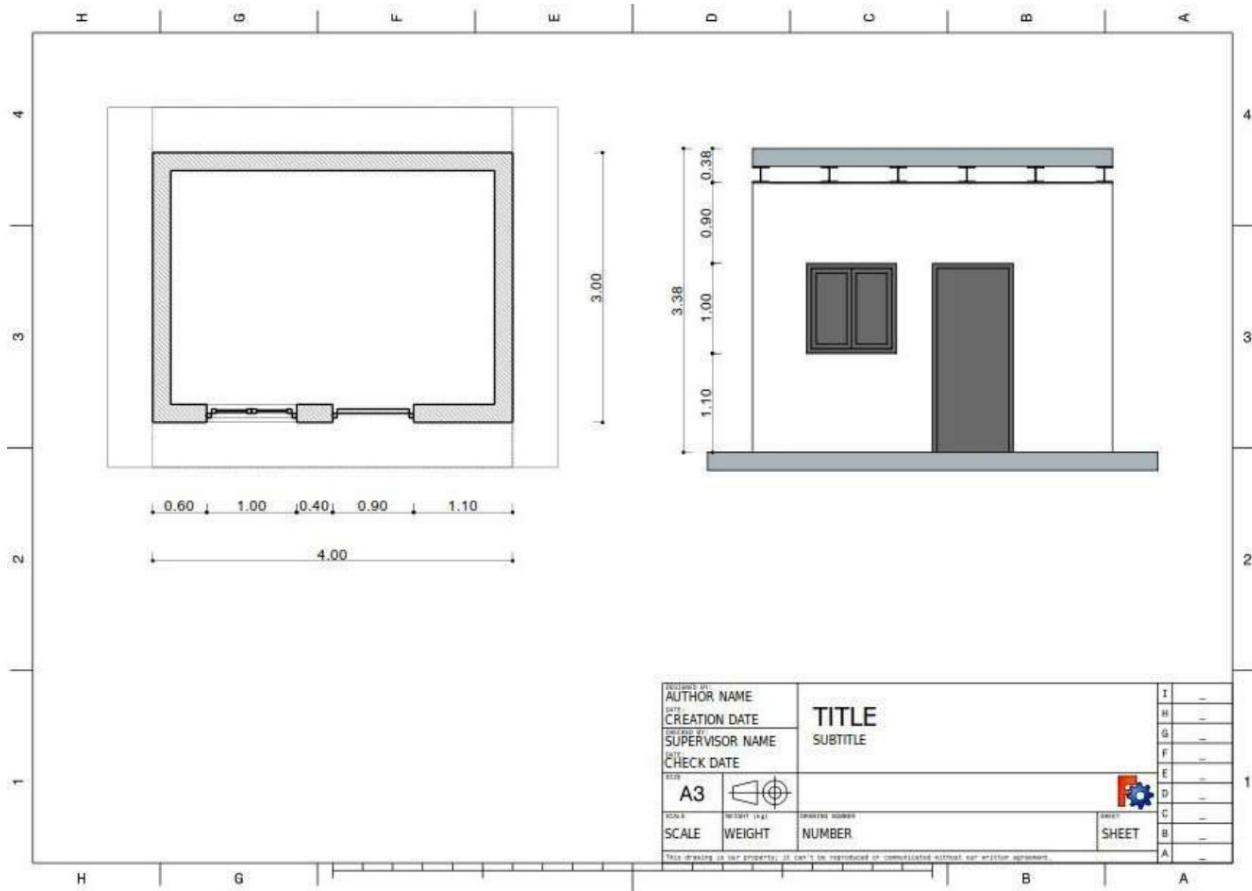
Как и в [PartDesign Workbench](#), Объекты, создаваемые Arch Workbench, предназначены для строительства в реальном мире. Поэтому они должны быть твёрдыми. Инструменты Arch обычно автоматически обеспечивают это, а также предоставляют вспомогательные инструменты для проверки корректности объектов.

В состав Arch Workbench также входят все инструменты из [Draft Workbench](#). и использует свою сетку и систему привязки. Перед началом работы всегда полезно просмотреть страницы настроек как в Draft, так и в Arch и установить параметры по умолчанию в соответствии со своими предпочтениями.

В этой главе мы рассмотрим, как смоделировать это небольшое здание:

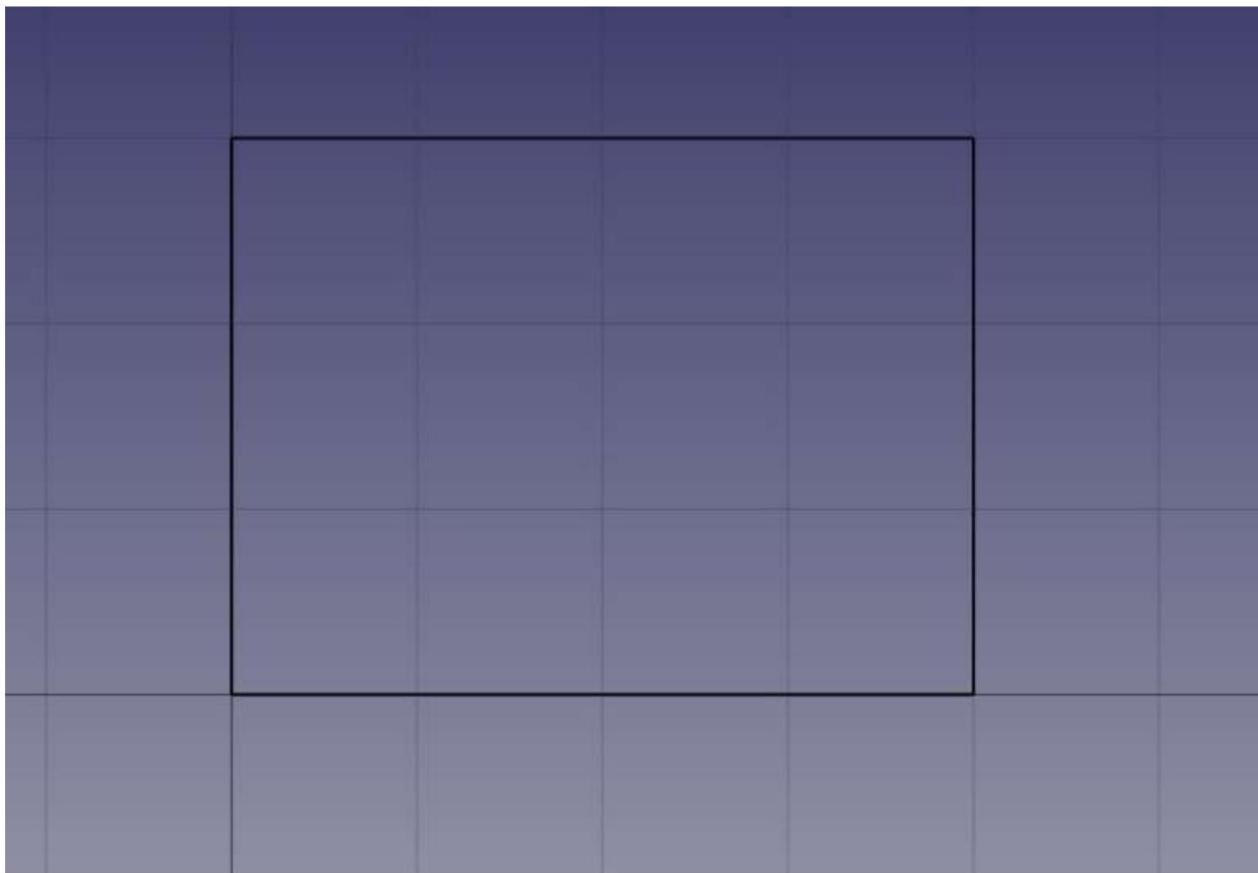


и составить на его основе план и разрез:



- Создайте новый документ и переключитесь на [Arch Workbench](#).
- Откройте меню «Редактировать» -> «Настройки» -> «Черновик» -> «Сетка и привязка» и установите шаг сетки на 1000 мм, чтобы получить сетку с шагом в один метр, что будет удобно для размеров нашего здания.

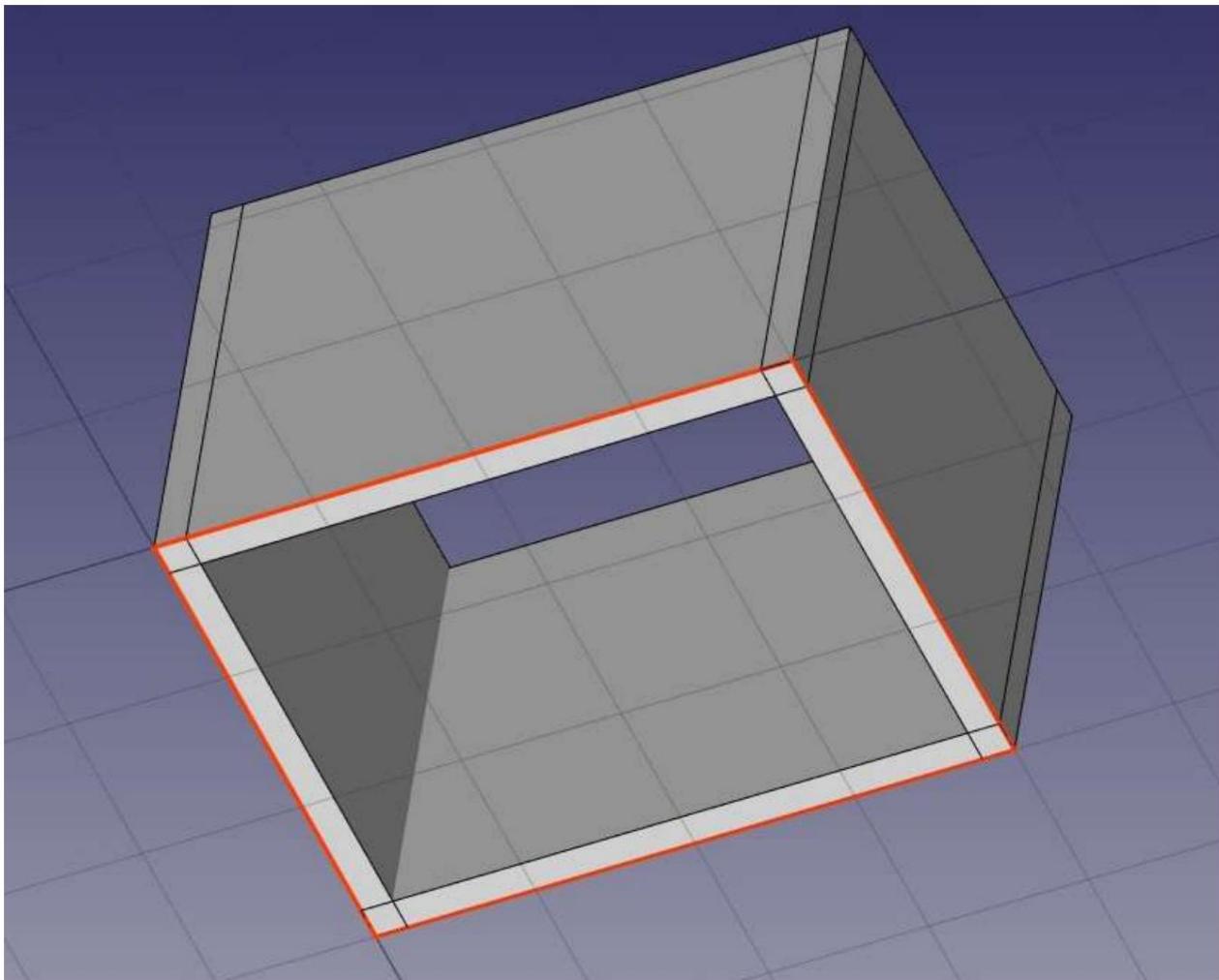
- На панели инструментов привязки убедитесь, что [включена привязка к сетке](#). Кнопка активирована, поэтому мы можем максимально использовать сетку.
- Установите [рабочую плоскость](#) На плоскости
- XY проведите четыре линии с помощью [линии разметки](#). Инструмент. Вы можете вводить координаты вручную или просто выбирать точки на сетке с помощью мыши:
 - Из точки (0,0) в точку (0,3)
 - От точки (0,3) до точки (4,3)
 - Из точки (4,3) в точку (4,0)
 - Из точки (4,0) в точку (0,0)



Обратите внимание, что мы всегда рисовали в одном направлении (по часовой стрелке). Это необязательно, но гарантирует, что стены, которые мы будем строить дальше, будут иметь одинаковое направление влево и вправо. Вы также можете подумать, что здесь можно было просто нарисовать прямоугольник, и это правда. Но четыре линии позволят нам лучше показать, как вставлять один объект в другой.

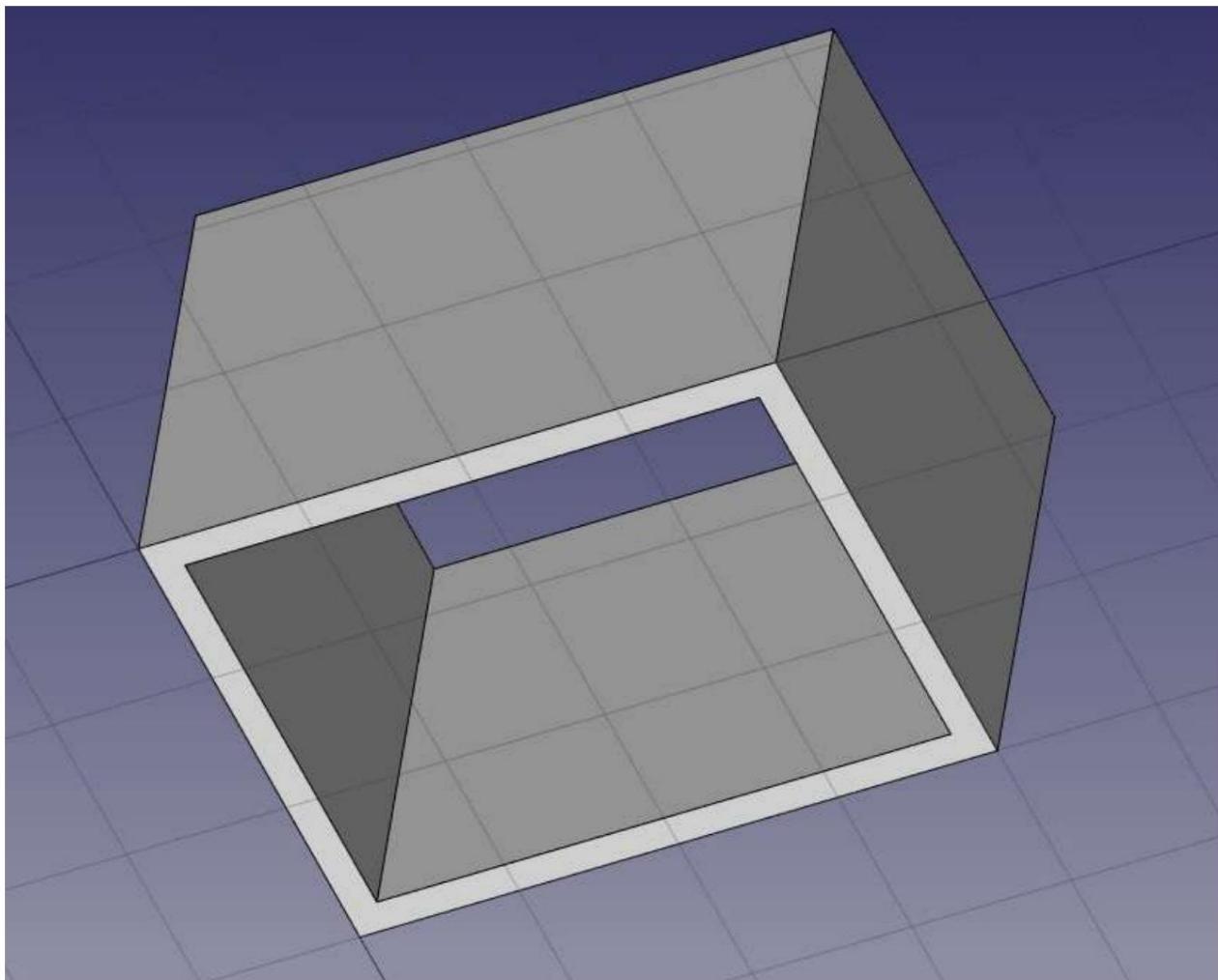
- Выберите первую строку, затем нажмите «Арочная [стена](#)» кнопка.
- Повторите это для остальных 3 линий, пока не получите 4 стены.
- Выберите четыре стены и установите для них значение «Высота» равным 3,00 м , а для параметра «Выравнивание» — «Выравнивание».

свойство слева. Если вы не нарисовали линии в том же порядке, что и выше, некоторые стены могут иметь поменянные местами левое и правое направления, и их, возможно, потребуется расположить справа . В результате вы получите четыре пересекающиеся стены внутри базовых линий:



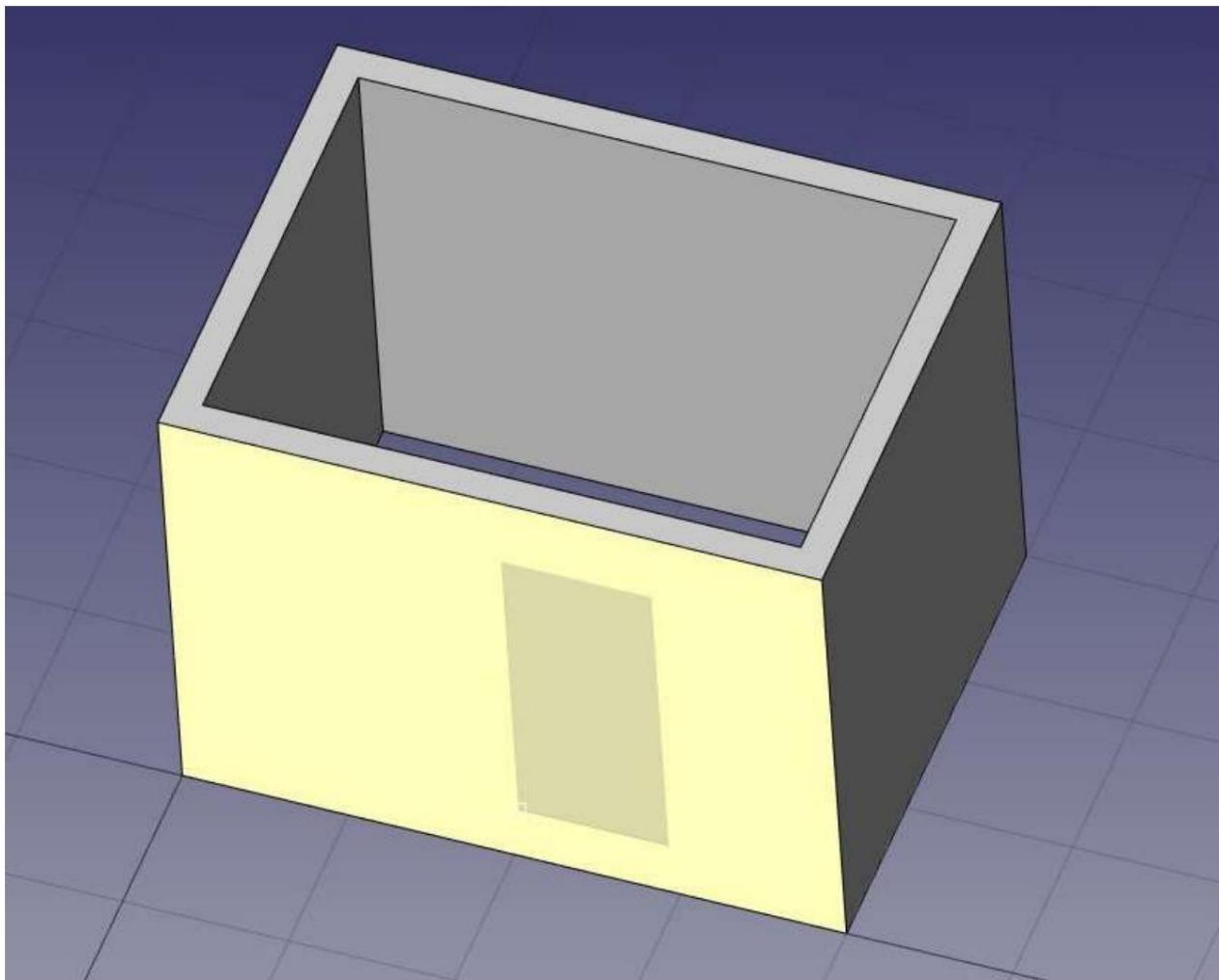
Теперь нам нужно соединить эти стены вместе, чтобы они правильно пересекались. Это не обязательно, если ваши стены уже нарисованы таким образом, что они чисто соединяются, но здесь это необходимо, поскольку они пересекаются. В Arch это делается путем выбора одной из стен в качестве «основной» и добавления к ней остальных в качестве «дополнений». Все объекты Arch могут иметь любое количество дополнений (объектов, геометрия которых будет добавлена к геометрии основной стены) и вычитаний (объектов, геометрия которых будет вычтена). Добавлениями и вычитаниями объекта можно управлять в любое время, дважды щелкнув объект в дереве.

- Выберите четыре стены , удерживая клавишу Ctrl ; последняя из них — это та стена, которую вы выбрали в качестве основной.
- Нажмите на  кнопка. Четыре стены теперь превратились в одну:

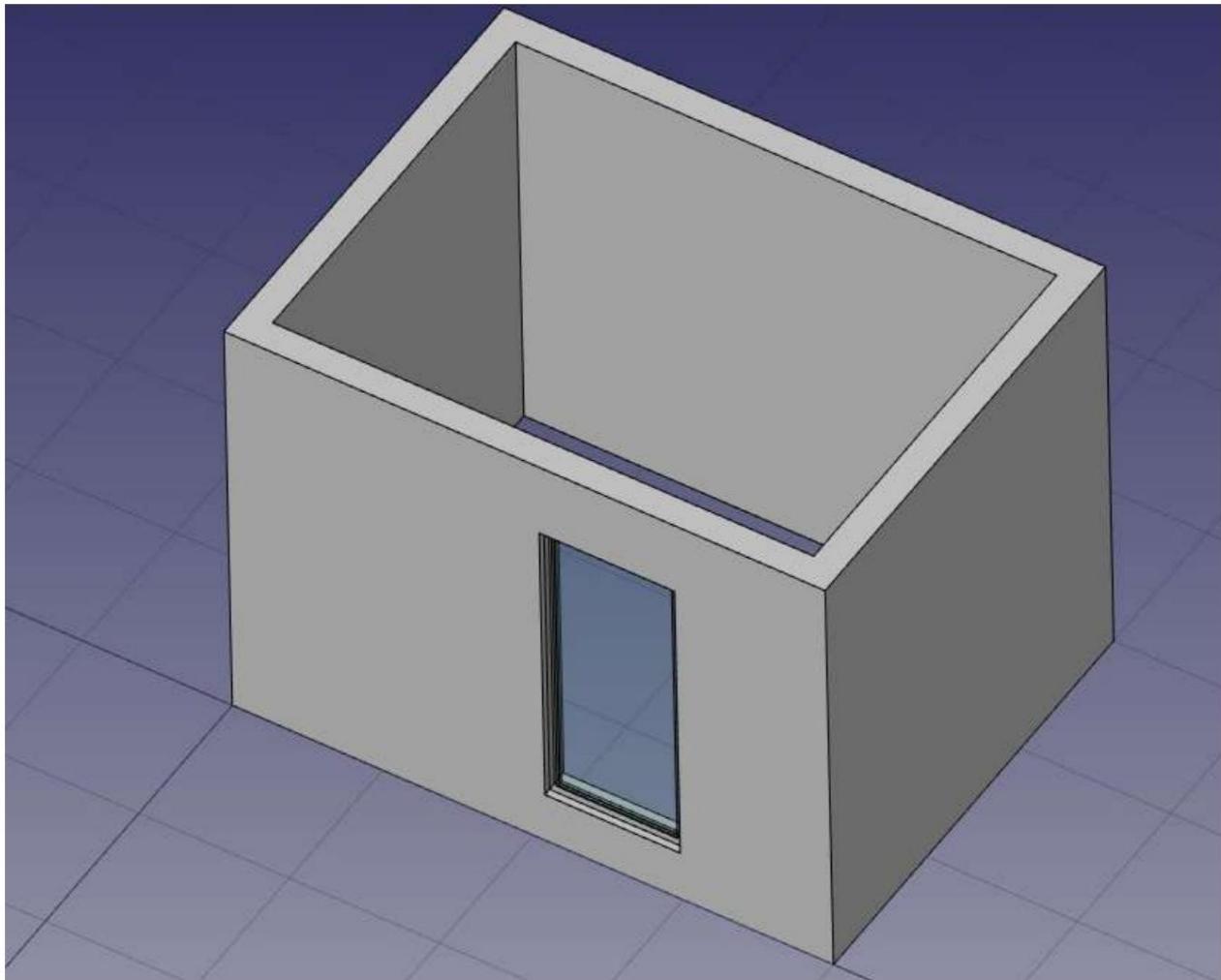


Однако отдельные стены по-прежнему доступны для просмотра, если расширить стену в режиме просмотра деревьев.

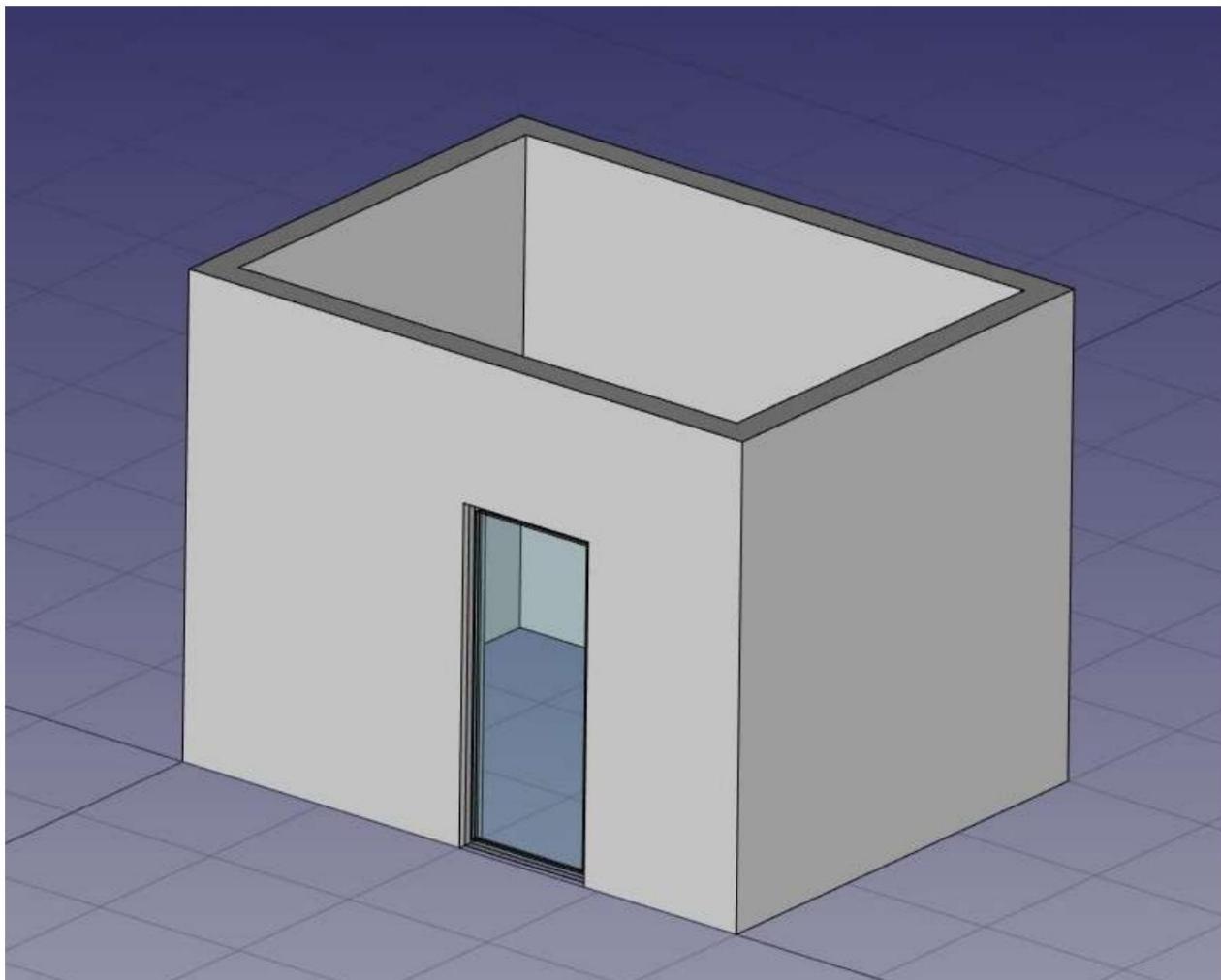
- Теперь давайте разместим дверь. В FreeCAD двери считаются частным случаем окон, поэтому это делается с помощью инструмента «Окно». инструмент.
- Начните с выбора стены. Это необязательно, но полезно выработать такую привычку. Если при запуске инструмента «Окно» выбран какой-либо объект, окно будет принудительно вставлено в этот объект, даже если вы привяжетесь к другому объекту.
- Установите [рабочую плоскость](#) Переключитесь в автоматический режим , чтобы не ограничиваться плоскостью земли. Нажмите « Окно». кнопка.
- В панели создания окна выберите предустановку «Простая дверь» и установите ее ширину 0,9 м и высоту 2,1 м. Убедитесь, что используется [привязка](#)
- «[Близкий](#)». Функция определения местоположения включена, поэтому мы можем привязывать грани.
- Расположите окно примерно посередине передней грани стены:



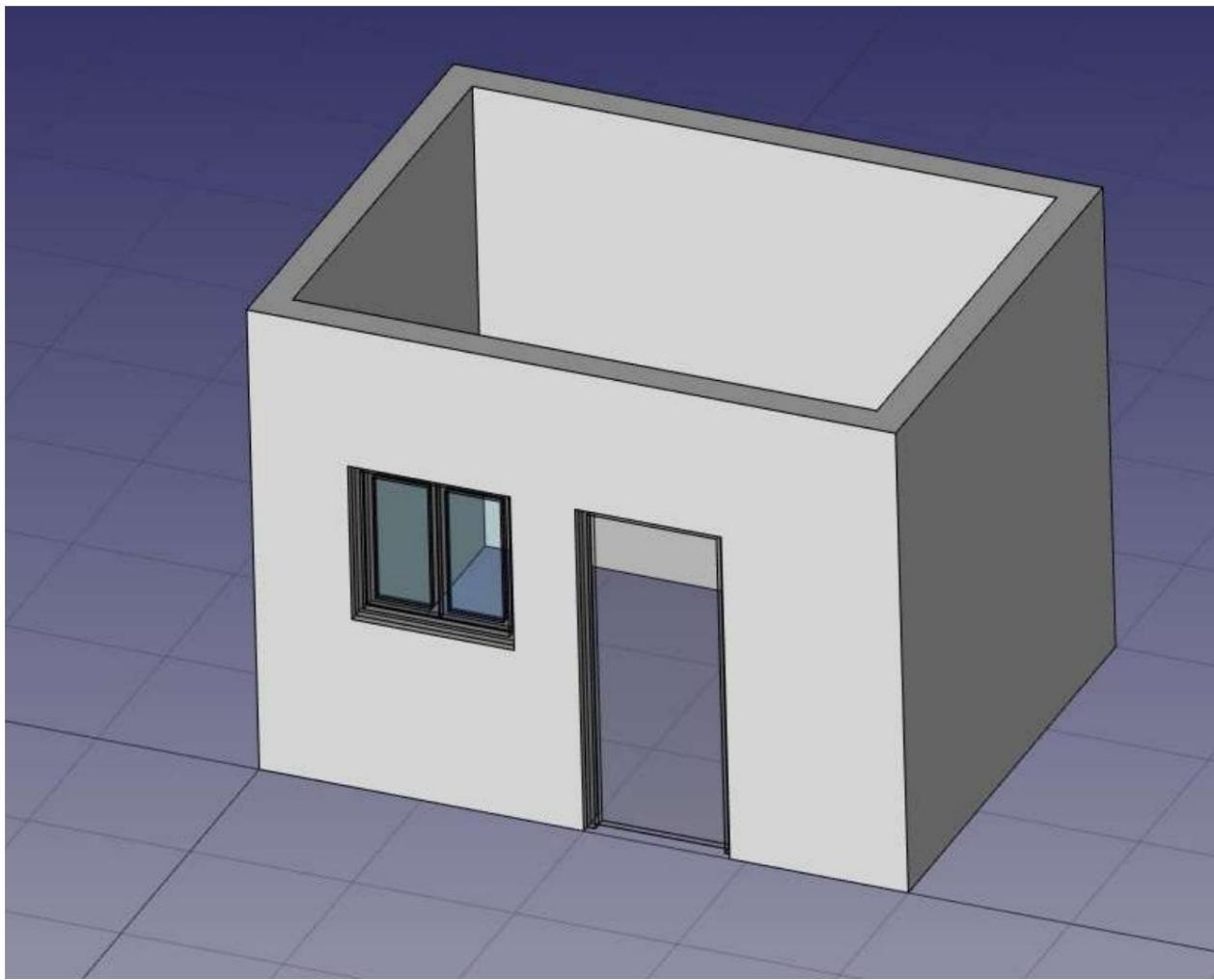
- После щелчка наше окно размещается на нужной грани, но не совсем там, где мы хотели:



- Теперь мы можем точно задать местоположение, развернув объекты стены и окна в древовидном представлении и изменив свойство «Размещение» базового эскиза нашей двери. Установите её положение на $x = 2$ м, $y = 0$, $z = 0$. Теперь наше окно находится именно там, где мы хотели:

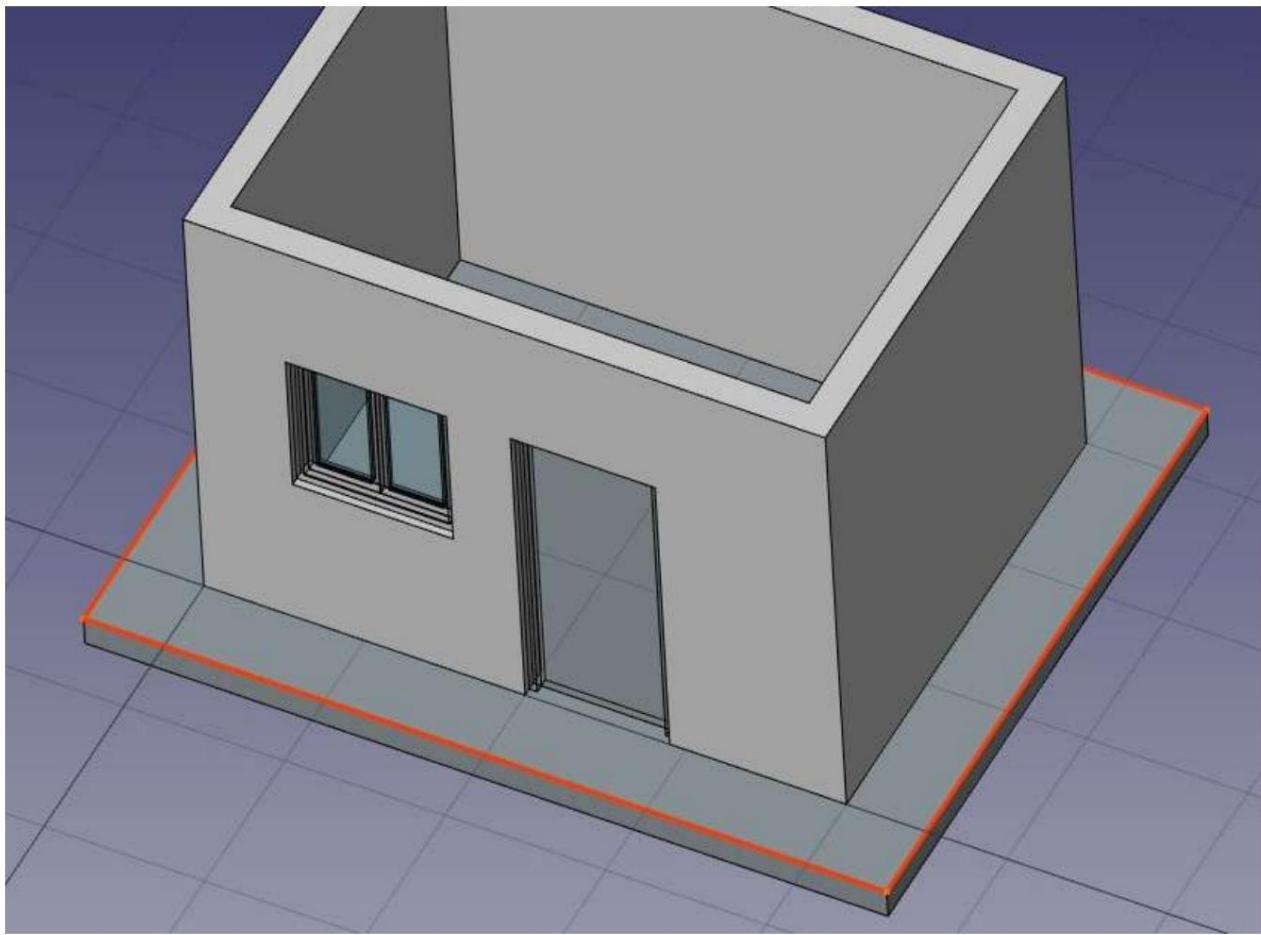


- Повторите операцию, чтобы разместить окно: выберите стену, нажмите инструмент «Окно», выберите предустановку «Открыть 2-створчатое окно» и разместите окно размером 1 м x 1 м на той же грани, что и дверь. Установите положение базового эскиза в точке $x = 0,6$ м, $y = 0$, $z = 1,1$ м так, чтобы верхняя линия окна совпадала с верхней частью двери.

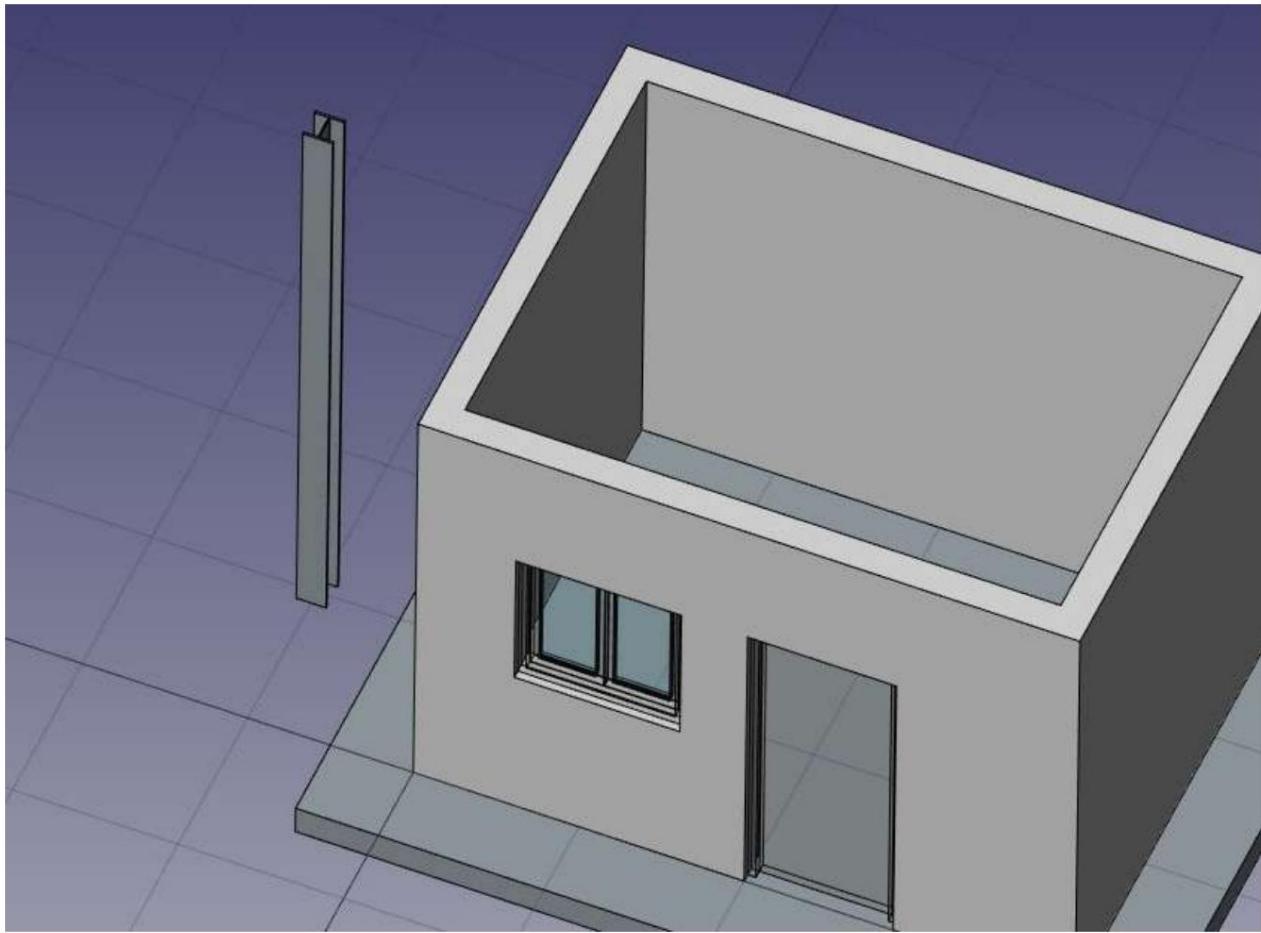


Окна всегда строятся на основе эскизов. Создать пользовательские окна очень просто: сначала создайте эскиз на грани, затем превратите его в окно, выделив и нажав кнопку окна. Затем параметры создания окна, то есть, какие и в каком объеме должны быть выдавлены нити эскиза, можно определить, дважды щелкнув окно в древовидном представлении. Теперь давайте создадим плиту:

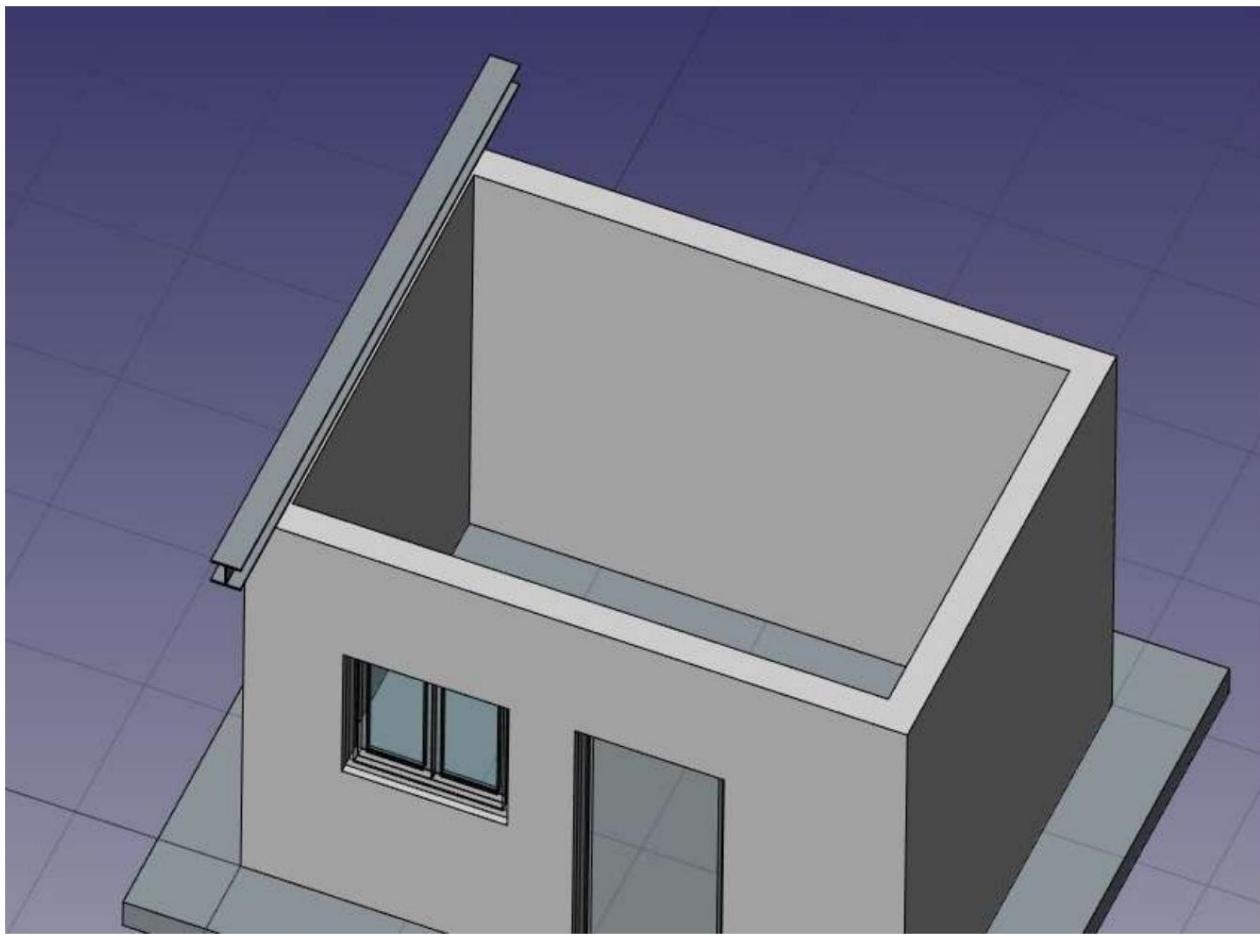
- Установите [рабочую плоскость](#) Создать
- [прямоугольник](#) в плоскости XY Имея длину 5 м, высоту 4 м, разместите его в точке с координатами x: -0,5 м, у: -0,5 м, z: 0.
- Выберите [прямоугольник](#).
- Щелкните по [структуре](#). Инструмент для создания плиты из
- [прямоугольника](#). Установите свойство высоты плиты на 0,2 м, а направление нормали — на (0,0,-1), поскольку мы хотим, чтобы она выдавливалась вниз. Мы могли бы просто переместить её на 0,2 м вниз, но всегда лучше оставлять выдавливаемые объекты на том же месте, что и их базовый профиль.
- Установите свойство Role для плиты в значение slab. В FreeCAD это не обязательно, но важно для экспорта в IFC, поскольку это гарантирует экспорт объекта с правильным типом IFC.



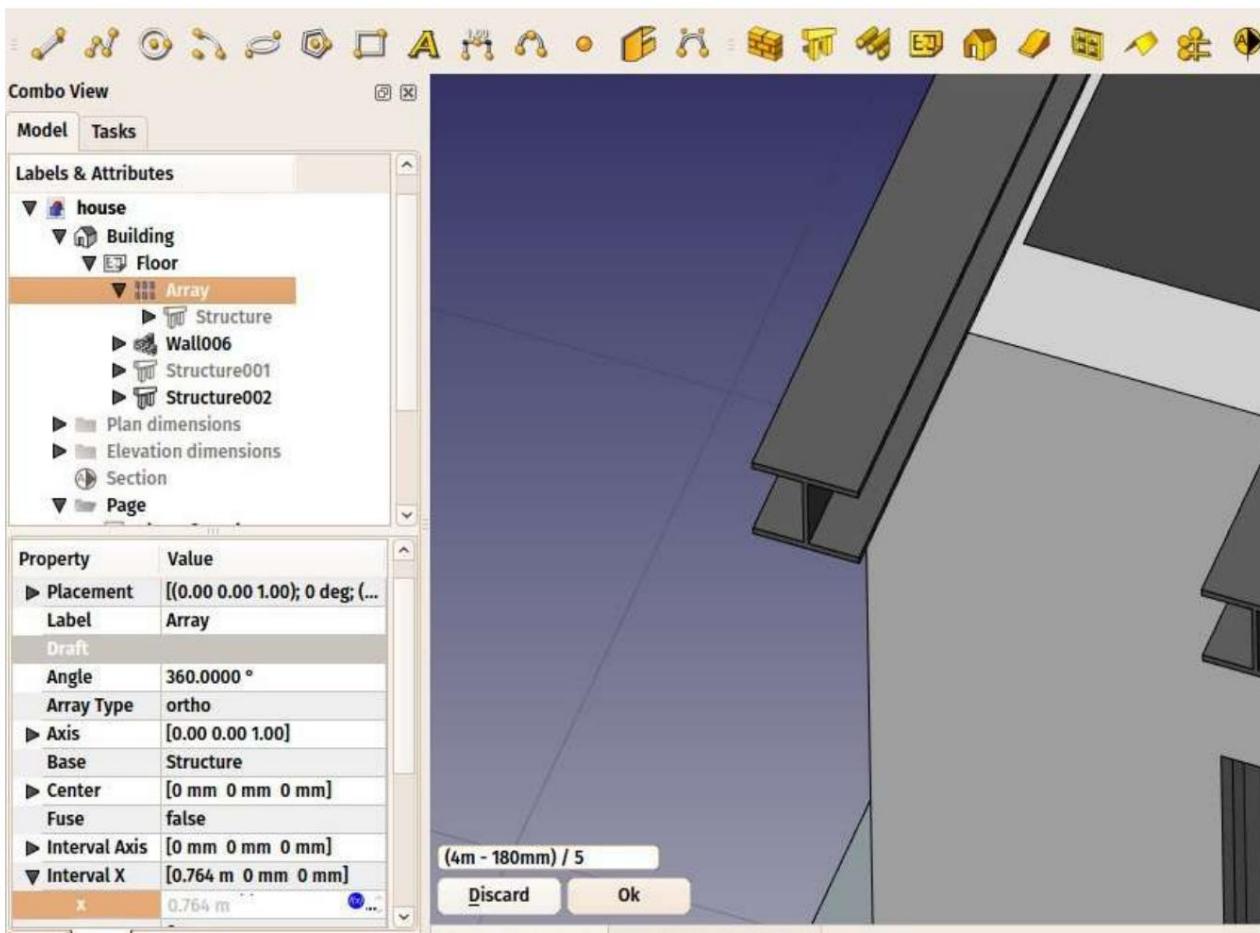
- Теперь воспользуемся одним из готовых вариантов конструкции, чтобы создать металлическую балку. Щёлкните по выбранной [конструкции](#). Нажмите кнопку, выберите предустановку HEB 180 и установите высоту 4 м. Разместите его где угодно:



- Отрегулируйте его положение , установив угол поворота на 90° по оси (1,0,0) и координаты x:90 мм, y:3,5 м, z:3,09 м. Это позволит расположить балку точно на одной из боковых стен:



- Теперь нам нужно несколько раз продублировать этот луч. Мы могли бы сделать это по одному разу, используя [клон](#). инструмент, но есть способ получше — сделать все копии сразу, используя множество:
 - Выберите луч
 - Нажмите на [Массив](#)
 - Установите свойство NumberX массива равным 6, а значения Y и Z оставьте равными
 - 1. Разверните свойство IntroduceX и нажмите на значок выражения справа от поля X. Откроется [редактор выражений](#):

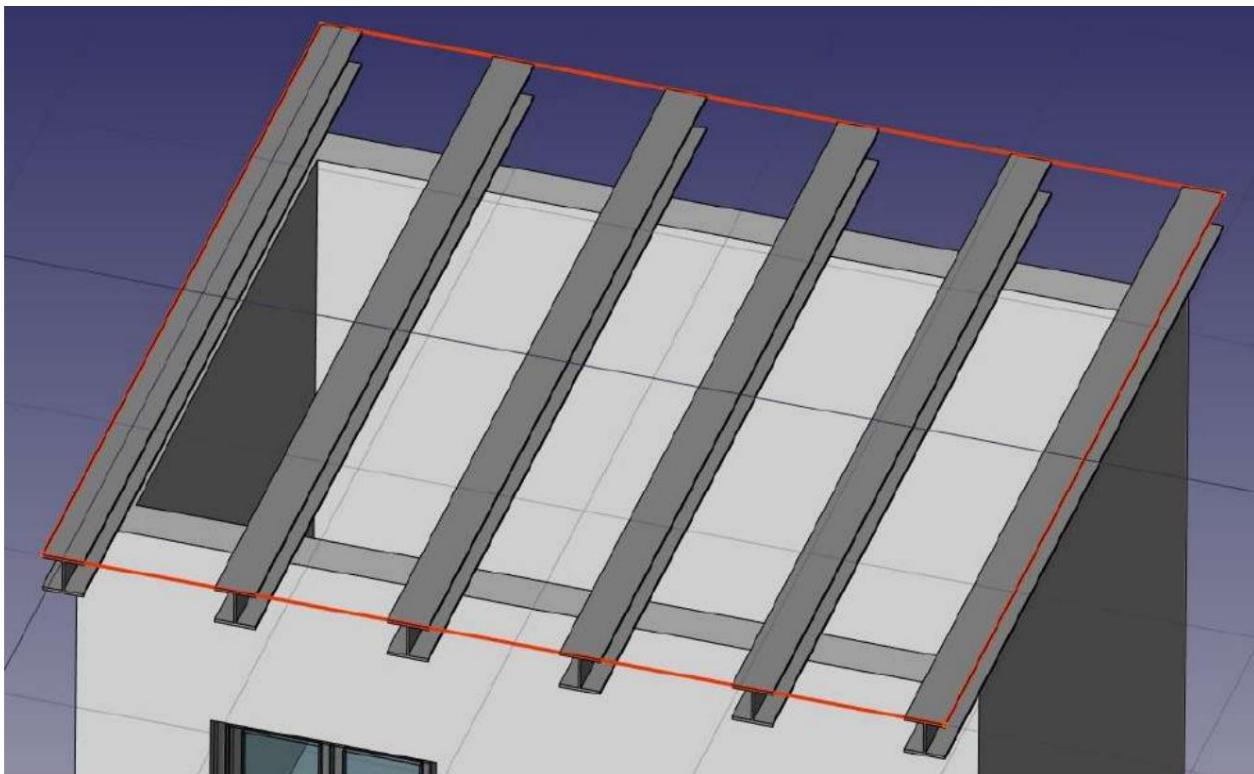


- В поле выражения введите $(4\text{м}-180\text{мм})/5$ и нажмите OK. Это установит значение x равным 0,764 (4м — это общая длина нашей передней стены, 180 мм — ширина балки, поэтому она называется HEB180, и нам нужно, чтобы расстояние между балками составляло пятую часть этого расстояния):



- Теперь мы можем легко построить простую плиту поверх них, нарисовав прямоугольник прямо на верхней плоскости балок. Выберите верхнюю грань одной из балок.

- Нажмите на  кнопка. Теперь рабочая плоскость установлена на эту грань.
- Создайте , привязка к двум противоположным точкам пограничных балок:

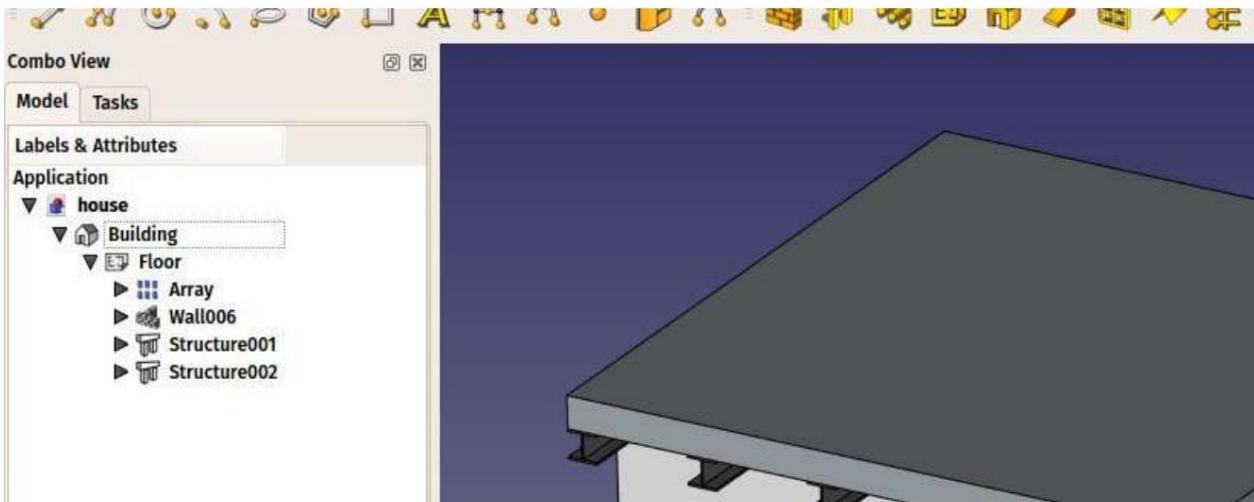


- Выберите прямоугольник.
- Щелкните по  кнопку. Нажмите кнопку и создайте плиту высотой 0,2 м.

Вот и все, наша модель готова. Теперь нам нужно организовать ее так, чтобы она корректно экспорттировалась в формат IFC. Формат IFC требует, чтобы все объекты здания находились внутри объекта здания и, при необходимости, внутри этажа. Он также требует, чтобы все здания были размещены на участке, но экспортер IFC в FreeCAD автоматически добавит участок по умолчанию, если это необходимо, поэтому нам не нужно добавлять его здесь.

- Выберите две плиты, стену и ряд балок.
- Нажмите на  кнопка
- Выберите этаж, который мы только что создали.
- Нажмите на  кнопка

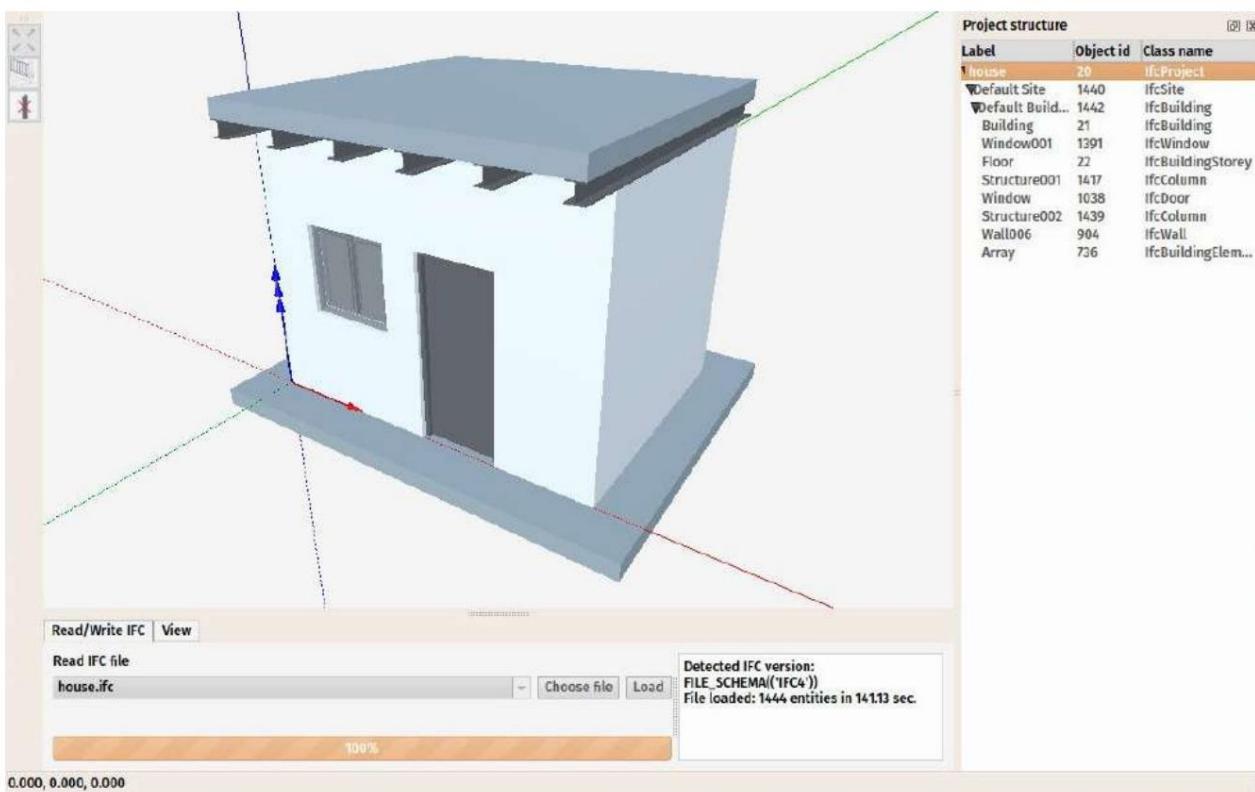
Наша модель теперь готова к экспорту:



Формат IFC Это один из самых ценных ресурсов в мире свободного BIM, поскольку он позволяет обмениваться данными между любым приложением и участниками строительной отрасли открытым способом (формат открытый, бесплатный и поддерживается независимым консорциумом). Экспорт ваших BIM-моделей в формате IFC гарантирует, что любой сможет просмотреть и проанализировать их, независимо от используемого приложения.

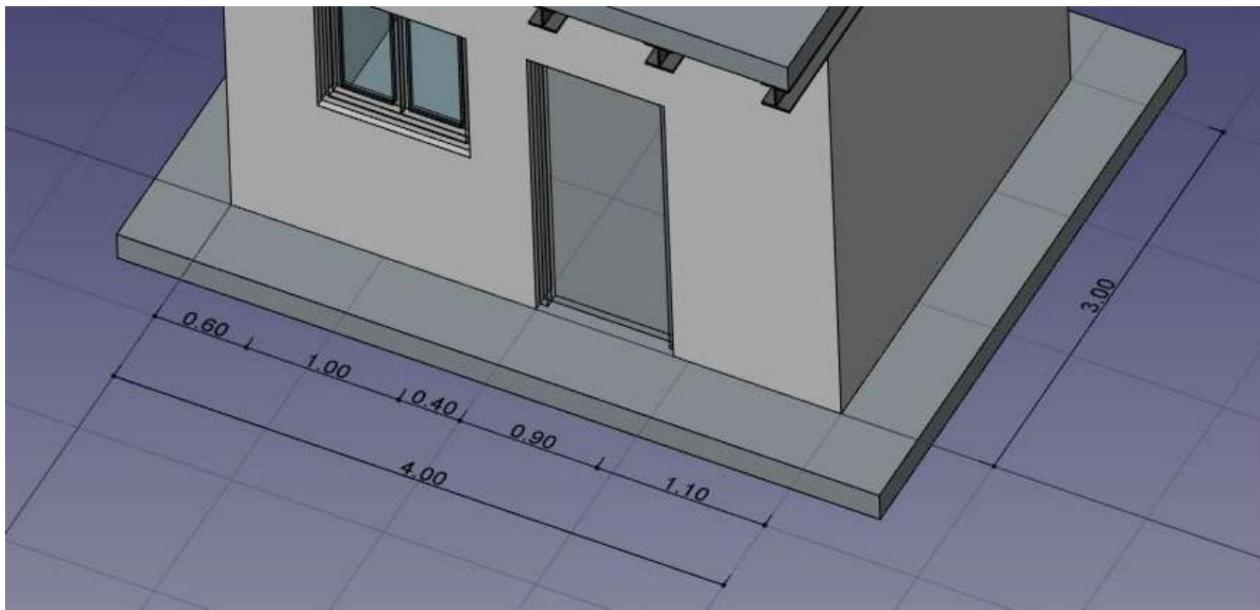
В FreeCAD импорт и экспорт файлов IFC осуществляется посредством взаимодействия с другой программой, называемой [IfcOpenShell](#). Для экспорта в формат IFC из FreeCAD используется библиотека [IfcOpenShell-python](#). Пакет должен быть установлен в вашей системе. Убедитесь, что вы выбрали тот, который использует ту же версию Python, что и FreeCAD. Версия Python, используемая FreeCAD, указывается при открытии панели «Вид» -> «Панели» -> «Консоль Python» в FreeCAD. После этого мы можем экспортировать нашу модель:

- Выберите верхний объект, который хотите экспортировать, то есть объект «Здание».
- Выберите в меню Файл -> Экспорт -> Базовые отраслевые курсы и сохраните файл.
- Полученный IFC-файл теперь можно открыть в широком спектре приложений и программ для просмотра (на изображении ниже показан файл, открытый в бесплатной программе [IfcPlusPlus](#)). Программа просмотра файлов. Перед распространением файла другим лицам важно проверить его в такой программе просмотра, чтобы убедиться в корректности всех содержащихся в файле данных. Для повторного открытия полученного IFC-файла можно также использовать саму программу FreeCAD.

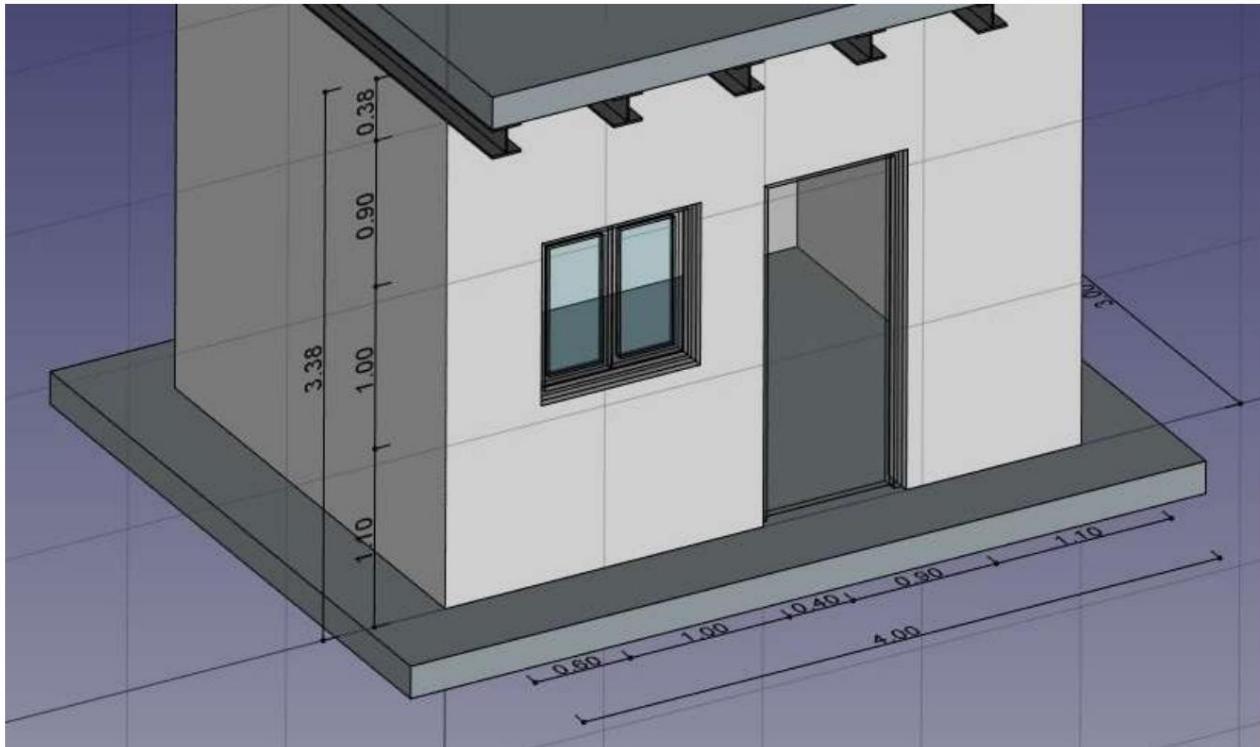


Теперь перейдем к нанесению размеров. В отличие от [предыдущей главы](#), где мы наносили все размеры непосредственно на чертежный лист, здесь мы воспользуемся другим методом и разместим [размеры чертежа](#) непосредственно в 3D-модели. Затем эти размеры будут размещены на чертежном листе. Сначала мы создадим две группы для размеров: одну для размеров, которые будут отображаться на плане, и другую для размеров, которые будут отображаться на фасаде.

- Щелкните правой кнопкой мыши документ «дом» в древовидном представлении и создайте две новые группы: «Размеры плана» и «Размеры фасада».
- Установите [рабочую плоскость](#) в плоскости XY. Убедитесь в наличии [ограничения](#). Функция привязки включена, поэтому все, что вы рисуете, остается на рабочей плоскости.
- Начертите несколько [размеров](#). Например, как показано на изображении ниже. Нажатие клавиш Shift и Ctrl при привязке размерных точек предоставит вам дополнительные параметры.

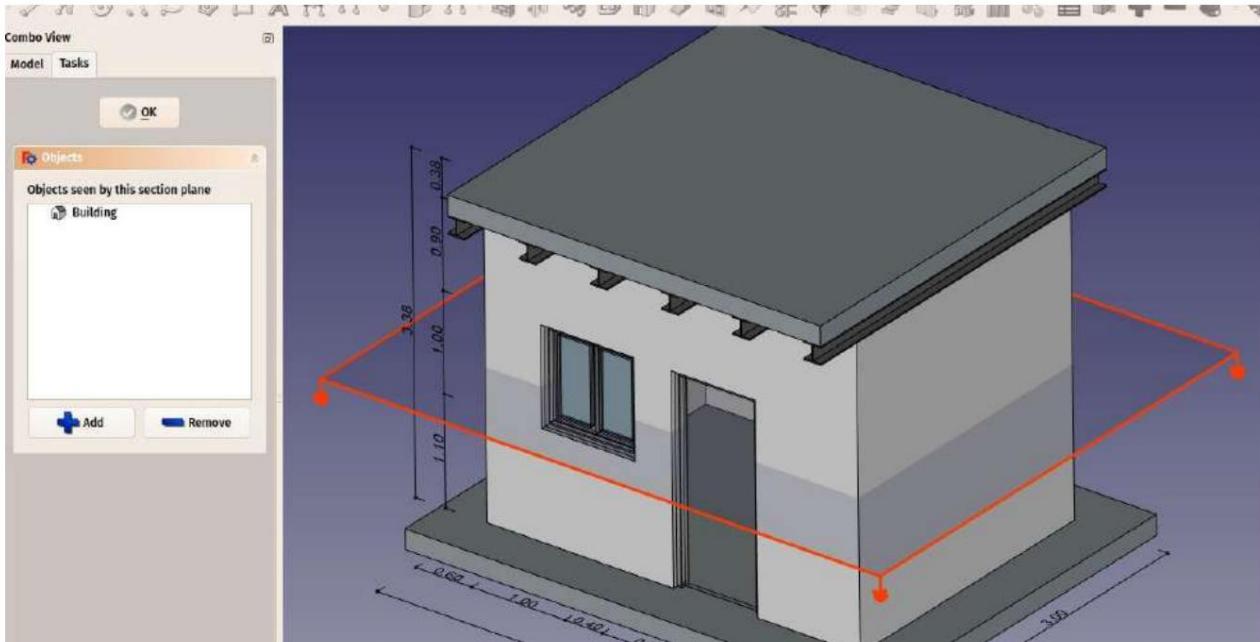


- Выделите все размеры и перетащите их в группу «Размеры плана» в древовидном представлении.
- Установите рабочую плоскость к плоскости XZ , то есть к фронтальной вертикальной плоскости.
- Повторите операцию, нарисуйте пару размеров и поместите их в группу размеров фасада .

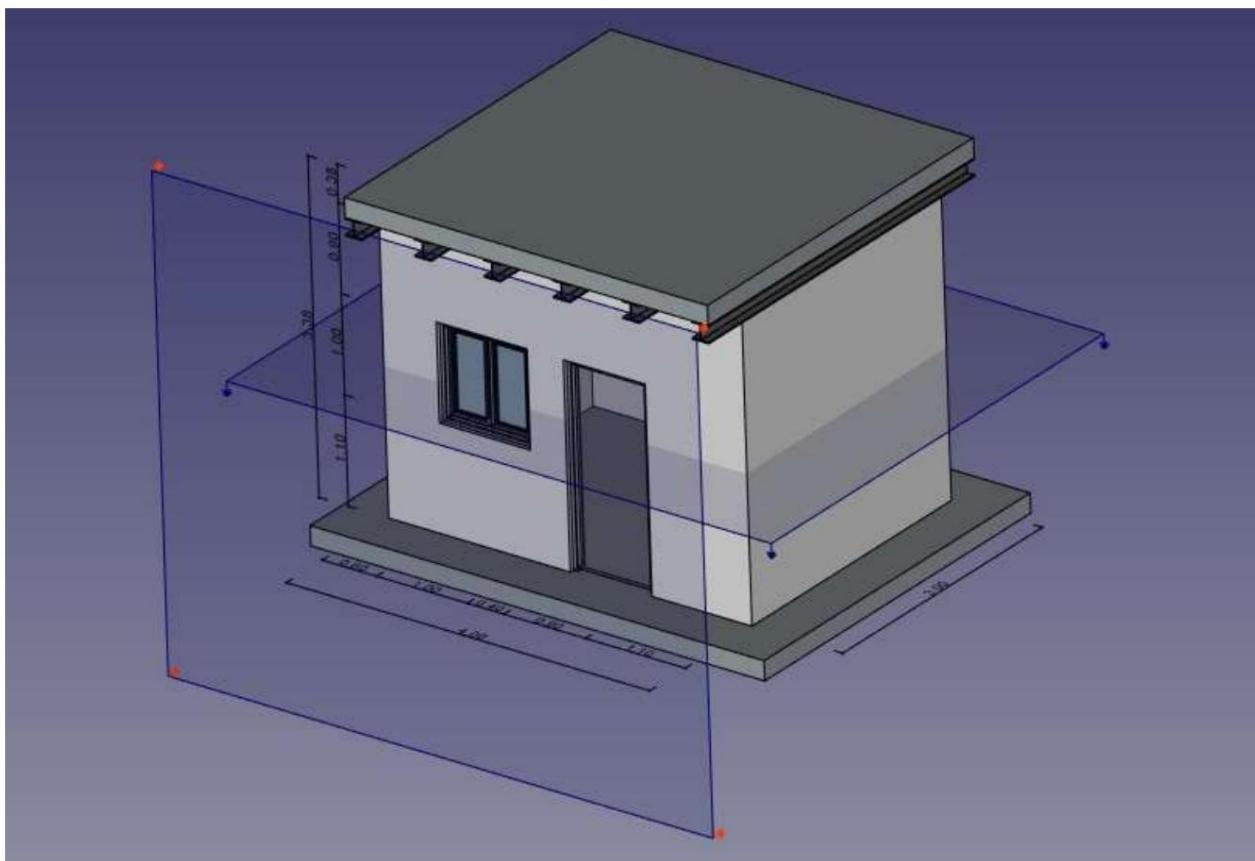


Теперь мы подготовим набор видов нашей модели, которые будут размещены на странице чертежа. Мы можем сделать это с помощью инструментов из рабочей области чертежа, как мы видели в предыдущей главе, но рабочая область архитектуры также предлагает универсальный расширенный инструмент для создания планов, разрезов и фасадов, называемый « Плоскость разреза». Теперь добавим две такие плоскости сечения, чтобы создать план и вид сбоку.

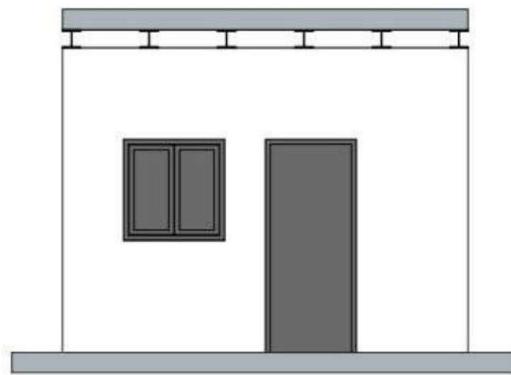
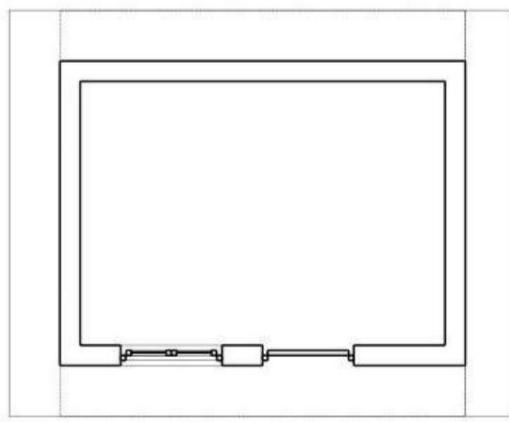
- Выберите объект «здание» в древовидном представлении.
- Нажмите на **секущую плоскость** кнопка.
- Установите свойство Display Height на 5 м, свойство Display Length на 6 м, чтобы оно охватывало наш дом (это необязательно, но будет выглядеть лучше, так как будет естественно видно, для чего он используется), а свойство Placement — на координатах x: 2 м, y: 1,5 м, z: 1,5 м.
- Чтобы просмотреть список объектов, учитываемых плоскостью сечения, дважды щелкните по ней в древовидном представлении. Плоскости сечения отображают только указанные объекты модели, а не все. Список объектов, учитываемых плоскостью сечения, можно изменить здесь.



- Повторите операцию, чтобы создать еще одну плоскость сечения, задайте ей ту же длину и высоту отображения, а также следующие параметры размещения: положение: x:2 м, y:-2 м, z:1,5 м, угол: 90°, оси: x:1, y:0, z:0. Убедитесь, что эта новая плоскость сечения также учитывает объект здания.



- Теперь у нас есть все необходимое, и мы можем создать страницу чертежа. Для начала переключитесь на [рабочую область чертежа](#). и создать новую страницу формата А3 по умолчанию. (или [выберите другой шаблон](#), если хотите).
- Выберите первую плоскость сечения, используемую для вида сверху.
- Нажмите «[Вид](#) [Чертежа](#)». Кнопка. Этот инструмент предлагает несколько дополнительных функций по сравнению со стандартным [режимом просмотра чертежа](#). инструмент, поддерживающий плоскости сечения из Arch Workbench.
- Присвойте новому представлению следующие свойства:
 - X: 50
 - Y: 140
 - Шкала: 0,03
 - Толщина линии: 0,15
 - Показать кадры в реальности
 - Показать заливку: True
- Выберите другую плоскость сечения и создайте новый чертеж со следующими свойствами:
 - X: 250
 - Y: 150
 - Шкала: 0,03
 - Визуализация: Сплошной



DESIGNED BY:	AUTHOR NAME DATE:	TITLE SUBTITLE	SHEET	I
SHEKED BY:	SUPERVISOR NAME DATE:			H
CHECK DATE: REZ:	CHECK DATE: REZ:	A3 SCALE	DRAWING NUMBER: DRAFT	G
				F
REZ:		F E D C	SHEET	E
				D

Теперь мы создадим еще два черновых варианта отображения, по одному для каждой группы измерений.

- Выберите группу «Размеры плана».
- Нажмите «Черновой режим» . Кнопка.
- Присвойте новому представлению следующие свойства:
 - X: 50
 - Y: 140
 - Шкала: 0,03
 - Толщина линии: 0,15
 - Размер шрифта: 10 мм
- Повторите операцию для другой группы со следующими настройками:
 - X: 250
 - Y: 150
 - Масштаб: 0,03
 - Толщина линии: 0,15
 - Размер шрифта: 10 мм
 - Направление: 0, -1, 0
 - Поворот: 90°

Наша страница готова, и мы можем экспортить её в форматы SVG или DXF, а также распечатать. Формат SVG позволяет открывать файлы в таких графических редакторах, как [Inkscape](#). С помощью этого формата вы можете быстро улучшить технические чертежи и превратить их в гораздо более качественные презентационные материалы. Он предлагает гораздо больше возможностей, чем формат DXF.

Загрузки

- Файл, созданный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/house.FCStd>
- Файл IFC, экспортенный из указанного выше файла: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/house.ifc>
- SVG-файл, экспортенный из указанного выше файла: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/house.svg>

Читать далее

- Рабочая среда Arch: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Arch_Module Рабочая плоскость
- чертежа: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_SelectPlane
Настройки привязки
- чертежа : http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Draft_Snap Система выражений: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Expressions> Формат IFC: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes IfcOpenShell: <http://ifcopenshell.org/> IfcPlusPlus: <http://ifcplusplus.com/> Inkscape: <http://www.inkscape.org>
-

Использование электронных таблиц

В FreeCAD есть еще один интересный рабочий стол, который стоит изучить: [рабочий стол для работы с электронными таблицами](#).

Эта рабочая среда позволяет создавать [электронные таблицы](#), например, созданные с помощью [Excel](#) или [LibreOffice](#). Встраивайте данные непосредственно в FreeCAD. Затем эти электронные таблицы можно заполнить данными, извлеченными из вашей модели, а также выполнить ряд вычислений между значениями. Электронные таблицы можно экспортить в файлы CSV, которые затем можно импортировать в любое другое приложение для работы с электронными таблицами.

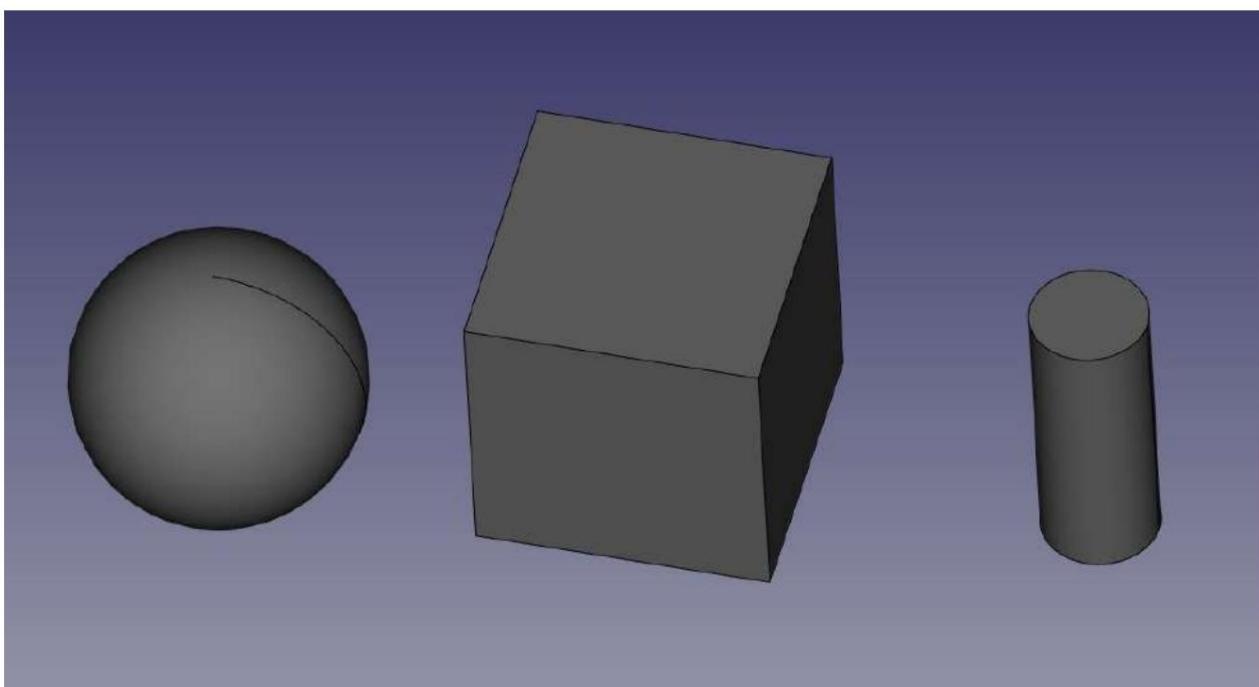
Однако в FreeCAD электронные таблицы обладают дополнительной функцией: их ячейки могут получать имена, на которые затем можно ссылаться из любого поля, поддерживаемого механизмом [выражений](#). Это превращает электронные таблицы в мощные управляющие структуры, где значения, введенные в определенные ячейки, могут определять размеры модели. Следует помнить только об одном: поскольку FreeCAD запрещает циклические зависимости между объектами, нельзя использовать одну и ту же электронную таблицу для установки свойства объекта и одновременного получения значения свойства этого же объекта. Это привело бы к зависимостям между электронной таблицей и объектом.

В следующем примере мы создадим пару объектов и получим некоторые из их свойств.

в электронной таблице, а затем используйте эту электронную таблицу для непосредственного управления свойствами других объектов.

Свойства чтения

- Для начала переключитесь на [рабочий стол для обработки деталей](#). и создать пару объектов: [коробку](#), [цилиндр](#) и [сфера](#).  
- Отредактируйте свойство «Размещение» (или используйте функцию [«Черновое перемещение»](#)) . инструментом) чтобы расположить их немного на расстоянии друг от друга, чтобы мы могли лучше наблюдать за результатами наших действий:

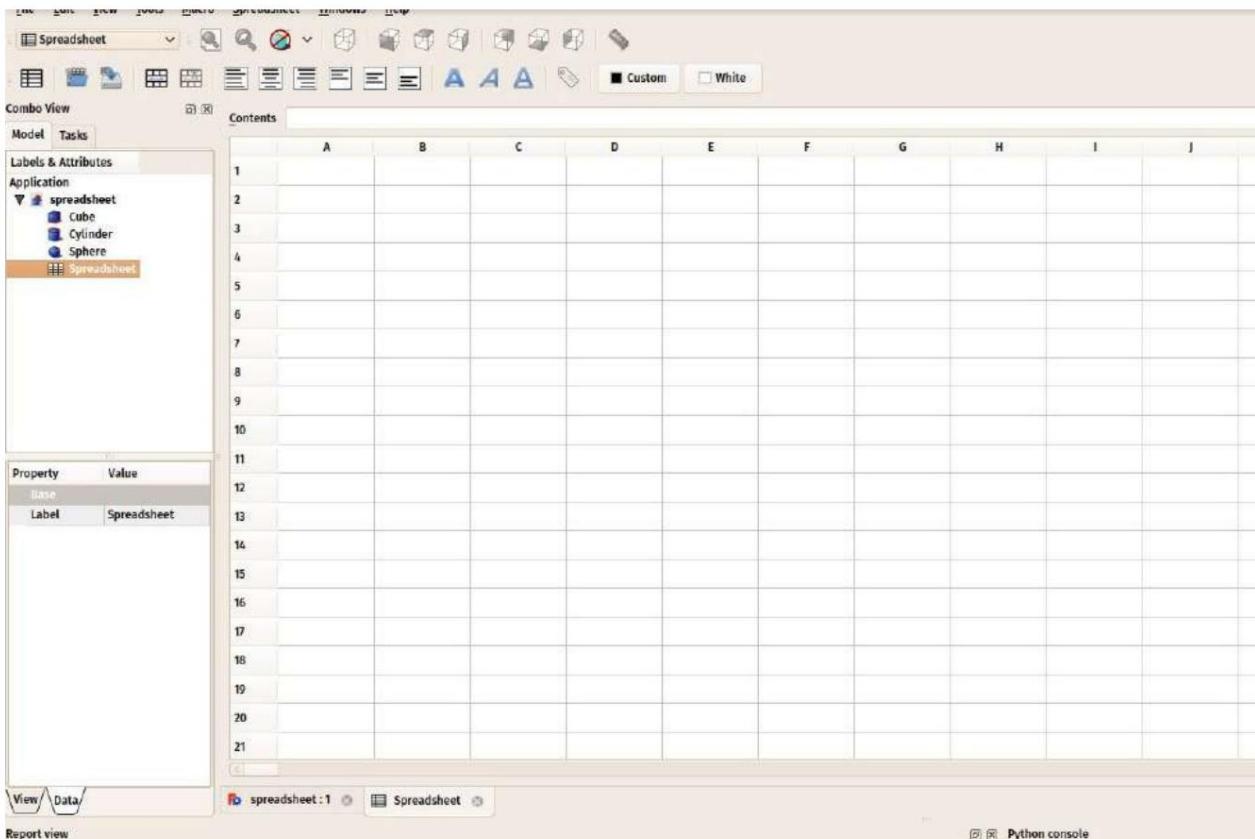


- Теперь давайте извлечём некоторую информацию об этих объектах. Переключимся на [электронную таблицу](#).

Верстак

- Нажмите кнопку «Создать электронную таблицу» .
- Дважды щелкните новый объект «Электронная таблица» в древовидном представлении. Редактор электронных таблиц.

открывается:



Редактор электронных таблиц FreeCAD, хотя и не такой полный и мощный, как более совершенные приложения для работы с электронными таблицами, перечисленные выше, тем не менее, обладает большинством основных инструментов и функций, которые обычно используются, таких как возможность изменения внешнего вида ячеек (размер, цвет, выравнивание), объединение и разделение ячеек, использование формул, таких как $=2+2$, или ссылки. другие ячейки с $=B1$.

В FreeCAD к этим стандартным функциям добавилось еще одно очень интересное: возможность ссылаться не только на другие ячейки, но и на другие объекты документа и получать значения из их свойств. Например, давайте получим пару свойств из 3 объектов, которые мы создали выше. Свойства — это то, что мы видим в окне редактора свойств, на вкладке «Данные», когда объект выбран.

- Начнём с того, что введём пару текстов в ячейки A1, A2 и A3, чтобы потом не забывать, что к чему, например, «Длина куба», «Радиус цилиндра» и «Радиус сферы».

Чтобы ввести текст, просто напишите его в поле «Содержание» над таблицей или дважды щелкните по нему. клетка.

- Теперь давайте получим фактическую длину нашего куба. В ячейке B1 введите `=Cube.Length`. Вы заметите, что в электронной таблице есть механизм автозаполнения, который фактически является

Аналогичен редактору выражений, который мы использовали в предыдущей главе.

- Сделайте то же самое для ячеек B2 (=Радиус цилиндра) и B3 (=Радиус сферы).

	A	B	C	D	E	F
1	Cube Length	10 mm				
2	Cylinder Radius	2 mm				
3	Sphere Radius	=Sp				
4		spreadsheet				
5		Sphere				
6		Spreadsheet				
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

- Хотя эти результаты выражены в единицах измерения, значениями можно манипулировать как любыми числами, например, попробуйте ввести в ячейку C1: =B1*2.
- Теперь мы можем изменить одно из этих значений в редакторе свойств, и изменение немедленно отобразится в электронной таблице. Например, давайте изменим длину нашего куба на 20 мм:

Combo View

Model Tasks

Labels & Attributes

Application

- spreadsheet
- Cylinder
- Sphere
- Spreadsheet
- Cube**

Property Value

Base

► Placement [(0.00 0.00 1.00); ...]

Label Cube

Box

Length 20 mm

Width 10 mm

Height 10 mm

Contents =Cube.Length

	A	B	C	D	E	F
1	Cube Length	20 mm	40 mm			
2	Cylinder Radius		2 mm			
3	Sphere Radius		5 mm			
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

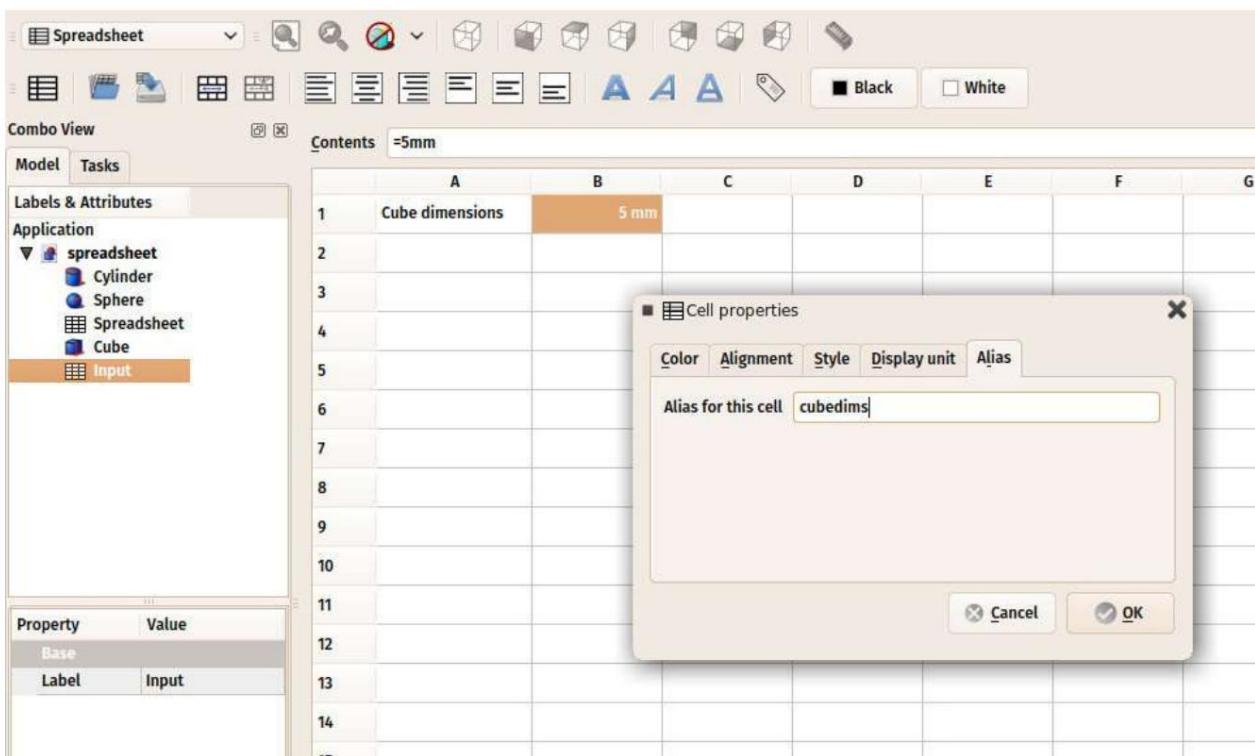
Рабочая среда для электронных [таблиц](#). На этой странице более подробно описаны все возможные операции и функции, которые можно использовать в электронных таблицах.

Свойства письма

Еще одно очень интересное применение инструмента «Рабочая таблица» в FreeCAD — это противоположное тому, что мы делали до сих пор: вместо чтения значений свойств 3D-объектов мы можем также присваивать значения этим объектам. Однако помните одно из основных правил FreeCAD: циклические зависимости запрещены. Поэтому мы не можем использовать одну и ту же электронную таблицу для чтения и записи значений в 3D-объект. Это привело бы к тому, что объект зависел бы от электронной таблицы, которая, в свою очередь, зависела бы от объекта. Вместо этого мы создадим другую электронную таблицу.

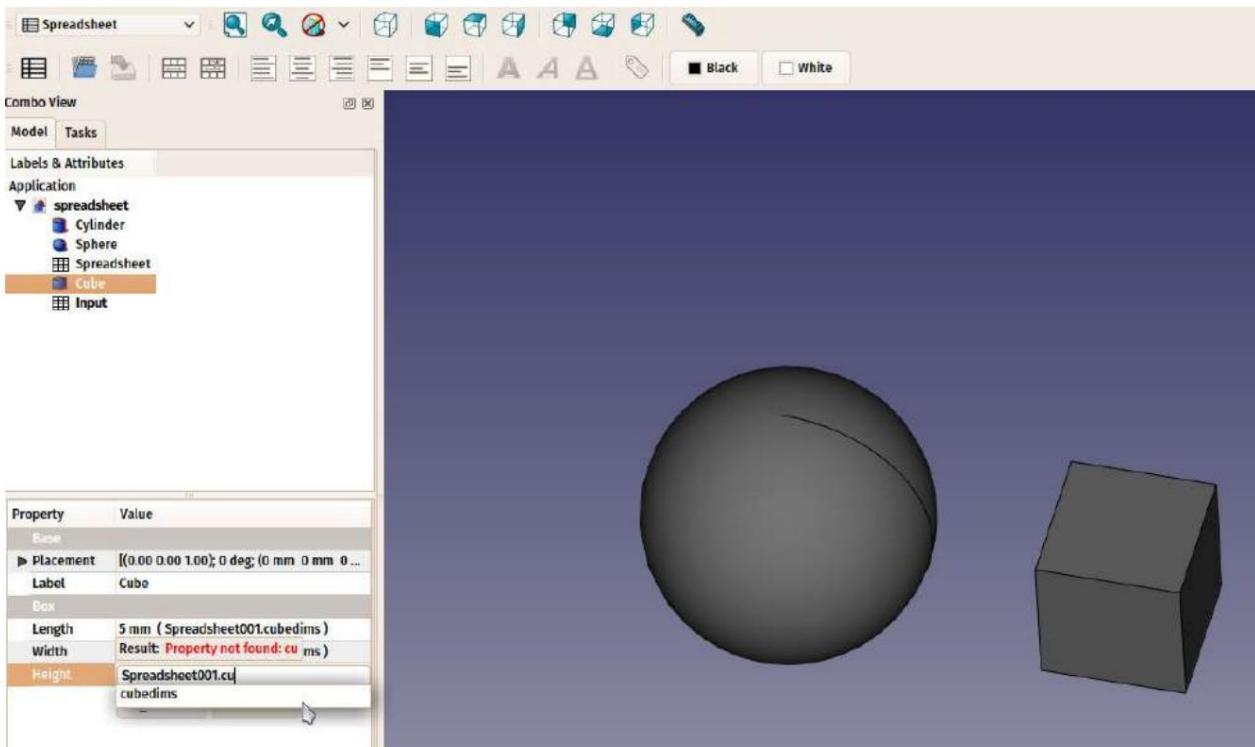
- Теперь мы можем закрыть вкладку электронной таблицы (в режиме 3D-вида). Это необязательно, нет никаких проблем в том, чтобы держать открытыми несколько окон электронных таблиц.
- Снова нажмите кнопку «Создать электронную таблицу» .
- Измените имя новой электронной таблицы на более осмысленное, например, «Ввод» (для этого щелкните правой кнопкой мыши по новому объекту электронной таблицы и выберите «Переименовать»).
- Дважды щелкните по таблице «Ввод данных», чтобы открыть редактор таблиц.
- В ячейку A1 вставим, например, описательный текст: «Размеры куба».
- В ячейке B1 напишите =5 mm (использование знака "=" гарантирует, что значение будет интерпретировано как единица измерения, а не как текст).
- Чтобы использовать это значение вне электронной таблицы, нам нужно присвоить ячейке B1 имя или псевдоним. Щелкните правой кнопкой мыши по ячейкам, выберите «Свойства» и вкладку «Псевдоним» . Присвойте имя ячейке B1.

это название, например, cubedims:

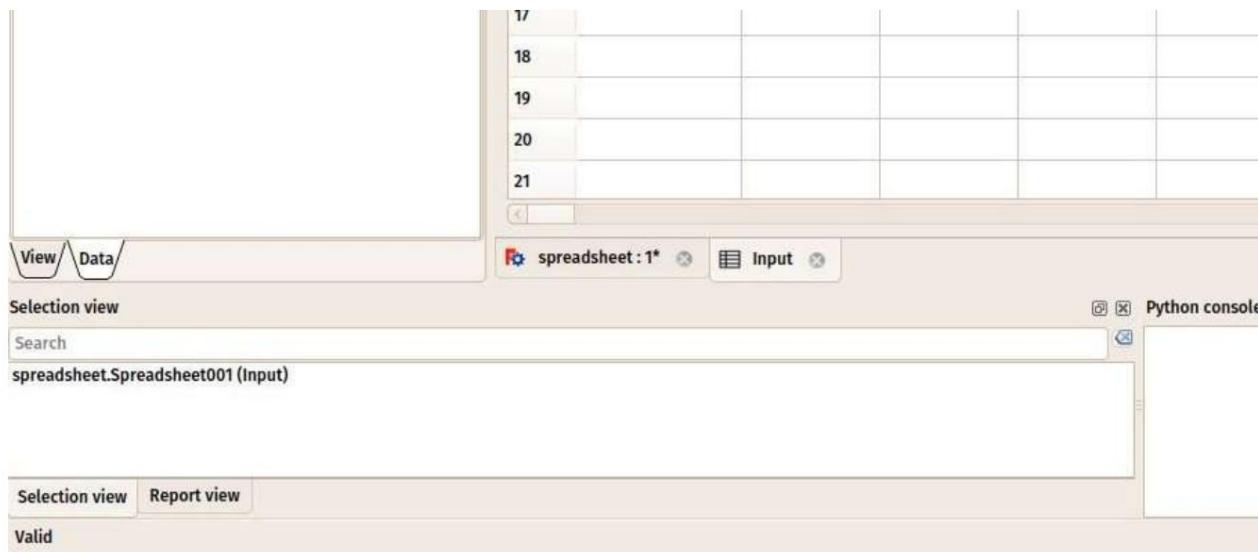


- Нажмите OK, затем закройте вкладку электронной таблицы.
- Выберите таблицу.
- Объект «Куб». В редакторе свойств щелкните значок выражения справа от поля «Длина» . Откроется редактор выражений, где вы можете написать Spreadsheet001.cubedims.

Повторите это для Height и Width:

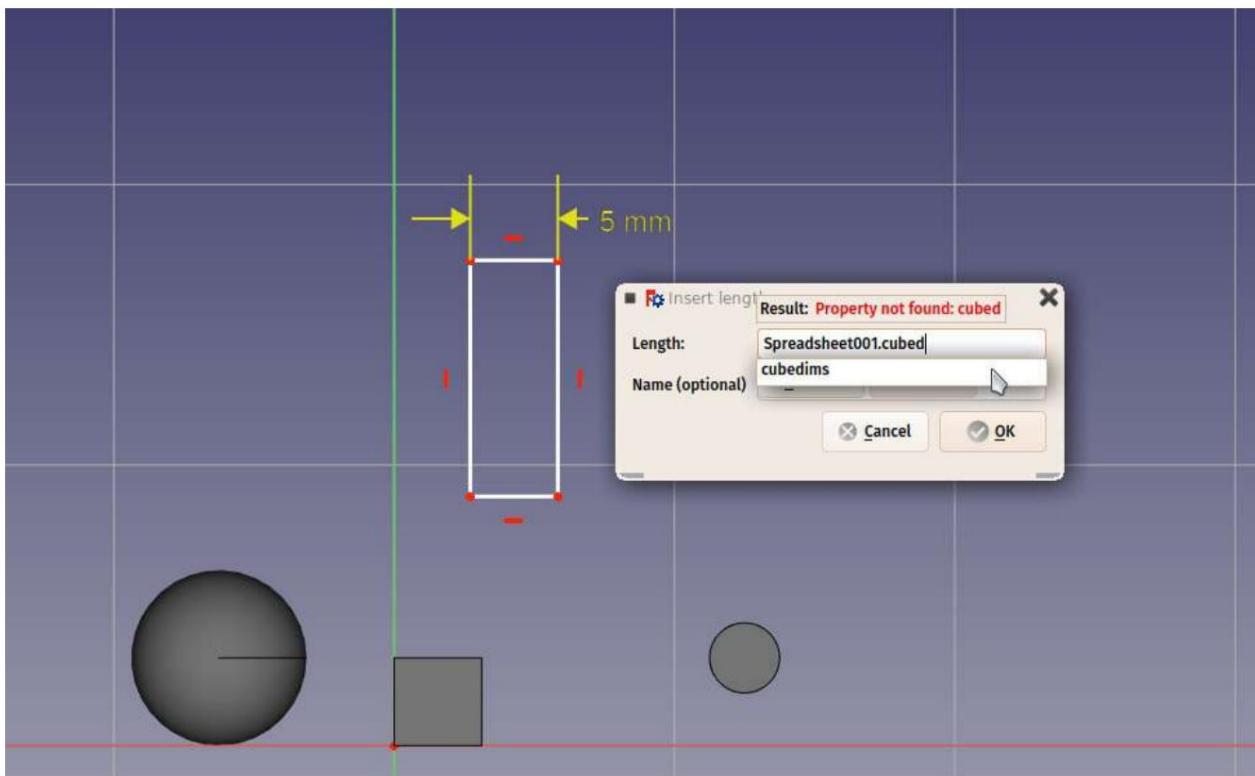


Возможно, вы задаетесь вопросом, почему в приведенном выше выражении нам пришлось использовать "Spreadsheet001" вместо "Input". Это связано с тем, что каждый объект в документе FreeCAD имеет внутреннее имя, уникальное в документе, и метку, которая отображается в древовидном представлении. Если вы снимете соответствующую галочку в настройках, FreeCAD позволит вам присвоить одну и ту же метку нескольким объектам. Именно поэтому все операции, которые должны однозначно идентифицировать объект, будут использовать внутреннее имя вместо метки, которая может обозначать несколько объектов. Самый простой способ узнать внутреннее имя объекта — держать открытой панель выделения (меню Редактировать -> Панели), она всегда будет отображать внутреннее имя выбранного объекта:

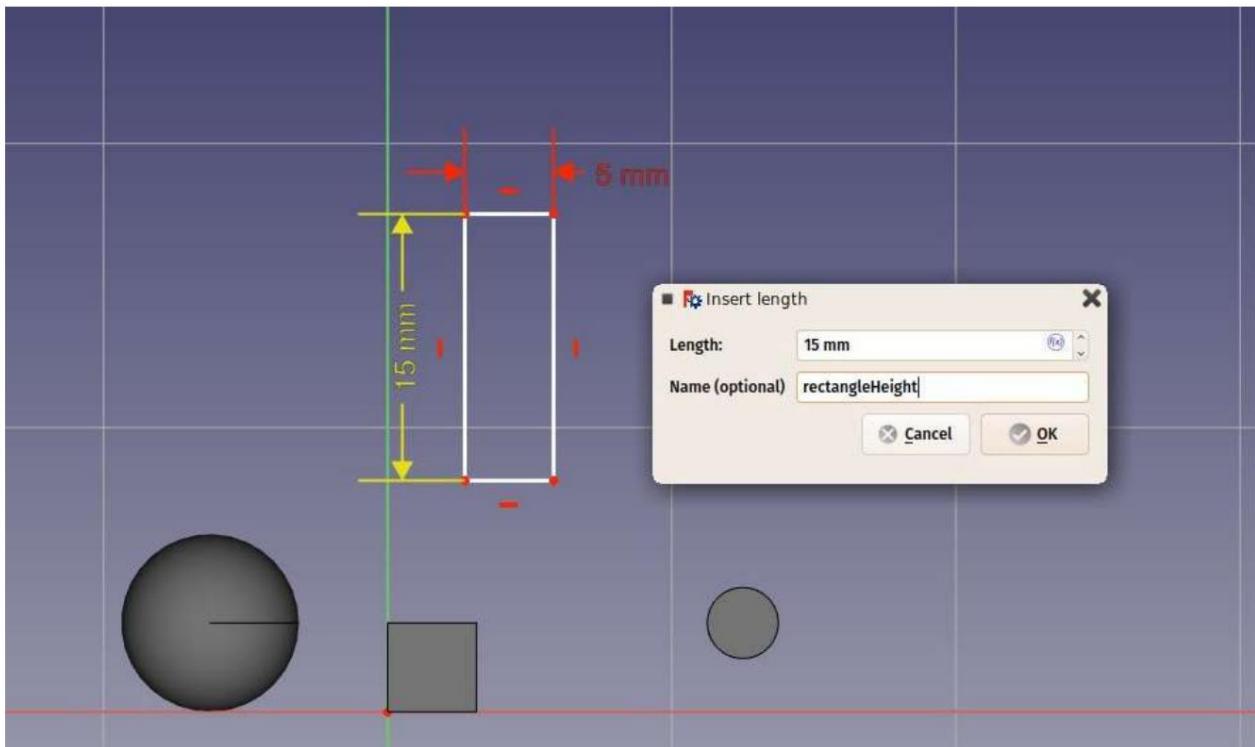


Используя псевдонимы ячеек в электронных таблицах, мы можем хранить «основные значения» в документе FreeCAD. Это можно использовать, например, для создания модели детали определенных размеров и сохранения этих размеров в электронной таблице. После этого становится очень легко создать другую модель с другими размерами: достаточно открыть файл и изменить несколько размеров в электронной таблице.

Наконец, следует отметить, что ограничения внутри эскиза также могут получать значение ячейки электронной таблицы:



Также можно присваивать псевдонимы размерным ограничениям (горизонтальным, вертикальным или пространственным) в эскизе (после чего это значение можно использовать и за пределами эскиза):



Скачать

- Файл, созданный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/spreadsheet.FCStd>

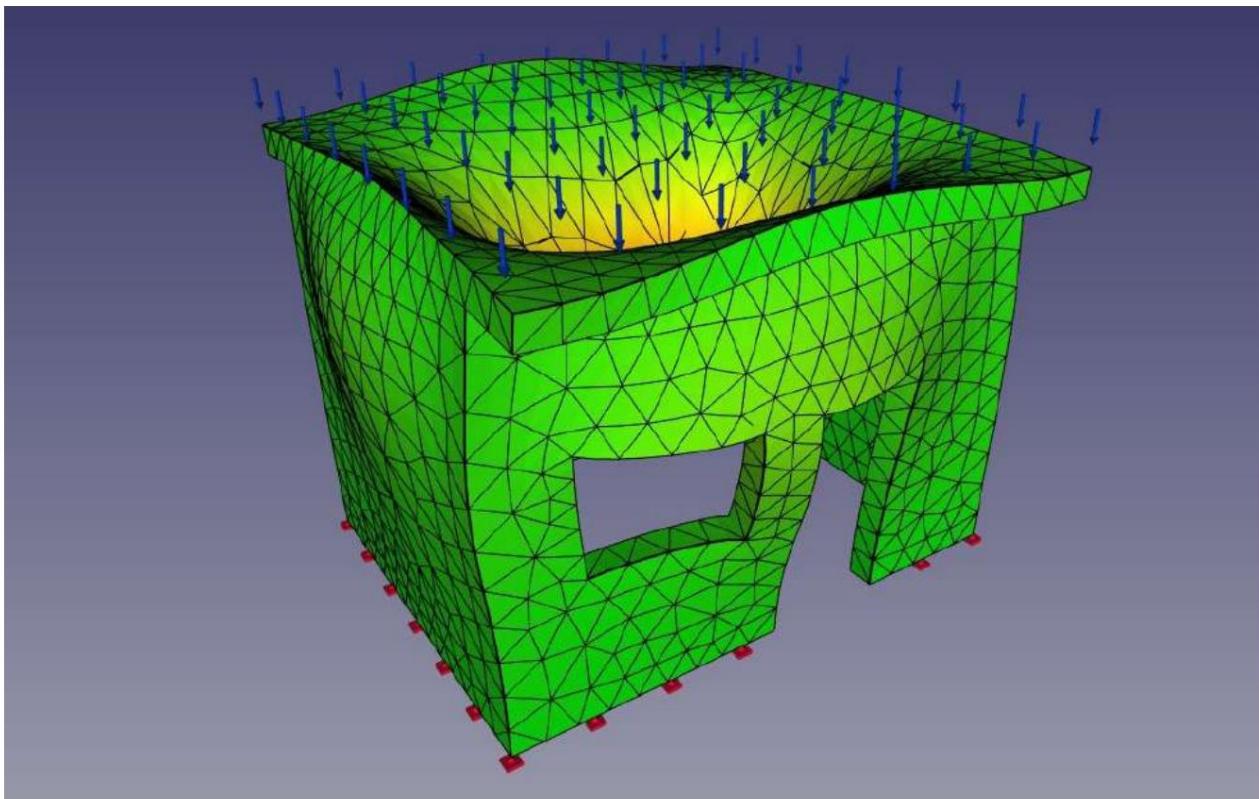
Читать далее

- Инструмент «Рабочая среда электронных таблиц»: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Spreadsheet_Module
- Механизм выражений : <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Expressions>

Создание FEM-анализов

FEM расшифровывается как [метод конечных элементов](#). Это обширная математическая область, но в FreeCAD мы можем кратко описать её как способ расчёта распространения волн внутри трёхмерного объекта, разрезая его на небольшие части и анализируя воздействие каждой такой части на соседние. Это имеет несколько применений в инженерной сфере и электромагнетизме, но здесь мы подробнее рассмотрим одно из уже хорошо разработанных применений в FreeCAD — моделирование деформаций объектов, подвергнутых воздействию сил и весов.

Получение таких результатов моделирования осуществляется в FreeCAD с помощью [FEM Workbench](#). Этот процесс включает в себя несколько этапов: подготовку геометрии, настройку материала, создание сетки (разделение на более мелкие части, как мы делали в главе «[Подготовка объектов для 3D-печати](#)») и, наконец, расчет параметров моделирования.



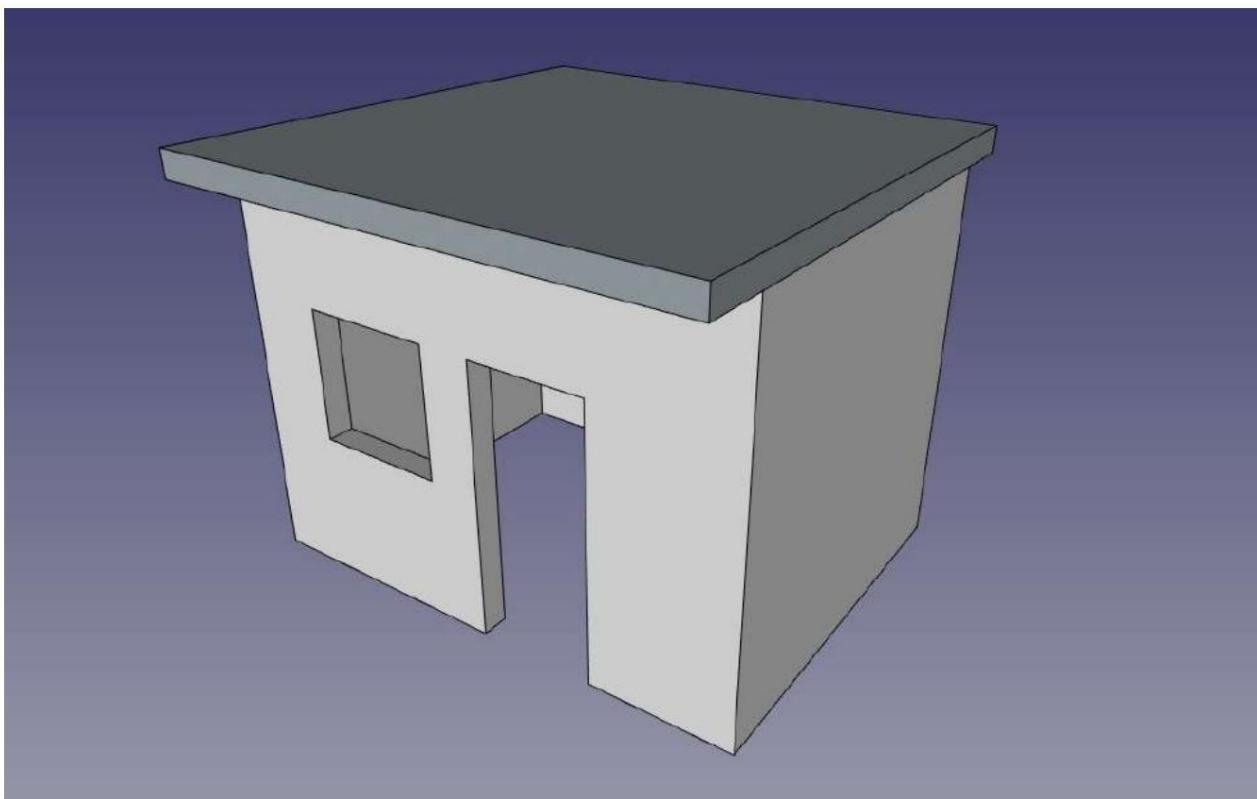
Подготовка FreeCAD

Само моделирование выполняется с помощью другой программы, которую FreeCAD использует для получения результатов. Поскольку существует несколько интересных приложений для моделирования методом конечных элементов с открытым исходным кодом, [FEM Workbench](#) — это именно то, что вам нужно. Была предусмотрена возможность использования более чем одного экземпляра. Однако в настоящее время доступен только [CalculiX](#). Полнотью реализована. Ещё одна программа, называемая [NetGen](#), Также необходим компонент, отвечающий за генерацию сетки подразделения. Подробные инструкции по установке этих двух компонентов приведены в [документации FreeCAD](#).

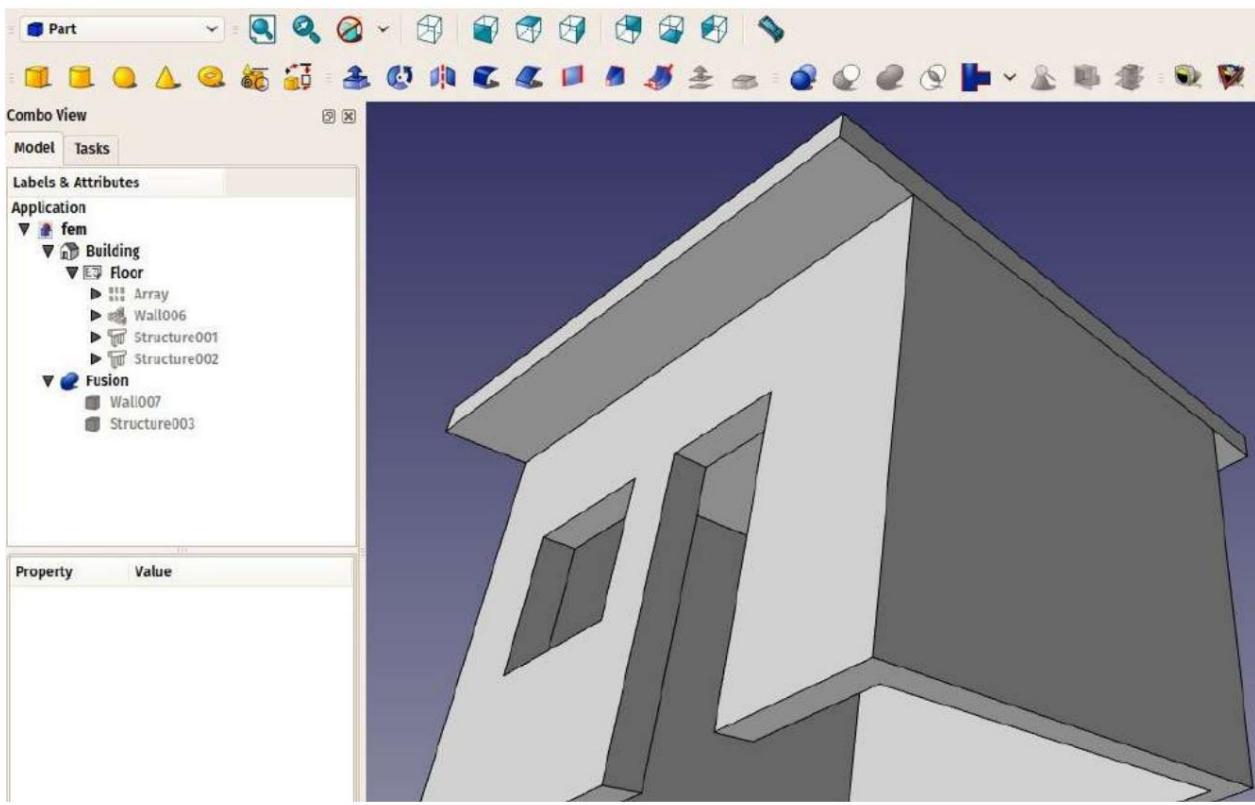
Подготовка геометрии

Начнём с дома, который мы смоделировали в главе [о BIM-моделировании](#). Однако необходимо внести некоторые изменения, чтобы модель подходила для расчётов методом конечных элементов. Это, по сути, включает в себя удаление объектов, которые мы не хотим включать в расчёты, таких как дверь и окно, и объединение всех оставшихся объектов в один.

- Загрузите [модель дома](#) мы смоделировали ранее
- Удалите или скройте объект страницы, плоскости сечения и размеры, чтобы осталась только наша модель.
- Скройте окно, дверь и плиту перекрытия. Также скройте
- металлические балки крыши. Поскольку они сильно отличаются от остальной части дома, мы упростим наши расчеты, не включая их. Вместо этого мы будем считать, что плита перекрытия уложена непосредственно на стену.
- Теперь опустите кровельную плиту так, чтобы она опиралась на стену: отредактируйте объект «Прямоугольник», который мы использовали в качестве основания кровельной плиты, и измените значение в параметре «Размещение» -> «Положение» -> «Х» с 3,18 м на 3,00 м.
- Наша модель теперь чистая:

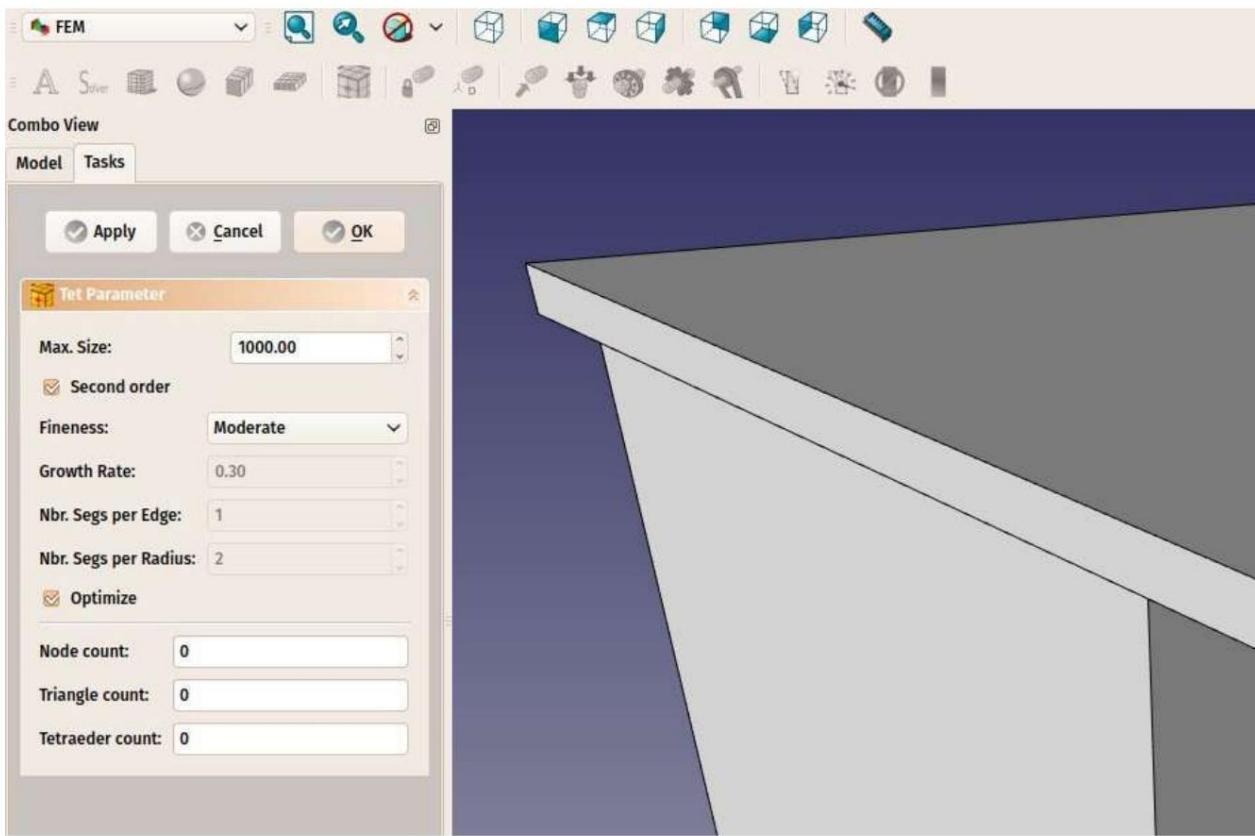


- В настоящее время среда разработки FEM Workbench может рассчитывать деформации только для одного объекта. Следовательно, нам нужно соединить два объекта (стену и плиту). Переключитесь на рабочий стол [деталей](#), выберите два объекта и нажмите кнопку [«Соединить»](#). Теперь у нас есть один слитый объект:

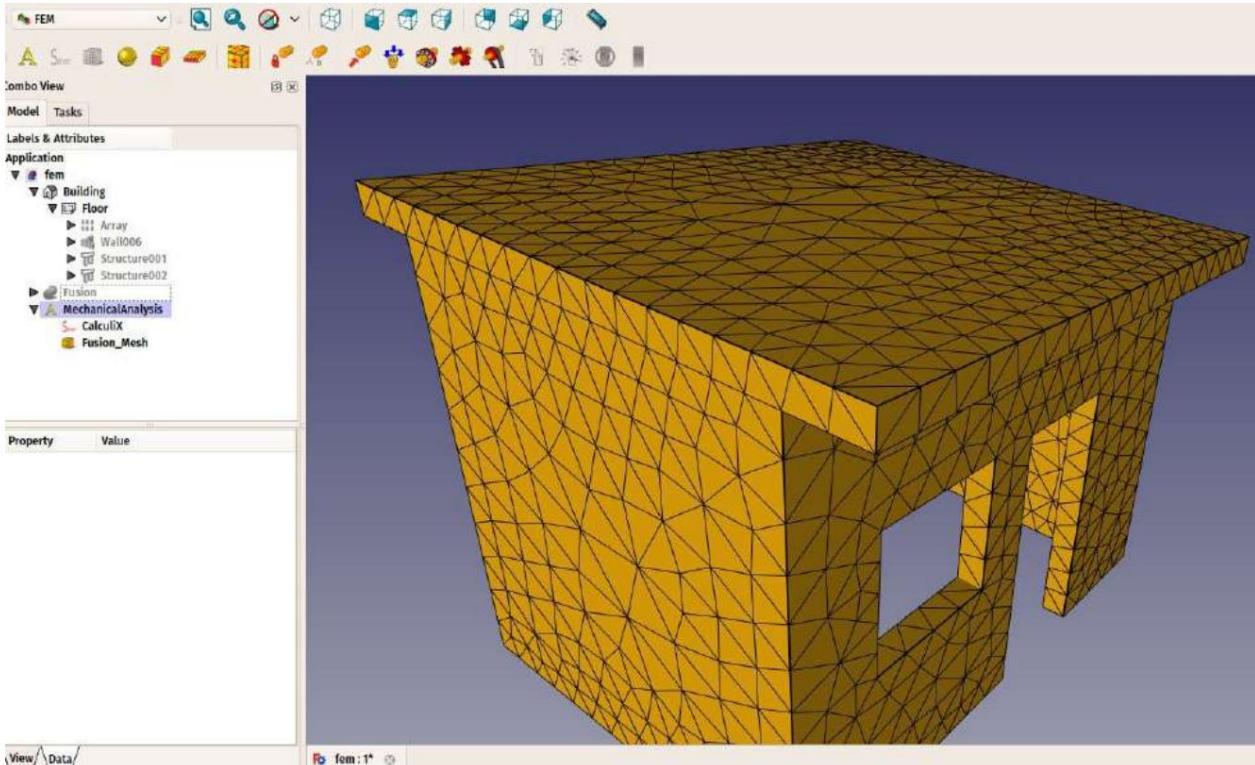


Создание анализа

- Теперь мы готовы начать анализ методом конечных элементов (МКЭ). Переключимся на [рабочую среду МКЭ](#). Выберите объект слияния. Нажмите «Новый анализ».
- Кнопка «Создать новый анализ» откроет панель настроек. Здесь вы можете определить параметры сетки, которые будут использоваться для создания FEM-сетки. Основной параметр для редактирования — «Максимальный размер», который определяет максимальный размер (в миллиметрах) каждого элемента сетки. Пока что мы можем оставить значение по умолчанию — 1000:

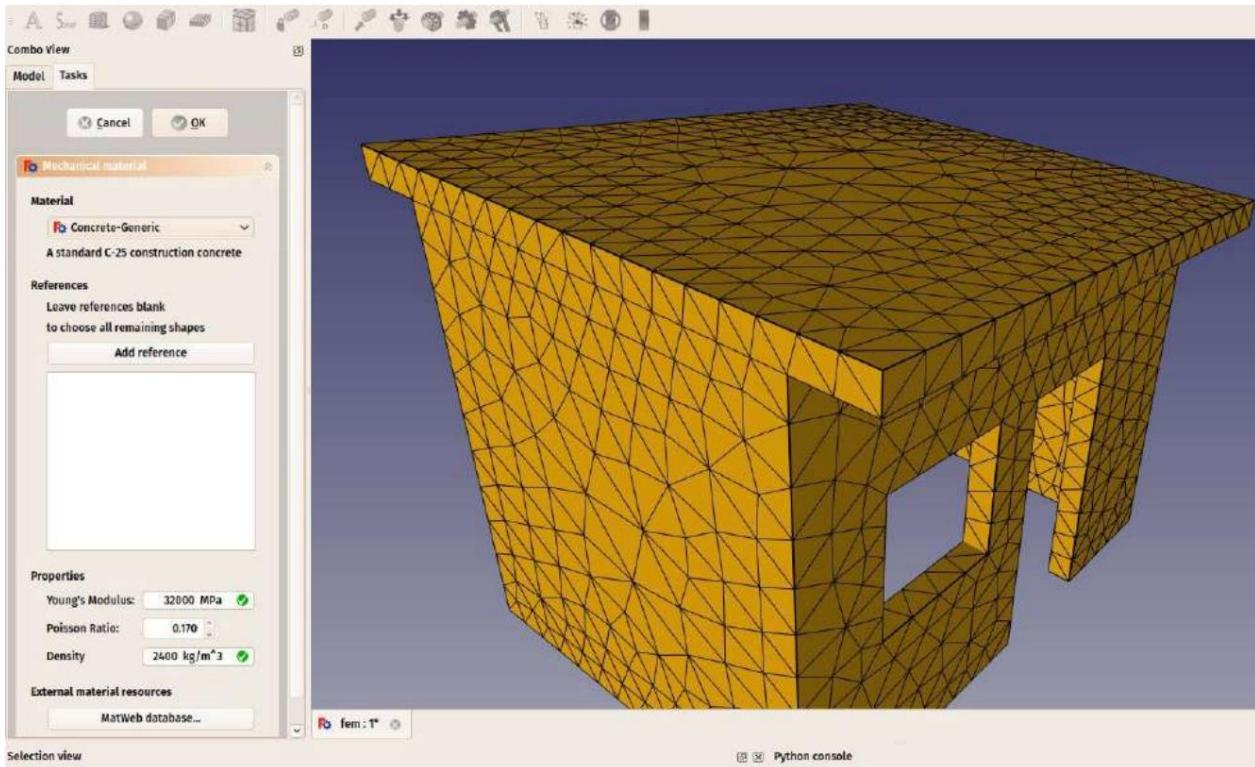


- После нажатия кнопки OK и нескольких секунд вычислений наша FEM-сетка готова:

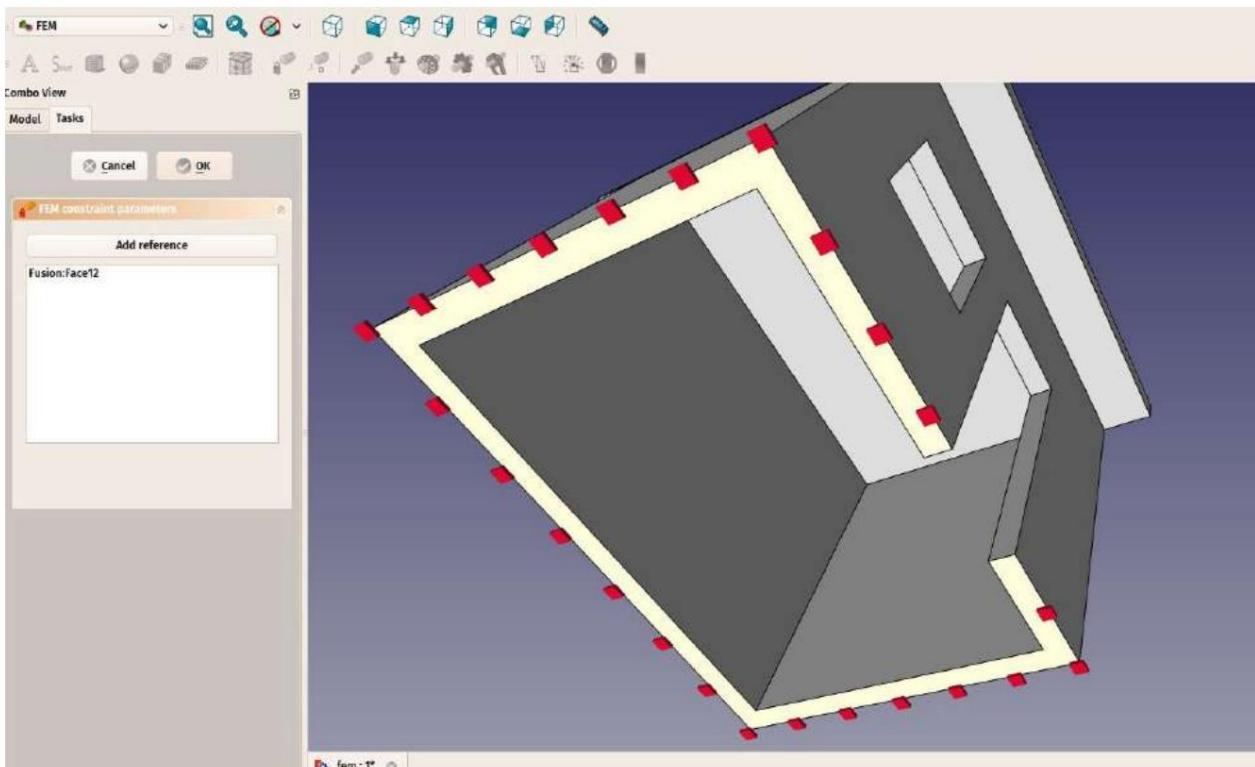


- Теперь мы можем определить материал, который будет применяться к нашей сетке. Это важно, потому что в зависимости от прочности материала наш объект будет по-разному реагировать на приложенные к нему силы. Выберите объект анализа и нажмите «Новый материал» .
- Откроется панель задач, позволяющая выбрать материал. В выпадающем списке «Материал»

Выберите материал "Бетон общего назначения" и нажмите "OK".



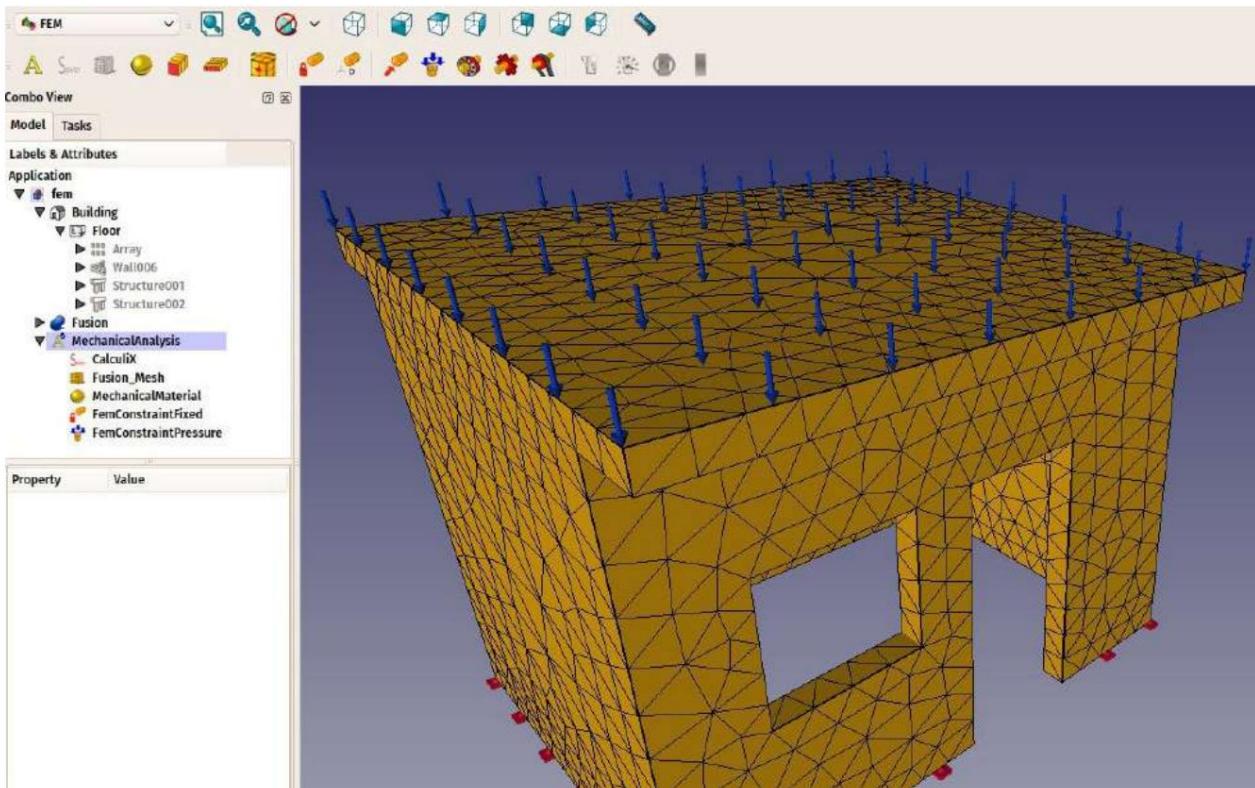
- Теперь мы готовы приложить силы. Начнём с указания того, какие грани закреплены в грунте и, следовательно, не могут двигаться. Нажмите кнопку «Закреплённое ограничение», кнопка.
- Щелкните по нижней грани нашего здания и нажмите OK. Теперь нижняя грань обозначена как неподвижная:



- Теперь добавим нагрузку на верхнюю грань, которая может представлять собой, например, массивную нагрузку.

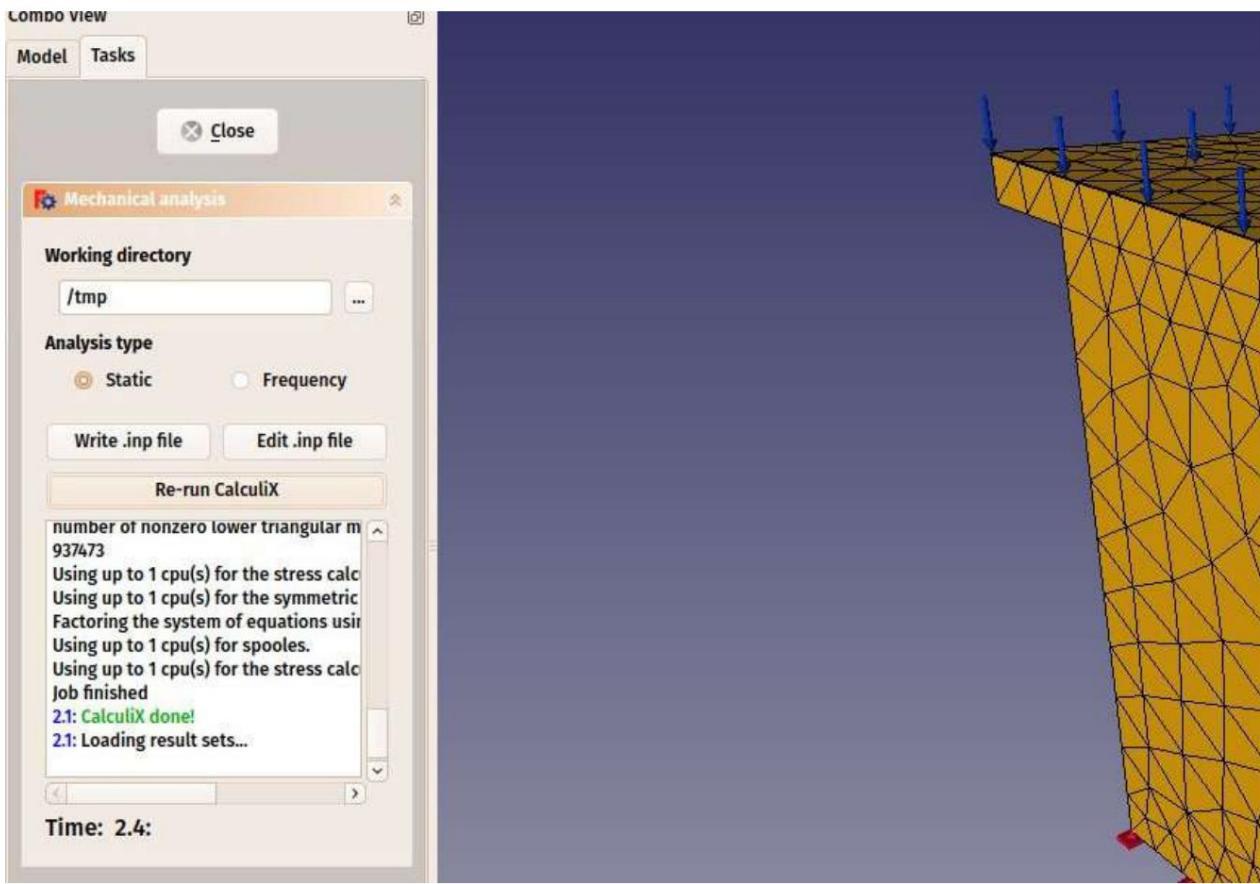
Вес распределяется по крыше. Для этого мы будем использовать ограничение давления. Надавите на  **Ограничение давления** кнопка.

- Щелкните по верхней грани крыши, установите давление на 10 МПа (давление прикладывается на квадратный миллиметр) и нажмите кнопку OK. Теперь наша сила приложена:

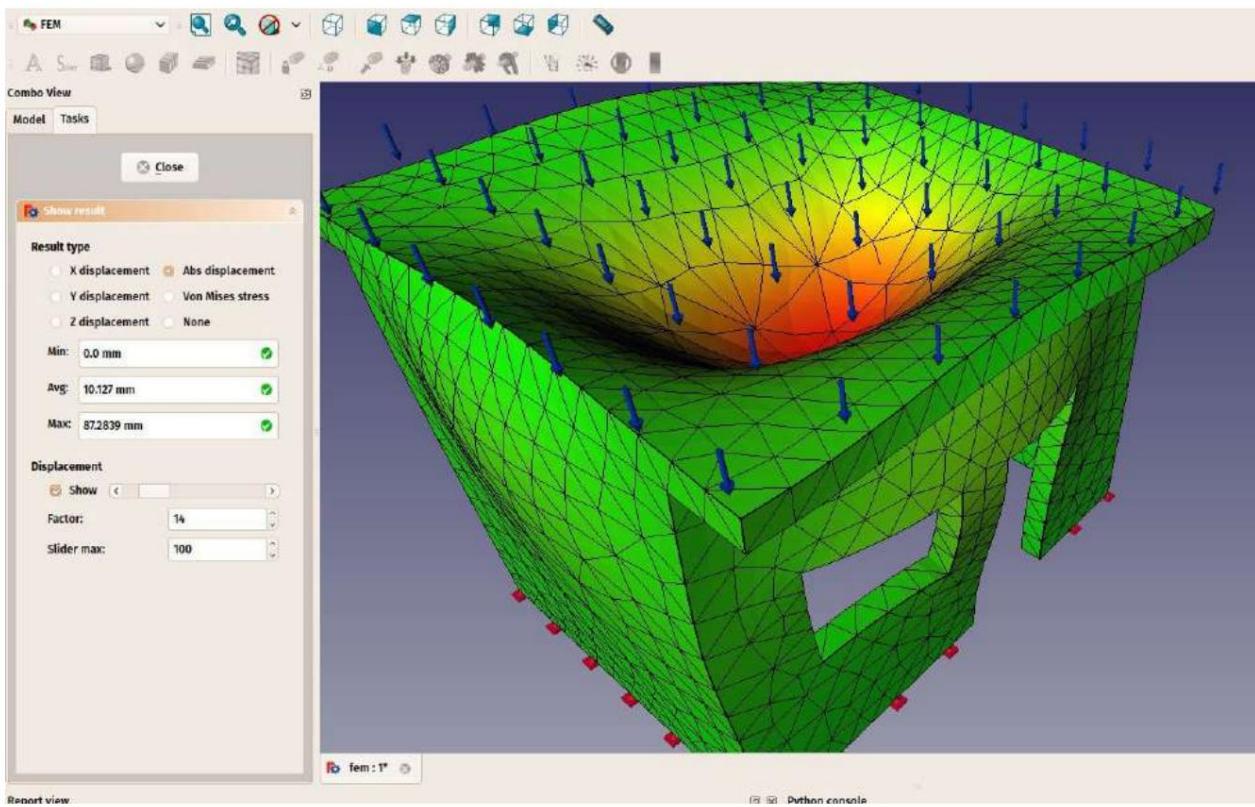


- Теперь мы готовы начать вычисления. Выберите объект CalculiX в древовидном представлении и нажмите кнопку « Начать вычисления» кнопка.
- В открывшейся панели задач сначала нажмите кнопку «Записать файл .inp», чтобы создать входной файл для CalculiX, а затем кнопку «Запустить CalculiX». Через несколько мгновений начнутся вычисления.

сделанный:



- Теперь мы можем посмотреть на результаты. Закройте панель задач и убедитесь, что в наш анализ добавлен новый объект «Результаты».
- Дважды щелкните объект «Результаты». Укажите тип результата, который вы хотите увидеть на сетке, например, «абсолютное смещение», установите флагок «Показать» в разделе «Смещение» и переместите ползунок рядом с ним. Вы сможете наблюдать, как деформация увеличивается по мере приложения большей силы:



Результаты, отображаемые в среде FEM, конечно, в настоящее время недостаточны для принятия реальных решений о размерах конструкций и материалах. Однако они уже могут предоставить ценную информацию о том, как силы распределяются по конструкции и какие слабые места будут испытывать наибольшую нагрузку.

Загрузки

- Файл, созданный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/fem.FCStd>

Читать далее

- Рабочая среда FEM: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Fem_Workbench Установка необходимых компонентов FEM: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=FEM_Install_CalculiX : <http://www.calculix.de/>
- NetGen: <https://sourceforge.net/projects/>
- netgen-mesher/

Создание рендеров

На языке компьютерных терминов это [называется рендерингом](#). Это слово используется для описания качественного изображения, полученного из 3D-модели. Конечно, можно сказать, что то, что мы видим в 3D-виде FreeCAD, уже и так хорошо. Но любой, кто смотрел современные голливудские фильмы, знает, что с помощью компьютера можно создавать изображения, практически неотличимые от фотографии.

Конечно, создание таких фотorealистичных изображений требует много работы и 3D-приложения, предлагающего для этого специальные инструменты, такие как точный контроль над материалами и освещением.

FreeCAD, будучи приложением, в большей степени ориентированным на техническое моделирование, не имеет каких-либо продвинутых инструментов рендеринга.

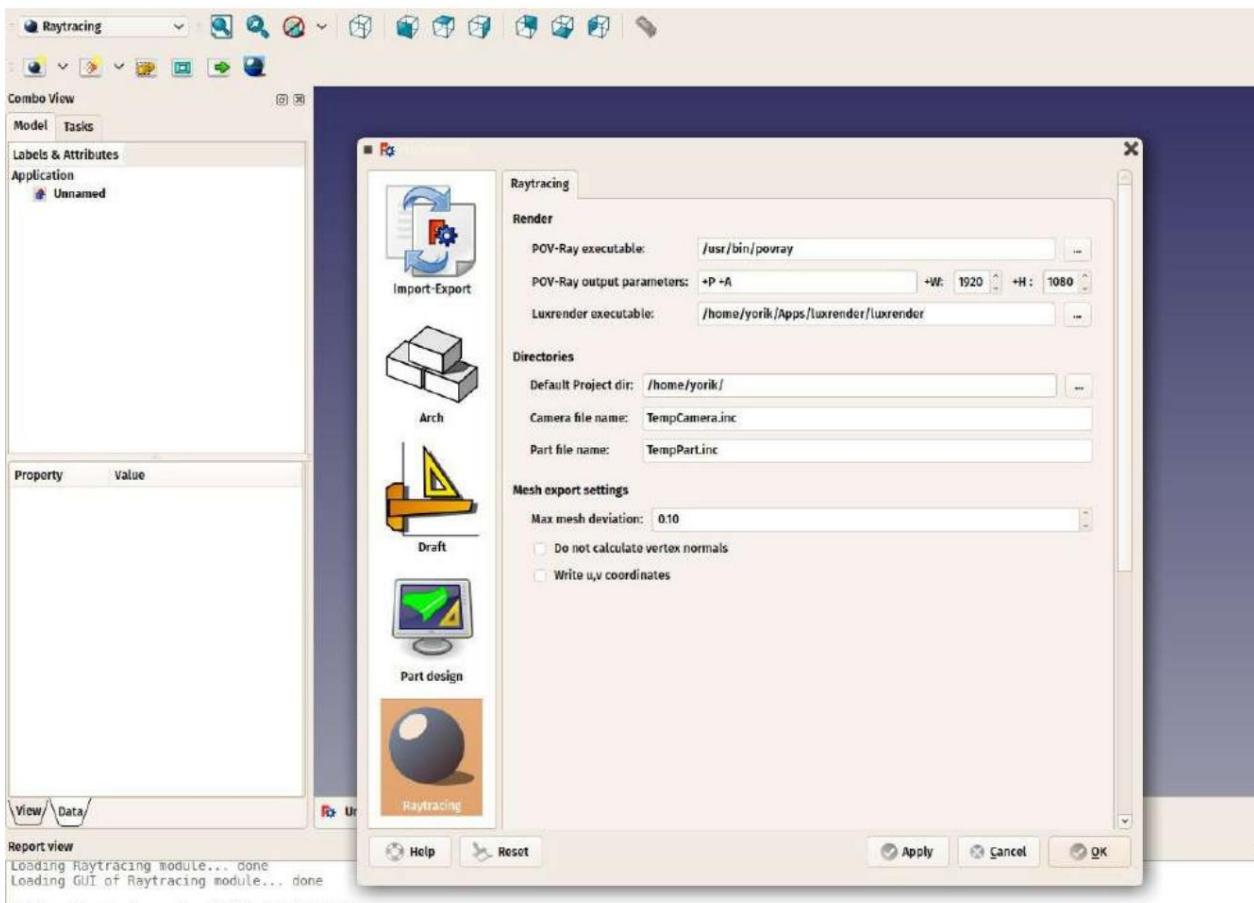
К счастью, мир открытого программного обеспечения предлагает множество приложений для создания реалистичных изображений. Пожалуй, самым известным из них является [Blender](#). Это очень популярный и широко используемый инструмент в кино- и игровой индустрии. 3D-модели можно очень легко и точно экспортить из FreeCAD и импортировать в Blender, где можно добавить реалистичные материалы и освещение, а также создать финальные изображения или даже анимацию.

Некоторые другие инструменты рендеринга с открытым исходным кодом предназначены для использования внутри других приложений и берут на себя выполнение сложных вычислений для получения реалистичных изображений. Например, [Raytracing Workbench](#), FreeCAD может использовать два из этих инструментов рендеринга: [POV-Ray](#) и [Luxrender](#). POV-Ray — очень старый проект, который считается классическим методом [трассировки лучей](#). движок, в то время как Luxrender гораздо новее и классифицируется как [непредвзятый](#). Рендерер. У обоих есть свои сильные и слабые стороны, в зависимости от типа изображения, которое нужно отрендерить. Лучший способ разобраться — посмотреть примеры на сайтах обоих движков.

Установка

Прежде чем использовать Raytracing Workbench в FreeCAD, необходимо установить на вашу систему одно из этих двух приложений для рендеринга. Обычно это очень просто: оба приложения предоставляют установщики для многих платформ или, как правило, входят в репозитории программного обеспечения. большинство дистрибутивов Linux.

После установки POV-Ray или Luxrender необходимо указать путь к их основному исполняемому файлу в настройках FreeCAD. Обычно это требуется только в Windows и Mac. В Linux FreeCAD будет использовать стандартные пути. Местоположение исполняемых файлов povray или luxrender можно найти, просто выполнив поиск в вашей системе файлов с именами povray (или povray.exe в Windows) и luxrender (или luxrender.exe в Windows).

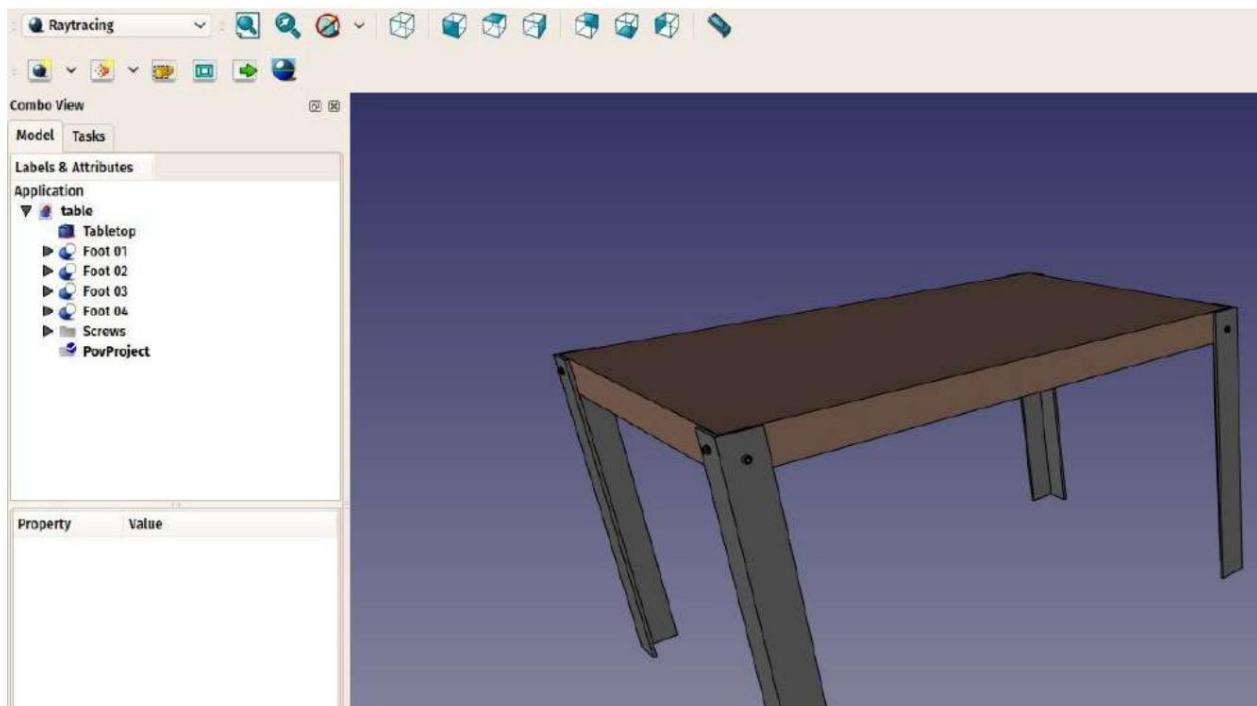


На этом экране настроек мы также можем задать желаемый размер изображения.

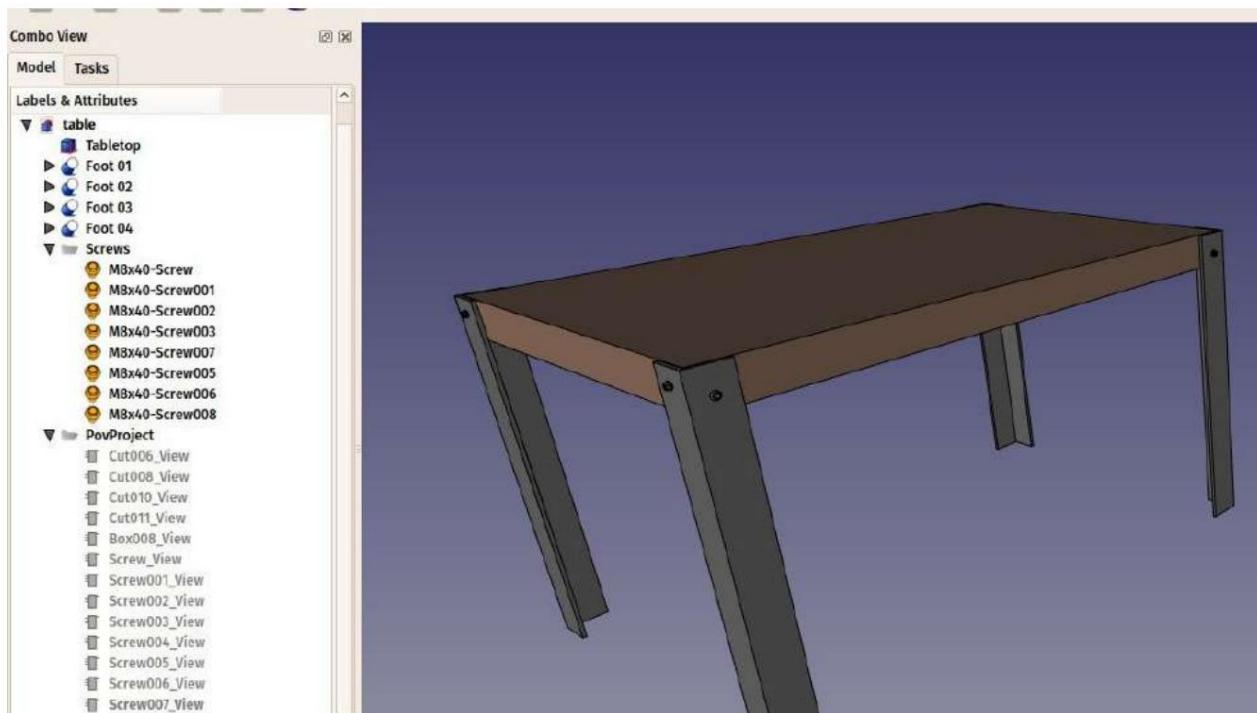
Рендеринг с помощью PovRay

Мы будем использовать стол, который мы моделировали в главе [о традиционном моделировании](#), для создания рендеров с помощью PovRay и Luxrender.

- Для начала загрузите файл table.FCStd, который мы создали ранее, или воспользуйтесь ссылкой внизу этой главы.
- Нажмите на маленькую стрелку вниз рядом с [проектом «Новый Поврей»](#). Нажмите кнопку и выберите шаблон RadiosityNormal. Может
- появиться предупреждение о том, что текущий 3D-вид не находится в перспективном режиме, и поэтому отображение будет отличаться. Исправьте это, выбрав «Нет», затем выбрав в меню «Вид» -> «Перспективный вид» и снова выбрав шаблон RadiosityNormal.
- Вы также можете попробовать другие шаблоны после создания нового проекта, просто отредактировав его свойство Template .
- Создан новый проект:

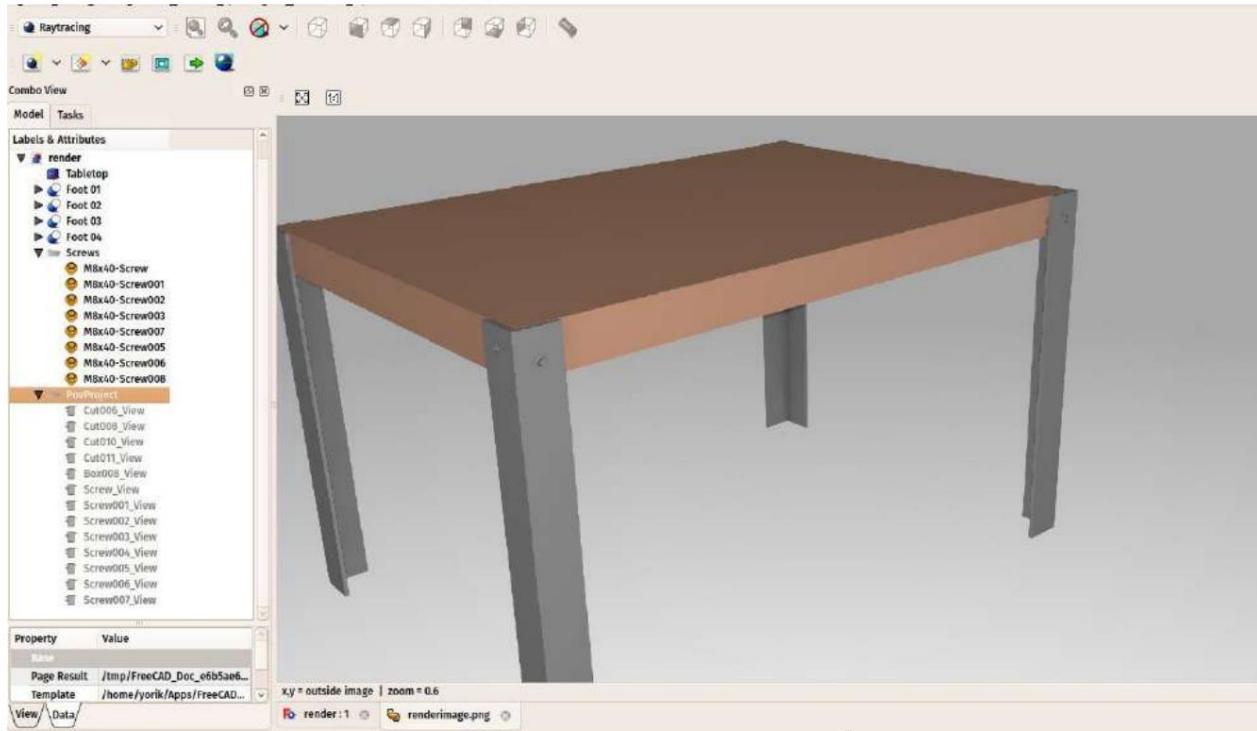


- В новом проекте используется трехмерная перспектива, заданная в момент нажатия кнопки. Изменить ракурс и обновить положение камеры, сохраненное в проекте povray, можно в любое время, нажав кнопку «Сбросить камеру». кнопка:
- Рабочая среда трассировки лучей работает так же, как и [рабочая среда рисования](#): После создания папки проекта необходимо добавить в неё представления наших объектов. Для этого выберите все объекты, составляющие таблицу, и нажмите [кнопку «Вставить»](#). кнопка:



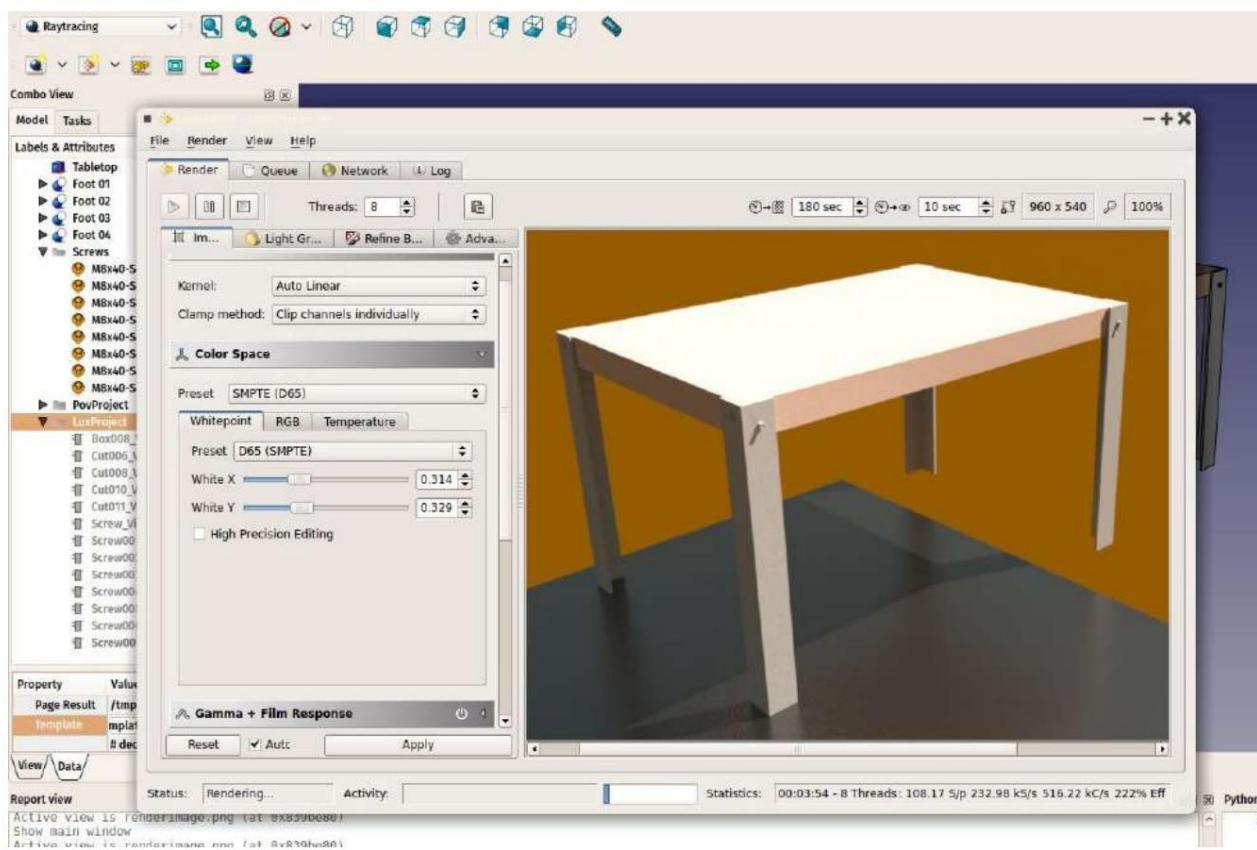
- Представленные элементы заимствуют значения цвета и прозрачности из своих исходных частей, но при желании вы можете изменить это в свойствах каждого отдельного элемента.
- Теперь мы готовы создать наш первый рендер с помощью Povray. Нажмите «Рендер». кнопка:

- Вам будет предложено указать имя файла и путь к изображению в формате .png, которое будет сохранено.
- поврай.
- Затем программа povray откроет и обработает изображение.
- После завершения просто щелкните по изображению, чтобы закрыть окно Povray. Полученное изображение будет загружено в FreeCAD:



Рендеринг с помощью LuxRender

- Рендеринг с помощью Luxrender работает практически так же. Мы можем оставить файл открытым и создать новый проект Luxrender в том же файле, или же перезагрузить его, чтобы начать с нуля.
- Нажмите на маленькую стрелку вниз рядом с [проектом New Luxrender](#). Нажмите кнопку и выберите шаблон LuxOutdoor .
- Выберите все компоненты таблицы. Если в вашем документе все еще присутствует проект povray, обязательно выберите также сам проект lux, чтобы созданные на следующем шаге виды по ошибке не попали в неправильный проект.
- Нажмите на «Вставить» . кнопка.
- Выберите проект luxrender и нажмите кнопку [«Рендеринг»](#) . кнопка.
- Luxrender работает иначе, чем povray. При запуске рендеринга откроется приложение Luxrender и немедленно начнет рендеринг:



- Если вы оставите это окно открытым, Luxrender будет продолжать вычисления и рендеринг бесконечно, постепенно улучшая изображение. Вы сами решаете, когда изображение достигнет достаточного качества для ваших нужд, и останавливаете рендеринг.
- На левой панели также расположено множество элементов управления, с которыми можно поэкспериментировать. Все эти элементы управления позволяют изменять соотношение сторон отображаемого изображения в режиме реального времени, не останавливая рендеринг.
- Когда вы убедитесь, что качество достаточно хорошее, просто нажмите «Рендеринг» -> «Стоп», а затем «Файл» -> «Экспорт в изображение» -> «Тональное отображение с низким динамическим диапазоном» , чтобы сохранить отрендеренное изображение в файл PNG.

Возможности рендеринга в FreeCAD можно значительно расширить, создав новые шаблоны для povray или luxrender. Это описано в [документации по Raytracing Workbench](#).

Загрузки

- Модель стола: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/table.FCStd>
- Файл, созданный в ходе этого упражнения: <https://github.com/yorikvanhavre/FreeCAD-manual/blob/master/files/render.FCStd>

Читать далее

- Среда трассировки лучей: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Raytracing_Module
- Blender : <http://www.blender.org>

- POV-Ray: <http://www.povray.org>
- Люксрендер: <http://www.luxrender.net>

Скрипting на Python

Мягкое вступление

[Python](#) FreeCAD — это широко популярный язык программирования с открытым исходным кодом, очень часто используемый в качестве скриптового языка, встроенного в приложение, как это происходит с FreeCAD. Он также обладает рядом особенностей, которые делают его особенно интересным для пользователей FreeCAD: он очень прост в освоении, особенно для людей, которые никогда раньше не программирували, и он встроен во многие другие приложения, что делает его очень ценным инструментом для изучения, поскольку вы сможете использовать его во многих других приложениях, таких как [Blender](#), [Инкснейп](#) или [ТРАВА](#).

FreeCAD широко использует Python. С его помощью вы можете получить доступ и управлять практически любой функцией FreeCAD. Например, вы можете создавать новые объекты, изменять их геометрию, анализировать их содержимое или даже создавать новые элементы управления интерфейсом, инструменты и панели. Некоторые рабочие среды FreeCAD и большинство рабочих сред дополнений полностью запрограммированы на Python. FreeCAD имеет расширенную консоль Python, доступную в меню «Вид» -> «Панели» -> «Консоль Python». Она часто полезна для выполнения операций, для которых еще нет кнопки на панели инструментов, для проверки фигур на наличие проблем или для выполнения повторяющихся задач.



Но у консоли Python есть и другое очень важное применение: каждый раз, когда вы нажимаете кнопку на панели инструментов или выполняете другие операции в FreeCAD, в консоль выводится и выполняется некоторый код Python. Оставив консоль Python открытой, вы можете буквально наблюдать за тем, как код Python разворачивается во время вашей работы, и очень скоро, почти незаметно для себя, вы начнете изучать какой-нибудь язык Python.

В FreeCAD также есть [система макросов](#). Это позволяет записывать действия для последующего воспроизведения. Эта система также использует консоль Python, просто записывая все действия, выполняемые в ней.

В этой главе мы в общих чертах рассмотрим язык Python. Если вас интересует более подробная информация, в вики-документации FreeCAD есть обширный раздел, посвященный программированию [на Python](#).

Написание кода на Python

В FreeCAD есть два простых способа написания кода на Python: из консоли Python (меню Вид -> Панели -> Консоль Python) или из редактора макросов (меню Инструменты -> Макросы -> Создать). В консоли вы вводите команды Python по одной, которые выполняются при нажатии клавиши Enter, тогда как макросы могут содержать более сложный скрипт из нескольких строк, который выполняется только при запуске макроса из того же окна Макросов.

В этой главе вы сможете использовать оба метода, но настоятельно рекомендуется использовать консоль Python, поскольку она немедленно сообщит вам о любой ошибке, которую вы можете допустить при наборе текста.

Если вы впервые программируете на Python, перед тем как продолжить, рекомендуем прочитать это краткое [введение в программирование на Python](#) — оно поможет вам лучше понять основные понятия Python.

Манипулирование объектами FreeCAD

Начнём с создания нового пустого документа:

```
doc = FreeCAD.newDocument()
```

Если вы введете это в консоли Python FreeCAD, вы заметите, что как только вы наберете "FreeCAD." (слово FreeCAD, за которым следует точка), появится окно, позволяющее быстро автозаполнить остальную часть строки. Более того, каждая запись в списке автозаполнения имеет всплывающую подсказку, объясняющую ее назначение. Это значительно упрощает изучение доступных функций.

Прежде чем выбрать "Новый документ", ознакомьтесь с другими доступными вариантами.



Как только вы нажмете Enter, будет создан наш новый документ. Это похоже на нажатие кнопки «Новый документ» на панели инструментов. В Python точка используется для обозначения того, что находится внутри чего-то другого (newDocument — это функция, находящаяся внутри модуля FreeCAD). Таким образом, во всплывающем окне отображается все, что содержится внутри «FreeCAD». Если бы вы добавили точку после newDocument вместо скобок, отобразилось бы все, что содержится внутри функции newDocument. Скобки обязательны при вызове функции Python, например, такой. Мы подробнее рассмотрим это ниже.

Теперь вернёмся к нашему документу. Посмотрим, что мы можем с ним сделать:

```
док.
```

Изучите доступные варианты. Обычно имена, начинающиеся с заглавной буквы, обозначают атрибуты, содержащие значение, а имена, начинающиеся с маленькой буквы, обозначают функции (также называемые методами), которые «что-то делают».

Имена, начинающиеся с подчеркивания, обычно используются для внутренней работы модуля, и вам не стоит обращать на них внимание. Давайте воспользуемся одним из методов, чтобы добавить новый объект в наш документ:

```
box = doc.addObject("Part::Box", "myBox")
```

Наш блок добавлен в древовидное представление, но в 3D-виде пока ничего не происходит, потому что при работе с Python документ никогда не пересчитывается автоматически. Нам придется делать это вручную всякий раз, когда это необходимо:

```
doc.recompute()
```

Теперь наш куб появился в 3D-виде. Многие кнопки на панели инструментов FreeCAD, добавляющие объекты, на самом деле выполняют две функции: добавляют объект и пересчитывают его. Если вы включили опцию «показывать команды скриптов в консоли Python» выше, попробуйте теперь добавить сферу с помощью соответствующей кнопки в рабочей области деталей, и вы увидите, как две строки кода Python выполняются одна за другой.

Вы можете получить список всех возможных типов объектов, таких как Part::Box:

```
doc.supportedTypes()
```

Теперь давайте посмотрим, что находится в нашей коробке:

```
коробка.
```

Вы сразу же увидите несколько очень интересных вещей, таких как:

```
высота коробки
```

Это выведет текущую высоту нашего блока. Теперь давайте попробуем её изменить:

```
box.Height = 5
```

Если вы выделите прямоугольник мышью, то увидите, что на панели свойств, на вкладке «Данные», отобразится наше свойство «Высота» с новым значением. Все свойства объекта FreeCAD, отображаемые на вкладках «Данные» и «Вид», также доступны для Python напрямую по их именам, как мы это делали со свойством «Высота». Доступ к свойствам данных осуществляется непосредственно из самого объекта, например:

```
длина коробки
```

Свойства вида хранятся внутри объекта ViewObject. Каждый объект FreeCAD обладает объектом ViewObject, который хранит свойства вида объекта. При запуске FreeCAD без графического интерфейса (например, при запуске из терминала с параметром командной строки -c или использовании из другого скрипта Python) объект ViewObject недоступен, поскольку

Визуального изображения нет вообще.

Например, чтобы получить доступ к цвету линии нашего прямоугольника:

```
box.ViewObject.LineColor
```

Векторы и размещение

Векторы — это очень фундаментальное понятие в любом 3D-приложении. Это список из 3 чисел (x, y и z), описывающих точку или положение в 3D-пространстве. С векторами можно делать множество вещей, таких как сложение, вычитание, проекция и многое другое. В FreeCAD векторы

Работают это следующим образом:

```
myvec = FreeCAD.Vector(2,0,0)
print(myvec)
prnmarkdownt(myvec.x)
print(myvec.y)
othervec = FreeCAD.Vector(0,3,0) sumvec =
myvec.add(othervec)
```

Еще одна распространенная особенность объектов FreeCAD — это их размещение. Как мы видели в предыдущих главах, каждый объект имеет свойство Placement, которое содержит положение (Base) и ориентацию (Rotation) объекта. Им легко управлять из Python, например, чтобы переместить наш объект:

```
print(box.Placement)
print(box.Placement.Base)
box.Placement.Base = sumvec
otherpla = FreeCAD.Placement()
otherpla.Base = FreeCAD.Vector(5,5,0)
box.Placement = otherpla
```

Читать далее

- Питон: <https://www.python.org/> Работа
- с макросами: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Macros> Введение в
- программирование на Python: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Introduction_to_Python
- Использование Python в FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=User_guide_to_writing_scripts_in_Python

- Центр вики по скриптам Python : [http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?
title=Power_users_hub](http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Power_users_hub)

Создание и манипулирование геометрией

В предыдущих главах мы изучили различные рабочие среды FreeCAD и то, что каждая из них реализует свои собственные инструменты и типы геометрии. Те же принципы применимы и при работе с кодом на Python.

Мы также убедились, что подавляющее большинство рабочих сред FreeCAD зависят от одной очень важной: [рабочей среды для работы с деталями](#). На самом деле, могут быть и другие верстаки, например, [Draft](#) или [Arch](#). Они делают именно то, что мы будем делать в этой главе: они используют код Python для создания и изменения геометрии детали.

Итак, первое, что нам нужно сделать для работы с геометрией Part, — это выполнить действие, аналогичное переключению на Part Workbench в Python: импортировать модуль Part:

импортная деталь

Уделите минуту изучению содержимого модуля Part, набрав Part и просмотрев различные предлагаемые там методы. Модуль Part предлагает несколько удобных функций, таких как makeBox, makeCircle и т. д., которые мгновенно создадут для вас объект. Попробуйте, например, следующее:

Part.makeBox(3,5,7)

После ввода указанной выше строки и нажатия клавиши Enter в 3D-окне ничего не отобразится, но в консоли Python будет выведено примерно следующее:

<Твердотельный объект по адресу 0x5f43600>

Здесь вступает в силу важная концепция. То, что мы здесь создали, — это форма детали. Это пока не объект документа FreeCAD. В FreeCAD объекты и их геометрия независимы друг от друга. Представьте себе объект документа FreeCAD как контейнер, в котором будет размещена форма.

Параметрические объекты также будут иметь такие свойства, как длина и ширина, и будут пересчитывать свою форму на лету при изменении одного из этих свойств. В данном случае мы рассчитали форму вручную.

Теперь мы можем легко создать «универсальный» объект документа в текущем документе (убедитесь, что у вас открыт хотя бы один новый документ) и придать ему форму прямоугольника, как мы только что сделали:

```
boxShape = Part.makeBox(3,5,7) myObj  
= FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::Feature","MyNewBox") myObj.Shape = boxShape  
  
FreeCAD.ActiveDocument.recompute()
```

Обратите внимание, как мы обрабатывали `myObj.Shape`, видите, что это делается точно так же, как и в предыдущей главе, когда мы изменяли другие свойства объекта, например, `box.Height = 5`. На самом деле, `Shape` также является свойством, как и `Height`. Только оно принимает форму части объекта, а не число. В следующей главе мы более подробно рассмотрим, как создаются эти параметрические объекты.

А теперь давайте подробнее рассмотрим формы деталей. В конце главы о [традиционном моделировании с помощью Part Workbench](#) мы показали таблицу, которая объясняет, как строятся формы деталей и их различные компоненты (вершины, ребра, грани и т. д.). Точно такие же компоненты существуют и здесь, и их можно получить из Python. Все формы деталей всегда имеют следующие атрибуты: вершины, ребра, каркас, грани, оболочки и твердые тела. Все они представляют собой списки, которые могут содержать любое количество элементов или быть пустыми:

```
print(boxShape.Vertexes)
print(boxShape.Edges)
print(boxShape.Wires)
print(boxShape.Faces)
print(boxShape.Shells)
print(boxShape.Solids)
```

Например, давайте найдем площадь каждой грани нашей фигуры в виде прямоугольника, показанной выше:

```
for f in boxShape.Faces:
    print(f.Area)
```

Или, для каждого ребра, его начальную и конечную точки:

```
for e in boxShape.Edges:
    print("Новое ребро")
    print("Начальная точка:")
    print(e.Vertexes[0].Point)
    print("Конечная точка:")
    print(e.Vertexes[1].Point)
```

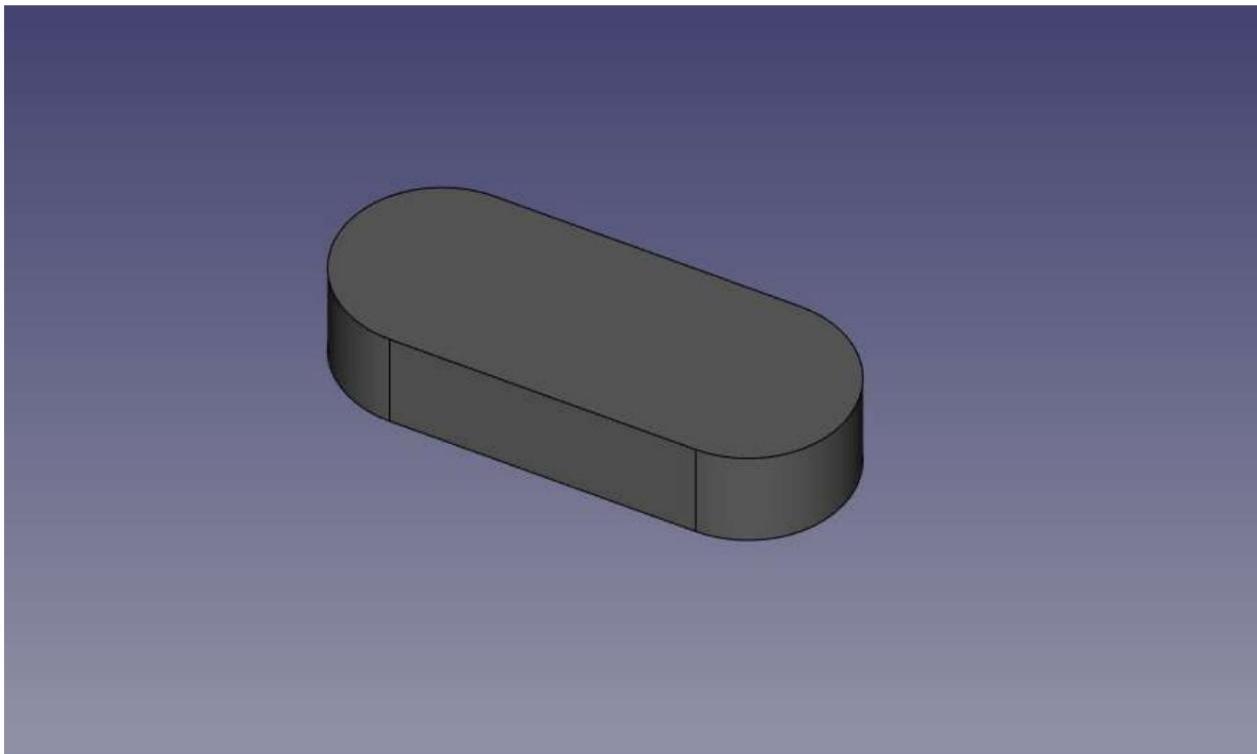
Как видите, если у нашего `boxShape` есть атрибут `"Vertexes"`, то у каждого ребра `boxShape` также есть атрибут `"Vertexes"`. Как и следовало ожидать, `boxShape` будет иметь 8 вершин, а ребро — только 2, и оба они входят в список из 8.

Мы всегда можем проверить, к какому типу относится та или иная фигура:

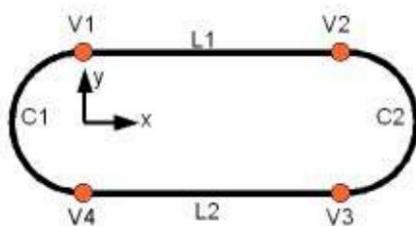
```
print(boxShape.ShapeType)
print(boxShape.Faces[0].ShapeType) print
(boxShape.Vertexes[2].ShapeType)
```

Итак, подводя итог всей схеме форм деталей: всё начинается с вершин. С одной или двух вершин образуется ребро (полные окружности имеют только одну вершину). С одного или нескольких ребер образуется проволока. С одной или нескольких замкнутых проволок образуется грань (дополнительные проволоки становятся «отверстиями» в грани). С одной или нескольких граней образуется оболочка. Когда оболочка полностью замкнута (водонепроницаема), из неё можно сформировать твердое тело. И наконец, можно соединить любое количество фигур любого типа, что называется составной фигурой.

Теперь мы можем попробовать создавать сложные фигуры с нуля, конструируя все их компоненты одну за другой. Например, давайте попробуем создать такой объем:



Начнём с создания плоской фигуры, подобной этой:



Для начала давайте создадим четыре базовые точки:

```
V1 = FreeCAD.Vector(0,10,0)
V2 = FreeCAD.Vector(30,10,0)
V3 = FreeCAD.Vector(30,-10,0)
V4 = FreeCAD.Vector(0,-10,0)
```

Затем мы можем создать два линейных отрезка:



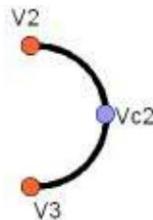
```
L1 = Part.Line(V1,V2)
```

```
L2 = Part.Line(V4,V3)
```

Обратите внимание, что нам не нужно было создавать вершины? Мы могли сразу же создать Part.Lines из векторов FreeCAD. Это потому, что здесь мы еще не создали ребра. Part.Line (а также Part.Circle, Part.Arc, Part.Ellipse или Part.BSpline) не создает ребро, а создает базовую геометрию, на которой будет создано ребро. Ребра всегда создаются на основе такой базовой геометрии, в которой хранится атрибут Curve. Поэтому, если у вас есть ребро, выполните следующее:

```
print(Edge.Curve)
```

Это покажет вам, к какому типу относится этот элемент, то есть основан ли он на линии, дуге и т. д. Но вернемся к нашему упражнению и построим сегменты дуги. Для этого нам понадобится третья точка, поэтому мы можем использовать удобную функцию Part.Arc, которая принимает 3 точки:



```
VC1 = FreeCAD.Vector(-10,0,0)
```

```
C1 = Part.Arc(V1,VC1,V4)
```

```
VC2 = FreeCAD.Vector(40,0,0)
```

```
C2 = Part.Arc(V2,VC2,V3)
```

Теперь у нас есть 2 прямые (L1 и L2) и 2 дуги (C1 и C2). Нам нужно превратить их в ребра:

```
E1 = Part.Edge(L1)
```

```
E2 = Part.Edge(L2)
```

```
E3 = Part.Edge(C1)
```

```
E4 = Part.Edge(C2)
```

В качестве альтернативы, базовые геометрические объекты также имеют функцию toShape(), которая делает то же самое:

```
E1 = L1.toShape()
```

```
E2 = L2.toShape()
```

```
...
```

Получив последовательность ребер, мы можем сформировать провод, передав ему список ребер. Порядок нам не нужно учитывать. [OpenCasCode](#), Геометрический «движок» FreeCAD чрезвычайно терпим к неупорядоченной геометрии. Он сам определит, что нужно делать:

```
W = Part.Wire([E1,E2,E3,E4])
```

И мы можем проверить, правильно ли был понят наш Wire-пакет и корректно ли он закрыт:

```
print( W.isClosed() )
```

Это выведет на экран «True» или «False». Для создания грани нам нужны замкнутые провода, поэтому всегда полезно проверить это перед созданием грани. Теперь мы можем создать грань, указав ей один провод (или список проводов, если бы у нас были отверстия):

```
F = Part.Face(W)
```

Затем мы его выдавливаем:

```
P = F.extrude(FreeCAD.Vector(0,0,10))
```

Обратите внимание, что P уже является твердым телом:

```
print(P.ShapeType)
```

Потому что при выдавливании одной грани мы всегда получаем твердое тело. Этого бы не произошло, например, если бы мы выдавили проволоку:

```
S = W.extrude(FreeCAD.Vector(0,0,10))
print(s.ShapeType)
```

В результате мы получим полуую оболочку, у которой отсутствуют верхняя и нижняя грани.

Теперь, когда у нас есть окончательная форма, нам не терпится увидеть её на экране! Поэтому давайте создадим универсальный объект и присвоим ему наш новый Solid:

```
myObj2 = FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::Feature","My_Strange_Solid") myObj2.Shape = P
FreeCAD.ActiveDocument.recompute()
```

В качестве альтернативы, модуль Part также предоставляет сочетание клавиш, которое выполняет описанную выше операцию быстрее (но при этом нельзя выбрать имя объекта):

```
Part.show(P)
```

Всё вышеперечисленное, и многое другое, подробно объяснено в разделе [«Скриптинг частей»](#). страница, вместе с примерами.

Читать далее:

- Рабочий стол для деталей: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Part_Workbench Создание
- скриптов [для](#) деталей: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Topological_data_scripting

Создание параметрических объектов

В [предыдущей главе](#) мы рассмотрели, как создавать геометрию детали и отображать её на экране, прикрепляя к «простому» (непараметрическому) объекту документа. Это утомительно, когда нам нужно изменить форму этого объекта. Нам потребуется создать новую форму, а затем снова привязать её к нашему объекту.

Однако, как мы уже видели в предыдущих главах этого руководства, параметрические объекты обладают огромным потенциалом. Нам нужно изменить всего одно свойство, и форма будет пересчитана на лету.

Внутри параметрические объекты не делают ничего отличного от того, что мы только что сделали: они пересчитывают содержимое своего свойства Shape снова и снова каждый раз, когда изменяется другое свойство.

FreeCAD предоставляет очень удобную систему для создания подобных параметрических объектов полностью на языке Python. Они состоят из простого класса Python, который определяет все необходимые объекту свойства и то, что произойдет при изменении одного из этих свойств. Структура такого параметрического объекта предельно проста:

класс myParametricObject:

```
def __init__(self,obj): obj.Proxy  
    = self  
    obj.addProperty("App::PropertyFloat","MyLength")  
    ...  
  
def execute(self,obj): print  
    ("Пересчитываем форму...") print ("Значение  
    MyLength:") print (obj.MyLength)  
  
    ...
```

Все классы Python обычно имеют метод `__init__` . Содержимое этого метода выполняется при создании экземпляра класса (что на языке программирования означает создание объекта Python на основе этого класса. Класс можно рассматривать как «шаблон» для создания его реальных копий). В нашей функции `__init__` мы делаем две важные вещи: 1) сохраняем сам класс в атрибуте `Proxy` объекта документа FreeCAD, то есть объект документа FreeCAD будет содержать этот код внутри себя, и 2) создаём все необходимые свойства для нашего объекта. Доступно множество типов свойств, полный список можно получить, набрав следующий код:

```
FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::FeaturePython","dummy").supportedProperties()
```

Вторая важная часть — это метод `execute`. Любой код в этом методе будет выполнен, когда объект будет помечен для пересчета, что произойдет при изменении свойства. Вот и все. Внутри метода `execute` вам нужно сделать все необходимое, то есть вычислить новую форму и присвоить ее самому объекту, например, с помощью `obj.Shape = myNewShape` . Именно поэтому метод `execute` принимает аргумент `obj` , который будет представлять собой сам объект документа FreeCAD, чтобы мы могли манипулировать им внутри нашего Python.

код.

И последнее, что важно помнить: при создании параметрических объектов в документе FreeCAD, при сохранении файла приведенный выше код Python не сохраняется внутри файла. Это сделано из соображений безопасности: если бы файл FreeCAD содержал код, кто-то мог бы распространять файлы FreeCAD, содержащие вредоносный код, который мог бы нанести вред компьютерам других пользователей. Поэтому, если вы распространяете файл, содержащий объекты, созданные с помощью приведенного выше кода, такой код должен также присутствовать на компьютере, который будет открывать файл. Самый простой способ добиться этого — сохранить приведенный выше код в макросе и распространять макрос вместе с вашим файлом FreeCAD или поделиться своим макросом в [репозитории макросов FreeCAD](#), где любой может его скачать.

Ниже мы выполним небольшое упражнение по созданию параметрического объекта, представляющего собой простую параметрическую прямоугольную грань. Более сложные примеры доступны в [разделе примеров параметрических объектов](#), а также в [исходном коде FreeCAD](#) сам.

Мы зададим нашему объекту два свойства: Длина и Ширина, которые будем использовать для построения прямоугольника. Затем, поскольку у нашего объекта уже будет предварительно заданное свойство Размещение (все геометрические объекты имеют его по умолчанию, добавлять его самостоятельно не нужно), мы переместим наш прямоугольник в положение/поворот, заданные в свойстве Размещение, так что пользователь сможет перемещать прямоугольник в любое место, редактируя свойство Размещение.

```
класс ParametricRectangle:
```

```
def __init__(self,obj): obj.Proxy = self

    obj.addProperty("App::PropertyFloat","Length")
    obj.addProperty("App::PropertyFloat","Width")

def execute(self,obj):
    # Нам также необходимо импортировать модуль FreeCAD, потому что у нас может не хватать модулей FreeCAD.
из консоли

    # (например, в макросе) где модуль FreeCAD не был импортирован автоматически import Part,FreeCAD

# Сначала нам нужно убедиться, что значения Length и Width не равны 0. # В противном случае Part.Line
выдаст ошибку, что обе точки равны. if (obj.Length == 0) or (obj.Width == 0):

    # Если да, то выйти из этого метода, ничего не делая.
    возвращаться

# Создаем 4 точки для 4 углов v1 = FreeCAD.Vector(0,0,0) v2 =
FreeCAD.Vector(obj.Length,0,0) v3 =
FreeCAD.Vector(obj.Length,obj.Width,0) v4 =
FreeCAD.Vector(0,obj.Width,0)

# Создаем 4 ребра e1 =
Part.Line(v1,v2).toShape() e2 =
Part.Line(v2,v3).toShape() e3 =
Part.Line(v3,v4).toShape() e4 = Part.Line(v4,v1).toShape()

# мы создаём провод
w = Part.Wire([e1,e2,e3,e4])

# мы создаём лицо
f = Part.Face(w)

# Все фигуры также имеют параметр Placement. Мы задаем нашей фигуре значение параметра Placement, # заданного
пользователем. Это автоматически переместит/поворнет грань. f.Placement = obj.Placement

# Готово, теперь мы можем присвоить форму объекту! obj.Shape = f
```

Вместо того чтобы вставлять приведенный выше код в консоль Python, лучше сохранить его где-нибудь, чтобы мы могли повторно использовать и изменять его позже. Например, в новом макросе (меню Инструменты -> Макросы -> Создать). Назовите его, например, "ParamRectangle". Однако макросы FreeCAD сохраняются с расширением .FCMacro, которое Python не распознает при использовании import . Поэтому, прежде чем

Используя приведенный выше код, нам потребуется переименовать файл ParamRectangle.FCMacro в ParamRectangle.py. Это можно сделать простым способом через проводник файлов, перейдя в папку...

Папка с макросами указана в меню Инструменты -> Макросы.

После этого мы можем сделать следующее в консоли Python:

импортировать ParamRectangle

Изучив содержимое объекта ParamRectangle, мы можем убедиться, что он содержит наш класс ParametricRectangle.

Для создания нового параметрического объекта с помощью класса ParametricRectangle мы воспользуемся следующим кодом.

Обратите внимание, что мы используем Part::FeaturePython вместо Part::Feature, который мы использовали в предыдущих главах (версия на Python позволяет определять собственное параметрическое поведение):

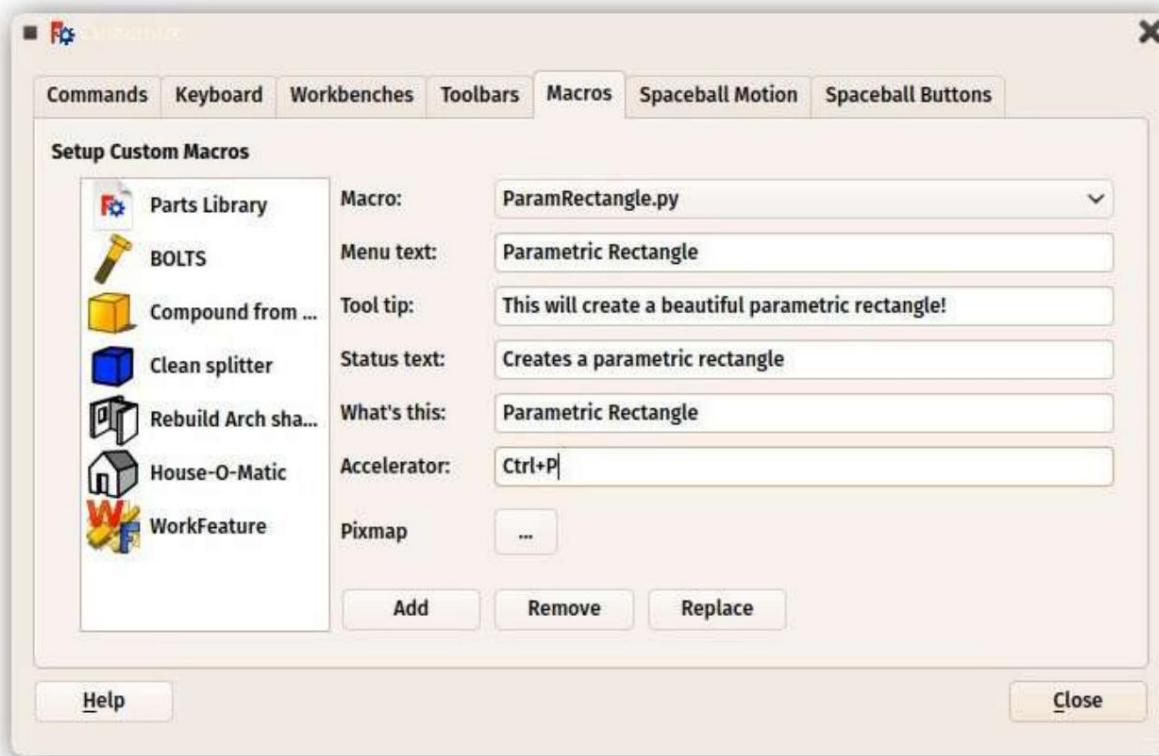
```
myObj = FreeCAD.ActiveDocument.addObject("Part::FeaturePython","Rectangle")
ParamRectangle.ParametricRectangle(myObj)
myObj.ViewObject.Proxy = 0 # это обязательно, если мы не укажем ViewProvider
FreeCAD.ActiveDocument.recompute()
```

Пока на экране ничего не появится, потому что свойства Length и Width равны 0, что запустит наше условие "ничего не делать" внутри функции execute. Нам нужно лишь изменить значения Length и Width, и наш объект волшебным образом появится и будет пересчитан на лету.

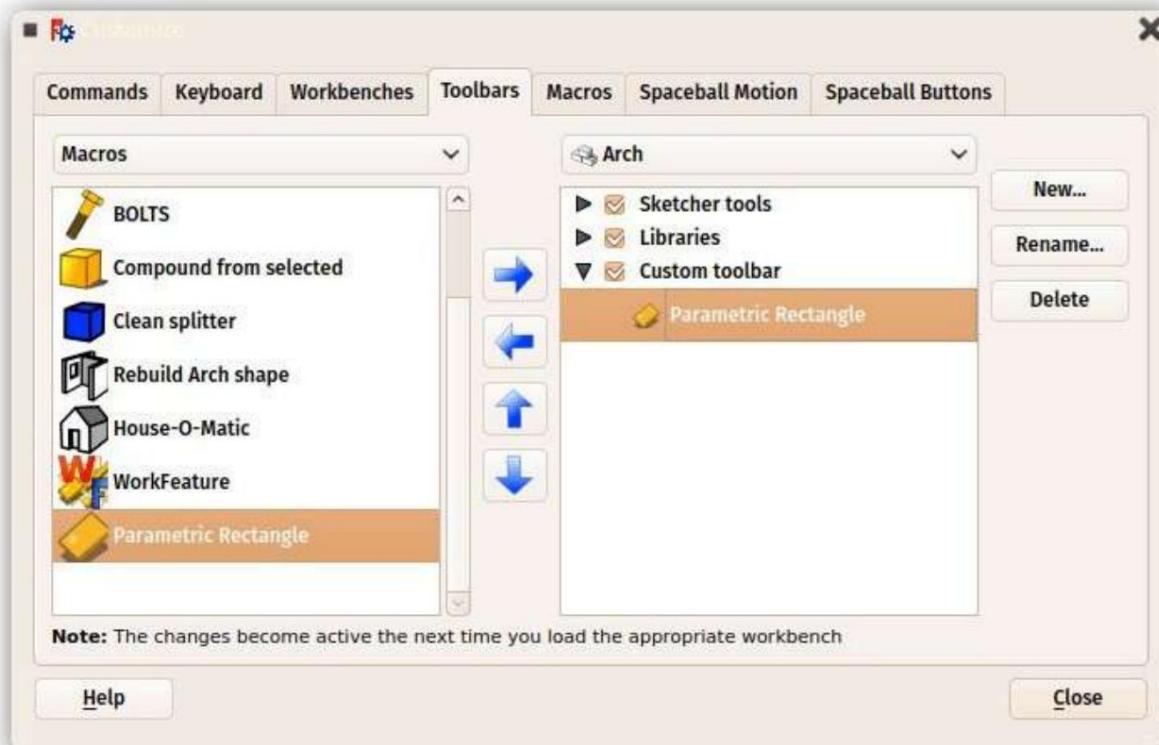
Конечно, было бы утомительно каждый раз вводить эти 4 строки кода на Python, чтобы создать новый параметрический прямоугольник. Очень простой способ решить эту проблему — поместить указанные выше 4 строки в файл ParamRectangle.py, в конец, после завершения класса ParametricRectangle (это можно сделать в редакторе макросов).

Теперь, когда мы наберем import ParamRectangle, автоматически будет создан новый параметрический прямоугольник. Более того, мы можем добавить кнопку на панель инструментов, которая будет делать именно это:

- Откройте меню Инструменты -> Настройка.
- На вкладке "Макросы" выберите наш макрос ParamRectangle.py, заполните необходимые данные и нажмите "Добавить":



- На вкладке «Панели инструментов» создайте новую пользовательскую панель инструментов в выбранной вами рабочей области (или глобально), выберите свой макрос и добавьте его на панель инструментов:



- Вот и все, теперь у нас есть новая кнопка на панели инструментов, при нажатии на которую будет создан параметрический прямоугольник.

Помните, что если вы хотите распространять файлы, созданные с помощью этого нового инструмента, другим людям, у них также должен быть установлен макрос ParamRectangle.py на их компьютерах.

Читать далее

- Репозиторий макросов FreeCAD: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Macros_recipes Пример параметрического объекта:
- http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Scripted_objects Больше примеров в коде FreeCAD:
<https://github.com/FreeCAD/>
- FreeCAD/blob/master/src/Mod/TemplatePyMod/
[FeaturePyt hon.py](#)

Создание инструментов интерфейса

В двух предыдущих главах мы рассмотрели, как [создавать геометрические объекты Part](#) и [параметрические объекты](#).

Для получения полного контроля над FreeCAD не хватает еще одного элемента: необходимо создать инструменты, которые будут взаимодействовать друг с другом. с пользователем.

Во многих ситуациях не очень удобно создавать объект с нулевыми значениями, как мы делали с прямоугольником в предыдущей главе, а затем просить пользователя заполнить значения высоты и ширины на панели свойств. Это работает для очень небольшого количества объектов, но станет очень утомительным, если вам нужно создать много прямоугольников. Лучшим решением было бы иметь возможность задавать высоту и ширину уже при создании прямоугольника.

Python предоставляет базовый инструмент для ввода пользователем текста на экране:

```
text = raw_input("Высота прямоугольника?")
print("Введенная высота равна ",text)
```

Однако для этого требуется запущенная консоль Python, а при запуске нашего кода из макроса мы не всегда уверены, что консоль Python будет включена на компьютере пользователя.

Графический [пользовательский интерфейс](#) или графический интерфейс пользователя (GUI), то есть вся часть FreeCAD, отображаемая на экране (меню, панели инструментов, 3D-вид и т. д.), предназначена именно для этого: взаимодействия с пользователем. Интерфейс FreeCAD создан с использованием Qt (Qt), очень распространенного инструментария для создания графических интерфейсов, предлагающего широкий спектр инструментов, таких как диалоговые окна, кнопки, метки, текстовые поля ввода или выпадающие меню (все это в общем и общем — «виджеты»).

Инструменты Qt очень легко использовать из Python благодаря модулю Python под названием [Pyside](#). (Существует также несколько других модулей Python для взаимодействия с Qt из Python). Этот модуль позволяет создавать виджеты и взаимодействовать с ними, считывать действия пользователя (что было заполнено в текстовых полях) или выполнять действия, например, при нажатии кнопки.

Qt также предоставляет еще один интересный инструмент, называемый [Qt Designer](#), который сегодня встроен в более крупное приложение под названием [Qt Creator](#). Это позволяет проектировать диалоговые окна и панели интерфейса графически, вместо того чтобы писать код вручную. В этой главе мы будем использовать Qt Creator для создания виджета панели, который будем использовать на панели задач FreeCAD. Поэтому вам потребуется загрузить и установить Qt Creator с [официального сайта](#). Если вы используете Windows или Mac (в Linux это обычно доступно через менеджер программ).

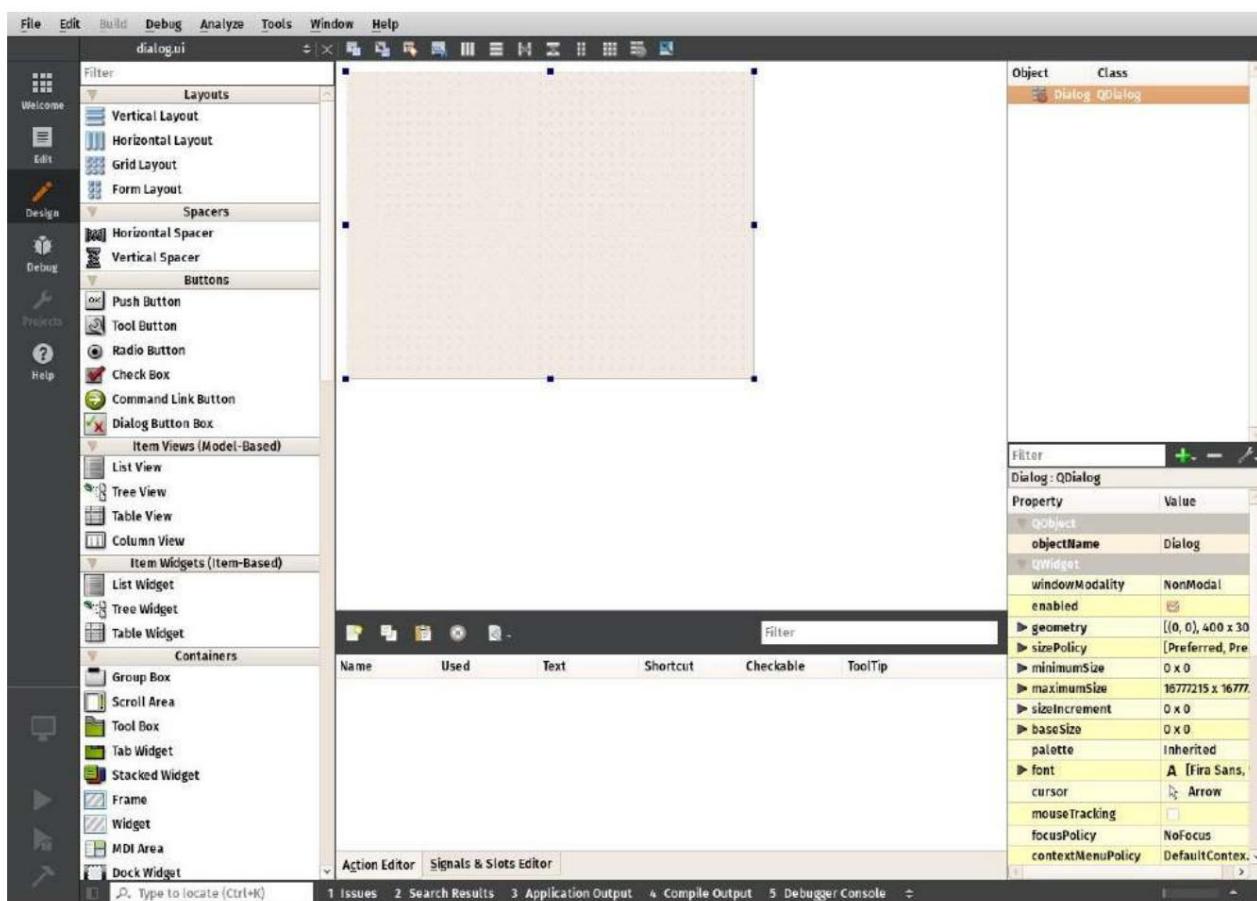
В следующем упражнении мы сначала создадим панель с помощью Qt Creator, которая запрашивает значения длины, ширины и высоты, а затем создадим вокруг неё класс на Python, который будет считывать значения, введенные пользователем из панели, и создавать блок с заданными размерами.

Затем FreeCAD будет использовать класс Python для отображения и управления панелью задач:

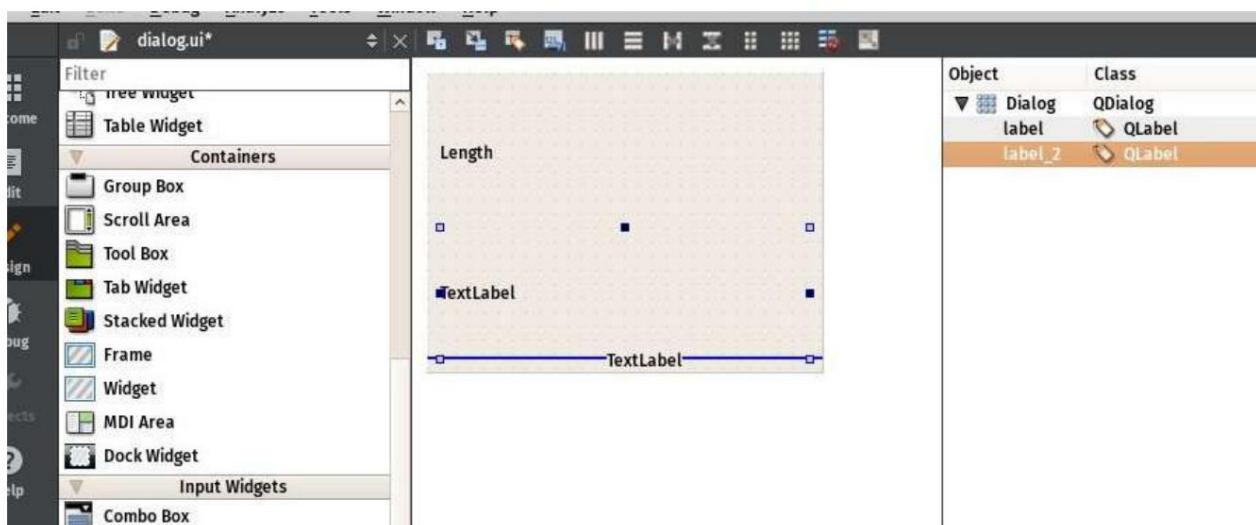


Начнём с создания виджета. Запустите Qt Creator, затем в меню Файл -> Новый файл или Проект -> Файлы и классы -> Qt -> Форма Qt Designer -> Диалоговое окно без кнопок. Нажмите «Далее», укажите имя файла для сохранения, нажмите «Далее», оставьте все поля проекта со значениями по умолчанию ("") и создайте.

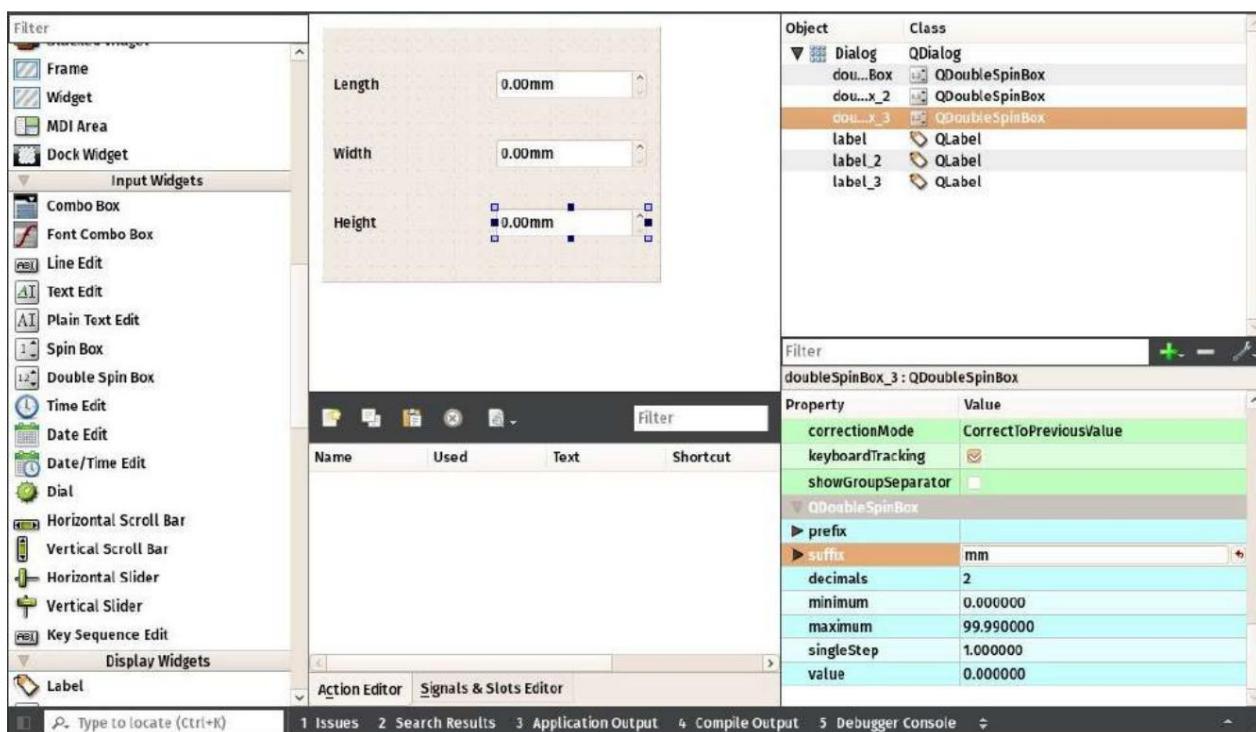
Система задач FreeCAD автоматически добавляет кнопки OK/Отмена, поэтому мы выбрали здесь диалоговое окно без кнопок.



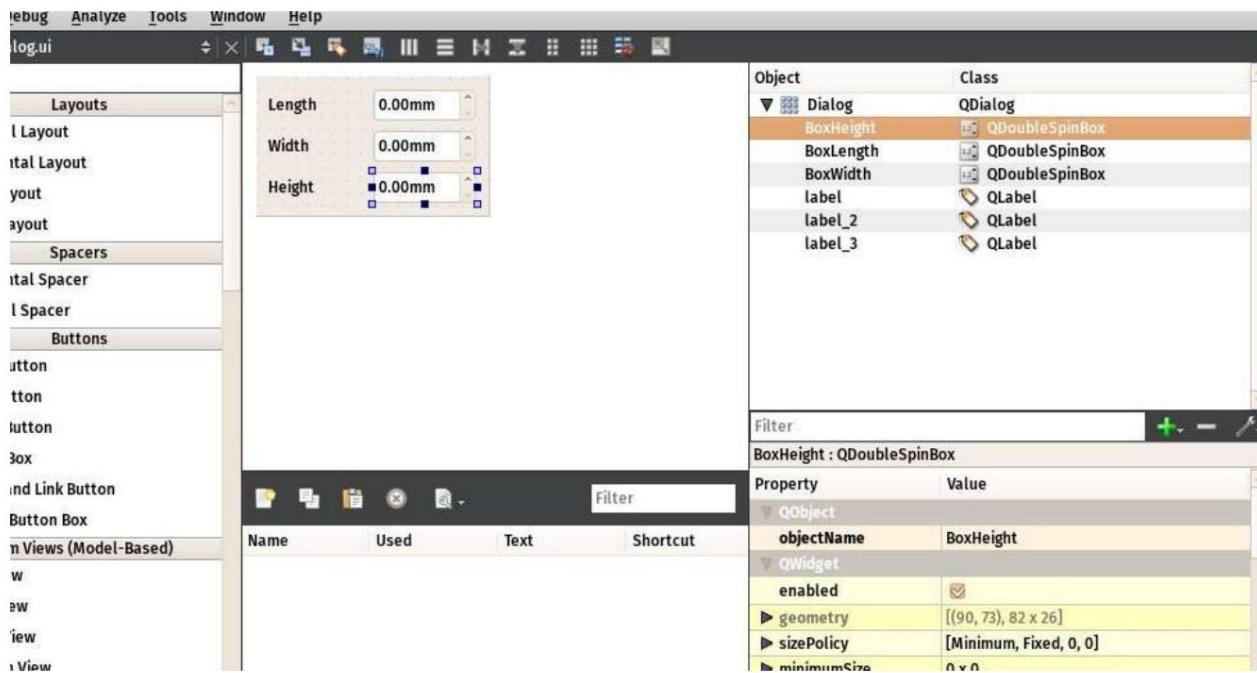
- Найдите метку в списке на левой панели и перетащите её на холст нашего виджета.
- Дважды щелкните по недавно размещённой метке и измените её текст на "Длина".
- Щелкните правой кнопкой мыши по холсту виджета и выберите «Макет» -> «Макет в виде сетки». Это превратит наш виджет в сетку, в которой в данный момент находится только одна ячейка, занятая нашей первой меткой.
- Теперь мы можем добавлять следующие элементы слева, справа, сверху или снизу от нашей первой метки, и сетка автоматически расширится.
- Добавьте еще две метки ниже первой и измените их текст на «Ширина» и «Высота»:



- Теперь разместите 3 виджета Double Spin Box рядом с метками Length, Width и Height. Для каждого из них в левой нижней панели, где отображаются все доступные настройки для выбранного виджета, найдите Suffix и установите его значение в мм. В FreeCAD есть более продвинутый виджет, который может работать с различными единицами измерения, но он недоступен в Qt Creator по умолчанию (но может быть скомпилирован). Итак, пока мы будем использовать стандартный автомат с двойным вращением, и добавим суффикс «мм», чтобы пользователь знал, в каких единицах измерения он работает:



- Теперь наш виджет готов, осталось лишь убедиться в одном последнем моменте. Поскольку FreeCAD потребуется доступ к этому виджету и чтение значений длины, ширины и высоты, нам нужно присвоить этим виджетам правильные имена, чтобы мы могли легко получить к ним доступ из FreeCAD. Щелкните по каждому из двойных вращающихся значков, а в правом верхнем углу дважды щелкните по имени объекта и измените его на что-нибудь легко запоминающееся, например: BoxLength, BoxWidth и BoxHeight:



- Сохраните файл, теперь вы можете закрыть Qt Creator, остальное будет сделано в Python.
- Откройте FreeCAD и создайте новый макрос из меню Макросы -> Макросы -> Создать. Вставьте следующий код. Убедитесь, что вы изменили путь к файлу так, чтобы он соответствовал месту, где вы сохранили файл .ui, созданный в QtCreator:

```
импорт FreeCAD,FreeCADGui,Part

# ИЗМЕНИТЕ СТРОКУ НИЖЕ
path_to_ui = "C:\Users\yorik\Documents\dialog.ui"

класс BoxTaskPanel:
    def __init__(self):
        # Это создаст виджет Qt из нашего файла пользовательского
        # интерфейса. self.form = FreeCADGui.PySideUic.loadUi(path_to_ui)

    def accept(self): length
        = self.form.BoxLength.value() width =
        self.form.BoxWidth.value() height =
        self.form.BoxHeight.value() if (length == 0) or
        (width == 0) or (height == 0): print("Ошибка! Ни одно из значений
            не может быть равно 0!") # Мы прерываем выполнение,
            ничего не делая
            возвращаться

        box = Part.makeBox(length, width, height)
        Part.show(box)
        FreeCADGui.Control.closeDialog()

    panel = BoxTaskPanel()
    FreeCADGui.Control.showDialog(panel)
```

В приведенном выше коде мы использовали вспомогательную функцию (`PySideUic.loadUi`) из модуля `FreeCADGui`. Эта функция загружает файл `.ui`, создает на его основе виджет `Qt` и сопоставляет имена, чтобы мы могли легко получить доступ к дочерним виджетам по их именам (например, `self.form.BoxLength`).

Функция «Принять» — это ещё одна удобная функция, предлагаемая `Qt`. Когда в диалоговом окне есть кнопка «OK» (что происходит по умолчанию при использовании панели задач `FreeCAD`), любая функция с именем «Принять» будет автоматически выполняться при нажатии кнопки «OK». Аналогично, вы можете добавить функцию «Отклонить», которая будет выполняться при нажатии кнопки «Отмена». В нашем случае мы опустили эту функцию, поэтому нажатие кнопки «Отмена» будет выполнять поведение по умолчанию (ничего не делать и закрыть диалоговое окно).

Если мы реализуем какие-либо функции принятия или отклонения, их поведение по умолчанию (ничего не делать и закрыть) больше не будет выполняться. Поэтому нам нужно будет закрывать панель задач самостоятельно. Это делается с помощью:

```
FreeCADGui.Control.closeDialog()
```

Как только у нас появится `BoxTaskPanel`, содержащий 1) виджет с именем "self.form" и 2) при необходимости функции принятия и отклонения, мы можем открыть с его помощью панель задач, что делается с помощью этих двух последних строк:

```
panel = BoxTaskPanel()
FreeCADGui.Control.showDialog(panel)
```

Обратите внимание, что виджет, созданный с помощью `PySideUic.loadUi`, не является специфичным для `FreeCAD`, это стандартный виджет `Qt`, который можно использовать с другими инструментами `Qt`. Например, мы могли бы отобразить с его помощью отдельное диалоговое окно. Попробуйте это в консоли Python `FreeCAD` (используя, конечно, правильный путь к вашему файлу `.ui`):

```
from PySide import QtGui w =
FreeCADGui.PySideUic.loadUi("C:\Users\yorik\Documents\dialog.ui") w.show()
```

Конечно, мы не добавили в наше диалоговое окно кнопки «OK» или «Отмена», поскольку оно предназначено для использования с панели задач `FreeCAD`, которая уже предоставляет такие кнопки. Поэтому закрыть диалоговое окно (кроме как нажать кнопку «Закрыть окно») невозможно. Но функция `show()` создает немодальное диалоговое окно, а это значит, что она не блокирует остальную часть интерфейса.

Таким образом, пока наш диалог еще открыт, мы можем прочитать значения полей:

```
w.BoxHeight.value()
```

Это очень полезно для тестирования.

И наконец, не забывайте, что гораздо больше документации по использованию виджетов Qt можно найти на вики FreeCAD в разделе « Скриптинг на Python» . раздел, содержащий [руководство по созданию диалоговых окон](#), Специальный трехчастный [учебник по PySide](#) Это подробно освещает данную тему.

[Читать далее](#)

- Qt Creator: https://en.wikipedia.org/wiki/Qt_Creator Установка Qt
- Creator: <https://www.qt.io/ide/> Документация по
- скриптам Python: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Power_users_hub Руководство по созданию диалоговых
- окон: http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Dialog_creation Учебные пособия по PySide: <http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=PySide>. Документация PySide: <http://srinikom.github.io/pyside-docs/index.html>

Сообщество

Ни одно руководство по свободному и открытому программному обеспечению не будет полным без главы о сообществе. Как и подавляющее большинство проектов свободного и открытого программного обеспечения, FreeCAD создан и поддерживается сообществом. Вместо непрозрачной, неизвестной, безличной и недоступной компании, которая часто стоит за коммерческим программным обеспечением, сообщества свободного и открытого программного обеспечения — это открытые пространства, где вас, как пользователя, всегда рады видеть, где вы можете быстро получить ответы и даже высказать свое мнение о разработке самого программного обеспечения. Вы также можете помочь, здесь найдется задача для каждого.

Сообщество представляет собой растущую, разностороннюю группу самых разных людей, объединенных страстью к FreeCAD. Все работают над FreeCAD на добровольной основе, в свободное время (хотя иногда компании или частные лица собираются, чтобы оплатить несколько часов работы программиста над реализацией определенной функции). Среди них есть профессиональные программисты, есть давние пользователи FreeCAD (некоторые из них — настоящие гуру FreeCAD, знающие почти все, и многие из них в итоге также много знают о программировании в FreeCAD), и многие — новички в FreeCAD.

Для того чтобы стать частью сообщества, не нужно ничего особенного делать. Просто используйте FreeCAD!

Основное место встречи и обсуждения сообщества — это [форум FreeCAD](#). Для участия в обсуждениях вам нужно всего лишь зарегистрировать учетную запись на форуме (ваše первое сообщение должно быть одобрено модератором, прежде чем вы сможете публиковать остальные, чтобы предотвратить спам). Форум — отличное место для вопросов, если вы новичок в FreeCAD.

При условии, что вы задали хороший вопрос (обязательно ознакомьтесь с [правилами](#) форума). Поскольку они содержат полезную информацию, которая поможет вам сформулировать хороший вопрос, вы, как правило, получите несколько ответов в течение часа. Если вы считаете, что кто-то уже задавал ваш вопрос, обязательно воспользуйтесь поиском, возможно, ответ уже есть там.

Форум также является отличным местом, чтобы продемонстрировать свои достижения в FreeCAD, помочь новичкам, когда у вас появится больше опыта, а также следить за техническими дискуссиями о разработке и высказывать свое мнение. Вся информация о [разработке FreeCAD доступна](#) на форуме. Эта тема обсуждается на форуме, и любой желающий может свободно читать или участвовать в обсуждении.

Помимо форума FreeCAD, формируются и другие сообщества, например, в [Facebook](#) или [Google+](#).

Если вы так же, как и мы, увлечены FreeCAD, вы можете захотеть помочь проекту. Это можно сделать разными способами, и есть задания для всех, как для программистов, так и для тех, кто не программирует, например:

- Помогите распространить информацию: многие люди получили бы огромную пользу от использования бесплатного, открытого сервиса.

Есть 3D-моделлеры, похожие на FreeCAD, но о их существовании никто не знает. Публикация ваших работ, выполненных с помощью FreeCAD, обсуждение их в социальных сетях и т.д. помогут этим людям. чтобы открыть для себя FreeCAD.

- Помогите новичкам: подавляющее большинство обсуждений на форуме — это вопросы, задаваемые новыми пользователями. Возможно, вы знаете, на что им можно дать хорошие ответы.
- Помощь в сообщении об ошибках: Стабильность FreeCAD во многом зависит от исправления ошибок. Поскольку разработчики FreeCAD не могут протестировать все возможные варианты использования, важно, чтобы пользователи сообщали о проблемах, как только они их обнаружат. Обязательно ознакомьтесь с рекомендациями . Если вы считаете, что нашли ошибку, напишите отчет в [систему отслеживания ошибок](#).
- Помощь в написании документации: Вики -[страница документации FreeCAD](#) Вики также написана членами сообщества. Некоторые разделы всё ещё неполны, или содержащаяся в них информация неверна или устарела. Возможно, вы сможете помочь это исправить. Для работы над вики вам потребуется ознакомиться с [редактированием вики](#). и [запросить разрешение](#) редактировать Вики FreeCAD на форуме.
- Помогите перевести FreeCAD: Перевод FreeCAD осуществляется онлайн участниками сообщества на [платформе Crowdin](#). Если вы не видите там свой язык, спросите кого-нибудь из сотрудников. администраторам необходимо добавить это.
- Помогите перевести документацию вики: каждая страница вики подлежит переводу и требует минимальных знаний синтаксиса вики. Помощь в переводе также является отличным способом изучить FreeCAD.
- Создавайте скрипты и макросы: FreeCAD предлагает постоянно пополняющийся список [макросов](#). Если вы разработали какой-либо интересный функционал, поделитесь им там.
- Программирование: Для этого вам необходимо уметь программировать на Python или C++, а также хорошо разбираться в FreeCAD.

Исходный код FreeCAD находится на [Github](#). Описание проекта FreeCAD.

Любой может скачать, использовать и модифицировать код. Вы можете публиковать свои изменения (на Github или любом другом сервисе хостинга Git). Если вы внесли интересные изменения, которые хотели бы видеть включенными в исходный код FreeCAD, вы должны обратиться к сообществу с просьбой о их включении. Это можно сделать с помощью механизма запросов на слияние (pull requests) на Github, но лучший способ — сначала обсудить ваши намерения на форуме, а затем опубликовать официальный запрос в разделе «Запросы на слияние». В разделе форума, когда ваш код будет готов, вы сможете увидеть его готовым. Это позволит избежать ситуации, когда вы работаете над чем-то, над чем уже работают другие, и гарантирует, что другие пользователи согласятся с вашим подходом, исключая риск отклонения вашей работы по непредвиденным причинам.

Надеемся, нам удалось дать вам хорошее представление о FreeCAD в этом руководстве, и вы уже стали нашим новым членом сообщества. Добро пожаловать!

Читать далее

- Форум FreeCAD: <http://forum.freecadweb.org>

- Исходный код FreeCAD: <https://github.com/FreeCAD/FreeCAD> Сообщество
- FreeCAD на Facebook: <https://www.facebook.com/FreeCAD> Сообщество
- FreeCAD в Google+: <https://plus.google.com/u/0/communities/103183769032333474646> Вики-
- страница с документацией FreeCAD: <http://www.freecadweb.org/wiki>
- Перевод FreeCAD на платформе Crowdin: <https://crowdin.com/project/>
- [freecad](#) Система отслеживания ошибок FreeCAD: <http://www.freecadweb.org/tracker>