11 класс

Проект 2 к главе 1 «Графика и визуализация»

Основы трехмерного моделирования

Теоретический минимум

С ростом вычислительной мощности и доступности элементов памяти, с появлением качественных графических терминалов и устройств вывода была разработана большая группа алгоритмов и программных решений, которые позволяют формировать на экране изображение, представляющее некоторую объемную сцену. Первые такие решения были предназначены для решения задач архитектурного и машиностроительного проектирования.

Мы рассмотрим основные этапы и средства для подготовки таких изображений.

При формировании такого изображения (статического или динамического) его построение рассматривается в пределах некоторого пространства координат, которое называется **сценой**. Сцена подразумевает работу в объемном, трехмерном мире — поэтому и направление получило название трехмерной (3-Dimensional, 3D) графики (рис. 1.8).

На сцене размещаются отдельные объекты, составленные из геометрических объемных тел и участков сложных поверхностей (чаще всего для построения применяются так называемые **B-сплайны**). Для формирования изображения и выполнения дальнейших операций поверхности этих тел разбиваются на треугольники — минимальные плоские фигуры и в дальнейшем обрабатываются именно как набор треугольников.

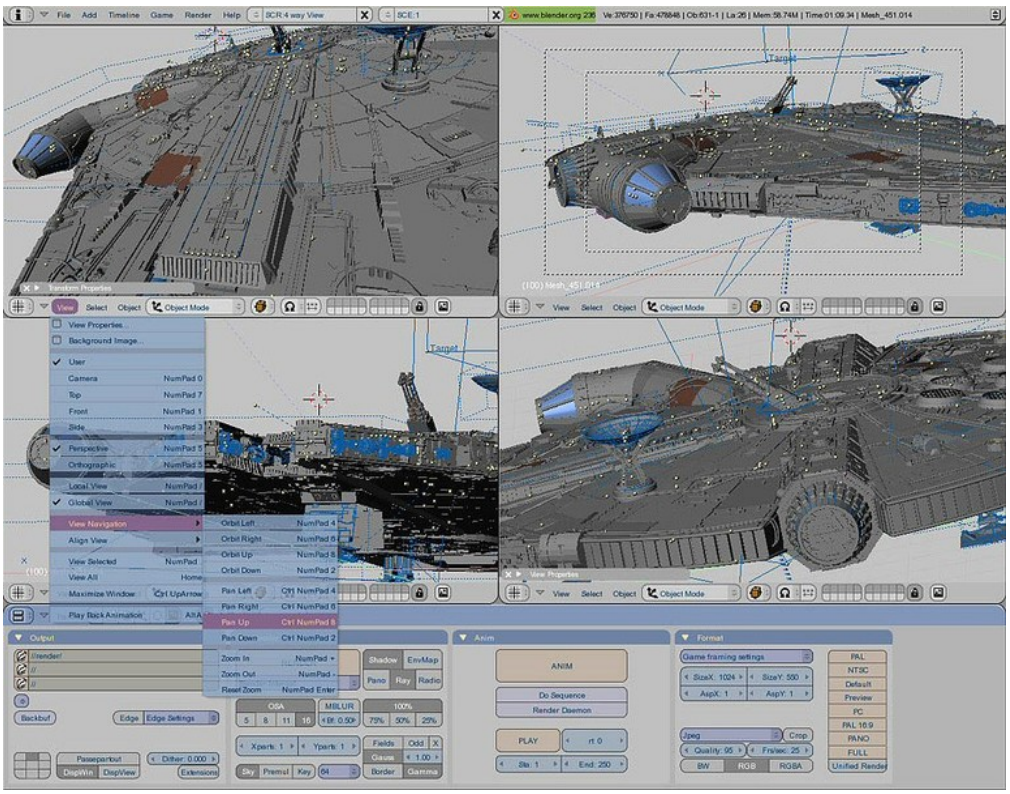


Рис. 1.8. 3D моделирование в системе Blender

На следующем этапе «**мировые**» координаты узлов сетки пересчитывают с помощью матричных преобразований в координаты **видовые**, т. е. зависящие от точки зрения на сцену. Положение точки просмотра как правило называют положением **камеры.**

После формирования **каркаса** («проволочной сетки»), выполняется **закрашивание** — придание поверхностям объектов некоторых свойств. Свойства поверхности в первую очередь определяются ее световыми характеристиками — светимостью, отражающей способностью, поглощающей способностью и рассеивающей способностью. Этот набор характеристик позволяет определить материал, поверхность которого моделируется, — металл, пластик, стекло и т. п. Материалы прозрачные и полупрозрачные обладают еще рядом характеристик.

Как правило, во время выполнения этой процедуры выполняется и **отсечение невидимых поверхностей**. Существует много методов выполнения такого отсечения, но самым популярным стал метод **Z-буфера**, когда создается массив чисел, обозначающий «глубину» — расстояние от точки зрения (а фактически - точки на экране) до первой непрозрачной точки модели. Следующие точки поверхности будут обработаны только тогда, когда их глубина будет меньше — и тогда координата *Z* уменьшится. Мощность этого метода напрямую зависит от максимально возможного значения удаленности точки сцены от экрана, т. е. от количества битов на точку в буфере.

Выполнение указанных операций позволяет создать так называемые **твердотельные модели** объектов, но реалистичным это изображение не будет. Для формирования реалистичного изображения на сцене размещаются **источники света** и выполняется **расчет освещенности** каждой точки видимых поверхностей (рис. 1.9).

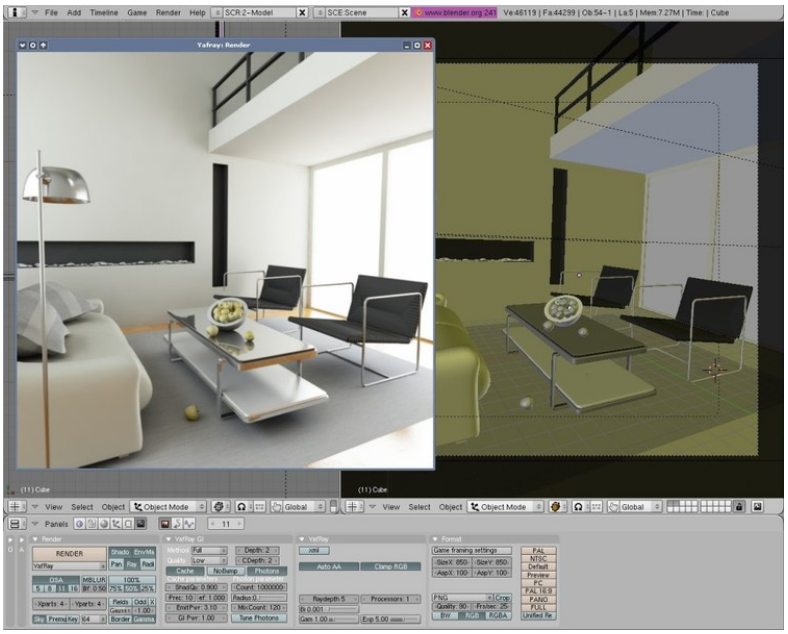


Рис. 1.9. Расчет освещенности в системе Blender

Для придания реалистичности поверхность объектов «обтягивается» **текстурой** — изображением (или процедурой, формирующей его), определяющим нюансы их внешнего вида. Процедура называется наложением текстуры. Во время наложения текстуры применяются методы растяжения и сглаживания — так называемая фильтрация. Например, упоминаемая в описании видеокарт **анизотропная фильтрация**, не зависящая от направления преобразования текстуры.

После определения всех параметров необходимо выполнить процедуру формирования изображения, т.е. расчет цвета точек на экране. Процедура обсчета называется **рендерингом.** Во время выполнения такого расчета необходимо определить свет, попадающий на каждую точку модели, с учетом того, что он может отражаться, что поверхность может закрывать другие участки от этого источника и т. п.

Для расчета освещенности применяются два основных метода. Первый — это метод **обратной трассировки луча.** При использовании этого метода рассчитывается траектория тех лучей, которые в итоге попадают в пиксели экрана по обратному ходу. Расчет ведется отдельно по каждому из цветовых каналов, поскольку свет разного спектра ведет себя на разных поверхностях по-разному.

Второй метод — **метод излучательности**. Он предусматривает расчет интегральной светимости всех участков, попадающих в кадр, и обмен светом между ними.

На полученном изображении учитываются заданные характеристики камеры — средства просмотра.

Таким образом, в результате большого количества вычислений появляется возможность создавать изображения мало отличающиеся по общему впечатлению от фотографий. Для уменьшения количества вычислений стараются уменьшить число объектов и там, где это возможно, заменить расчет фотографией, например, при формировании фона изображения.

После разработки методов формирования статического изображения, следующим шагом в развитии технологий трехмерной реалистичной графики стали возможности ее анимации — движения и покадрового изменения сцены. Первоначально с таким объемом расчетов справлялись только суперкомпьютеры, и именно они использовались для создания первых трехмерных анимационных роликов.

Позже были разработаны специально предназначенные для обсчета и формирования изображений специальные платы расширения, взаимодействовавшие с видеокартами, — **3D-акселераторы**, позволившие в упрощенной форме выполнять такое формирование в реальном масштабе времени, что и используется в современных компьютерных играх. Фактически, сейчас даже обычные видеокарты включают в себя такие средства и являются своеобразными мини-компьютерами узкого назначения.

Ограниченный объем не позволяет нам даже перечислить имеющиеся программные и технологические средства формирования 3D-изображений, но любой заинтересованный человек в сети найдет их сколько сочтет нужным.

Практикум

Основная часть нашей работы будет посвящена первому этапу создания трехмерного изображения – созданию ***модели***.

Мы будем использовать для этого бесплатно распространяемый вариант программы Google Sketchup версии 8. Скачать ее последнюю версию можно по адресу:

http://www.sketchup.com/intl/en/download/index.html

Эта программа предназначена для так называемого «эскизного» моделирования, то есть в ней будет изначально нельзя создать действительно сложную модель и создать действительно фотореалистичное изображение[1] (тем более, анимированное). Зато его удобно использовать для подготовки вполне убедительного эскиза-заготовки и освоения основ работы в трехмерном пространстве.

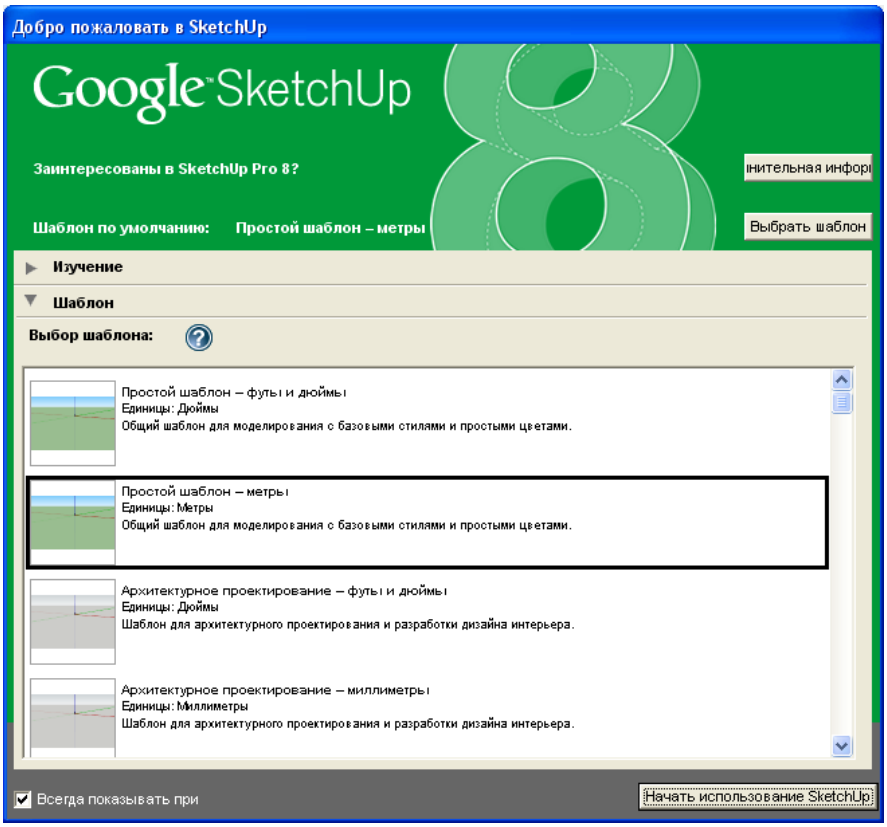
[1] Существует много дополнительных модулей, предоставляющих эту возможность.

Построенное изображение будет напоминать архитектурный эскиз – вполне подходит для модели здания, предмета мебели, посуды и т.п.

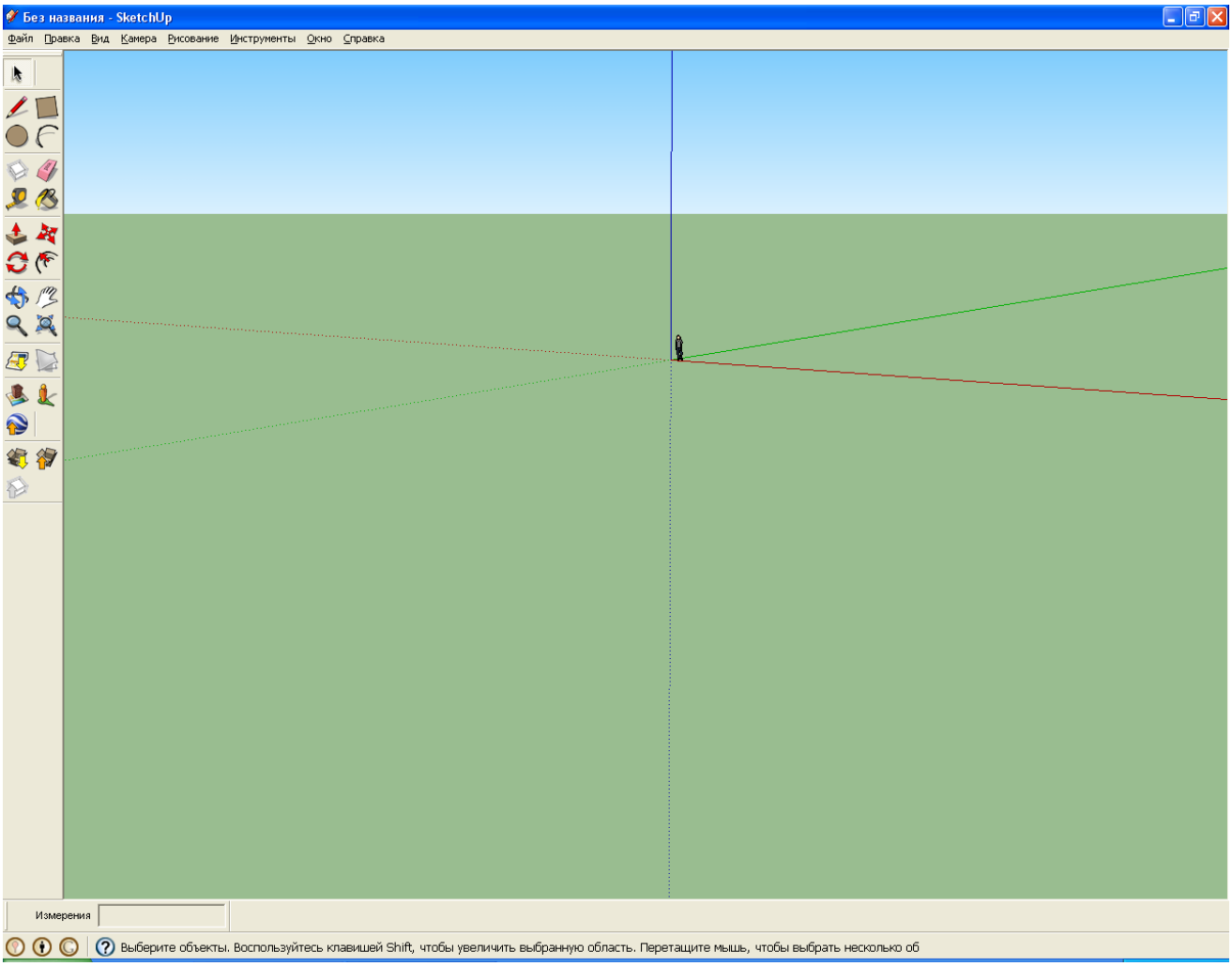
Для начала мы рассмотрим простой пример – схематичное построение модели дачного дома. При этом мы заранее решим, что это только примерная модель: у дома не будет подвала, крыльца, окна останутся незастекленными и т.п.

Задание 1. Основные инструменты и приемы

Первое, с чего мы должны будем начать работу – выбрать шаблон. С помощью шаблона мы определим два основных параметра пространства, в котором будем работать: способ измерения и вид проекции. Выберем для начала самый простой шаблон: единицей измерения в нем будут метры, и для преобразования трехмерного представления в двумерное представление на экране – перспективная проекция.



Этот шаблон подходит для моделирования зданий, что нам и требуется. Обратите внимание, возле начала координат схематично обозначена фигурка человека – для облегчения оценки размеров.
Все наши построения будут происходить в пространстве, определенном тремя осями. В математике их обозначают x,y и z, но поскольку мы будем их постоянно вращать буквами для обозначения пользоваться неудобно. Проще ориентироваться по цветам – зеленая и красная оси определяют «землю», а синяя – высоту. В нашем шаблоне дополнительно обозначено еще и небо.



Для работы используются инструменты, как обычно размещенные в панели слева. Панель может находиться и сверху, и вообще быть отдельным окном – но изначально она слева. Инструмент, как обычно, можно выбрать в панели щелчком мыши, действовать он начнет после щелчка мышью в рабочей области.
В зависимости от назначения, некоторые инструменты будут действовать пока кнопка нажата, некоторые потребуют нескольких щелчков – для указания нескольких параметров.

	Выбрать	Этот инструмент позволяет выбрать один или несколько объектов для последующих операций. Если вы выбираете один элемент – достаточно на нем щелкнуть, если несколько – надо растянуть рамку или щелкнуть на каждом с прижатой клавишей Ctrl
	Прямоугольник	Позволяет построить плоский прямоугольник
	Заливка	Позволяет задать внешний вид поверхности
	Линия	Отрезок между двумя точками
	Дуга	Дуга некоторого плоского овала по трем точкам: двум точкам опорного диаметра и радиусу
	Окружность	Плоская окружность внутри растянутого прямоугольника

	Переместить	
	Тяни/толкай	
	Повернуть	
	Ведение	
	Масштабирование	
	Смещение	
	Рулетка	
	Орбита	
	Панорама	
	Масштаб	

Первое, с чем нам нужно будет познакомиться – со способами «перемещения» в пространстве. От положения камеры (нашего глаза) будет зависеть и то, что мы увидим и то, как будет пониматься программой наша попытка что-то построить.

Основные средства перемещения: это инструменты «Орбита» и «Панорама» и «Масштаб»

Инструмент «Орбита» позволяет нам облетать нашу модель и смотреть на нее с разных сторон. Инструмент «Панорама» позволит нам смещать точку зрения (т.е. визуально сдвигать изображение).

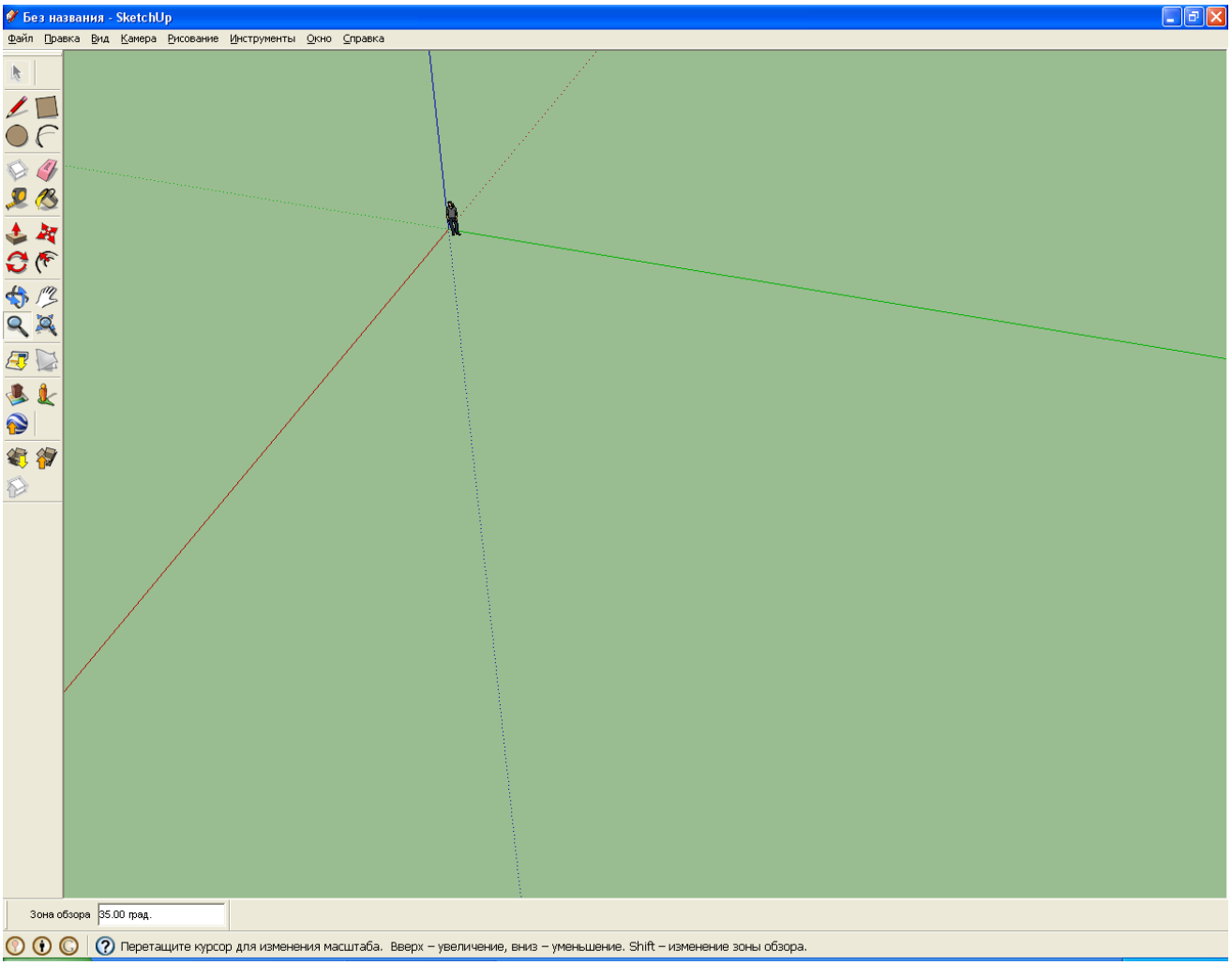
Инструмент «Масштаб» позволяет приближать и удалять камеру.

Поскольку менять положение камеры в пространстве нужно часто во время работы, а переключать инструмент бывает крайне неудобно, то для быстрого перехода к этим инструментам можно использовать третью кнопку мыши – чаще всего это колесо (не у всех манипуляторов есть такая возможность).

Во-первых, вращение колесика мыши - приближение или удаление.

Во-вторых, если нажать и удерживать третью кнопку – будет действовать «Орбита», то есть можно будет облетать объект.
В-третьих, если при нажатой третьей кнопке нажать левую кнопку мыши – включится инструмент «Панорама» и можно будет переместить точку обзора.
После того, как вы отпустите колесико – система вернется к действующему инструменту.

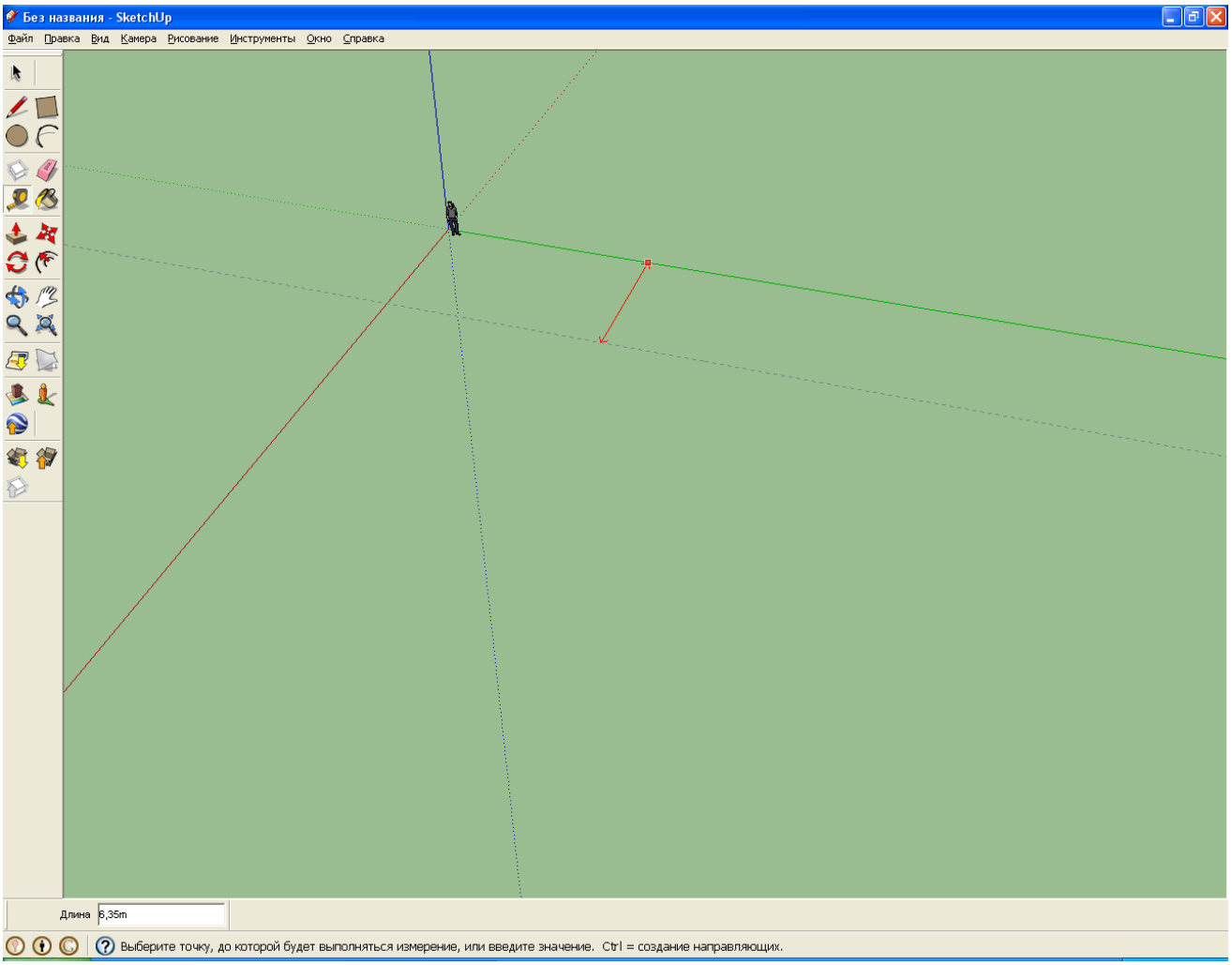
«Полетайте» вокруг начала координат, и добейтесь примерно такого положения:



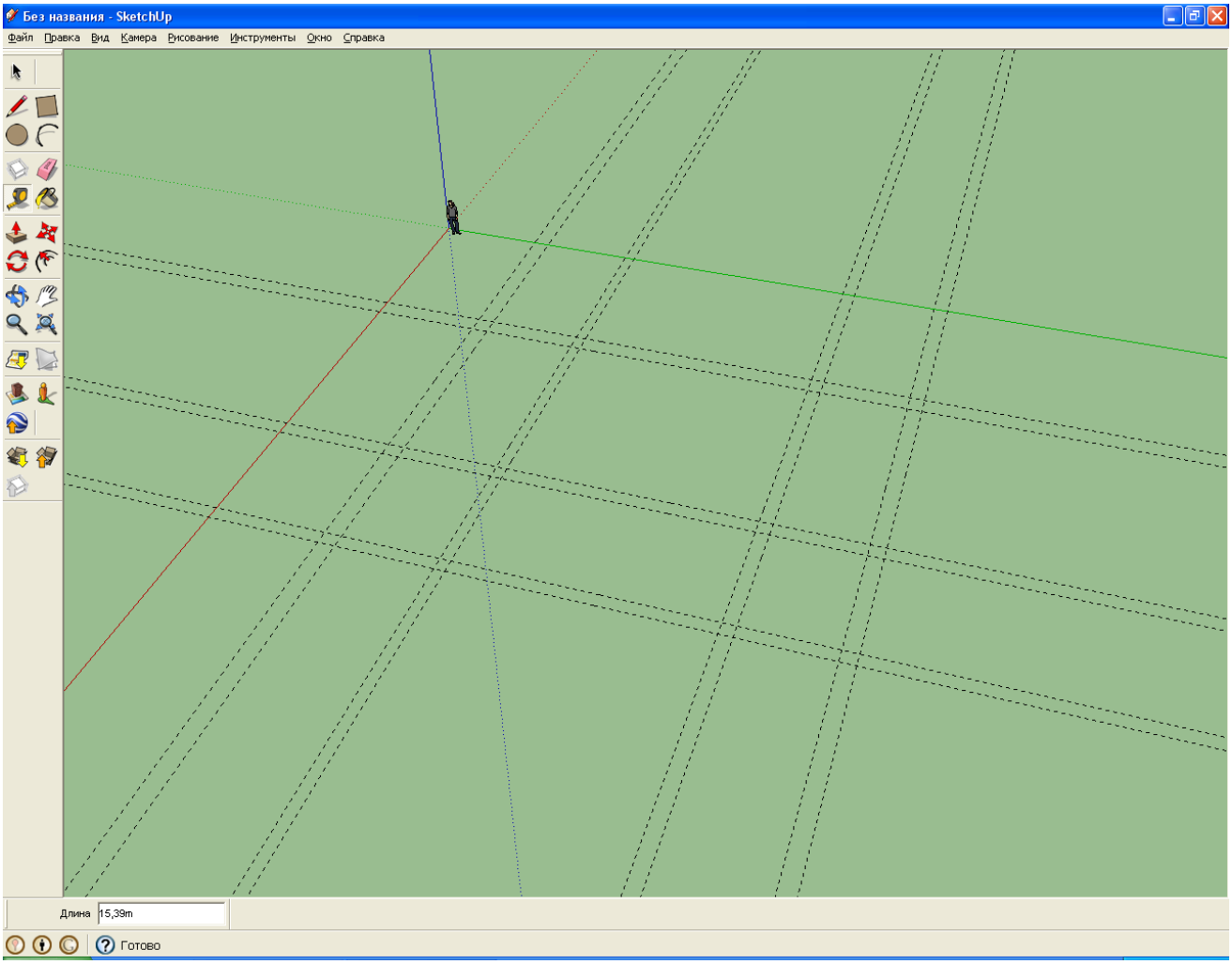
Начнем работу с примерной постройки плоского плана. Чтобы толщина стен в нашем доме была одинаковой и углы комнат соответствовали друг другу нам понадобятся ***вспомогательные линии***, то есть линии не входящие в модель, но помогающие ее строить. Такие линии обозначаются пунктиром.

Построим их с помощью инструмента «Рулетка» от красной и зеленой осей. Для этого:

- наведем курсор «Рулетки» на ось так, чтобы там появился красный квадрат,
- нажмем кнопку и отведем линию от оси:


Без названия - SketchUp
Файл Правка Вид Камера Рисование Инструменты Окно Справка
Длина 6,35m
Выберите точку, до которой будет выполняться измерение, или введите значение. Ctrl = создание направляющих.

Результат должен быть примерно таким:

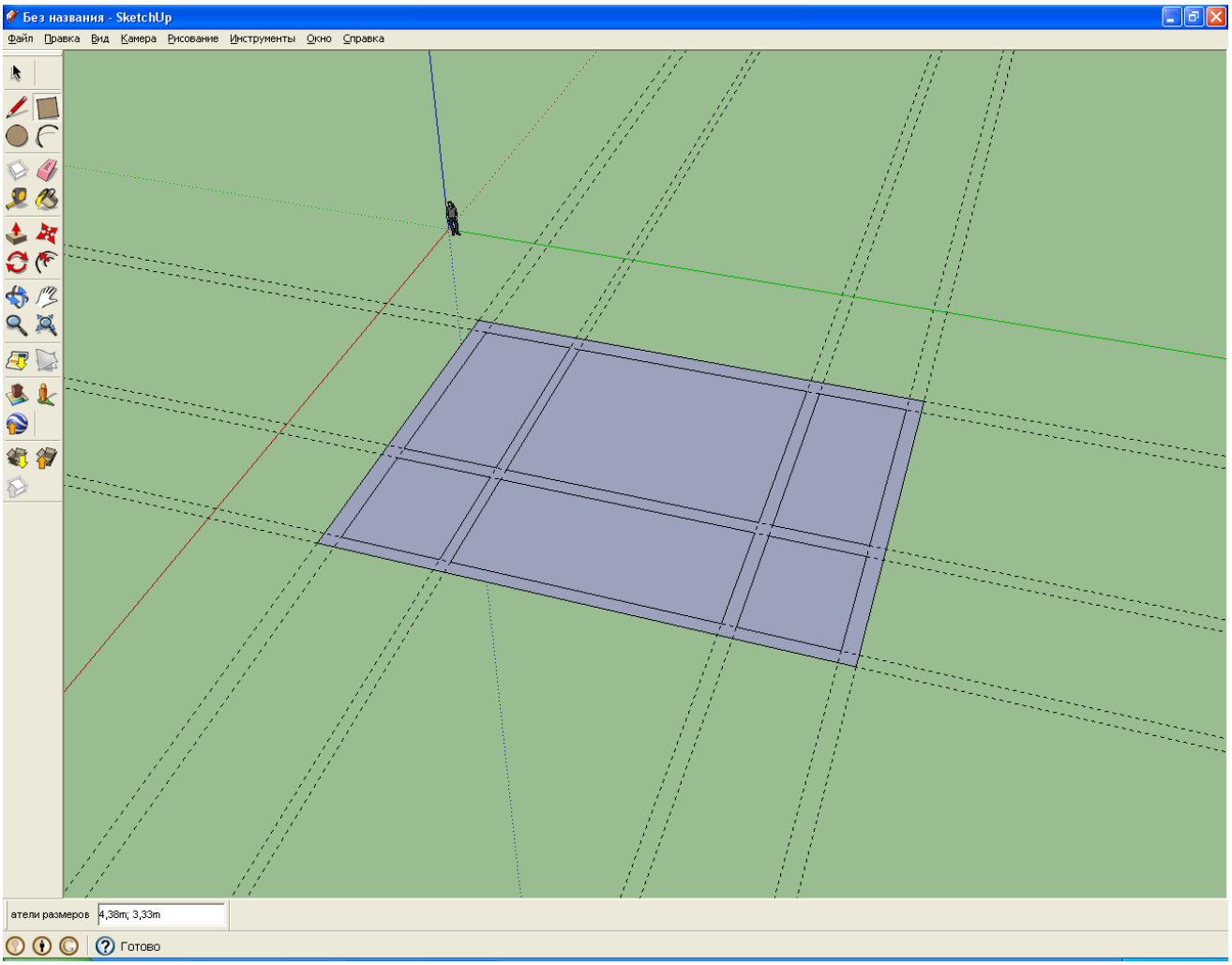


Схема, конечно, весьма приблизительная и жить в таком «доме» вряд ли удобно, но для демонстрации подойдет.

Инструментом «Рулетка» можно отмерить и расстояние на имеющемся объекте – от его края, оси, точки пересечения и т.д. При этом на ребре останется дополнительная точка, а не пунктирная прямая.

Теперь воспользуемся инструментом «Прямоугольник» и построим «комнаты»:

- От крайнего левого пересечения вспомогательных линий до крайнего правого растянем прямоугольник – внешние стены
- Внутри каждого внутреннего прямоугольника между вспомогательными линиями построим отдельные прямоугольники-комнаты так, чтобы между ними осталось расстояние – так образуются стены



При выполнении построений фигуры составляются из плоских многоугольников – граней[2]. У каждой грани есть ребра (отрезки, которые ее ограничивают), и площадь. Эти элементы можно изменять и редактировать отдельно друг от друга.

Грани и ребра возникают и при пересечении двух фигур.

Обратите внимание – при построении инструменты «притягиваются» к вспомогательным линиям, ребрам, точкам пересечения, серединам ребер – это позволяет легче ориентироваться при построении объемных фигур.

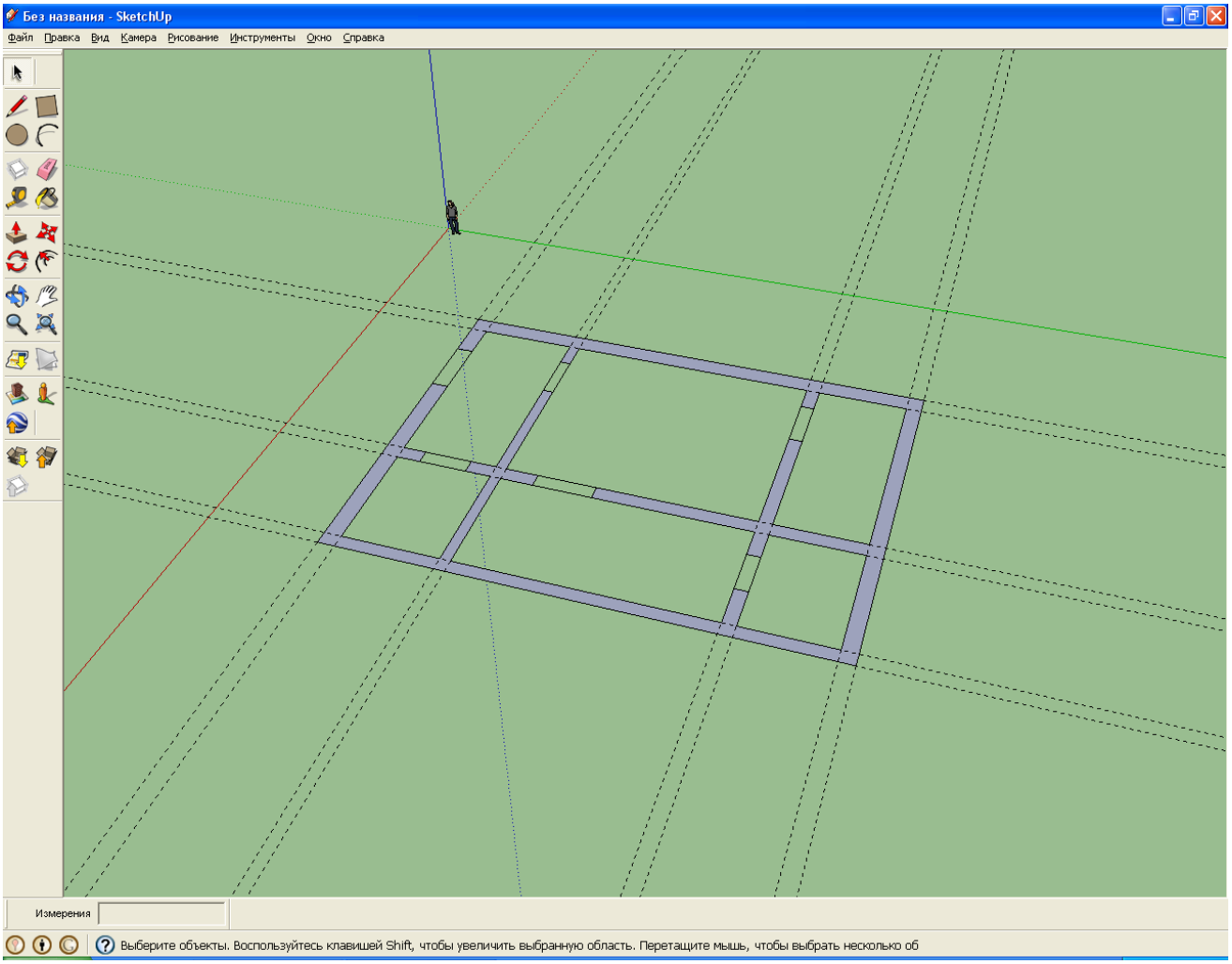
Обратите внимание: мы получили совершенно плоский план. «Облетев» его вы увидите, что эти прямоугольники не имеют никакой толщины.

- Удалим внутренние прямоугольники, оставив только стены: выберем их инструментом «Выбрать» и нажмем Del.
- С помощью таких же прямоугольников обозначим дверные проемы[3]:
- Подготовим места дверных проемов – удалим внутреннее пространство прямоугольников.

---

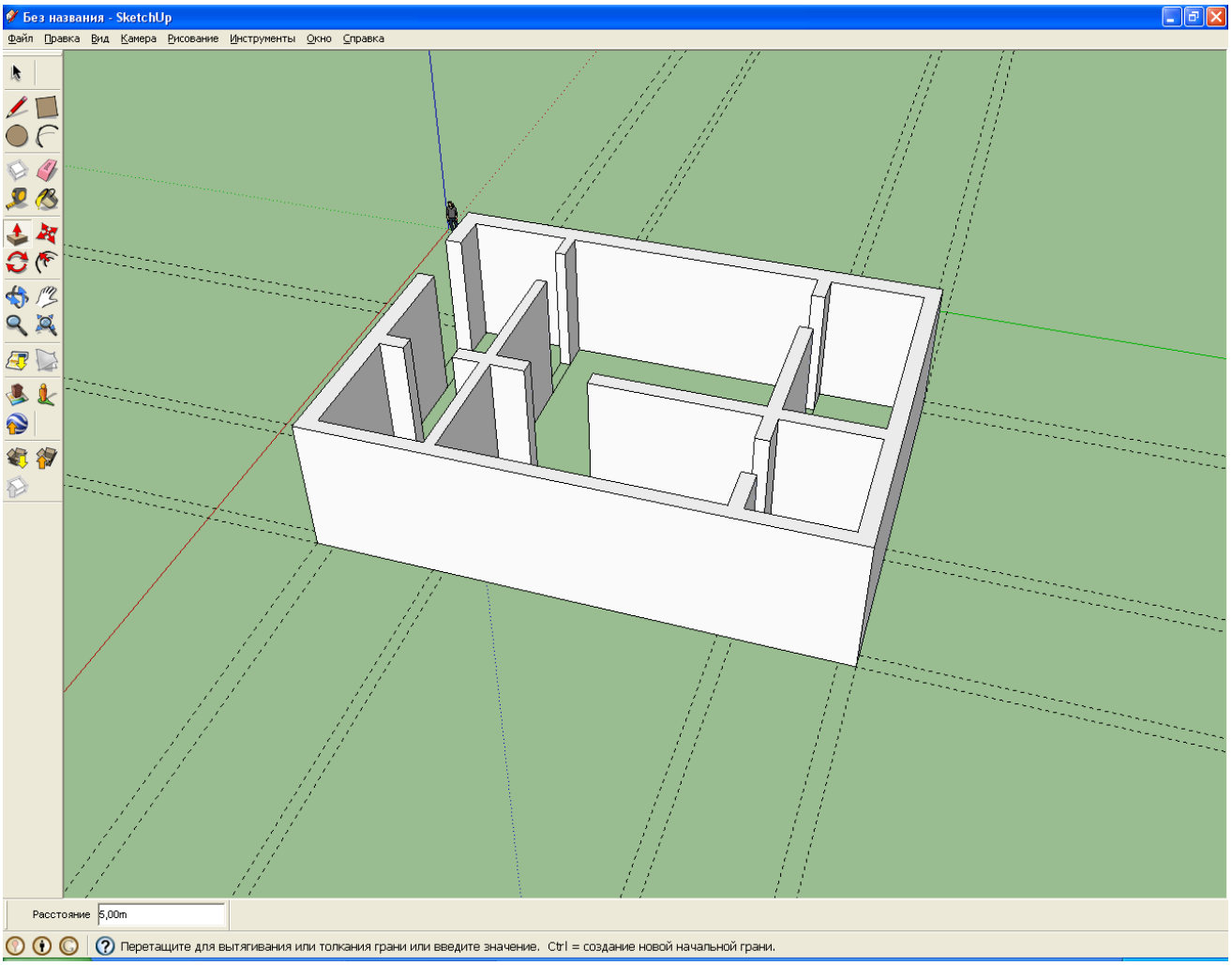
[2] Да, и круги тоже. Количество отрезков можно менять.

[3] Авторы упрощают построение, поэтому двери будут размером во всю высоту стен, но не до абсурда: окна будут строиться по-другому.



Теперь мы можем придать этому плоскому плану объем – воспользуемся инструментом «Тяни/Толкай» и «Вытолкнем» стены вверх. Этот инструмент создает объемную фигуру, протягивая плоскую фигуру перпендикулярно (не обязательно вверх).

- Выбрав инструмент «Тяни/Толкай», наведем его на стенку.
- Нажмем левую клавишу мыши и не отпуская ее «вытянем» стены вверх примерно на 5 метров. Расстояние (и другие параметры, когда мы ими пользуемся) показываются в поле ввода в нижней левой части экрана.



Обратите внимание: во время выталкивания в строке «Расстояние» внизу менялась высота выталкивания. Сразу после того, как мы вытянем стены, зададим им точную высоту: нажмите цифру 5 на клавиатуре и «Enter».

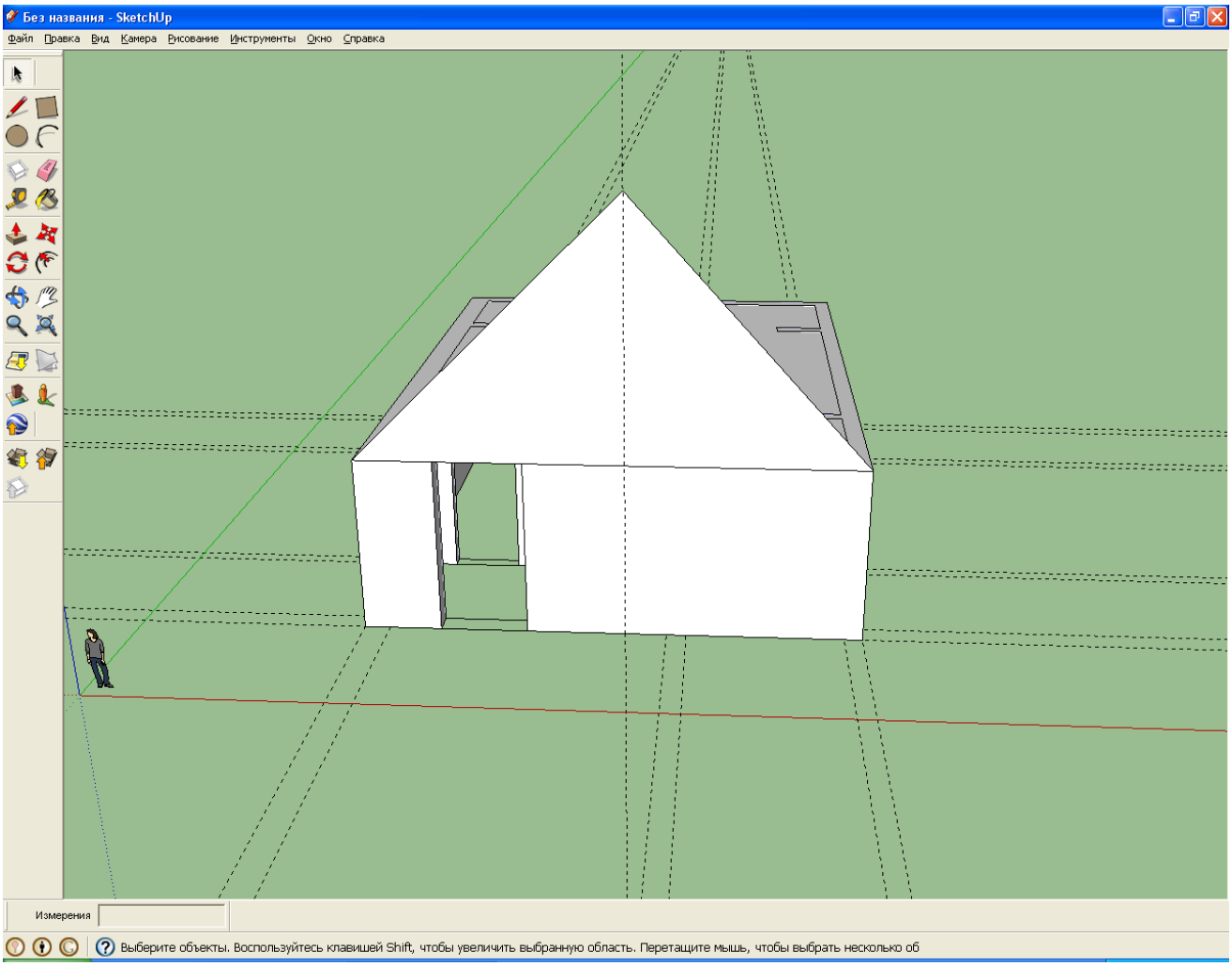
Стены у нас есть. Перейдем к крыше.

- Разверните дом фасадом к себе и
- Постройте осевую вспомогательную линию, на этот раз – от синей оси. Чтобы линия не оказалась вдали от стен (традиционно крыша связана со стенами), установите эту линию по уже имеющейся вспомогательной линии. Если хотите получить точное положение – рассчитайте расстояние и введите его как вводили высоту стен.

Теперь построим заготовку крыши. С помощью инструмента «Линия» построим треугольник:

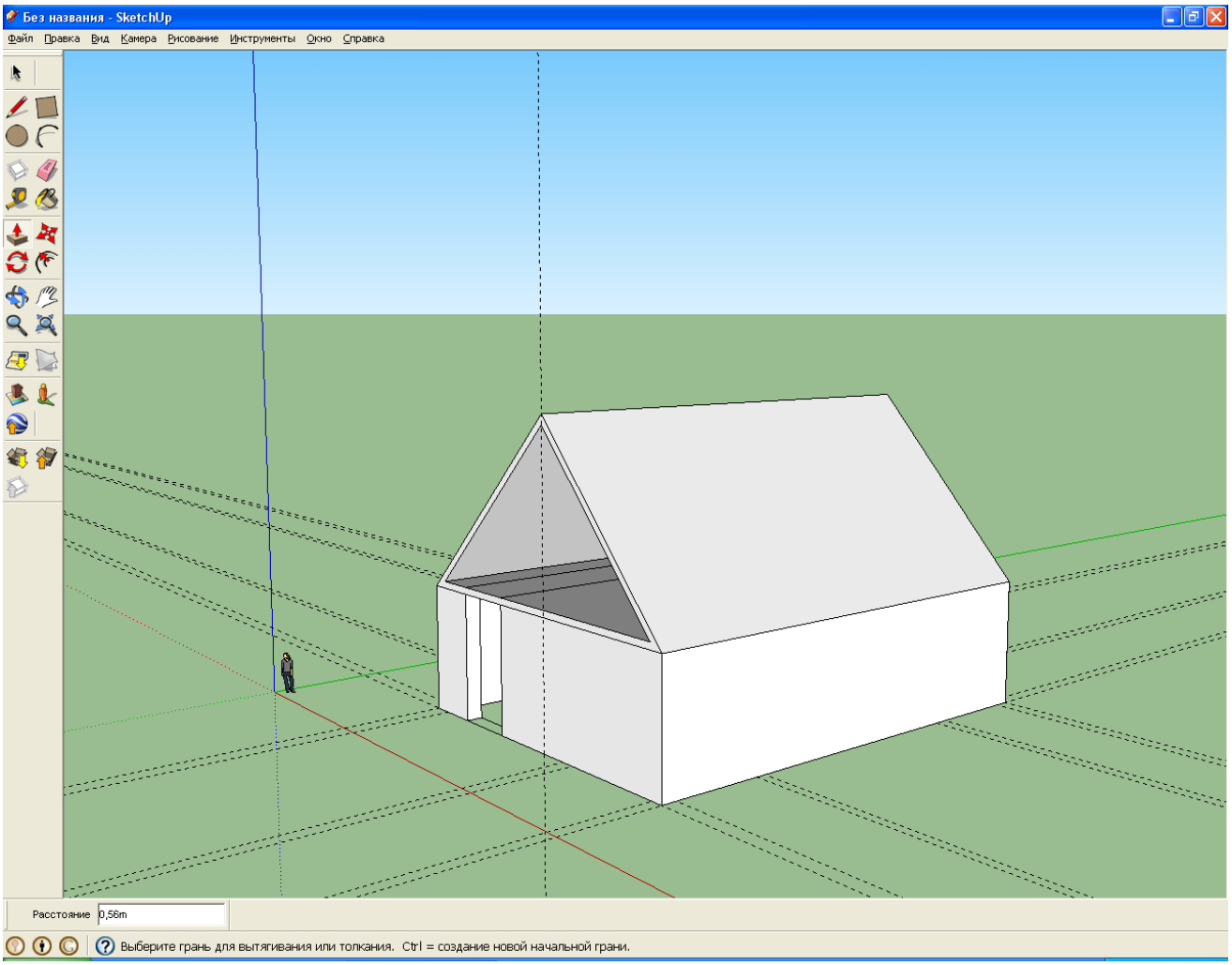
- Выбрав инструмент «Линия», нажмем клавишу мыши на левом верхнем угле стены и вытянем линию до вертикальной вспомогательной линии – на желаемую высоту конька крыши.
- От получившейся точки – вытянем линию до правого угла крыши
- От правого угла протянем линию к левому – так, чтобы под курсором появилась зеленая точка, которая покажет что мы попали в начало.

Если все сделано верно, появится треугольник:



При этом появятся замкнутые фигуры: «потолок» и «дверь». Дверь нужно удалить, а «потолок» можно оставить.

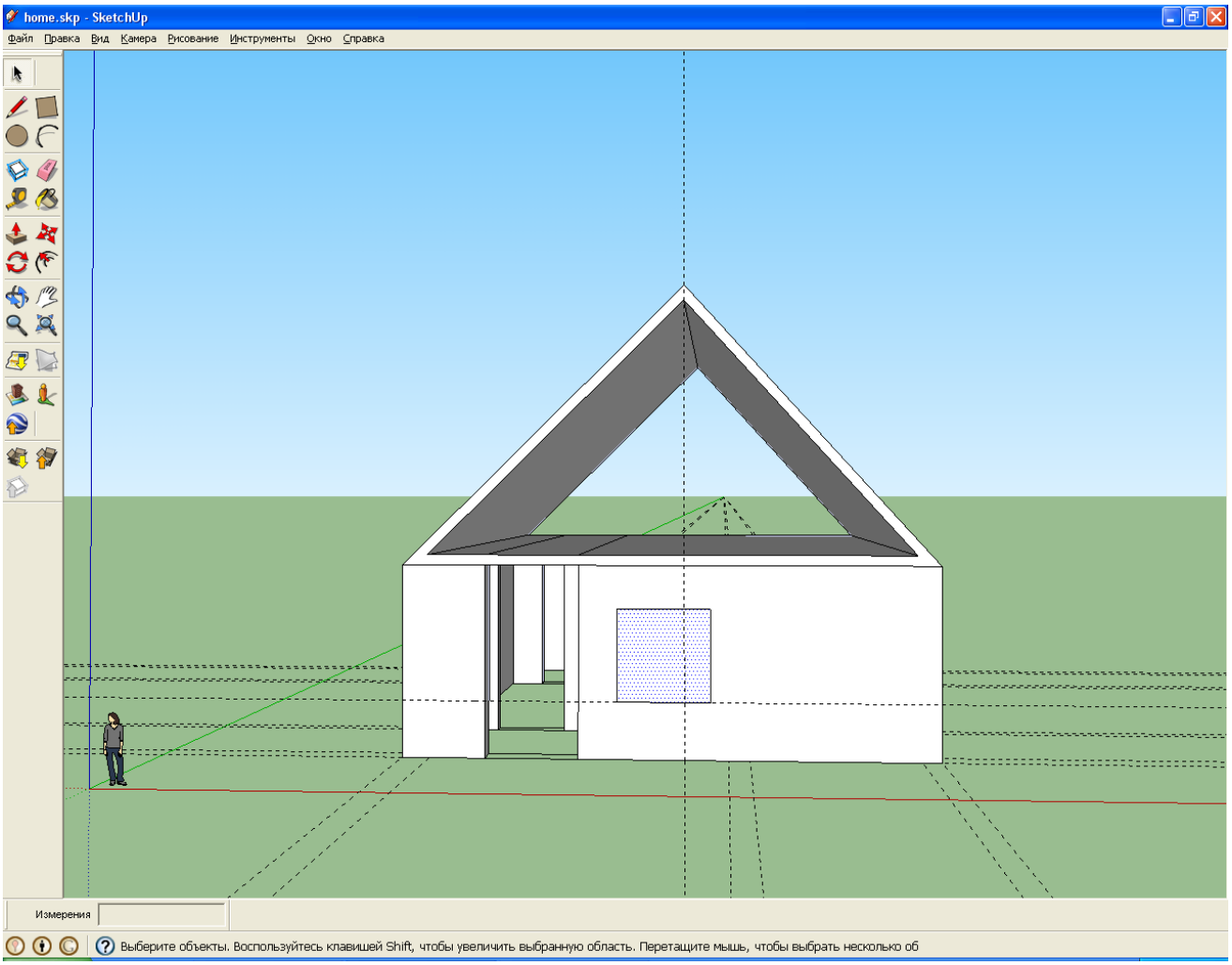
- Выберем инструмент «Смещение».
- Наведем его на треугольник, нажмем клавишу мыши и уменьшим его внутрь – появится уменьшенная копия.
- Внутренний треугольник уберем,
- Результат «Вытянем» до противоположной стены:



Сдвигать придется в несколько этапов – на границах комнат сдвиг будет останавливаться. Чуть позже мы увидим, что это удобная особенность.

Теперь построим окна.
Во-первых, чтобы окна оказались на одной высоте построим вспомогательную линию. Для этого

- «Рулеткой» отмерим полтора метра от линии «земли».
  Обратите внимание, что отмерять и строить линию надо на стене, не попадая на посторонние пересечения – иначе линия пройдет не там, где надо (программа неверно определит положение вашей линии в пространстве).
- Построим прямоугольник, который и будет выступать в роли заготовки окна.



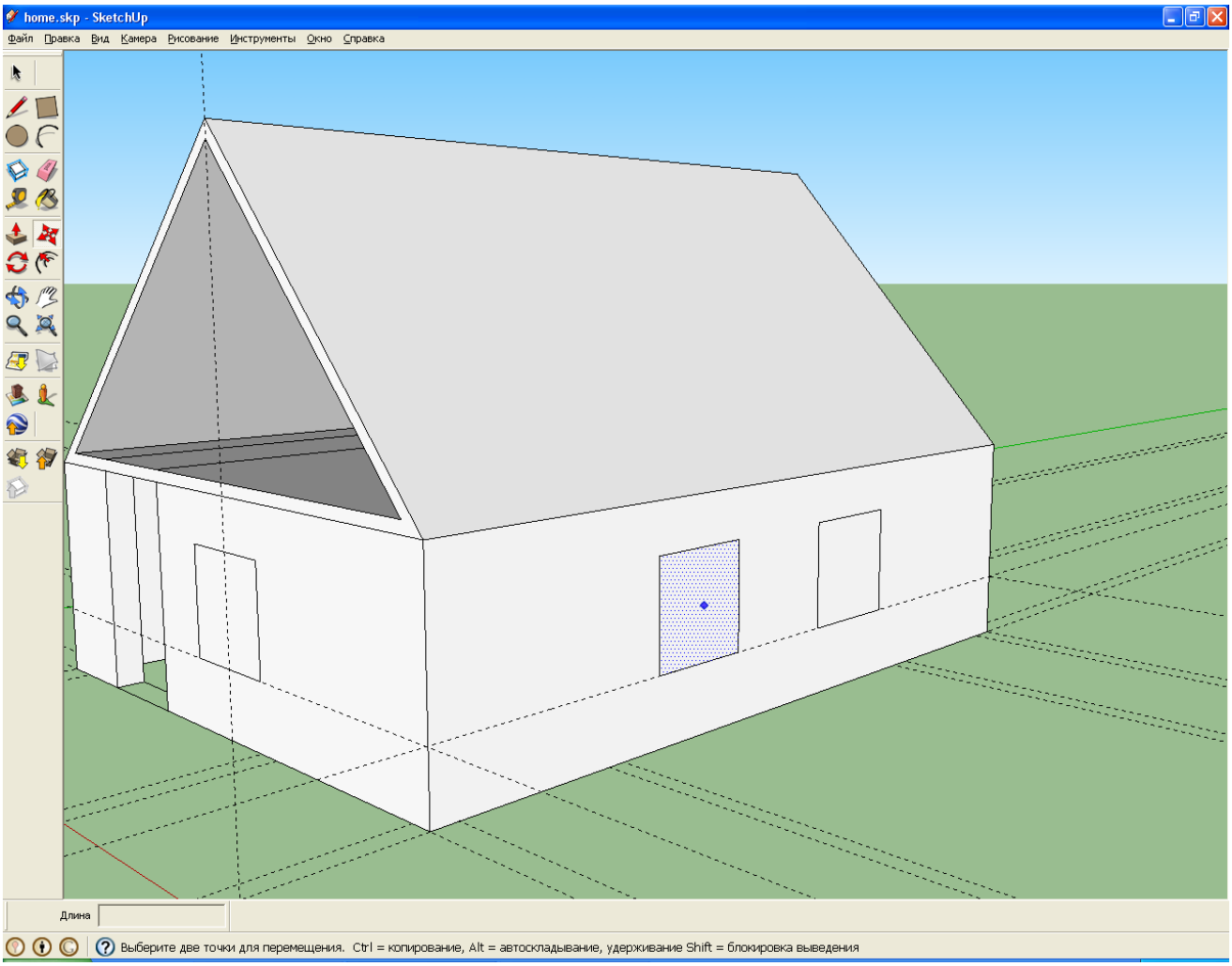
Обратите внимание: место выбрано так, чтобы окно не оказывалось на внутренней стене – которую мы строили по вспомогательным линиям.

Чтобы все окна в доме были одинаковыми:

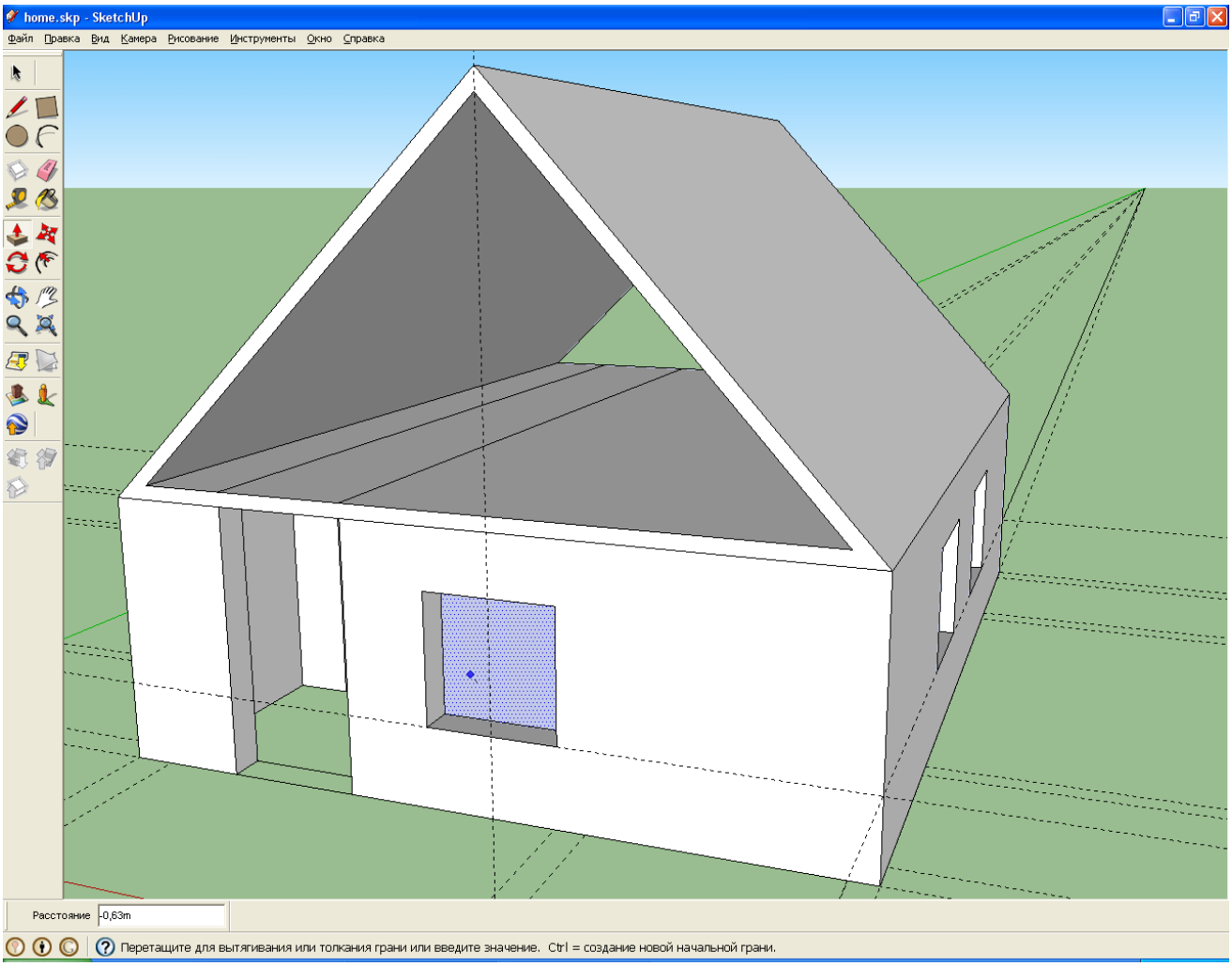
- выберем прямоугольник-заготовку и скопируем ее в буфер обмена (меню «Правка», команда «Копировать»).
- Перенесем камеру к другой стене и построим на ней такую же вспомогательную линию в 1,5 метрах от уровня земли.
- Воспользуемся командой «Вставить». Появившийся прямоугольник перенесем на стену, разместив его нижнюю сторону на вспомогательной линии, а после этого щелкнем клавишей мыши чтобы его закрепить.

Второе окно мы создадим с помощью инструмента «Переместить».

- Выберем прямоугольник этим инструментом.
- Нажмем на клавиатуре клавишу «Ctrl» для создания копии (у курсора появится знак «+»). Не отпуская Ctrl, сместим окно по вспомогательной линии.



- Аналогично построим заготовки и на других стенах.
- Чтобы из заготовок действительно построить оконные проемы, мы снова воспользуемся инструментом «Тяни/толкай». Вытолкнем оконный проем внутрь, пока не появится сообщение «На грани». После этого клавишу мыши можно отпустить, и появится проем.
- Остальные окна сделаем таким же образом.



Добавим к нашему дому трубу для отвода дыма. Для этого:

- Рядом с домом нарисуем круг. Инструментом «Окружность» сначала отметим центр круга (первый щелчок мыши), а потом вытянем радиус – 0,5 м.
- Точно также, как мы поступили при построении крыши, сместим круг внутрь ( ),
- Удалим середину.
- Полученное кольцо[4] сдвинем вверх с помощью инструмента «Тяни/толкай».

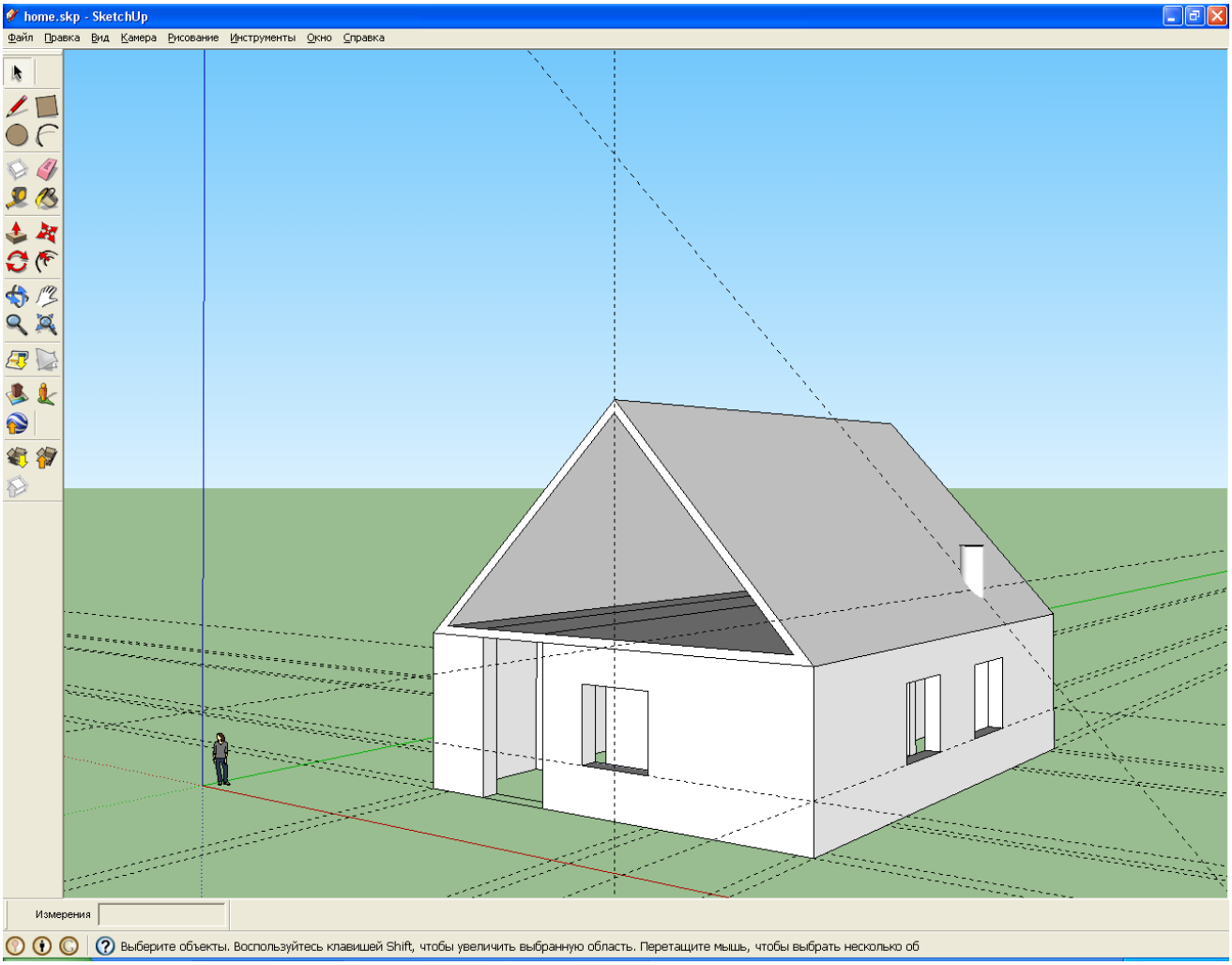
Для того, чтобы разместить трубу на крыше не подбирая мучительно ее положение в трехмерном пространстве, подготовим разметку: от конька или нижнего края крыши

- «Рулеткой» отводим первую вспомогательную линию, от бокового края крыши – вторую, перпендикулярную. Размещаем их так, чтобы точка пересечения находилась примерно в месте расположения трубы.

[4] Ничто не мешает Вам сделать тоже самое с прямоугольником и получить трубу, похожую на сложенную из кирпича.

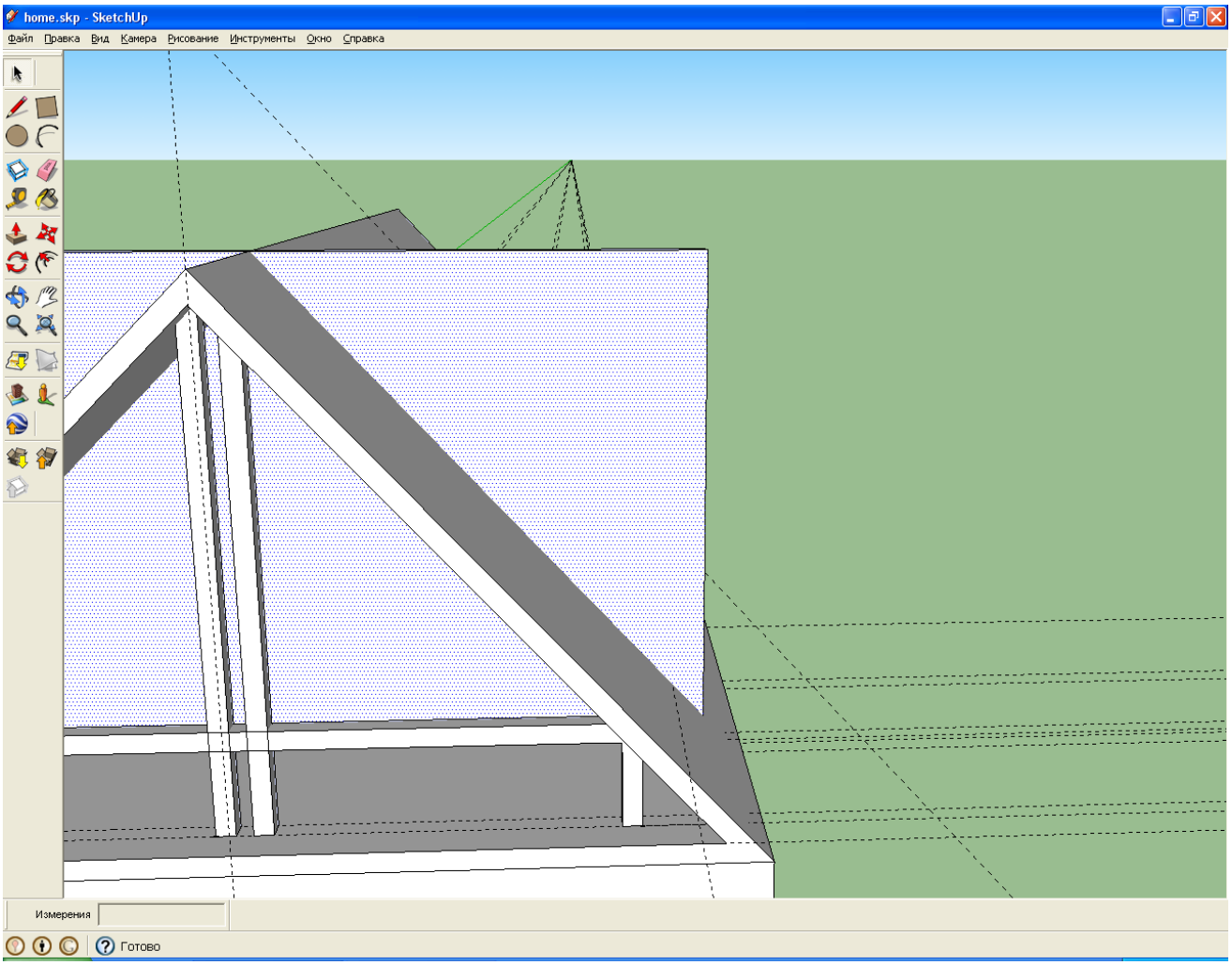
- Теперь выделим трубу инструментом «Выбрать» и инструментом «Переместить» перенесем ее на подготовленное перекрестье. Подберем высоту ее положения так, чтобы нижний край трубы касался потолка (да, при этом труба пройдет через крышу – это и является ее основным назначением).

- Если высоты трубы не хватит – снова потяните вверх верхнее кольцо инструментом «Тяни/толкай».



Чтобы привести дом к «жилому» виду нарисуем с фронтальной стороны веранду под крышей. Для этого построим опорную конструкцию из брусьев (авторы выбрали толщину 25 см) – построив вспомогательные линии от края крыши и стенку.

Единственным новым в построении будет способ, которым надо будет убрать лишнее от этой стенки.:



- Построим стенку как выдвинутый прямоугольник,
- Выберем стенку и кусок крыши, как показано на рисунке
- Нажмем правую кнопку мыши и выберем команду «Перекрытие граней – с моделью». Этак команда разделит стенку на части,
- «выступающие» треугольники сдвинем до нулевой толщины инструментом «Тяни/толкай»
- Удалим лишние ребра – остатки от пересечения со стеной на крыше.

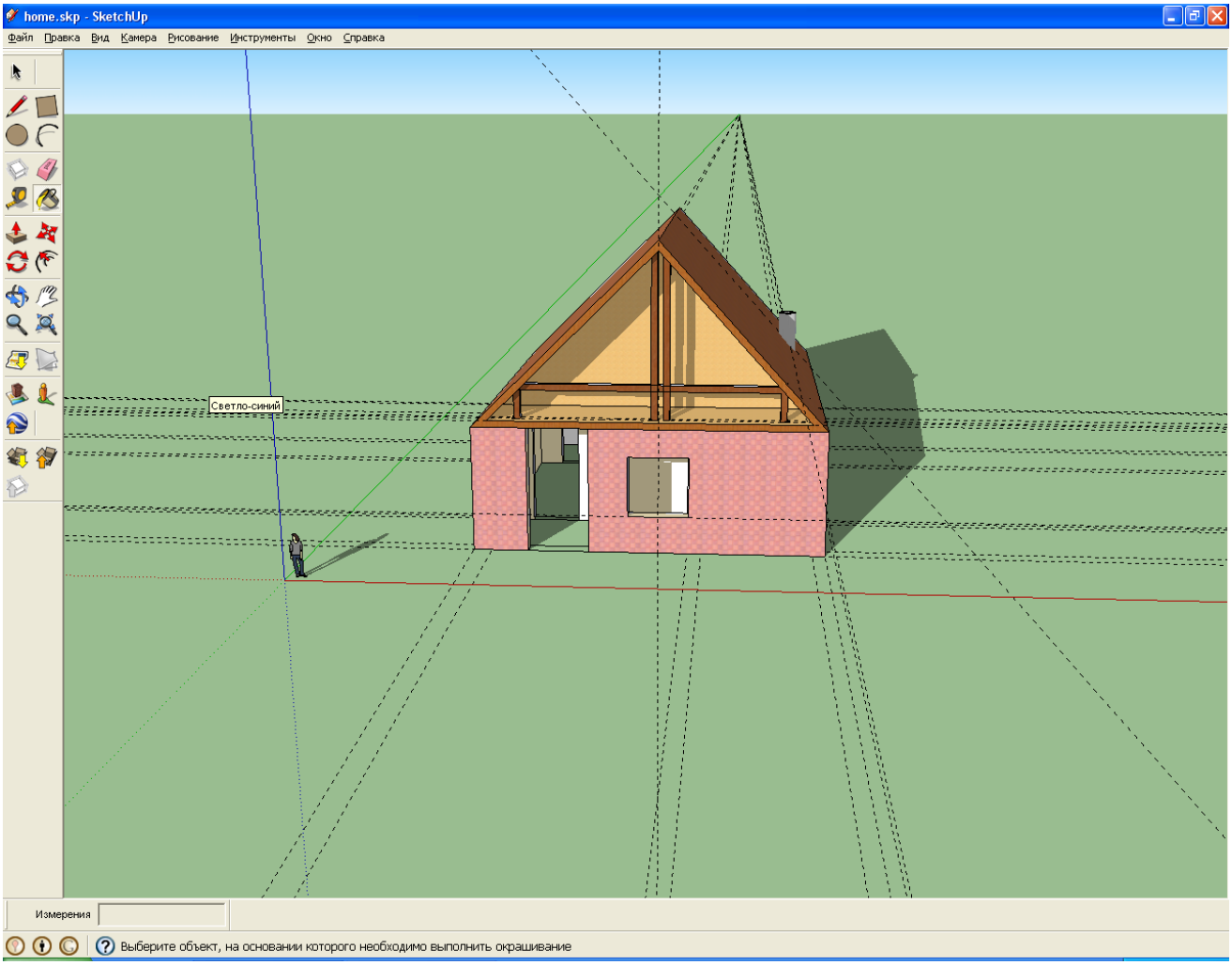
Аналогично могут быть построены рамы и стенка под крышей с другой стороны дома.

Следующий этап придания дому немного более реалистичного вида – задание текстур, описывающих материалы.

Делается это с помощью инструмента «Заливка»:

- Выберем инструмент «Заливка». Появится окно выбора текстур.
- Выберем раздел «Кровля», а там текстуру «Черепица»
- Щелкнем инструментом на плоскости крыши.

Зададим текстуры черепицы, дерева и камня на нашем доме, после чего включим режим «Тени» в меню «Вид»:



Очевидно, результат больше похож не на готовый, а на недостроенный дом (хотя-бы потому, что пол и окна отсутствуют, а на веранду нет двери[5]), но, надеемся вы уже имеете представление о том, как можно было бы создать изображение более высокого качества.

Задания для самостоятельно работы:

1. Постройте модель стула, состоящую из параллелепипедов.
2. Постройте дом аналогично уже сделанному – но с учетом подвала, размеров окон и дверей.

Задание 2. Движение по траектории, компоненты

Следующая модель, которую мы подготовим, может стать неплохим дополнением к предыдущей – нарисуем стул[6]. Для проектирования мы выберем другой шаблон – "Проектирование изделий и деревообработка". Основной единицей измерения в нем будут миллиметры, "Небо" и "Земля" не обозначаются.

---

[5] Автору довелось видеть внутренний балкон в здании, на который профессионалы-архитекторы в проекте забыли предусмотреть хотя-бы один выход – так что ничего оригинального в этом нет. Лестницу пришлось доделывать спешно перед сдачей.

[6] Это описание фактически повторяет урок №4 из видео-уроков Google по использованию Sketchup.

Чтобы воспользоваться некоторыми новыми инструментами, включим расширенную панель инструментов. Для этого:

- В меню "Вид/Панели инструментов" уберем галочку "Начальная"
- Там же поставим галочку "Расширенная".

Начнем с сидения.

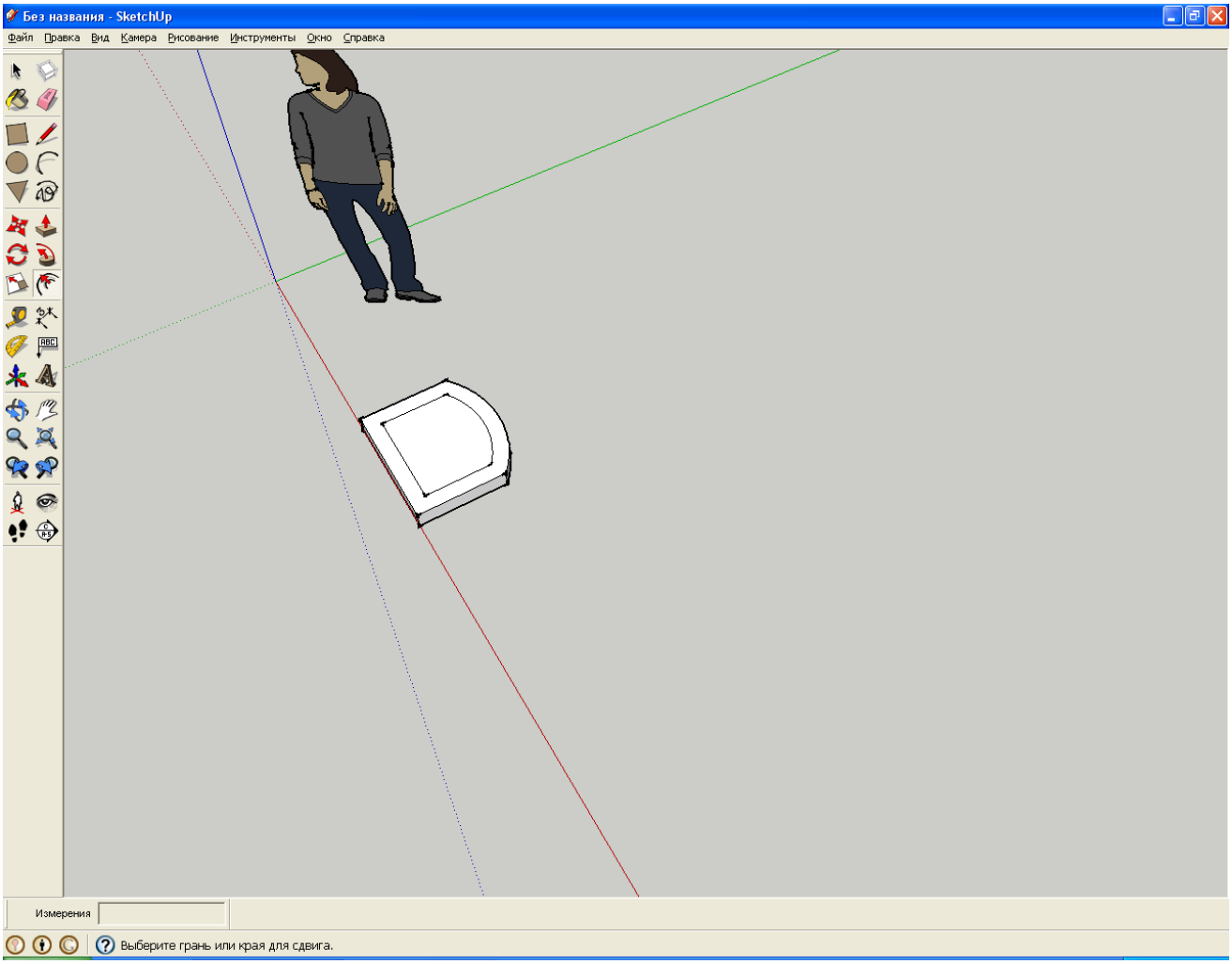
За основу возьмем обычный прямоугольник. Построим его инструментом «Прямоугольник», параллельно осям. Вытянем фигуру вверх инструментом "Тяни/толкай"

- На верхней грани построим дугу так, чтобы она почти касалась одной из коротких сторон. Для этого первую точку щелчком мыши поставим на одной стороне, вторую – на другой, и вытянем дугу в сторону середины отрезка.

Удалим получившийся внешний сегмент – «утопив» его как обычно инструментом «Тяни/толкай».

Чтобы отдельно прорисовать раму и отдельно обивку, инструментом "Смещение" сделаем уменьшенную копию верхней поверхности.

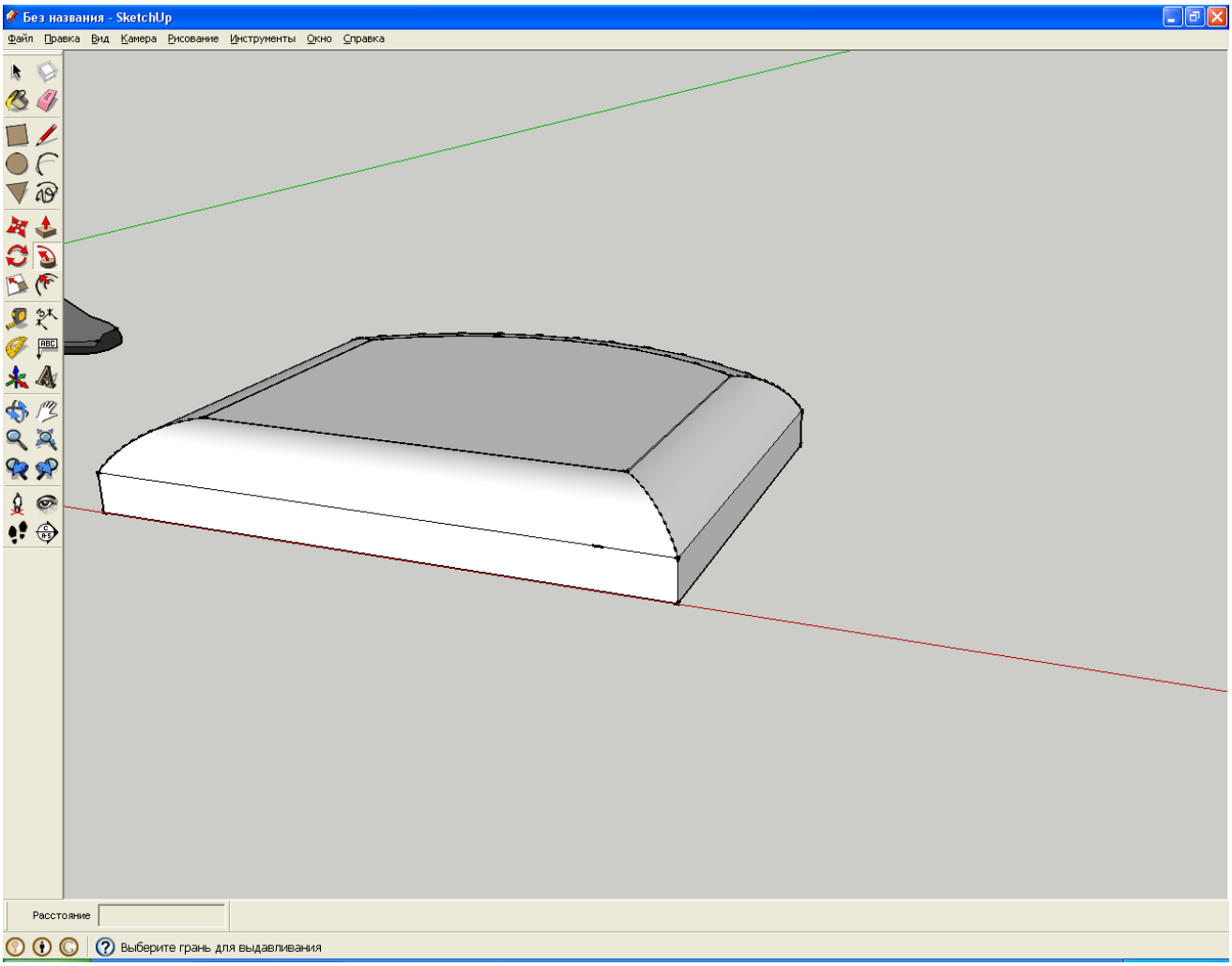
Получим примерно такой результат:



Теперь с помощью нового инструмента сделаем верхний край рамы полукруглым. Для этого:

- Развернем камеру так, чтобы видеть прямоугольную сторону
- Нарисуем дугу примерно в толщину рамы к середине боковой стороны
- Выберем инструмент «Ведение» и щелкнем сначала на получившемся сегменте, а потом последовательно наведем (только наведем!) курсор на каждое из ребер верхней части сидения, начав с угла, который выделили, пока не дойдем снова до начального угла. Выбранные в качестве траектории ведения ребра будут становиться красными.
- Доведя до угла, щелкнем мышью. Сегмент будет удален по всей длине ребер.

Должно получиться примерно вот что:

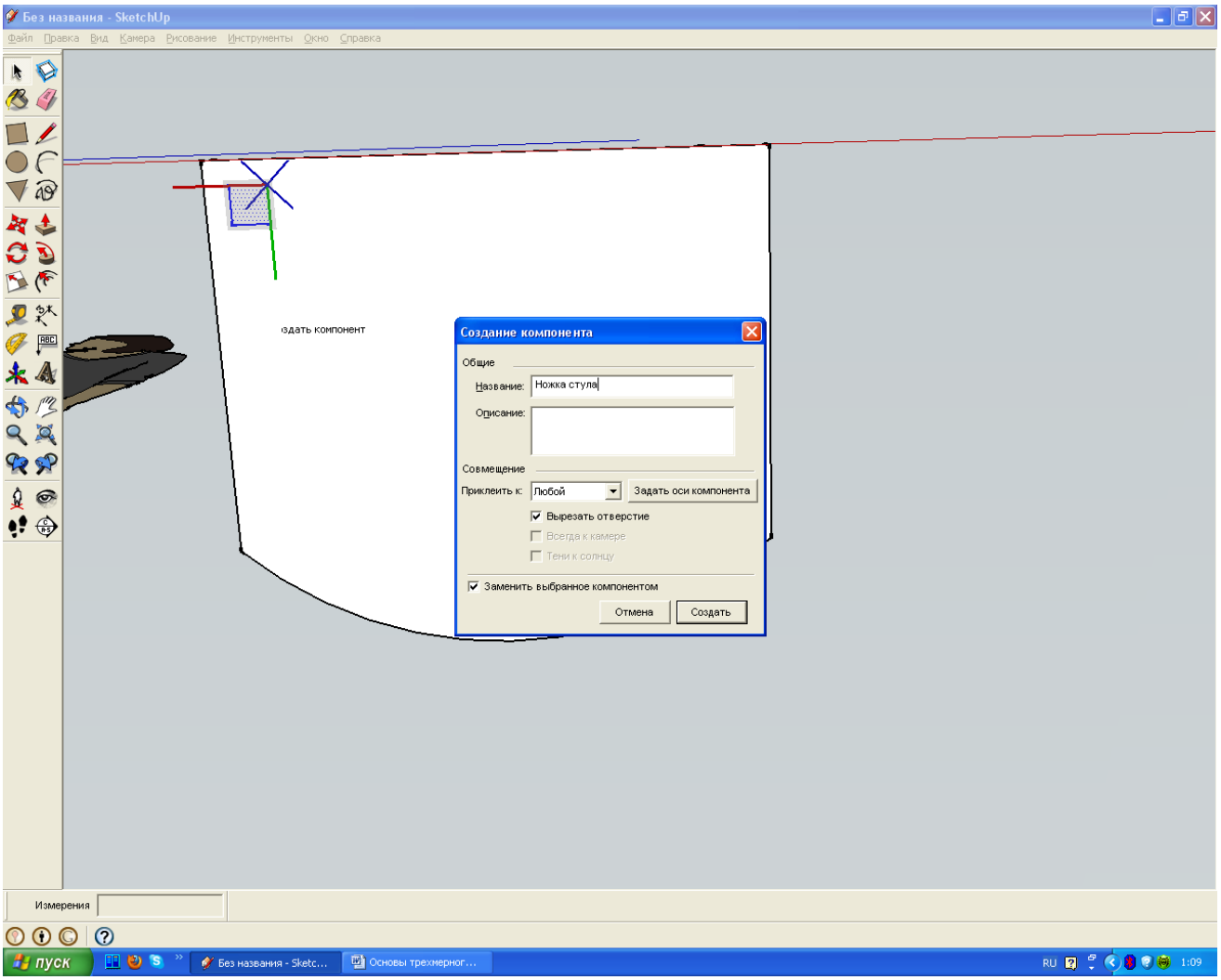


Теперь нарисуем ножки нашего стула. Одна из характерных особенностей ножек хорошего стула – их одинаковость. Поэтому при построении ножек мы используем специальную возможность Sketchup – создание компонентов. Один и тот же компонент можно использовать в нескольких местах, а редактировать – только в одном.

Для этого:

- Развернем камеру на низ стула
- Построим квадрат – заготовку ножки – со стороной примерно 40 мм.
- Выделим площадь квадрата и добавим (инструментом «Выбрать» с прижатой клавишей Shift) стороны.
- В контекстном меню (правая клавиша мыши) вызовем пункт «Создать компонент»
- Назовем его «Ножка стула» и нажмем кнопку «Создать»

Вот как это будет выглядеть:



Обратите внимание – компонент получил свою собственную систему координат.

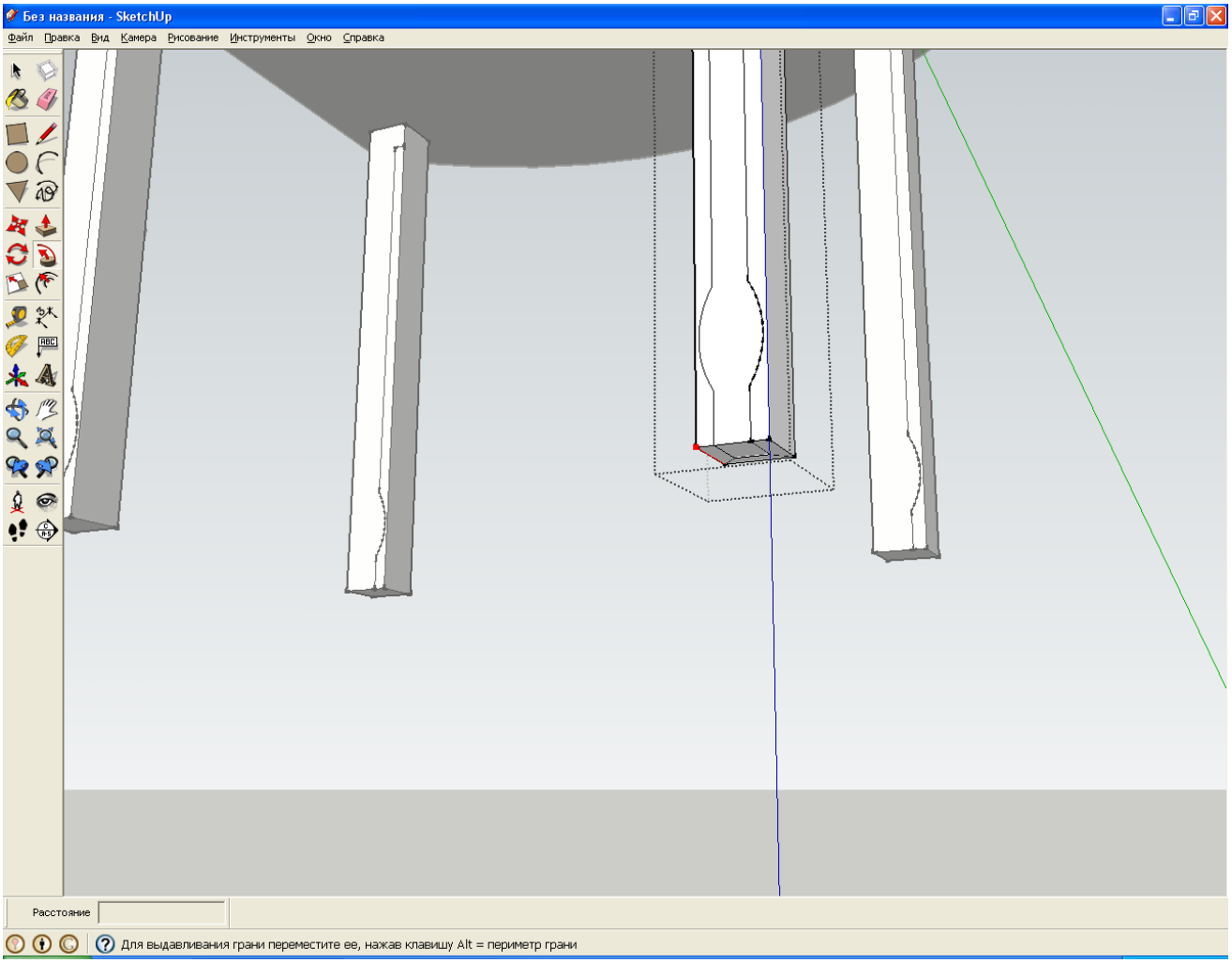
- Создадим сдвигом копию (инструмент «Переместить» с прижатой клавишей Ctrl) ножки с другой стороны. Обратите внимание – если компонент сдвигается правильно, то он сдвигается вдоль оси, и это отмечается красной или зеленой пунктирной линией.
- Инструментом «Выбрать» добавляем исходный компонент (с прижатой клавишей Shift) и сдвигаем копию обеих ножек к оставшейся стороне.
- Поворачиваем камеру и дважды щелкаем на любой удобной для редактирования ножке
- Инструментом «Тяни/толкай» сдвигаем ее на 500 мм вниз. Обратите внимание – изменились все 4 ножки.

Обратите внимание – стул затенен, мы редактируем только компонент. Сделаем ножку фигурной. Для этого

- Нарисуем инструментами «Линия» и «Дуга» на ножке профиль, по которому будем «обрезать».
- Развернем камеру так, чтобы видеть весь квадрат ножки снизу
- Инструментом «Ведение» выделим профиль для обрезки и проведем вдоль каждой грани сечения.

- Выйдем из редактирования компонента – щелкнув мышью снаружи.

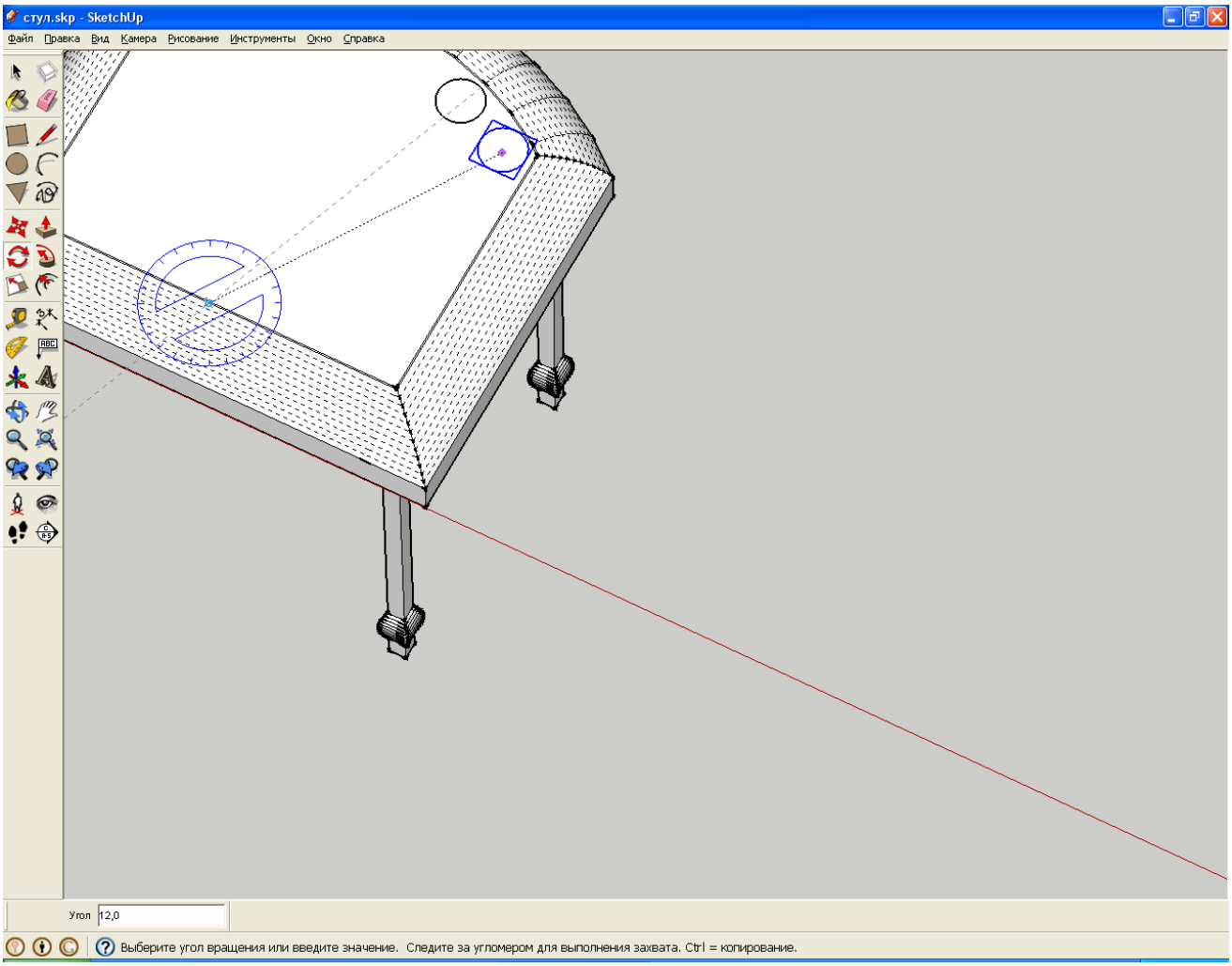
В процессе работы это должно выглядеть примерно так:



Теперь нарисуем спинку стула.

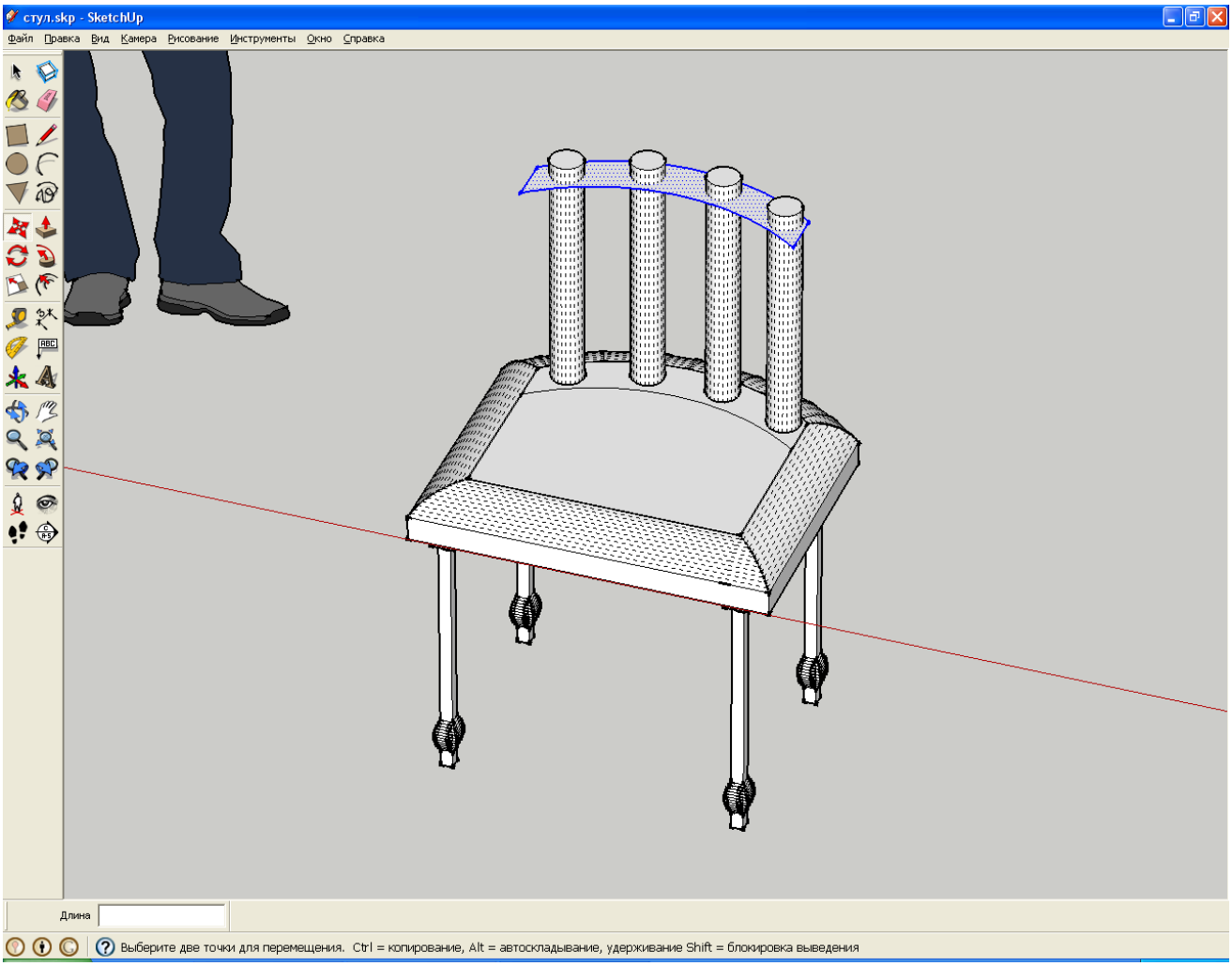
- На крае сидения нарисуем круг-заготовку опоры спинки.
- Выделим круг и его окружность, создадим компонент
- Выберем компонент с помощью инструмента «Выбрать»
- Выберем инструмент «Поворот». Щелкнем этим инструментом в середине противоположной стороны – отметим центр поворота.
- Щелкнем в середине компонента – отметим радиус поворота.
- Нажмем клавишу «Ctrl» - чтобы сделать копию, а не перенести во время поворота. Повернем компонент примерно на 20 градусов.

Выглядеть это будет примерно так:

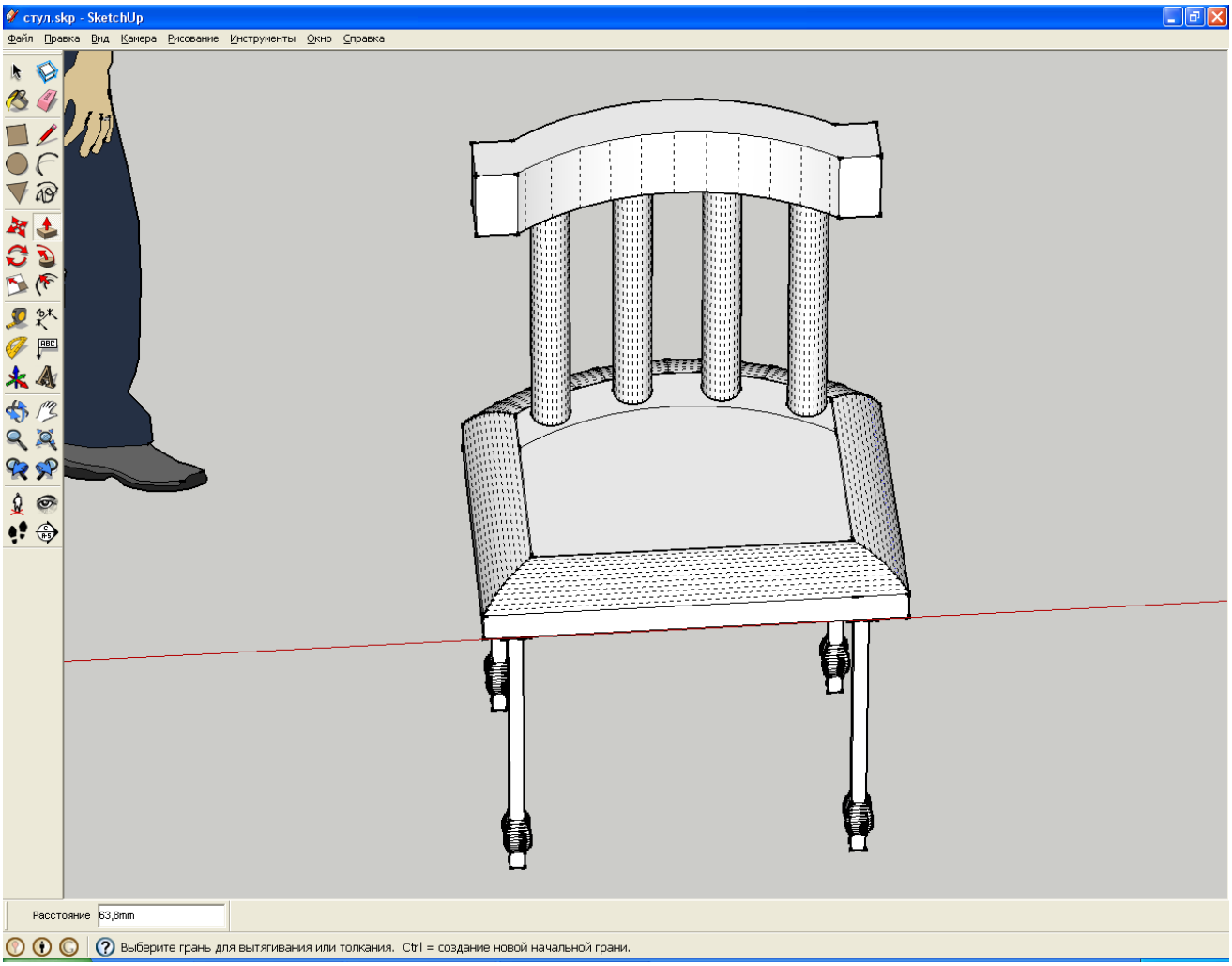


- Отпустим клавишу мыши и наберем на клавиатуре “3x”, после чего нажжем Enter. Эта команда повторит поворот 3 раза.
- Теперь откроем компонент и вытянем опору спинки на 450мм
- Инструментом «Переместить» с прижатой клавишей Ctrl сдвинем дугу задней части сиденья на место перед опорами.
- После этого инструментом «Переместить» с прижатой клавишей Ctrl сдвинем получившуюся фигуру вверх на 420 мм

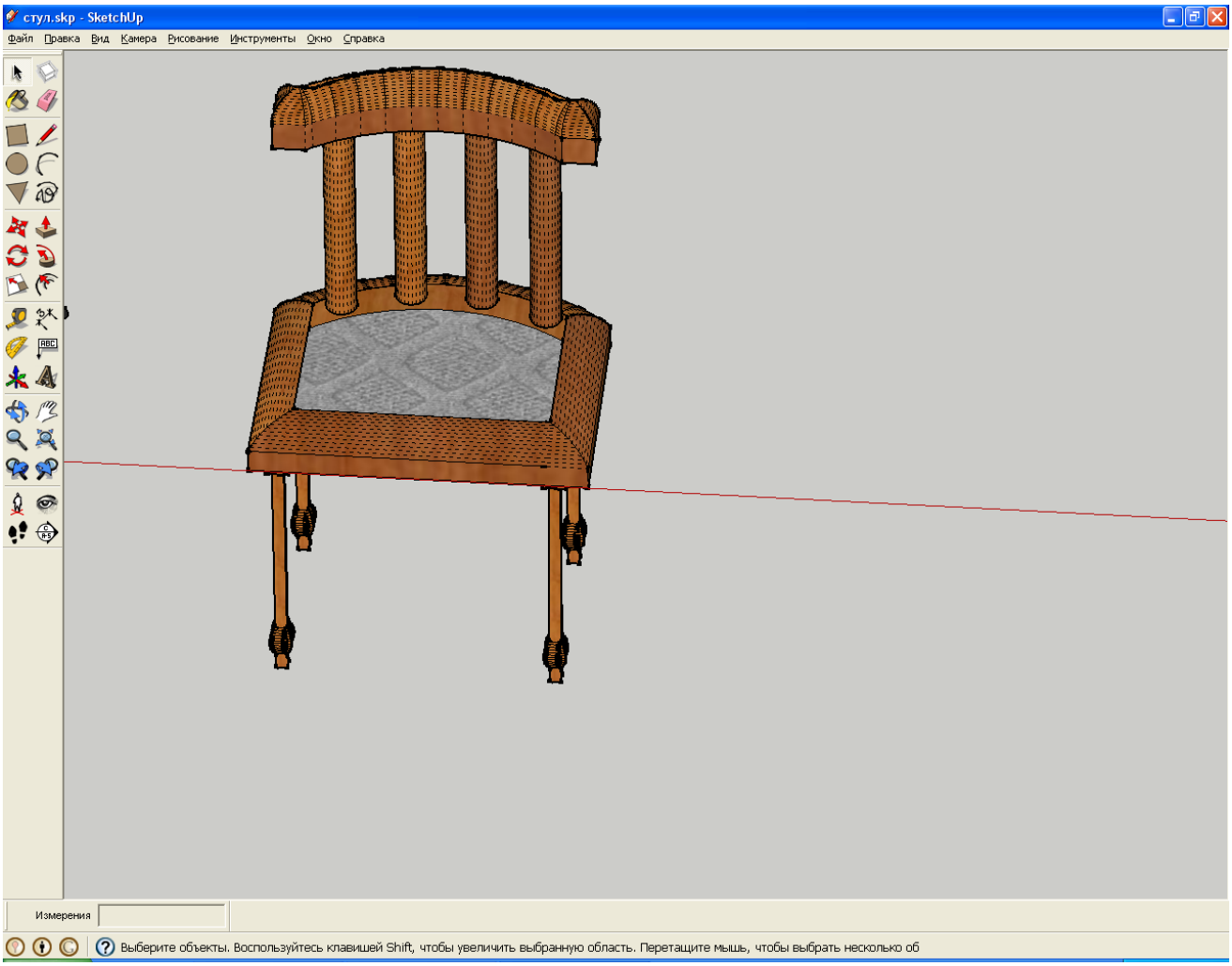
Поучится примерно так:



- Инструментом «Тяни/толкай» выдвинем спинку, тем же инструментом сдвинем боковые части спинки к краям стула



После этого останется только задать текстуры. Итог будет выглядеть примерно так:



Конечно, перечисленными средствами мы не описываем даже возможностей программы Sketchup, не то что всех подобных программ. Стоит упомянуть как минимум о свободно распространяемой среде создания реалистичной трехмерной анимации - Blender (http://www.blender.org/)

Трехмерная графика - одно из самых творческих и самых востребованных приложений с прекрасными перспективами развития.

Задание для самостоятельной работы

1. Изученными средствами создайте стол или что-то еще из мебели в комплект к стулу.
2. Опишите преимущества, выбранного вами стилевого решения комплекта в ходе защиты выполненного проекта.