

Владимирский государственный университет

Н. В. ХРУСТАЛЕВА

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ТЕХНИЧЕСКОМ ТВОРЧЕСТВЕ**

Учебное пособие

Владимир 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Н. В. ХРУСТАЛЕВА

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ТВОРЧЕСТВЕ

Учебное пособие

Электронное издание



Владимир 2023

ISBN 978-5-9984-1725-2

© ВлГУ, 2023

© Хрусталева Н. В., 2023

УДК 004.9

ББК 16.2

Рецензенты:

Кандидат физико-математических наук
доцент кафедры технологического и экономического образования
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
В. А. Игонин

Кандидат педагогических наук, доцент
директор МАОУ «Промышленно-коммерческий лицей» (г. Владимир)
В. Е. Емельянов

Хрусталева, Н. В. 3D-моделирование в техническом творчестве [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Хрусталева ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2023. – 165 с. – ISBN 978-5-9984-1725-2. – Электрон. дан. (10,5 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Систематизированы варианты использования 3D-программ для моделирования. Показаны особенности работы в каждой из описанных программ. Приведены многочисленные примеры использования 3D-моделирования в техническом творчестве.

Предназначено студентам, изучающим дисциплины «3D-моделирование в техническом творчестве», направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», может представлять интерес как для студентов высших учебных заведений, так и инженерно-практических работников.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 110. Библиогр.: 10 назв.

ISBN 978-5-9984-1725-2

© ВлГУ, 2023
© Хрусталева Н. В., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	5
1.1. Бумажное моделирование и паперкрафт	5
1.2. 3D-ручка	9
Глава 2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ	15
2.1. Autodesk Tinkercad.....	15
2.2. Vectary.....	25
2.3. SketchUp	45
2.4. Autodesk 3ds-max	60
Глава 3. ИЗВЕСТНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ В 3D-МОДЕЛИРОВАНИИ.....	82
3.1. Анимационный фильм с 3D-моделями	82
3.2. 3D-печатные позвоночные имплантаты.....	85
3.3. Проектные идеи в области образования	88
3.4. Золотое кольцо России: Особый взгляд.....	94
3.5. Печать домов на 3D-принтере в России, Китае и других странах	98
3.6. 3D-печать стоматологических инструментов	109
3.7. Аддитивное производство	112
Актуальность применения аддитивных технологий в процессе подготовки учителя технологии	115
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	161
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	163

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня 3D-моделирование, графика и анимация являются краеугольными камнями не только индустрии видеоигр, но и затрагивают области рекламы, проектирования, киноиндустрии, медицины, образования и многих других профессий. Для работы с 3D-моделированием требуется знание не только определенной программы, но и достаточное понимание таких дисциплин, как математика и физика. При этом важный аспект работы с трехмерным пространством – наличие у обучающегося достаточного уровня пространственного мышления. Все виды деятельности, требующие манипуляций с пространственными структурами – настоящими или воображаемыми, все виды деятельности, где необходимо анализировать пространственные свойства и отношения, трансформировать исходные структуры и создавать новые, – все это происходит при помощи пространственного мышления. Инженер не справится с разнообразными задачами проектирования деталей машин, если его пространственное мышление не сформировано в полной мере.

Один из вариантов развития пространственного мышления у студентов – работа с программами трехмерного моделирования, где появляется возможность увидеть объект с разных сторон.

Изучение студентами материала учебного пособия поможет сформировать базу для выполнения лабораторных и практических работ, получить навыки работы с 3D-моделированием при проектировании объектов.

Пособие может представлять интерес как для студентов высших учебных заведений, так и инженерно-практических работников, работающих с 3D-моделированием.

Глава 1

ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1. Бумажное моделирование и паперкрафт

Теоретические знания, которые студенты приобретают на занятиях являются исходной базой для профессионально глубокого понимания законов, принципов, методов и средств художественно-композиционного формообразования искусственных систем как существенной составляющей профессиональной грамоты и творческого мышления.

Суть дела заключается в том, чтобы научить студентов самостоятельно превращать теоретическое знание в метод, понимать с помощью знания, ибо понимание означает процесс мысленного постижения сущности многообразных явлений действительности и отображения ее в форме соответствующих понятий.

Бумажное моделирование представляет собой создание бумажных образов, моделей, из бумаги или картона. Данная техника весьма распространена как вид деятельного отдыха, трудового воспитания и обучения. В процессе работы человек отвлекается от посторонних мыслей, развивает сосредоточенность, мелкую моторику, пространственное мышление, аккуратность. Основные необходимые для бумажного моделирования инструменты и материалы: бумага разных видов, линейка, ножницы для вырезки больших и средних деталей, кисть и клей, краски. Бумажное моделирование может стать увлекательным занятием для ребёнка и взрослого, не требующее больших затрат. Для учащихся 6-9 классов бумага оптимальное решение – мало затратное, популярное, не требующее специальных навыков и знаний. В процессе выполнения работы из обычных листов бумаги учащиеся могут создать объемные фигуры животных или других объектов. Сложность создания фигур учитель может регулировать сам, от парочки деталей до бесконечности, опираясь уже на способности учеников [3].

При этом следует различать понятия «Бумажное моделирование» и «Паперкрафт». В первом варианте собираются фигуры машин, техники, самолетов, кораблей, зданий, в редком случае животных (см. рис.

1.1.). В бумажном моделировании могут присутствовать «плоские» части, которые представляют собой 2D деталь – лапы у животных, крылья самолета, крыши зданий и т.д. (рис. 1.2.)

Бумажное моделирование появилось в XV веке во Франции, а особую любовь завоевало во времена правления Николая II, когда именно для дочерей и сына правителя изготавливали разные модели зданий и техники с применением тиснения бумаги.

Время шло, но бумага так и осталась материалом удобным и доступным в каждом доме. К бумажному моделированию относятся модели, детали которых уже раскрашены и имеют определенное значение, одна деталь – одно значение. В советское время было популярным делом сборка моделей машин, самолетов или зданий из бумаги, максимально приближенным внешне к реальным моделям. Девочки чаще собирали кукол из бумаги, собирая им новые наряды и украшения, пусть это было чаще всего в 2D (см. рис 1.2.).

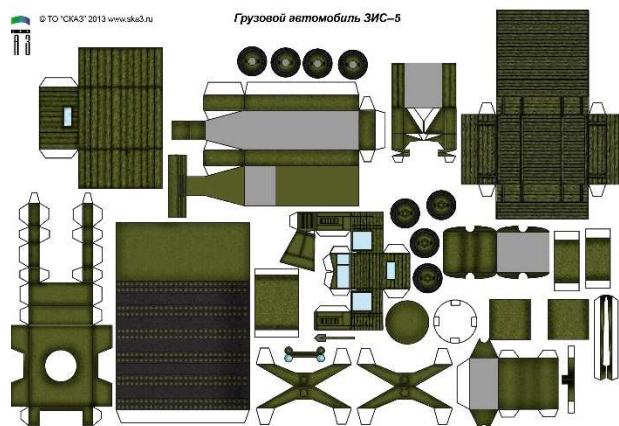


Рис. 1.1. Детали грузового автомобиля ЗИС-5

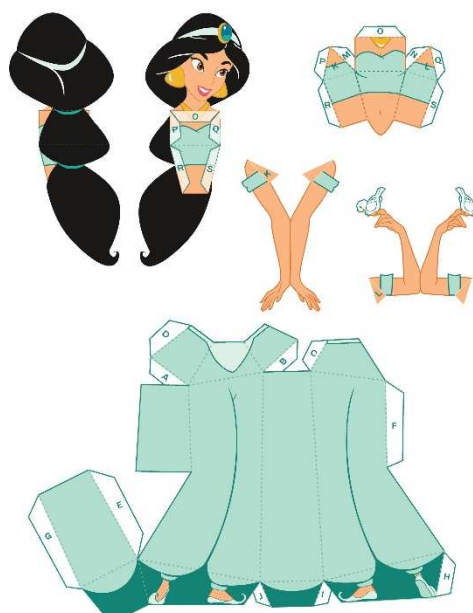


Рис. 1.2. Бумажное моделирование куклы

Спустя много лет на смену классическому «бумажному моделированию» приходит ёмкий «Паперкрафт».

Паперкрафт – от английского papercraft, дословно: «поделка из бумаги». Во многих источниках бумажное моделирование и паперкрафт не разделяют на разные определения, но нам хотелось бы разделить эти направления на одно из другого вытекающее.

Паперкрафт стал увлечением, в котором из бумаги создается объемная модель, причем это может быть животное, растение, геометрические фигуры и многое другое. Суть паперкрафта в том, что предварительно создается 3D-модель объекта, которая впоследствии преобразовывается в развертку (см. рис. 1.3.). Сгибая на определенных, выделенных линиях, необходимо приклеить внешние «крылышки» по логической схеме, благодаря чему получится объемная модель.

В паперкрафте выделяют простые (состоящие из одной детали) и сложные (состоящие из нескольких деталей фигуры) объекты. Сложные фигуры лучше преобразовывать в более крупные многоугольники, для удобства сборки. Несколько деталей развертки можно располагать на одном листе для удобства печати, но необходимо помечать их цифрами, для определения склеивания деталей между собой (рис. 1.4.).

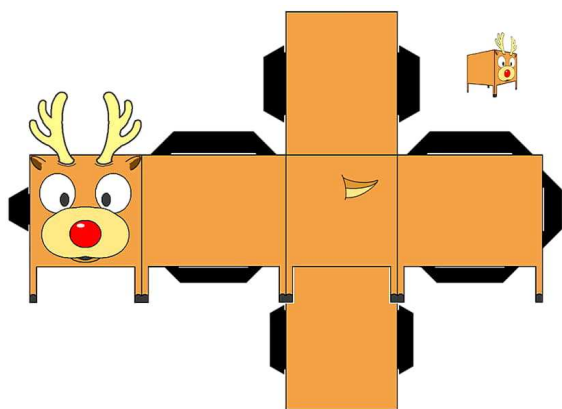


Рис. 1.3. Простая развертка оленя

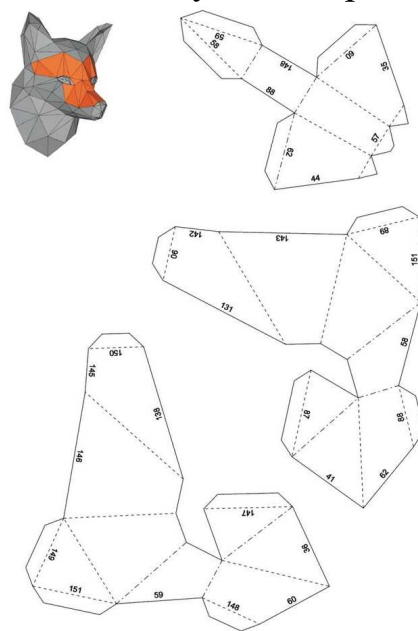


Рис. 1.4. Сложная развертка лисы

Если говорить о моделировании сложных фигур, то рекомендуется использовать плотную бумагу плотностью 200 г/м² и нож для художественных работ.

Инструменты, необходимые для работы:

- бумага плотностью 200 г/м²;
- нож для художественных работ;
- клей момент кристалл.

При использовании клея следует обратить внимание с каким возрастом учащихся проходит работа, при работе с детьми не рекомендуется использовать клей-момент из-за его токсичности, здесь можно заменить на клей ПВА, но стоит быть готовым к тому, что потребуется больше времени для склейки или чрезмерному размоканию бумаги.

Знакомство с 3D-моделированием следует начинать именно с паперкрафта, где учащийся получает набор деталей для сборки и в процессе склеивает объемную фигуру, разработанную при помощи полигонального моделирования в программе. Практика на основе готовых деталей помогает постепенно создавать все более сложные модели, где со временем учащийся сможет научиться придумывать и воплощать собственные идеи в технике паперкрафт.

Техника паперкрафт предусматривает смену типа деятельности – ручная сборка развертки чередуется с чтением и осмыслением чертежа.

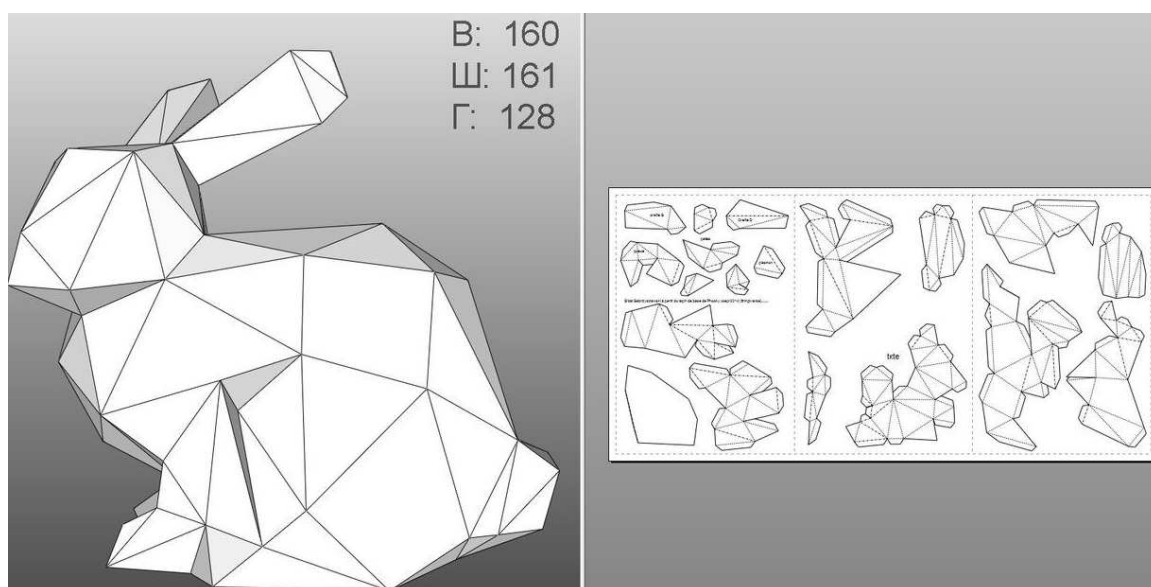


Рис. 1.5. Развертка зайца

После сборки бумажной модели и получения навыков работы в программе 3D-моделирования, учащийся сможет создать собственную модель, а затем преобразовать модель в развертку, которая впоследствии станет бумажной моделью. Попробовав сначала на собственном опыте паперкрафт, появляется понимание где следует улучшить или упростить развертку модели, потому что далеко не всегда есть возможность сложить или склеить очень тонкие детали в трудных местах, порой необходимо полностью переделывать модель в программе.

Сегодня паперкрафт стал любимым хобби для многих людей, завоевав любовь среди дизайнеров интерьеров (рис. 1.7.). В нашем же случае – паперкрафт это базовая ступень при изучении 3D-моделирования и представлении модели в трехмерном пространстве.



Рис. 1.6. Модель льва



Рис. 1.7. Модель слона в интерьере

Работа с бумагой позволяет получить базовые знания в макетировании и создании объемных фигур. Здесь учащийся видит наглядно физику фигуры, насколько важно правильное соотношение размеров, где следует укрепить модель, а где уменьшить количество полигонов в последующем моделировании.

После знакомства с бумажным моделированием и паперкрафтом можно переходить к изучению следующего этапа трехмерного моделирования.

1.2. 3D-ручка

Согласно истории, в феврале 2013 совершенно случайно возникла первая ручка для создания объемных форм. Идею реализовали инженеры из Великобритании – Питер Дилворс и Максвелл Боуг из фирмы WobbleWorks, в которой сломался 3D-принтер и им потребовалось заделать брешь в напечатанной 3D-модели. Так они создали 3D-ручку, для рисования которой не требовалась бумага, ведь она рисовала в воздухе. Первая ручка называлась 3Doodler.

Так, 3D-ручки стали компактными заменителями 3D-принтеров. При помощи такой ручки появилась возможность моделировать, создавать макеты, конструировать новые детали и чинить старые вещи.

Внешне 3D-ручка напоминает устройство для выжигания, или даже часто схожа с обычной пишущей ручкой.

Рисует ручка при помощи нити – пластика, загружаемого как стержень внутрь, регулируемого двумя кнопками – подача пластика вперед и скорость подачи пластика. Внутри ручки помещен нагревательный элемент, который разогревает пластик от 150 до 240 градусов. После нажатия кнопки пластик выдавливается из ручки и через несколько секунд застывает в той форме, которую ему придали.

Для работы с 3D-ручкой используется специальный пластик, иначе называемый филамент. Стандартным является пластик шириной 1.75 мм, хотя сопло ручки рассчитано на ширину пластика до 3 мм.

Самыми распространенными видами пластика является:

- **ABS**. Температура плавления пластика составляет 210-235 градусов. В основе ABS пластика лежат соединения нефтехимического происхождения, благодаря чему пластик обладает высокой прочностью и не подвержен разложению. Однако, основными недочетами ABS пластика является склонность к усадке и выделение при рисовании запаха жженой пластмассы.

- **PLA**. Этот вид пластика является полностью нетоксичным и безвредным материалом. PLA пластик – биоразлагаемый материал, который производится из сахарного тростника или кукурузы. Исходя из этого, изделия, выполненные PLA пластиком недолговечные, из-за его хрупкости. Температура плавления пластика – 160-210 градусов.

- **SDS**. Температура плавления пластика 200-220 градусов. Достаточно прочный, эластичный пластик, не ломается при сгибании. Имеет высокий коэффициент растяжения – может растягиваться до 650%. Не выделяет неприятного запаха, не токсичен.

3D-ручки быстро захватили рынок и появились во многих домах, где есть дети, которые хотели попробовать новинку техники. Об удобстве, простоте использования, многофункциональности говорили и писали многие, но все это сводилось к тому, что ребенок несколько раз включал устройство, рисовал очки по трафарету, пару домиков и девайс отправлялся пылиться на полку.

Более того, в связи с изменениями в преподавании школьного предмета технология, 3D-ручки появились и на уроках в школах. Опять же, функционал сводился зачастую к однотипному рисованию по шаблону, склеиванию кубиков из прямоугольников или попросту периодическому демонстрированию без возможности опробовать свои силы в таком рисовании.

Почему так происходит? 3D-ручка с виду весьма простой девайс, в который необходимо загрузить пластик, нарисовать необходимый объект, извлечь пластик и выключить саму ручку. Но здесь появляются некоторые трудности:

1. Необходимо время, чтобы ученик привык работать с 3D-ручкой. Это естественно, когда пластик подается слишком быстро или слишком медленно; когда ученик не успевает рисовать из-за уже затвердевшей нити; когда пластик заканчивается в неподходящий момент и срочно нужно переключить кнопки для дальнейшей работы. Не всем ученикам хватает усидчивости и терпения, из-за чего многие расстраиваются, получая в первые разы неудачные результаты работы.

2. Неправильная эксплуатация 3D-ручки ведет к быстрой поломке. Пластик из ручки ни в кое случае нельзя тянуть силой, это может привести к поломке механизма внутри, который починить в условиях школьного класса невозможно.

3. Дороговизна расходных материалов. Для создания интересных объектов необходимо использовать филаменты разных цветов, что становится проблематично в условиях современного школьного финансирования. Если учитывать, что в классе порядка 20 учащихся, а попробовать хотят все, то необходимо хотя бы 5 видов пластика для комфортной работы, на первоначальном этапе. Если рассматривается возможность проектной работы с применением 3D-ручки, то количество расходных материалов увеличивается.

4. Недостаточное количество шаблонов в открытом доступе для рисования 3D-ручкой. Зачастую в наборы с ручкой вложены трафареты для рисования, но они будут полезны на начальных уроках в процессе знакомства с девайсом, однако через несколько занятий становится неинтересно рисовать однотипные очки, домики и башни.

Однако, 3D-ручка остается достаточно интересным инструментом в 3D-моделировании, раскрывая творческую сторону технического процесса.

Создатель ювелирных украшений Карина Шоштари два года назад выпустила коллекцию украшений «Охотник», созданных 3D-ручкой (рис. 1.8.). Автору очень понравились свойства PLA пластика,



Рис. 1.8. Работа Карины Шоштари

и она выпустила несколько украшений, получивших признание во всем мире. Карина считает, что её серия «Охотник» послужила освободительным проектом для изобразительного искусства, а 3D-ручка стала полезным инструментом в этой коллекции. При этом, она использует ручку не только для рисования, но и для крепления камней, раковин и других материалов. Основной задумкой Карины был стиль, напоминающий модерн, имеющий плавную эстетику, добиться которой ей удалось только с применением 3D-ручки. В открытом доступе довольно мало источников и информации, но в мире находится много умельцев, использующих 3D-ручку в ремонте деталей, декорировании одежды, рисовании картин, сборке макетов кораблей и машин.

Если вспомнить особенность филамента, что он плавится от 160-240 градусов, то приходит идея смешения цветов пластика с помощью паяльника. Здесь же можно использовать разные насадки паяльника



Рис. 1.9. Работа «Нoo's mini world»

для придания изделию из пластика разных узоров.

Автор «Нoo's mini world» представляет видео-урок по созданию портрета с помощью 3D-ручки и паяльника, используя только три цвета – белый, бежевый и черный (рис. 1.9.). В процессе работы

цвета наносятся на рабочее поле и после застывания, подплавляются паяльником для получения необходимого оттенка. Готовая работа нагревается феном, для придания итоговой формы и покрывается лаком.

Хотелось бы отметить, что из всех вариантов и возможностей 3D-моделирования, пожалуй, 3D-ручка один из самых простых элементов, раскрывающих творческие способности и идеи учащихся.

Нельзя недооценивать 3D-ручку, как девайс только для детей или промежуточный этап «знакомства» с моделированием.

3D-ручка часто используется для прототипирования, поскольку детали, нарисованные ABS пластиком гораздо легче деталей, напечатанных на 3D-принтере, что играет большое значение в авиамоделировании. При сборке дрона или ручного самолета большая сложность заключается в итоговом весе изделия – из-за тяжести деталей и мотора идет большая нагрузка на аккумулятор, что влияет на уменьшение времени полета, поэтому конструкторы стараются всячески заменять тяжелые элементы на более легкие (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Каркас дрона, собранный 3D-ручкой

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что 3D-ручка является важным этапом в освоении 3D-моделирования, для понимания технологии работы и возможности найти замену порой сложному моделированию и печати.

Начиная с простых форм, учащиеся могут переходить на более сложные конструкции, используя в сборке дополнительные инструменты, что позволит сделать их ра-

боту более интересной и современной.

Плюсы и минусы использования 3D-ручки:

Плюсы:

1. 3D-ручки очень просты в использовании, позволяя пользователям быстро создавать 3D-объекты без необходимости использования 3D-принтера или другого сложного оборудования.

2. Они недороги по сравнению с другими методами 3D-печати, что делает их привлекательными для любителей и обычных пользователей.

3. Ручка позволяет рисовать в воздухе, создавая уникальные формы и рисунки, которые в противном случае были бы невозможны с помощью традиционных методов 3D-печати.

4. Её можно использовать в качестве образовательного инструмента для обучения детей принципам трехмерного рисования и дизайна, а также для предоставления им творческого выхода для их воображения.

5. Это также отличный способ создать прототипы продуктов или идей, прежде чем инвестировать в более дорогие производственные процессы, такие как литье под давлением или услуги по обработке с ЧПУ.

6. Наконец, это интересный способ творчески выразить себя с помощью художественных проектов или идей по декорированию дома с использованием пластиковой нити вместо традиционных материалов, таких как краска или глина!

Минусы:

1. Ограниченные варианты материалов. В большинстве 3D-ручек используются только пластиковые нити, что ограничивает типы объектов, которые можно создавать с их помощью.

2. Нить, используемая в большинстве ручек, также не является биоразлагаемой, поэтому она не является экологически чистой при неправильной утилизации.

3. Стоимость пластика может со временем возрасти, если вы часто пользуетесь ручкой.

4. Требуется некоторая практика и навыки, чтобы научиться пользоваться 3D-ручкой, поэтому может пройти некоторое время, прежде чем вы почувствуете нарабатываете навык в создании сложных деталей.

5. Из-за небольшого размера их трудно использовать в более крупных проектах, требующих большей точности, чем та, которую может обеспечить перо.

Глава 2 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ

2.1. Autodesk Tinkercad



Рис. 2.1. Логотип Autodesk Tinkercad

Autodesk Tinkercad – это веб-программа 3D-моделирования, которая достаточно интуитивно понятна для учащихся начальной школы и достаточно продвинута для студентов. TinkerCAD используется для создания 3D-моделей для отправки на 3D-принтеры или для демонстрации в виртуальной галерее. В дополнение к бесплатному инструменту 3D-моделирования, TinkerCAD предлагает обширные образовательные ресурсы, которые отражаются в различных стратегиях обучения.

TinkerCAD была основана Каем Бакманом и Микко Мононенем в 2011 году, позже была приобретена Autodesk, Inc. в 2013 году. С момента своего создания пользователи AutoCAD создали более 4 миллионов моделей, начиная от игрушек, прототипов, домашнего декора, моделей Minecraft и многого другого. Простой в использовании учебный центр TinkerCAD фокусируется на обучении с помощью базовых пошаговых руководств по навыкам, пошаговых уроков на основе проектов и видео-уроков для конкретных инструкций и советов.

Все больше и больше учителей используют технологии, чтобы вовлечь студентов в исследование виртуальных сред - и даже видеоигр - для того, чтобы оживить предмет. Но что, если бы эта модель была

перевернута или расширена? И студенты также сами создавали виртуальные среды или артефакты. Артефакты, которые действительно могут реализоваться в физическом мире.

Tinkercad является онлайн-редактором и многие попробовавшие работать в нем, так и остаются в этой программе, из-за ее удобства и простоты. Здесь хотелось бы выделить несколько положительных особенностей этого 3D-редактора:

- Бесплатное пользование;
- Простой интерфейс;
- Скорость;
- Оптимизация для 3D-печати.

Отличительной особенностью Tinkercad является создание классных комнат.

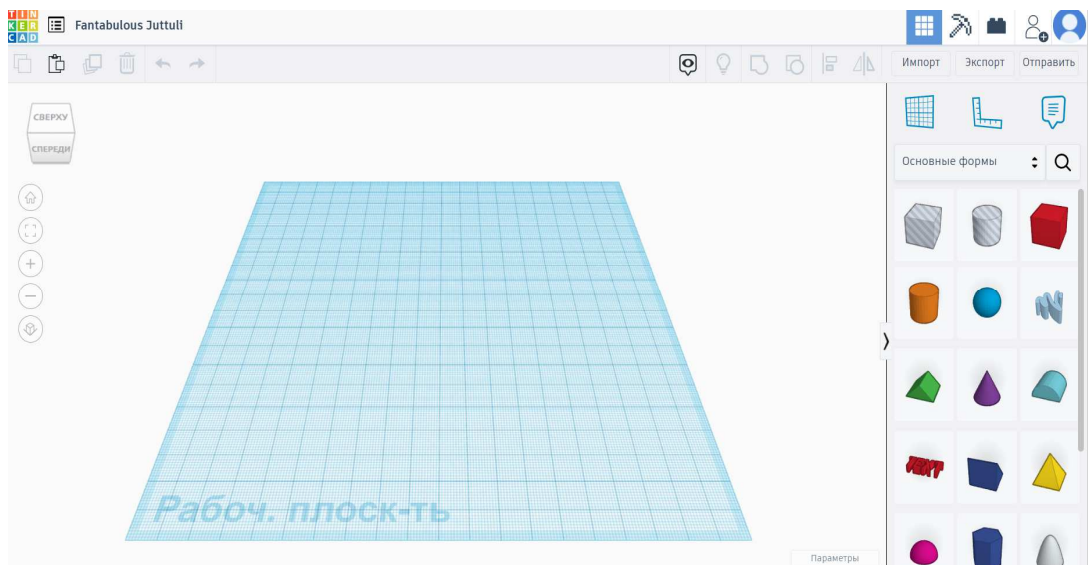


Рис. 2.2. Рабочее поле Tinkercad

Учитель входит в систему и получает «пригласительный код» для входа в «класс», этот код передается по электронной почте или может быть написан на доске для входа учащихся.

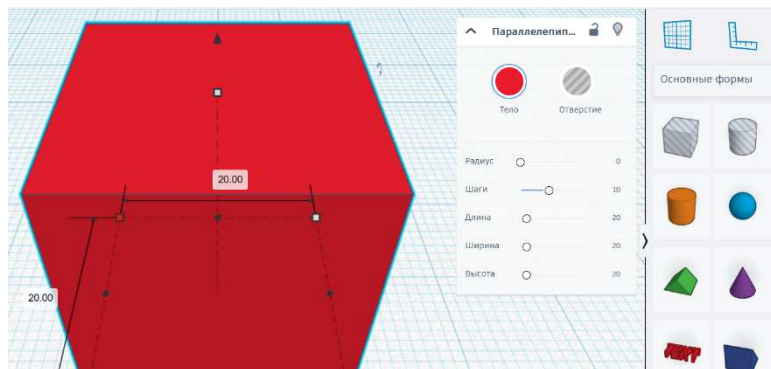


Рис. 2.3. Изменение параметров куба

Таким образом, учитель может наблюдать за работой своих учеников, а учащиеся в свою очередь, могут ви-

деть трансляцию действий с рабочего поля учителя (рис. 2.3.).

Рабочее поле состоит из голубой плоскости, где по правую сторону расположено рабочее меню. Tinkercad предполагает моделирование из простых геометрических фигур, путем отсечения или присоединения.

Объекты из программы можно сохранить и подготовить к 3D-печати, или оставить их в качестве 3D демонстрации.

При добавлении фигур, появляется возможность изменить параметры объекта по ширине и глубине (рис. 2.4). Первый пункт «сгруппировать» довольно интересная функция, позволяющая объединить несколько объектов между собой (рис. 2.5).

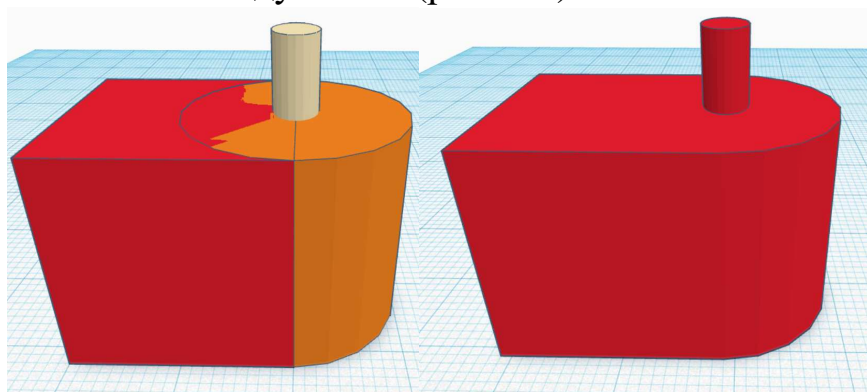


Рис. 2.4. Группировка объектов

С помощью этой функции можно объединять объекты между собой, вне зависимости от их расположения относительно расстояния друг друга. Соответственно, функция «разгруппировать» разъединяет объекты в первоначальный вид.

Следующей кнопкой является «выровнять». При наличии нескольких объектов на рабочем поле, появляется возможность выровнять их расположении относительно вспомогательных линий (рис. 2.4)

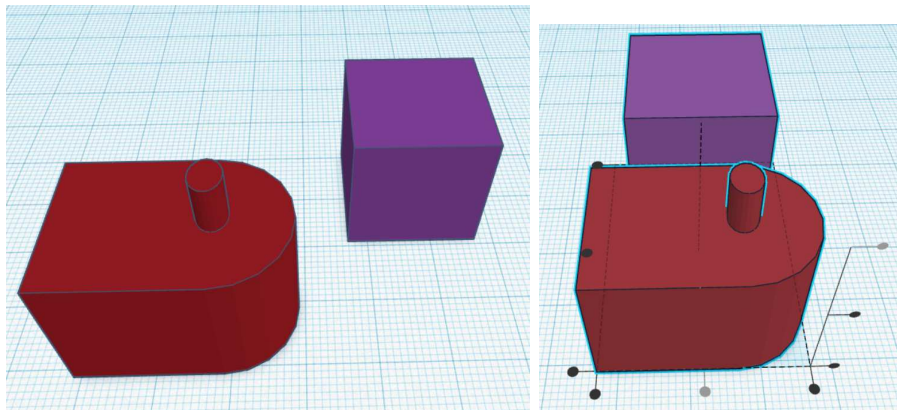


Рис. 2.5. Выравнивание объектов

Далее в правом окне появляется большая кнопка «Импорт», при наведении на которую появляется облако «Импорт 3D-файлов», с помощью него можно импортировать как готовую модель в формате stl, так и векторный формат svg, позволяющий переводить 2D рисунки в 3D.

Следующая кнопка «Экспорт» сохраняет созданную модель в нескольких форматах: для 3D-печати «obj», «stl», «GLTF» и для лазерной

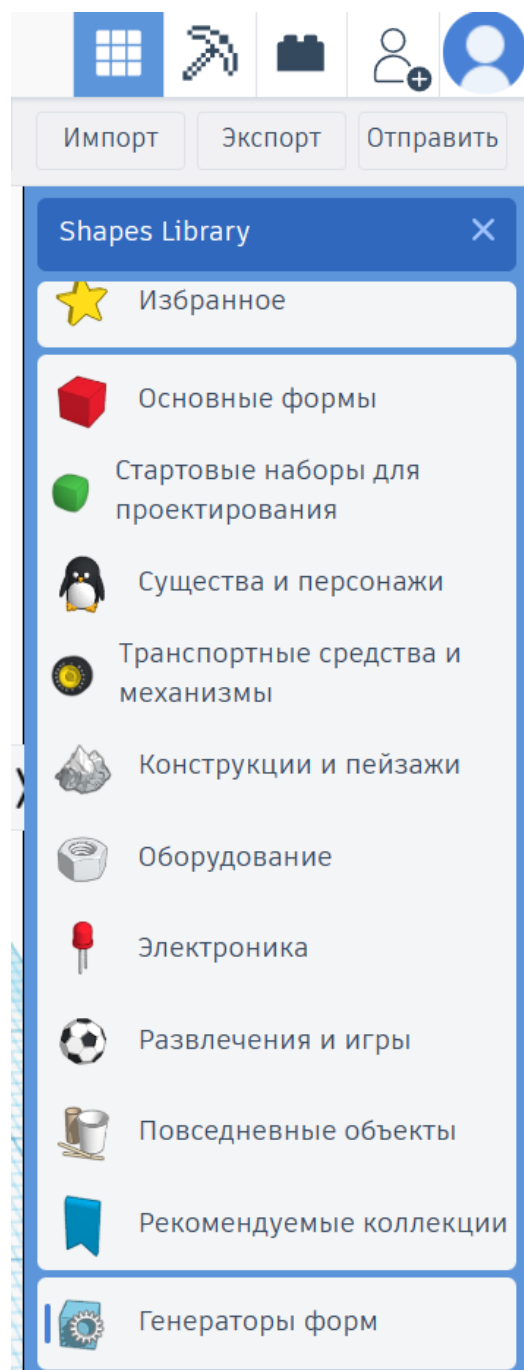


Рис. 2.6. Поле выбора фигур

резки «svg». Выбрав окно «3D-печать» можно отправить созданную модель сразу на принтер.

Ниже расположена поисковая система фигур и объектов, которые возможно использовать в своем проекте. Есть как простые геометрические фигуры, так и сложные – уже готовые 3D-модели (рис. 2.6.).

С их помощью можно улучшить свой проект или добавить недостающие детали. Однако, следует заметить, что не все фигуры можно редактировать и изменять.

Из некоторых деталей получается собрать интересные модели людей или птичек.

Здесь следует затронуть информацию о горячих клавишах, упрощающих работу в программе.

Движение объектов

Стрелки курсора – передвижение объекта по рабочему столу относительно осей X, Y.

Ctrl + стрелки «вверх» и «вниз» - передвижение объекта по оси Z.

Shift + стрелки курсора – передвижение объекта по рабочему столу по осям X, Y с шагом *10.

Ctrl + Shift + стрелки «вверх», «вниз» - двигать объект по оси Z с шагом *10.

Левая кнопка мыши и перемещение – дублирование объекта.

Shift пока вращается объект – поворачивает на 45 градусов.

Alt + удерживать одну сторону объекта – изменение размеров стороны объекта

Alt + удерживать угол объекта – одновременное изменение размеров сторон объекта по XY.

Ctrl+V – вставить объект

Ctrl + Z – отменить последнее действие

Ctrl+ G – группировка объектов

Ctrl + D – дублирование объекта

Ctrl + L – «заблокировать» объект, запретить изменение размеров.

Ctrl + A – выделить все объекты

Del – удалить объекты.

W – изменить/повернуть рабочую поверхность.

R – включить рулетку

F – переключить на «ближние вид» для выделенного объекта

D – «уронить» объект на рабочую поверхность.

Далее рассмотрим работу вышеперечисленных инструментов на примере создания примитивной модели «Домик».

Добавляем на рабочую плоскость куб любого цвета и размера 10x10x10, это будет основа нашего дома (рис 2.7).

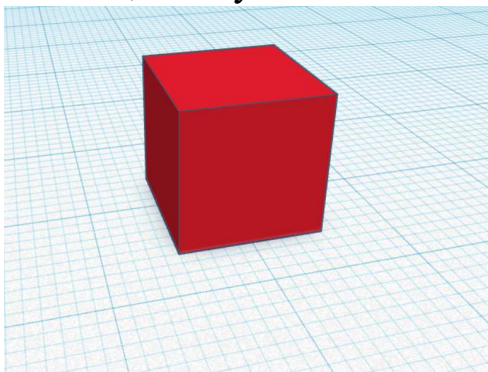


Рис. 2.7. Создание блока

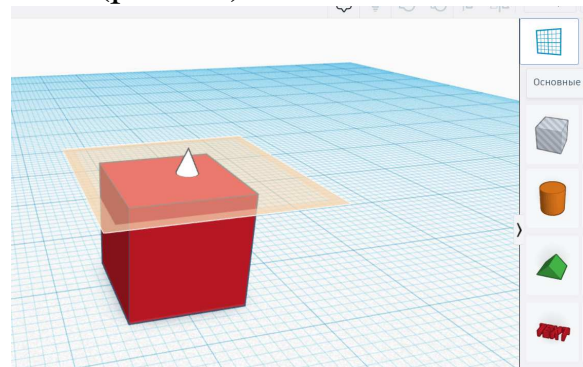


Рис. 2.8. Переход на этаж выше

Чтобы создать крышу, необходимо установить ее на верхнюю плоскость куба, для этого нажимаем и перетаскиваем «рабочая плоскость» на верхнюю часть нашего дома. После того как голубое поле станет оранжевым – это будет означать, что мы поднялись на этаж

выше и можем работать уже на «крыше» нашего дома. Для крыши выберем соответствующую фигуру «крыша» и установим такие же значения ширины и длины – 10x10, высоту можно установить на свой вкус.

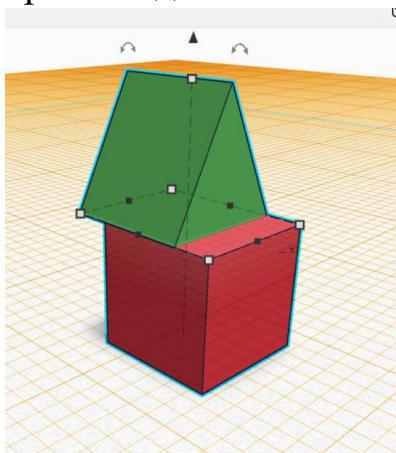


Рис. 2.9. Добавление крыши

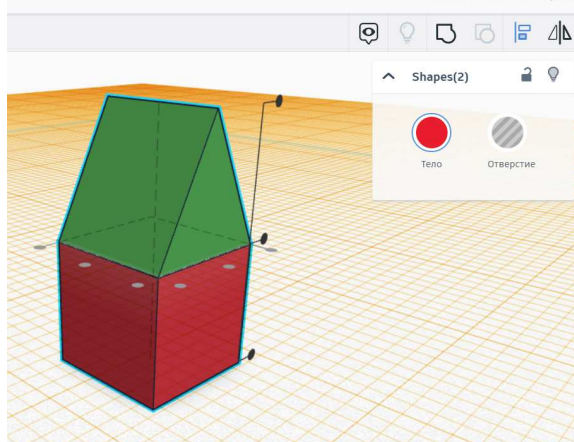


Рис. 2.10. Выравнивание крыши

С помощью функции «выровнять» или нажав клавишу L и выбрав оба объекта, появляется возможность выровнять их относительно друг друга, тем самым установив крышу ровно по центру (рис. 2.9. и 2.10.).

Устанавливаем рабочее поле обратно на первый этаж, где стоит основание нашего дома. Для этого зажимаем и перетаскиваем с «рабочая плоскость» и нажимаем мышкой у нижней плоскости, где загорается голубое поле с стрелочкой вверх (рис. 2.11 и 2.12.).

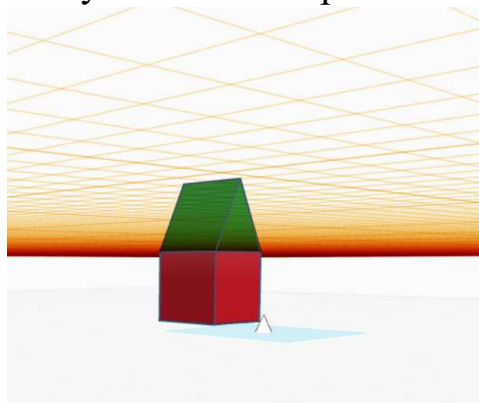


Рис. 2.11. Рабочее поле установлено между крышей и блоком

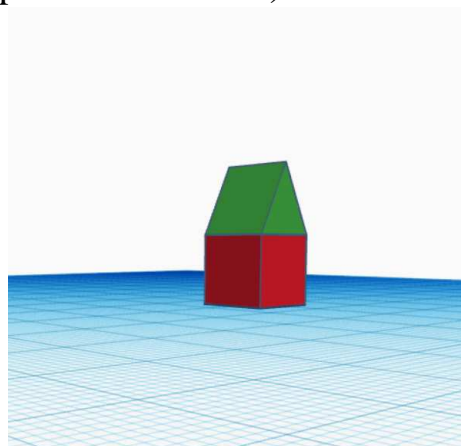


Рис. 2.12 Рабочее поле установлено на нижней плоскости дома

Но рабочее поле можно устанавливать не только относительно этажей «вверх» и «вниз», но и на любых сторонах объекта. Выбираем снова рабочее поле и пробуем закрепить его с любой боковой стороны

нашего дома для создания окна. Из правой панели выбираем прозрачный параллелепипед с параметрами ширины и глубины 4x4, высота может варьироваться по вашему желанию, и устанавливаем его на место, где хотелось бы видеть окно нашего дома. Далее выбираем все объекты и нажимаем «сгруппировать». Таким образом у нас получился дом с окном (рис 2.13 и 2.14.).

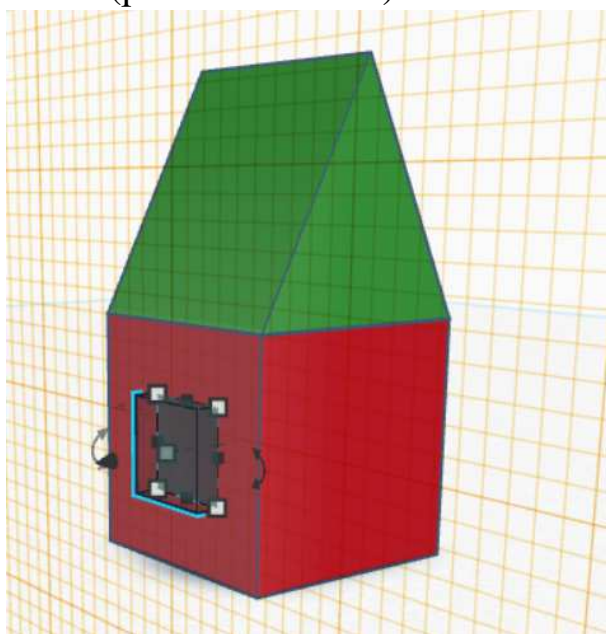


Рис. 2.13. Выравнивание окна относительно плоскости

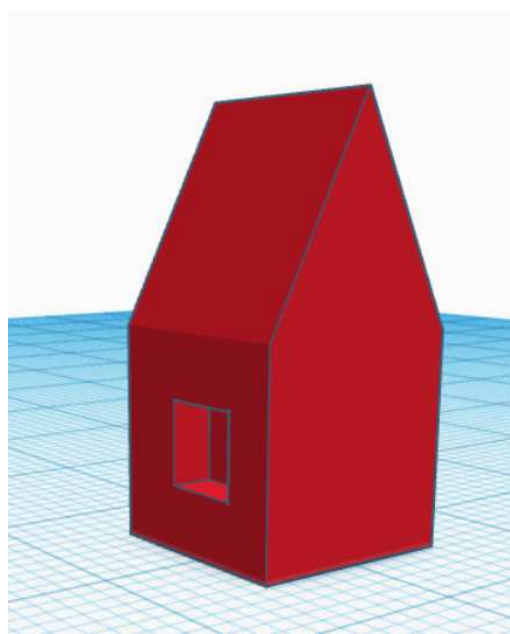


Рис. 2.14. Готовый дом после группировки

Однако, не следует считать Tinkercad программой только детей, в которой создают только игрушечные домики и примитивные объекты. Владая знаниями по использованию геометрических фигур и изменения их размеров, можно создавать модели по чертежам (рис. 2.15.).

Имея все необходимые значения, можно создать эту модель за короткое время. Если рассмотреть чертеж поподробнее, будет заметно, что деталь состоит из прямоугольников и цилиндра в центре. В своей работе можно пойти путем высечения лишнего из куба или наоборот, группировкой разных деталей.

Создадим брусок размером 30x11x8. Параметр высоты и длины нам известен на чертеже, а параметр глубины мы вычисляем путем вычитания $66-44 = 22$. У нас два одинаковых бруска, соответственно делим значение 22 пополам и получаем 11.

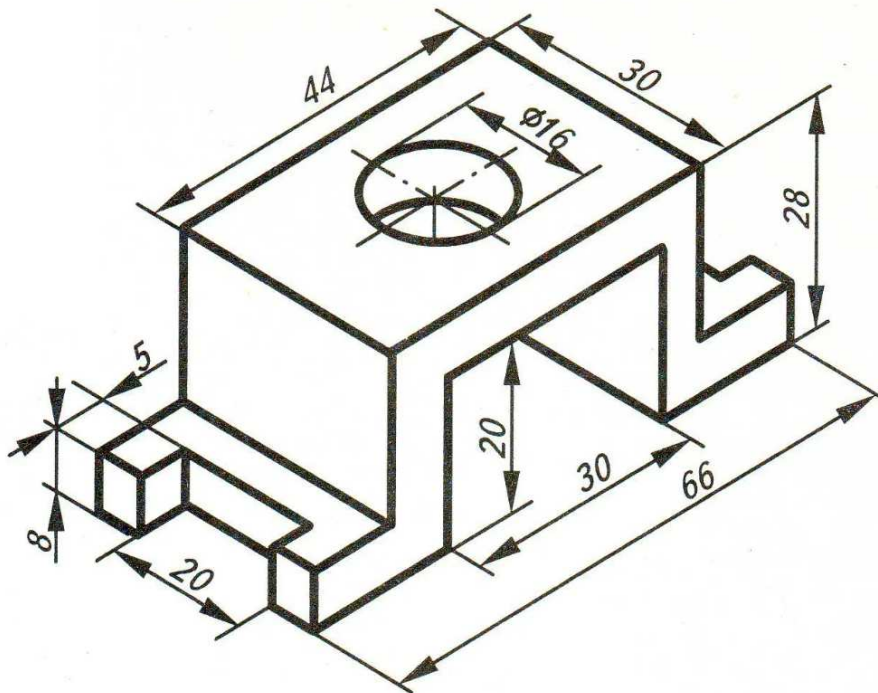


Рис. 2.15. Чертеж детали

Для «удаления» лишней части детали создаем прямоугольник с размерами 20x5x10. Значение высоты берем больше 8, а значение глубины узнаем исходя из указаний на чертеже – 5. Объединяем две детали и получаем «отсечение» прямоугольной части. Рядом пристраиваем прямоугольник 7x30x28. Параметр высоты можно сделать 20, здесь несколько вариантов построения детали. Объединяем две части и копируем через зеркальное отражение (рис. 2.16.)

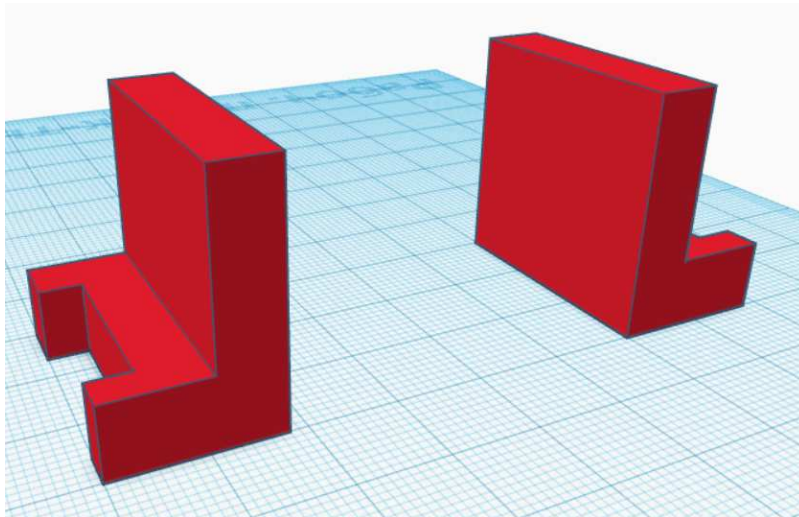


Рис. 2.16. Боковые детали

Теперь у нас есть две боковые части, остается только построить верхнюю плоскость с отверстием.

Строим прямоугольник с параметрами 30x44x8, в центр добавляем прозрачный цилиндр с диаметром 16, выравниванием по центрированию и объединяем (рис. 2.17).

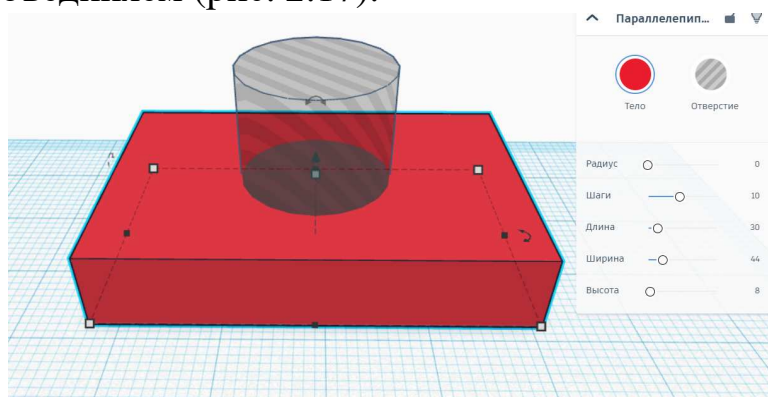


Рис. 2.17. Верхняя часть детали

Теперь у нас имеется три детали, которые остается только собрать. Моделировать можно разными путями, здесь представлен один из таких вариантов (рис 2.18).

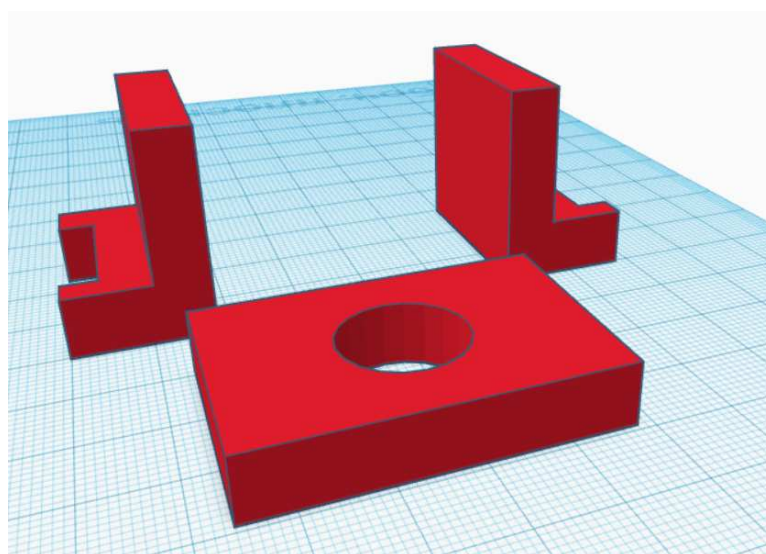


Рис. 2.18. Детали перед сборкой

Выстраиваем верхнюю часть на боковые детали, выравнивая через линейку или перемещение рабочего поля. Объединяем все детали и получаем готовую 3D-модель по чертежу (рис. 2.19). Проверяем по линейке наши показатели и исходный чертеж, если все сходится, можно сохранять.

Сохраняем в формате .obj или .stl, дальше можно переносить модель на 3D-печать или пересохранить для лазерной резки.

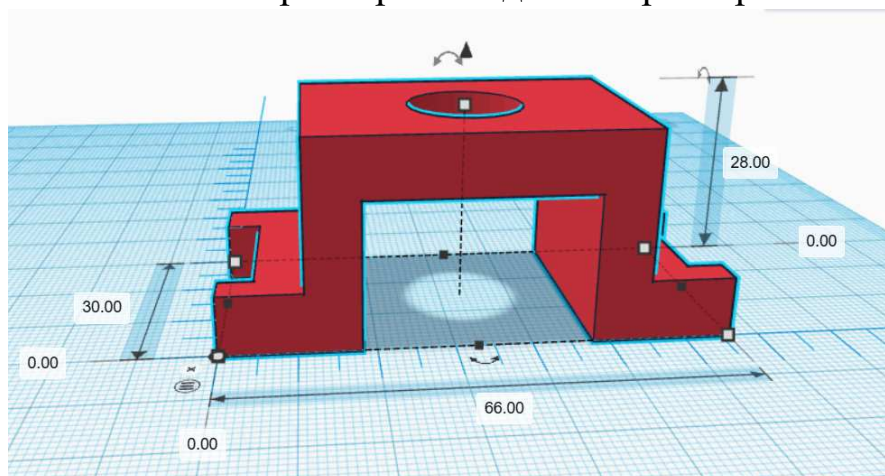


Рис. 2.19. Готовая деталь по чертежу

Плюсы и минусы программы Tinkercad:

Плюсы:

1. TinkerCAD – это бесплатный и простой в использовании инструмент для 3D-проектирования, который позволяет любому создавать 3D-модели с нуля или изменять существующие проекты.

2. Он имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс, что делает его подходящим для новичков, которые только начинают заниматься 3D-дизайном.

3. Он основан на облаке, что позволяет пользователям получать доступ к своим проектам из любого места, где есть подключение к Интернету, и легко делиться ими с другими.

4. Tinkercad поддерживает широкий спектр форматов файлов как для ввода, так и для вывода, включая STL, OBJ, SVG и другие.

5. Платформа также предоставляет учебные пособия и видеоруководства, которые помогут пользователям быстро освоить основы 3D-дизайна и технологии печати.

6. TinkerCAD также предлагает библиотеку готовых форм, которые можно использовать в качестве строительных блоков для быстрого и простого создания пользовательских моделей без необходимости начинать с нуля каждый раз, когда вы хотите сделать что-то новое или необычное.

Минусы:

1. TinkerCAD не предлагает расширенных функций, таких как возможности фотореалистичного рендеринга или анимации, которые

предоставляют некоторые другие программы для 3D-дизайна; он больше ориентирован на базовое прототипирование, чем на сложные проекты, требующие сложных визуальных эффектов или эффектов анимированной графики.

2. Платформа не поддерживает инструменты редактирования сетки, такие как поверхности подразделения для сглаживания грубых краев на импортированных моделях; это означает, что если вы хотите, чтобы ваша модель выглядела наилучшим образом, вам понадобится другая программа, такая как Blender или Meshmixer, чтобы сделать это.

3. В TinkerCAD также отсутствуют некоторые полезные функции, такие как возможность одновременного сохранения нескольких версий вашего проекта; это может быть неудобно, если вам нужен быстрый доступ к более старым версиям во время работы с текущей версией.

2.2. Vectary

Не так давно 3D-моделирование было недоступно не то что для обычного пользователя, но и для инженеров и дизайнеров, которые сталкивались с множеством трудностей в работе с 3D. Отсутствие необходимого ПО, руководств, сложность в использовании – всё это затрудняло работу с 3D-моделями. К счастью, в наши дни появляется всё больше программ, способных предоставить доступ для широкой аудитории к инструментам 3D-моделирования.

3D-моделирование привычно ассоциируется с тяжелыми программами и сложным интерфейсом, но вот уже второе приложение рушит эти стереотипы. Программа Vectary – это бесплатная дизайн платформа с функциями работы с 3D и VR.



Рис. 2.20. QR-код для просмотра моделей в AR

Не секрет, что простенькие 3D редакторы существуют, но их возможности не впечатляют, а интерфейс в них всегда как в программах из нулевых. В 2014 году разработчик и промышленный дизайнер из Словакии задумали исправить эту проблему и сделать создание 3D доступным и приятным процессом. В 2015 году у них был уже первый прототип продукта. А в 2016-ом вышла публичная бета-версия Vectary. В 2018-

ом добавлена возможность одновременной совместной работы и рендеринг.

Миссия продукта – сделать создание 3D доступным для всех. Её Vectomy достигает за счёт работы программы прямо в браузере и интуитивно понятного интерфейса. И ещё важный момент, что Vectomy – это не просто софт для моделирования, а целая 3D-платформа.

Интерфейс сделан действительно максимально интуитивно и современно; всё упрощено настолько, насколько это, наверное, возможно. При этом за простотой скрываются инструменты и функции, позволяющие получить впечатляющие результаты.

Vectomy стремится к тому, чтобы при создании своей сцены было потрачено минимум времени, поэтому в распоряжении имеется библиотека готовых моделей. Например, если вам нужно набросать дизайн помещения, то с Vectomy это будет действительно очень быстро.

Также с материалами и окружением – всё уже готово, необходимо лишь перетащить всё на сцену, словно в игре. Но с одним отличием – в конце вы запускаете рендер и получаете качественную картинку.

Ещё в библиотеке можно найти постоянно пополняющиеся наборы тематических коллекций, материалы и разные атмосферные варианты глобального освещения. Кстати, в качестве материала можно загружать внешние текстуры, коих большое количество в интернете.

Рендеринг – это процесс получения изображения или видео с учётом всех свойств и настроек проекта.

А рендер – это программный продукт, осуществляющий этот процесс.

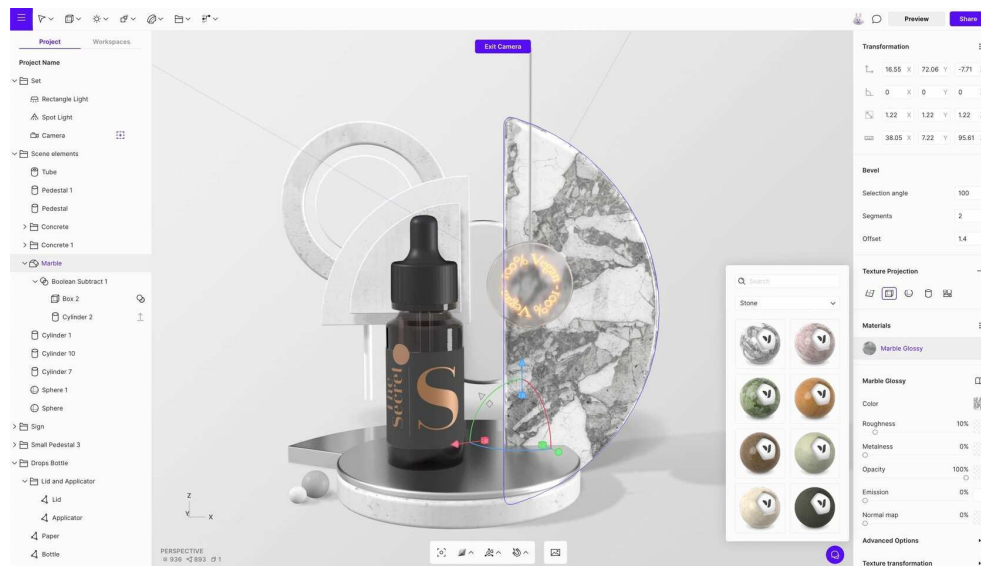


Рис. 2.21. Скриншот из программы Vectary

Также рендером называют результат (например, изображение), который вы получаете в результате рендеринга.

Рендеринг у многих ассоциируется с длительным и ресурсозатратным процессом. Но рендеры бывают разные. В Vectary используется рендеринг в реальном времени. Это означает, что не нужно ждать ни секунды, все рендерится моментально. Команде Вектари удалось добиться просто потрясающих результатов, все материалы выглядят действительно реалистичными. Удивительно как реалистично выглядят не только простые материалы, но и такие сложные материалы как: стекло, вода, воск, лакированные и тонкопленочные материалы, как работают отражения на металлических и зеркальных поверхностях.

Свою сцену в два клика можно сгенерировать в специальную ссылку, чтобы её можно было открыть прямо в браузере, в том числе и в режиме дополненной реальности. Или можно просто расширить проект, чтобы коллеги-вектарианцы могли добавить к себе копию вашего проекта и работать с ним дальше.

Ещё можно экспортировать сцену в виде кода и запросто вставить на свой сайт, а с помощью Vectary API разнообразными способами управлять тем, как с ней будут взаимодействовать пользователи на этом сайте.

В Vectary также есть возможность совместно работать над проектом и оставлять комментарии прямо на объекте. То есть комментарии могут оставлять не только коллеги по проекту, но и преподаватель.

Вектари позволяет избежать типичных проблем при работе с любым другим 3D-софтом:

1. Чтобы показать свою работу преподавателю, не придется делать кучу скриншотов с разных ракурсов, можно просто дать доступ на просмотр к своему проекту.

2. Когда работаешь над сценой в команде, обычно нужно заботиться о том, чтобы у всех был доступ к актуальному файлу. В Vectary такой проблемы не будет.

3. И с Вектари не придется засорять свой компьютер увесистыми файлами и потом ещё отправлять их. Всё хранится в облаке.

Давайте рассмотрим, кому может быть полезен Вектари.

1. Владельцам бизнеса

Умение создавать 3D будет преимуществом, где компания сможет представить себя и свой продукт в лучшем свете, сохранив при этом бюджет, ведь заказывать 3D на стороне – дорого.

Применений программе найдётся много – начиная от улучшения фирменного стиля, заканчивая созданием моделей или сцен для демонстрации продукта или услуг.

Это может стать отличным способом выделиться среди конкурентов и понравиться клиентам.

2. Графическим дизайнерам

Тут и возможность красиво оформить портфолио, и вариант самому с легкостью создавать мокапы, да и вообще никогда не будет лишним дополнить дизайн красивыми 3D-элементами, причем с нуля их можно и не делать, а просто взять все из библиотеки.

Продажа готовых моделей может стать заработком для фрилансеров.

3. Иллюстраторам

Иллюстраторы смогут ускорить создание графики и отрисовки иллюстраций. В Вектари есть инструмент рисования от руки, а придать линии объём и гладкость – дело быстрое. Ну и огромный плюс, что из одной 3D-иллюстрации можно получить десяток 2D-изображений с разных ракурсов. Нужна изометрия? Не проблема, один клик и на сцене изометрическая проекция.

4. Начинающим в 3D

Vectary – идеальный способ пощупать мир 3D и начать рендерить. Самое главное, что вы перешагнете через моральный барьер и быстро поймете, ваше ли это.

Да, есть мнение, что нужно учиться сразу в профессиональном софте. Но изучая, например, Blender, есть вероятность, что быстро придет усталость от продолжительного процесса освоения и от бесконечного гугления и просмотра туториалов. В Вектари же такого не случится, где за короткий срок почувствуется, что такое работа с 3D, ведь принципы работы в Вектари не отличаются от любого профессионального софта.

5. Контент-мейкерам

Vectary просто находка для тех, кому нужен современный и красивый контент. Это web-дизайнеры, SMMщики, те, кто занимается блогингом, делает презентации и т.д.

3D-контент увеличивает интерес к сайту, группе, блогу, книге или выводит презентацию на уровень выше.

6. В качестве расширения навыков

Вектари пригодится и тем кто, хочет освоить новую профессию или просто добавить себе в копилку новые умения.

Ведь 3D применяется в разных сферах, поэтому умение работать с ним может помочь при поиске себя в новом деле или просто позволит обзавестись новым востребованным навыком.

Навык 3D-моделирования будет полезен и просто в бытовых задачах. Например, набросать интерьер квартиры, дома, показать во всех подробностях оригинальную задумку или сделать какую-то недостающую деталь, чтобы потом распечатать на 3D-принтере.

Следует отметить, что все основные функции в Vectary доступны бесплатно.

И здесь действительно без хитростей, без рекламы, без навязчивых напоминаний купить премиум-аккаунт.

Платный аккаунт следующие возможности:

- Неограниченное кол-во проектов
- Встраивание сцены на сайт
- Дополнительные форматы экспорта - USDZ, GLTF, GLB, FBX
- Совместная работа
- Поддержка по электронной почте

Цена премиума 12\$ за месяц, за год - 99\$

Подводя итоги, хочется сделать вывод: Vetary – это действительно революционная платформа. Своего рода Tilda, только в мире 3D.

Перейдем к работе в программе, но для начала рассмотрим, как происходит управление сценой.

Поворот – щелкните левой кнопкой мыши и перетащите курсор мыши по холсту сцены.

Панорамирование – щелкните правой кнопкой мыши и перетащите курсор мыши.

Zoom – прокрутите мышью.

Quick Zoom – колесо мыши и перетаскивание мыши.

Здесь следует отметить один недостаток – программа на английском, но многие значения понятны интуитивно. После авторизации мы открываем рабочее поле (рис. 2.22)

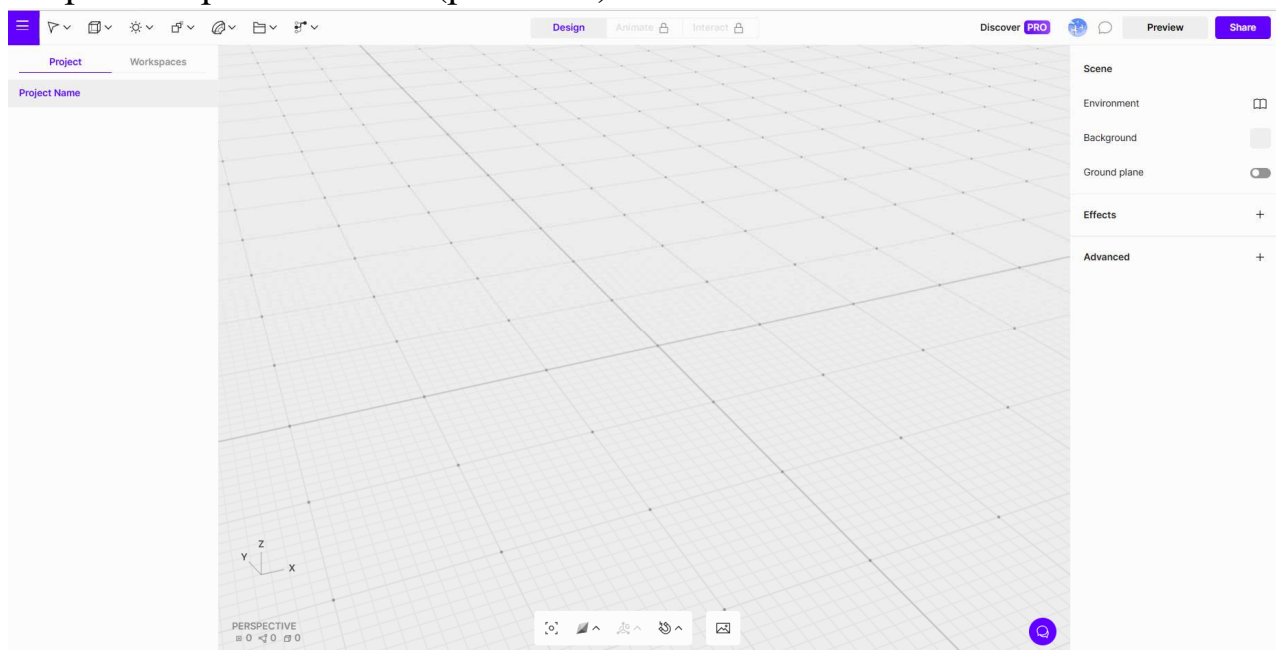


Рис. 2.22. Начало работы

Здесь мы можем увидеть в центре рабочее поле и по обе стороны вкладки с инструментами. Начнем по порядку, верхняя строка представлена 8 кнопками, выстроенными в линию (рис. 2.23).

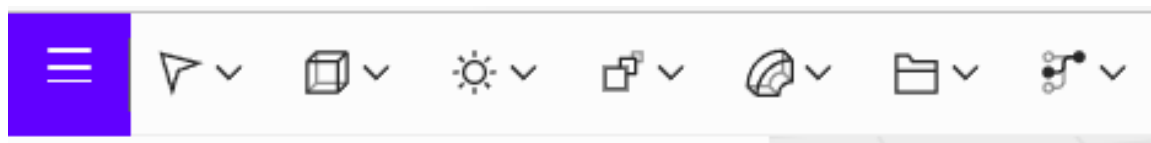


Рис. 2.23. Верхняя строка

При нажатии на первую кнопку будет предложено выбрать: «edit», «export», «import», «settings», «help» - «редактировать», «экспортировать», «импортировать», «настройки», «помощь».

Вторая кнопка – стрелка, отвечает за выбор объекта на рабочем поле разными способами. Через прямоугольник, лассо, выбрать все и т.д.

В третьей кнопке, с иконкой куба, находятся стандартные геометрические фигуры – куб, сфера, конус, цилиндр, труба, торус, многогранник, плоскость и текст.

Четвертая отвечает за свет – точечный свет, прожектор, направленный свет и прямоугольный свет.

Пятая кнопка с тремя квадратами обозначает модификаторы, которые можно назначить на выбранный объект. Модификаторы позволяют изменять состояние объекта, туда входят (рис. 2.24):

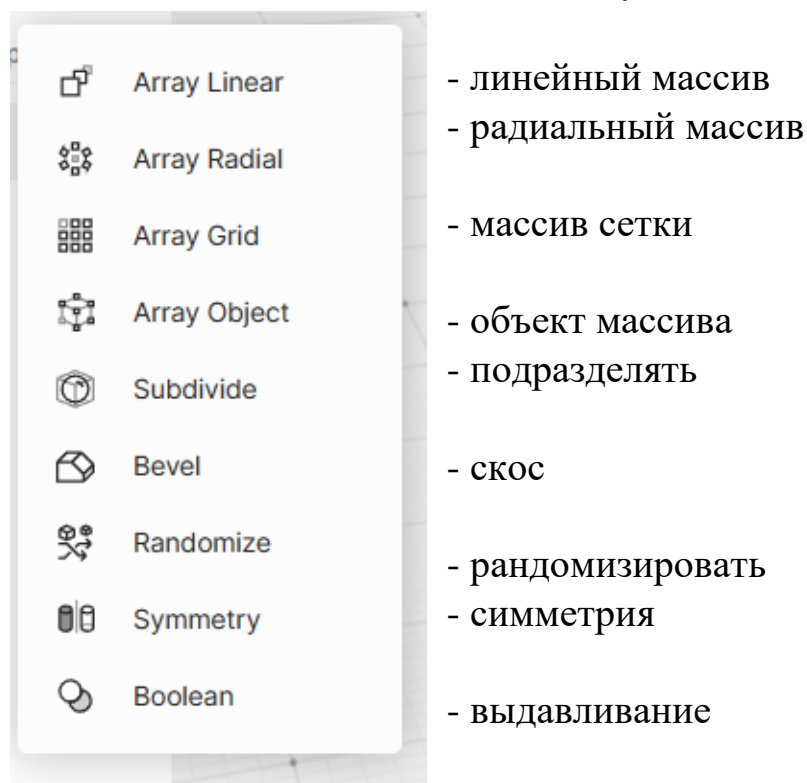
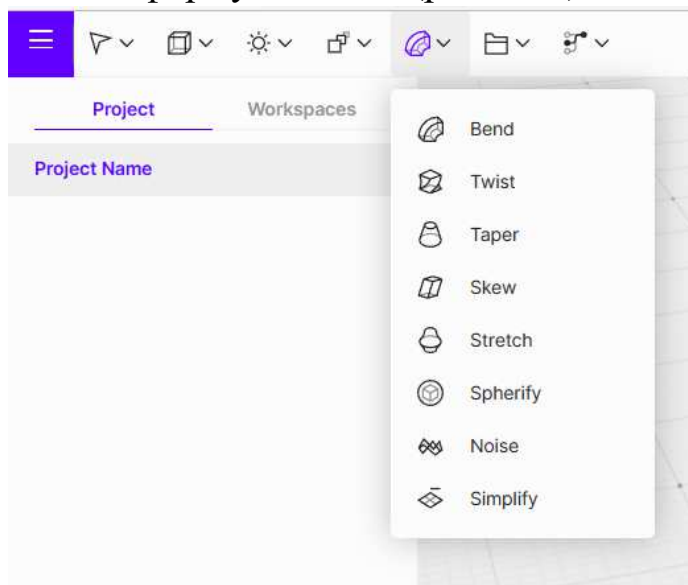


Рис. 2.24. Модификаторы

В шестой кнопке находятся похожие инструменты, позволяющие менять форму объекта (рис 2.25). Используя их можно сгибать, кру-



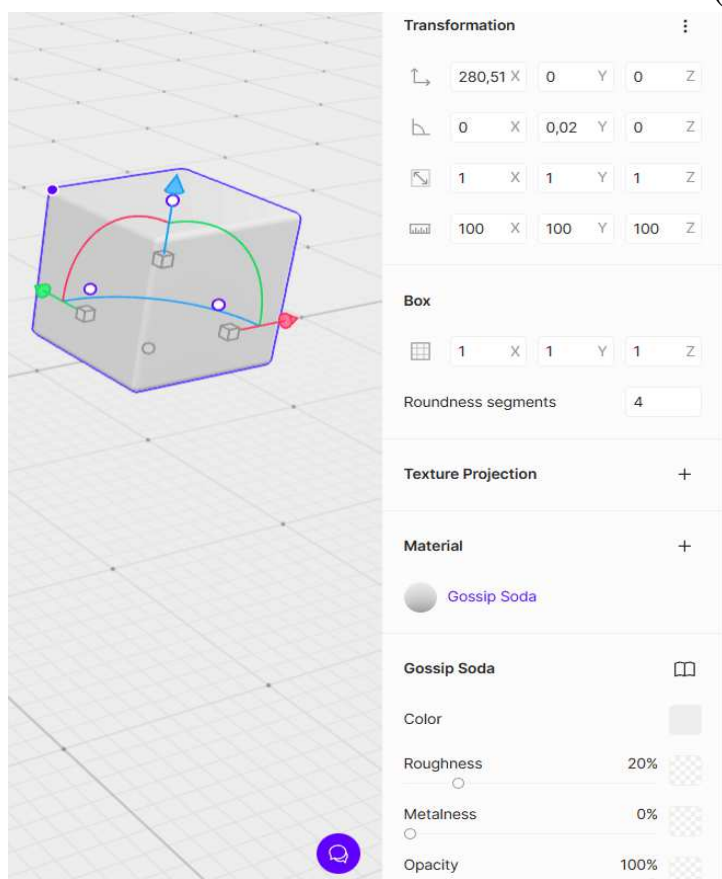
тить, сужать, наклонять, растягивать, надуть, исказить и упрощать детали модели.

В седьмой кнопке скрывается возможность группировать объекты, добавлять камеру, задний фон и гладкие нормали.

Восьмая кнопка в бесплатной версии недоступна.

Добавим на нашу сцену куб и увидим, что у нас активировалась панель справа (рис. 2.26).

Рис. 2.25. Инструменты



Вкладка «Transformation» предлагает нам изменить месторасположение нашего куба; изменение размеров; масштаб; размер.

Ниже появляется строка «Box» и еще ниже «segments», увидеть которую мы можем, переключив вид отображения фигуры (рис 2.27).

«Roundness segments» - чем больше значение, тем округлее будут грани нашей модели.

Рис. 2.26. Панель изменения параметров объекта

Ниже идет работа с текстурой и материалами. Есть возможность создавать собственные материалы и текстуры, или воспользоваться уже готовыми и настроенными, перенеся их на свою модель.

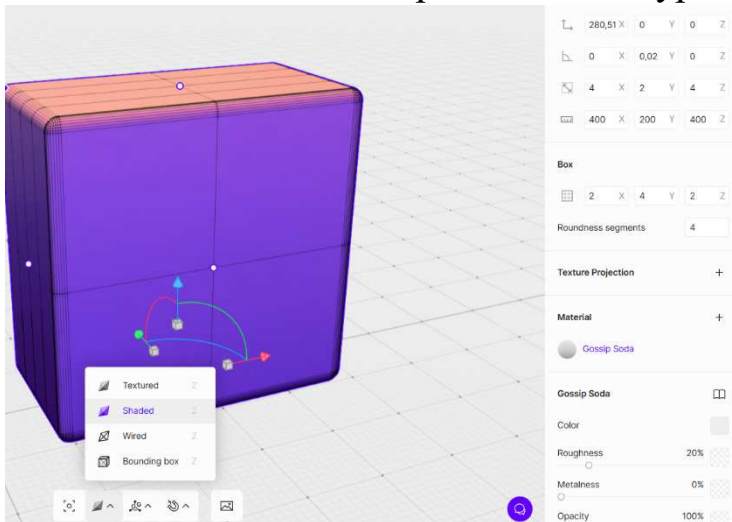


Рис. 2.27. Изменение режима отображения объекта

Не обладая навыками работы с текстурами, рекомендуется использовать уже готовые из библиотеки текстур и материалов. Теперь попробуем создать свою первую модель стула в программе Vectary. Начнем с ножек, для этого создаем куб и немного скругляем его грани, вытягивая за крайнюю верхнюю точку. Поверх куба определяем модификатор Taper, позволяющий заузить модель с одного из концов (рис. 2.28).

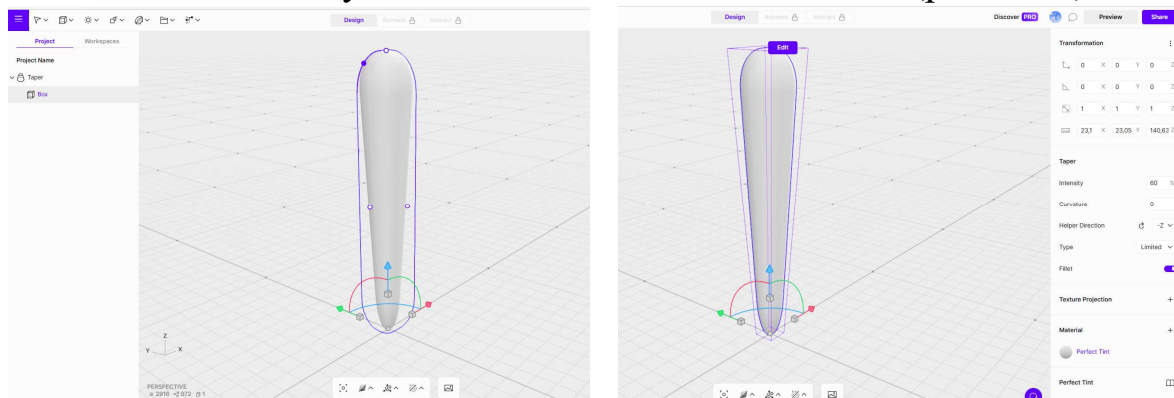


Рис. 2.28. Изменения с применением модификатора Taper

У основания крепления ножек к сидению хочется добавить металлические кольца, создаем их по такому же принципу – куб + Taper. Параметры указаны справа, меняем только размеры, делая кольцо чуть больше самой ножки. Устанавливаем кольцо на той высоте, которая нас устроит (рис. 2.29).

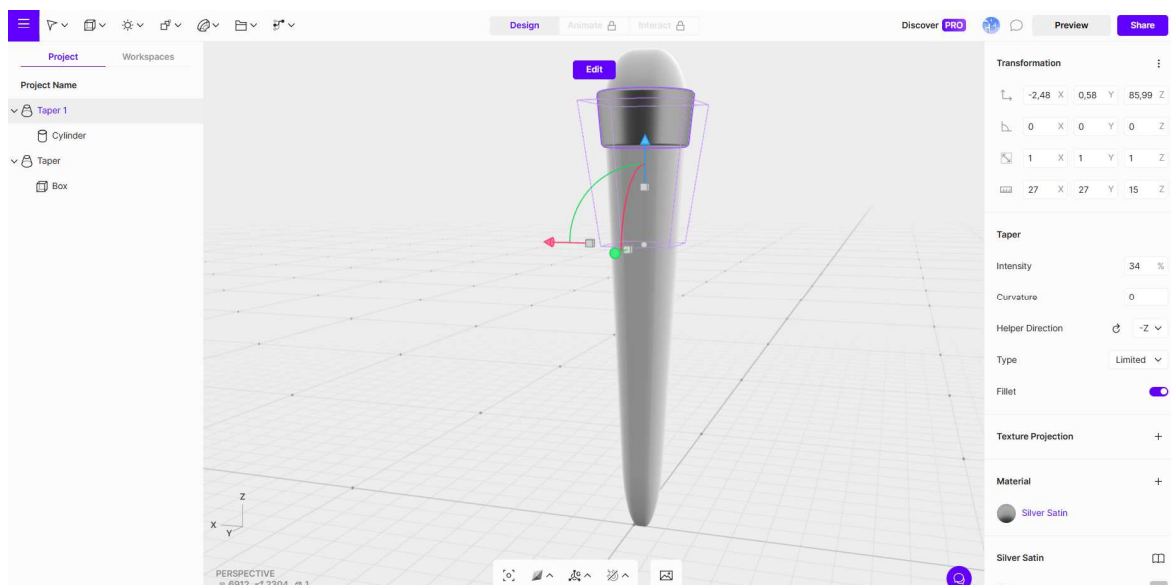


Рис. 2.29. Установка кольца на ножку

Если обратить внимание на кольцо, то будет заметно, что оно отличается по цвету от основной ножки. Действительно, на кольцо применен материал «Silver Satin», выбранный из библиотеки программы. Открыть ее можно кликнув на значок открытой книги под строкой «Material», в разделе «metal» (рис. 2.30.).

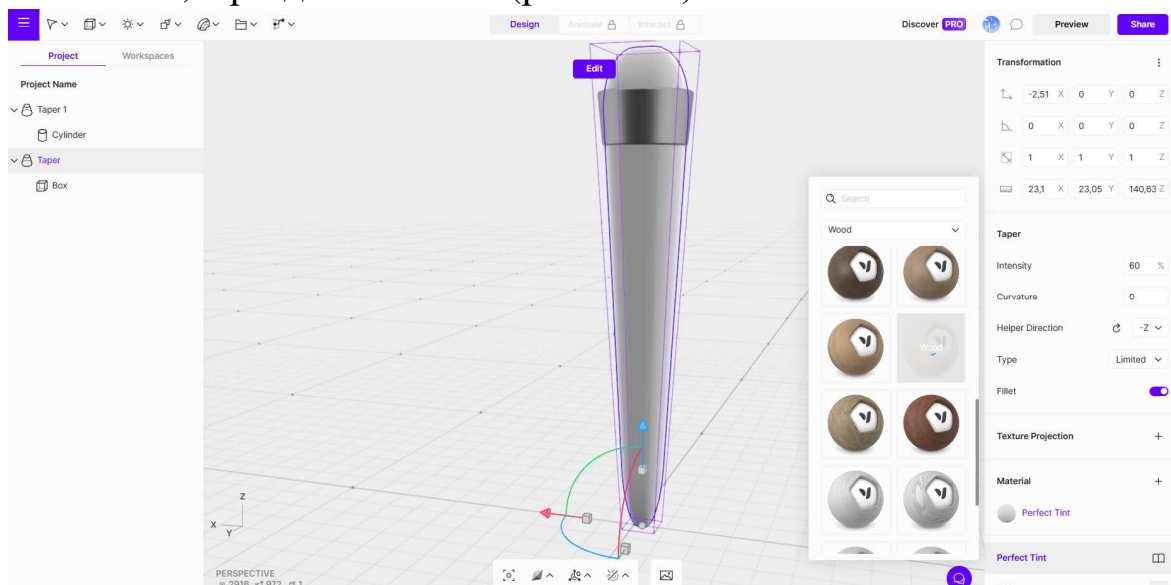


Рис. 2.30. Нанесение материалов на объект

На рис. 2.30 заметно, что изначально круг с цветом является пустым, но после выбора материала из библиотеки, он приобретет цвет выбранной текстуры. Также меняем текстуру у основной ножки, выбирая цвет из раздела «Wood», в переводе «дерево». Перетаскиваем необходимый цвет на объект и ждем загрузку.

В нашей модели хочется сделать ножки под небольшим углом, для этого группируем кольцо и одну ножку в папку. Эту папку дублируем четыре раза и выстраиваем на одинаковом расстоянии друг от друга. У нас получилось четыре папки и четыре ножки. Теперь меняем наклон каждой из «папок» относительно значения X, Y.

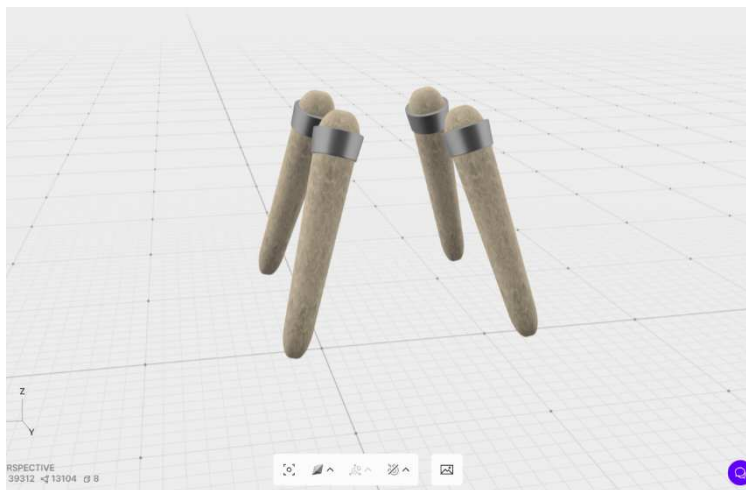


Рис. 2.31. Готовые ножки стула

Всего будет четыре варианта изменения наклона градусов:

1. 15; -15
2. 15; 15
3. -15; 15
4. -15; -15

По итогу все четыре ножки будут наклонены основанием в центр, как показано на рисунке 2.31.

Для детализации и добавления интересной детали добавим металлические соединения между ножками. Создадим их из цилиндров с значениями: 2x2x50. Значение высоты можно менять относительно

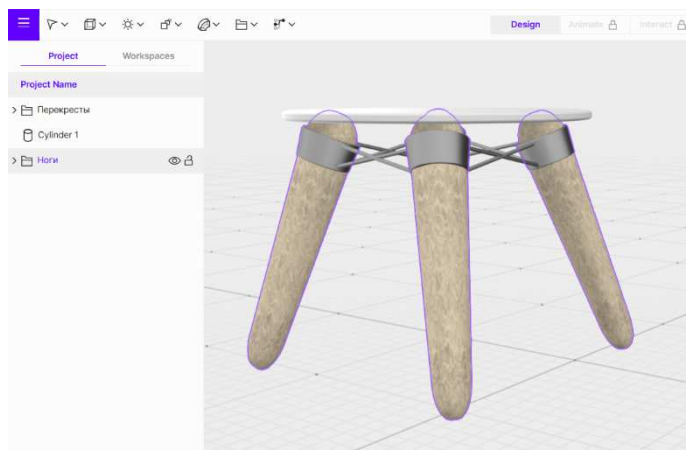


Рис. 2.32. Готовые ножки

расстояния между соседними ножками. Крестовое пересечение линий показалось интересным вариантом, поэтому выбрав необходимую высоту, линии были сгруппированы и продублированы четыре раза. Повернув их для боковых сторон, пересечения

были сгруппированы в отдельную папку для удобства работы.

Следующим в нашем моделировании было основание стула, к которому будет крепиться спинка и ножки, а в последствии и сидение.

Берется цилиндр с параметрами 150x150x5 и опять применяется модификатор Taper, делая наше основание похожим на тарелку. Не страшно, если верхняя точка ножек будет выглядывать через «тарелку», это происходит из-за пересечения объектов, но здесь этим можно пренебречь, чего нельзя допускать в моделировании деталей с точными значениями или моделями под печать.

На основание укладываем еще один цилиндр с значениями меньше «тарелки» 140x140x5. Здесь можно добавить к модификатору Taper еще и Spherify, который создаст округлость сидения.

Изначально плоскость цилиндра имеет ровное значение, что в этот раз нас не устраивает. На сидение хочется добавить пуговицу, которая немного будет вдавлена в ткань. Для этого необходимо менять уже расположение точек в модели, что на первый взгляд сделать невозможно.

В нижней части находим третью кнопку с названием «>», кликаем на нее и включаем тумблер на синий цвет, нажимаем дважды, получая следующее окно, показанное на рисунке 2.33.

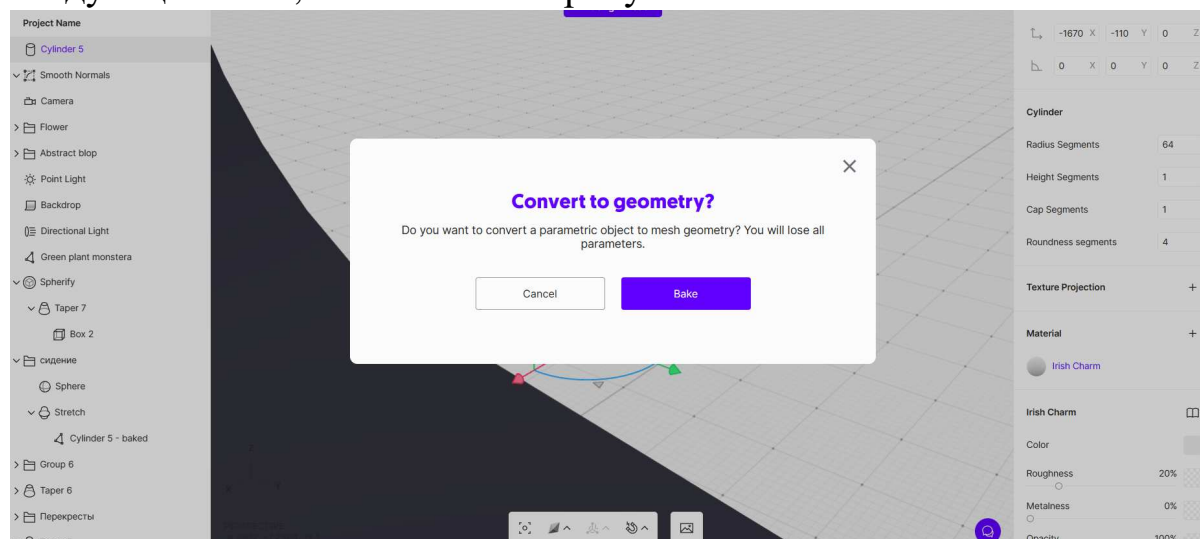
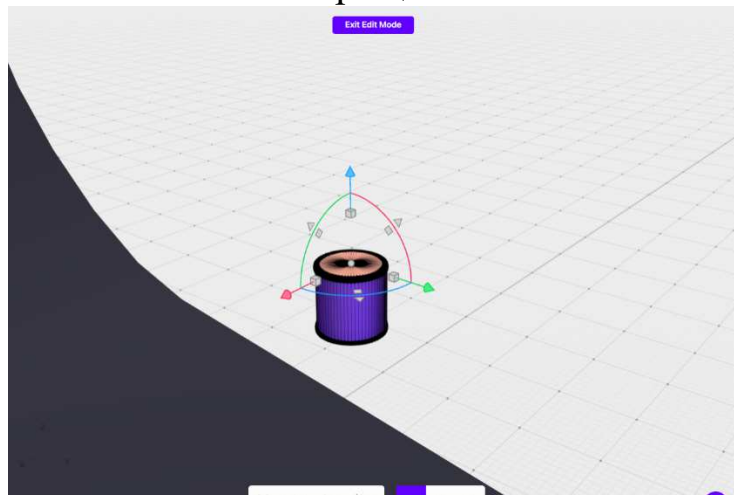


Рис. 2.33. Конвертация в геометрию

Здесь у нас спрашивают: «Convert to geometry?», что подразумевает о нашем переходе в моделирование геометрии. Соглашаемся, кликая на синюю кнопку «Bake».

Переключаем режим отображения текстурирования модели на «Shaded», нажав на вторую кнопку снизу, если оно не переключилось автоматически. Обращаем внимание на появившиеся дополнительно



три кнопки слева внизу (рис. 2.34). Рассмотрев значки, приходим к выводу, что здесь нам предлагается моделировать через «точку», «линию» и «полигон», в дальнейшем мы еще не раз встретимся с этими типами моделирования.

Рис. 2.34. Моделирование через точку

Выбираем точку и видим, что на модели активны только точки, соответственно, если выбрать линии, то активны будут линии на модели, полигоны – полигоны.

В основании плоскости находится одна точка, с которой мы и будем работать. Изменим ее расположение относительно оси Z, опустив чуть ниже заявленного уровня. Если при создании цилиндра в строке «Cap Segments» добавить значение больше 1, то точек на верхней плоскости будет больше, т.к. добавятся дополнительные линии.

Важно учитывать, что все изменения следует производить до того, как на объект будут определены модификаторы, т.к. это может привести к неправильному отображению модели. Программа оповестит об этом, но, правда, на английском языке.

Создав сидение с пуговицей в центре, которая является маленькой сферой с размерами 5x5x2, можно изменить текстурировать оба элемента.

Обратите внимание, что высота пуговицы в разы меньше ее ширины и длины. Это сделано для эффекта сдавленности и приплюснутости.

Выбрав интересующий нас материал, а это оказывается «Fabric», определяем его на сидение (рис. 2.35).

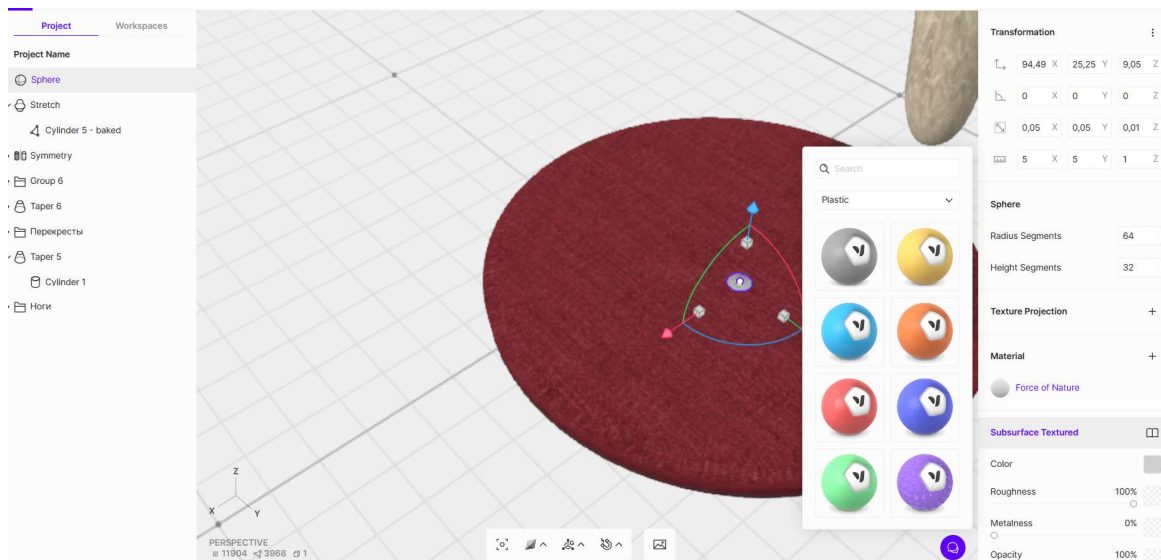


Рис. 2.35. Наложение материала на пуговицу

После окончания работы над сидением, ставим его на основание и выравниваем относительно высоты.

Аналогичным образом создаем спинку стула, которая будет сделана из куба с скругленными краями. Меняем наклон фигур, присоединяя ее к нашему, пока еще, табурету. В целом на этом можно было бы завершить работу над стулом, но в Vectary есть быстрый рендер, который хотелось бы протестировать.

В левой части находим библиотеку объектов и создаем импровизированную комнату-сцену (рис. 2.36).

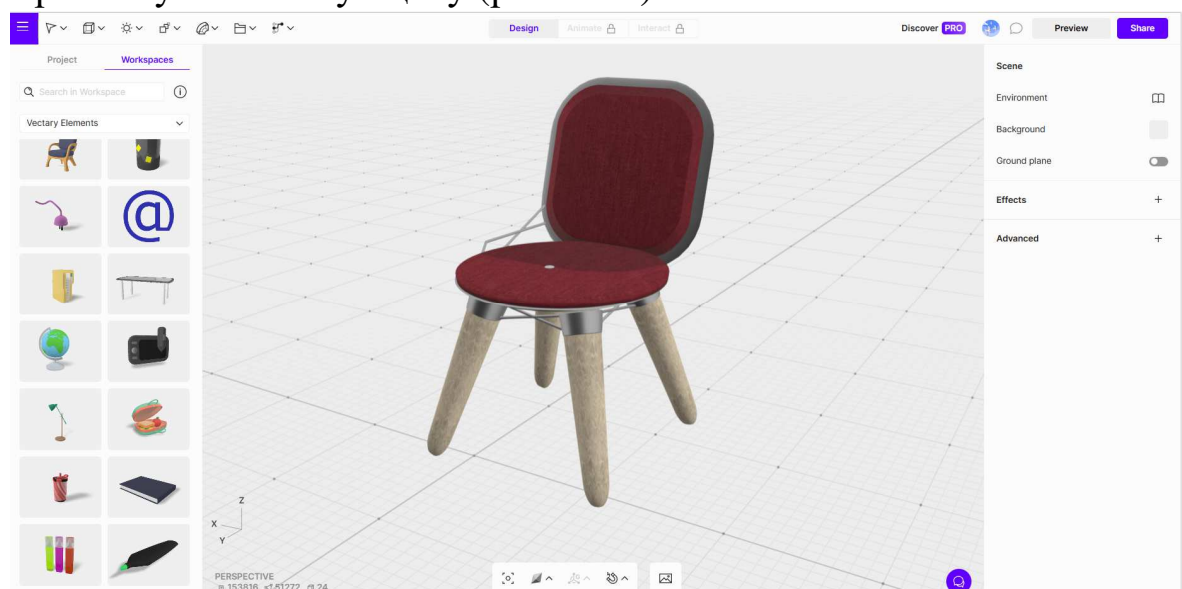


Рис. 2.36. Библиотека готовых моделей

Переключаемся из вкладки «Projects» в вкладку «Workspaces», где перед нами оказывается целый перечень возможных разделов. Сразу видим строку «Search in Workspace», куда можем вписать интересующую нас модель, будь это «ren» или «table», опять же, на английском.

В данный момент нас интересует раздел «Plants», откуда переносим парочку растений и устанавливаем их рядом с нашей моделью. Можно полистать остальные вкладки и найти другие интересные модели, которые будут сочетаться с моделью.

В разделе, где мы обычно группируем объекты, находим предпоследнюю строчку с надписью «Backdrop», это задний фон или циклограмма. Меняем ее цвет, если это считается уместным и сочетаемым.

Для глубины текстур и объема модели можно добавить источники света. Если установить сразу несколько источников с разными параметрами, будет заметна их разница и область применения. Расставив модели на сцене, выставив цвет и немного поменяв цвет текстуры стула, устанавливаем камеру и регулируем область захвата.

Далее нажимаем на центральную нижнюю кнопку с значком картинки и названием «Download Image». Картинка автоматически скачается в формате png (рис. 2.37).



Рис. 2.37. Итоговый результат

Таким образом у нас получилась 3D-модель стула в программе Vectary.

Если сравнивать ее относительно Tinkercad, то на создание модели здесь потребуются больше времени, но и итоговый результат будет текстурирован и в разы реалистичен, относительно первой Tinkercad.

На сегодняшний день активно используется система qr-кодов, позволяющая оставлять ссылки в текстах и документах. И в следующем задании предлагается интересно обыграть qr-код в виде зданий мегаполиса.

Преимущества QR-кода:

- Позволяет кодировать больше информации, чем линейные штрихкоды;
- Легко распознается сканирующим оборудованием;
- Может быть прочитан, даже если поврежден.

Для использования QR-кода не нужно ничего, кроме смартфона с камерой и приложения (оно обычно установлено по умолчанию), поэтому черно-белые квадратики заметно облегчают жизнь там, где нужно перевести действие из офлайна в онлайн: например, быстро привести человека, увидевшего интересную вещь в реальном магазине, на сайт. Или дать ссылку на скачивание подробной инструкции прямо на коробке с товаром. А может, показать свой интернет-проект человеку, в руках у которого оказалась ваша визитка. А еще QR-коды позволяют подтвердить оригинальность электронных билетов, право на скидку или кэшбек в магазине. Музеи шифруют в QR-коды информацию, организаторы викторин и квестов прячут в них подсказки. Всё чаще QR-коды используются для онлайн-оплаты – но пока это не совсем привычно для большинства покупателей.

У всех QR-кодов есть кое-что общее: белая рамка, три одинаковых черных квадрата по углам (каждый в двойной рамке), еще один черный квадрат (поменьше, но тоже в рамке), полосочки из черно-белых модулей. Это техническая часть кода, которая позволяет камере точно определить его расположение и оценить размер модулей. Также код содержит информацию, необходимую для его правильного распознавания: о маске, уровне коррекции и версии. Все оставшиеся поля можно использовать для передачи информации.

Каждый QR-код может содержать:
7089 цифр;
4296 букв и цифр латиницей;
1817 иероглифов;
2953 байт двоичного кода (то есть около 2953 букв кириллицей в кодировке windows-1251 или 1450 в utf-8).

Составление QR-кода проходит в несколько этапов:

1. Информация кодируется одним из способов (цифровым, буквенно-цифровым, байтовым или кандзи), превращаясь в поток битов – последовательность нулей и единиц;
2. Формируется служебная информация, определяющая версию кода и кодировки;
3. Полученные потоки разбиваются на блоки;
4. К каждому блоку добавляются байты коррекции в зависимости от выбранной версии кода;
5. Два блока (исходных данных и коррекции) объединяются в один поток, чтобы получилась последовательность данных.
6. Данные заносятся в поле кода. Для этого пространство, оставшееся после введения обязательных элементов, делится на столбики шириной в два модуля. Они заполняются «змейкой», ноль – белый модуль, единица – черный.

Находим в поисковой системе онлайн программы по созданию qr-кода в формате svg. Сохраняем и импортируем его на наше рабочее поле в Vectary, переходя в раздел изменений «geometry». Если изображение не отображается, то внизу меняем текстуры с одноцветного на изображение.

Далее нам необходимо поверх этой картинки создать прямоугольники, соответствующие расположению квадратов на поле. Высоту ставим любую, ведь каждый «небоскреб» может находиться на разной высоте (рис. 2.38).

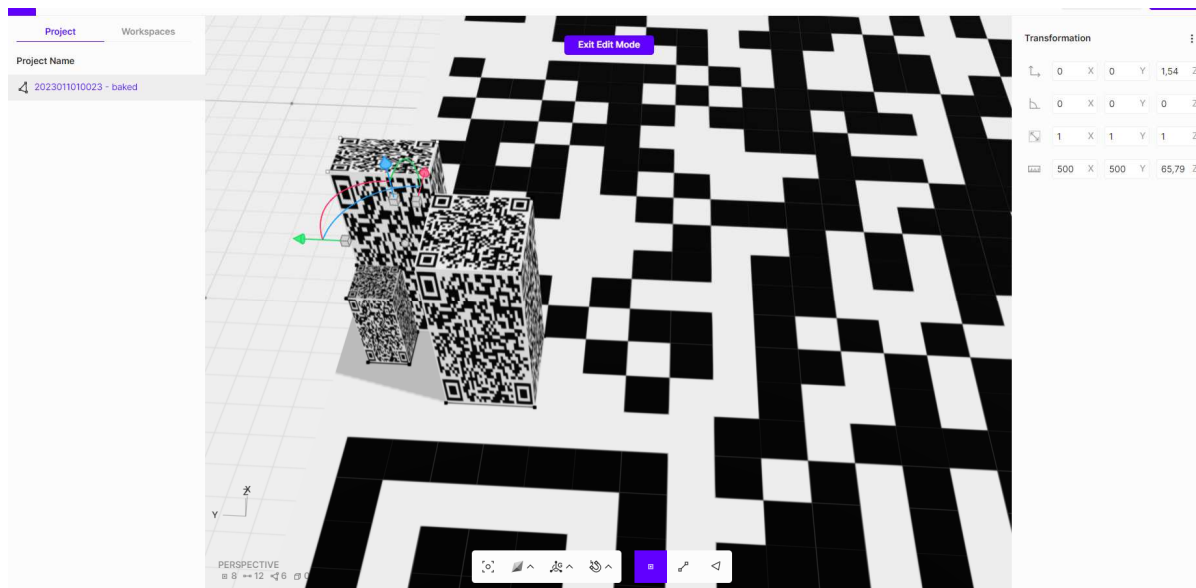


Рис. 2.38. Блоки на qr-коде

Периодически просматриваем, что у нас получается. Изначально на прямоугольники автоматически накладывается текстура от нашего qr-кода, это будет исправлено позже.

Шаг за шагом застраиваем наш мегаполис прямоугольниками, варьируя их высоту.

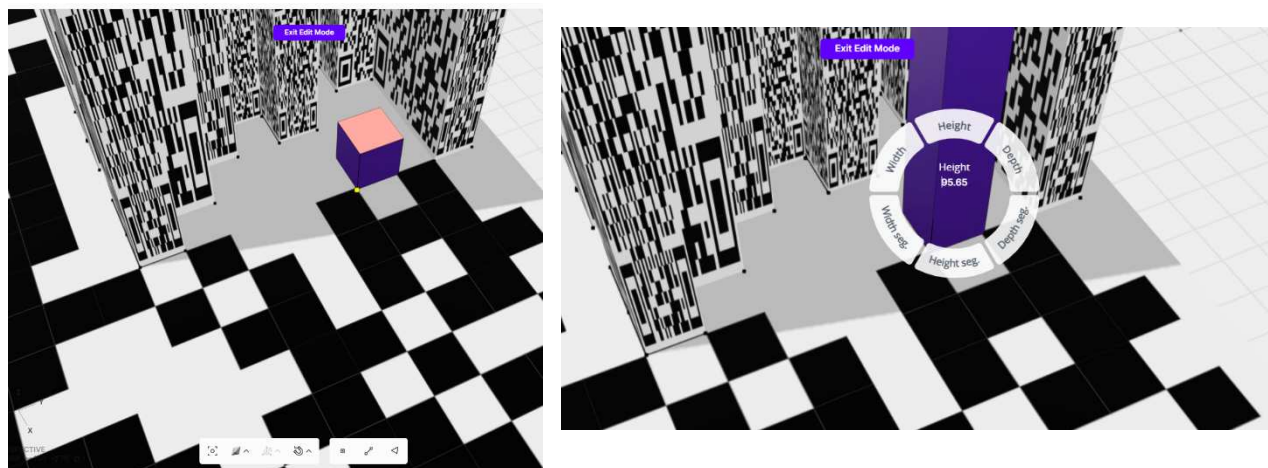


Рис. 2.39. Построение блока

После обозначения области построения квадрата высоту можно менять двумя вариантами – вручную вытягивая верхний полигон, или подкрутив значение «height» (рис. 2.39).

Постепенно застраиваем город, не пропуская ни одного квадрата, т.к. это может сказаться на итоговой работе самого qr-кода.

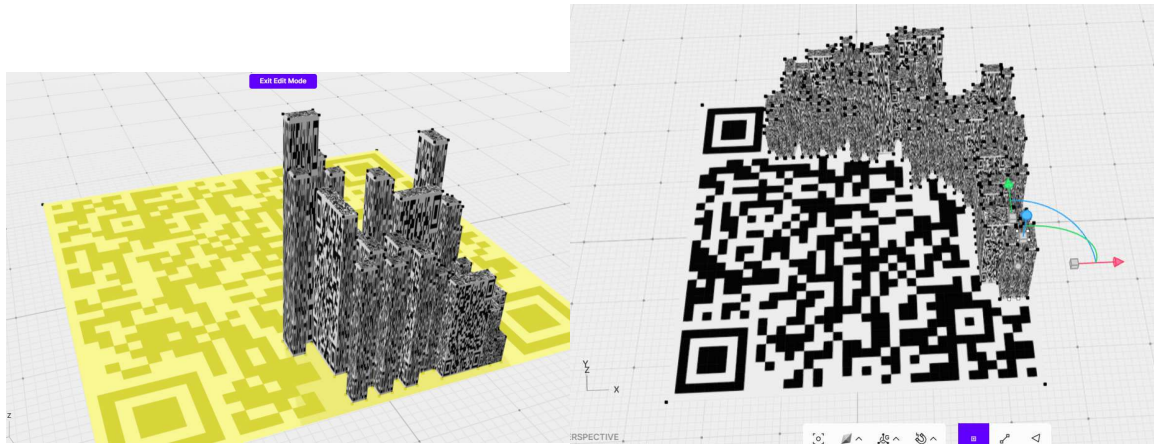


Рис. 2.40. Заполнение поля

После полного заполнения квадратов, накладываем любую текстуру на нашу фигуру из библиотеки материалов.

QR-коды работают на контрасте цветов, поэтому, если выбирается светлый оттенок домов, то необходимо сделать цвет пола темнее или ярче основного цвета. Выбрав фон и установив темный оттенок, мы смотрим, что у нас получается.

Для глубины и объема можно добавить точечный цвет, меняя цвета на синий и розовый, стараясь приблизиться к неоновому освещению (рис. 2.41.).

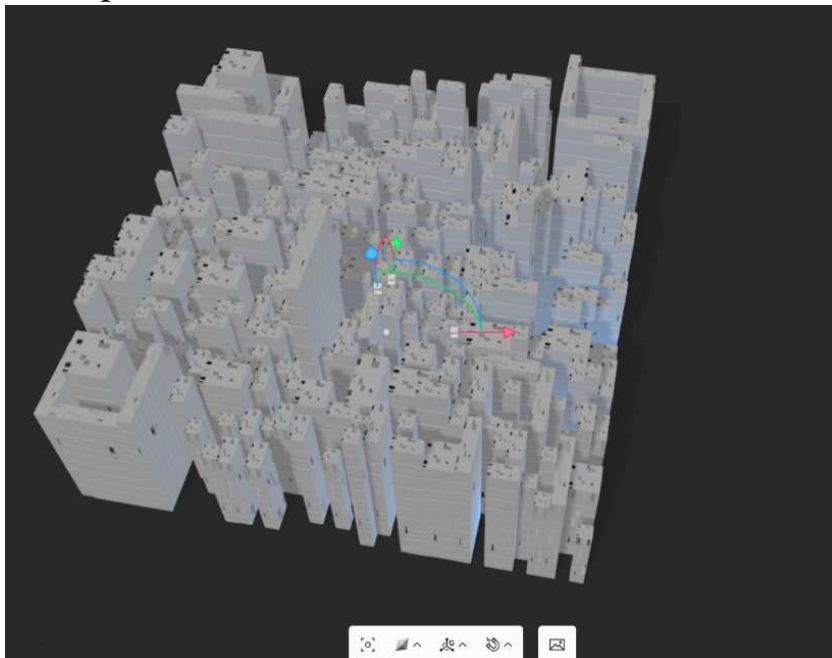


Рис. 2.41. Мегполис из qr-кода

Далее можно сделать видеозапись с экрана, как панорама города превращается в вид сверху – являющийся qr-кодом.

Таким образом, мы из обычного куба смоделировали мегаполис, в котором вид с высоты птичьего полета является qr-кодом с посланием.

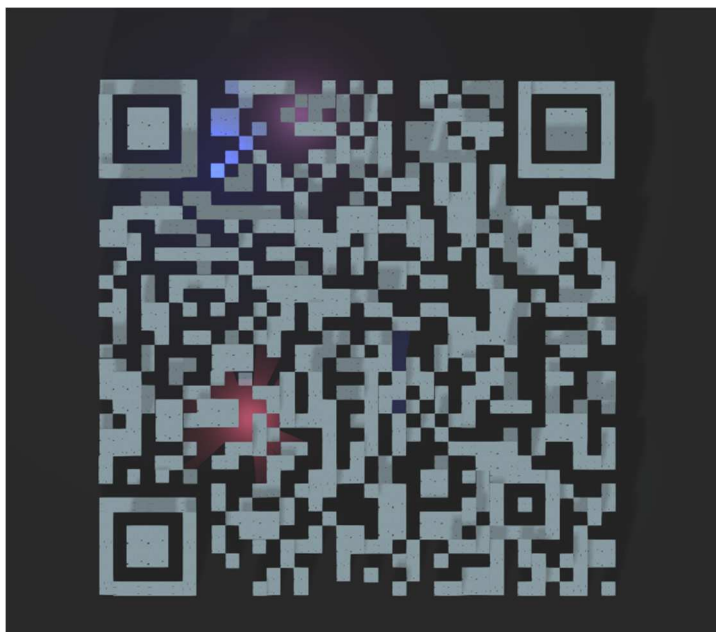


Рис. 2.42. 3D-модель из qr-кода

Можно добавить еще больше источников света, поэкспериментировав с направлением, цветом, тенями и расположением. Также можно менять материалы на блоках, добавить окна и вывески. Таким образом, наш проект готов.

Плюсы и минусы программы Vectary:

Плюсы:

1. Vectary – это хорошая платформа для 3D-дизайна, которая позволяет пользователям быстро и легко создавать высококачественные 3D-проекты.
2. Программа предоставляет пользователям широкий спектр инструментов и функций для легкого создания качественных визуальных эффектов, включая настраиваемые текстуры, материалы, световые эффекты, возможности анимации и многое другое.
3. Программа проста в использовании и понятна даже для новичков, не имеющих опыта работы с программами для 3D-дизайна или моделирования.
4. Vectary предлагает обширную библиотеку готовых моделей, которые можно использовать в качестве отправной точки для ваших собственных творений или модифицировать в соответствии с вашими потребностями.
5. Программа предлагает как бесплатные, так и платные планы, поэтому пользователи могут выбрать план, который лучше всего соответствует их бюджету и требованиям.

6. Vectary поддерживает несколько форматов файлов, что позволяет легко экспортировать ваши проекты в другие программы или приложения, такие как Adobe Photoshop или Illustrator, для дальнейшего редактирования или настройки.

Минусы:

1. Vectary не имеет возможности рендеринга в реальном времени, поэтому вы не можете увидеть, как будет выглядеть конечный продукт, пока он не будет полностью визуализирован самой программой, что может занять много времени в зависимости от сложности создаваемой модели. отредактировано/оформлено и т.д..

2. В программе также отсутствуют некоторые важные функции, такие как инструменты скульптинга, которые необходимы при создании сложных форм с нуля.

3. Структура ценообразования Vectary может быть слишком высокой для некоторых людей, которые только начинают заниматься 3D-дизайном или программным обеспечением для моделирования.

2.3. SketchUp

SketchUp имеет весьма солидный по меркам «жизни» компьютерных программ возраст – первый выпуск программы был в 1999 году. В 2006 году программу SketchUp приобретает корпорация Google, и в 2007 году выпускает уже под названием Google SketchUp. Программа доступна в двух вариантах – профессиональный Google SketchUp Pro и бесплатный браузерный – Google SketchUp [8].



Рис. 2.43. Логотип программы

SketchUp сильно отличается от рассмотренных нами программ по 3D-моделированию интерфейсом и использованием программы. Разработчики сформулировали философию программы в следующем:

«... это оптимальное сочетание элегантности и свободы дизайна «от руки» со скоростью и гибкостью цифровых технологий...».

И эти принципы были воплощены в простоте, удобстве и функциональности интерфейса программы.

Благодаря этому освоение программы происходит достаточно легко и быстро.

SketchUp предназначен для эскизного 3D-моделирования, это и отражено в его названии – Sketch – эскиз, Up – вверх.

Существует еще одно условное деление 3D-программ по используемой математической модели – на так называемые *curves-based* (на основе кривых) и *polygonal* (на основе многоугольников - полигонов).

Первый принцип предполагает сплайновое моделирование – Spline – кривых линиях, обозначаемых сокращенно NURBS. Для них определяются координаты начала, конца линии и описание характера кривизны.

Второй принцип – полигональное моделирование. В таком случае основой всей геометрии является отрезок прямой линии – Line, а поверхности (границы) всегда состоят только из плоских полигонов, со сторонами из этих прямых отрезков, которые в этом качестве являются Edges – ребрами объектов.

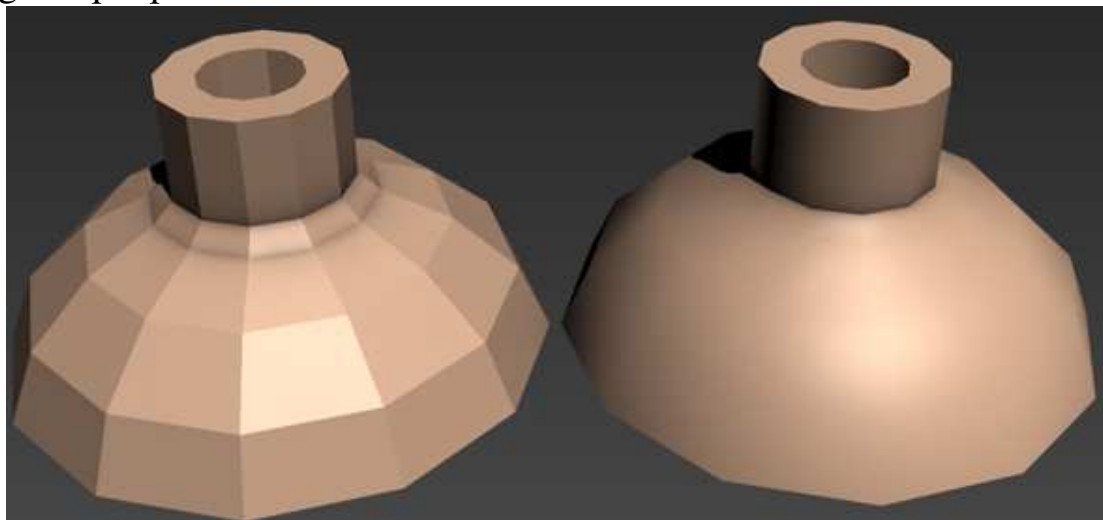


Рис. 2.44. Сглаживание объекта

При наличии плавных криволинейных поверхностей, предусматривается механизм визуального сглаживания объектов. Фактически при этом работает зрительное размывание границ между смежными поверхностями, хотя при этом, мы не меняем саму геометрию.

Здесь стоит еще отметить один вид моделирования – низкополигональное моделирование Low-Poly, где присутствует минимальное количество формообразующих поверхностей. Все это обеспечивает высокую скорость редактирования за счет снижения нагрузки на «пересчет» формы, а также «легкие» файлы моделей.

Зачастую в программах по 3D-моделированию рассматриваются два варианта моделирования объектов: «solid» и «surfaces», что в дословном переводе означает «твердый» и «поверхность». Подразумевается все проще – пустотелое или полное заполнение модели.

(вставьте картиночку)

В Скетчапе моделирование пустотелое, что позволяет создать объект быстро, показывая, как оно выглядит в программе и визуализации.

Если в программе делить твердотельную модель пополам, то необходимо будет создать новые поверхности там, где будет проходить разрез. Потому что в сфере инжиниринга чаще всего работают с твердотельными моделями, ведь они могут использоваться для выполнения точных расчетов. Возможность рассчитать объем объекта означает, что вы можете подсчитать, например, сколько он будет весить. Кроме того, 3D-принтеры могут создавать реальные прототипы непосредственно из файла твердотельной модели. Эти прототипы удобны для того, чтобы увидеть, как множество мелочей будет сочетаться друг с другом.

Важный момент, который следует подчеркнуть здесь, заключается в том, что не существует “лучшего” типа программного обеспечения для моделирования. Все зависит от трех вещей: как вам нравится работать, что вы моделируете и что вы планируете делать со своей моделью, когда она будет готова.

Все в SketchUp в основном состоит из тонких (на самом деле бесконечно тонких) поверхностей – они называются гранями. Даже вещи, которые кажутся толстыми (например, стены из шлакоблоков), на самом деле являются полыми оболочками. Создание моделей в SketchUp во многом похоже на создание предметов из бумаги – очень, очень тонкой бумаги.

Стоит отметить, что моделирование в SketchUp является более наглядным и визуализированным, что не особо подходит в моделировании деталей.

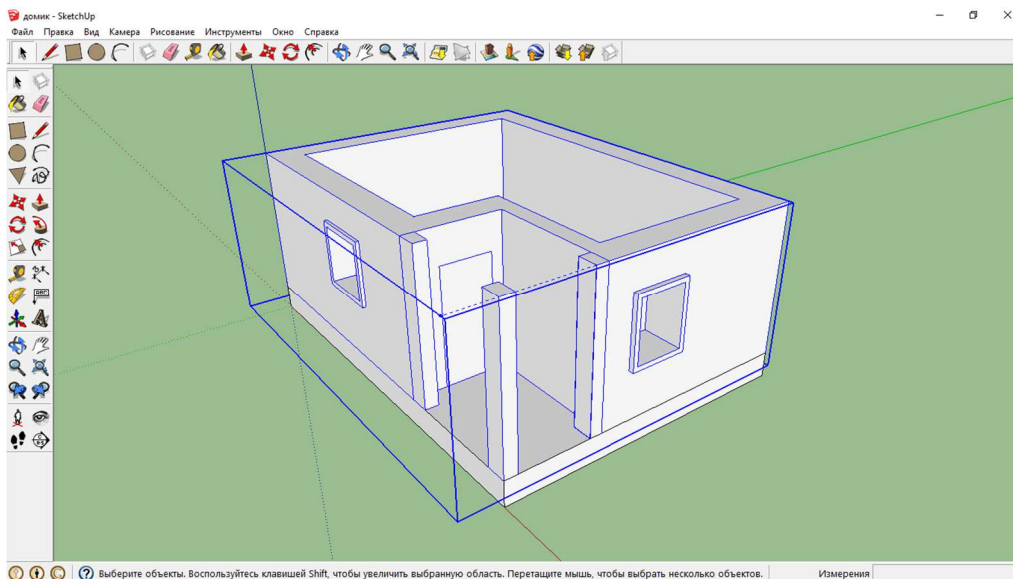


Рис. 2.45. Скриншот из программы

SketchUp с самого начала разрабатывался как самый удобный, быстрый и полезный из доступных программ моделирования – и это все, на самом деле. Существуют фантастические программы, которые выполняют действия из следующего списка, и SketchUp может обмениваться файлами с большинством из них:

✓ Фотореалистичный рендеринг: У большинства 3D-моделистов есть свои собственные встроенные средства визуализации фотографий, но создание видов моделей, похожих на фотографии, является довольно специализированным занятием. Вместо этого SketchUp всегда фокусировался на так называемом не фотореалистичном рендеринге (NPR). NPR (как его называют) - это, по сути, технология, которая заставляет вещи выглядеть нарисованными от руки – своего рода противоположность фотореализму.

✓ Анимация: Фильмы, которые вы можете создавать с помощью SketchUp, предполагают перемещение вашей “камеры” вокруг вашей модели. Программное обеспечение True animation позволяет вам перемещать предметы внутри вашей модели. SketchUp этого не делает, но версия Pro позволяет экспортировать в ряд различных программ, которые могут это сделать.

Собственно, если открыть саму программу, то перед нами предстанет следующее:

1. Окно моделирования: Видите большую область в середине экрана вашего компьютера? Это ваше окно моделирования, и именно

там вы проводите 99 процентов вашего времени в SketchUp. Вы создаете там свою модель; это своего рода рамка для 3D-мира внутри вашего компьютера. То, что вы видите в окне моделирования, всегда является 3D-изображением вашей модели, даже если вы смотрите на нее сверху или сбоку.

2. Строка меню: Для любого, кто пользовался компьютером в течение последних 30 лет, строка меню не является чем-то новым. Каждое меню содержит длинный список опций, команд, инструментов, настроек и других полезных функций, которые относятся практически ко всему, что вы делаете в SketchUp.

3. Панели инструментов: они содержат кнопки, которые вы можете нажать, чтобы активировать инструменты и команды; они быстрее, чем использование строки меню. В SketchUp есть несколько различных панелей инструментов, но при первом запуске видна только одна : панель инструментов "Начало работы".

4. Диалоговые окна: Некоторые программы называют их палитрами, SketchUp же никак их не называет. В его документации (справочный документ SketchUp, с которым вы можете ознакомиться в меню Справки) некоторые из них называются менеджерами, а некоторые - диалоговыми окнами, но мы упростим задачу и просто назовем их все одинаково: диалоговые окна.

5. Строка состояния: Предполагается, что, вы можете считать это своей панелью управления SketchUp. Она содержит контекстную информацию, которую вы используете во время моделирования.

6. Контекстные меню: Щелчок правой кнопкой мыши по элементам в окне моделирования обычно вызывает открытие контекстного меню команд и опций. Они всегда актуальны для того, что вы нажимаете правой кнопкой мыши (и что бы вы ни делали в данный момент), поэтому содержимое каждого контекстного меню отличается.

Меню SketchUp довольно простое и вот что оно содержит:

✓ Файл: включает опции для создания, открытия и сохранения файлов SketchUp. Это также то, куда нужно обратиться, если вы хотите импортировать или экспортировать файл или сделать распечатку вашего вида модели.

✓ Редактировать: содержит все команды, которые влияют на редактирование вашей модели

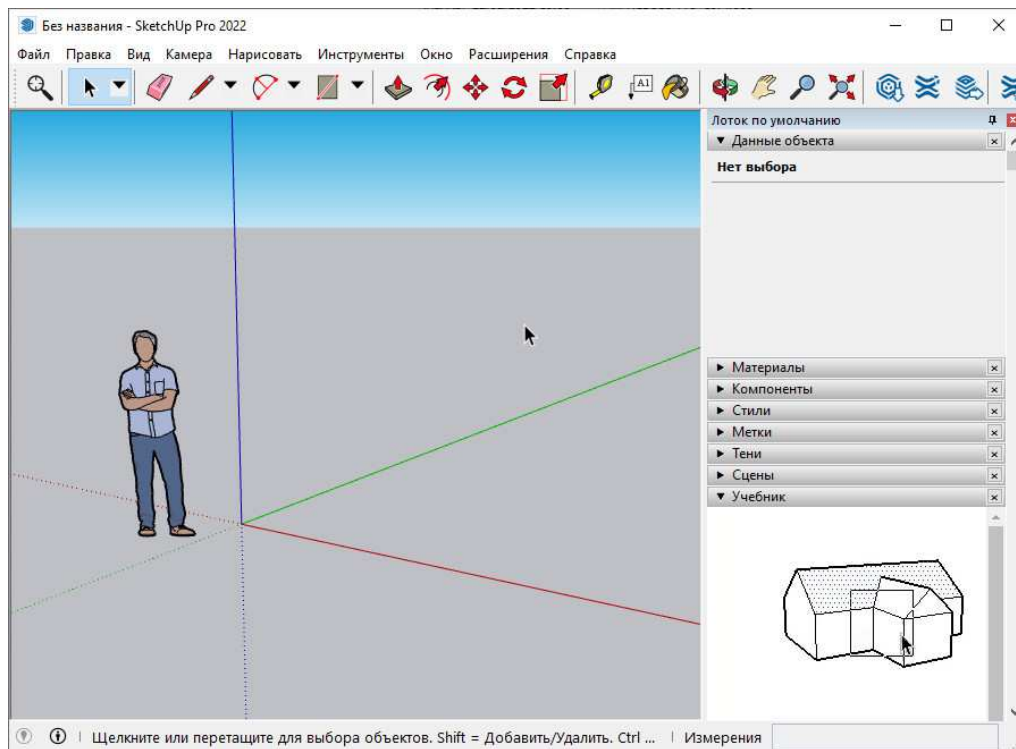


Рис. 2.46. Меню SketchUp

✓ Вид: Включает в себя все элементы управления, которые вы используете, чтобы повлиять на внешний вид самой модели – как выглядят грани и т.д. Просмотр содержит настройки для включения и выключения определенных элементов пользовательского интерфейса SketchUp.

✓ Камера: содержит элементы управления для просмотра вашей модели под разными углами. В SketchUp ваша “камера” - это ваша точка зрения в буквальном смысле.

✓ Рисование: включает инструменты для рисования краев и граней в окне моделирования

✓ Инструменты: Здесь содержится большинство инструментов SketchUp, за исключением, конечно, тех, которые вы используете для рисования.

✓ Окно: Если вы задавались вопросом, где найти диалоговое окно, которое вы хотите использовать, это то место, где нужно искать; все они прямо здесь.

В SketchUp все состоит из одного из двух видов элементов: ребер и граней. Они являются основными строительными блоками каждой модели, которую вы когда-либо создадите. В совокупности ребра и грани в вашей модели называются геометрией.

Инструменты рисования.



Рис. 2.47. Основные инструменты SketchUp

Линии являются в SketchUp базовым элементом, первым и главным «кирпичиком» любой модели, поскольку формируют структурный фундамент геометрии всех остальных построений – кривых, плоских фигур и других объемных объектов. Кнопка «карандаш» включает нам работу с линиями.

Для построения линии или любой другой фигуры, выбираем «карандаш», перемещаем его в сцене на стартовую кнопку, кликаем и тянем линию на необходимую длину, кликаем второй раз – обозначая конечную точку.

Дуга. Инструмент, находящийся ниже карандаша.

Инструмент имеет три геометрические параметра: стартовую точку, конечную точку и дистанцию подъема. Соответственно, используем тот же порядок рисования: выбираем инструмент, нажимаем в стартовой точке, растягиваем на длину хорды и кликаем в конечной точке, перемещаем курсор перпендикулярно хорде на нужную высоту подъема и третьим кликом завершаем построение.

Третий инструмент – «от руки». Инструмент рисования нерегулярных непрерывных линий в форме криволинейных элементов из связанных прямолинейных сегментов. Фактически это рисование «свободным карандашом», точнее – мышкой с постоянно нажатой кнопкой. Здесь работают все те же механизмы рисования, что с другой и линией.

Четвертая – или же 1-я справа кнопка – прямоугольник. Инструмент используется для рисования плоских фигур (или сразу поверхностей) прямоугольной формы. Т.е. сразу создается готовый прямоугольник, а не строится из линий. Для работы с этим инструментом – выбираем его на рабочей панели, кликаем на стартовой точке, растягиваем

и кликаем второй раз на конечной точке построения. Здесь стоит отметить, что стороны прямоугольника можно строить только параллельно и перпендикулярно осям сцены.

Пятая кнопка – окружность. Инструмент рисования правильных окружностей. После выбора инструмента стандартный «карандаш» появляется с символом – маленькой синей заготовкой круга. Начинаем с указания первым кликом точки центра, перемещаем курсор на нужный радиус, кликаем второй раз, обозначая конечную точку построения.

И последняя кнопка – многоугольник. Инструмент создания многоугольных фигур, фактически вписанных в окружность с числом сторон от 3 до 100.

После выбора инструмента стандартный курсор изменяется на «карандаш» с дополнительным символом треугольника – маленькой синей заготовкой. Начинаем построение кликом в намеченной точке центра – перемещаем курсор в сторону на нужный радиус – кликаем второй раз, обозначая конечную точку построения [8].

Здесь мы рассмотрели основные инструменты рисования, и теперь попрактикуемся в их использовании.

В целом, SketchUp больше предназначен для архитектурного моделирования, так как смоделировать здесь какую-либо точную деталь довольно проблематично, учитывая, что программа предназначена больше для визуализации.

Однако, для наглядности и примера можно попробовать начертить в 2D плоскости чертеж зубчатого колеса (рис. 2.48).

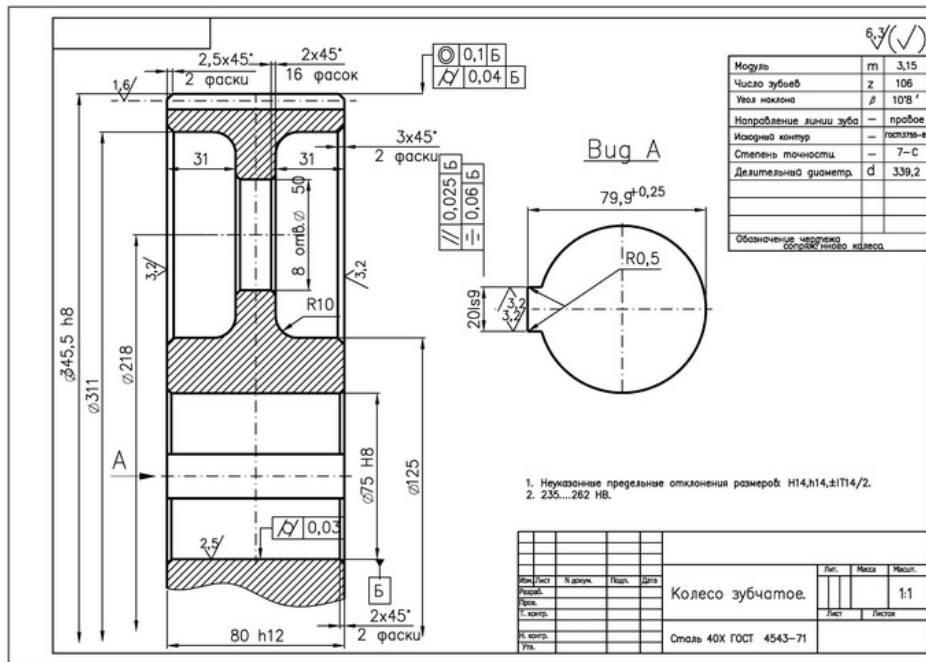


Рис. 2.48. Чертеж зубчатого колеса

Конечно, если рассматривать графические чертежи, то есть программы более удобные и простые, адаптированные под этот спектр задач. Но, имея под рукой SketchUp чертеж можно повторить и в этой программе тоже.

Работать мы будем двумя инструментами – линия и дуга по двум точкам. Начнем с самого верха, построив первую линию, поставив



Рис. 2.49. Построение дуги по 2 точкам

точку и переключив на инструмент «построение дуги по двум точкам». Далее ставим вторую точку в конце изгиба и выбираем высоту изгиба, перемещая мышкой вверх-вниз. Так поступаем по всему периметру детали, чередуя линией и дугу.

В результате у нас получается верхняя часть чертежа. При нажатии на первую точку, после окончания «обводки», фигура замыкается автоматически.

Таким образом, верхняя часть детали зубчатого колеса готова. Продолжаем построение дальше, постепенно спускаясь вниз. При наведении

на новую точку построения, она может загореться зеленым, что будет означать продолжение построения общей детали.

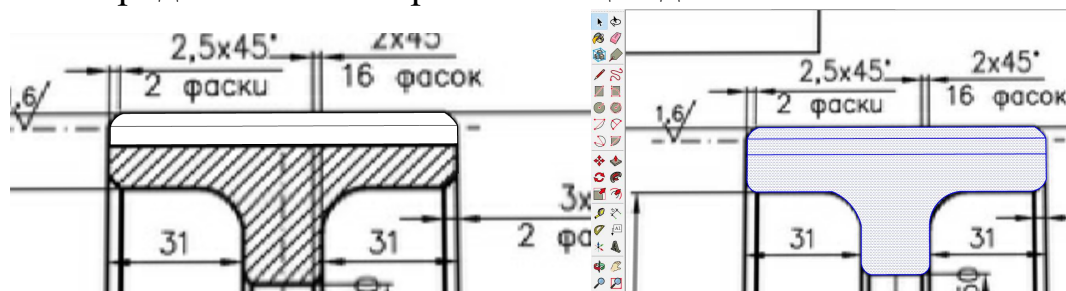


Рис. 2.50. Верхняя часть чертежа

Закончив построение, получаем замкнутую плоскость. Если верхняя и нижняя часть одинакового размера, то можно скопировать и переместить ее вниз. Щелкнув трижды по фигуре копируем объект и перемещаем его вниз. Выбрав значок вращения, появится транспортир, что позволит поворачивать деталь на 360 градусов. Выравниваем обе детали относительно друг друга и создаем вертикальные линии, отмеченные на чертеже.

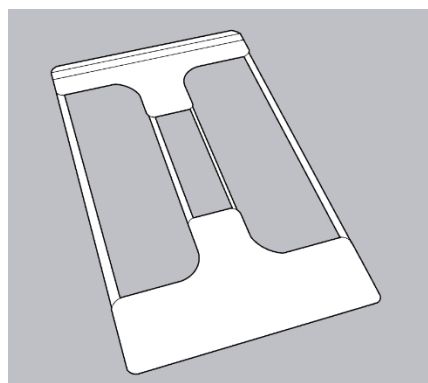


Рис. 2.51. 2D-модель

Рассмотрев достоинства и недостатки SketchUp, остановимся на том, что в нашем случае, мы можем применять эту программу под черчение помещений, квартир, комнат и т.д.

Выбираем чертеж помещения с четырьмя стенами, где на чертеже видим одно окно и одну дверь. Из размеров мы имеем только длину – 8500 и ширину – 3500. Для этого выбираем инструмент «рулетка» и от двух осей откладываем линии 3.50 метра и 8.50 метра соответственно. Они отражаются у нас на чертеже пунктирными линиями (рис.2.51).

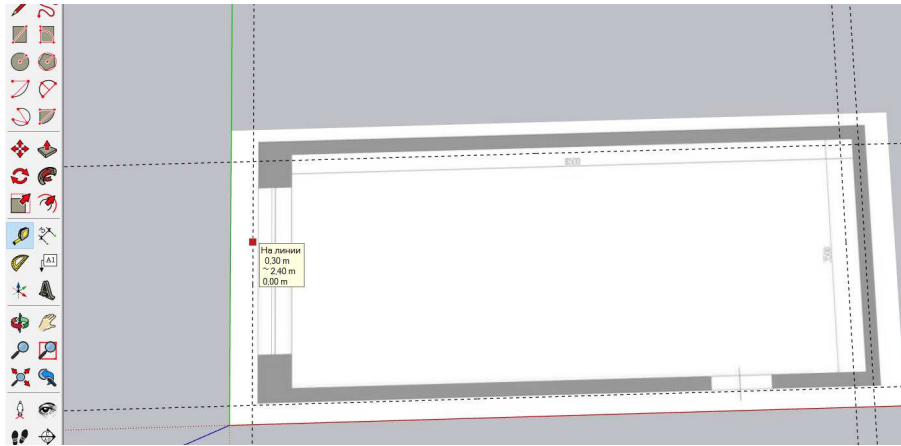


Рис. 2.52. Чертеж помещения

Толщина стен не указана, поэтому мы отложим 20 сантиметров у трех стен и 40 см у левой стены. Линия также откладывается рулеткой и с клавиатуры вносится число «0.20» и ставится точка на чертеже. От другой стены откладываем рулетку и вписываем «0.40», ставя точку. Наметки будущих стен готовы, теперь можно выбирать карандаш и начинать построение.

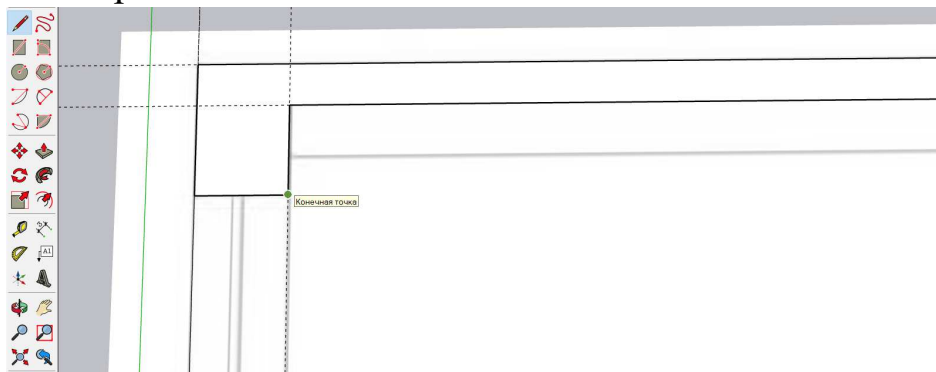


Рис. 2.53. Замыкание точки

Берем карандаш и обводим первую часть стены – от окна и до двери. Она замыкается автоматически, как только мы оказываемся в конечной точке.

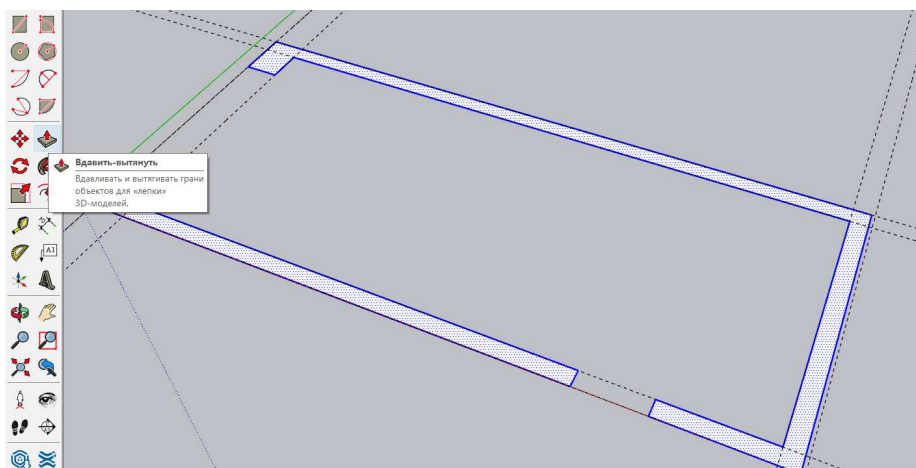


Рис. 2.54. 2D плоскость стен

Повторив тоже самое со второй частью чертежа, получаем две детали комнаты. На чертеже не указана высота стен, поэтому возьмем ее за 2.5 метра. Здесь нас будет интересовать инструмент «вдвинуть-вытянуть». Нажимаем на первую часть детали и вводим с клавиатуры «2.50». Двойным кликом нажимаем на вторую деталь и на нее переносится этот же размер.

Теперь у нас есть готовые стены.

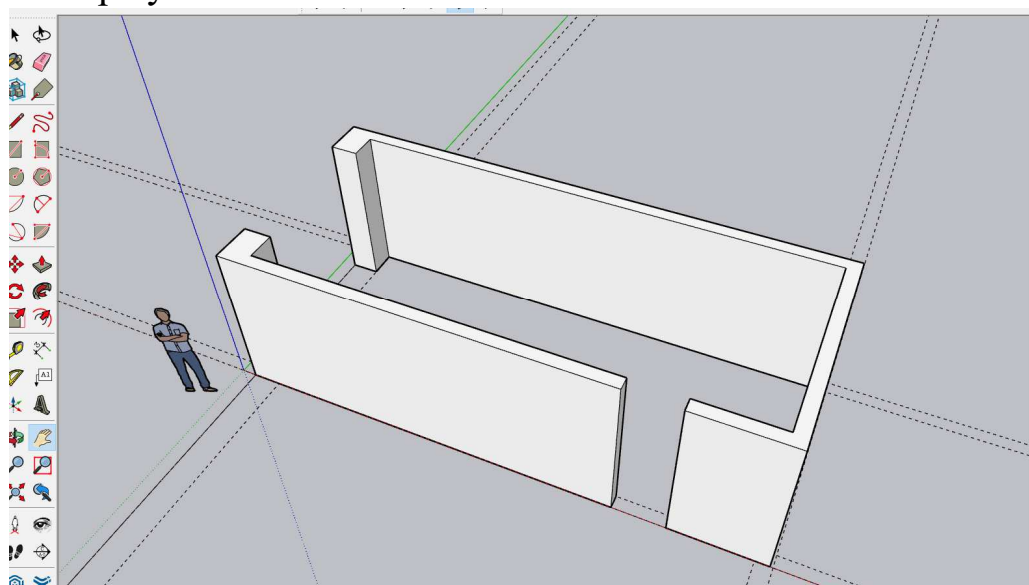


Рис. 2.55. 3D-стены

Для построения проёма двери необходимо соединить верхние точки, чтобы над дверью образовалась плоскость. Размер дверей выберем 2000x800, учитывая, что высота наших потолков 2.5 метра, а дверь будет 2 метра ровно, до инструментом «вдвинуть-вытянуть» опускаем плоскость вниз на 0.5 метра.

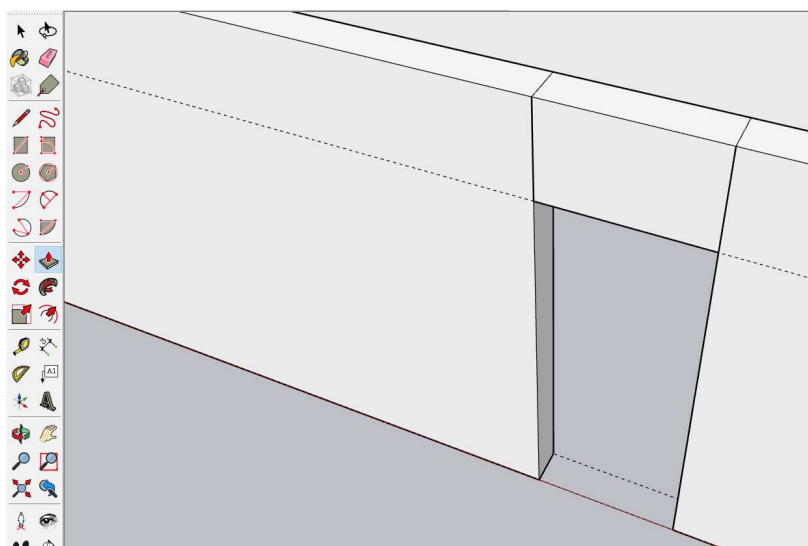


Рис. 2.56. Дверной проём

Таким же образом поступаем с окнами. В версии PRO доступна библиотека моделей, но можно и импортировать модель с других программ. Находим интересующую нас модель окон и «примеряем» их по высоте и ширине. Если результат нас не устраивает, меняем значения окон под необходимый размер.

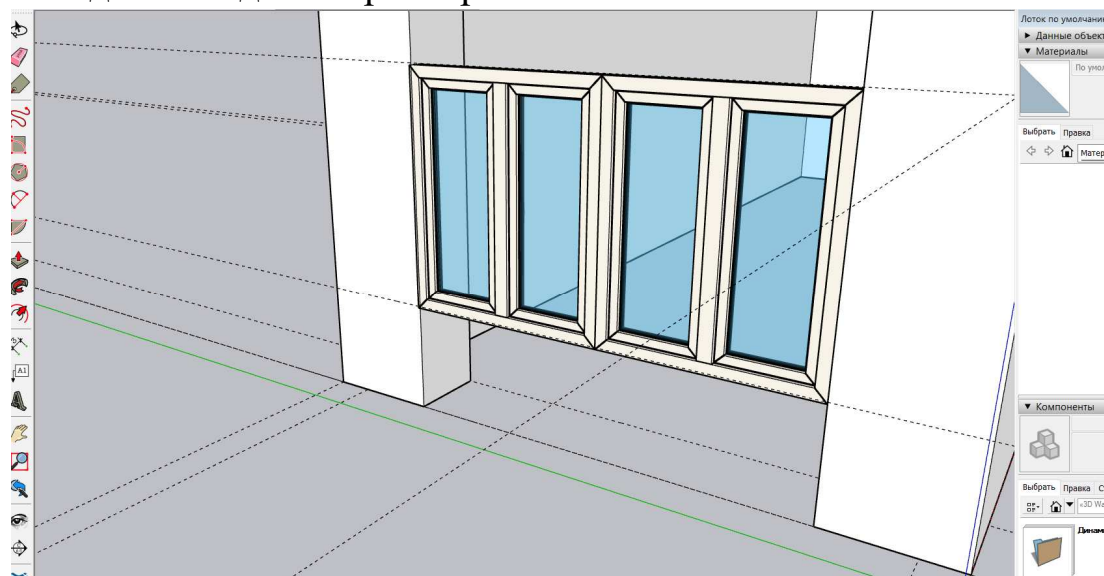


Рис. 2.57. Оконный проём

Достраиваем сверху и снизу плоскости, необходимые для того, чтобы окно «вошло» в оконную раму. Проверяем отсутствие зазоров, чтобы окно соответствовало размерам оконной рамы. Т.к. наши окна уже, чем толщина стены, то внутри у нас получился подоконник.

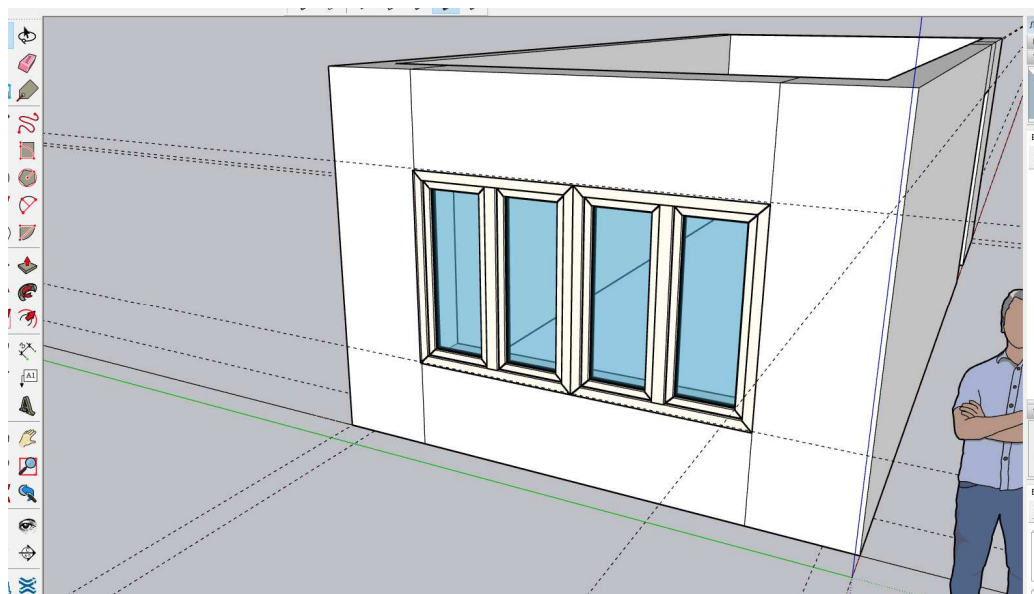


Рис. 2.58. Окна

По такому же принципу помещаем модель двери в дверной проем, учитывая размеры и толщину дверного проема. Модель двери может быть любой, если это не было указано или отмечено на чертеже.

Опять же, наша модель взята из библиотеки моделей и немного подправлена под размеры нашего помещения.

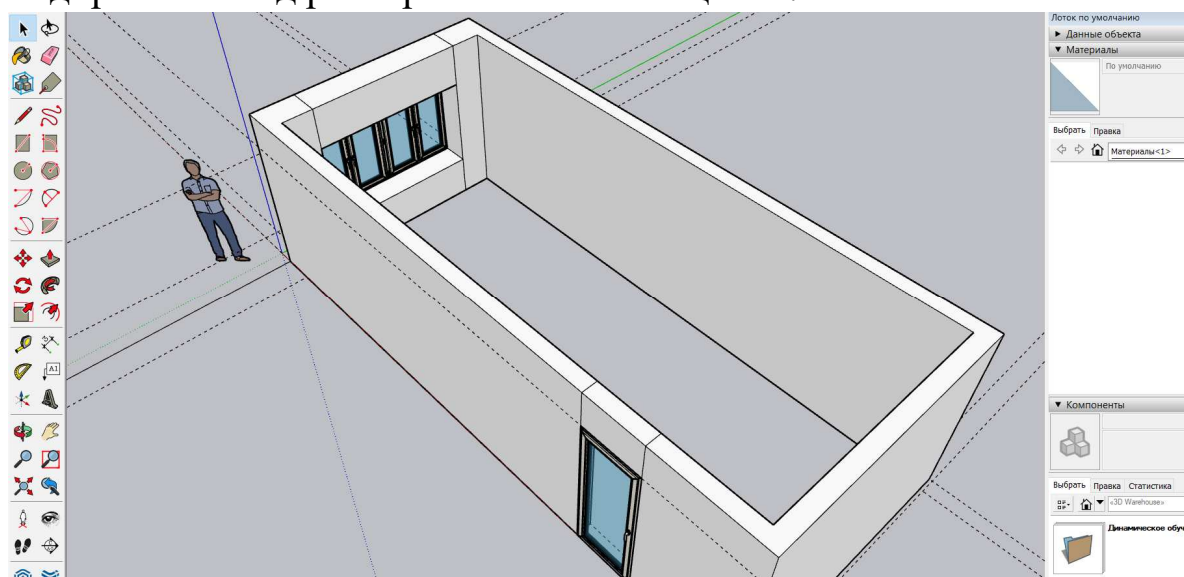


Рис. 2.59. Вид сверху на комнату

Добавляем в комнату модели дивана, ковра и картины. Можно изменить цвет стен, пола и других моделей, если это необходимо.

На примере создания такой комнаты, можно сделать вывод, что SketchUp возможно использовать для 3D-моделирования, если необходимо создать план-чертеж или визуализацию помещения. Говорить о создании технических деталей в данной программе, довольно сложно и затруднительно, учитывая, что существуют более простые и адаптированные аналоги для технического моделирования.

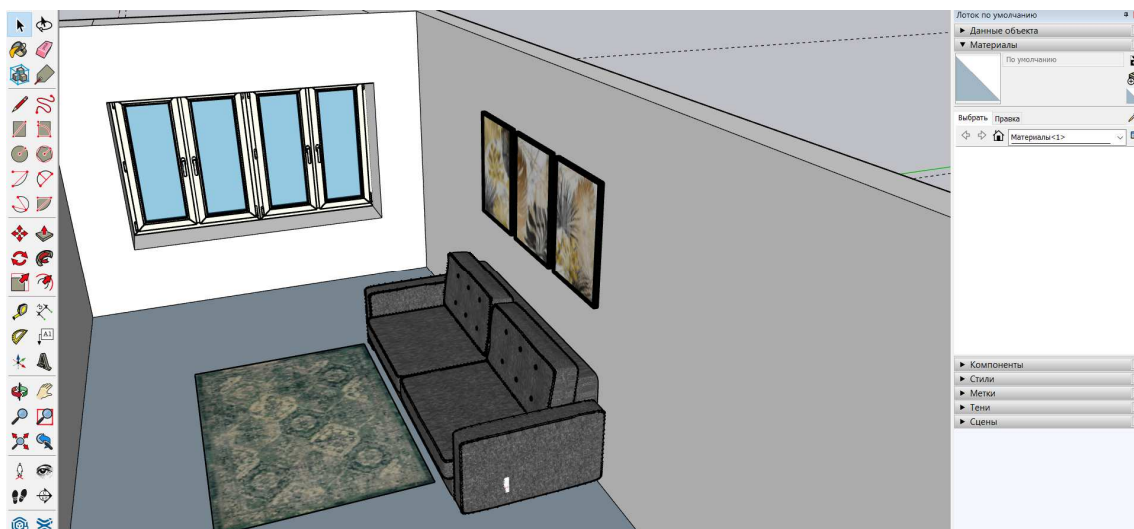


Рис. 2.60. Визуализация комнаты

Плюсы и минусы программы SketchUp:

Плюсы:

1. Простота использования и обучения. SketchUp предназначен как для начинающих, так и для профессионалов, с простым в освоении интерфейсом, который позволяет пользователям быстро создавать 3D-модели.
2. Универсальное программное обеспечение, которое можно использовать для самых разных проектов, от создания простых 3D-моделей до сложных архитектурных проектов.
3. Включает в себя большую библиотеку объектов, текстур, материалов и компонентов, которые можно легко добавить в любой проект.
4. Совместим со многими популярными форматами файлов, такими как STL, DXF, OBJ, KMZ и т. д., что позволяет пользователям легко делиться своей работой с другими или экспортировать ее для 3D-печати или обработки с ЧПУ.

5. Предлагает мощные возможности рендеринга благодаря интеграции с плагином V-Ray, который позволяет пользователям создавать фотореалистичные изображения своих проектов в кратчайшие сроки.

6. Обширное интернет-сообщество, где пользователи могут получить помощь от других экспертов SketchUp или поделиться своими советами и рекомендациями по максимально эффективному использованию программного обеспечения.

Минусы:

1. Ограниченная поддержка анимации, что затрудняет создание динамических сцен или симуляций в самой программе.

2. Бесплатная версия имеет ограниченные возможности по сравнению с версией Pro, которые могут не подходить для более сложных проектов, требующих расширенных инструментов и возможностей.

3. SketchUp не имеет встроенной поддержки NURBS-поверхностей, что ограничивает его возможности в точном создании органических форм или изогнутых поверхностей без использования таких плагинов, как Rhino3D+.

2.4. 3ds-Max

3ds Max – это мощный программный пакет для 3D-моделирования, анимации и рендеринга, используемый в основном разработчиками игр, художниками по визуальным эффектам и графическими дизайнерами. Он предлагает широкий спектр инструментов, которые помогут вам создавать высококачественные 3D-модели и анимацию. Благодаря интуитивно понятному пользовательскому интерфейсу и обширному набору функций 3ds Max позволяет легко воплощать в жизнь ваши творческие идеи. От моделирования до текстурирования, освещения и анимации – вы можете создавать потрясающие визуальные эффекты с помощью 3ds Max.

Интерфейс 3ds Max состоит из нескольких важных блоков:

- основное меню;
- панель инструментов;
- проекционные окна;
- командная панель;
- шкала времени (Time Slider или Track bar);
- панель ввода команд встроенного языка программы MaxScript;

- панель координат объектов;
- панель управления анимированными объектами;
- навигационная панель (с её помощью осуществляется управление сценами во всех окнах проекции, представленное функциями приближения, вращения и отдаления объектов).

Начинать настройки 3ds Max лучше с функции Customize, которая находится на верхней панели. В выпадающем окне следует выбрать значение «Preferences», а затем проверить настройки параметров. Самое главное – выставить оптимальное количество отменяемых действий. Программа по умолчанию устанавливает данный параметр на уровне 20 возможных шагов назад. На практике пользователям часто требуется больше, поэтому желательно увеличить данный показатель, перейдя в пункт General → Levels, установив там число 100 и нажав «ОК».

В настройках программы также можно уменьшить размеры инструментов на верхней панели. Для этого поставьте или уберите галочку напротив пункта Use Large Toolbar Buttons. Такой вариант настройки необходим тем, у кого монитор компьютера имеет небольшой размер, и на нём не помещается вся необходимая информация.

Во вкладке Files необходимо выставить настройки, которые помогают сохранять сцену в определённую папку, где её всегда можно найти и открыть вновь. Функция автосохранения находится во вкладке «Auto Backup», в которой пользователь должен выбрать Number of Autoback files и поставить там значение «10». Именно столько автоматических сохранений будет достаточно для начинающего пользователя 3ds Max.

Ещё один важный параметр в этой вкладке – Backup Interval (minutes). Он представляет собой временной интервал автосохранений. Оптимальный вариант здесь – каждые 15 минут. Меньшее значение выбирать не нужно, поскольку тяжёлые сцены в таком случае будут сохраняться дольше и пользователь просто не сможет выйти из режима автосохранения.

Во вкладке General необходимо посмотреть на пункт «Use Real World Texture Coordinates». Если напротив него стоит галочка – её следует снять. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем не возникло проблем с наложением текстур.

Чтобы зафиксировать все настройки, пользователю необходимо нажать кнопку «ОК» внизу окна. Теперь, когда все изменения успешно сохранены, можно переходить к работе.

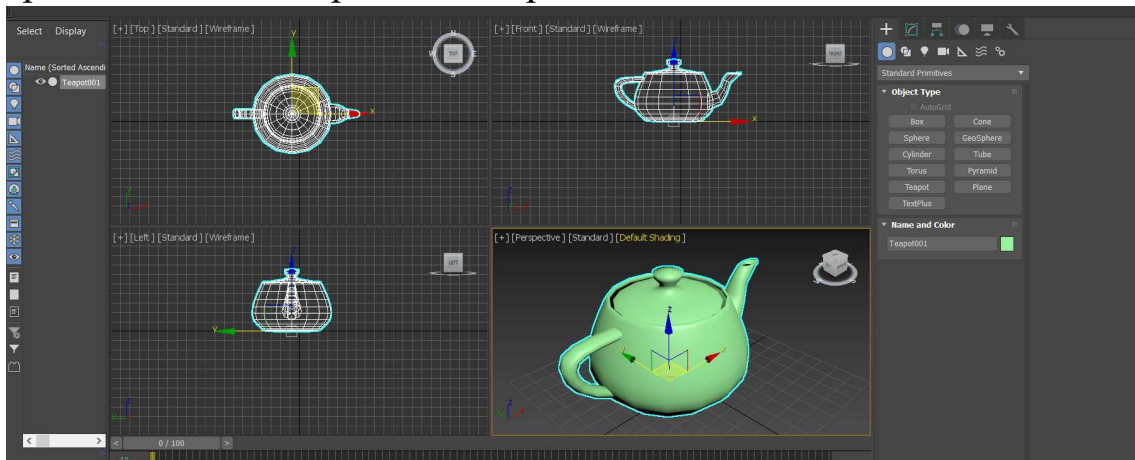


Рис. 2.61. Окна проекции

В программе 3ds Max есть 4 окна проекции, каждое из которых имеет своё название:

- Top (вид сверху);
- Front (фронтальный вид);
- Left (вид слева);
- Perspective (перспектива).

Выбрать нужный вид проекции пользователь может в контекстном меню, расположенном в левом верхнем углу. Переходить с одной проекции на другую можно, выбирая с помощью левой клавиши мышки необходимый вариант. Активное окно проекции имеет подсветку в виде рамки жёлтого цвета.

Каждое из окон проекции имеет горячие клавиши, которые предоставляют пользователям уникальную возможность – работать в десятки раз быстрее. Они обозначены напротив каждого пункта выбора проекции и соответствуют первым буквам названий окон проекции (L – Left; F – Front; T – Top; P – Perspective).

С правой стороны от окон проекции в программе 3ds Max находится командная панель. Именно её используют для создания объектов необходимой формы, а также изменения их параметров. В самой верхней части этой командной панели находится 6 вкладок:

- Create.
- Modify.
- Hierarchy.

- Motion.
- Display.
- Utilities.

Каждая из них имеет дополнительные вкладки, а также свитки с настройками. Создание любых объектов в сцене осуществляется посредством вкладки Create. Здесь можно смоделировать:

- геометрические фигуры (квадрат, куб, цилиндр, сфера, чайники, торсы, конус, пирамида и другие);
- стандартные примитивы;
- источники света для подсветки комнаты;
- камеры, при помощи которых можно зафиксировать кадр, чтобы в дальнейшем сделать финальный рендер;
- дополнительные функции.

Чтобы создавать тот или иной объект, нужно выбрать его левой кнопкой мышки, а затем переместить курсор в окно проекции Perspective. Наименование объекта, выбранного в контекстном меню, будет в этот момент подсвечиваться синим цветом. После перемещения в окно проекции пользователь должен, не отпуская левую кнопку мышки, растянуть выбранный геометрический объект, поднять его на высоту, отпустить левую клавишу мышки и вновь кликнуть ей, тем самым зафиксировав полученный результат. Таким образом можно создать в окне проекции множество объектов разного размера и формы. После создания пользователь сразу же может увидеть объект с разных сторон (слева, фронтальный вид, сверху и в перспективе). Окно проекции Perspective отображает любой объект в виде трёхмерного изображения. Чтобы создать и зафиксировать новый объект, пользователь должен сделать 2-3 нажатия левой кнопкой компьютерной мышки.

Объекты в программе 3ds Max можно менять по своему усмотрению. Чтобы удобнее было работать с отдельными объектами или с общей сценой, пользователь может нажать горячую комбинацию клавиш Alt+W и развернуть активное окно на весь монитор. Из него можно легко переместиться в любое другое окно проекции, нажав на клавиатуре соответствующую ему горячую клавишу (L, F, T или P). Горячая комбинация клавиш Alt+W также используется для возврата к 4-м окнам проекции. Такой метод позволяет эффективно взаимодействовать с каждым из окон проекции, выполняя свои проекты качественно и в сжатые сроки.

Ещё один важный момент, который должен знать каждый новичок при работе в сцене программы 3ds Max, связан с функцией вращения и перемещения объектов. Чтобы вращаться и перемещаться в активной сцене, необходимо использовать скроллер мышки. Направив курсор на активное окно проекции, и зажав левую клавишу мышки, пользователь сможет передвигать все объекты с одного места на другое. Благодаря этой функции можно увеличивать в окне проекции полезную площадь для построения новых геометрических объектов. Также скроллер мышки позволяет приближать и отдалять созданные объекты. Функция работает в каждом из 4-х окон проекции.

В окне проекции Perspective есть возможность вращения объектов, что позволяет посмотреть на них с другой стороны. Чтобы воспользоваться ею, нужно зажать левую клавишу мышки, а саму мышку передвигать в правую или левую сторону, одновременно нажимая горячую клавишу Alt. Данная возможность необходима для лучшего моделирования пространства в окне проекции.

Функция вращения доступна только в окне проекции Perspective. Если применить её в других окнах – это приведёт к появлению ортогонального окна, с которым нельзя взаимодействовать. Если пользователь столкнулся с появлением ортогонального окна, то он должен вернуть первоначальный вид. Например, если ортогональное окно появилось во фронтальном окне проекции – нужно всего лишь нажать горячую клавишу F и активность объекта будет восстановлена.

Чтобы перемещать или вращать отдельные объекты, пользователю необходимо обратиться к верхней панели инструментов. Здесь есть инструмент под названием «Select and Move». Кликнув по нему, пользователь сможет передвигать нужный объект в одну или другую сторону с помощью мышки. Здесь важно обратить внимание на то, сколько осей геометрического объекта зажато левой клавишей мышки. Если одна – то именно по ней объект и будет передвигаться, а движение по другим осям будет невозможным.

Если пользователю необходимо перемещать по той или иной оси сразу несколько объектов, то стоит воспользоваться горячей клавишей CTRL. Нажмите её, чтобы выделить 2, 3 или более объектов. Чтобы исключить один из объектов данной группы, вновь отделив его от других, зажмите левую клавишу мышки на данном объекте, а затем кликните по горячей клавише ALT. Перемещение нескольких объектов

сразу возможно не только в окне проекции Perspective, но также и в других окнах (Left, Front, Top).

Функция Select Entertainment – ещё один важный инструмент, позволяющий вращать объекты вокруг своей оси. Вращение геометрических объектов в разные стороны происходит по той оси, которую выберет пользователь.

Инструмент «Масштабирование», расположенный на панели инструментов, обеспечивает увеличение размеров выбранных объектов прямо пропорционально друг другу.

Размеры объектов, смоделированных в программе 3ds Max, находятся в функции «Select and Move», которая также имеет собственные горячие клавиши в верхней панели инструментов:

Q – выделение (в основном используется для быстрого удаления ненужных объектов).

W – горячая клавиша для перемещения объекта.

E – вращение объекта.

R – масштабирование объекта.

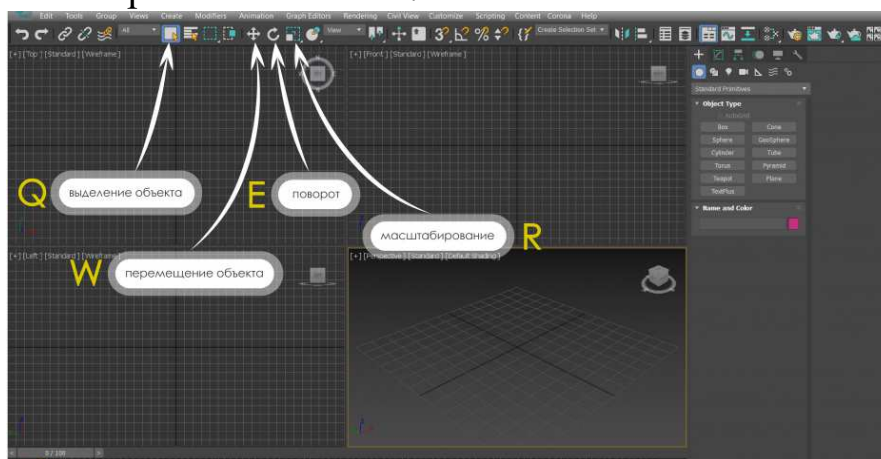
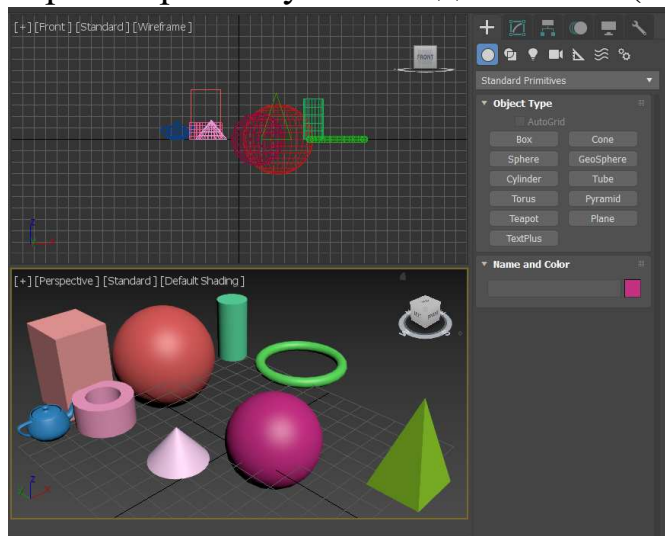


Рис. 2.62. Инструменты для трансформации объектов

Чтобы узнать размеры и наименование конкретного объекта, нужно выделить его с помощью горячей клавиши Q, а затем перейти в функцию Modify. Здесь отображается наименование выбранного объекта, которое можно поменять по своему усмотрению. Также во вкладке Modify находятся искомые параметры объекта (длина, ширина, высота), а также сегменты.

Если пользователь работает над созданием сразу нескольких дизайнерских объектов, то ему стоит знать о функции создания новых

файлов. Самая первая вкладка на верхней панели инструментов называется File. После нажатия на неё появляется выпадающее окно, в котором первым пунктом идёт «New» (создание нового файла).



В этой же вкладке есть пункт «Reset», позволяющий обнулить все рабочие окна и вернуться в исходное положение, а также кнопки «Сохранить», «Импорт», «Экспорт», «Отправить», «Выйти из программы» [9].

На рисунке 2.63 отражены все основные объекты из раздела «Standart Primitives»

Рис. 2.63. Стандартные примитивы

Плюсы и минусы использования программы 3ds max в моделировании:

Плюсы:

1. 3ds Max – это мощное и универсальное программное обеспечение для 3D-моделирования, которое можно использовать для создания потрясающих визуальных эффектов, анимации и другого цифрового контента.

2. Программа имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс, который упрощает изучение и использование как новичками, так и опытными профессионалами.

3. 3ds max имеет обширную библиотеку инструментов для создания сложных форм и текстур, что делает его идеальным для архитектурной визуализации, дизайна продуктов, разработки игр, производства анимации и многого другого.

4. Он поддерживает как полигональное моделирование, так и поверхности на основе NURBS для создания более органических форм.

5. Программное обеспечение совместимо с большинством стандартных форматов файлов, включая Autodesk FBX и Alembic, что упрощает импорт/экспорт файлов между различными программами или платформами, такими как игровые движки или механизмы рендеринга, такие как V-Ray или Arnold renderer и т. д..

Минусы:

1. 3ds Max – сложная программа, поэтому путь обучения может быть довольно крутым, особенно если вы новичок в программном обеспечении для 3D-моделирования/анимации в целом; вам может потребоваться некоторое время, прежде чем вы сможете полностью использовать функции и возможности этой программы;

2. Несмотря на то, что в Интернете доступно множество руководств, они не всегда могут предоставить достаточно информации о том, как работают определенные функции; иногда вам придется экспериментировать самостоятельно, чтобы понять, как что-то работает;

3. Стоимость покупки полной версии этой программы может быть довольно высокой по сравнению с другими альтернативами, такими как Blender или Maya, поэтому, если бюджет является проблемой, это может быть не лучшим вариантом для вас;

Но при этом, данное ПО остается одним из самых популярных и часто используемых в трехмерном моделировании объектов.

Полигональное моделирование

Перед тем как начать моделирование такого сложного 3D-объекта нужно понимать основные принципы полигонального моделирования и знать назначение и функциональные возможности инструментов.

Полигон – плоскость, состоящая из нескольких точек в пространстве, соединённых рёбрами.

Полигональное моделирование – это один из видов трёхмерного моделирования, позволяющий моделировать любой объект за счёт соединения полигонов создавать из них группы и формировать нужный облик модели.

Например так:

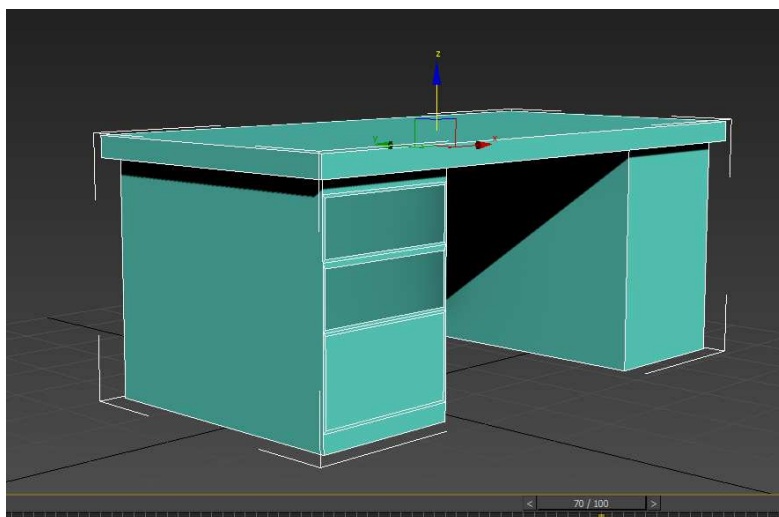


Рис. 2.64. Пример стола

Давайте создадим примитив box, конвертируем его в Editable Poly (редактируемые полигоны) и на этом примере детально рассмотрим, что такое полигон и из чего он состоит.

Чтобы конвертировать объект в редактируемые полигоны, нажмите правой кнопкой

мыши в активном окне проекции и в контекстном меню выберите Convert To – Convert to Editable Poly.

Итак, вы создали примитив box и перевели его в Editable Poly. Далее рассмотрим, из каких подобъектов состоит Editable Poly. Нажмите стрелку на командной панели во вкладке Modify перед названием Editable Poly, чтобы перейти на уровень подобъектов. Их мы и будем сейчас разбирать.

Vertex (вершины). Чтобы работать с этим уровнем подобъектов, нажмите клавишу 1 на клавиатуре. Вершина – это одномерный объект (точка) в пространстве. Если соединить, например, две вершины, получится ребро.

Edge (рёбра). Нажмите на клавишу 2 на клавиатуре, чтобы работать с этим уровнем подобъектов. Ребро – это двумерный объект, который определяется двумя вершинами и представляет собой линию. Три ребра и более образуют многоугольник.

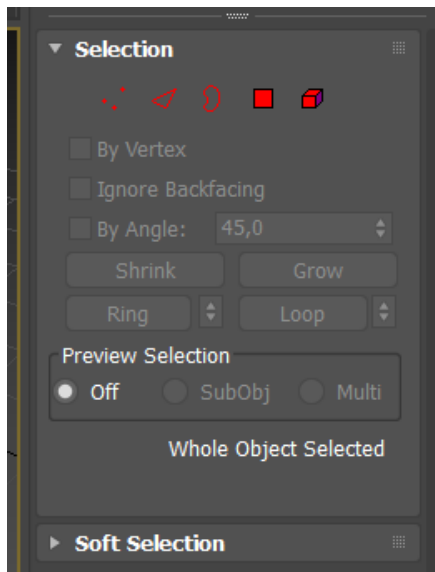


Рис. 2.65. Панель Selection

из трёх и более рёбер.

Element (элемент). Element вызывается по клавише 5 на клавиатуре. Этот подобъект необходим в случае, когда нужно выделить целиком весь объект.

В свитке Selection иконками представлены все подобъекты Editable Poly. Когда вы выбираете один из подобъектов, там активируется нужная иконка, и наоборот: когда вы нажимаете на какую-либо из иконок, у вас будет выделяться один из подобъектов в списке.

Все эти подобъекты нужны при создании полигональной сетки 3D-объекта. Чтобы выполнять с ними какие-либо действия, нужно использовать базовые инструменты для работы с подобъектами, которые находятся на командной панели во вкладке Modify ниже окна объекта Editable Poly.

Всё полигональное моделирование основано на взаимодействии с рассмотренными подобъектами – вершинами, рёбрами, полигонами и так далее. Посредством Editable Poly создаются большинство моделей и сцен, которые можно применить где угодно – от анимационной презентации архитектурной застройки до локаций для игр.

Теперь сделаем композицию-комнату из полигонального моделирования.

Создаем бокс с параметрами 800x1200x100 и конвертируем в Editable Pole.

Border (граница). Нажмите на клавишу 3 на клавиатуре, чтобы работать с этим уровнем подобъектов. В том виде, в котором сейчас представлен наш объект, Border выделить не получится. Border – это граница, где что-то должно заканчиваться, а у нас объект замкнутый.

Перейдите на подобъект, выделите любой видимый полигон и удалите его по нажатию на Del на клавиатуре. Теперь края удалённого полигона и будут тем самым бордером.

Polygon (полигон). Polygon вызывается по клавише 4 на клавиатуре. Состоит

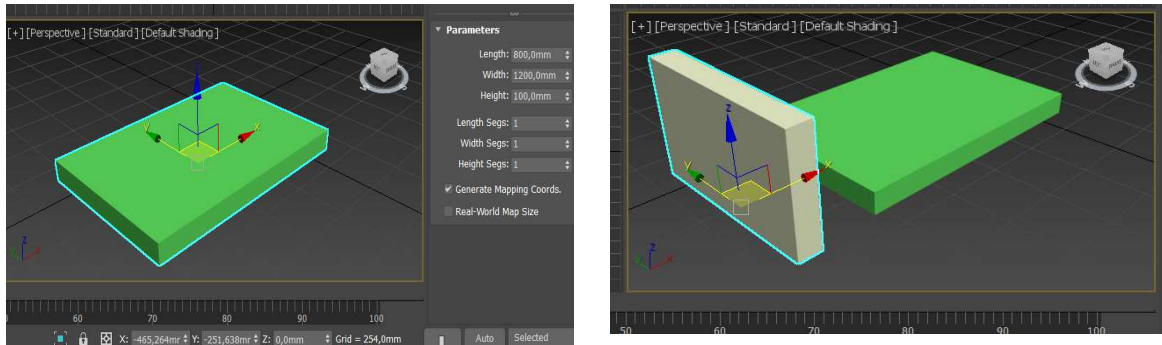


Рис. 2.66. Создание нижнего блока и боковины

Рядом с ним добавляем прямоугольник с параметрами 800x100x500. Это будут подлокотники или боковые стенки дивана. Их нам нужно две штуки, соответственно дублируем созданную деталь. Можно удерживать shift и переместить по горизонтали или через зеркало+сору.

Добавляем заднюю стенку – 100x1200x500.

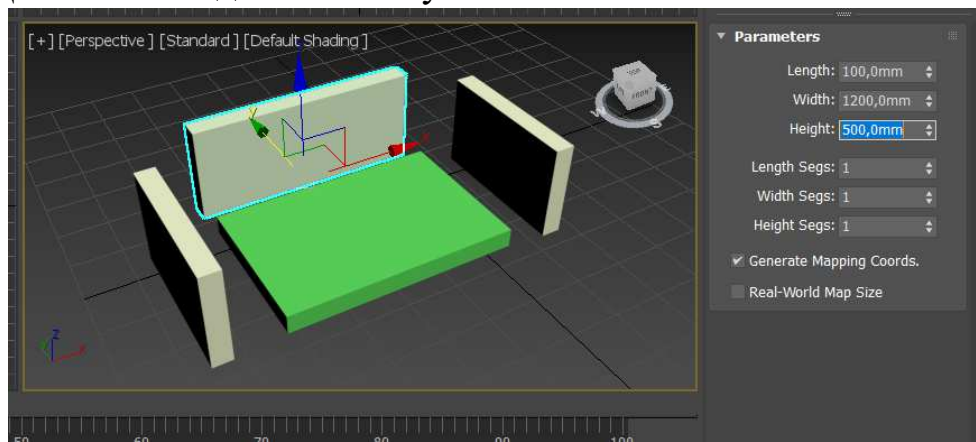


Рис. 2.67. Все детали дивана

У нас получились отдельно находящиеся детали дивана, с которыми мы теперь будем работать. Для начала создадим швы на боковых стенках с помощью инструмента «connect», а затем углубим их при помощи «extrude». Значения указаны на рис.

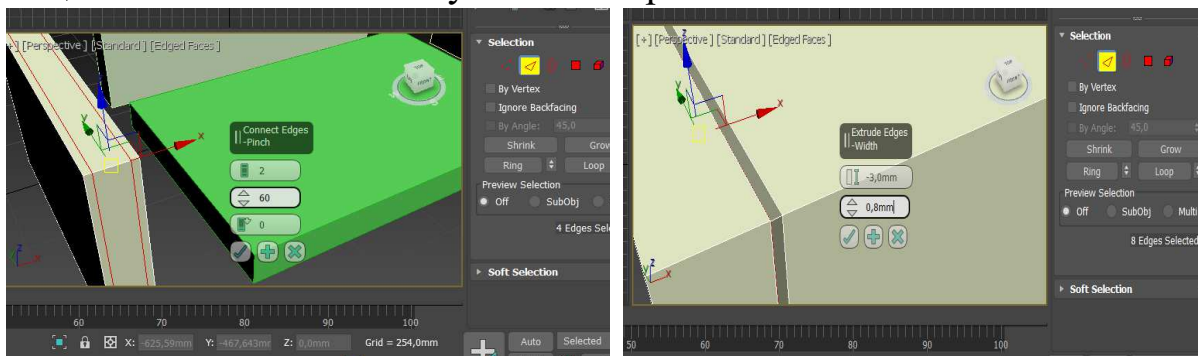


Рис. 2.68. Создание швов Connect

Скругляем края и острые линии, применяя инструмент «chamfer». Таким образом у нас скругляются края и швы. Поверх подключаем инструмент «smooth».

По такому же алгоритму добавляем швы и скругляем спинку дивана.

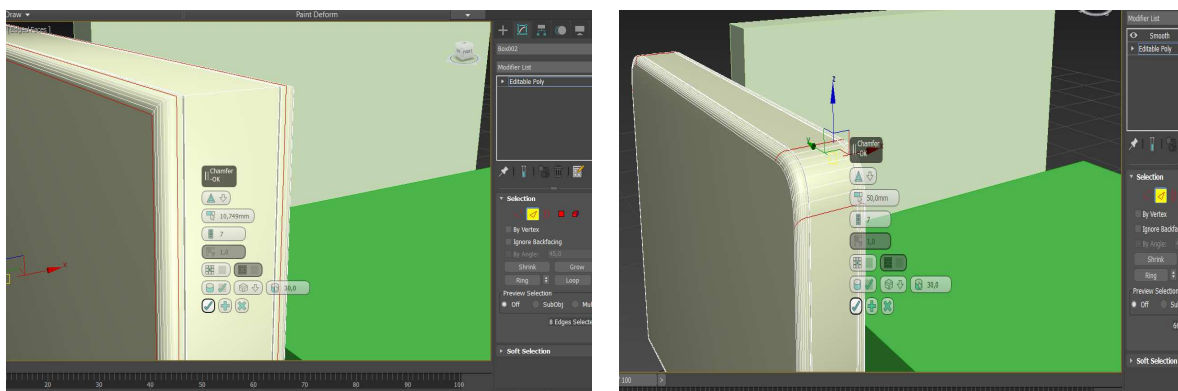


Рис. 2.69. Сглаживание швов

Собираем все детали вместе, выравнивая их по всем трем осям. У нас получился диван без подушек, которые мы создадим далее. Помните, что у нас длина основания составляет 1200, соответственно подушки будут каждая по 600 мм длиной.

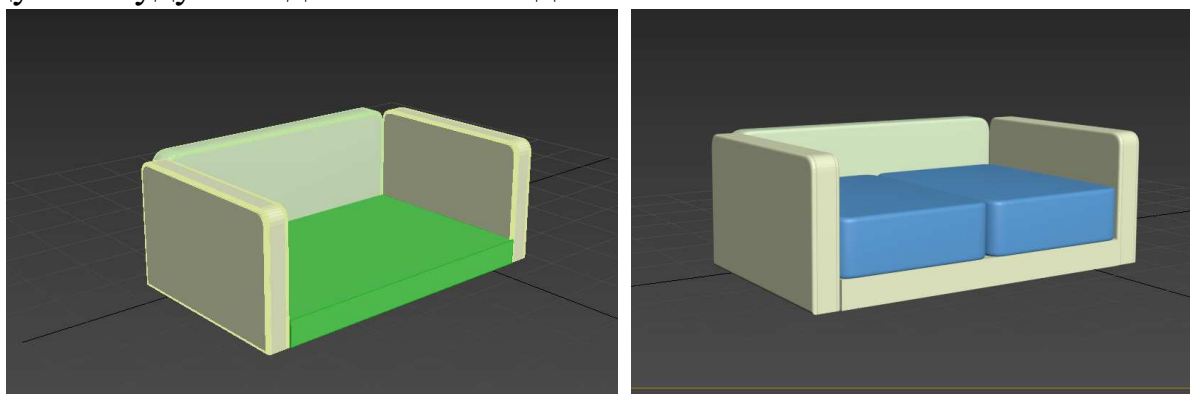


Рис. 2.70. Добавление подушек

Скругляем края и углы у подушек, с помощью инструмента «chamfer». Дублируем вторую подушку и выравниваем их по трем осям.

Цвет сейчас можно менять по желанию, для удобства при работе. В поле слева видим 7 объектов, из которых состоит наш диван. Можно объединить основание, спинку и боковинки через инструмент attach.

По такому же принципу создаем кресло, ровно в половину короче дивана.

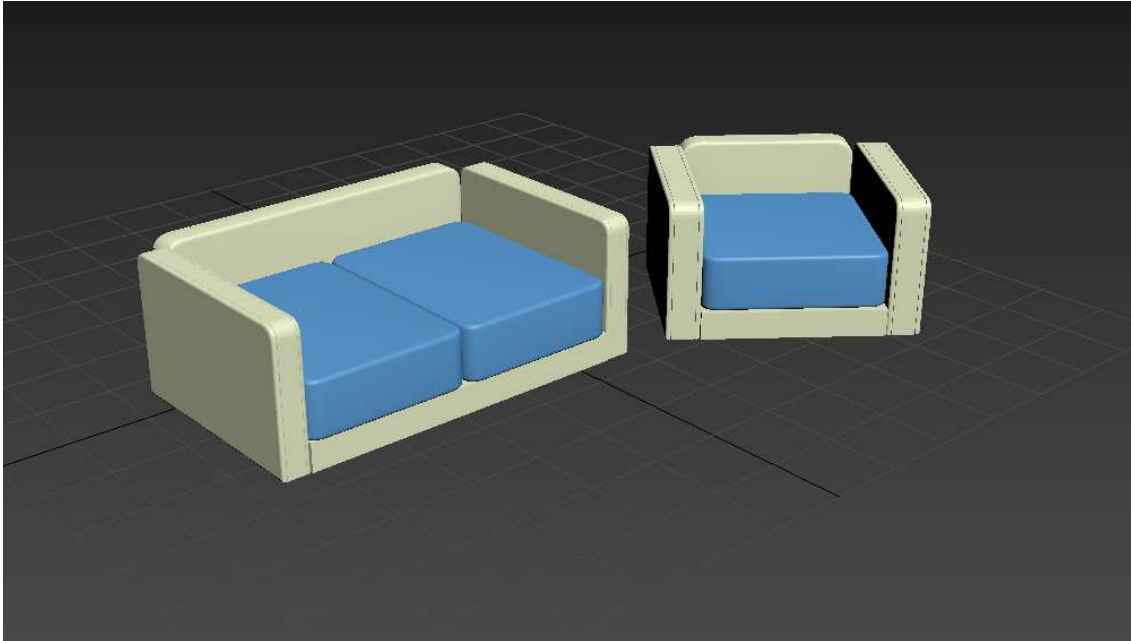


Рис. 2.71. Создание кресла по аналогичному принципу

Сейчас у нас есть диван и кресло, добавим журнальный столик, собрав его из цилиндра. Выбираем на вкладке cylinder, строим небольшой цилиндр, выделяем верхние грани и сужаем из с помощью инструмента «изменение размера». Удаляем верхний полигон, чтобы из него «вытянуть» ножку столика.

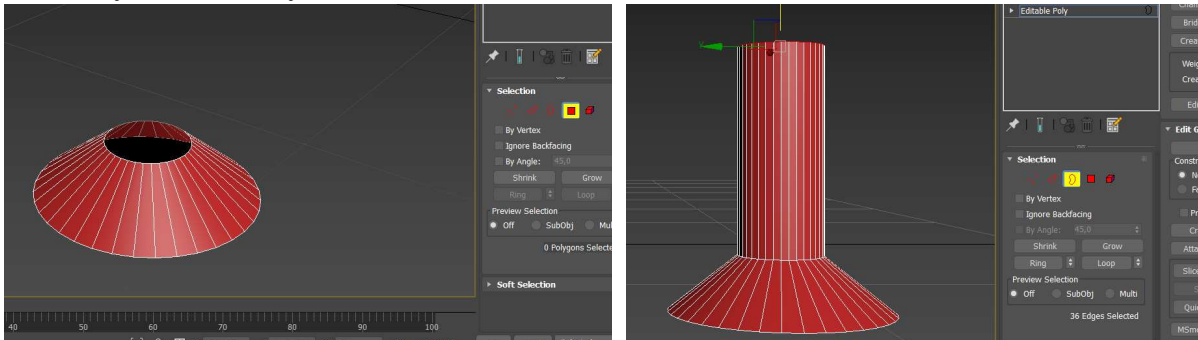


Рис. 2.72. «Вытягивание» ножки стола

После того, как мы вручную вытянули ножку из нижнего цилиндра, мы продолжаем работать все с этой же фигурой. Необходимо еще раз зажать shift и потянуть вверх по оси z. Таким образом у нас получится «отделенная» часть, меняя размер которой, мы не затронем все остальную деталь. Выбрав инструмент «изменение размера» растягиваем верхнюю плоскость, для создания нижней части столика.

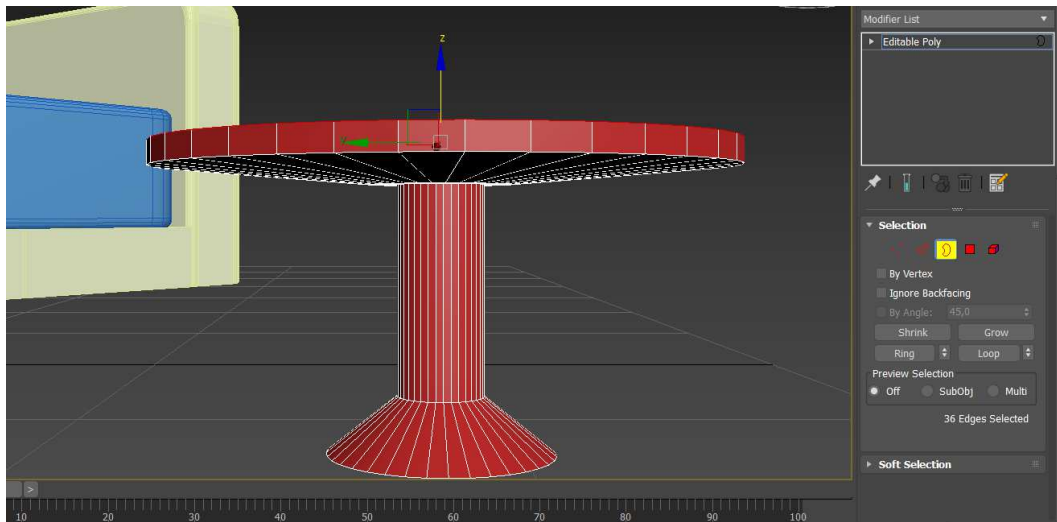


Рис. 2.73. Создание верхней плоскости стола

После растяжения на подходящий диаметр, меняем инструмент «перемещение», зажимаем shift и вытягиваем новые полигоны уже вверх по оси z. Здесь можно поиграть формой и сделать стол каким угодно, но мы сделаем упрощенный вариант классики.

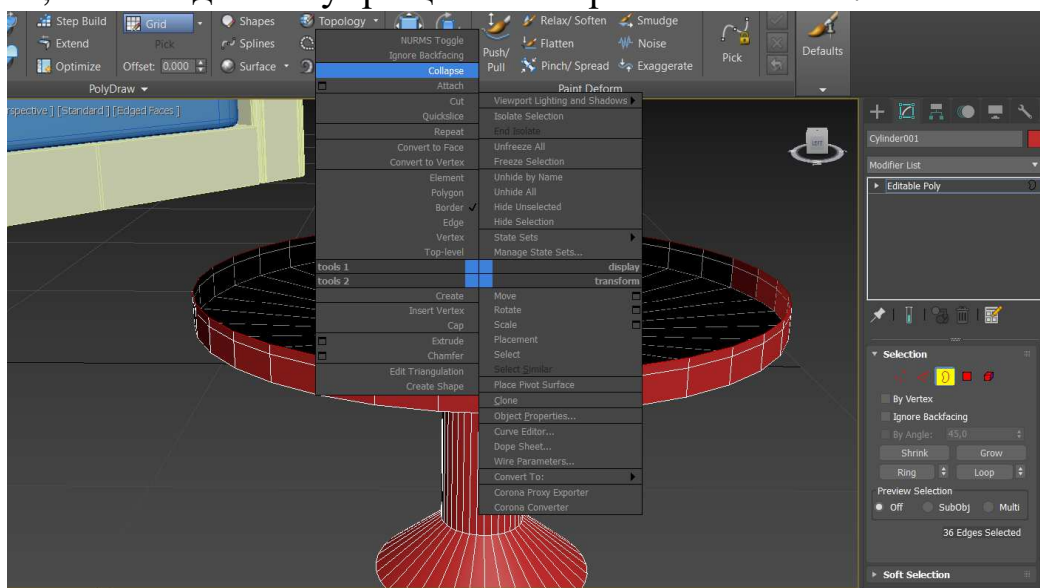


Рис. 2.74. Collapse на верхней крышке

Зажимаем правую кнопку мыши и ищем в появившемся меню кнопку «collapse». Нажимаем ее и видим, что у нас закрылась верхняя часть стола, которая была без полигонов. Все прямоугольники сошлись в центральную точку.

Выделяем все горизонтальные грани и сглаживаем их при помощи инструмента «chamfer».



Рис. 2.75. Стол с инструментом Chamfer

Не обязательно выделять все грани для сглаживания, достаточно только на верхней плоскости стола. Сглаживание граней на ножке стола может быть дизайнерским видением стола, если не указан точный референс.

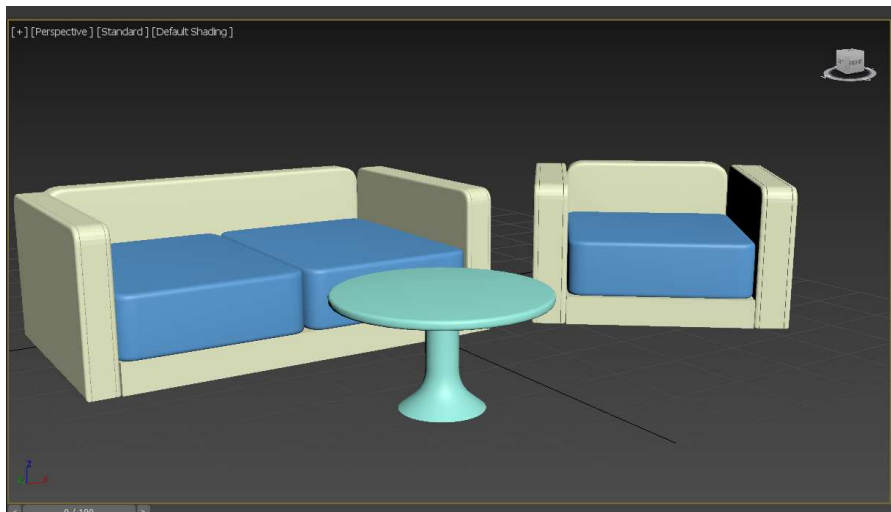


Рис. 2.76. Сцена с мебелью

Изменив цвет с красного на бирюзовый, выстраиваем композицию и можем добавить еще шкаф на задний план.

Создаем прямоугольник с параметрами 500x300x1600. Добавляем 5 горизонтальных граней, для создания полочек. Конвертируем в *editable poly* и выделяем полигоны 5 полок. Выбираем «inset», с условием «inset by polygen»

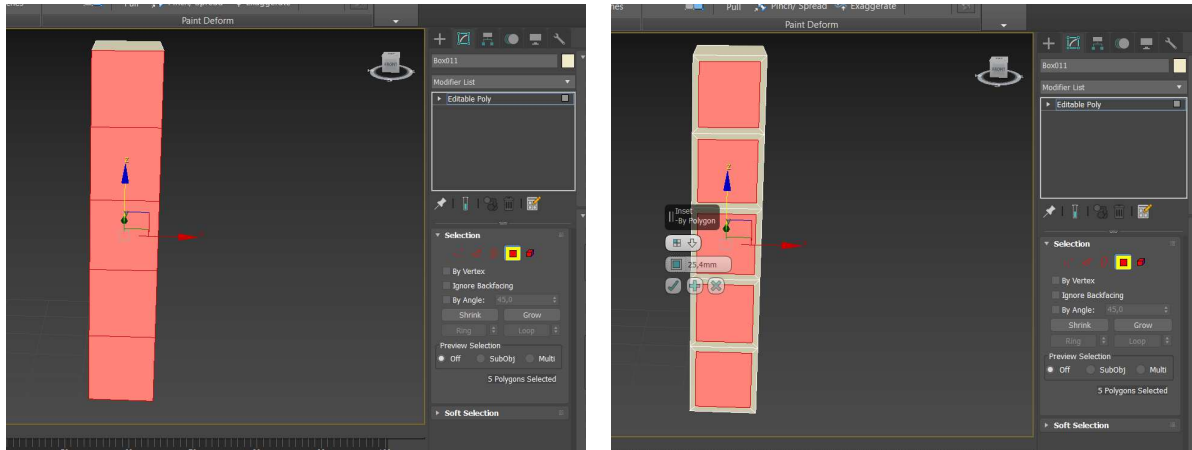


Рис. 2.77. Создание полочек

У нас появились выделенные пять полок, которые теперь нужно сделать пустыми внутри. Для этого не снимая выделения с полигонов, выбираем «extrude» и меняем значение на отрицательное, чтобы полигоны «вдавились» в обратную сторону.

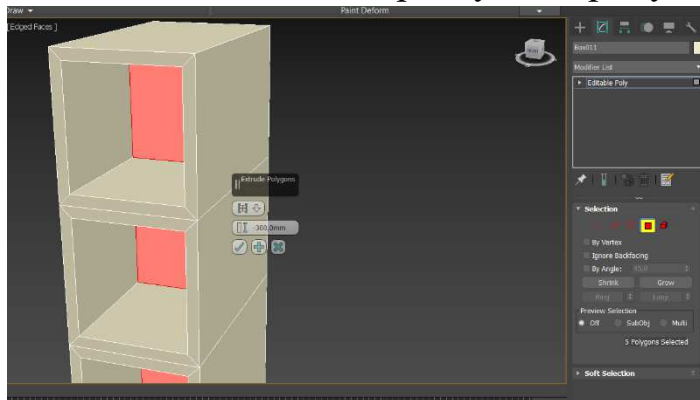


Рис. 2.78. «Выдавливание» полочек при помощи «extrude»

Здесь же меняем выделение на «edge» и выделяем грани, на которые нужно будет применять сглаживание «chamfer». Можно сгладить еще с внешней стороны, но это уже по желанию.

После окончания всех манипуляций и выравнивания объектов – выставляем все детали в сцене и делаем скриншот.

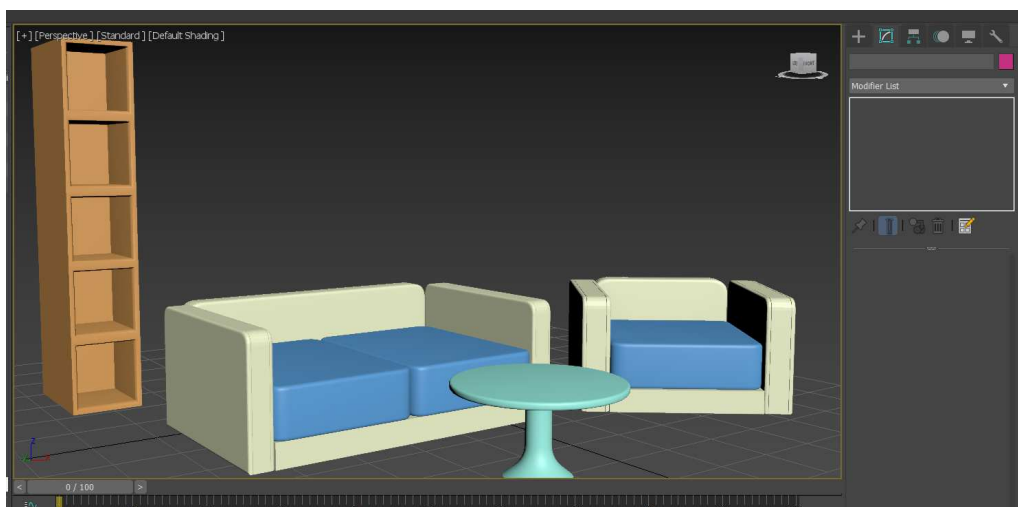


Рис. 2.79. Итоговая сцена с мебелью

Подведем итоги и выделим особенности полигонального моделирования:

1. Гибкость: полигональное моделирование – очень гибкая форма 3D-моделирования, позволяющая создавать сложные формы и конструкции.

2. Универсальность: полигональное моделирование может использоваться для создания широкого спектра объектов, от простых геометрических фигур до сложных органических форм.

3. Эффективность. Полигональные модели легко манипулировать и редактировать, что делает их эффективным способом быстрого и точного создания 3D-моделей.

4. Реализм: использование полигонов позволяет создавать реалистичные текстуры и тени, создавая более реалистичные 3D-модели, которые легче визуализировать в реальном мире, чем другие типы 3D-моделей, такие как NURBS или модели на основе сплайнов.



Рис. 2.80. Рендер сцены в программе KeyShot

Черчение объектов с помощью Line.

Рисуем инструментом Line необходимую абстрактную фигуру.

Выделяем точки на линии и правой кнопкой мыши выбираем Bezier. Благодаря этой манипуляции мы сможем скруглить углы на линии.

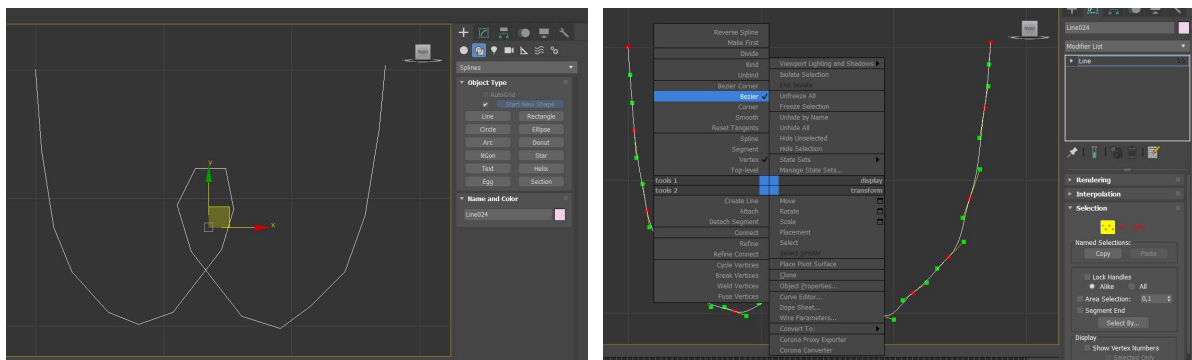


Рис. 2.81. Построение объекта при помощи Line

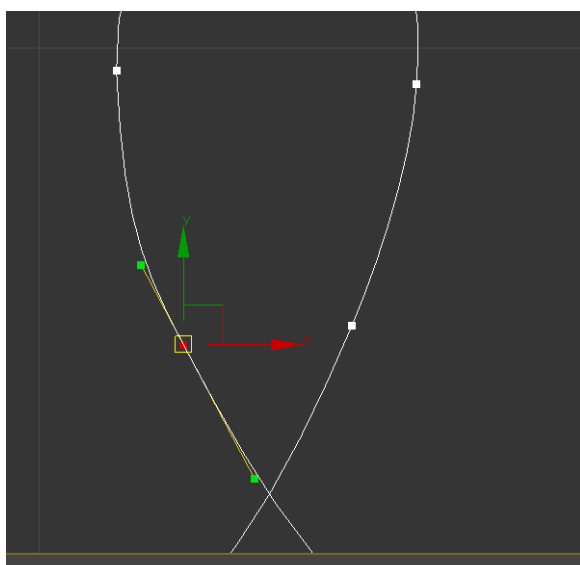


Рис. 2.82. Выравнивание точек

Вытягиваем за зеленые точки в разные стороны, что позволит выровнять линию и сделать более плавное скругление. В данном случае удобнее для работы использовать небольшое количество точек, т.к. они могут накладываться друг на друга и укорачивать расстояние между точками, что увеличит время работы в целом.

После выравнивания переключаемся в режим «Rendering» и ставим галочку в окне «Enable In Viewport».

Обращаем внимание, что теперь наша линия стала похожа на трубу, диаметр и длину которой, мы можем менять в столбце «Radial», где указаны три строки – Thickness, Sides и Angle. Первый параметр меняет диаметр трубы, второй добавляет линии.

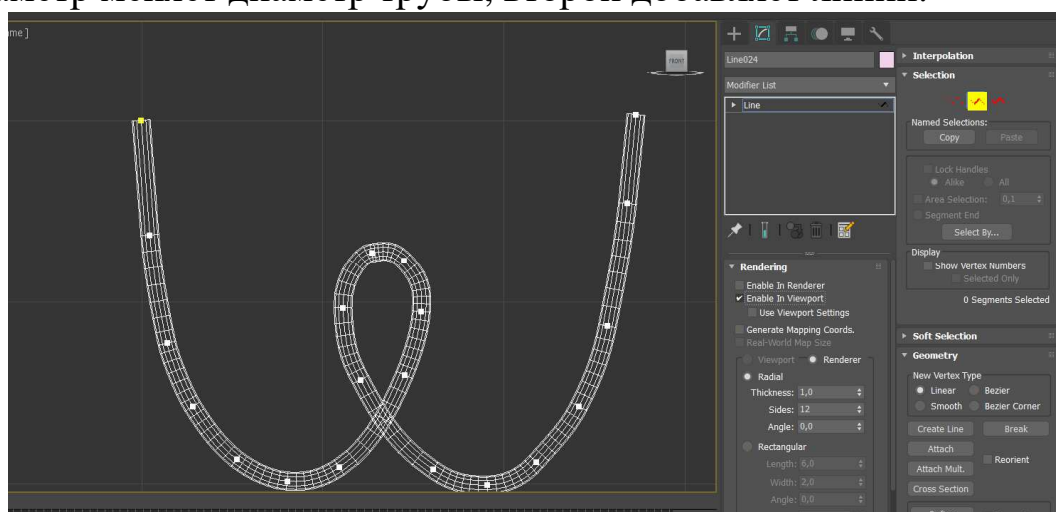


Рис. 2.83. Включение окна Enable in Viewport

После окончания выравнивая объекта можно конвертировать его в Editable Pole.

Переключаемся во вкладку Hierarchy и там выбираем Affect Pivot Only, перетягиваем Pivot в самую крайнюю точку, мы выбрали верхний правый угол.

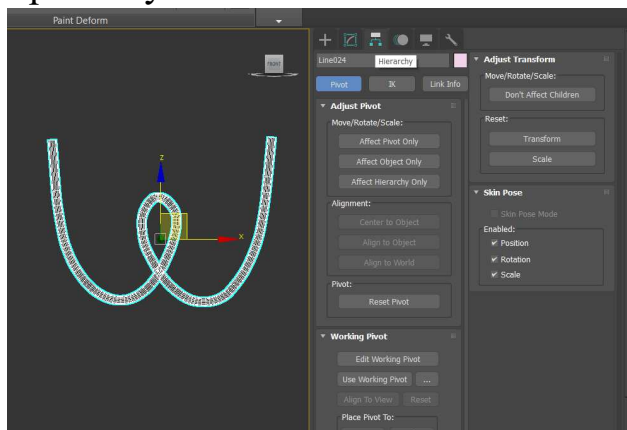


Рис. 2.84. Перемещение Pivot

Затем дублируем 10 копий этого объекта, присоединяя их рядом друг с другом. 10 копий для верхней линии и после присоединения всех копий через Attach – дублируем эту линию вниз, но со смещением чуть правее.

Должно получиться следующим образом, как на рис. 2.84. Добавив фантазии и других инструментов, можно преобразо-

вать эту сетку в рамку, перегородку или декор другого объекта.

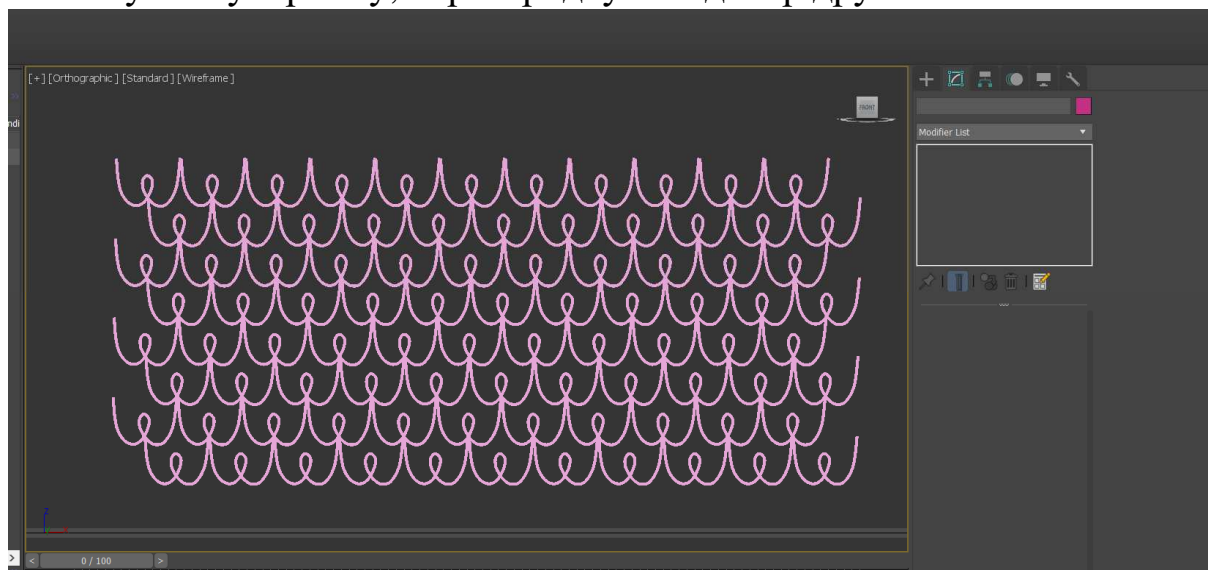


Рис. 2.85. Сетка

Делая вывод из всего вышеописанного, мы можем выделить, что под необходимую задачу подойдут разные программы.

Существует множество различных программ для 3D-моделирования, и выбор лучшей из них будет зависеть от типа проекта, над которым вы работаете. Некоторые популярные программы включают Autodesk 3ds Max, Blender, Maya, Modo, SketchUp и ZBrush. Каждая

программа имеет свои сильные и слабые стороны, поэтому важно учитывать, какие функции наиболее важны для вашего проекта, прежде чем принимать решение.

Autodesk 3ds Max – программа, используемая в кинопроизводстве и разработке видеоигр. Он предлагает обширные инструменты для создания реалистичных моделей, а также возможности анимации. Его можно использовать для создания сложной среды с несколькими объектами или персонажами, взаимодействующими друг с другом.

Blender – это программа 3D-моделирования с открытым исходным кодом, популярная среди любителей из-за ее низкой стоимости и простоты использования. Он предлагает базовые инструменты для создания простых моделей, но не имеет некоторых более продвинутых функций, которые есть в других программах, таких как Autodesk 3ds Max или Maya.

Maya – еще одна мощная программа, используемая как профессиональными аниматорами, так и разработчиками игр благодаря надежному набору инструментов и способности быстро создавать реалистичные модели. Поначалу его пользовательский интерфейс может показаться несколько пугающим, но как только вы привыкнете к нему, вы обнаружите, что он достаточно прост для всех, кто хочет быстро научиться моделировать в 3D-пространстве, не жертвуя качеством или реализмом в своей работе.

Modo – отличный выбор, если вам нужно что-то более доступное, чем Maya, но при этом вам нужен доступ к мощным инструментам моделирования, таким как поверхности подразделения, эффекты частиц, скульптурные кисти, инструменты рисования текстур и т. д. Его интуитивно понятный пользовательский интерфейс делает его достаточно простым даже для новичков, которые имеют никогда не моделировался ранее, но при этом предлагает множество расширенных функций, которые оценят и опытные профессионалы!

SketchUp – еще один популярный вариант среди любителей из-за его простоты, но удивительно универсального набора инструментов, включая такие вещи, как толкание/вытягивание граней, которые делают его отличным для проектов архитектурной визуализации, где точность не обязательно требуется, но скорость, безусловно, помогает! Он также прекрасно интегрируется с Google Планета Земля, позволяя пользователям легко импортировать данные реального мира в свои

проекты, что может быть очень полезно при проектировании зданий или ландшафтов с нуля!

Наконец, есть ZBrush, который обеспечивает невероятно детальное моделирование благодаря интуитивно понятной системе кистей, позволяющей пользователям с легкостью создавать высокодетализированные органические формы! Это делает его идеальным выбором, если вам нужно что-то, способное быстро создавать высококачественные рендеры, не тратя часы на предварительную настройку сложных материалов или настроек освещения – идеально подходит для тех быстрых работ, где время действительно имеет значение.

Если говорить об особенностях использования 3D-моделирования в образовательных учреждениях, то можно выделить следующие варианты:

1. Улучшенная визуализация: 3D-моделирование предлагает более захватывающий и реалистичный способ визуализации концепций, облегчая понимание и запоминание учащимися.

2. Совместная работа: 3D-моделирование позволяет учащимся совместно работать над проектами в режиме реального времени, что позволяет им работать вместе более эффективно.

3. Повышение вовлеченности. Предоставляя интерактивную и привлекательную среду, 3D-моделирование может помочь учащимся увлечься изучаемым материалом и сделать процесс обучения более приятным.

4. Экономия затрат. Использование 3D-моделей вместо физических объектов может привести к значительной экономии средств образовательных учреждений, поскольку им не нужно покупать дорогие материалы или оборудование для учебных целей.

5. Повышенная доступность: с использованием 3D-моделей образовательный контент становится доступным в Интернете, что делает его доступным для всех, у кого есть подключение к Интернету, независимо от их физического местоположения или финансового положения.

3D-моделирование с каждым днем все активнее входит в жизнь общества и образовательных организаций в том числе, в связи с этим этот инструмент дает большие возможности для проектной деятельности:

1. 3D-печать: создавайте 3D-модели физических объектов, а затем распечатывайте их на 3D-принтере.

2. Виртуальная реальность. Создавайте 3D-модели для приложений виртуальной реальности, таких как видеоигры или интерактивные приложения.

3. Анимация: используйте программное обеспечение для 3D-моделирования для создания персонажей, окружения и объектов для анимационных проектов, таких как фильмы или телешоу.

4. Визуализация архитектуры. Создавайте реалистичные визуализации зданий и других сооружений с помощью программного обеспечения для 3D-моделирования, чтобы архитектурные фирмы или застройщики могли продемонстрировать свои проекты до начала строительства.

5. Дизайн продукта и прототипирование. Используйте инструменты 3D-моделирования для проектирования продуктов с нуля или модифицируйте существующие проекты для создания прототипов, которые можно протестировать перед запуском в производство.

Глава 3

ИЗВЕСТНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ В 3D-МОДЕЛИРОВАНИИ

3.1. Анимационный фильм с 3D-моделями

Догони меня (Chase Me) - первый фильм, полностью записанный с использованием напечатанных 3D-моделей, который был создан Жилем-Александром. Его всегда завораживало смешение 3D и других медиа. Его увлечение 3D-печатью началось с выхода в 2009 году фильма "Коралина" студии Laika. Все выражения лица были сделаны с помощью 3D-принтера. Тогда и зародилась идея создания короткометражного анимационного фильма. Фильм Chase Me начинается с того, что девочка идет по волшебному лесу. Во время прогулки ее тень превращается в монстра, который преследует ее по лесу.

Все кадры фильма сначала были разработаны художником в компьютерной графике, а затем переработаны в 3D-модели. Затем декорации сцены были воссозданы с помощью анимации (15 кадров в секунду), чтобы получить окончательный результат фильма.



Рис. 3.1. Кадр из фильма Chase Me

Декорации также были созданы в компьютерной графике, а затем напеч

атаны. Некоторые детали были длиной почти 1,5 м. Чтобы их можно было напечатать, пришлось разрезать набор на несколько частей, а затем собрать и склеить их. Например, для дерева потребовалось 22 различные детали.

Когда дело дошло до персонажей, большое внимание было уделено выбору их размера. Например, рост главной героини варьировался в среднем от менее чем 1 до 3 см в зависимости от снимка.

Это может показаться мелочью, но производство 2500 деталей, необходимых для изготовления всего фильма, заняло 10 месяцев. И размер сильно влияет на время печати. Для крупных планов размер девочки мог достигать 7 см, что является довольно небольшим, учитывая, что в классическом стоп-моушн фильме персонажи имеют размер около 20 см.

Этот довольно маленький размер был проблемой для поиска нужного кадрирования с помощью камеры. Для этого Жиль-Александр использовал несколько фиксированных объективов и два макрообъектива.

Чтобы добиться удовлетворительного качества, несмотря на такой маленький размер, художник использовал технологию SLA. В целях экономии времени, Жиль-Александр также напечатал для девочки цикл прогулок из 20 деталей, которые можно было использовать на нескольких съемках.



Рис. 3.2. Дерево, напечатанное на 3D-принтере

Он начал работу над фильмом, не зная, возможно ли это, но думая, что найдет решение по ходу дела. Так было с некоторыми деталями, которые нужно было напечатать, например, с растущим деревом (фото ниже), которое пришлось специально разрабатывать для печати. Все листья располагались не на концах самых тонких ветвей, а группировались на второстепенных ветвях. Также потребовалось несколько попыток 3D-печати, потому что ветки были слишком тонкими. Ствол также был отделен от остальных, чтобы его можно было напечатать дополнительно.



Рис. 3.3. Модели, потребовавшиеся для фильма

Чтобы лучше всего соответствовать движению, уже заданному в 3D, Жиль-Александр подготовил для каждой фигурки опору и соответствующее отверстие на декорациях. Он также позаботился о том, чтобы пронумеровать каждую деталь в соответствии с номером рамы, чтобы не допустить ошибок. На подготовку каждой детали у него уходило около 20 минут, но если умножить на 2 500, то подготовка всех деталей к печати заняла 3 месяца.

В фильме также есть кадр, где "взрывается" шар и заливает все красками. Чтобы добиться желаемого результата, Жиль-Александр вручную раскрасил 300 деталей, составляющих этот кадр.

Не может не восхищать уровень работы автора и упорство в своей работе. Также следует отметить качественное моделирование и детализированность отпечатанных моделей. Это может быть хорошим опытом для учащихся, обладающих навыком 3D-моделирования и 3D-печати.



Рис. 3.4. Кадры из фильма

3.2. 3D-печатные позвоночные имплантаты

Стартап Rozvonoq Северо-Западного наноцентра разработал и зарегистрировал первые 3D-печатные имплантаты для позвоночника. Регистрационное удостоверение Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения (Росздравнадзора) выдано на десять линеек межпозвонковых кейджей, предназначенных для лечения шейного и пояснично-крестцового отделов позвоночного столба. Запуск серийного производства медицинских изделий позволит заместить на российском рынке до двадцати процентов импортируемых имплантатов для спинальной хирургии.

Ежегодно в России проводятся порядка сорока тысяч операций на позвоночнике. Четверть из них осуществляется с применением имплантатов. До последнего времени российский рынок межпозвонковых кейджей формировался в основном предложениями иностранных производителей. По оценкам экспертов, в последние два года появился тренд на сокращение импорта позвоночных кейджей, с 2022 года тенденция на снижение укрепилась. Согласно данным государственных закупок имплантатов и расходных материалов при травмах и заболеваниях позвоночника, в прошлом году объем российского рынка составил порядка десяти тысяч кейджей. Рост внутреннего производства имплантируемых изделий для позвоночника, а также финансирование со

стороны государства программы развития здравоохранения в ближайшие годы усилят спрос на российские позвоночные имплантаты, считают специалисты компании Rozvonoq. По прогнозам стартапа вывод на рынок разработанной линейки 3D-печатных кейджей позволит заместить около двадцати процентов изделий для спинальной хирургии иностранного производства.

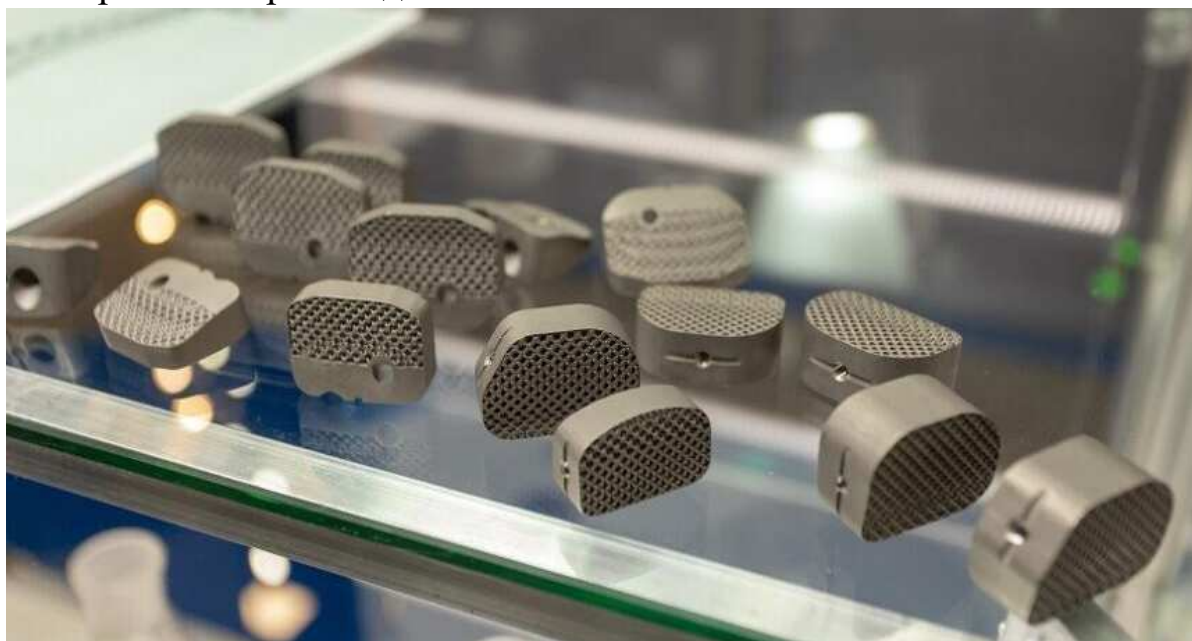


Рис. 3.5. Имплантаты для спинальной хирургии

Кейджи стартапа Rozvonoq используются для лечения грыжи межпозвонкового диска, дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике, спинальных опухолей. Имплантаты создаются из биосовместимого титанового сплава методом 3D-печати. Каталог серийной продукции компании включает десять линеек с более чем шестьюстами вариантами изделий для шейного и крестцово-поясничного отделов позвоночника, что позволяет подбирать наиболее подходящие модели, исходя из специфики дефектов и анатомических особенностей опорно-двигательных аппаратов пациентов. Все десять линеек имплантатов получили бессрочное регистрационное удостоверение Росздравнадзора, став первыми в России зарегистрированными 3D-печатными кейджами для позвоночника. Кроме того, стартап Rozvonoq вошел в десятку мировых компаний, получивших одобрение профильных государственных структур на внедрение в медицинскую практику имплантируемых изделий для спинальной хирургии.

У продукции Rozvonoq есть ряд особенностей, выделяющих ее среди конкурентов. Разработанные кейджи имеют высокий показатель приживаемости. Интегрированные в структуры изделий трехмерные сетки обеспечивают прочную биомеханическую поддержку элементов позвоночника и высокую степень остеоинтеграции – прорастания костных тканей пациентов в имплантаты. Благодаря этому сокращается общий срок реабилитации в послеоперационном периоде и снижается процент отторжения имплантатов. Еще одно важное отличие – большая размерная сетка типовых изделий, что оставляет широкие возможности выбора необходимой модели имплантата – по формам и габаритам, по способам хирургического доступа к оперируемым областям. Также врачи могут подбирать нужные типы конструкции – с окошками под аутотрансплантат или с ячеистыми структурами для лучшей остеоинтеграции.



Рис. 3.6. Позвоночник

Операции с применением персонализированных кейджей Rozvonoq проводятся в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии имени Вредена,

Качество изделий и функциональные результаты применения серийных имплантатов Rozvonoq проверены циклом лабораторных испытаний: кейджи успешно прошли токсико-техническую экспертизу, верификацию методов стерилизации изделий, экспериментальную имплантацию в ткани животных. Успешный опыт клинического применения имплантатов показали индивидуальные межпозвонковые кейджи стартапа. От типовых изделий они отличаются тем, что создаются по снимкам компьютерной томографии конкретных пациентов с учетом индивидуальных анатомических особенностей.

Приволжском исследовательском медицинском университете и других медицинских учреждениях.

Работы по созданию серийных межпозвоноковых кейджей осуществлялись в тесной кооперации медтех-стартапов инвестиционной сети Фонда инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП). Проектирование кейджей проходило с участием специалистов инжинирингового центра CML AT Medical Северо-Западного наноцентра, изготовление прототипов изделий – с привлечением ресурсов контрактного производства «ТехноСпарк».

Получение регистрационного удостоверения Росздравнадзора открывает возможности для запуска серийного производства кейджей Rozvoq. В компании рассчитывают выйти с импортозамещающей продукцией на рынок государственного заказа медицинских изделий, а также поставлять продукцию частным клиникам.

3.3. Проектные идеи в области образования

Образовательные учреждения не остались в стороне по мере развития технологий. От потолочных проекторов в 1930-х годах до карманных калькуляторов в 1970-х и персональных компьютеров в 2000-х, педагоги использовали технологические инструменты, чтобы облегчить обучение и подготовить учащихся к их будущему. Теперь 3D-печать революционизирует классы и лаборатории, предоставляя пользователям повышенное удобство и доступность, которые будут только увеличивать ее присутствие в образовании.

Работники практически любой научной дисциплины имеют возможность использовать 3D-печать в рамках учебного процесса как в классических очных семинарах, так и в онлайн занятиях. Продуманная интеграция этой технологии в образовательные площадки позволит преподавателям повысить показатели успеваемости благодаря развитию у студентов аналитических способностей и навыков критического мышления.

Ученики с большим удовольствием погружаются в изучаемый процесс в том случае, если обучающая среда делает их участниками этого процесса. Материал, преподнесённый через слайды, в лучшем случае может лишь пробудить интерес и удержать внимание на корот-

кое время. Технология 3D-печати делает обучение динамичным, побуждая студентов развивать навыки критического мышления во время разработки моделей. Интерактивные занятия позволяют более глубоко изучать продвинутые темы, параллельно развивая практические навыки, например, навык принятия решений и устранения проблем. Кроме того, 3D-печать доступна для студентов с разными особенностями восприятия материала, а значит, кинестетики и визуалы в равной степени испытают все преимущества такого подхода к обучению.

На инженерных курсах 3D-печать обычно входит в учебную программу. Студентов учат, как использовать технологию для разработки продуктов и прототипов, а также создания функциональных узлов и механизмов. Это дает студентам возможность получить представление о том, что профессиональный инженер делает в своей работе.

3D-печать может быть включена в образовательную систему различными способами. Его можно использовать, чтобы помочь учащимся лучше понять концепции биологии, химии, графического дизайна, истории и архитектуры. Например, студенты-биологи могут распечатать анатомические модели органов, чтобы получить представление об их строении; химики могли создавать 3D-модели молекул для изучения их структуры; графические дизайнеры могли создавать 3D-версии своих работ; историки могли воссоздавать исторические артефакты, а архитекторы могли использовать его для создания 3D-моделей проектов зданий.

Несмотря на распространенность дистанционного обучения, студенты по-прежнему могут получать практические навыки с помощью технологий. Например, Майкл Сильвер, профессор архитектуры Колледжа дизайна и архитектуры Университета Кентукки, отправлял по почте физические модели зданий, над которыми работали его студенты. Это позволяет им более тактильно анализировать собственные концепции и идеи. Благодаря 3D-печати мы можем сохранить важное понятие «погружение в процесс» даже при дистанционных форматах обучения.

Развитие креативности и новаторства

Креативность, часто оставаясь недооценённой, тем не менее является критически важным навыком любого преуспевающего студента. Она влияет на способность генерировать новые идеи и прораба-

тивать инновационные решения. Технология 3D-печати полностью основывается на творческих навыках, побуждая студентов находить решения задач посредством 3D-печати, проектировать модели, используя программы для автоматического проектирования (САД-программах), а также работать над оптимизацией процесса печати. В дополнение к этому ученики могут красить готовые модели, ещё больше раскрывая свой креативный потенциал.

В Массачусетском Университете, г. Лоуэлл, профессор Йоко Ода использует 3D-печать, чтобы совершенствовать свои учебные программы по 3D-дизайну, скульптуре, 3D-моделированию и анимации. Одно из последних значимых событий в мире скульптуры – использование технологии виртуальной реальности (VR) в комбинации с 3D-печатью. VR стирает границы 3D-дизайна, позволяя профессиональным художникам и студентам создавать в трёхмерном пространстве произведения искусства собственными руками с помощью таких программ, как Oculus Medium. Студенты профессора Йоко могут создать 3D-объект в виртуальной реальности за 30 минут и затем распечатать готовую работу на 3D-принтере. 3D-печать открывает новые перспективы для инноваций в мире творчества.

Улучшение восприятия реального мира

Университеты несут ответственность за подготовку своих студентов к реалиям работы в профессиональной среде. Очень важно, чтобы будущие специалисты могли применять полученные навыки. Увидеть – значит поверить, и 3D-печать может в этом помочь! Создавая 3D-объекты, университеты могут дистанционно преподавать анатомию, как, например, в Университете Чанаккале Onsekiz Mart в Турции, где используется 3D-печать моделей зубов».

«Принтер Formlabs Form 3B – прекрасное устройство с большой платформой печати, на котором возможно изготовить 80 коренных зубов за 9 часов. Готовые модели отличаются высокой степенью детализации и точности соответствия оригиналам, что позволило использовать модели в качестве демонстрационных образцов», – говорит г-н Йосунчыр.

Для печати 3D-моделей органов, клеток и других элементов биологии и медицины используются полимеры, специально разработанные для индустрии здравоохранения, такие как Elastic Resin или

BioMed Clear Resin. Для слушателей медицинских специальностей технология 3D-печати дает возможность тренировать проведение операций на готовых моделях. Так, высокая степень детализации напечатанных объектов позволяет командам хирургов планировать проведение сложных операций.

Подготовка в последипломной практике

Работодатели высоко ценят умение работать с технологией 3D-печати. Он находит применение в самых разных отраслях, от развлечений до изготовления ювелирных изделий. Согласно исследованию, проведенному исследовательской фирмой, размер мирового рынка 3D-печати в 2019 году составил 11,58 млрд долларов, и, по оценкам, в период с 2020 по 2027 год он будет увеличиваться на 14% в год. ожидается, что к 2027 году это число достигнет 8 миллионов».

Такой мощный рост во внедрении 3D-принтеров в рабочие процессы определяет повышение спроса на навыки 3D-проектирования среди студентов направления графического дизайна. 3D-печать была бы невозможна без проектировщиков, создающих модели. В связи с увеличением спроса на товары, изготовленные по индивидуальному заказу, проектирование заказных моделей становится актуальным как никогда раньше. Научно-исследовательская деятельность также подразумевает владение навыками и знаниями о 3D-печати. Производство потребительских товаров требует проведения интенсивной аналитики. Технология 3D-печати позволит специалистам определить возможности для сокращения расходов и улучшения производительности процессов в своем проекте. Создание моделей также востребовано в сфере биологии, начиная от изготовления объёмно-скульптурных элементов и заканчивая проектированием моделей органов. 3D-печать весьма актуальна для профессионалов в области архитектуры и строительства, поскольку они сильно зависят от разработки «прототипов».

Студенты, которые владеют знаниями о 3D-печати, оказываются больше подготовлены к будущей работе. Осваивая 3D-печать во рамках учёбы, учащиеся развивают креативность, что позволит им в дальнейшем легко справляться с профессиональными обязанностями.

Вовлеченность в цифровые процессы

В сегодняшнем digital-мире учащимся необходимо уметь эффективно использовать имеющиеся технологические возможности. Зача-

стую современные технологии воспринимаются как негативный фактор, отвлекающий от учебного процесса, однако, при их корректном применении студенты смогут более продуктивно взаимодействовать с окружающим миром. При этом нет необходимости ограничиваться конкретной специализацией, поскольку технологическая модернизация затронула множество сфер профессиональной деятельности: от изобразительного искусства до фабричного производства. Включение изучения технологии 3D-печати в учебную программу позволит учащимся лучше ориентироваться в цифровых рабочих процессах. Концепция 3D-печати вмещает в себя больше, чем просто знания о 3D-принтере. В ходе обучения студенты всесторонне изучают данный феномен, разбирая все процессы полностью, начиная от проектирования модели в САД-программе, заканчивая пост-обработкой готового изделия.

К примеру, можно изучать фотограмметрию, т.е. научно-техническую дисциплину, занимающуюся определением размера и прочих характеристик объектов по их фотоизображениям. В качестве основы для измерений используются несколько фотографий объекта, здания или человека, снятых с разных положений. Затем при помощи автоматических алгоритмов изображения переносятся на 3D-модель.

Проработка навыков решения проблем

Технология 3D-печати способна работать с задачами реального мира. Так, было найдено решение проблемы с нехваткой средств индивидуальной защиты (СИЗ) и медицинских расходных материалов для взятия проб во время пандемии коронавируса COVID-19. Аналогичным образом возможно построить и работу в рамках учебной аудитории. 3D-печать, несомненно, станет стимулом к развитию навыков решения проблем у студентов. На начальном этапе работы над своим проектом 3D-печати автору необходимо ответить на следующие вопросы:

Для чего будет использоваться распечатанный мною 3D-объект?

На что стоит обратить внимание при создании модели, выборе материалов, обработке готового объекта?

Как организовать процесс 3D-печати таким образом, чтобы он был наиболее эффективен и производителен?

Это лишь часть вопросов, на которые необходимо дать ответ уже на ранних этапах проекта. Подобные проблемы требуют наличия критического подхода. Учащиеся получают возможность пройти путь от абстрактной идеи до реального трехмерного объекта, анализируя то, как эти понятия соотносятся друг с другом. Работая над прототипированием, студенты смогут оценить, насколько близок к задуманной цели окажется их проект, не концентрируясь лишь на его функциональности. 3D-печать позволяет решать задачи с применением логического системного подхода, дополнительно развивая творческое мышление.

Развитие дизайн-мышления

Дизайн-мышление – больше, чем просто модное слово. Это явление определяется как “итерационный процесс, в ходе которого мы стремимся понять пользователя, опровергнуть предположения, переосмыслить проблему, чтобы найти неочевидные альтернативные решения”. Дизайн-мышление не быстропроходящий тренд, а действительно эффективный подход, который уже внедряется крупнейшими брендами, такими как Apple и Google. Каким образом 3D-печать связана с дизайн-мышлением?

Коллаборация и взаимодействие – ключевой принцип методики дизайн-мышления. 3D-печать открывает возможности для совместных творческих экспериментов среди студентов при выполнении групповых проектов. Работая над общим проектом 3D-печати, его участники перенимают видение и стиль работы друг друга. Выполнение итераций – это ещё один ключ к дизайн-мышлению. 3D-печать позволяет студентам модернизировать свои проекты, основываясь на результате предыдущих версий и собранной обратной связи.

3D-печать – многопрофильная технология, позволяющая развивать самые разнообразные навыки. Любая программа обучения научным дисциплинам независимо от уровня сложности, дополненная изучением 3D-печати, может стать гораздо более увлекательной и прикладной, а также способствовать более высоким результатам освоения материала. Будоражащая воображение и раскрывающая секреты реализации собственных идей, технология 3D-печати является полноценным элементом современного образования.

3.4. Золотое кольцо России: Особый взгляд

В России зарегистрировано около 300 000 людей с инвалидностью по зрению. Очень многие из них стремятся вести динамичный образ жизни и активно путешествовать. Фонд «Искусство, наука и спорт» запустил уникальный социокультурный проект: в городах Золотого кольца России появятся тщательно проработанные тактильные модели главных местных достопримечательностей. Они сделают российское культурное архитектурное наследие еще более доступным для незрячих.

Эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечают, что люди с нарушениями зрения часто испытывают серьезные негативные последствия, такие как снижение качества жизни, депрессия и тревога.

Эти люди могут стать социально изолированными, избегая путешествий и общения. Чтобы люди с нарушениями зрения могли жить независимо и уверенно, важно предоставить им среду, в которой они могли бы свободно передвигаться, легко получать доступ к информации и безопасно ориентироваться в своем окружении.

При этом в России общественное внимание чаще всего направлено на проблемы людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата. Установка пандусов или специальных лифтов более распространена, однако о тактильных индикаторах, звуковых светофорах и тифлокомментариях, которые помогают ориентироваться незрячим, говорят гораздо реже.

Изменить эту ситуацию призвана программа поддержки людей с нарушениями зрения Благотворительного фонда «Искусство, наука и спорт».

Благотворительный фонд «Искусство, наука и спорт» был основан Алишером Усмановым в 2006 году и уже более 15 лет работает на благо социального и культурного развития России.

Он осуществляет свою деятельность по двум основным направлениям: оказание меценатства культуре, искусству, науке и спорту, а также собственные проекты, призванные сделать культуру более доступной вне зависимости от экономического положения, местонахождения или физических возможностей человека.

Меценатская деятельность в сфере культуры нацелена на приумножение уникального культурного наследия нашей страны и бережную его передачу следующим поколениям. Среди партнеров фонда ведущие институции и коллективы: Балет Моисеева, Мариинский театр под руководством Валерия Гергиева, Третьяковская галерея, ГМИИ им. А.С. Пушкина, Музей современного искусства «Гараж», Малый драматический театр – театр Европы, Музеи Московского Кремля, Национальный филармонический оркестр под руководством Спивакова, Театр Сатиры и многие другие.

«Особый взгляд» предлагает реабилитацию людям с инвалидностью по зрению и занимается комплексным развитием инклюзии для незрячих людей в области культуры. В рамках этой программы совместно с Министерством культуры РФ при информационной поддержке ТАСС был запущен уникальный проект «Особый взгляд на Золотое кольцо».

Благодаря проекту основные достопримечательности, многие из которых являются объектами всемирного наследия Юнеско, становятся доступны для туристов с инвалидностью по зрению. Для этого рядом с архитектурными памятниками устанавливаются специальные тактильные макеты.

Как на ощупь познакомиться с архитектурным сооружением или картиной? В мире для этого давно используются тактильные макеты и копии, которые устанавливают в музеях или непосредственно рядом с архитектурным сооружением. В России также действует приказ Министерства культуры «Об утверждении требований доступности к учреждениям культуры с учетом особых потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения», согласно которому в музеях в каждом разделе композиции должно быть не менее четырех экспонатов (или их эквивалентов), доступных для тактильного восприятия инвалидами по зрению, а также этикетки, напечатанные шрифтом Брайля.

Однако этот приказ вышел только в 2015 году.

В рамках проекта «особый взгляд на Золотое Кольцо» в период до 2023 года в восьми городах рядом с памятниками архитектуры – основными туристическими достопримечательностями – будут установлены тактильные макеты.

Города, составляющие Золотое кольцо, выбраны не случайно. Этот маршрут является одним из самых популярных туристических

мест в стране и впервые был проложен в 1967 году. Журналист Юрий Бычков посетил эти древние города и написал о них серию очерков, так родился этот маршрут, который с тех пор известен как Золотое кольцо.

Традиционно в Золотое кольцо включают Сергиев Посад, Переславль-Залесский, Ростов, Ярославль, Кострому, Иваново, Суздаль, Владимир. Многие путеводители относят к ним еще и Углич. Во всех этих городах, кроме Иванова, устанавливают тактильные макеты для незрячих туристов. Рядом с каждой моделью расположатся информационные таблички со шрифтом Брайля, рассказывающие об объекте.

В 2021 году стартовал проект по созданию тактильных копий известных архитектурных памятников: первой созданной моделью стала миниатюра храма Василия Блаженного, одного из знаковых памятников России, который разместили на Красной площади.

Открывая тактильную модель Покровского собора, Фонд стремился создать не просто арт-объект, доступный для людей с инвалидностью, а историческую реконструкцию, которая позволит широкому кругу людей увидеть архитектурную доминанту под совершенно новым углом.

Открытие тактильных макетов Храма Василия Блаженного стало настолько востребованным и уникальным событием, что положило начало долгосрочному проекту «Особый взгляд на Золотое кольцо».



Рис. 3.7. 3D-модель памятника Золотого Кольца

Работа над макетом начинается со съемки объекта с квадрокоптера и тщательной обработки полученных изображений. На основе снимков изготавливают 3D-модель. Именно на это требуется больше всего времени – иногда до трех месяцев. Все зависит от сложности архитектуры и дизайна оригинала, а также от выбранного масштаба.

Дело в том, что 3D-модели создаются с нуля. У администраций большинства музеев в распоряжении нет даже чертежей, на основе которых можно было бы вести работу. Поэтому все детали согласовываются с администрацией и научными сотрудниками каждого музея.

Все детали должны быть максимально подробными, потому что макет рассчитан на всех посетителей, а не только на людей с нарушениями зрения. Обычно макет состоит из нескольких десятков деталей каждого типа, суммарно их количество может достигать до 80.

Одновременно из гранита делается постамент, изготавливаются две информационные металлические таблички. На одной – описание объекта на русском языке, на другой – на английском. Весь текст дублируется выбитым в толще металла шрифтом Брайля.

На постамент с двух сторон приклеиваются этикетки – те самые таблички со шрифтом Брайля. Весь процесс создания модели – от облета объекта на квадрокоптере до окончания сборки – занимает от трех до пяти месяцев.



Рис. 3.8. Готовый макет

Незрячие эксперты программы «особый взгляд на Золотое Кольцо», посетившие многие страны мира, считают, что установка тактильных макетов позволит слабовидящим туристам получать более яркие эмоции в путешествиях. Это привлечет их в те регионы, где развивается доступность внутреннего туризма для людей с проблемами со зрением. Кроме того, создатели проекта «особый взгляд на золотое кольцо» уверены, что его реализация однозначно будет способствовать росту общего туристического потока.

3.5. Печать домов на 3D-принтере в России, Китае и других странах

Сопло перемещается по заданной траектории, слой за слоем, и бетон печатается в соответствии с заданной трехмерной компьютерной моделью.

Процесс экструзии бетона заключается в том, что строительная смесь, состоящая из бетона, воды и других добавок, прокачивается через шланг. Этот шланг соединен с печатающей головкой, которая распределяет смесь по поверхности или предыдущим слоям в соответствии с инструкциями компьютерной 3D-модели. Сопло перемещается по этому заданному пути по одному слою за раз, пока вся модель не будет распечатана бетоном.

Для возведения конструкции вам понадобится готовая 3D-модель, быстросохнущий цемент и площадка для выравнивания обычными строительными инструментами. Большинство 3D-принтеров работают аналогично – укладывают бетонную смесь, выдавленную из сопла экструдера. Однако есть некоторые исключения, такие как принтер D-Shape, который печатает, добавляя слои порошкового материала, а затем сплавляя их по ширине машины.

Строительные 3D-принтеры разнообразны – это машины и с полярной схемой работы (вращающиеся 3D-принтеры), и дельта-принтеры, и основанные на роботах-манипуляторах. Пригодные сегодня к экструдированию бетонные смеси позволяют печатать элементы различной сложности и размера – от малых архитектурных форм, типа клумб и скамеек, до целых зданий, мостов и даже небоскребов, потому и принтеры отличаются не только устройством, но и масштабами.

Различают несколько видов строительных принтеров:

XYZ-принтеры (портальные)

Оборудование представляет собой раму, по которой движется головка, по осям ХУ. Для подвески печатной головки обычно используется три портала. Порталы перемещаются с помощью шаговых двигателей, обеспечивающих наибольшую точность. Они предназначены для печати зданий по частям – в цеху; и для печати внутренних стен, при установке принтера внутри возводимого здания. Небольшие строения, полностью уместяющиеся под аркой принтера, печатаются целиком за один раз.

Дельта

Принтеры Delta не полагаются на трехмерные направляющие, такие как порталные машины, что позволяет им создавать более сложные формы. Печатающая головка соединена с тонкими рычагами, прикрепленными к вертикальным направляющим.

Роботы

Роботизированные принтеры-манипуляторы – робот или группа роботов типа промышленного манипулятора, оснащенных экструдерами и управляемых компьютером. Частный случай принтера-робота – 3D-принтер с полярной схемой работы, который находится внутри строящегося здания, обычно – в центре. Примеры таких роботов: приведенный на гифке выше гусеничный аппарат из МИТ и робот российской компании Apis Cor, о которых мы расскажем дальше.



Рис. 3.9. Принтеры для печати домов

D-Shape

Технические особенности делают из D-Shape отдельный класс строительных принтеров – он печатает не раствором, а сухим порошковым материалом, каждый слой которого укладывается на желаемую толщину и уплотняется, а затем пропитывается связующим веществом из сопел принтера. Завершенная деталь очищается от лишнего сырья.

Строительные смеси

Основным материалом для печати является бетон. Бетон для строительной печати должен подходить для экструзии через печатающую головку. Это не так просто, как может показаться на первый взгляд. Сложность в том, что бетон должен укладываться правильными ровными слоями, не растекаясь, и схватываться достаточно быстро для сохранения формы, но не слишком быстро – накладываемые слои должны оставаться химически активными, чтобы образовывать единую структуру в месте соприкосновения. Снижение скорости схватывания важно и для сохранения работоспособности оборудования – сопло не должно забиваться затвердевающим бетоном.



Рис. 3.10. Печать дома

Для печати используют мелкозернистые смеси, которые отличаются от традиционного бетона. Каждая компания разрабатывает свою рецептуру, которая соответствует устройству принтера и его сопла, а

также специфике целевых изделий. Самые важные параметры бетона для 3D-принтера – это прочность, скорость набора прочности, пластичность. Необходимая прочность бетона подбирается регулированием состава смеси – количества цемента и качества заполнителей, а также добавками пластификаторов. Пластифицирующие вещества значительно увеличивают подвижность смеси и уменьшают водоцементное отношение, что повышает прочность бетона.

Российская компания «АМТ» (Additive Manufacturing Technologies) входит в Группу компаний «АМТ-СПЕЦАВИА» – многолетний партнер Top 3D Shop. Сфера деятельности: разработка и производство строительных 3D-принтеров, продажа и сервисное обслуживание оборудования на зарубежных рынках.

Ассортимент компании состоит из семи вариантов 3D-принтеров разных размеров.

Построенный дом в Ярославле – самое большое здание в Европе и СНГ, построенное с применением технологии 3D-печати. Общая площадь составляет 298 квадратных метров.

В ходе строительства использовались разные технологии, часть здания была напечатана прямо на площадке, а некоторые блоки печатались в цеху, перед доставкой на объект и сборкой. Несъемная опалубка была армирована во время печати. После сборки силовые элементы стен были залиты бетоном производства Екатеринбургского цементного завода, а внешний контур утеплен пеногипсобетоном завода «Монолит».

Коробка здания была отпечатана за один месяц в 2015 году, но возведение крыши и внутренняя отделка были закончены только через два года.

Российская компания «Апис Кор Инжиниринг» (Apis Cor) – разработчик уникального мобильного строительного 3D-принтера, который печатает дом целиком на месте строительства. Габаритные размеры 3D-принтера в сложенном состоянии составляют 4×1,6×1,5 м, масса – 2 тонны. Площадь зоны печати составляет 131,4м². Для печати зданий и сооружений больших размеров можно применять несколько синхронизированных между собой 3D-принтеров. Небольшие габариты принтера облегчают его транспортировку, а благодаря простоте конструкции он не требует длительной подготовки к работе. Это принтер с телескопическим манипулятором на поворотной платформе. На

установку принтера и его настройку перед работой требуется 30 минут! После печати первого дома Apis Cor разработала собственное программное обеспечение, включающее в себя прошивку и управляющую программу для принтера.

Напечатанный дом в Сколково. Принтер Apis Cor построил дом всего за 24 часа.



Рис. 3.11. Напечатанный дом

В 2014 году Winsun (Yingchuang Building Technique (Shanghai) Co.,Ltd.) прославилась на весь мир возведением десяти 3D-печатных зданий всего за одни сутки. На деле все оказалось немного скромнее: небольшие «коробочки» были напечатаны, блок за блоком, заранее, а затем собраны на строительной площадке, без арматуры и коммуникаций, но с остеклением. Компания использует принтер на основе технологии FDM и один и тот же поэтапный процесс с цементом, песком и стекловолокном. Эти материалы обеспечивают достаточную прочность стен. 3D-принтер WINSUN – это порталная конструкция с габаритами 36x12x6 метров.

В дополнение к своему первому проекту в Шанхае, WINSUN разработали первые трехмерные печатные офисы в Дубае и сотрудничали с Илоном Маском в разработке туннелей Hyperloop. Также WINSUN печатает автобусные остановки. Автобусные остановки WINSUN в Сучжоу (Китай) для одного из последних проектов.



Рис. 3.12. Печатное здание

Одни из первых десяти домов компании, которые она напечатала в 2014 году. Каждый из них стоил немногим более 270 тыс. рублей.

Самым известным проектом с применением 3D-принтера «Спецавиа» стало возведение необычной сторожки на территории Екатеринбургского цементного завода: директор предприятия Ринат Брылин, увлекающийся 3D-печатью со студенческих лет, решил поселить охрану завода в реплике башни замка Винтерфелл из популярного телесериала «Игра Престолов». Возведение необычной постройки, напечатанной с помощью 3D-принтера S-6044 Long, завершилось в ноябре прошлого года. Сотрудничество Брылина и Спецавиа носит взаимовыгодный характер, ибо имея на руках 3D-принтер сотрудники завода могут испытывать специальные строительные смеси в деле «не отходя от кассы».

И наконец, самая известное отраслевое предприятие – китайская компания WinSun. В 2014 году шанхайское предприятие прославилось на весь мир возведением десяти 3D-печатных зданий всего за одни сутки. На деле все оказалось немного скромнее: небольшие «коробочки» были напечатаны блок за блоком в цехе, а затем собраны на строительной площадке без арматуры или коммуникаций, но с остеклением. Тем не менее, начало было положено. Менее чем через год китайские строители отличились уже самым масштабным проектом на текущий день, а точнее сразу двумя – 3D-печатной пятиэтажкой и симпатичным особняком площадью 1100 кв. метров.

Старания компании не прошли незамеченными: к 2016 году представители WinSun вели переговоры с властями Ирака и Саудовской Аравии по огромным контрактам. Ираку требуется построить около десяти тысяч домов взамен разрушенных в ходе войны, а саудиты заинтересовались печатью сразу полутора миллионов зданий для решения растущего жилищного кризиса. О твердых контрактах пока ничего не известно, но время от времени компания напоминает о себе, например постройкой первого 3D-печатного офисного здания в Дубае.

«Офис будущего» был построен всего за 17 дней, включая проводку коммуникаций, отделку и обустройство. Возведением здания площадью 250 кв. метров занималась бригада из восемнадцати человек, причем за принтером присматривал лишь один оператор. После завершения строительства в здании разместился офис фонда «Дубай будущего». 3D-принтер WinSun – это порталная конструкция с габаритами 36x12x6 метров, а в качестве расходных материалов используются строительные смеси с наполнителями из переработанных отходов, вероятнее всего стеклопластика.

Так каким потенциалом обладают строительные аддитивные технологии? Необходимо понимать, что это не панацея, не замена традиционным строительным технологиям, а полезное дополнение. Практическая польза от строительной 3D-печати пока что сводится к изготовлению различных декоративных элементов и несъемной опалубки сложных форм: если архитектурные проекты WinSun не отличаются особой оригинальностью, то демонстрационная постройка Apis Cor в Ступино, спиральные колонны Руденко и 3D-печатные церковные купола Спецавиа наглядно демонстрируют свободу дизайна.

Вопрос с армированием и утеплением решается достаточно просто: по мере печати слоев укладывается горизонтальная арматура, после застывания 3D-печатной опалубки устанавливаются коммуникации, а внутренний объем заполняется дополнительной арматурой, утеплителем и заливается бетоном в соответствии с проектом. Внешняя же поверхность стен шлифуется и/или оштукатуривается. Как результат, достигается существенная экономия на съемной опалубке и, что самое главное, рабочей силе. Последний момент может оказать ключевое влияние на темпы развития строительной 3D-печати в разных регионах мира, ибо привлекательность подобной автоматизации прямо пропорциональна дороговизне рабочей силы.

Полностью автоматизированных технологий аддитивного строительства еще не существует, если не считать теоретических наработок Contour Crafting: заливать фундамент и устанавливать арматуру, коммуникации и перекрытия пока приходится вручную. С другой стороны, ничто не мешает переложить и эти задачи на плечи роботов. Так, инженеры из Швейцарской высшей технической школы Цюриха уже продемонстрировали робота-сварщика, способного создавать арматуру самых разных форм, голландская компания MX3D работает над проектом цельнометаллического 3D-печатного моста в Амстердаме, а австралийская компания Fastbrick Robotics проектирует роботов-укладчиков кирпичей.

3D-печатных небоскребов ждать пока не стоит. В ближайшие годы строительные аддитивные технологии будут использоваться в основном для изготовления декоративных элементов и относительно небольших дизайнерских объектов. Масштаб применения будет напрямую зависеть от стоимости материалов, рабочей силы и даже географического расположения. Например, метод спекания песка с помощью сфокусированного солнечного света вполне может оказаться привлекательным для строительства в пустынных регионах, благо что сырье валяется прямо под ногами, а источник энергии висит над головой. Эта технология, впервые опробованная польским инженером Маркусом Кайзером и получившая в отечественных кулуарах название «гелиолиитография», даже рассматривается НПО имени С.А. Лавочкина в качестве технологии строительства лунных баз из реголита.

В Ставрополе студенты построили первый одноэтажный дом с помощью строительного 3D-принтера. В этом им помогала команда

разработчиков из числа конструкторов завода строительного оборудования.

В качестве материала для печати использовался модифицированный мелкозернистый бетон. "Печать" представляет собой послойное нанесение строительной смеси по заданной трёхмерной компьютерной модели.

Строительный 3D-принтер позволяет возводить дома, здания и другие сооружения быстрее. За счёт применения аддитивных технологий (послойного наращивания) срок возведения здания сокращается до нескольких дней. Как отмечают создатели технологии, дом площадью 100 квадратных метров возводится за 36 часов.

Кроме того, такая технология порождает меньше строительного мусора, а каждый квадратный метр нового помещения обходится застройщику в меньшую сумму.

Сотрудничество федерального университета и завода строительного оборудования заняло два года: столько суммарно заняла работа над проектом от идеи до первого возведённого здания.

Получив необходимые знания в данной инновационной области, многие студенты затем продолжили работу в компании.

На данный момент методом 3D-печати возводится уже двухэтажное здание. Как сообщается, за три рабочих дня, с учётом погодных условий, удалось построить весь первый этаж.

Тем временем СКФУ планирует открыть новый научно-образовательный центр аддитивных технологий.

В нём студенты и их наставники будут изучать и улучшать бетонные смеси, разрабатывать специальное программное обеспечение и промышленные контроллеры. Также необходимо создавать и отрабатывать новые методы проектирования зданий и строительных конструкций, адаптированные конкретно под строительную 3D-печать.

3D-принтер конструировала компания, создающая строительное оборудование. Однако учащихся СКФУ также пригласили участвовать в разработке.

Плюсы и минусы 3D-печати в строительстве

Плюсы технологии:

-Стоимость: Низкая. Первый напечатанный российский дом обошелся всего в 593 568 рублей. В эту цену входит отделка и проведенные коммуникации. Сейчас, приблизительно за эти же деньги, можно

построить только каркасно-щитовой дом, или из бруса, без отделки и коммуникаций. Стоимость 3D-печатных зданий в ближайшем будущем, с распространением технологии, ожидается ниже, чем сейчас.

-Персонал: Снижение количества персонала, задействованного в строительстве, приводит к снижению трудозатрат: на строительство 3D-печатных объектов тратится на 50-80% меньше человеко-часов, ведь участие людей нужно только для обслуживания машин, проведения коммуникаций и сборки конструкций.

-Время: Сокращается время на строительство. При строительстве на готовом фундаменте, возведение стен может происходить в считанные сутки. Самая затратная часть по времени – это постройка крыши, проведение коммуникаций и внутренняя отделка. Для сравнения: щитовые дома, самые быстрые из традиционных, ведущими производителями ставятся в сроки от месяца.

-Чистота: В процессе строительства не образуется строительный мусор, требующий вывоза со строительной площадки и утилизации. Традиционное строительство оставляет после себя тонны отходов – обрезки материалов, куски бетона, строительные леса и загрязненные опалубки. 3D-печать зданий оставляет намного меньше мусора и, более того, может использовать переработанные отходы в качестве составляющих бетонной смеси.

-Простота: Технология позволяет существенно сократить затраты на строительство зданий с уникальной архитектурой. Возможности 3D-принтера не ограничены прямолинейными формами. Разработчикам доступны практически любые геометрические формы, а строительство необычных объектов занимает не намного больше времени, чем постройка традиционных домов.

-Экономия: Из процесса строительства исключаются некоторые виды материалов, логистика и трудозатраты по ним. К ним относятся, например, опалубка и бетонные плиты. 3D-печать зданий сразу на фундаменте решает эту проблему.

Минусы технологии:

-Высокая цена 3D-принтера. Она может достигать 2,5 млн. долларов. Для небольших организаций и временных проектов такая стоимость может быть неподъемной. Проблема решается арендой оборудования, как в Китае, где компания WINSUN, сдает строительные 3D-

принтеры в аренду, либо заказом печати у специализированной компании, как в России – Спецавиа не только производит строительные 3D-принтеры, но и имеет подразделение печатающее на заказ. Также можно приобрести строительный 3D-принтер в лизинг.

-Чувствительность к внешним условиям. Печатать нельзя при неблагоприятных погодных условиях. В холодное время вокруг стройки обычно устанавливают купол, для поддержания уровня температуры и влажности, защиты от осадков и ветра. Это требует отдельных затрат.

Отсутствуют единые стандарты, взаимозаменяемость расходных материалов. Это, скорее всего, проблема временная.

-Арматура, коммуникации и перекрытия пока устанавливаются вручную.

Слоистая поверхность стен, которая требует отделки, если требуются ровные стены – выравнивания, оштукатуривания или применения облицовочных материалов.

Распространение 3D-печати в строительстве – это лишь вопрос времени. Технология дает возможность быстро и с минимальными затратами возводить дома. Это может быть актуально в странах с большой численностью населения и недостатком жилья, таких как Индия и Китай, а также в странах “третьего мира”, где люди вынуждены жить в бараках, построенных из подручных материалов. Строительная 3D-печать может применяться в местах стихийных бедствий – возводить дома и временные убежища можно будет за считанные сутки.

Следующим шагом будет применение полностью автоматизированных процессов, где роботы выполняют всю работу без участия человека – строят стены, армируют их, возводят крыши, проводят коммуникации, оснащают дома лестницами и окнами и делают внешнюю и внутреннюю отделку помещений. Прогресс в разработке бетонных смесей позволит не только подбирать готовые составы под конкретные условия и задачи, но и использовать в качестве сырья отходы строительства и местные материалы – сено, почву, песок и так далее, потребуется лишь связующее вещество. Применение в бетонных растворах минеральных добавок также поможет поддержать экологию планеты – уменьшенное потребление цемента поможет снизить выброс углекислого газа в атмосферу.

3.6. 3D-печать стоматологических инструментов

Ученые Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» и Сколковского института науки и технологий предложили изготавливать самоадаптирующиеся файлы для очистки каналов зубов с помощью технологии 3D-печати методом селективного лазерного сплавления металлопорошковых композиций (SLM).

Нередко причиной возникновения зубной боли могут быть воспаления в корневых каналах зубов. Во избежание распространения инфекции проводится эндодонтическая операция, при которой врач очищает корневой канал и проводит дезинфекцию образовавшейся полости при помощи стоматологического файла. С помощью обычных файлов обрабатывать каналы сложной формы, например С-образной, весьма затруднительно, поэтому врачам приходилось расширять каналы за счет удаления дентина, иногда оставляя значительное количество инфицированных тканей внутри зубов. Ситуация изменилась, когда появилась система «САФ» – самоадаптирующийся файл, представляющий собой небольшую трубку, внутри которой находится плоская сеточка с повышенной гибкостью, благодаря чему файл может подстраиваться практически под любую форму канала.



Рис. 3.13. Самоадаптирующиеся файлы

Самоадаптирующиеся файлы изготавливаются лазерной резкой из никелида титана – устойчивого к коррозии материала с высокой биосовместимостью и упругостью. Этот производственный процесс харак-

теризуется высоким объемом отходов и, таким образом, неэффективным использованием дорогого материала. Ученые Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» и Сколковского института науки и технологий предложили изготавливать самоадаптирующиеся файлы при помощи селективного лазерного сплавления, сообщает пресс-служба МИСиС. В ряде случаев предложенная технология позволит сократить и удешевить производство: количество отходов сократится за счет возможности многократного использования порошков.

Сложность заключалась в том, что традиционные методы 3D-печати не приспособлены для производства изделий с размерным фактором менее 200-300 мкм, в то время как структурный элемент стоматологического файла меньше – порядка 100 мкм. «Мы предложили свой алгоритм слайсера для 3D-печати единичными векторами, который увеличивает разрешающую способность технологии до ее физического предела, если не брать в расчет аппаратные модификации классических SLM-установок», – рассказал аспирант Сколтеха Станислав Чернышихин.

Ученые изготовили прототипы эндодонтических самоадаптирующихся файлов из никель-титанового сплава, тем самым продемонстрировав возможность производства инструментов по технологии SLM, а также произвели оптимизацию технологических параметров для достижения необходимых функциональных свойств изделий и выполнили механические испытания.



Рис. 3.14. Самоадаптирующийся файл

«Объект для печати разделяется на отдельные слои толщиной порядка тридцати микрон, и для каждого слоя выполняется одинаковый цикл: порошок наносится тонким слоем в зону построения, лазер сканирует данный слой, локально сплавляя порошок, а платформа построения опускается на толщину слоя. Таким образом, мы послойно наращиваем объект заданной формы. Данная технология позволяет изготавливать изделия сложной геометрии, в том числе имеющие внутреннюю пористость, и проводить печать из некоторых материалов, которые сложно обрабатывать, например никелевые суперсплавы», – пояснил научный сотрудник лаборатории «Катализ и переработка углеродородов» МИСиС Иван Пелевин.

Другим применением технологии могут стать персонафицированные сверхупругие стенты для коронарных сосудов. Как и в случае со стоматологическими файлами, стенты обладают сложной геометрией с элементами конструкции толщиной порядка 100 мкм, однако для стентов необходимы довольно глубокие исследования усталостных характеристик, биосовместимости и деградации сверхупругости.

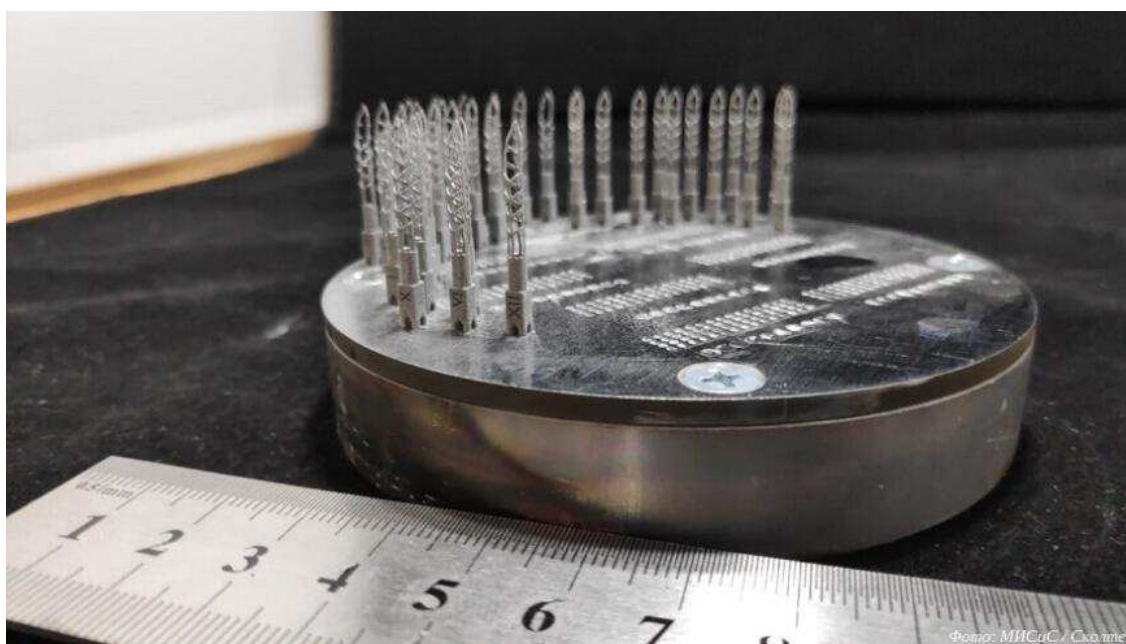


Рис. 3.15. 3D-печать стоматологических инструментов

В будущем ученые планируют расширить исследования механических свойств изделий для детального сравнения 3D-печатных изделий с файлами, полученными по классической технологии – методом

лазерной резки. В ближайшее время полученные файлы будут протестированы учеными Московского государственного медико-стоматологического университета имени Евдокимова на зубных макетах.

3.7. Аддитивное производство

3D-печать или «аддитивное производство» – процесс создания цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели. 3D-печать основана на концепции построения объекта последовательно наносимыми слоями, отображающими контуры модели. Фактически, 3D-печать является полной противоположностью таких традиционных методов механического производства и обработки, как фрезеровка или резка, где формирование облика изделия происходит за счет удаления лишнего материала (т.н. «субтрактивное производство»).

3D-принтерами называют станки с программным управлением, выполняющие построение детали аддитивным способом.

Хотя технология 3D-печати появилась еще в 80-х годах прошлого века, широкое коммерческое распространение 3D-принтеры получили только в начале 2010-х. Первый дееспособный 3D-принтер был создан Чарльзом Халлом, одним из основателей корпорации 3D Systems. В начале 21 века произошел значительный рост продаж, что привело к резкому падению стоимости устройств. Согласно данным консалтинговой фирмы Wohlers Associates, в 2012 году объем мирового рынка 3D-принтеров и сопутствующих сервисов достиг \$2,2млрд., показав рост на 29% по сравнению с 2011 годом.

3D-печатные технологии используются для прототипирования и распределенного производства в архитектуре, строительстве, промышленном дизайне, автомобильной, аэрокосмической, военно-промышленной, инженерной и медицинской отраслях, биоинженерии (для создания искусственных тканей), производстве модной одежды и обуви, ювелирных изделий, в образовании, географических информационных системах, пищевой промышленности и многих других сферах. Согласно исследованиям, домашние 3D-принтеры с открытым исходным кодом позволяют отыграть капитальные затраты на собственное приобретение за счет экономичности бытового производства предметов.

Термин «аддитивное производство» подразумевает технологии по созданию объектов за счет нанесения последовательных слоев материала. Модели, изготовленные аддитивным методом, могут применяться на любом производственном этапе – как для изготовления опытных образцов (т.н. быстрое прототипирование), так и в качестве самих готовых изделий (т.н. быстрое производство).

В производстве, особенно машинной обработке, термин «субтрактивные» подразумевает более традиционные методы и является ретронимом, придуманным в последние годы для разграничения традиционных способов и новых аддитивных методов. Хотя традиционное производство использует по сути «аддитивные» методы на протяжении веков (такие, как склепка, сварка и привинчивание), в них отсутствует трехмерная информационная технологическая составляющая. Машинная же обработка (производство деталей точной формы), как правило, основывается на субтрактивных методах - опиловке, фрезеровании, сверлении и шлифовании.

Термин «стереолитография» был определен Чарльзом Халлом в патенте от 1984 года, как «система генерирования трехмерных объектов за счет послойного формирования».

В настоящее время доступен широкий выбор методов аддитивного производства. Основные различия заключаются в методе нанесения слоев и используемых расходных материалах. Некоторые методы основываются на плавке или размягчении материалов для создания слоев: сюда входит выборочное лазерное спекание (SLS), выборочная лазерная плавка (SLM), прямое лазерное спекание металлов (DMLS), печать методом послойного наплавления (FDM или FFF). Другим направлением стало производство твердых моделей за счет полимеризации жидких материалов, известное как стереолитография (SLA).

В случае с ламинированием листовых материалов (LOM), тонкие слои материала подвергаются резке до необходимого контура, с последующим соединением в единое целое. В качестве материалов для LOM могут использоваться бумага, полимеры и металлы. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки, в связи с чем некоторые компании предлагают выбор расходного материала для построения модели – полимера или порошка. Принтеры, работающие по технологии LOM, зачастую используют обычную офисную бумагу

для постройки прочных прототипов. Ключевыми моментами при выборе подходящего устройства являются скорость печати, цена 3D-принтера, себестоимость печатаемых прототипов, а также стоимость и ассортимент совместимых расходных материалов.

Принтеры, изготавливающие полноценные металлические модели, имеют достаточно высокую стоимость, однако возможно использование менее дорогих устройств для производства литейных форм с последующей отливкой металлических деталей.

Трехмерная печать позволяет уравнивать стоимость производства одной детали и массового производства, что представляет угрозу для масштабных экономик. Влияние 3D-печати может оказаться подобным внедрению мануфактуры. В 1450-х никто не мог предсказать последствия внедрения печатного станка, в 1750-х никто не воспринимал всерьез появление парового двигателя, а транзисторы 1950-х казались любопытным новшеством. Но технология продолжает развитие и, вероятнее всего, окажет влияние на каждую научную и производственную отрасль, с которой она соприкоснется.

Наиболее ранним применением аддитивного производства можно считать быстрое прототипирование, нацеленное на сокращение времени разработки новых частей и устройств по сравнению с более ранними субтрактивными методами (слишком медленными и дорогими). Совершенствование технологий аддитивного производства приводит к их распространению в самых разных областях науки и промышленности. Производство деталей, ранее доступных только за счет машинной обработки, теперь возможно за счет аддитивных методов, причем по более выгодной цене.

Области применения включают макетирование, прототипирование, литье, архитектуру, образование, картографию, здравоохранение, розничную торговлю и др.

Актуальность применения аддитивных технологий в процессе подготовки учителя технологии

Содержание предмета технология нацелено на ознакомление учащихся с основами техники, технологии организации и экономики производства. Трудовое обучение позволяет сформировать у школьников систему трудовых знаний, умений и навыков, развивая у них техническое творчество и трудовую культуру [9].

В базисный учебный план (инвариантная часть) общеобразовательных учебных заведений России, утвержденный Министерством образования Российской Федерации с 1993 г., включена новая образовательная область «Технология», интегрирующая трудовое обучение, графику, экономическую составляющую, информационные технологии и профессиональное самоопределение.

Социально-экономическое развитие событий подтвердило жизнеспособность такой интеграции, соответствующей потребностям современной жизни. Подтверждение тому – сохранение образовательной области «Технология», несмотря на попытки урезания данного предмета из общего образования.

Затрагивая технологию, как новую образовательную область следует разобраться с определением самого понятия «технология». Здесь стоит отметить, что допредшественником современной «технологии» был предмет «Трудовое обучение».

Уже несколько лет на многих научных и предпринимательских форумах обсуждается проблема подготовки квалифицированных инженеров, а также о создании условий для закладывания технических знаний ещё в школьный период. Общеизвестно такое изречение как «Черчение – язык техники». Знание этого «языка» важно для освоения учащимися техники и технологий, но, к сожалению, сегодня идет сокращение в учебных планах учреждений основного общего образования часов по черчению. Поэтому, перед современной школой, а особенно перед учителями предмета «Технология» стоит задача подготовки выпускников к освоению технических наук, обучая черчению не только в рамках предмета, но и на элективных курсах, а также в предметных кружках.

Вспомним опыт прошлого столетия, 70-х годов, когда было принято несколько постановлений, направленных на улучшение подготовки молодежи к труду в сфере материального производства. Широко создавались учебно-производственные комбинаты для трудового обучения и профессиональной ориентации старшеклассников. Развивалась система профессионально-технического образования. Однако возникали трудности в профессиональной ориентации выпускников средних школ, связанные с тем, что во многих отраслях промышленности, сельском хозяйстве и строительстве присутствовала доля тяжелого физического труда, требующая неквалифицированных монотонных операций.

В условиях научно-технической революции объем информации растет чрезвычайно быстро, в то же время ускоряется "старение" знаний, вопрос о содержании школьного образования приобретает особую остроту. Возникла необходимость менять не только содержание, но и методы обучения. Это относилось ко всем формам обучения, но прежде всего к средней школе, так как именно школа должна была формировать прочные, устойчивые знания по основам наук, базу, на которой возможно дальнейшее обучение.

Не секрет, что обучение компьютерному моделированию было внедрено в предмет информатику гораздо раньше, чем в технологию. Так, изучением и разработкой этой темой занимались: А. Г. Гейн, В. Г. Житомирский, Е. В. Линецкий и др. В. Макаровой и Ю. Ф. Титовой разработана методика обучения моделированию и уточнено содержание обучения этому разделу, а именно: схема этапов моделирования, определение объекта моделирования, рассмотрение понятий объект, модель, система и др. Ю. Ф. Титовой разработана методика обучения двумерной компьютерной графике для учащихся основной школы.

Разработкой элективных курсов в области компьютерного моделирования и компьютерной графики для старших классов профильной школы занимались Л. А. Залогова, М. Ю. Монахов, С. Л. Солодов, Г. Е. Монахова, А. В. Копыльцов, И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер.

Построением методической системы обучения векторной графике и её реализацией в форме учебного спецкурса на этапе профильного обучения выполнено О. Ю. Ильяшенко. В. В. Александрова разработала методику обучения трёхмерному моделированию с использованием конечного набора базовых форм для условий дополнительного образования.

Студент должен понимать важность технологических знаний, получаемых в процессе обучения по программе высшего образования. Эти знания, умения и опыт являются его личной ценностью, которые впоследствии могут использоваться в практической деятельности студента, став не только профессиональной составляющей, но и общей компетентностью, позволяющей свободно ориентироваться в сфере профессиональной деятельности и во многих жизненных ситуациях в условиях технологической цивилизации.

Реализация технологических знаний в практической деятельности может осуществляться при выполнении проектных, лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов, в процессе прохождения производственной практики.

Исследователями доказано, что, чем богаче содержательный фонд знаний педагога, тем шире поле его педагогической деятельности, а стремление овладеть всей необходимой суммой знаний следует включать в состав критериев, характеризующих профессионализм учителя в целом и культуру его ума, в частности.

Одной из важнейших задач модернизации Российского образования является разработка перспективной системы технологического образования. Становление новой системы технологического образования сопровождается существенными изменениями в педагогической теории и практике учебного процесса.

Методическая подготовка как объект научного исследования в области педагогического образования приобрела актуальность в XX в. в связи с потребностью формирования учителя, не только знающего свой предмет, разбирающегося в научной информации, но и владеющего разнообразными методами работы с обучающимися, приемами

формирования у них необходимой совокупности знаний, умений и навыков с учетом специфики предмета и индивидуальных (психолого-физиологических) особенностей учеников.

Анализ научных работ показал, что в настоящее время существует достаточно большое количество диссертационных исследований в области теории и методики подготовки учителей к применению средств информационных технологий в образовательном процессе школы. Условно можно выделить несколько периодов в данном направлении исследований:

- 1995-2005 гг. – период, связанный с началом информатизации образования, и 2006–2016 гг. – период активного формирования и развития информационной образовательной среды в РФ.

Аддитивные технологии применяются при послойном наращивании и синтезе изделий, где объект создается на специальной основе и по завершению процесса полностью готов к эксплуатации. Сюда же относятся 3D-принтеры и 3D-моделирование с необходимым программным обеспечением.

Проблемам подготовки будущих педагогов в области информационных технологий особое внимание исследователи стали уделять в последние десятилетия прошлого столетия. Следует отметить, что первые работы в области педагогического образования по данной проблеме были связаны с подготовкой учителей информатики.

В современных условиях повышения качества технологического воспитания, укрепление связи обучения с жизнью, улучшение подготовки к общественно-полезному производительному труду остаётся главной задачей в области образования. Общество развивается, внедряет в производство новые технологии и технологические процессы. Взамен устаревшей технологии приходит новая технология (механизованная, автоматизированная, инновационная и т.д.). Процесс разработки новых технологий требует от человека нового технического (технологического) мышления о технологических процессах.

Современные методики обучения предлагают использование компьютерных технологий в учебном процессе, однако, следует учитывать, что компьютер не может повторить мышление человека и заменить его мыслительные операции. Искусственный интеллект по большей части может упростить работу человека по построению чертежей, созданию фигур, печати, графики и т.д., но человеку также необходимы эти знания и умения, для внесения коррективов и изменений в машинный процесс.

Человеческая способность четко представлять трехмерные объекты в деталях, умение оперировать пространственными образами, способствует развитию у студентов таких психических функций, как память, мышление, восприятие, внимание, которые требуют постоянной практики. Все это обеспечивает успешное овладение теоретическими знаниями по многим учебным дисциплинам, способствуя подготовке студентов к будущей трудовой деятельности.

Сегодня эффективное развитие всех отраслей экономики в России, в том числе в нашем регионе, немыслимо без грамотных высококвалифицированных кадров, обладающих нестандартным мышлением, способных разрабатывать и внедрять новые технологии. Процесс тотальной цифровизации неизбежно меняет и систему образования, оказывая существенное влияние на формирование и развитие человеческого потенциала в условиях дефицита требуемых цифровых умений и навыков. Таким образом, следует быть готовыми к тому, что развитие современного общества и технологий приводит к стремительному появлению новых профессий, которых еще нет. По некоторым данным, к 2030 г. появится более 190 новых профессий, по которым в настоящее время не ведется подготовка профессиональных кадров. По мнению McKinsey: «к 2030 году из-за развития технологий от 75-375 млн. человек, то есть 3-14% от общего числа рабочей силы в мире, станет безработными или будут вынуждены сменить профессию. Отсюда следует необходимость обновления содержания образования и обучения в соответствии с приоритетами развития страны и мировых трендов».

Поэтому в настоящее время одной из актуальных проблем профессионального образования является совершенствование процесса подготовки выпускников, обладающих высоким уровнем интеллекта и практическими умениями в области профессиональной деятельности с использованием современных технологий.

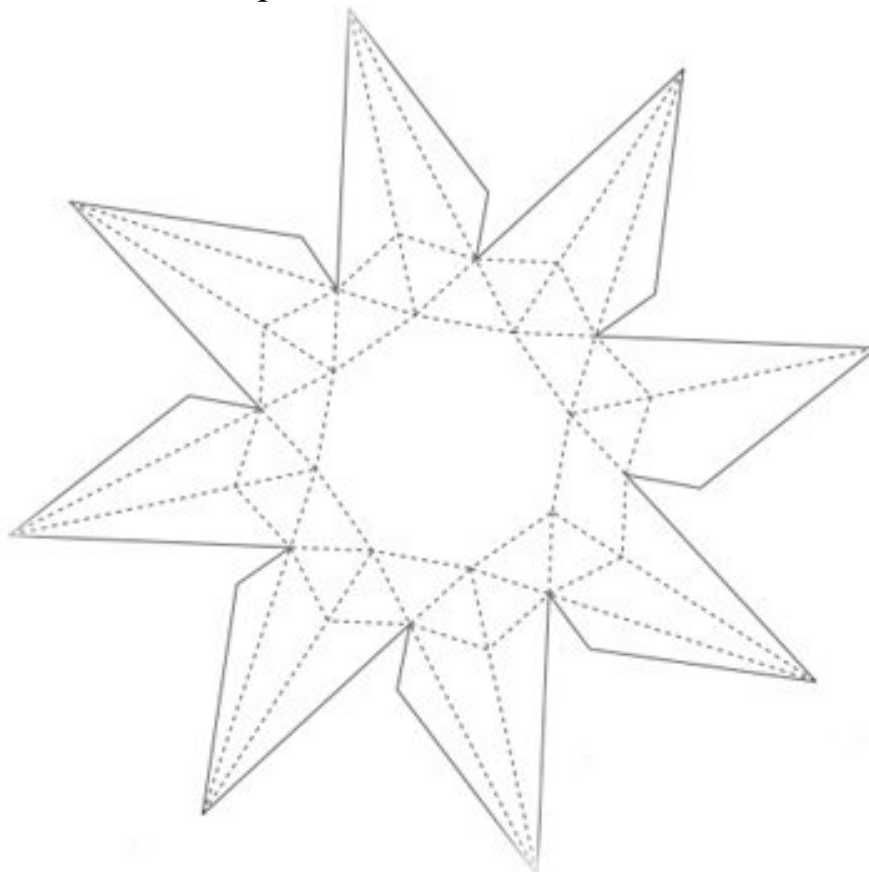
Следует отметить, что владение пространственными образами является одним из важнейших качеств специалиста в любой сфере. Получение современных научных знаний и успешная работа во многих видах теоретической и практической деятельности неразрывно связаны с оперированием пространственными образами. Сегодня мы видим, как выросла роль графического материала в жизни человека, расширилась его область применения, изменились функции и появились новые средства наглядности.

Так как формирование профессиональной культуры будущего учителя по технологии закладывается напрямую в процессе обучения в вузе, важно обратить особое внимание на развитие пространственного и технического мышления на протяжении всего времени освоения программы образования у будущих учителей технологии.

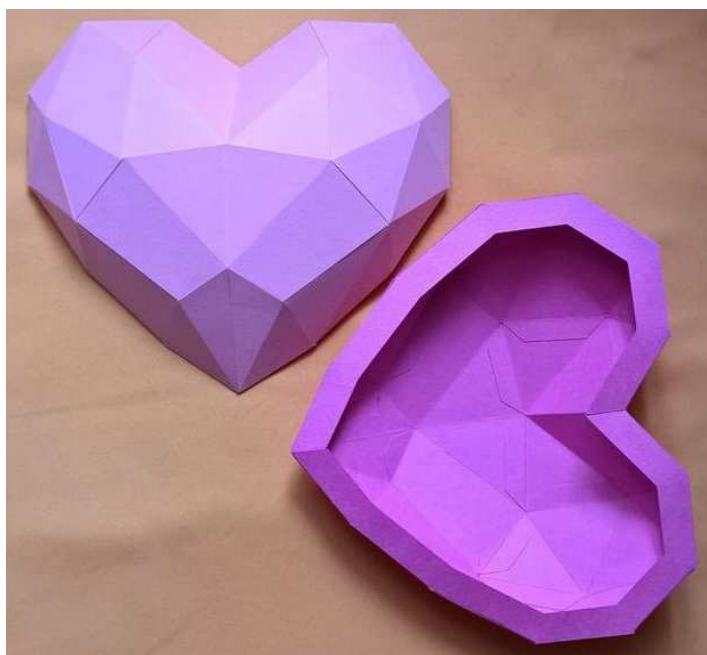
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

БУМАЖНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПАПЕРКРАФТ

Задание 1. Собрать модель алмаза.



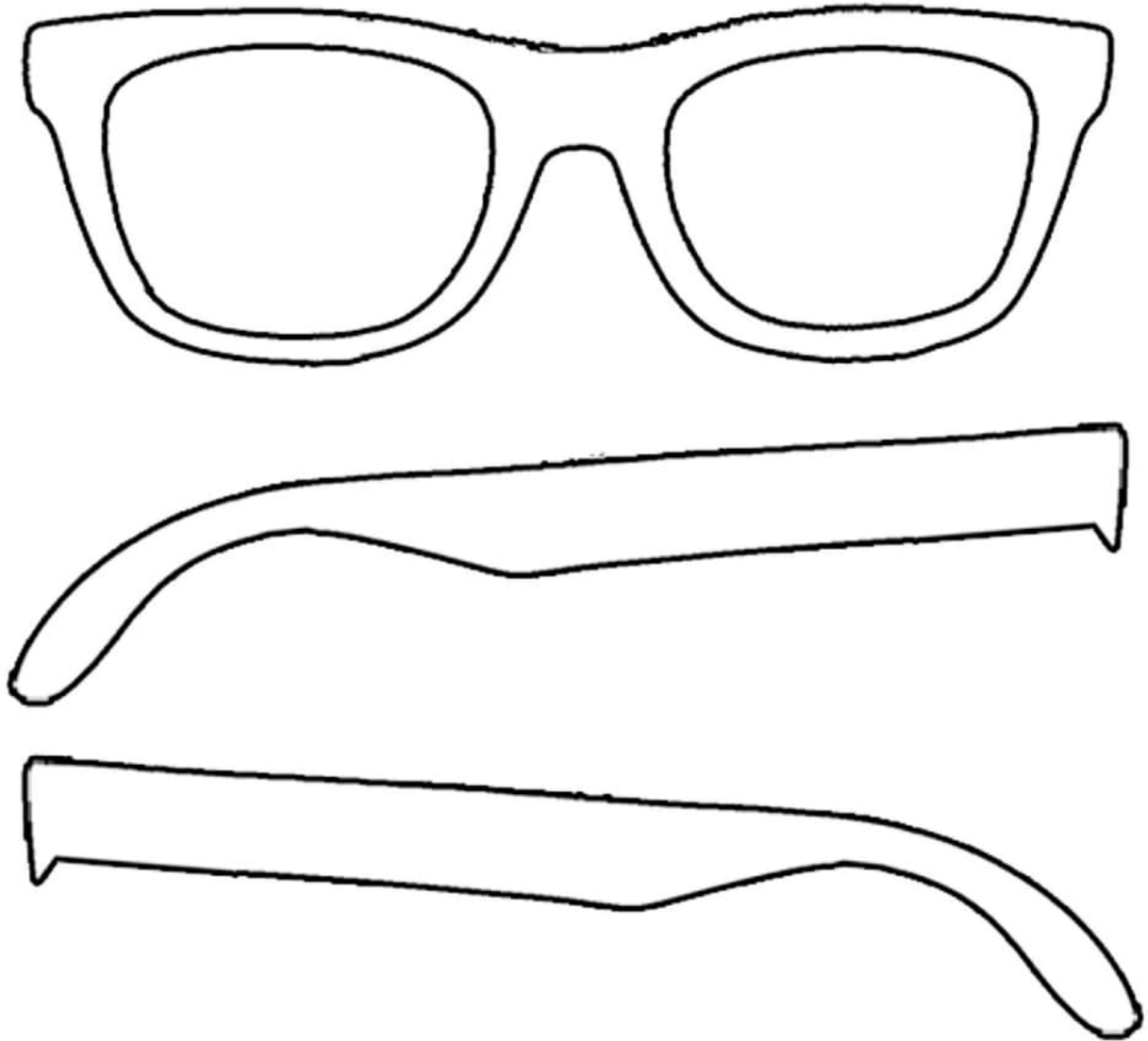
Задание 2. Найти в интернете развертку бумажной шкатулки и собрать ее.



Задание 3. Распечатать развертку оленя (ПРИЛОЖЕНИЕ 1) на плотной бумаге, собрать модель и раскрасить готовое изделие. Развертка печатается на 6 листах, рекомендуемый размер бумаги – А3.

3D-РУЧКА

Задание 1. Обрисовать ручкой детали и собрать в единую модель.



Задание 2. Обрисовать ручкой детали и собрать в единую модель. Представить проект об изделии. Описать плюсы и минусы шаблона, возможности его доработки (ПРИЛОЖЕНИЕ 2).

Задание 3. Нарисовать брелок 3D-ручкой
Вариант 1



Вариант 2



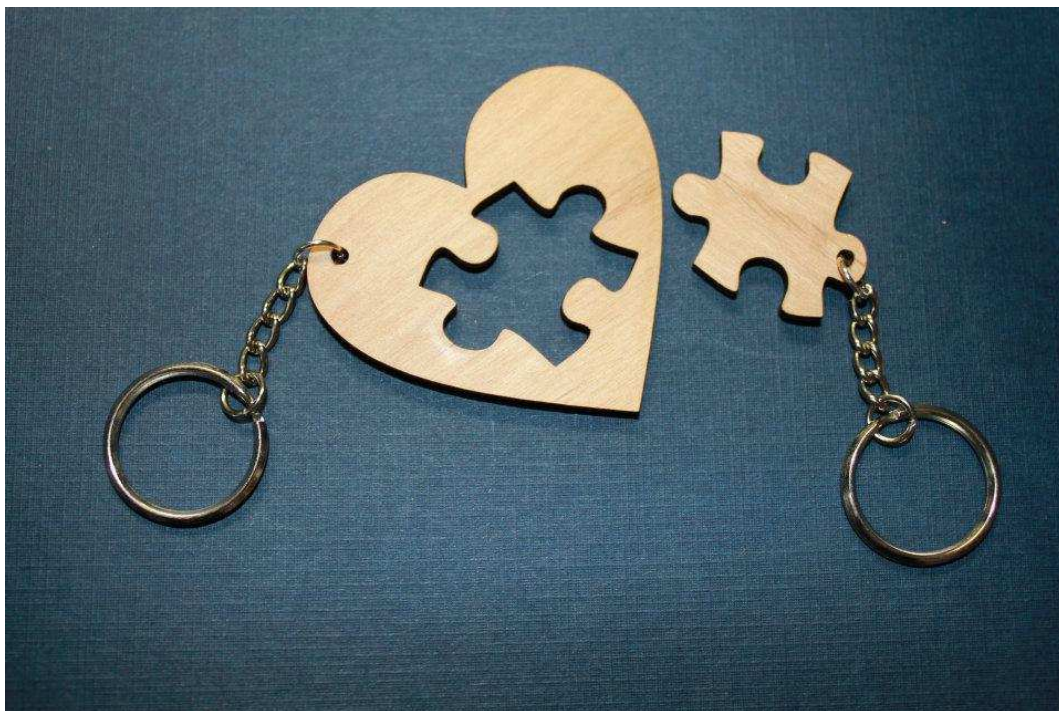
Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



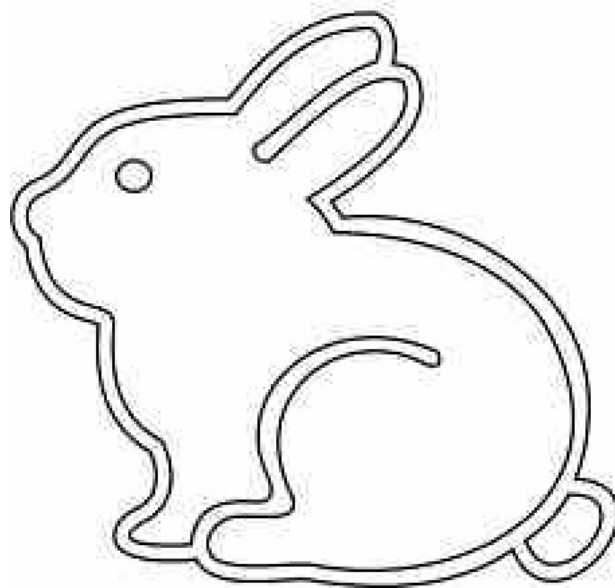
Вариант 6



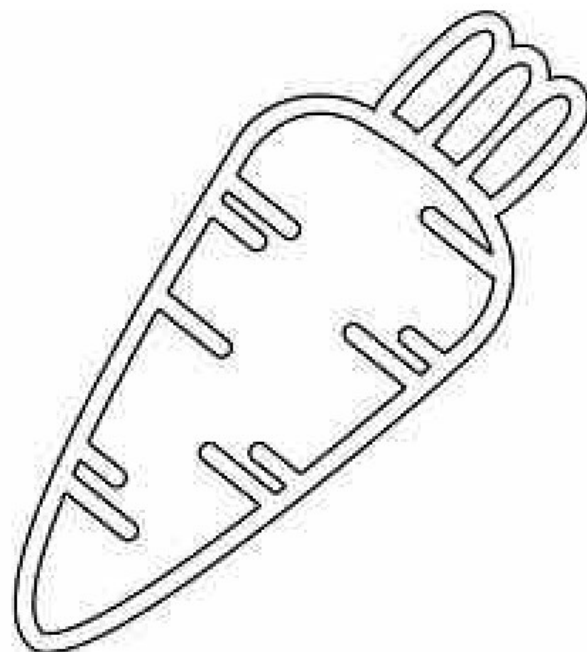
Вариант 7



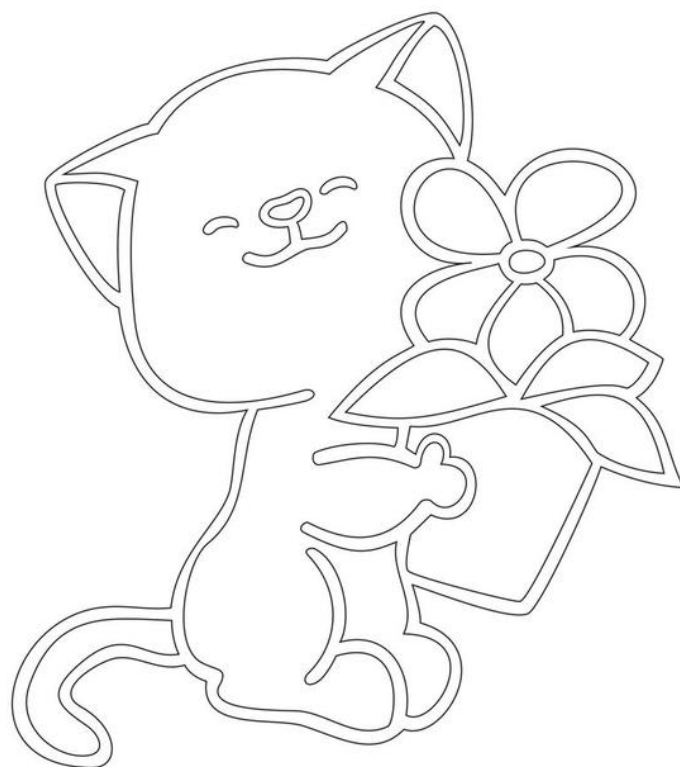
Вариант 8



Вариант 9



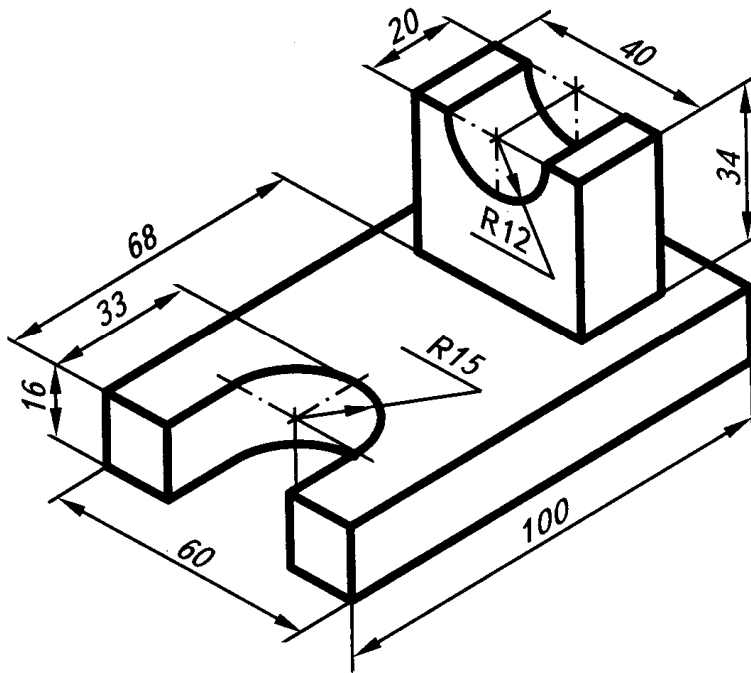
Вариант 10



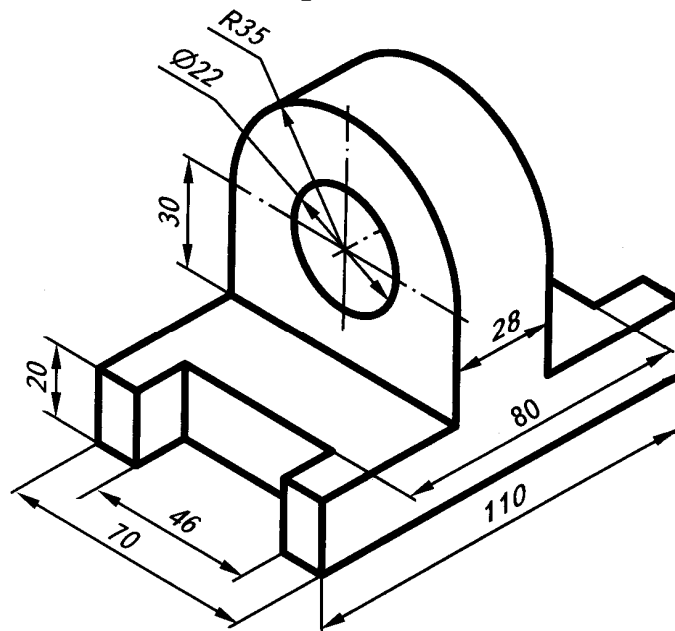
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
3D-МОДЕЛЕЙ
Autodesk Tinkercad

Задание 1. Смоделировать 3D-модели по чертежам.

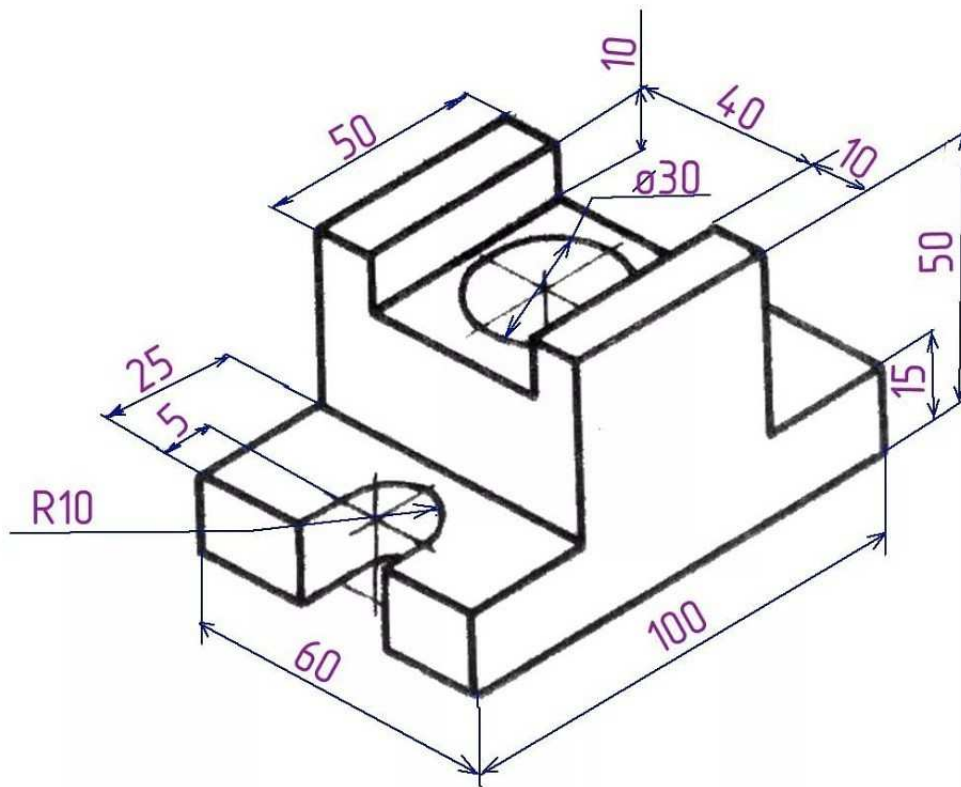
Вариант 1



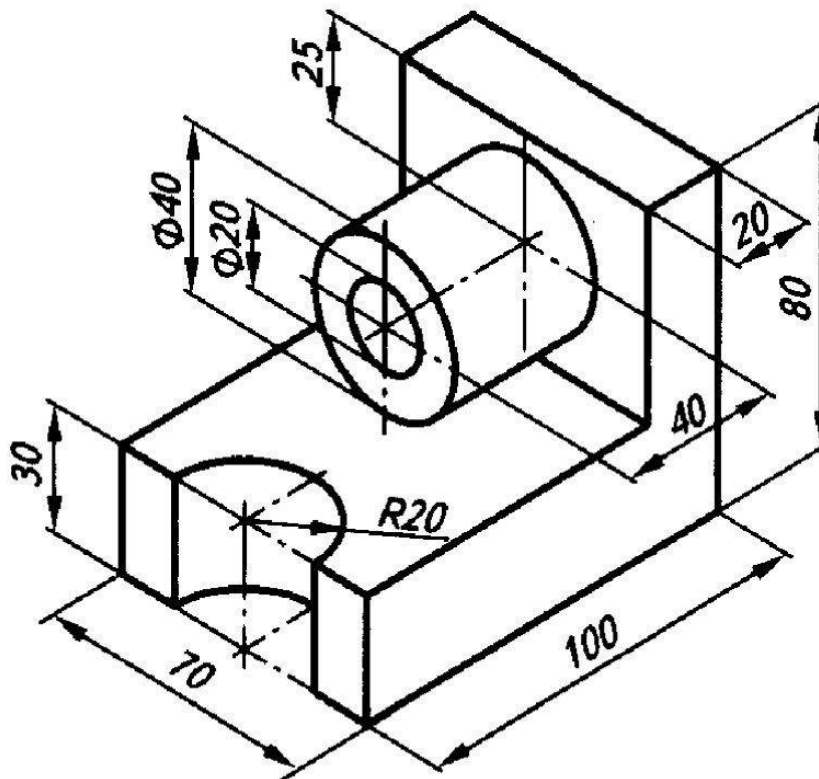
Вариант 2



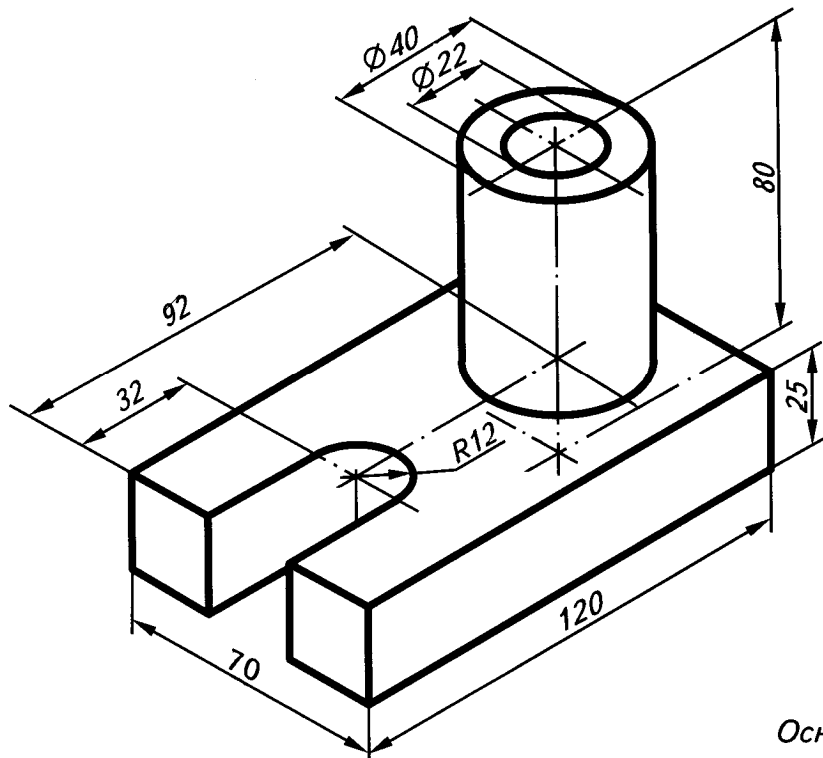
Вариант 3



Вариант 4

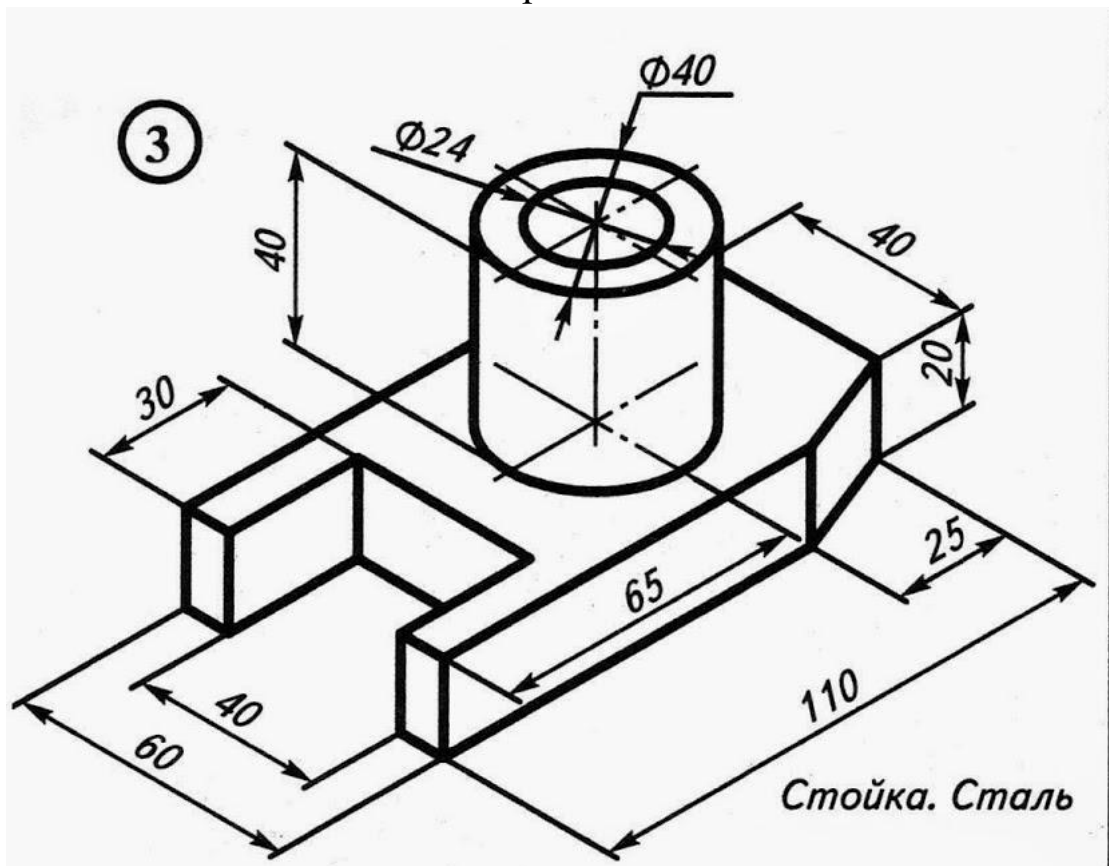


Вариант 5



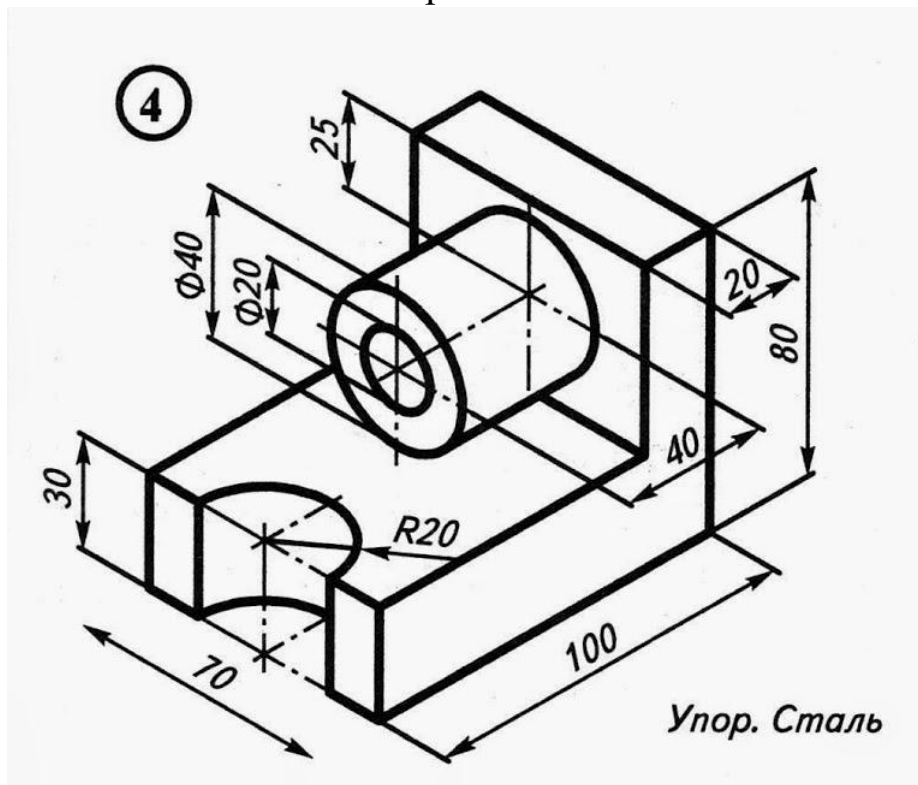
Основание.

Вариант 6

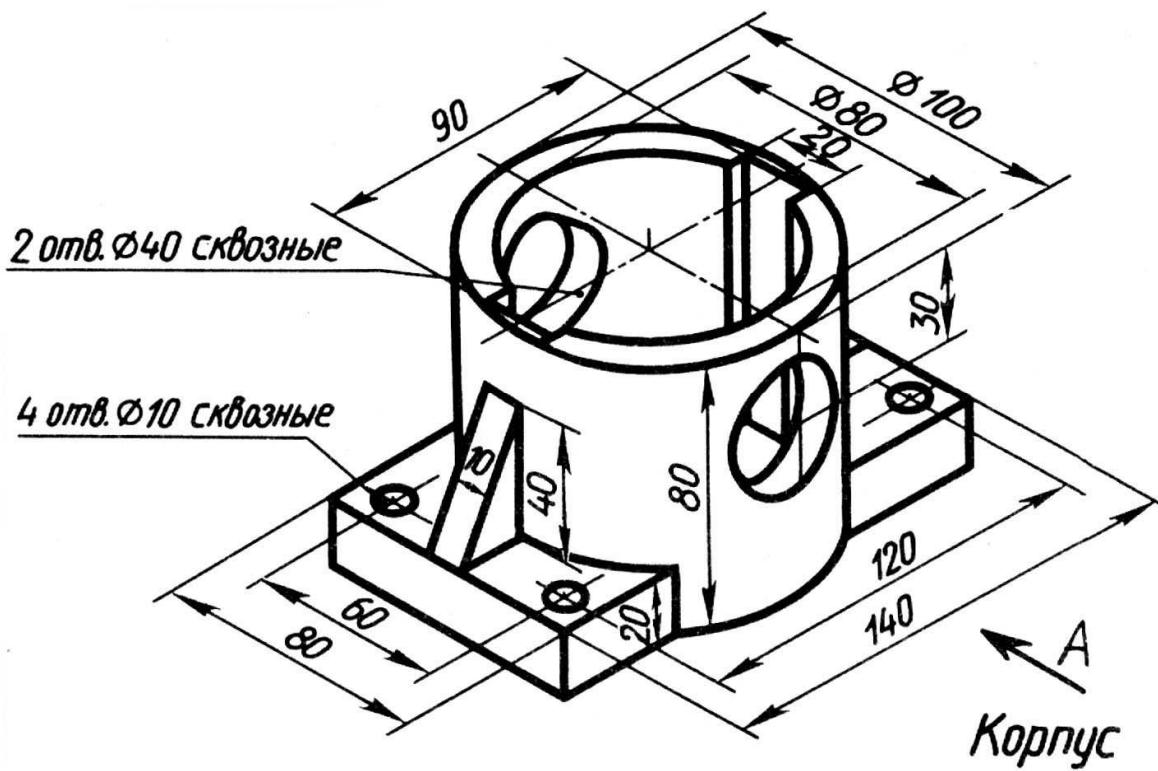


Стойка. Сталь

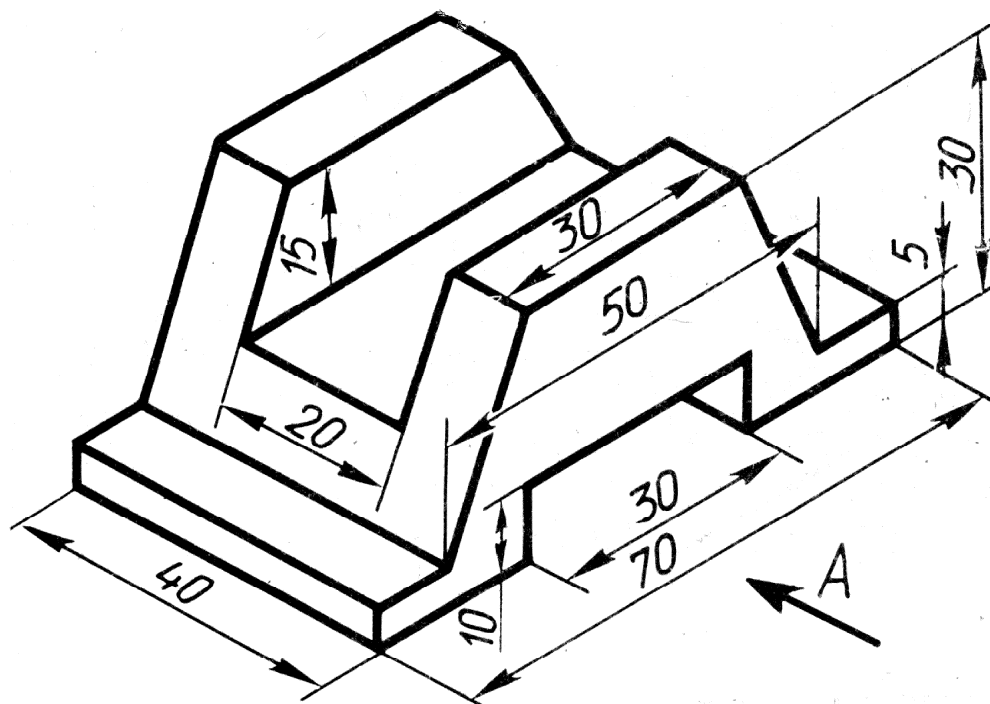
Вариант 7



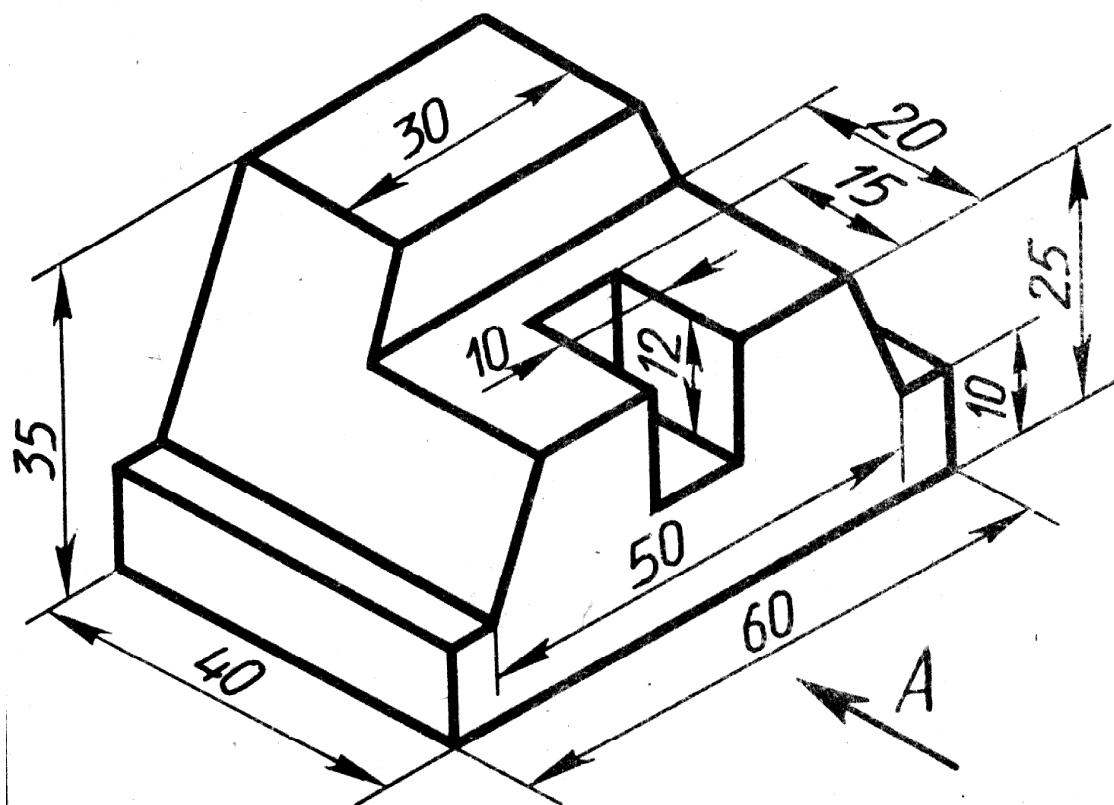
Вариант 8



Вариант 9

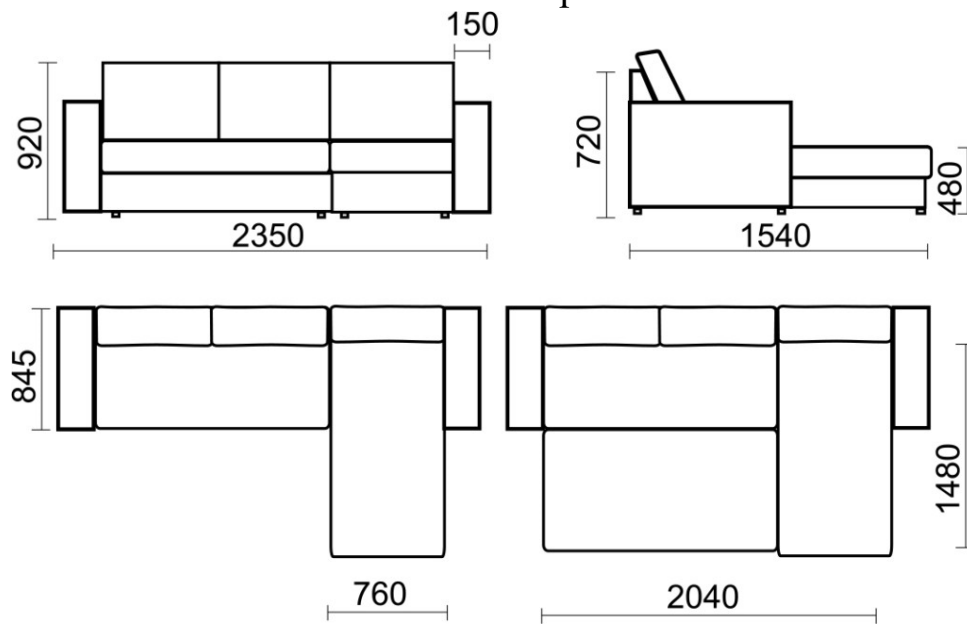


Вариант 10

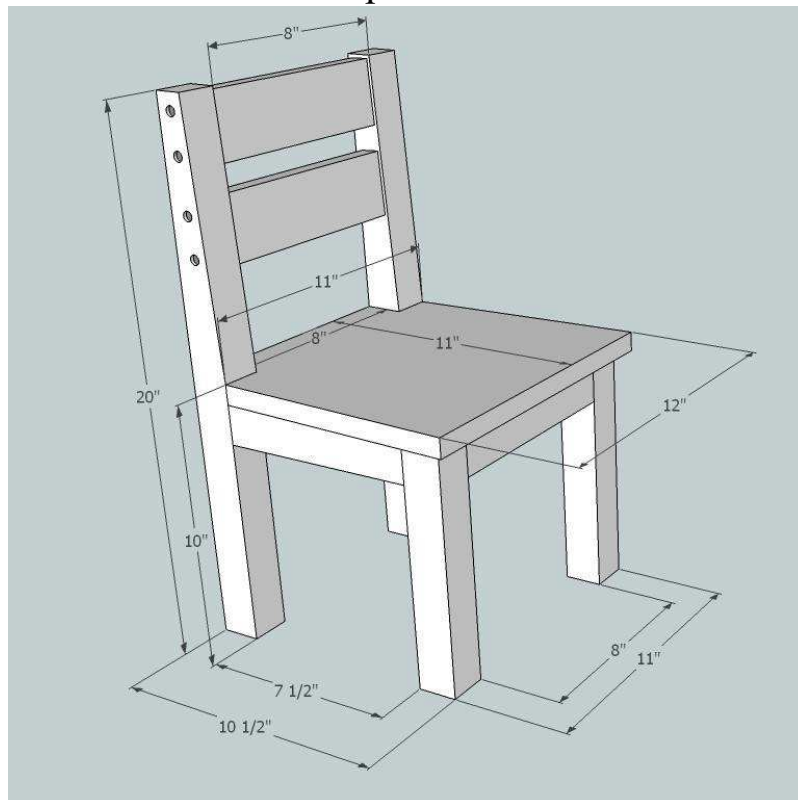


Задание 2. Смоделировать 3D-модели мебели по чертежам.

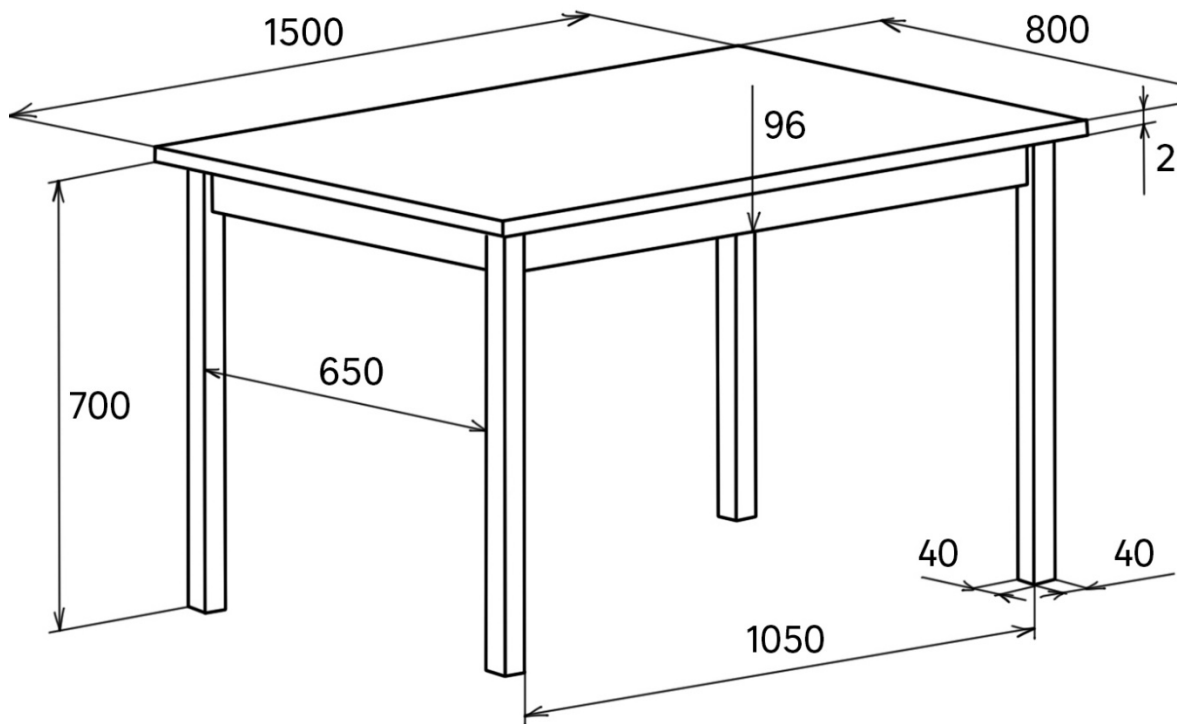
Вариант 1



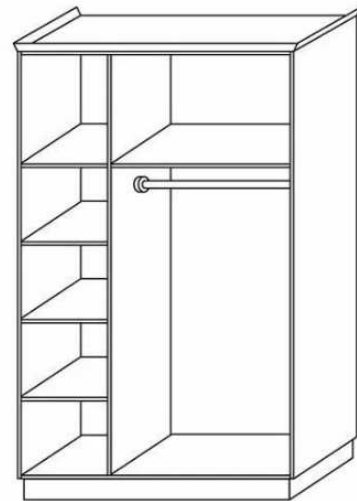
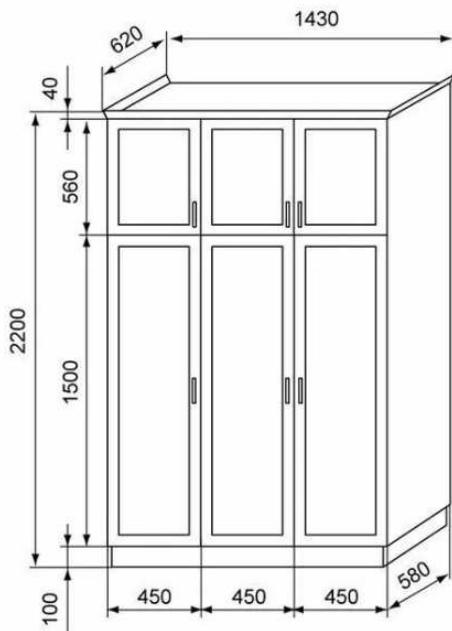
Вариант 2



Вариант 3

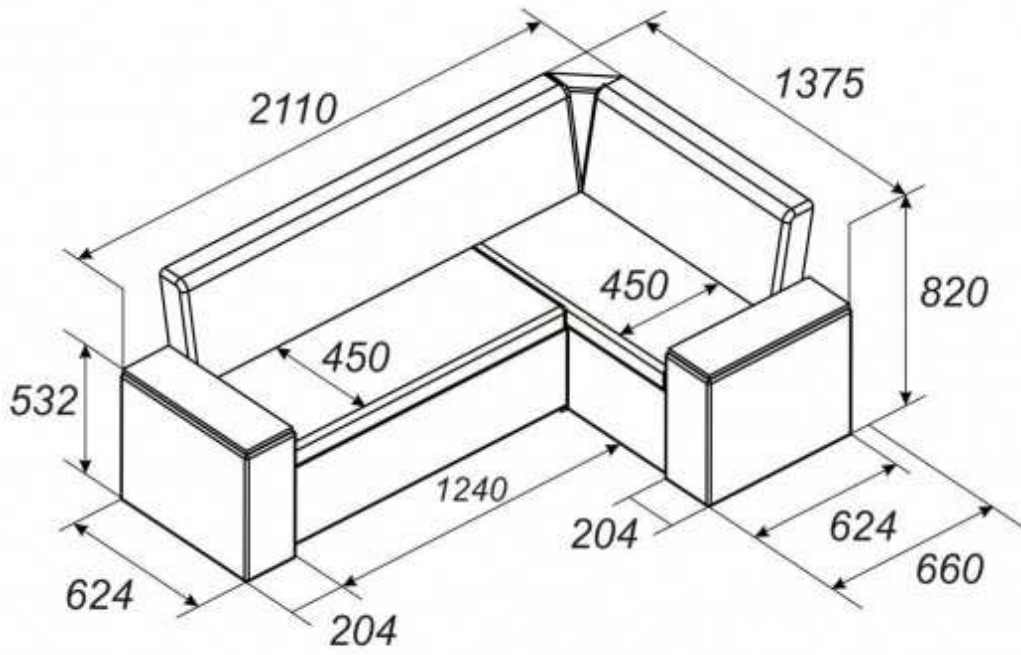


Вариант 4

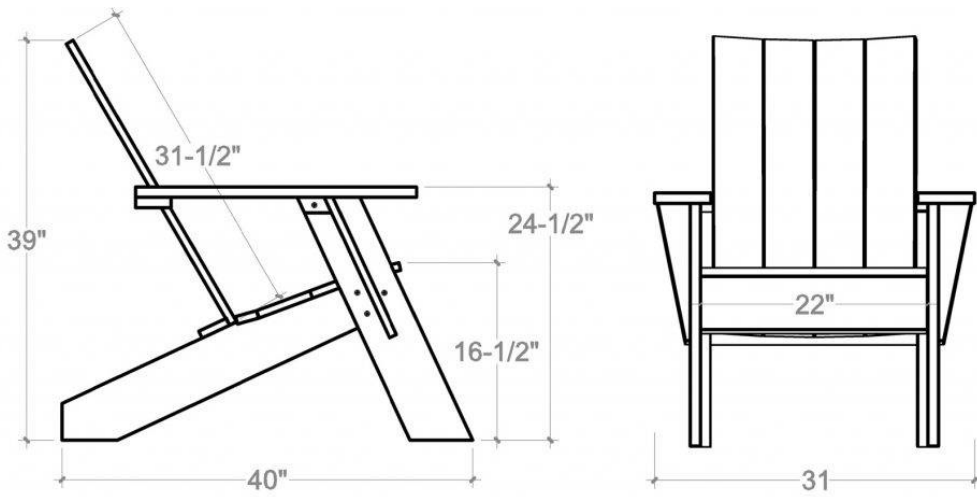


arv.pro

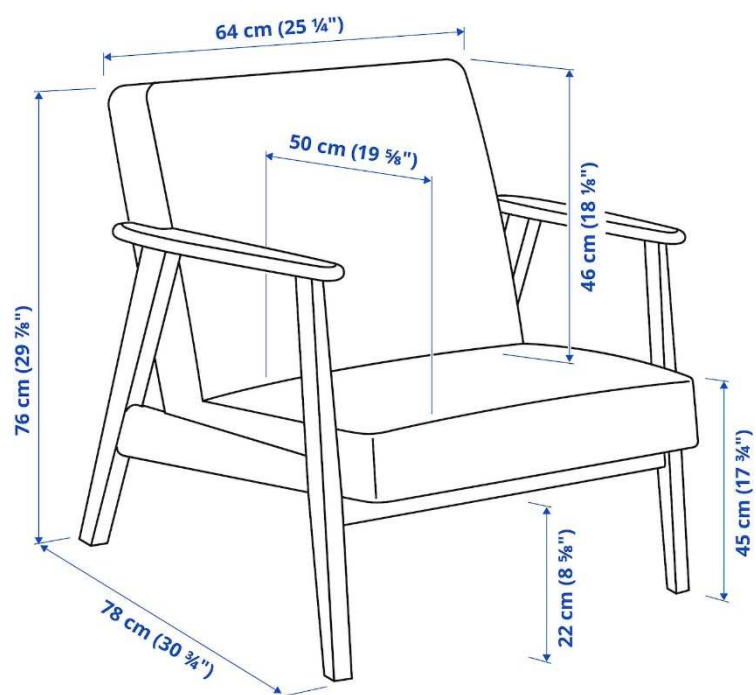
Вариант 5



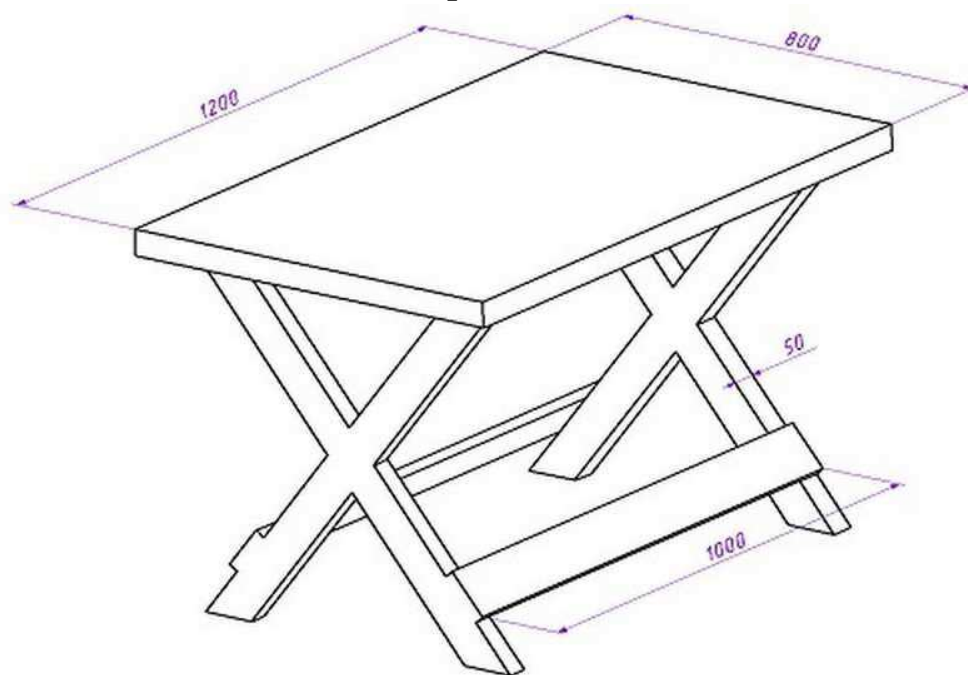
Вариант 6



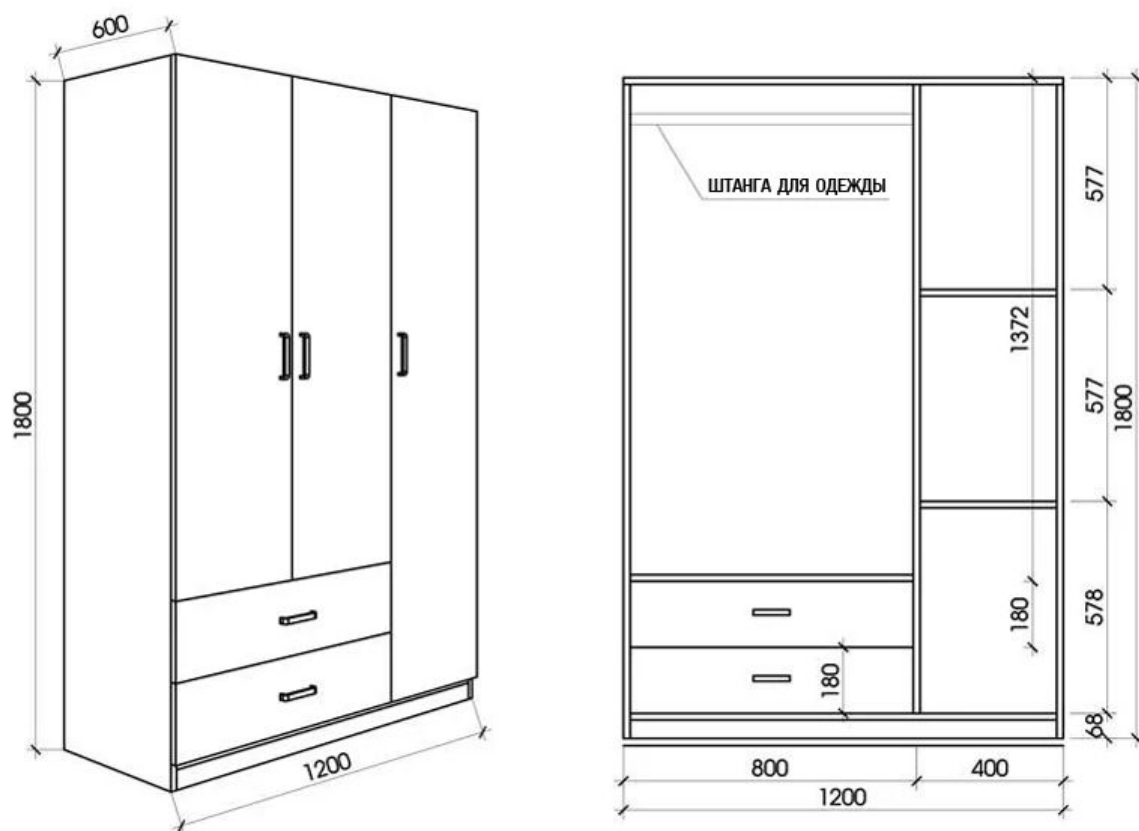
Вариант 7



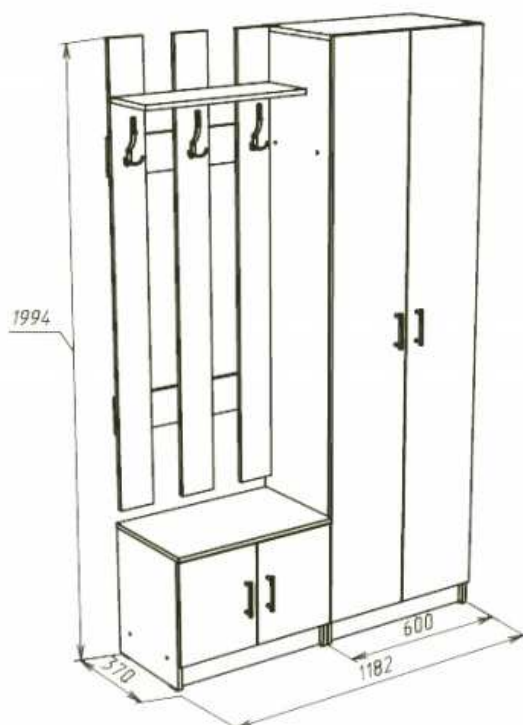
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



Vectary

Задание 1. Смоделировать 3D-модели по фото.

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



Вариант 6



Вариант 7



Вариант 8



Вариант 9

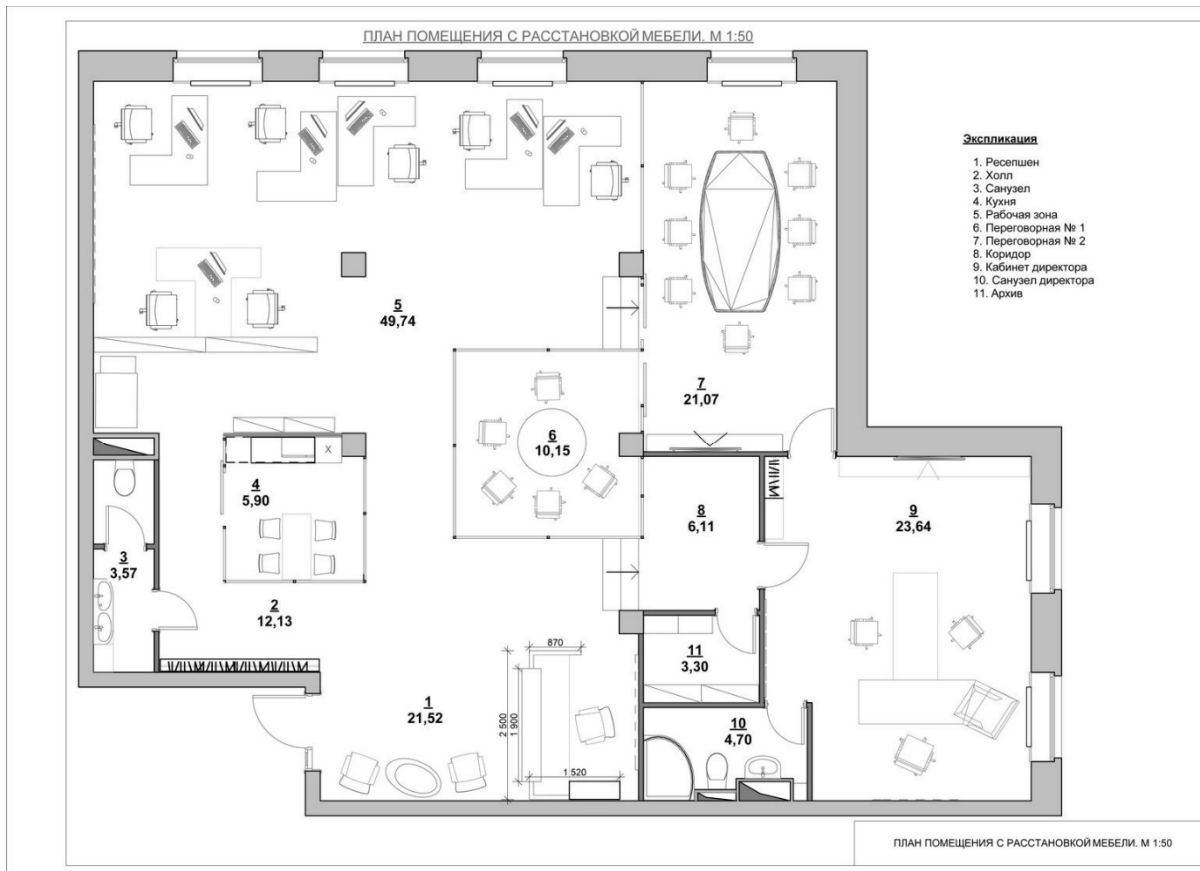


Вариант 10



SketchUp

Задание 1. Построить комнату по чертежу, расставив там модели мебели

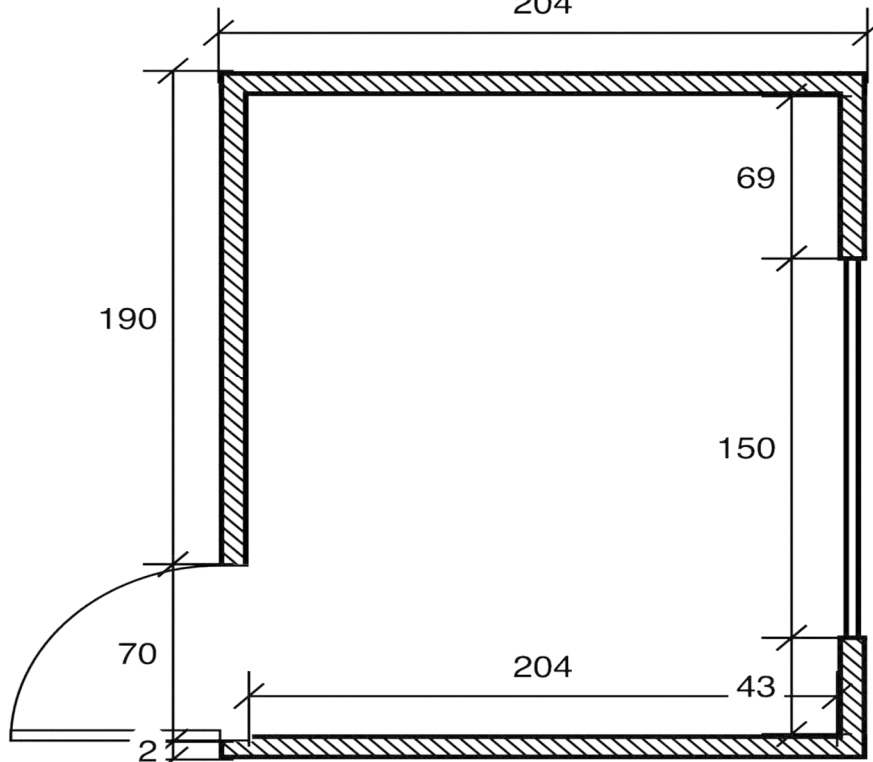


Задание 2. Построить комнату в следующем стиле и цветовой гамме:

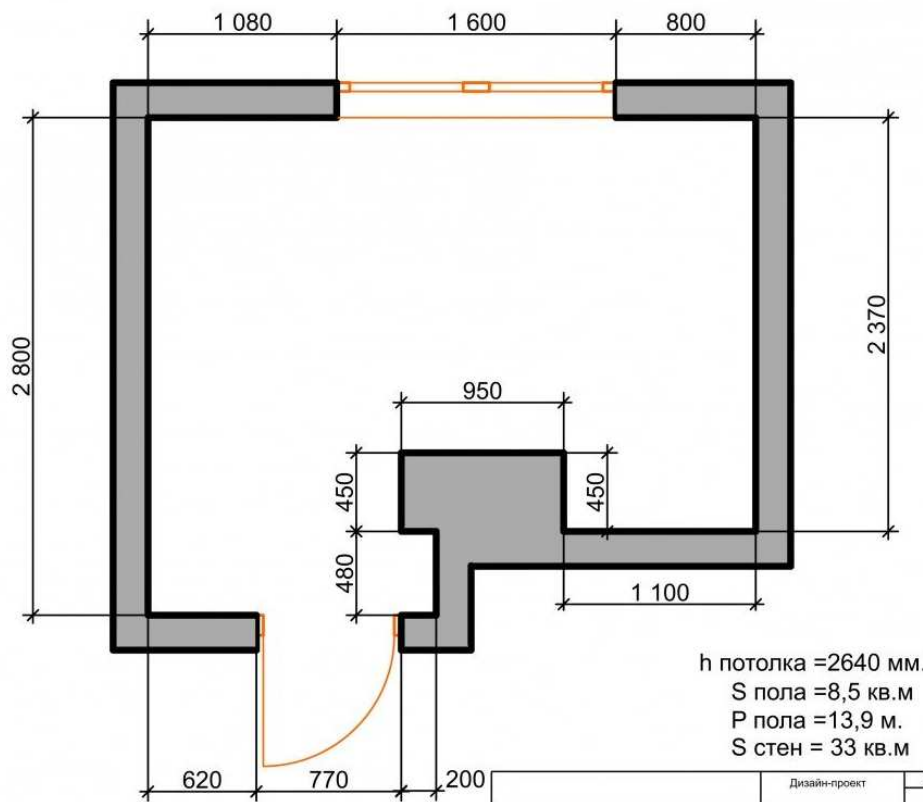


Задание 3. Построить комнату по чертежу, в соответствии с вариантом:

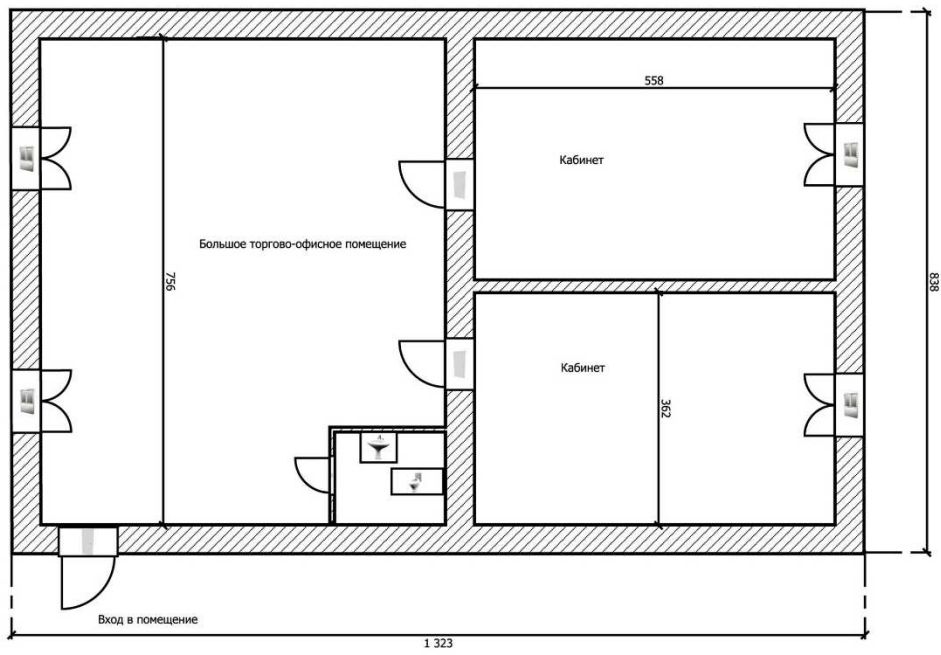
Вариант 1
204



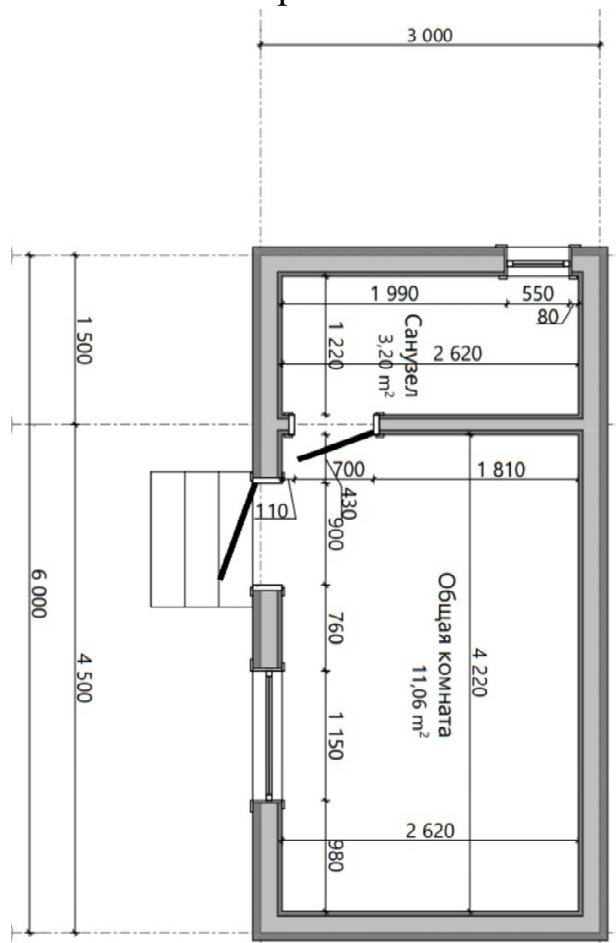
Вариант 2



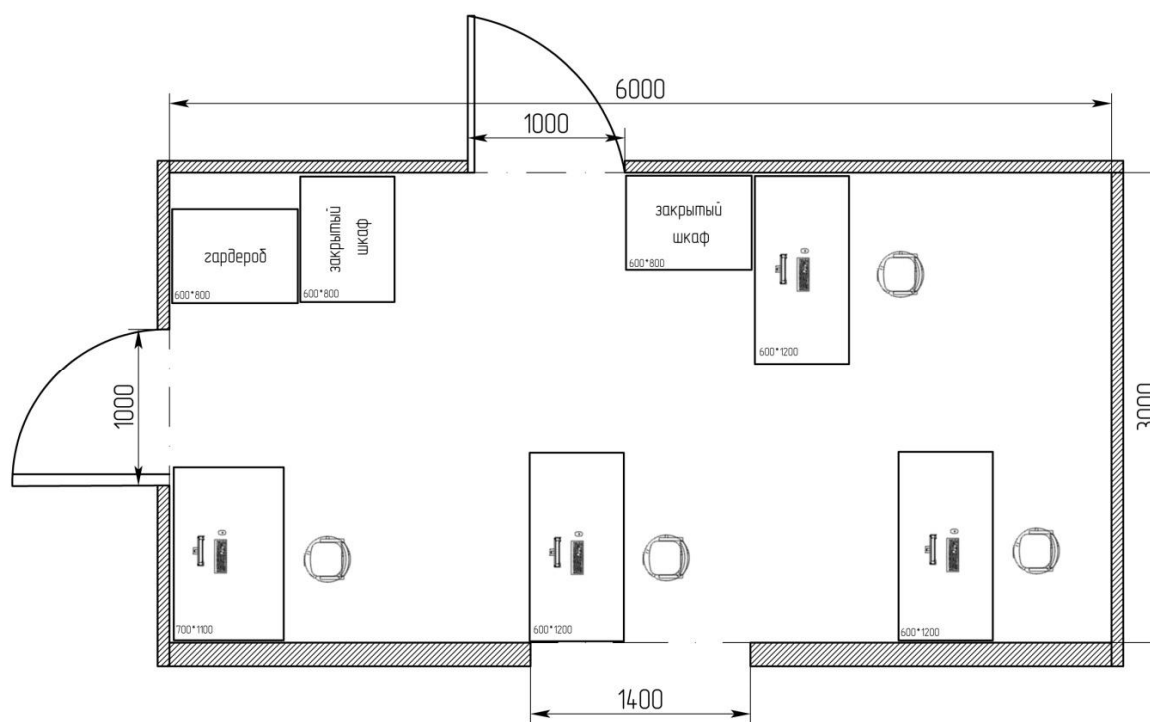
Вариант 3



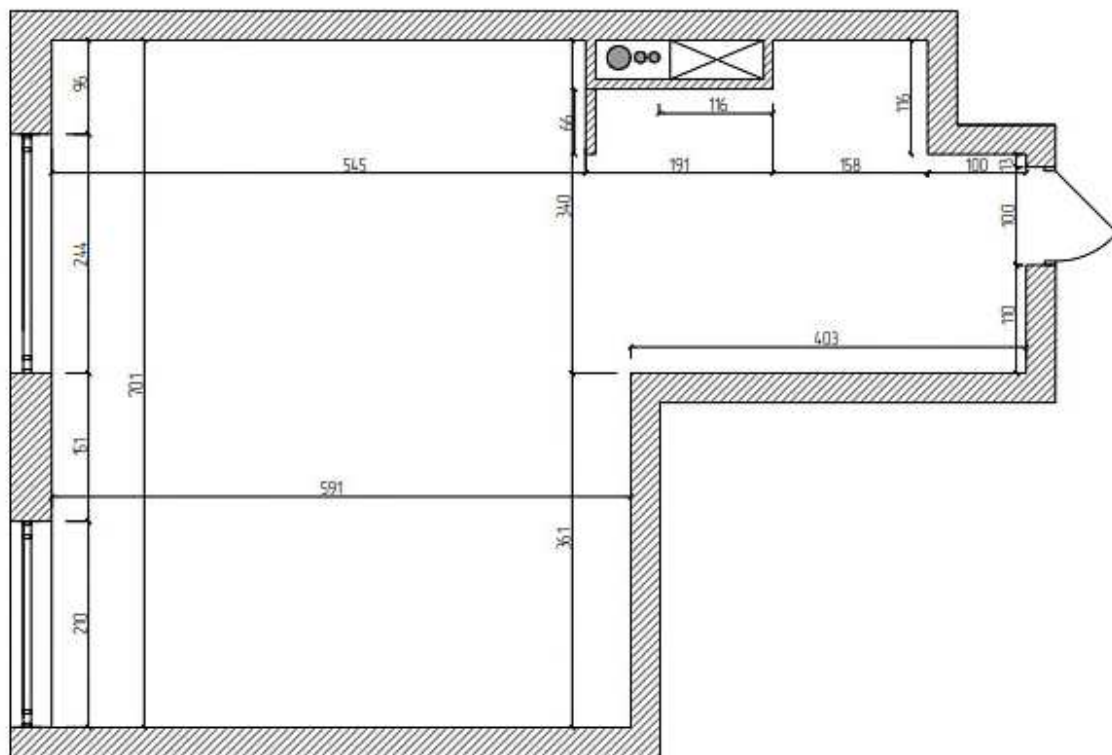
Вариант 4



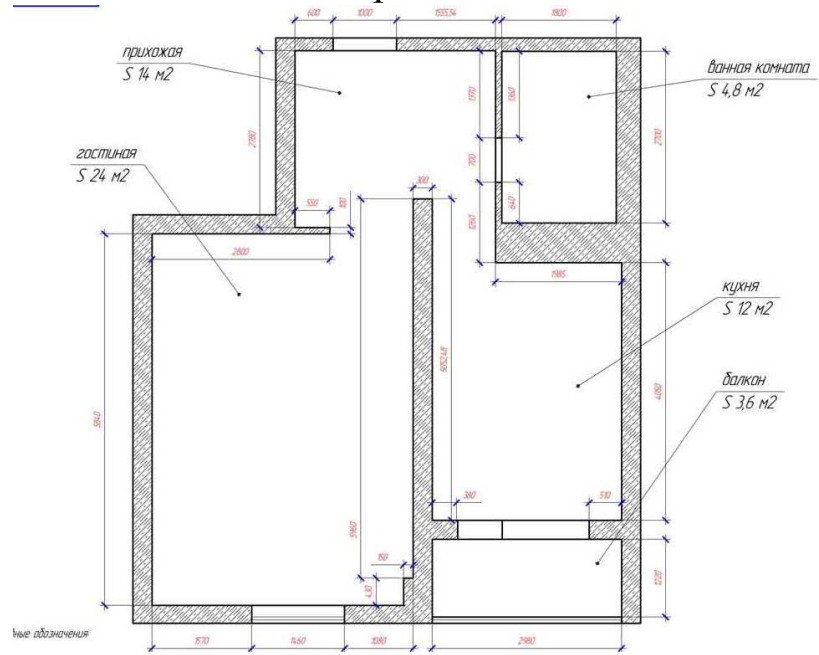
Вариант 5



Вариант 6



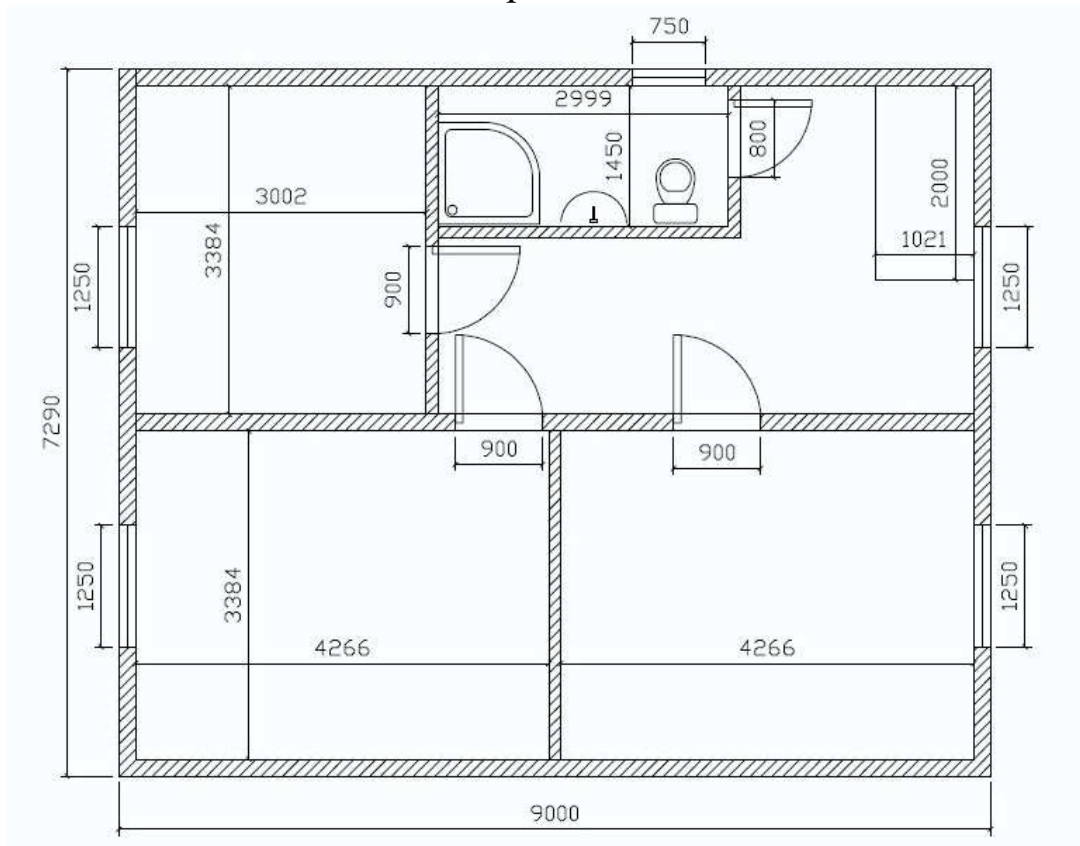
Вариант 7



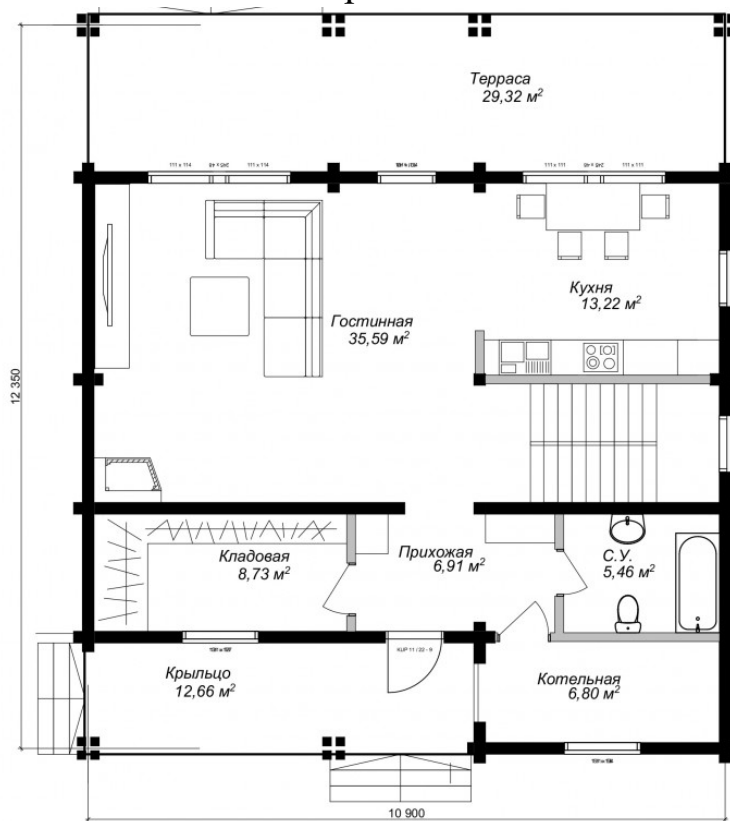
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



3dsmax

Задание 1. Построить модель животного, методом полигонального моделирования
Вариант 1



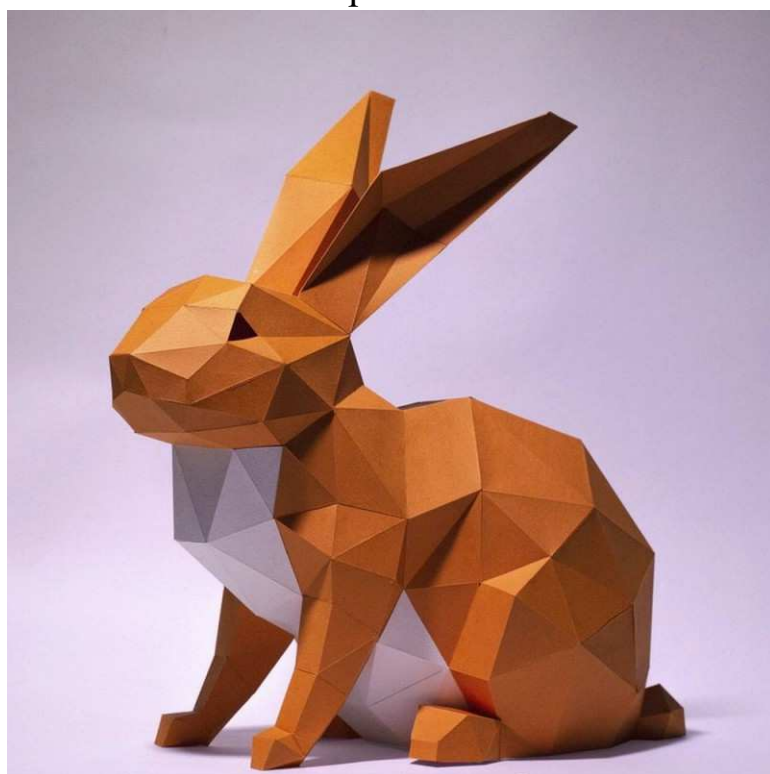
Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4



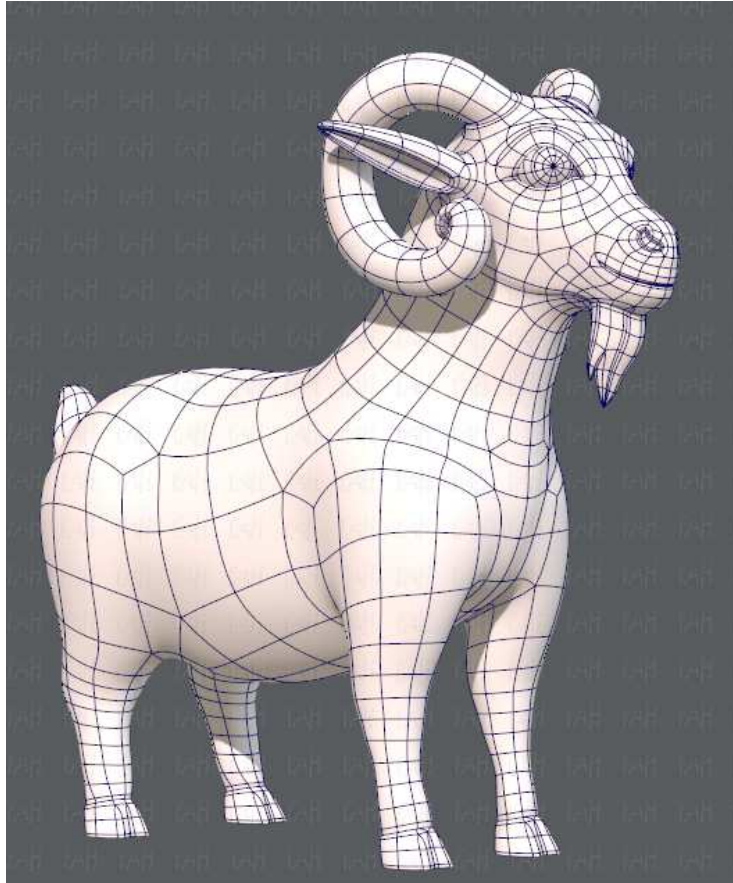
Вариант 5



Вариант 6



Вариант 7



Вариант 8



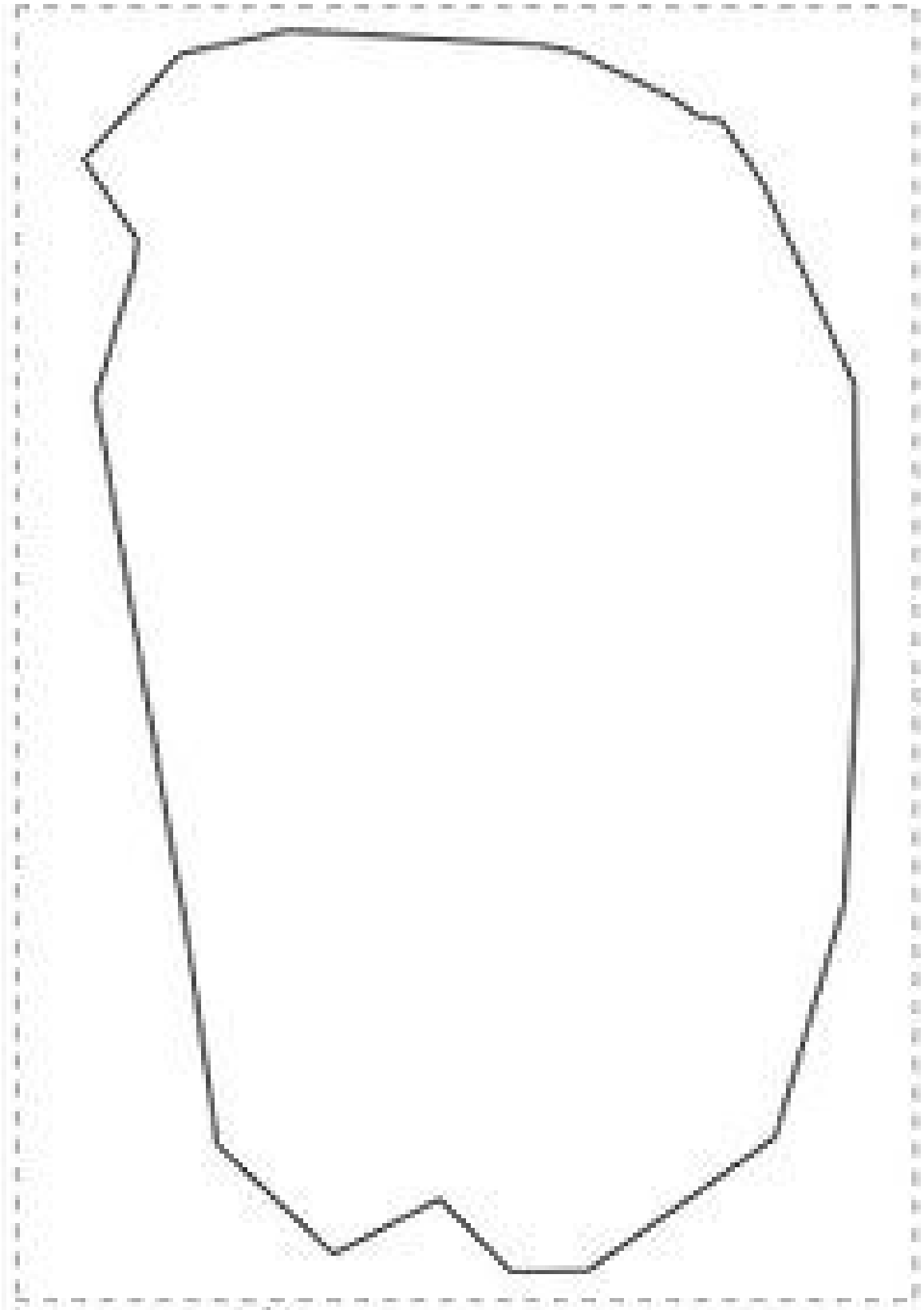
Вариант 9

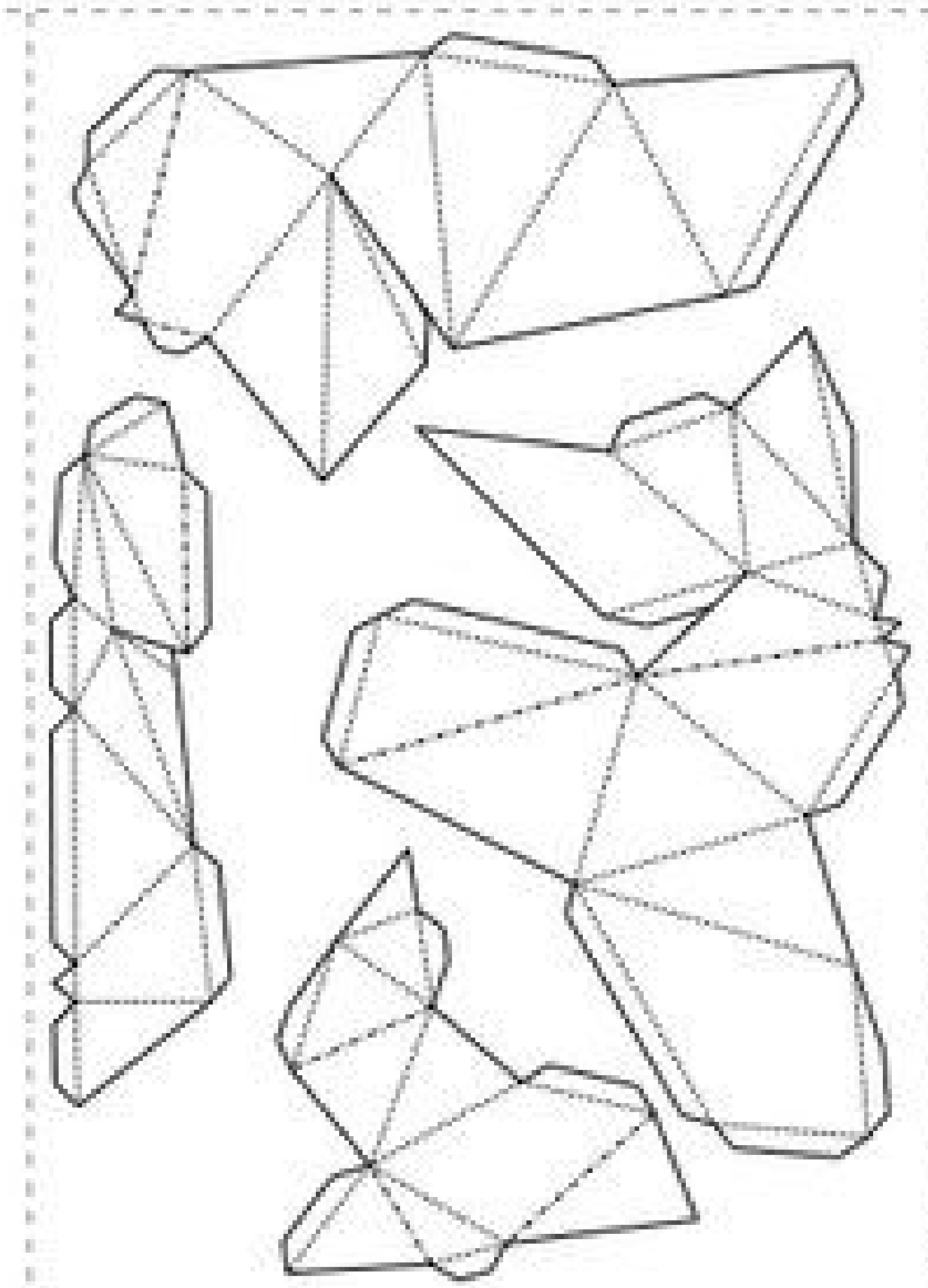


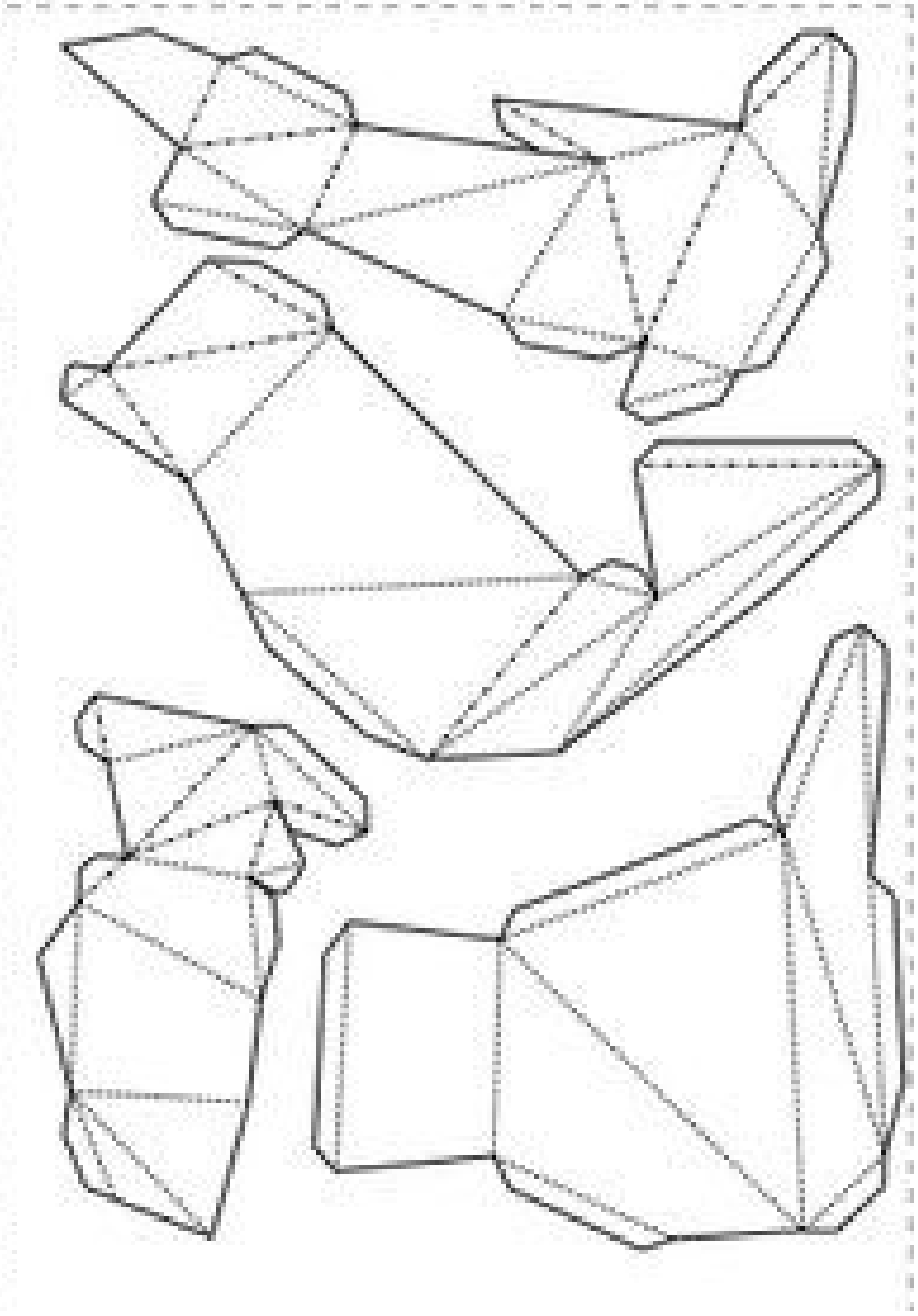
Вариант 10

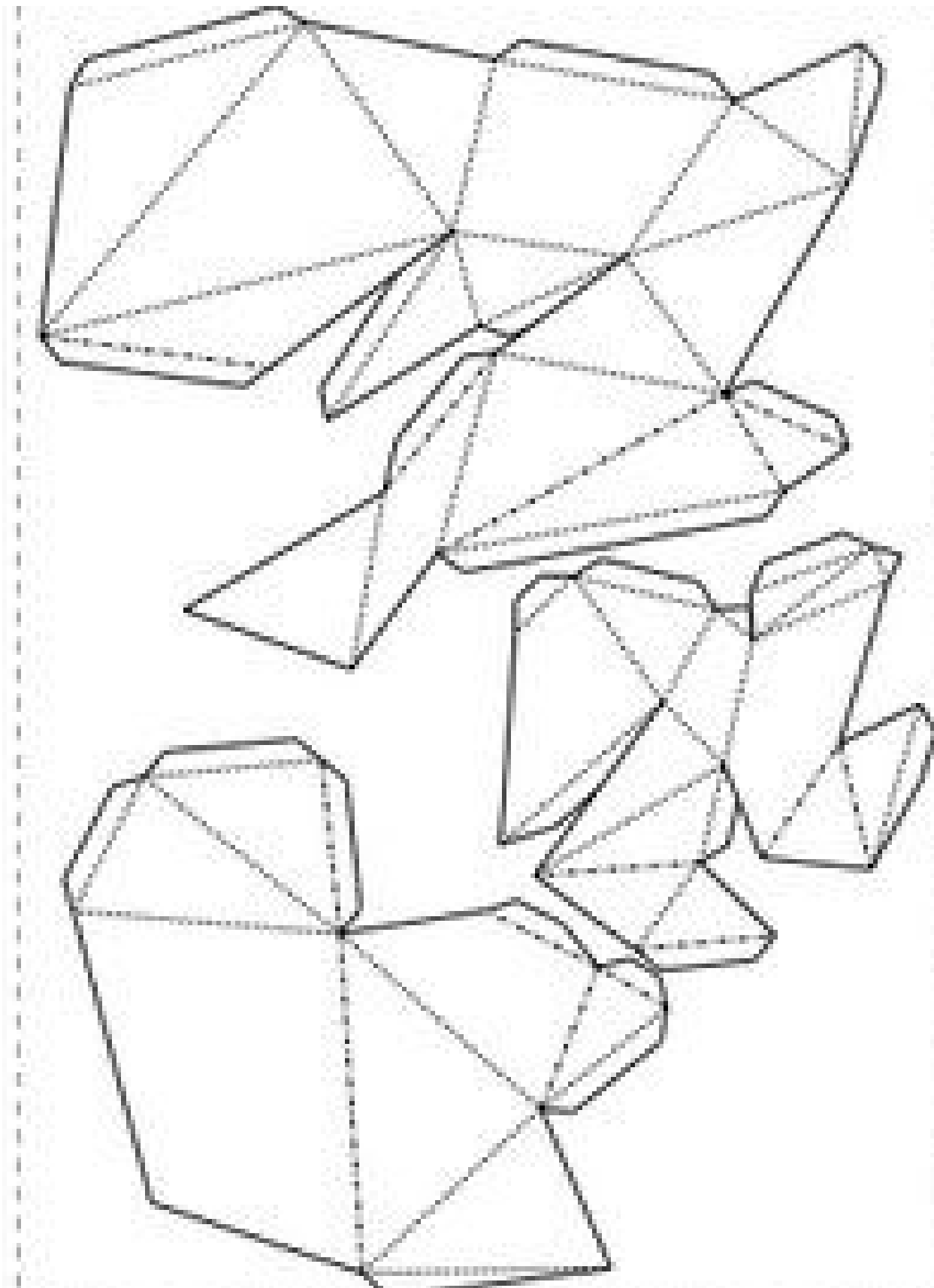


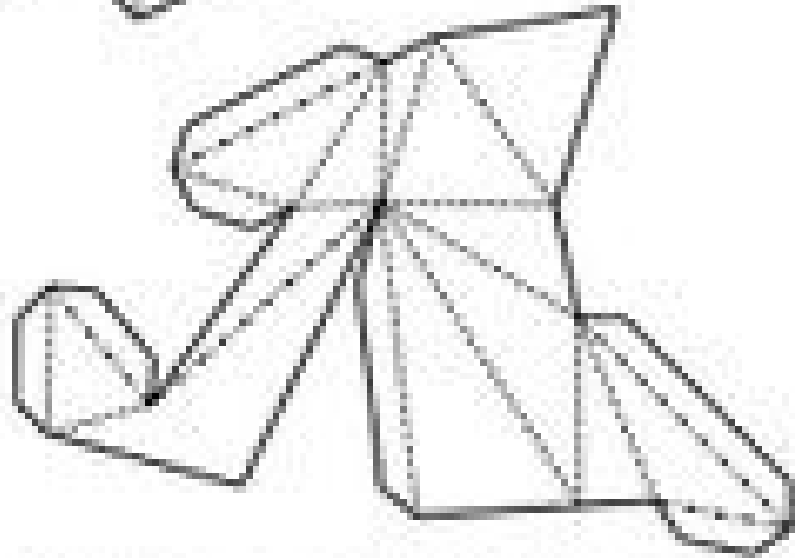
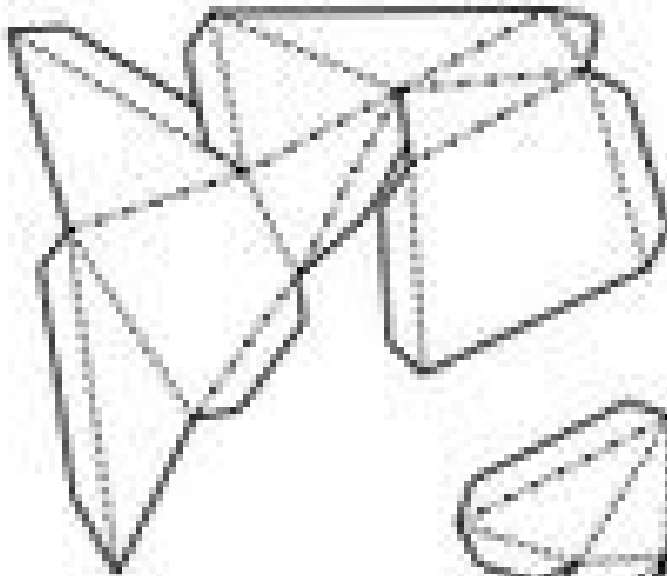
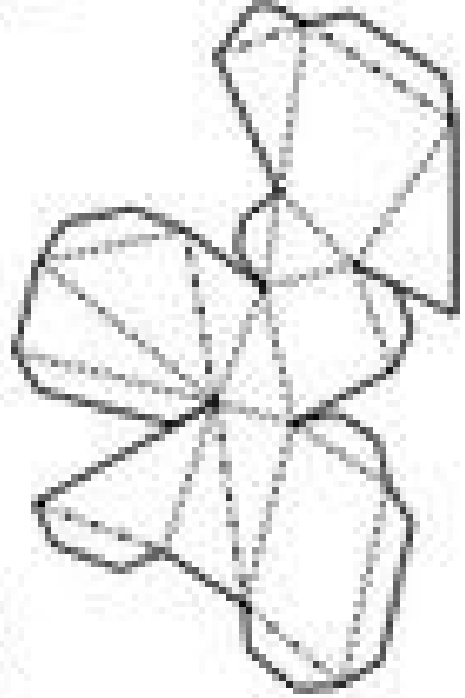
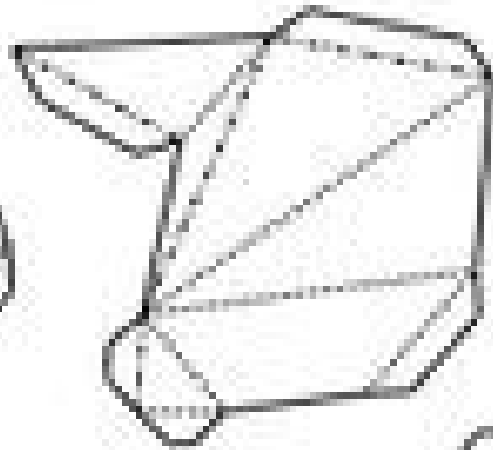
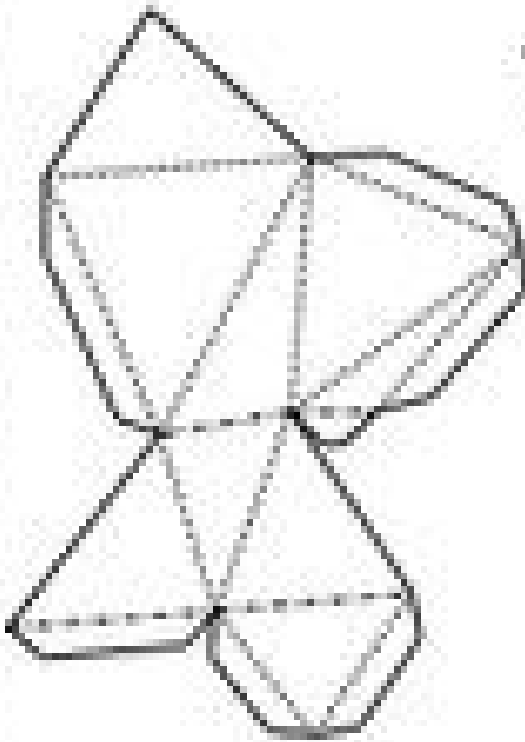
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

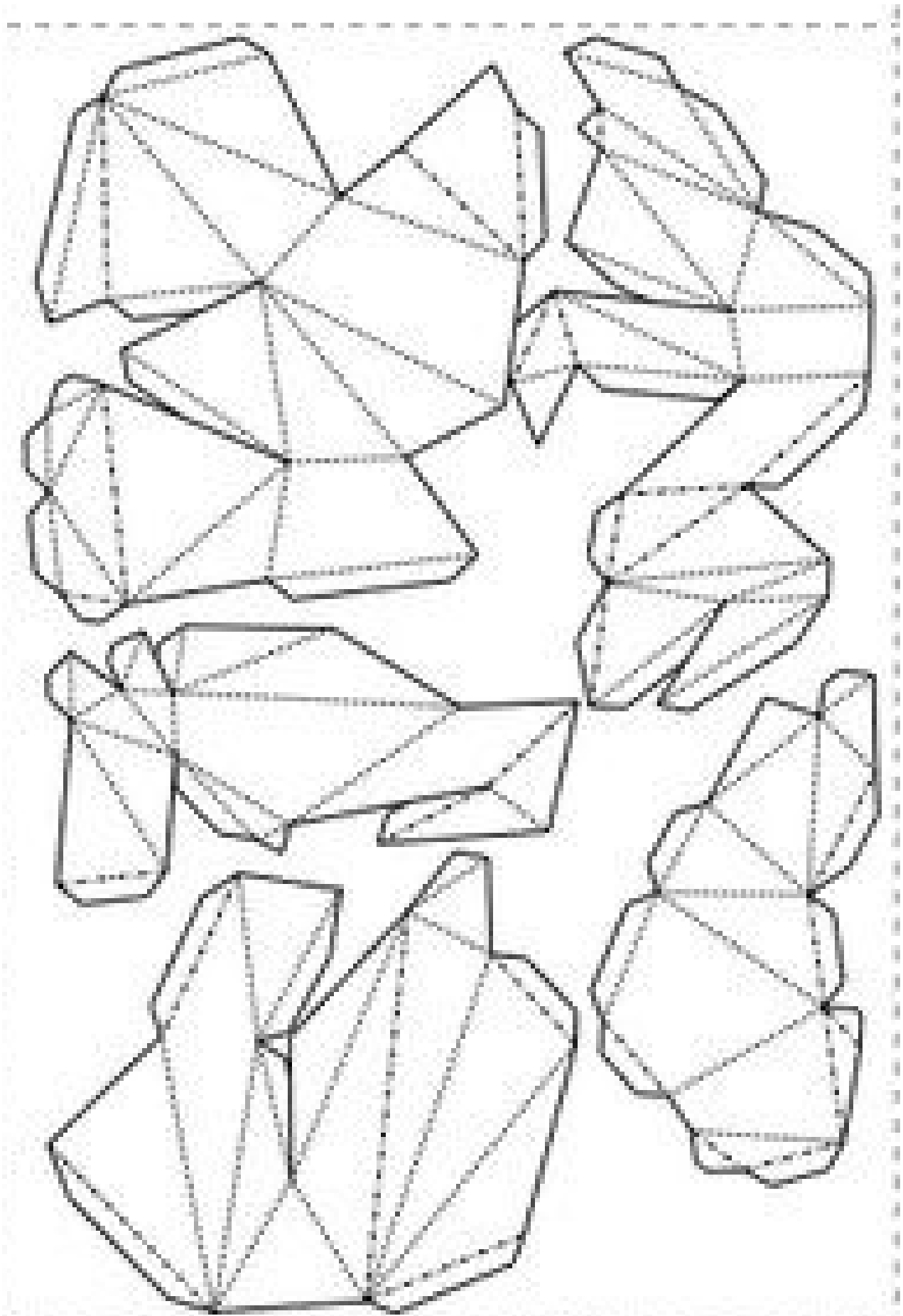


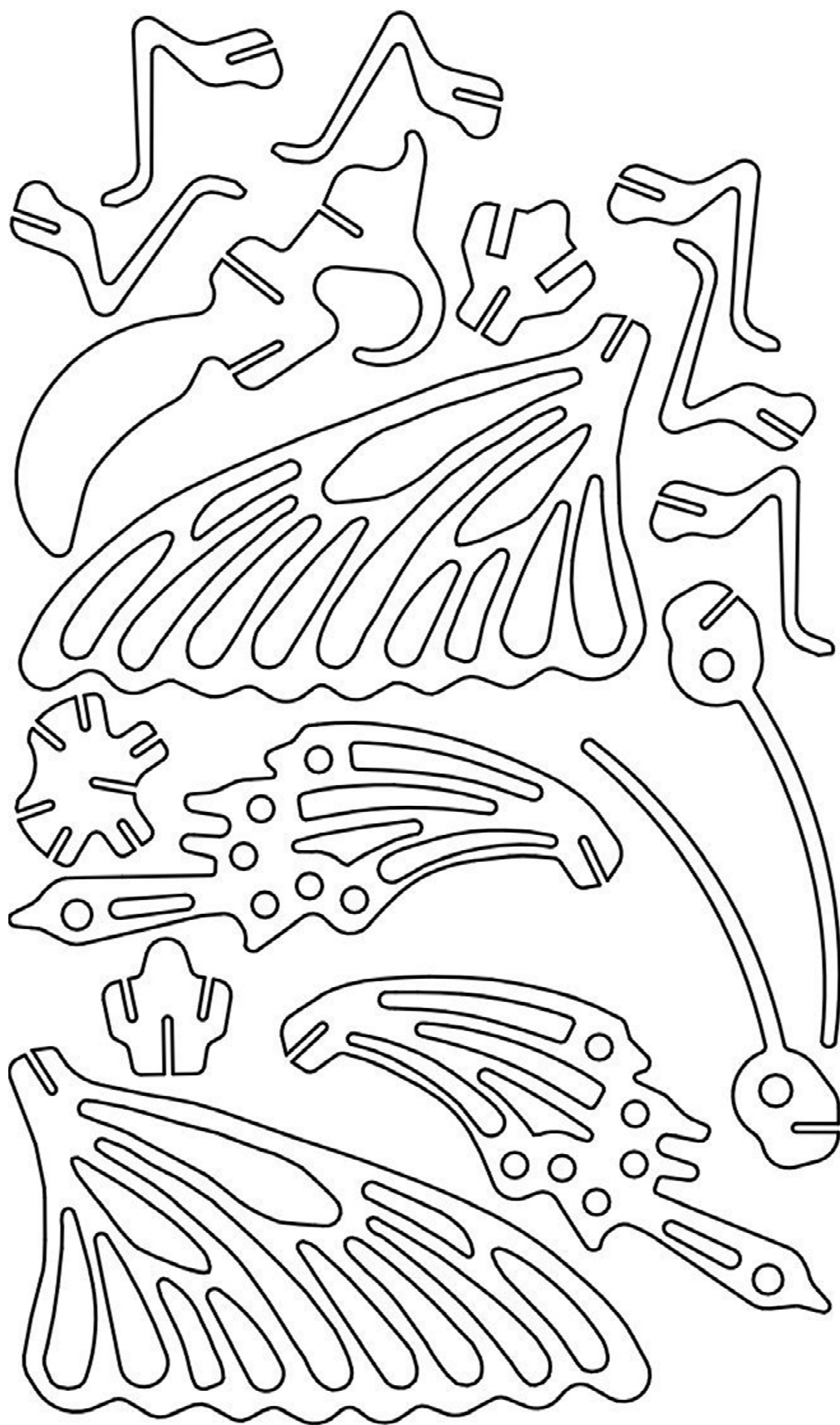












ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном процессе сейчас повсеместно используются мультимедийное оборудование и телекоммуникационные технологии. Вместе с тем высокая скорость развития технологий и соответственно короткий цикл жизни оборудования ставят перед образованием новые требования, одно из которых – необходимость привлечения и удержания внимания обучающихся к процессу обучения. Современным трендом в образовательных технологиях, отвечающим всем требованиям и обладающим огромным потенциалом, являются 3D-технологии.

Основной задачей 3D-моделирования служит представление о будущем объекте или предмете, для того чтобы выпустить какой-либо объект, необходимо чёткое понимание его конструктивных особенностей в мельчайших деталях для последующего воспроизведения в промышленном дизайне или архитектуре.

Работа по моделированию начинается с эскиза и заканчивается конечной 3D-моделью, причем за основу берется выполненная модель будущего объекта. Ещё на ранней стадии можно получить реалистичное и подробное представление о будущей 3D-модели, которая возможно существует только в виде эскиза или на стадии идеи. Тем самым мы имеем возможность от идеи перейти к глубокому проектированию и воссозданию конечного результата.

Бывают случаи, когда, используя только 3D-модель, у исполнителя получалось более подробно во всех деталях донести до заказчика и конечного потребителя все преимущества и особенности продукта. 3D-модель проекта передает весь смысл предложенного. Это позволяет заказчику четко представить результат, а значит более охотнее принять решение в положительную сторону.

Например, если наша цель - создание более качественного материала, то на помощь придёт 3D-модель, которая в мельчайших подробностях способна донести всю палитру текстур и объёмов, а также прозрачность и отражение. Работа с дизайном интерьера в отличие от промышленного дизайна требует чётко различать границы и видеть, как будет выглядеть проект при разном освещении (днём и ночью). Значит надо всегда обращать внимание на форму, источники освещения, размер будущего объекта.

Трёхмерное моделирование (3D-графика) на сегодняшний день получило довольно широкий спектр применения за счёт постоянно расширяющихся инструментов и более практичного функционального подхода. Стоит отметить тот факт, что сфер применения 3D-моделирования большое количество и есть смысл использования его в самых незаурядных проектах, когда возможно более детально разобрать все нюансы.

Можно сделать вывод, что область применения 3D-моделирования не только широка, но и очень востребована. Существует ряд различных программ для построения трёхмерной модели. Трёхмерное моделирование отличается фотографической точностью и позволяет лучше представить разработчику, как будет выглядеть проект, воплощенный в жизни. 3D-модель обычно производит гораздо большее впечатление, чем все остальные способы презентации будущего проекта. Передовые технологии позволяют добиваться потрясающих результатов [10].

Конечно, в основном трёхмерные модели используются в демонстрационных целях. Они незаменимы для презентаций, выставок, а также при работе с клиентами, когда необходимо наглядно показать, каким будет итоговый результат. Кроме того, методы трёхмерного моделирования нужны там, где необходимо показать в объеме уже готовые объекты или те объекты, которые существовали когда-то давно. Трёхмерное моделирование это не только будущее, но и прошлое и настоящее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хрусталева, Н. В. Применение аддитивных технологий в проектной деятельности студентов педагогических вузов / Н. В. Хрусталева, А. Н. Логинов, Д. Н. Логинова // Педагогика. Вопросы теории и практики. – 2022. – Т. 7. – № 8. – С. 871-877. – DOI 10.30853/ped20220133. – EDN KGJQPP.

2. Кунина, М. В. Использование 3D моделирования в обучении как метод активизации творческого потенциала учащихся / М. В. Кунина, Н. В. Хрусталева // Development of the creative potential of a person and society : Materials of the VII international scientific conference, Prague, 17–18 января 2019 года. – Prague: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2019. – С. 12-16. – EDN YWFKST.

3. Бугрова, Е. П. Бумажное моделирование: практика развития творческой деятельности у школьников в процессе обучения технологии посредством работы с бумагой / Е. П. Бугрова, Н. В. Хрусталева // Лучшая студенческая статья 2019 : Сборник статей XX Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 30 марта 2019 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 215-220. – EDN ZBMGQP.

4. Хрусталева, Н. В. Методика проведения внеурочных занятий по технологии с использованием 3D-технологий / Н. В. Хрусталева // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых : Сборник материалов заочных научно-практических конференций, Владимир, 15–30 апреля 2020 года. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2020. – С. 2763-2770. – EDN UUEFCO.

5. Хрусталева, Н. В. Программно-методическое обеспечение кружка по технологии «мир аддитивных и лазерных технологий» / Н. В. Хрусталева // Лучшая студенческая статья 2020 : Сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса. В 5-ти частях, Петрозаводск, 29 ноября 2020 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2020. – С. 168-175. – EDN OXNEMV.

6. Хрусталева, Н. В. Проектная деятельность с использованием 3D-технологий / Н. В. Хрусталева // В мире студенческой науки : сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 10 мая 2021 года. – Пенза: Общество с ограниченной ответственностью "Наука и Просвещение", 2021. – С. 138-140. – EDN ZKADSJ.

7. Хрусталева, Н. В. Совершенствование профориентационной работы школьников с применением 3D технологий / Н. В. Хрусталева // Молодой педагог : сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 30 мая 2021 года. – Пенза: Наука и Просвещение, 2021. – С. 6-8. – EDN IVOOYL.

8. Петелин Александр SketchUp - просто. 3D! Учебник-справочник Google SketchUp Pro v.8 Книга 1. Практик, 2011 – 154 с.

9. Art&Shock: [url]:<https://artandshock-school.com/3dblog/kak-bystro-nastroit-interfeys-v-3ds-max-instruksiya-dlya-novichkov/>

10. Петров Е.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБУЧЕНИИ // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум».

Учебное электронное издание

ХРУСТАЛЕВА Надежда Владимировна

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ТВОРЧЕСТВЕ

Учебное пособие

Издается в авторской редакции

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10;
Adobe Reader; дисковод CD-ROM.

Тираж 25 экз.

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Изд-во ВлГУ
rio.vlgu@yandex.ru

Педагогический институт
кафедра технологического и экономического образования
ttd.tef@vlsu.ru