

## ГЛАВА 4.

### РАМА (ШАССИ) 3D- ПРИНТЕРА.

Рама 3D- принтера должна иметь достаточную жесткость и прочность для того, чтобы точность позиционирования сопла экструдера относительно рабочей платформы принтера была достаточной для качественной печати. В первом приближении, эта величина должна составлять 1/10 от диаметра используемого сопла. Так, если сопло используемого экструдера имеет диаметр 0,5мм, то точность его позиционирования должна быть 0,05мм. Получить такие характеристики не так просто, поскольку в системе перемещения и позиционирования люфты и прогибы входящих в состав элементов суммируются. Если посмотреть на схему 3D- принтера, то можно увидеть, что для 3-х координат используются 3 актуатора, и при использовании абсолютно жесткой рамы ошибка по каждой из осей не должна быть больше, чем 0,017мм. Если учесть, что самодельная рама тоже не отличается высокой жесткостью, то ошибку надо снизить до величины 0,01мм. Все эти особенности ограничивают диаметр используемого сопла (если люфты системы позиционирования составляют 1мм, а используемое сопло – 0,1мм, то экструдер просто будет выдавливать расплавленный пластик мимо кромки модели в воздух, и вместо модели на столе вырастет ком из спутанной нити) и точность печати модели.



Рис.1-75

Даже простейший настольный сверлильно - фрезерный станочек весит 40-50Кг и стоит 1500-2000USD, и всё равно, при прямом и обратном ходе фрезы её конец отклоняется на добрых 0,5мм из-за реактивного момента, действующего на фрезу.

Тем не менее, построить прилично работающий 3D- принтер можно, главное достоинство FFF-технологии состоит в том, что это – **БЕСКОНТАКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ!** Инструмент не касается печатаемой детали, и усилие от взаимодействия инструмента и модели отсутствует.

Выбор конструкции рамы реально работающего 3D- принтера должен соответствовать в первую очередь требованиям функциональности, а уж потом – всевозможным дизайнерско - художественным изысканиям.

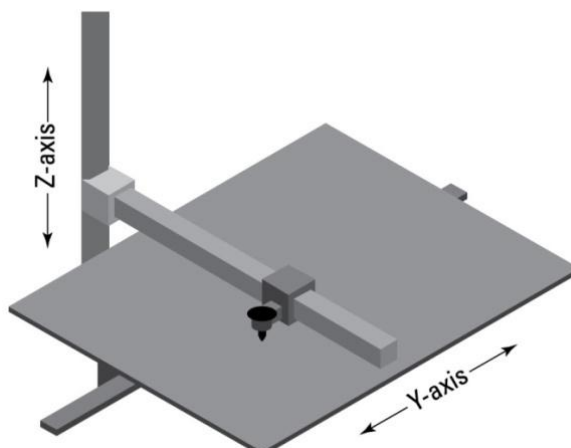


Рис.1-76

Самая понятная и распространенная схема позиционирования использует Декартову систему координат (картезианский робот). Декартова система координат носит название автора, французского математика и философа, Рене Декарта. Его система используется для описания положения любой точки в трехмерном пространстве, измеряя расстояние в трех координатах от начальной точки. Для 3D-принтера исходная точка представляет собой домашнее (нулевое) расположение экструдера на рабочей платформе. Тип системы перемещения принято обозначать как (оси перемещения экструдера)+(оси перемещения рабочей платформы).

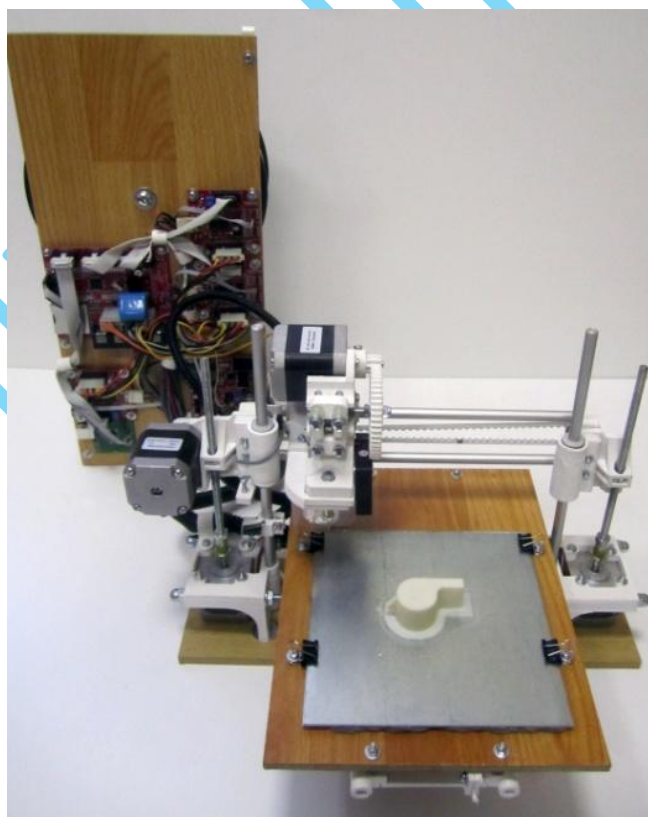


Рис.1-77

Для принтера Portabee-Coryrus схема описывается как XZ+Y.

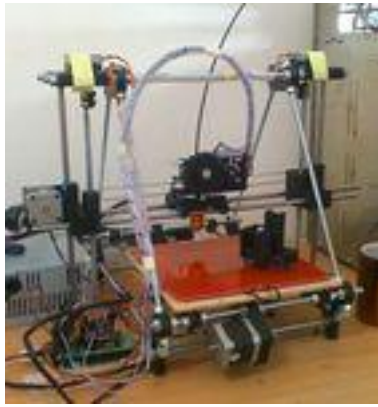


Рис.1-78

Такую же схему имеют очень популярные модели PRUSA V2 MENDEL90 PRUSA i3 и другие.

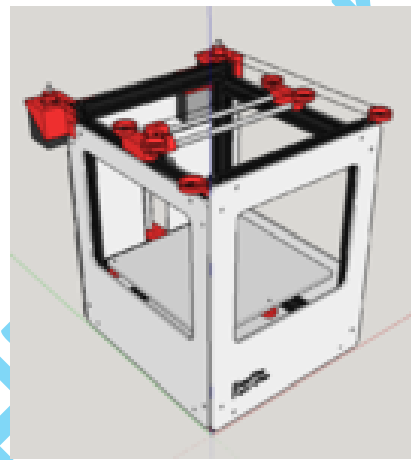


Рис.1-79

Так же, очень популярна схема XY+Z. По такой схеме выполнены, например ULTIMAKER и TANTILLUS.

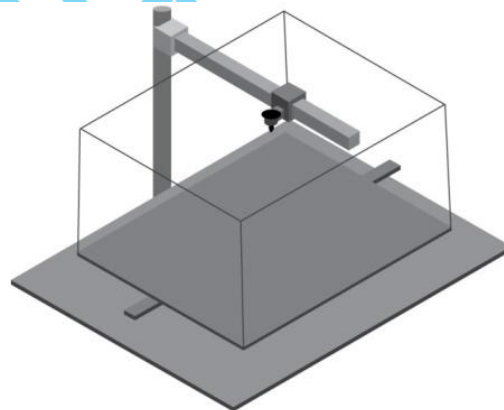


Рис.1-80

Рабочий объем 3D-принтеров, выполненных по декартовой схеме, описывается как прямоугольная область, и ограничивается максимальной величиной перемещения по каждой из осей. Декартовы системы могут легко масштабироваться до большего объема за счет расширения и укрепления рамы и направляющих, а так же, более мощных моторов и контроллеров двигателей. Вы сами можете продолжить список возможных вариантов схем принтеров, которые можно реализовать в Декартовой системе координат и проанализировать их достоинства и недостатки.

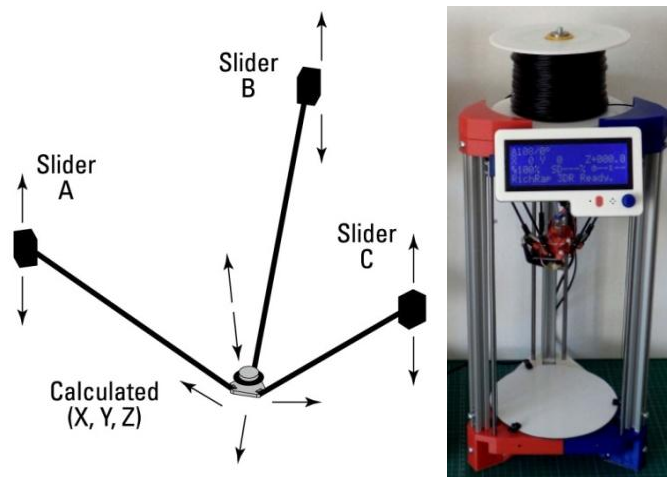


Рис.1-81

Ещё одна, быстро набирающая популярность схема позиционирования – DELTA (Дельта-робот). В этой схеме 3 движущиеся параллельно каретки соединяются с помощью шарнирных рычагов с узлом, на котором закреплен экструдер принтера. Этот узел называется эффектор. Нужная величина перемещения каждого из 3-х линейных актуаторов, связанных шарнирными тягами с эффектором пересчитывается математически управляющей электроникой принтера. Примерами Дельта - принтера могут служить Росток-мини и 3Dr Ричарда Хорна. Дельта-принтер строится из 3-х одинаковых по конструкции линейных актуаторов и 6-ти шарнирных тяг, передающих движение на эффектор экструдера. Конструкция содержит меньше деталей, и большинство из них – одинаковые. Принтеры Дельта-типа описаны некоторыми наблюдателями как "веселая машина", потому что они всегда находятся в движении, независимо от того, поднимается экструдер или опускается, передвигается экструдер по плоской поверхности, или перемещается между любыми двумя местами в трехмерном пространстве. Длина тяг между каретками актуаторов и эффектором экструдера ограничивает рабочий объем, который в своей самой верхней точке должен быть ниже кромки сопла экструдера. Хотя технически экструдер перемещается в треугольном пространстве, рабочий объем для большинства принтеров дельта-типа представлен высоким цилиндром над рабочим столом. Объекты могут быть построены, пока все элементы вписываются в цилиндрический объем.

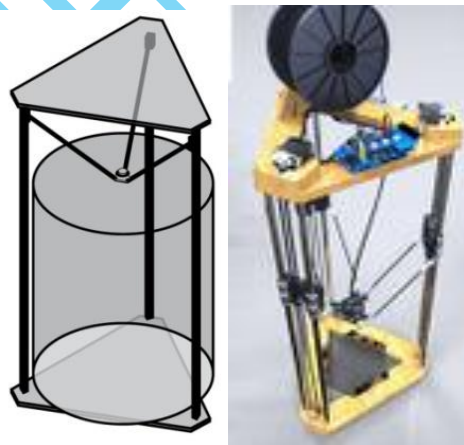


Рис.1-82

Принтер дельта-типа не зависит от увеличения веса печатаемого объекта, так что он может быть изготовлен из легких металлов, такого как алюминий или локально доступных конструкционных материалов, таких как бамбук.

Для перемещения массы экструдера и материала для печати, принтеры дельта-типа могут использовать в трансмиссии зубчатые ремни, легкие цепи, или даже рыболовную леску для подключения каждой каретки к соответствующему двигателю.

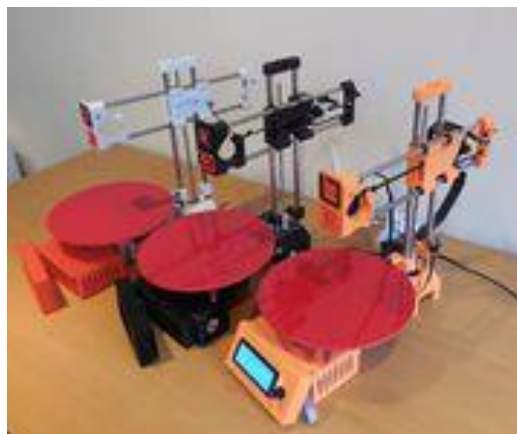
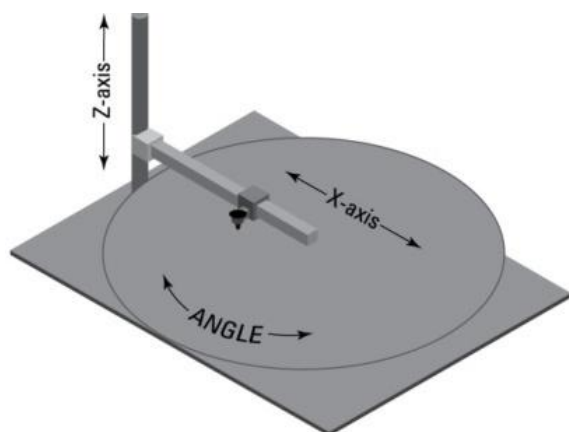


Рис.1-83

Третий способ для перемещения экструдера в трехмерном объеме включает в себя вращающийся рабочий стол или держатель экструдера вокруг центральной точки, для того, чтобы построить один слой. Этот тип конструкции, основанный на полярной системе координат, описанной греческими астрономами и астрологами, опирается на вращение вокруг неподвижного полюса (как в декартовой системе) и измерение расстояния вдоль радиуса или луча от этого полюса под углом тета ( $\theta$ ), чтобы представлять степень вращения. Зная расположение полюса, угол тета, и расстояние от оси, проходящей через полюс, любая точка в этой плоскости может быть определена с помощью полярной системы координат. настоящий полярный 3D-принтер выглядит так - имеется вращающийся рабочий стол, над которым экструдер будет двигаться от центра и вверх.

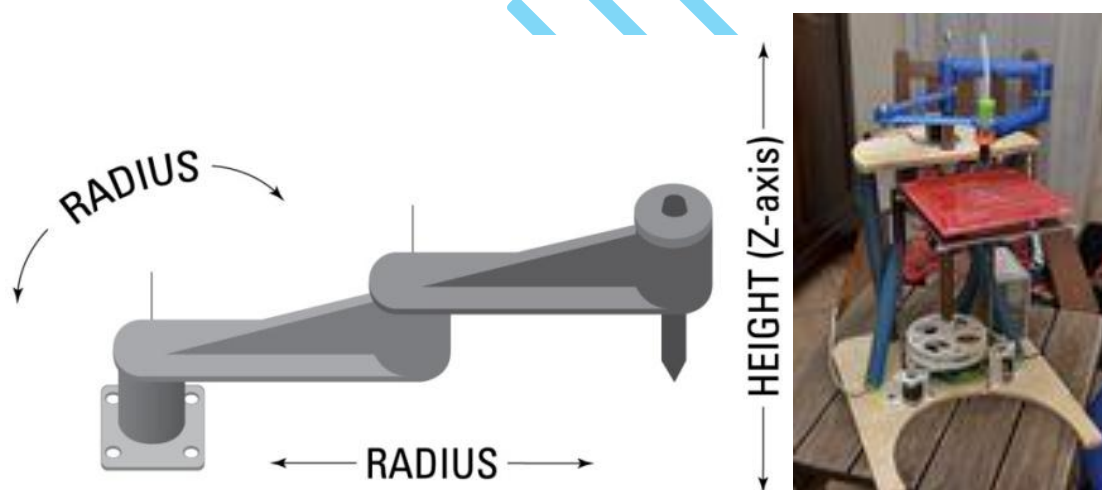


Рис.1-84

Так же есть вариант системы полярного типа, используемый в SCARA-роботах, которые выполняют тот же самый тип движения, использующих руку из нескольких деталей, вращающихся вокруг общего полюса. Используя четыре сегмента соединённых в параллелограмм, можно управлять из центрального полюса положением экструдера.

SCARA- 3D-принтер был разработан инженером из Южной Африки Квентином Харли, который он назвал RepRap Морган. При использовании шарнирной руки и неподвижной рабочей платформы, эта конструкция позволяет избежать трудностей в создании истинно полярной системы. Чтобы уменьшить сложность механических элементов поддержки, в SCARA- роботе используется только часть возможного полного круга вокруг центрального стержня. Его рабочий объем, как правило, ограничивается полукругом или менее, оставляя место по обе стороны рабочей платформы. Объекты могут быть построены таким образом, пока все элементы вписываются в объем полуцилиндра.

## КОММЕНТАРИИ АВТОРА.

Идеология проекта RepRap предусматривает использование максимально доступных, дешёвых, а зачастую просто бросовых материалов для создания принтера. Конечно, можно соорудить ящик из неоструганных досок, сколотив их ржавыми гвоздями, и эта конструкция тоже будет работать, если создатель приложит определённые усилия к регулировке и настройке такого сооружения.



Есть пример изготовления рамы принтера из цемента.

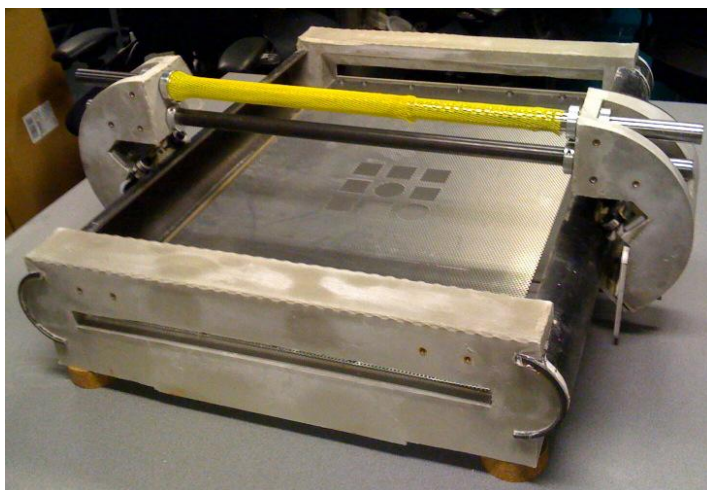


Рис.1-85

Так же, можно сделать раму из листа вспененного ПВХ.



Рис.1-86

Этот материал используется в рекламе для изготовления различных планшетов и щитов, в строительстве – для выравнивания стен. Он прекрасно режется ножом и отлично склеивается суперклеем, не дорог, хорошо выглядит, и продается в строительных магазинах.

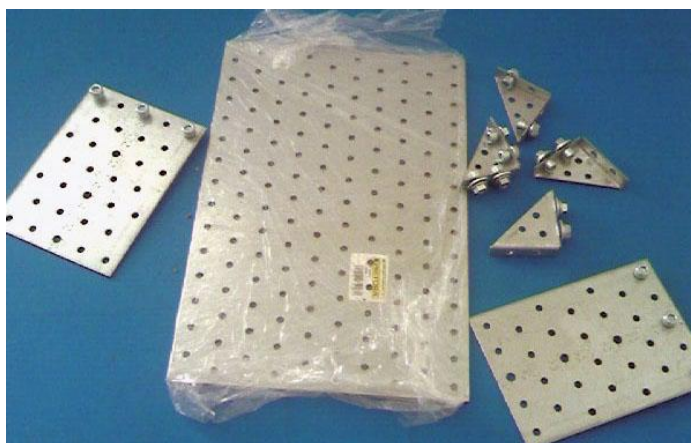


Рис.1-87

Алюминиевый станочный профиль Капуа – прекрасный материал для сборки рамы. Но делают его в Швейцарии, и цена у него – как у часов Rolex.

Можно использовать всевозможные закладные детали для монтажа столярных изделий, квадратные и круглые алюминиевые или пластиковые трубки, в том числе водопроводные (угловые соединители для этих труб тоже), резьбовые штанги, и прочие скобяные изделия.

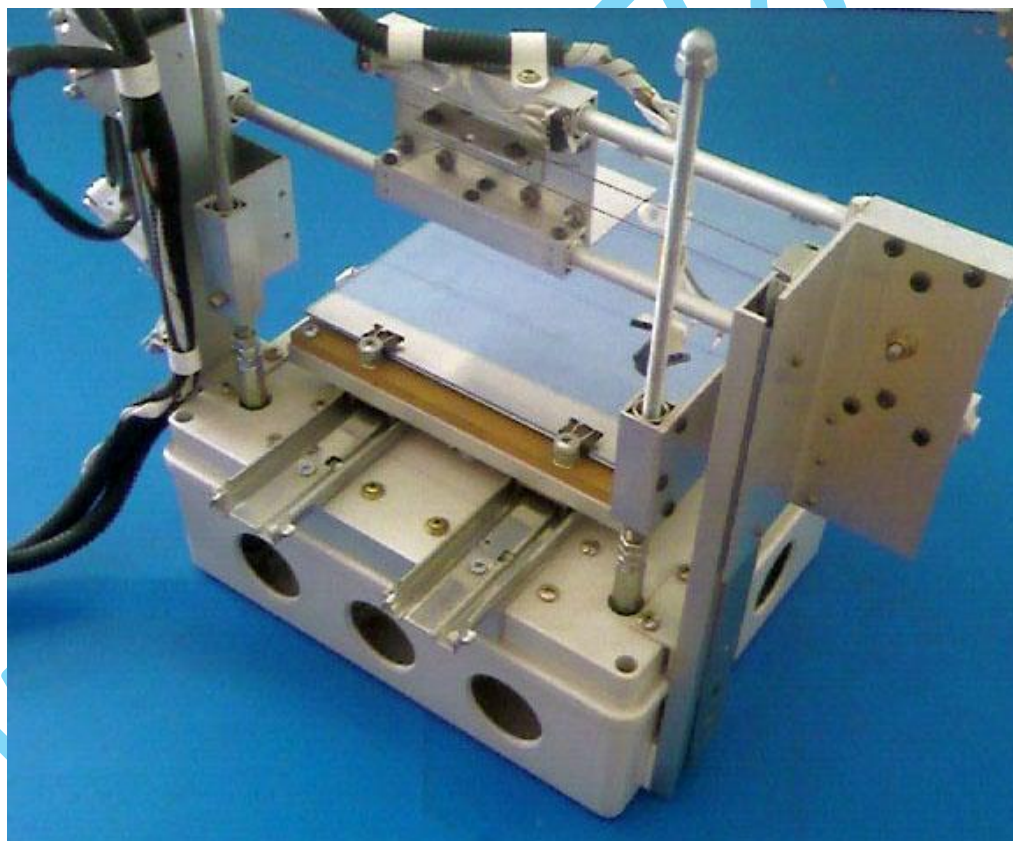


Рис.1-88

Стенд для испытания экструдеров я соорудил из большой распределительной коробки, мебельных рельсов и алюминиевых уголков из «максидома». Стальная рыболовная жилка была использована для перемещения кареток, получился вполне работоспособный принтер. Единственный недостаток конструкции – он слишком «музыкальный», натянутый тросик работает как струна гитары, и звенит достаточно громко.

Схема Дельта – принтера мне очень нравится своей функциональностью и лаконичностью, тем более, что она занимает на столе мало места, а вот принтера типа SCARA и Морган мне кажутся слишком вычурными.