

# Цифровой рентген: инспектор Гаджетов

Good news, everyone!

Отклик на предыдущую [статью](#) был неплохой, все собирался продолжить, да только новогодние выходные дали такую возможность.

В этот раз хочу рассказать про опыт нашей разработки портативной системы для рентгеновского контроля печатных плат и различной электроники/гаджетов.

Для чего мы этим занимаемся – рентгеновские детекторы премиального класса у нас уже есть, их активно используют в контроле сварки, керамики, композитов и научных исследованиях (например в питерском [ЛЭТИ](#) или [Ядерном институте в Дубне](#)).

Следующий шаг — «потыкать» в рынок готовых рентгеновских систем и комплексов «под ключ». Тут взор падает на два направления: рентген электроники и томография. В обоих случаях нужно получить максимальное разрешения и низкий уровень шумов в рентгеновском изображении, с чем наша продукция справляется идеально.

Начнем с рентгена электроники, ибо томография это отдельный мир.

## Зачем нужен рентген электроники?

Варианты ответа, нужное подчеркнуть:

- Монтаж печатных плат делали «рукожопы»
- Технологи намудрили с режимами при автоматической пайке
- Микросхемы с контактами BGA (в основном память) не работают
- Плата не стартанула, возможно из-за КЗ
- Контрафакт микросхем (вообще без контактов или муляж, на хабре есть [отдельная статья](#) на эту тему)
- Плохой контакт горячих элементов и радиатора, срабатывает отключение
- Любой другой сюрприз на фабрике дядюшки Ляо
- Лень разбирать уже готовое изделие
- Большой брат следит за нами и норовит поставить жучок

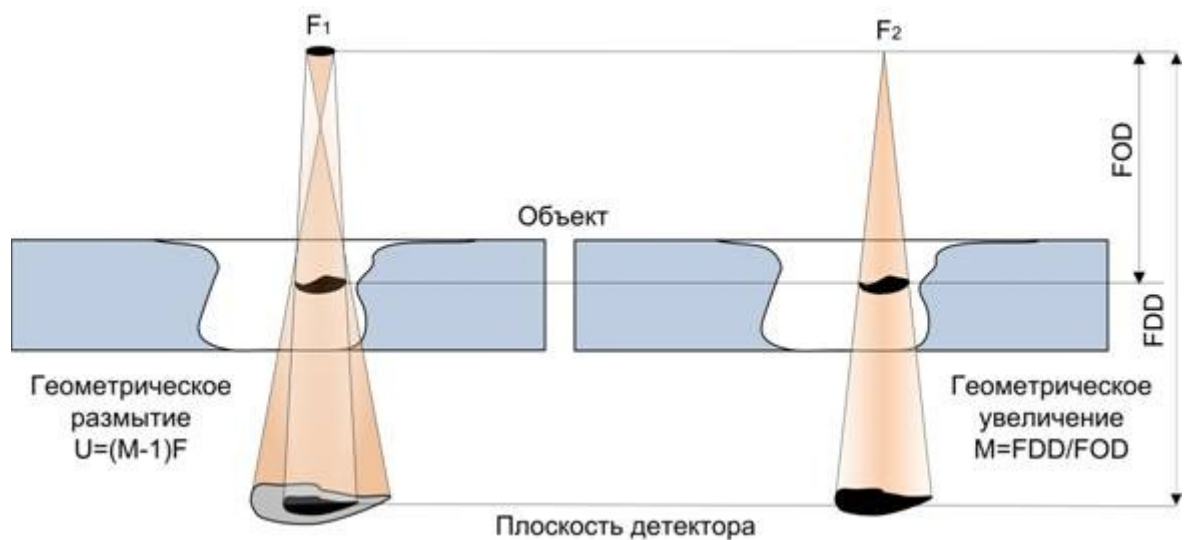


## Окей гугл, как сделать рентген электроники без регистрации и смс?

- Архитектурно схема простая – нам нужен детектор (есть), источник рентгеновского излучения (нашли), система перемещения или что-то для автоматизации подачи объекта контроля (сделаем). Заворачиваем все это в свинцовую обертку, ставим ПО и вуаля – система готова.

Источников рентгеновского излучения в мире много, производятся они и в России. Отличаются анодным напряжением, мощностью, размером фокуса, углом выхода рентгеновского пучка, etc. Нам интересен только класс **микрофокусных** источников, это когда пучок рентгеновского излучения исходит из очень маленького пятна (фокуса). Диаметр этого пятна должен составлять микроны, что позволяет работать в режиме геометрического увеличения. Меньше фокус – меньше размытие на границе рентгеновской проекции нашего объекта и большее увеличение мы можем сделать. В пределе получается рентгеновская микроскопия 5000 крат и более.

Для наглядности:



## Микрофокусный рентгеновский источник

В целом это не *penis canina*. Пятнышко микронного размера (5-30 мкм) даже на вольфрамовом аноде не может принять в себя большую тепловую мощность, а она нужна для просвечивания металлических корпусов и работы в видео режиме (экспозиция на кадр в миллисекундах).

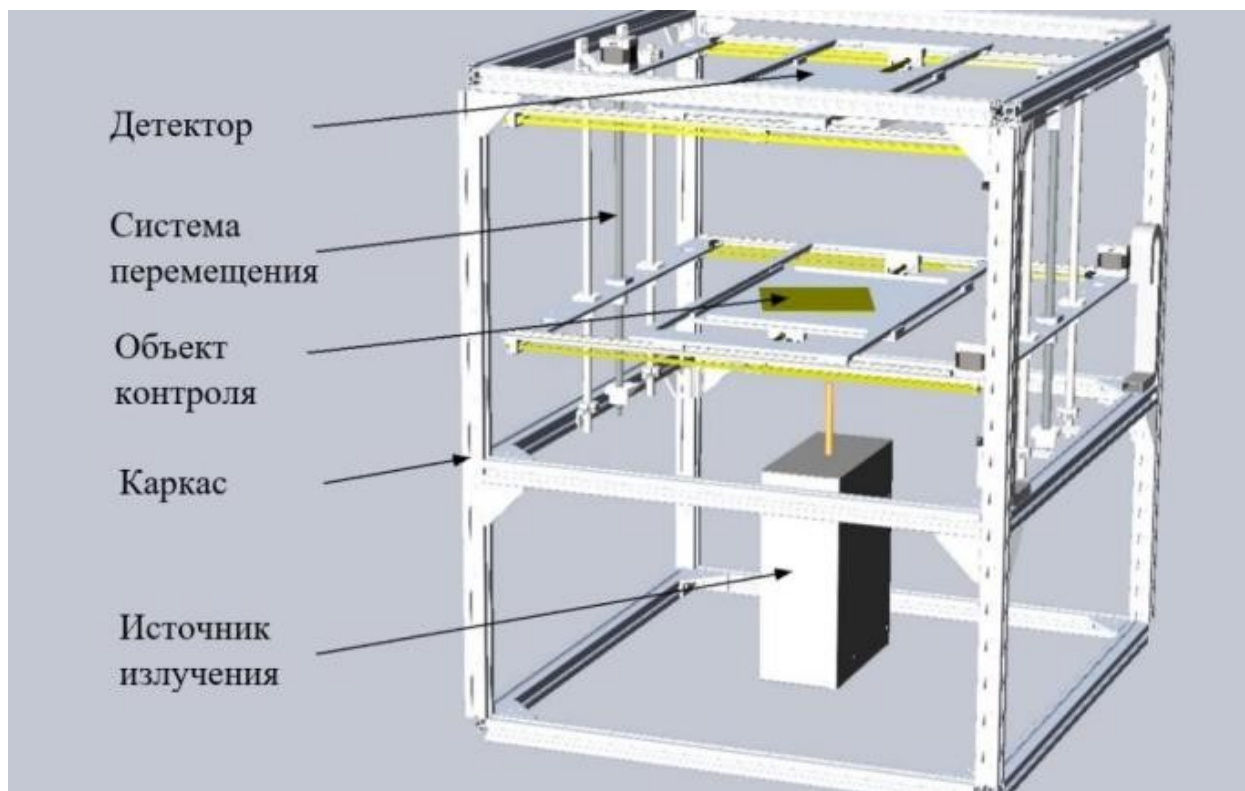
Решений этой проблемы много: алмазные подложки, титанические системы охлаждения анода, [рентгеновские трубки с жидким металлическим анодом](#) (стоят как самолет).

Мы выбрали отечественную рентгеновскую трубку с фокусом 15-30 мкм и водяной системой охлаждения анода дабы не раздувать итоговую цену системы. Коэффициент геометрического увеличения у нее невелик (до 50 крат), мощность тоже (до 10 Вт), но этого хватает для решения обычных задач.

## Система перемещения

Нам необходимо перемещать объект контроля под рентгеном (оси XY), играть с увеличением (ось Z), желательно иметь возможность посмотреть объект под углом или повернуть его на угол (оси AB). Итого максимум 5 осей перемещения.

Трехмерная модель выглядит примерно так:



Ничего не напоминает? По сути это 3д принтер с пятью осями на [CoreXY геометрии](#).

Слава науке, в мире огромное количество энтузиастов трехмерной печати и существуют открытые проекты по электронике и встраиваемому ПО для них. Мы сделали прототип на [RAMPS](#) + ПО [GRBL](#), аккуратно сильно доработав напильником.

## Прелести работы с дядюшкой Ляо

Настоятельно рекомендую развести и собрать новые версии плат управления и драйверов шаговых двигателей. Купленные с алиэкспресса детали могут подвести в любой момент. В части драйверов нам хватило обычных [A4988](#), которые были под рукой, но можно присмотреться и к более мощным собратьям на микросхеме [TB6600](#) или аналогам.

В части направляющих – любые брендовые, например Hiwin, все остальное – лотерея.

Многие комплектующие для 3д принтеров и ЧПУ, продаваемые у нас, это тот же алиэкспресс. Никаких гарантий вам не дадут. Из личного опыта – кривые рельсы, ручная прочистка кареток, смазка, шаговые двигатели с разным количеством витков и габаритами, разные модели втулок и гаек при одинаковых артикулах – все это прелесть работы с ноунеймом. Зато дешево, да. Мы, естественно, все переделали.

## Программное обеспечение

Для старта использовали OEM ПО для работы с рентгеновскими изображениями, т.к. есть ряд партнерских компаний-разработчиков под наши детекторы с хорошим функционалом.

Для управление системой перемещения использовали форк утилиты [UGS](#), доработан напильником.

Следующий шаг — разработка собственного ПО, максимально заточенного под задачу контроля электроники + автоматизации анализа на нейросетях.

## **Итог**

Собрали и запустили MVP, отлаживаем и собираем серию. Даже удивительно, что при цене в 50% от ближайшего европейца\японца решаем «на ура» большую часть рутинных задач.

P.S. Если вам интересно то, чем мы занимаемся — пишите. Будем хайрить команду под этот проект. Desktop, Qt, openCV, Linux, из вкусного — опционально поддержка Эльбруса.