

ЗАТРАТНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ПЕЧАТИ БЕЛОРУССКИМ БИЗНЕСОМ

В 1986 г. Чарльз Халом впервые применил 3D-печать, используя технологию SLA для послойного засвечивания ультрафиолетом фотополимерной смолы. С тех пор появилось множество различных технологий 3D-печати (от доступных в быту до промышленных): FDM (и его наследник FFF) — наплавление нитей полимера; SLA, SLS, DLP — послойное засвечивание в ультрафиолете или лазере; LOM — послойное склеивание листовых материалов; SLM, EBM, DMLS, SHS — послойное спекание порошкообразных полимеров или металлов под воздействием лазера, тепла или излучения; MJM, CJP — химеры, способные комбинировать технологии и материалы. Самый распространенный и универсальный на сегодня тип печати — FDM/FFF. Принтеры, использующие эту технологию, различаются глобальной конструкцией и способом подачи пластика. Важные их ценообразующие факторы по состоянию на декабрь 2023 г. (в порядке уменьшения влияния на стоимость):

- кинематика (она же механика или тип пространственной рамы): Дельта-принтеры (на трех вертикальных осях) — средняя цена около 3400 руб.; CoreXY (вертикально-движущийся стол, привод головок на двух моторах, расположенных на раме) — средняя цена около 2800 руб.; H-Bot (предшественник CoreXY, но с моторами на печатной голове) — ныне снят с производства, цена была около 1800 руб.; Порталы (Стол — движение по Y, голова — движение по Z и X) — средняя цена около 1000 руб.;

- тип и качество направляющих (цены указаны для оборудования принтера Anycubic i3 Mega (S)): Рельсы — 2815 руб.; OpenBuilds-направляющие — 890 руб.; Хромированные валы — 96 руб.;

- управляющая плата (цена «отдельно» от принтера): Встроенный компьютер, способный запустить Linux с прошивкой Klipper — в пределах 450 руб.; Переделанные ArduinoUno или Nano — около 85 руб.; «Адаптер», слушающий команды от ПК и отправляющий их на моторы — около 16 руб.;

- моторы и ремни — от дорогих моторов Nema (по 85 руб. за штуку) и ремней с карбоновым волокном (в пределах 30–45 руб. за метр) до китайских моторов (9 руб.) и резиновых ремней (4 руб. за метр).

Основной ценообразующий фактор, влияющий на стоимость напечатанного изделия, — полимер. Рассматривая все те же FDM / FFF-принтеры, основные материалы на сегодня (в порядке увеличения сложности печати, без учета дополнительных свойств, за 1 кг): PLA — изготавливается из кукурузного крахмала, цена от 35 до 80 руб.;

PET-G — на 98 % повторяет состав пластика, из которого производят бутылки, цена от 25 до 90 руб.; ABS — самый «старый» из всех, цена от 25 до 60 руб.; PC (поликарбонат) — тот самый, которым накрывают теплицы, цена от 60 до 320 руб.; Neylon — прочный, гибкий и тугоплавкий, цена от 85 до 250 руб.; любые эластомеры — цена начинается от 70 и останавливается в районе 1 500 руб.

Методика расчета стоимости печати изделия на основе учета совокупности затрат:

$$S = (W \cdot P_w + T \cdot P_t) \cdot K,$$

где W — масса израсходованного пластика (с учетом поддержек и пр.); P_w — цена 1 г пластика; T — общее время печати (от начала нагрева до отправки в домашнюю точку в конце печати); P_t — стоимость 1 ч работы принтера (250 W в час + кондиционирование помещения в летний период); K — коэффициент, учитывающий износ деталей, риск, трудоемкость печати пластиком, маржинальность, в большинстве случаев 1,7–2,7.

В контексте разнообразия технологий 3D-печати и различных параметров, определяющих их стоимость, ключевой вывод заключается в необходимости рассмотрения потенциала каждой технологии и компонентов с учетом конкретных бизнес-задач. Тип печати, кинематика, направляющие, управляющая плата, материалы и другие факторы имеют разную значимость в зависимости от поставленных целей.