

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГЕНЕРАЦИИ
СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧИ
РЕКОНСТРУКЦИИ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ САПР**

Грибов Илья Юрьевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: ilyagr.ml.rnd@gmail.com

Научный руководитель — Конушин Антон Сергеевич

Задача реконструкции параметрических моделей САПР по мультимодальным данным (облака точек, рендеры, текстовые описания) востребована в промышленном проектировании. Современные подходы на основе глубокого обучения требуют пар «геометрия / программа построения», однако существующие наборы данных (ABC, DeepCAD) ограничены по разнообразию форм, операций, объёму и размеру, что затрудняет обучение на них БЯМ. Синтетические датасеты, например CADRecode, охватывают лишь базовые примитивы и простые последовательности построения. Предлагаемый генератор нацелен на расширение числа используемых конструктивных операций при сохранении внутренней согласованности в синтетических моделях. Генератор формирует пару: STL-сетку модели и соответствующую ей программу построения в виде Python-файла с последовательностью вызовов специализированного предметно-ориентированного языка (*place_at*, *chamfer_at*, *fillet_at*). Процесс состоит из трёх этапов.

- *Формирование примитивов.* Случайным образом выбирается последовательность примитивов из одиннадцати типов: выдавливание, вращение, осевое вращение профиля, протягивание по траектории, лофтинг, спираль, цилиндр с резьбой, конус с резьбой, сфера, тор, эллипсоид. Для операций с эскизом профиль задаётся процедурно сгенерированным контуром из сплайнов, дуг и многоугольников.
- *Сборка модели.* Каждый примитив размещается в одном из четырёх режимов: независимое размещение вблизи текущего ограничивающего объёма, булево объединение с поверхностью модели, булево вычитание от поверхности, сквозное вырезание по произвольному эскизу. Точки присоединения сэмпляются на поверхности с валидацией топологических изменений.
- *Финишная обработка рёбер.* К случайно выбранным рёбрам итоговой модели применяются скругление и фаска с независи-

мо сэмплированными радиусами. Рабочий радиус подбирается автоматически через бинарный поиск, что гарантирует геометрическую валидность результата.

Итоговая модель нормализуется (ограничивающий объём 200 мм, центрирование в начале координат) и экспортируется в STL. Метод обеспечивает следующие свойства датасета:

- контролируемое разнообразие за счёт вероятностных распределений над типами примитивов, режимами размещения и геометрическими параметрами;
- структурная корректность и однозначное соответствие между геометрией и программой построения;
- масштабируемость: генерация одного образца не требует участия эксперта и занимает единицы секунд.

Иллюстрации

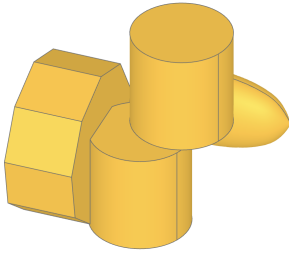


Рис. 1. Примеры сгенерированной САПР-детали.

```
r = place_at(CylinderThread(R=31,H=64,pitch=7,
thread_h=3,thread_z0=0,thread_len=64,
thickness=0,internal_thread=False,
enable_thread=False),
[(35,-2,-20),(26,-28,-65)])
r = place_at(Extrude(Sketch(loops=[
RegularPolygonLoop(n=9,cx=0,cy=0,
r=50,rotation_deg=0)]),43),
[[-1,-40,-36]],parent=r,mode='attach',offset=-6)
r = place_at(Ellipsoid(rx=25,ry=17,rz=51,
sections=9),[[-41,83,-19]],
parent=r,mode='independent')
```

Рис. 2. Пример программы построения детали.

Литература

1. Koch S., Matveev A., Jiang Z. et al. ABC: A Big CAD Model Dataset For Geometric Deep Learning // Proceedings of the IEEE/CVF CVPR. — 2019. — P. 9601–9611.
2. Wu R., Xiao C., Zheng C. DeepCAD: A Deep Generative Network for Computer-Aided Design Models // Proceedings of the IEEE/CVF ICCV. — 2021. — P. 6772–6782.
3. Dupont Q., Kodnongbua M., Jayaraman P. K. et al. CAD-Recode: Reverse Engineering CAD Code from Point Clouds // arXiv preprint arXiv:2412.14042. — 2024.