

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВОКСЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПРИ ПОМОЩИ ЦИФРОВОЙ ТЕНИ СИСТЕМЫ ЧПУ**

**Евстафиева С.В., Грубляк В.Я.**

Московский государственный технологический университет «Станкин»  
Москва, Российская Федерация

На этапе внедрения программы для станка с ЧПУ для нового изделия существует высокая вероятность испортить заготовку из-за ошибки в программе. Для отладки управляющих программ вместо реального оборудования имеет смысл использовать цифровой двойник или цифровую тень системы, которые, при помощи полигонального или твердотельного моделирования могут обрабатывать перемещения исполнительных органов системы ЧПУ [1]. Для проверки работы управляющей программы необходима также визуализация непосредственной обработки.

Расчет геометрии заготовки является довольно сложным процессом. Полигональные модели для этого не годятся, так как формулы для расчета и вычета объема инструмента из тела заготовки довольно сложны для реализации и сильно нагружают центральный процессор компьютера, что делает отображение геометрии в реальном времени невозможным. Для изменения геометрии в реальном времени хорошо подходят воксельные модели [2]. В данной работе решается задача сопряжения двух моделей: полигональной для визуализации станка и воксельной для визуализации процесса обработки.

В решении используется воксельная меш-модель с разряженным октодеревом [3], которое позволяет уменьшить количество объектов на сцене визуализации, что приводит к сокращению количества вычислений процессора, связанных с обработкой коллизии тела заготовки и инструмента. В принципе действия воксельной меш-модели с разряженным октодеревом заключается два понятия: воксельный меш и разряженное октодерево. Меш является примитивом, минимально-возможной частицей объекта, из которых состоит тело заготовки. Разряженное октодерево описывает структуру объекта и оптимизирует количество мешей на сцене и вычислений с ними связанных.

Использование октодерева позволяет не отображать все частицы объекта сразу, а только лишь увеличенные копии частиц, занимающие весь объем дочерних элементов (ветвей), которые еще не созданы и не чувствуют в сцене. Такой заготовке можно задать примитивную форму, например цилиндр, параллелепипед, или более сложную, используя частицы как конструктор и присвоить параметр количества поколений в дереве, который подбирается исходя из требований к качеству отображаемой модели обрабатываемой детали и аппаратных мощностях вычислительного оборудования.

Процесс обработки модели заготовки заключается в следующем: при контакте инструмента с родительским элементом октодерева меш делится на

восемь частей, у которых параметр поколения будет меньше на единицу. При этом родительский элемент удаляется. После этого этапа при контакте с потомком первого уровня тот также делиться на восемь частей с меньшим параметром поколения, а затем удаляется. Так продолжается до того момента как у делящихся частиц параметр поколения не опустится до нулевого значения.

Концепция воксельной меш-модели с разряженным октодеревом позволяет реализовать модуль обработки заготовки в реальном времени на модели вертикально-фрезерного станка, под управлением системы ЧПУ (рис. 1). При помощи разряженного октодерева удаётся достичь высокого качества детализации, по сравнению с генерацией полного кубического массива частиц, за счет уменьшения объектов на сцене (рис.2).

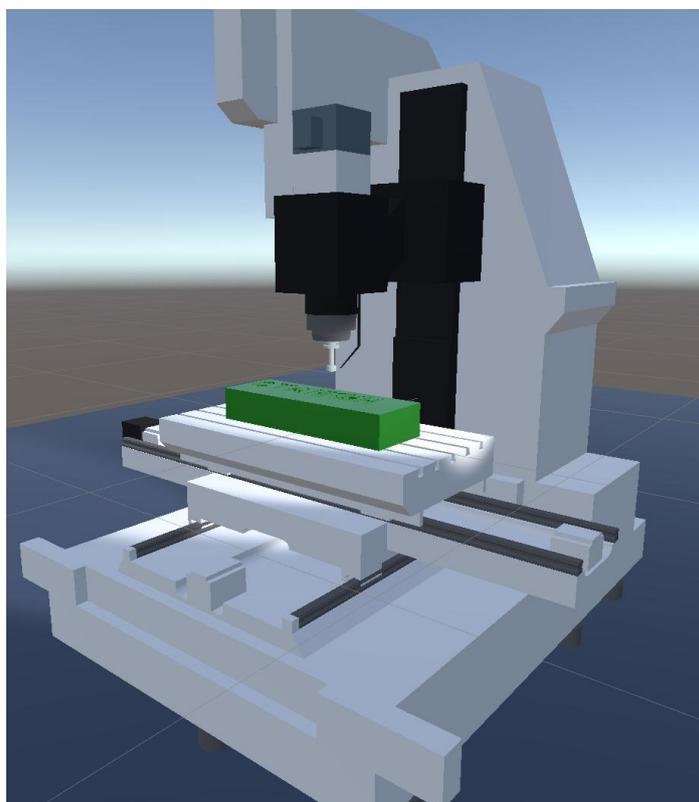


Рис. 1 – Визуализация работы вертикально-фрезерного станка

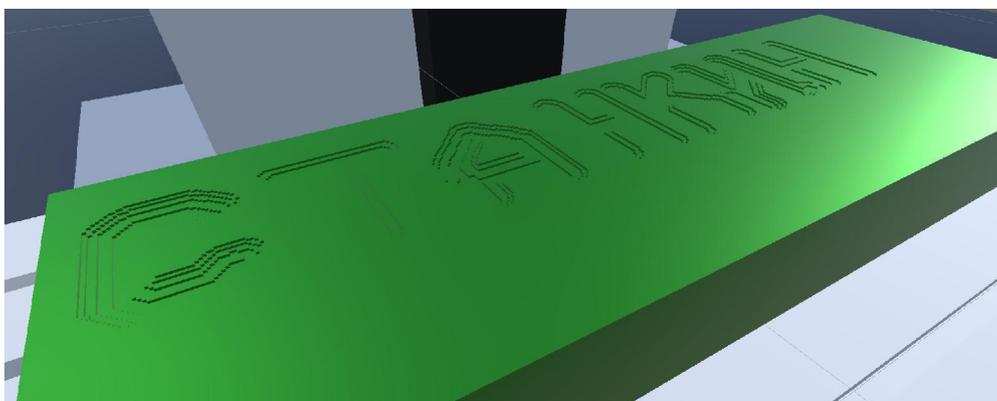


Рис. 2 – Визуализация обработки заготовки

1. Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Грубляк В.Я. Методика разработки имитационной модели станка для взаимодействия с системой ЧПУ // Вестник МГТУ "Станкин", №4(63), 2022.с.50-57.
2. Евстафиева С.В., Обухов А.И., Рыбников С.В. Архитектура и реализация системы твёрдотельного моделирования обработки изделий в реальном времени // Автоматизация в промышленности, №5. 2019. с.9-13.
3. S.Laine, T.Karras. Efficient Sparse Voxel Octrees – Analysis, Extensions, and Implementation [Электронный ресурс] // [https://research.nvidia.com/sites/default/files/pubs/2010-02\\_Efficient-Sparse-Voxel/laine2010tr1\\_paper.pdf](https://research.nvidia.com/sites/default/files/pubs/2010-02_Efficient-Sparse-Voxel/laine2010tr1_paper.pdf) (дата обращения: 06.03.2023г.)

**УДК 621.715.2**

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СИМУЛЯТОРА ШЛИФОВАЛЬНО-ЗАТОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА КОНЦЕВОГО ТИПА**

**Исаев А.В., Белоцкий А.С.**

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация

Шлифовально-заточные станки с числовым программным управлением (ШЗС с ЧПУ) — специализированный вид оборудования, предназначенный для изготовления и переточки различных режущих инструментов. Известна проблема недостаточной функциональности и низкой производительности программного обеспечения (станочных САМ-систем), предустановленного на ШЗС с ЧПУ. Более современные версии такого ПО часто не поддерживают работу со старыми моделями станка. Кроме технологических задач, САМ-системы могут использоваться в обучении студентов профильных направлений и в повышении квалификации инженерного состава машиностроительных предприятий. Однако, комплектное ПО, поставляемое вместе с ШЗС, может иметь ограничения, связанные с типом лицензии. Эти соображения показывают актуальность создания специализированной гибкой конфигурируемой открытой системы подготовки управляющих программ (УП) для ШЗС с ЧПУ [1]. Важность задачи обусловлена фактическим отсутствием в настоящее время производства в России данного класса оборудования и ПО к нему.

Для решения данной проблемы авторы разработали программный симулятор 5-координатного ШЗС с ЧПУ, который позволяет в автоматическом режиме генерировать УП для изготовления различных типов режущих инструментов или их отдельных поверхностей и производить их визуальную отладку при помощи встроенного симулятора (рис. 1) [2].

Геометрия инструмента и заготовки импортируется в программу из 3D-модели в формате .obj, что позволяет симулировать обработку инструментом и заготовкой любой формы. Затем приложение генерирует управляющую